

**ESTUDO DA DUREZA E DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE
RESINAS COMPOSTAS PARA DENTES POSTERIORES APÓS A
IMERSÃO EM ÁGUA DESTILADA. EFEITO DA APLICAÇÃO DE
SELANTE SUPERFICIAL.**

CARLOS ALBERTO DOS SANTOS CRUZ

ARARAQUARA

2001

CARLOS ALBERTO DOS SANTOS CRUZ

**ESTUDO DA DUREZA E DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE
RESINAS COMPOSTAS PARA DENTES POSTERIORES APÓS A
IMERSÃO EM ÁGUA DESTILADA. EFEITO DA APLICAÇÃO DE
SELANTE SUPERFICIAL.**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia
de Araraquara, da Universidade Estadual
Paulista Júlio de Mesquita Filho, para a
obtenção do título de Livre-Docente

ARARAQUARA

2001

Cruz, Carlos Alberto dos Santos

Estudo da dureza e da resistência à compressão de resinas compostas para dentes posteriores após a imersão em água destilada. Efeito da aplicação de selante superficial.

Tese – Livre-Docência – Faculdade de Odontologia

Universidade Estadual Paulista

1. Materiais Dentários

2 .Resinas compostas

3. Propriedades mecânicas

Dados Curriculares

CARLOS ALBERTO DOS SANTOS CRUZ

NASCIMENTO: 03/06/1957 – Araraquara/SP

FILIAÇÃO: Oscar Cruz

Nereide Therezinha dos Santos Cruz

1976-1979 Curso de Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

1980-1985 Clínica particular, na cidade de Araraquara/SP.

1986-1988 Auxiliar de Ensino do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

1986-1988 Curso de Pós Graduação em Dentística Restauradora, nível de Mestrado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

1988-1992 Professor Assistente do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

1988-1992 Curso de Pós Graduação em Dentística Restauradora, nível de Doutorado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

1992- Professor Assistente Doutor do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

“Ao longo dos séculos, as mitologias eram produzidas pelos povos. Hoje não. Três ou quatro ‘marqueteiros’ se juntam, produzem uma mitologia e a vendem.”

**Milton Santos, geógrafo
O Brasil: território e sociedade no século 21
Editora Record, 2001**

“No mundo assombrado por demônios, que habitamos em virtude de sermos humanos, talvez seja o método científico a única certeza que se interpõe entre nós e a escuridão.”

Carl Sagan, astrônomo

O mundo assombrado pelos demônios – a ciência vista como uma vela no escuro

Companhia das Letras, 1997

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, de maneira próxima ou distante, contribuíram para a execução deste trabalho.

SUMÁRIO

1 – Introdução.....	001
2 - Revisão de literatura	
2.1 – Composição e propriedades	005
2.2 – Degradação hidrolítica.....	029
2.3 – Selamento superficial.....	048
3 - Proposição.....	060
4 – Material e método	
4.1 – Materiais utilizados.....	062
4.2 – Ensaio de dureza.....	066
4.3 – Ensaio de resistência à compressão.....	070
4.4 – Delineamento estatístico.....	074
5 - Resultado	
5.1 – Ensaio de dureza..	076
5.2 – Ensaio de resistência à compressão.....	114
6 – Discussão.....	131
7 – Conclusão.....	152
8 – Referências bibliográficas.....	154
Resumo.....	166
Abstract.....	169

1 – Introdução

O desenvolvimento das resinas compostas e dos sistemas adesivos parece ter sido o maior avanço tecnológico dentre os materiais restauradores modernos. Alimentado por grandes investimentos, inclusive em *marketing*, tal progresso tem proporcionado a indicação desses materiais para as mais diversas situações clínicas. Todavia, apesar dessa evolução (Li et al.⁴², 1985; Leinfelder³⁸, 1987; Braem et al.⁶, 1989; Chung & Greener¹⁴, 1990; Willems et al.⁷⁵, 1993; Suzuki et al.⁷⁰, 1995; Htang et al.³¹, 1995; Kalliyana Khrisnan & Yamuna³³, 1998; Ferracane et al.²⁵, 1998; Drummond²³, 1998), permanece ainda grande desafio: a utilização segura e rotineira dos compósitos diretos em dentes posteriores, principalmente em restaurações extensas de classe I e II.

Novas formulações têm sido introduzidas no mercado especificamente para esta finalidade e pretendem oferecer ao clínico maior facilidade de manipulação. Tais produtos, denominados comercialmente “condensáveis” ou “compactáveis”, possuem maior viscosidade e podem apresentar alterações tanto na matriz orgânica como nas partículas de reforço (The Dental Advisor⁵⁹, 1998; Leinfelder & Prasad⁴⁰, 1998; Hickel et al.³⁰,

1998; Nagem Filho⁵⁰, 1999; Whitters⁷⁴, 1999; Freedman²⁷, 1999; Pires & Pacheco⁵⁵, 1999; Ruddell⁶⁰, 1999; Christensen¹³, 1999; Manhart⁴⁵, 2000).

Leinfelder & Prasad⁴⁰ (1998) e Freedman²⁷ (1999) relatam que estes novos materiais podem ser obtidos pela redução da quantidade de monômeros diluentes ou pela substituição destes e do BISGMA por cadeias de maior peso molecular e, portanto, mais viscosas. Lembram, também, a adição de partículas irregulares, porosas ou filamentosas como forma de melhorar a distribuição da carga e aumentar a resistência ao cisalhamento do material, reduzindo o deslizamento entre as partículas, aumentando a resistência mecânica e modificando a viscosidade do compósito.

Paralelamente, Hickel et al.³⁰ (1998), Whitters et al.⁷⁴ (1999) e Nagem Filho⁵⁰ (1999) descrevem como promissora a utilização de monômeros inorganicamente modificados, pela incorporação da ligação Si-O-Si à cadeia de carbono de macro-moléculas com grupamentos metacrilato. Tais formulações poderiam ser adicionadas às tradicionais, modificando também propriedades e consistência.

Segundo a revista *The Dental Advisor*⁵⁹, em fascículo publicado em 1998, as resinas compostas de alta viscosidade seriam especificamente indicadas para dentes posteriores e apresentariam, como vantagens, técnica semelhante à do amálgama, em condensação e escultura, e melhores

propriedades como alta resistência ao desgaste, alta rigidez, baixa contração e maior profundidade de polimerização. Porém, apesar da grande expectativa criada, o artigo destacou a escassez de dados clínicos e a ausência de estudos longitudinais a respeito destes materiais.

Independentemente da avaliação clínica ou mecânica dos novos produtos comerciais, é importante também destacar o processo hidrolítico, resultante da imersão das resinas compostas. Segundo Soderholm⁶⁷ (1981) e Soderholm et al.⁶⁸ (1984), a água que se difunde através da matriz atua na interface matriz/partícula, interagindo com o agente silano e rompendo a ligação entre este e as partículas de carga. Desta forma, enfraquece progressivamente a estrutura do compósito que, sob cargas cíclicas de mastigação, tenderá rapidamente à degradação. Além da água, outros solventes e eletrólitos podem estar presentes no meio bucal, colaborando ainda mais para a redução das propriedades mecânicas do material (Munksgaard & Freund⁴⁹, 1990; Freund & Munksgaard²⁸, 1990; Oilo⁵³, 1992; Ferracane & Marker²⁴, 1991; Ferracane et al.²⁵, 1998; Santerre et al.⁶¹, 1999).

Nagem Filho et al.⁵¹ (1993), alertam também que a degradação hidrolítica pode ser influenciada pela forma irregular e pela composição das partículas de carga, que favoreceriam a formação e a propagação de trincas internas ou sofreriam solubilização.

Complementarmente, os procedimentos clínicos de abrasão e polimento das restaurações, com a utilização de fresas, pontas montadas e pastas especiais, podem provocar o aparecimento de micro-fendas superficiais (McKinney & Wu⁴⁴, 1982; Ratanapridakul et al.^{56,57}, 1987, 1989; Reid et al.⁵⁸, 1990; Leinfelder³⁹, 1991; Leinfelder & Prasad⁴⁰, 1998; Gladys et al.²⁹, 1998), que facilitariam a entrada da água, acelerando o fenômeno da degradação e reduzindo a longevidade da restauração.

A aplicação do selante de superfície, resina fluida de baixa viscosidade, com ou sem partículas, tem sido indicada logo após o polimento com o intuito de vedar estes defeitos e restringir o acesso da água à intimidade do material (Dickinson et al.¹⁷, 1988, Dickinson et al.¹⁹, 1990; Kawai & Leinfelder³⁵, 1993; Small⁶⁵, 1998; Chistensen¹³, 1999).

Embora o selamento superficial possa também contribuir para a integridade marginal das restaurações estéticas diretas (Dickinson et al.¹⁸, 1990; Miranda⁴⁶, 1994; Miranda Jr. & Santos⁴⁷, 1994), escassas são as informações a respeito de seu mecanismo de ação, isto é, sobre quais propriedades mecânicas teria eficácia. Da mesma forma, são também necessários estudos adicionais sobre o comportamento mecânico dos novos compostos posteriores, sob imersão e com a aplicação do selante superficial.

2 - Revisão de literatura

A adição de partículas minerais a polímeros orgânicos foi extensivamente estudada por Bowen⁴ (1963), durante as décadas de 1950 e de 1960. A partir de então, inúmeros trabalhos têm sido publicados avaliando formulações, propriedades, longevidade e propostas para melhorar o desempenho clínico deste interessante material restaurador: as resinas compostas.

2.1 – Composição e propriedades

Em 1963, Bowen⁴ descreveu as características do monômero BISGMA, reforçado com 70% em massa de partículas de sílica superficialmente tratadas com vinilsiloxano. Após a polimerização, o compósito experimental apresentou propriedades físicas e mecânicas superiores às das resinas restauradoras sem partículas, como menor contração de presa, menor coeficiente de expansão térmica, menor absorção de água, maior módulo de elasticidade, maior resistência à tração, maior resistência à compressão e maior dureza. A utilização de partículas sem a cobertura de vinilsiloxano resultou em compósitos com propriedades inferiores.

Draughn²⁰, em 1979, destacou a tensão cíclica como importante fator no desempenho das resinas compostas restauradoras, reduzindo a resistência do material. Em seu estudo, utilizando corpos-de-prova cilíndricos das resinas Adaptic, Adaptic Radiopaco, Concise, Exact, Prestige, Restodent e Simulate, medindo 3mm de diâmetro por 5,7mm de altura e armazenados em água a 37°C por 14 dias, demonstrou que o valor médio de fadiga compressiva de uma resina composta situa-se ao redor de 64% de sua resistência limite à compressão.

O'Brien & Yee⁵², em 1980, avaliaram os efeitos do desgaste clínico sobre a micro-estrutura da resina composta Adaptic colocada em dentes posteriores. Foram selecionadas dez restaurações com idade entre 3 e 8 anos e com remoção indicada por cárie secundária, fratura ou desgaste. As mesmas foram cuidadosamente removidas e preparadas para observações em microscopia eletrônica de varredura. As fotomicrografias mostraram porosidade interna e fendas originárias de poros. Superficialmente, além do deslocamento de partículas, foram observadas partículas protuberantes e micro-rachaduras na matriz. Os autores concluíram que todos estes fatores estariam envolvidos no mecanismo de desgaste da restauração.

McKinney & Wu⁴⁴, em 1982, estudaram também as características micro-estruturais de resinas compostas submetidas a ensaios de desgaste. Corpos-de-prova em forma de disco com a resina Adaptic foram inicialmente polidos com lixas de granulação decrescente (240, 320, 400 e 600) e partículas de 0,05mm de óxido de alumínio. A seguir, foram armazenados em água por 24 horas. O desgaste foi efetuado por meio de pinos de aço ou de hidroxiapatita com 2mm de diâmetro e pressão de 2,5MPa, 5MPa, 10MPa, 12,5MPa, 15MPa e 20MPa. Avaliações em microscopia de luz polarizada mostraram relação direta entre a taxa de desgaste e micro-defeitos presentes na superfície e subsuperfície do material restaurador. Todavia, tais defeitos foram somente observados com pressão acima de 10MPa. Avaliações de uma restauração efetuada com a resina Exact, removida após 6 anos de uso clínico, mostraram também fendas e rachaduras.

Li et al.⁴², em 1985, observaram o efeito do conteúdo de carga e do tamanho das partículas sobre a absorção de água e sobre as propriedades mecânicas de dureza e de resistência à compressão de resinas compostas experimentais. Foram estudadas duas séries de compósitos, contendo partículas de borosilicato de bário em matriz de polifenileno e polimetacrilato a primeira com partículas de 2 μ m e conteúdo de carga de 20%, 40%, 45%,

50% e 53%, em volume, e a segunda com partículas de 15 μ m e conteúdo de carga de 20%, 40%, 50%, 60% e 65%, também em volume. Após os ensaios, os autores verificaram melhores propriedades mecânicas e menor sorção de água para os compósitos com maior conteúdo de carga, independentemente do tamanho da partícula. Ao comparar, entretanto, compósitos com o mesmo conteúdo de carga, observaram que embora o tamanho das partículas não tenha interferido significativamente nos valores de dureza Knoop, houve maior resistência à compressão para os compósitos com partículas maiores.

Também em 1985, Smith⁶⁶ destacou a importância da fase orgânica na avaliação das propriedades das resinas compostas. O principal monômero empregado para a composição desta fase, BISGMA, possui elevado peso molecular e, conseqüentemente, alta viscosidade, dificultando a incorporação das partículas. Monômeros de menor peso molecular, como o dietileno glicol dimetacrilato (DEGDMA) e o trietileno glicol dimetacrilado (TEGDMA), são então empregados como diluentes. A composição, a estrutura da cadeia e a polaridade de todos estes monômeros afetam o grau de polimerização, a contração de presa, a sorção de água e também as propriedades mecânicas do material. Para o autor, diluentes com menor polaridade molecular poderiam ser empregados e monômeros semelhantes aos

BISGMA, porém, menos viscosos, deveriam ser pesquisados. Os derivados do uretano dimetacrilado (UDMA), utilizados por alguns fabricantes como substituto total ou parcial do BISGMA, embora mais resistentes e menos hidrófilos, são susceptíveis à foto-oxidação e possuem, por isso, menor estabilidade de cor.

Leinfelder³⁸, em 1987, ao avaliar o padrão de desgaste em resinas compostas posteriores, relatou que durante o processo de mastigação os estresses mecânicos são diretamente transmitidos à superfície do material restaurador. Partículas expostas ou projetadas, por sua vez, principalmente as de forma irregular ou angulada, levariam tais esforços à matriz circundante, provocando microrrachaduras. Segundo o autor, além da diminuição do tamanho das partículas, minerais com menor dureza deveriam ser utilizados para favorecer a absorção de parte da energia gerada pelas tensões e, desta forma, propiciar materiais com maior resistência ao desgaste.

Também em 1987, Ratanapridakul et al.⁵⁶ observaram que as irregularidades produzidas pelos procedimentos de acabamento e polimento poderiam aumentar a taxa de desgaste das resinas compostas em dentes posteriores. Restaurações de classe I e II foram efetuadas com a resina FulFil

em 60 dentes decíduos e apenas 30 delas receberam ajustes oclusais com fresas multilaminadas. Os dentes foram então moldados e duplicados em gesso. A avaliação final, após 6 meses, mostrou que a taxa de desgaste nos dentes que haviam recebido acabamento foi duas vezes maior que a do grupo controle. Para os autores, apesar de necessários, os procedimentos de acabamento e polimento das resinas compostas aumentariam o desgaste das restaurações.

Braem et al.⁶, em 1989, avaliaram o módulo de elasticidade, a dureza Wallace, a resistência à flexão e a resistência ao desgaste de resinas compostas experimentais, híbridas e fotoativadas, com fase orgânica à base de 62% de BISGMA e 38% de TEGDMA, em massa, e diferentes concentrações volumétricas de partículas (0%, 9,5%, 19%, 28,6%, 38,4%, 48,3% e 55,2%). A fase inorgânica era composta por 10% de partículas precipitadas (sílica, 20nm, 2,2g/cm³) e 90% de partículas trituradas (vidro de bário, entre 1,5µm e 8µm, 2,73g/cm³), igualmente tratadas com silano. Os resultados mostraram que todas as propriedades testadas foram diretamente proporcionais à concentração de partículas.

Também em 1989, Letzel⁴¹ avaliou o comportamento clínico de restaurações com resinas compostas em dentes posteriores e destacou falhas como falta de adaptação marginal, perda de material e cáries secundárias. Atribuiu 58% das falhas observadas ao material restaurador e 33% delas ao operador. As principais causas apontadas estariam ligadas às limitações mecânicas dos compósitos como baixa resistência à tração, à compressão e ao desgaste, à degradação hidrolítica e à propagação de trincas, que levariam à fadiga o material, após cargas cíclicas de mastigação.

Reid et al.⁵⁸, em 1990, destacaram também que a diminuição progressiva da resistência mecânica de determinado material, submetido a ciclagem mecânica, estaria relacionada à propagação de trincas e rachaduras. A resistência diminuiria à medida em que houvesse redução da área sem trincas num corpo-de-prova. Inicialmente ocorreria a nucleação ou formação das trincas, seguida de crescimento lento e crescimento instável. Nos compósitos, a nucleação poderia já estar presente, em função dos processos de polimerização e polimento. Caso contrário, as trincas seriam criadas durante a mastigação. Com esforços menores, o processo de abertura das trincas seria lento, porém, tornar-se-ia rápido com tensões próximas ao limite de fadiga.

Ainda em 1990, Chung & Greener¹⁴ avaliaram as relações entre o conteúdo de partículas e as propriedades mecânicas de resistência à compressão, resistência à tração diametral e dureza Knoop das resinas compostas Bis-fil I, Estilux Posterior, Ful-fil, Marathon, Occlusin, P30 e Sinterfil. Materiais com maior concentração volumétrica de partículas apresentaram maior dureza e resistência à tração diametral, porém, esta mesma correlação não foi observada para os ensaios de resistência à compressão. Os autores apontaram o conteúdo de partículas como fator determinante para as propriedades mecânicas dos compósitos estudados.

Em 1993, Willems et al.⁷⁵ estudaram várias propriedades das resinas compostas, buscando propor uma classificação para estes materiais. Foram estudados a distribuição e o tamanho das partículas, o módulo de elasticidade, a rugosidade superficial após escovação, a dureza Vickers, a radiopacidade, a resistência à compressão, a resistência à fratura, a resistência ao desgaste e a dureza das partículas de 89 marcas comerciais. A propriedade que melhor caracterizou os grupos propostos foi a rigidez, determinando compósitos de alta, média e baixa densidade de partículas, respectivamente com módulo ao redor de 25.000MPa (conteúdo acima de 60%, em volume), entre 20.000MPa e 15.000MPa (conteúdo entre 60% e 40%, em volume) e

abaixo de 10.00MPa (conteúdo inferior a 40%, em volume). Os valores de dureza foram comparados aos do esmalte (408VHN) e da dentina (60VHN) e variaram entre 102VHN e 186VHN para os compósitos de alta densidade, entre 65VHN e 144VHN para os de média densidade e entre 25VHN e 70VHN para os de baixa densidade. Os valores de resistência à compressão não obedeceram à mesma distribuição e apresentaram a seguinte variação dentro de cada grupo da classificação: entre 277MPa e 448MPa para os compósitos de alta densidade, entre 328MPa e 483MPa para os de média densidade e entre 262MPa e 498MPa para os de baixa densidade. Os autores concluíram que as resinas compostas destinadas aos dentes posteriores deveriam ser aquelas com tamanho médio de partícula inferior a $3\mu\text{m}$ e conteúdo total de carga acima de 60%, em volume.

Kaufman³⁴, em 1994, descreveu o material Z100 (3M) como sendo compósito formado por matriz de bisfenol-A glicidil metacrilato (BISGMA) e trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA), reforçada com grande quantidade (79%, em massa, ou 66%, em volume) de partículas sintéticas esferoidais (com tamanhos entre $0,01\mu\text{m}$ e $3,5\mu\text{m}$ – média de $1\mu\text{m}$) de sílica circundada por grãos tetragonais de zircônio. Segundo o autor, tais grãos favoreceriam a absorção de energia, reduzindo a propagação de fendas

através das partículas e conferindo ao material maior resistência até mesmo à abrasão. Por este motivo, poderia também ser indicado para uso em dentes posteriores.

Suzuki et al.⁷⁰, em 1995, avaliaram o efeito do tamanho e da forma das partículas na resistência ao desgaste, na dureza Brinell e na resistência à compressão de resinas compostas experimentais. Foram testados seis compósitos com matriz à base de UDMA e TEGDMA, respectivamente 70% e 30%, e partículas silanizadas de vidro de silicato, com dois diferentes formatos: esferoidais, com tamanho médio de 9,88 μ m, 2,01 μ m, 0,62 μ m e 0,20 μ m, e irregulares, com tamanho médio de 9,46 μ m e 1,97 μ m. As resinas com partículas esferoidais apresentaram igual conteúdo de carga (72,3%, em massa) e, dentre elas, nos ensaios de dureza e de resistência à compressão, destacaram-se os materiais com menor tamanho de partícula. Os compósitos de partículas irregulares, devido a limitações na distribuição, foram formulados com menor conteúdo de carga: 70,3%, em massa, para o tamanho médio de 9,46 μ m, e 62%, também em massa, para o tamanho médio de 1,97 μ m. O material com maior tamanho e quantidade de partículas apresentou maior dureza e menor resistência à compressão. O material com menor tamanho e quantidade apresentou menor dureza e maior resistência à

compressão. A resistência ao desgaste aumentou com a diminuição do tamanho médio das partículas, principalmente para as partículas de formato esferoidal e apenas partículas de tamanho grande sofreram esfoliação. Segundo os autores, este fato deveu-se, principalmente, à lisura das partículas esféricas, reduzindo o coeficiente de fricção entre elas e a matriz resinosa e transmitindo de maneira mais homogênea as tensões.

Também em 1995, Htang et al.³¹ avaliaram, em compósitos experimentais, a relação entre conteúdo de carga e resistência à fadiga. Materiais com matriz à base de BISGMA (60%) e TEGDMA (40%) e partículas de quartzo, silanizadas, com tamanho médio de 3 μ m a 5 μ m e conteúdo de carga variando entre 40% e 85%, em massa, foram submetidos a ensaios por impacto (entre 50.000 e 150.000 ciclos, com energia equivalente a 0,016J e frequência de 4Hz). Os resultados mostraram melhor desempenho para a concentração de 75%, que suportou maior número de ciclos. Materiais com carga acima de 80% e abaixo de 60% apresentaram os menores valores. Os autores concluíram que o aumento do conteúdo de fase inorgânica não aumenta, necessariamente, a resistência do compósito, uma vez que haveria, também, a influência de outros fatores como o agente de união, a composição, o tamanho e a distribuição das partículas de carga.

Asmussen & Peutzfeldt², em 1998, avaliaram a influência da composição da fase orgânica sobre a resistência à tração diametral, sobre a resistência à flexão e sobre o módulo de elasticidade de resinas compostas experimentais contendo 78% em massa de partículas de vidro com tamanho médio de 5 μ m, silanizadas. Foram elaboradas, inicialmente, 5 formulações com as seguintes proporções entre BISGMA e TEGDMA: 30%/70%, 40%/60%, 50%/50%, 60%/40% e 70%/30%. A seguir, dentro de cada formulação, incrementos sucessivos de 10% de UEDMA foram incorporados até a substituição total do BISGMA, totalizando desta forma 30 diferentes combinações. Nas resinas sem UDMA, os resultados mostraram que o aumento da quantidade de TEGDMA aumentou a resistência à tração (somente acima de 60%), a resistência à flexão (somente até 50%) e o módulo de elasticidade (somente acima de 40%). A substituição progressiva do BISGMA por UEDMA, dentro de quantidades fixas de TEGDMA, aumentou a resistência à tração e à flexão, porém, reduziu o módulo de elasticidade.

Também em 1998, Kalliyana Krishnan & Yamuna³³ avaliaram as propriedades mecânicas de resistência à compressão, resistência à tração diametral e dureza Vickers de resinas compostas experimentais à base de BISGMA e TEGDMA (72,5% e 27,5% em massa), contendo 75% também em

massa de diferentes tamanhos de partículas (0,7 μ m; 1,0 μ m e 1,4 μ m) e concentrações de canforoquinona (0,10%; 0,25%; 0,50% e 0,75%). O tempo de fotoativação variou entre 10, 30 e 50 segundos apenas para os ensaios de dureza e os resultados mostraram, para esta propriedade, relação direta quanto à concentração do fotoiniciador e quanto ao tempo de exposição à luz. Partículas de até 1 μ m proporcionaram maior dureza. As propriedades de resistência à compressão e à tração diametral, com fotoativação única de 30 segundos, apresentaram maiores valores e estabilização com concentração de 0,50% de canforoquinona. Os compósitos com partículas de 0,7 μ m e de 1,0 μ m apresentaram, também, melhor desempenho com relação a estas duas propriedades mecânicas. Apesar de proporcionar valores mais altos de dureza, maior quantidade de fotoiniciador não seria recomendada, por não melhorar outras propriedades e interferir na estabilidade de cor do material.

Segundo a revista *The Dental Advisor*⁵⁹, em fascículo publicado no mesmo ano, as resinas de alta viscosidade seriam especificamente indicadas para dentes posteriores, em restaurações de classe I e II. Tais materiais apresentariam, como vantagens, técnica semelhante à do amálgama, permitindo condensação e escultura, alta resistência ao desgaste, alta rigidez, baixa contração e maior profundidade de polimerização. Todavia, o artigo

destacou a escassez de dados clínicos e a ausência de estudos longitudinais a respeito destes materiais e levantou dificuldades relacionadas à manipulação, polimento, escala de cores e adaptação marginal. Ainda de acordo com a revista, a adição de partículas irregulares (Surefil / Dentsply), porosas (Solitaire / Kulzer) ou filamentosas (Alert / Jeneric Pentron) poderia modificar algumas propriedades e o desempenho clínico das resinas de alta viscosidade como redução da contração de polimerização, aumento da resistência ao desgaste e melhoria na degradação marginal. Dentre as novas formulações, o artigo destacou o compósito Definite (Degussa), que possui matriz orgânica modificada pela adição de monômeros inorgânicos (cadeias de carbono com a inclusão de silício e oxigênio).

Ainda em 1998, Hickel et al.³⁰ descreveram a composição do copolímero orgânico/inorgânico denominado “ormocer”. Segundo os autores, este monômero, de aplicação recente em odontologia mas bastante conhecido na literatura química, é formado pela associação de uretano multifuncional ao tioéter-oligo(meta)acrilato alcoxisilano. Os grupamentos alcoxisilil formam segmentos inorgânicos, com ligações Si-O-Si, enquanto os grupamentos metacrilato permitem a copolimerização com o restante da cadeia. O termo “ormocer” deriva da expressão *organically modified ceramics* e pode ser

substituído pelo termo “ormosil”, *organically modified sillicates*. Para os autores, ensaios laboratoriais com compósitos formados a partir deste monômero têm mostrado resultados promissores quanto às propriedades mecânicas e quanto à resistência ao desgaste.

Nagen Filho⁵⁰, em 1999, descreveu a composição da fase orgânica da resina composta Solitaire (Kulzer), destacando o monômero acrilato de silício tetrafuncional, denominado pelo fabricante “polyglass”. Esta molécula, que também pode receber outras denominações como silicato organicamente modificado, polímero orgânico modificado, composto orgânico de silício, “ormosil” ou “ormocer”, caracteriza-se por apresentar um átomo deste último elemento químico ligado a quatro grupamentos orgânicos com radicais metacrilato. Desta forma, o polímero resultante teria maior número de ligações cruzadas, com comportamento diferente das matrizes tradicionais.

Também em 1999, Whitters et al.⁷⁴ descreveram a matriz “ormocer” (*organic modified ceramic*) como a mais recente modificação nos materiais restauradores estéticos diretos. Todavia, apesar da modificação na fase orgânica, o produto comercial resultante da adição de partículas cerâmicas a esta matriz (Definite/Degussa) deveria ser estudado e classificado

como resina composta. Os autores chamaram a atenção para possíveis limitações ópticas deste material, em função da diferença entre os índices de refração das partículas e da matriz.

Ruddell et al.⁶⁰, no mesmo ano, relataram que as resinas compostas de alta viscosidade apresentariam características de manipulação semelhante aos amálgamas, porém, deveriam apresentar, também, propriedades mecânicas equivalentes às dos compósitos híbridos rotineiramente empregados. Neste estudo, avaliaram a resistência e o módulo de flexão, a dureza e as resistências à compressão, à tração e ao desgaste das resinas Alert (Jeneric/Pentron), Experimental Condensable (Kerr), Solitaire (Kulzer) e Surefil (Dentsply), comprando-as à resina híbrida Herculite (Kerr). Os resultados mostraram que as propriedades mecânicas de resistência à compressão, resistência à tração e dureza das resinas de alta viscosidade foram similares às da resina híbrida empregada como controle, entretanto, com relação à resistência e ao módulo de flexão, a resina Solitaire mostrou-se inferior. Quanto à resistência ao desgaste, as resinas Surefil e Herculite apresentaram melhor desempenho quando comparadas aos materiais Solitaire, Alert e experimental.

Ainda em 1999, Freedman²⁷ diferenciou as resinas compostas de alta viscosidade das tradicionais em função de alterações na carga e na matriz. Concentrações reduzidas de TEGDMA resultariam em alta viscosidade, que dificultaria, entretanto, maior incorporação de partículas, maior grau de conversão e maior número de ligações cruzadas. Desta forma, a matriz seria menos resistente, porém, menos friável, com menor índice de contração e menos hidrófila. Outra possibilidade seria a substituição, total ou parcial, dos monômeros tradicionais, BISGMA e TEGDMA, por UDMA (uretano dimetacrilato) e BIS-EMA (bisfenol A – polietileno glicol dieter dimetacrilato). Tais monômeros teriam maior peso molecular e viscosidade, com menor contração de polimerização e absorção de água. Quanto às partículas, o autor salientou que as alterações possíveis seriam o aumento do conteúdo, para aproximadamente 80%, em massa, e a adição de partículas porosas ou em forma de fibras, visando melhor distribuição e menor deslizamento entre as mesmas. Comercialmente, destacou os produtos P60/3M (matriz à base de BIS-EMA), Solitaire/Kulzer (matriz semelhante ao vidro e partículas porosas entre 2 μ m e 20 μ m), Surefil/Dentsply (82%, em massa, de partículas entre 0,04 μ m e 10 μ m) e Alert/Jeneric Pentron (filamentos de vidro, com comprimento entre 40 μ m e 60 μ m e diâmetro entre 6 μ m e 10 μ m,

associados a partículas tradicionais de alumínio silicato de bário e dióxido de silício, totalizando 83%, em massa, de fase inorgânica).

No mesmo ano, Silva Neto et al.⁶⁴ avaliaram a dureza Vickers das resinas compostas indicadas especificamente para dentes posteriores Alert (Jeneric Pentron), Degufil Mineral (Degussa), Prodigy (Kerr), Solitaire (Kulzer) e Tetric Ceram (Vivadent), comparando-as a compósitos classificados como de alta, média e baixa concentração de partículas, respectivamente Z100 (3M), TPH (Dentsply) e Durafil (Kulzer). Concluíram que apenas o material Alert (82,35VHN) apresentou valor de dureza estatisticamente semelhante ao da resina Z100 (95,85VHN). Os demais mostraram médias inferiores e estatisticamente semelhantes entre si (Degufil Mineral, 38,08VHN; Prodigy, 47,04VHN; Solitaire, 34,28VHN; e Tetric Ceram, 40,99VHN). Estas médias foram também estatisticamente semelhantes à da resina TPH (48,47VHN) e superiores à da resina Durafil (17,33VHN).

Ainda em 1999, Kerby et al.³⁶ avaliaram a resistência à fratura dos compósitos de alta viscosidade Alert, Solitaire e Surefil, comparando-os a compósitos de micropartículas (Heliomolar), híbrido (Herculite) e indireto (Belleglass). Após ensaios de flexão, em corpos-de-prova em forma de barra,

com entalhe, e cálculo do valor de K_{IC} , os autores encontraram maior tenacidade para o material Alert. Os demais compósitos, Herculite, Surefil e Belleglass, apresentaram valores intermediários, semelhantes entre si e superiores aos das resinas Solitaire e Heliomolar.

McGregor et al.⁴³, no mesmo ano, avaliaram as propriedades mecânicas de resistência à flexão, à compressão e à tração diametral das resinas compostas de alta viscosidade Alert, Solitaire e Surefil, comparando-as às resinas híbrida (TPH) e de micropartículas (Heliomolar). Os ensaios foram realizados após 7 dias de imersão em água destilada a 37°C e mostraram maiores valores de resistência à flexão e à tração diametral para a resina TPH, seguida pelas resinas Alert e Surefil, semelhantes entre si, e pelas resinas Heliomolar e Solitaire, também semelhantes entre si. Com relação à resistência à compressão, a resina Surefil apresentou maior valor, seguida pelas resinas Alert, Solitaire e TPH, semelhantes entre si, e pela resina Heliomolar.

Kesley et al.³⁷, ainda em 1999, avaliaram o módulo de elasticidade, a tenacidade, a resistência à flexão e a resistência à tração diametral das resinas compostas de alta viscosidade Alert, Prodigy, Solitaire e

Surefil, comparando-as à resina Z100. Os ensaios foram efetuados após armazenagem em água deionizada a 37°C por 35 dias e mostraram resistência à tração diametral semelhante para todos os materiais estudados. Com relação à resistência à fratura e ao módulo de elasticidade, o material Alert mostrou-se superior, seguido pelos materiais Surefil, Z100 e Prodigy. Quanto à resistência à flexão, a resina Prodigy mostrou-se superior, seguida pelas resinas Surefil, Z100 e Alert. A resina Solitaire apresentou resultados inferiores nessas três últimas propriedades mecânicas.

Cardoso et al.⁹, também em 1999, avaliaram a resistência à flexão das resinas compostas de alta viscosidade Alert e Alert Nova Fórmula (Jeneric Pentron), Definite (Degussa), Filtek P60 (3M), Prodigy Condensable (Kerr), Sculp-it (Jeneric Pentron), Solitaire (Kulzer) e Surefil (Dentsply), comparando-as às resinas híbridas Filtek Z250 (3M), Pyramide Esmalte e Dentina (Bisco) e Z100 (3M). Os corpos-de-prova, medindo 10mm x 2mm x 1mm, foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas e submetidos ao ensaio de três pontos. Os resultados mostraram maior resistência à flexão para as resinas compostas P60, Pyramide Esmalte e Alert, seguidas pelas resinas Z250, Surefil, Pyramide Dentina e Prodigy Condensable. A seguir, em

ordem decrescente, figuraram as resinas Alert Nova Fórmula, Sculp-It, Z100, Definite e Solitaire.

Carvalho et al.¹¹, ainda em 1999, avaliaram a profundidade de polimerização nas resinas compostas Alert, P60, Solitaire, Z250 e Z100, por meio de ensaios de dureza Knoop em quatro camadas sucessivas, cada uma representativa de 1mm de material. Para os compósitos Alert, P60, Solitaire e Z250, houve diferença estatística entre as quatro camadas avaliadas, com maior valor para a camada superficial. Para o material Z100, apenas a camada mais profunda (4mm) mostrou-se inferior à camada superficial. Independentemente da profundidade de polimerização, os materiais apresentaram a seguinte ordem decrescente de dureza Knoop: Alert > Z100 > P60 = Z250 > Solitaire.

Suzuki⁶⁹, no mesmo ano, avaliou a resistência ao desgaste das resinas compostas de alta viscosidade Alert nova fórmula, Solitaire e Surefil, comparando-as à resina TPH. Restaurações de classe I, com superfície plana, foram preparadas em molares humanos extraídos e submetidas à ação de força vertical de 75N e frequência de 1,2Hz. As resinas Alert e Surefil apresentaram

maior resistência ao desgaste, seguidas, em ordem decrescente, pela resina Solitaire e TPH.

Ainda em 1999, Pires & Pacheco⁵⁵ apresentaram o protocolo clínico do material Ariston pHc, indicado segundo o fabricante com o “objetivo de oferecer alternativa simples e específica para dentes posteriores, com a mesma longevidade e resistência do amálgama”. Este material, de cor branca, é também denominado comercialmente de “inteligente”, pois propõe a “manutenção estável do pH ao redor da restauração pela liberação balanceada de íons cálcio, flúor e hidroxila”. Os resultados clínicos iniciais mostraram-se bastante animadores com facilidade de manipulação e ausência de sensibilidade pós-operatória nos casos apresentados. Para os autores, trata-se de material promissor, desde que se confirmem, com o tempo, propriedades mecânicas aceitáveis e real efeito neutralizador.

Adabo¹, em 2000, avaliou o conteúdo de partículas, a contração de polimerização e a resistência à flexão das resinas compostas indicadas para dentes posteriores Alert, Ariston pHc, Definite, Filtek P60, Solitaire, Tetric Ceram e Z100. Os resultados mostraram, praticamente, a mesma ordem decrescente de conteúdo de partículas em massa ou por volume: em massa,

Z100 (79,612%) = Alert (79,460%) > P60 (77,522%) > Ariston (75,188%) > Tetric Ceram (74,652%) > Definite (72,666%) > Solitaire (63,202%); em volume, Z100 (65,270%) = Alert (67,260%) > P60 (62,344%) = Ariston (61,078%) > Tetric Ceram (57,228%) > Definite (54,426%) > Solitaire (47,760%). Quanto à resistência à flexão, houve melhor desempenho para a resina P60 (170,028MPa), seguida pela resina Z100 (151,349MPa). A seguir, em ordem decrescente, vieram as resinas Tetric Ceram e Alert (respectivamente, 126,146MPa e 124,895MPa), Ariston e Definite (respectivamente, 102,003MPa e 93,636MPa) e Solitaire (56,710MPa). Para o autor, a maior resistência à flexão da resina P60 poderia ser atribuída à matriz orgânica contendo Bis-EMA, que formaria pontes de hidrogênio com o copolímero UDMA, restringindo o deslizamento entre os segmentos poliméricos. Também a forma, a composição e o tamanho das partículas poderiam ter influenciado nos resultados positivos deste material, pois partículas esféricas do composto mineral sintético zircônio/sílica, com tamanho variando entre 0,01 μ m e 3,5 μ m, garantiriam melhor incorporação, melhor distribuição e maior absorção de energia com menor propagação de fraturas na matriz. Quanto à contração linear de polimerização, o melhor comportamento foi observado na resina Alert (0,795%), seguida pelas resinas Definite (0,991%), P60 (1,073%) e Z100 (1,101%). A seguir, com valores

estatisticamente semelhantes entre si, vieram as resinas Solitaire (1,421%), Ariston (1,432%) e Tetric Ceram (1,509%). Em função das diferentes composições monoméricas e pela presença de partículas pré-polimerizadas na resina Definite, a ordenação observada nos ensaios mecânicos não se repetiu na determinação da contração de polimerização.

Neste mesmo ano, Brandão⁷ avaliou a resistência à compressão e a fadiga compressiva das resinas compostas Prodigy (Kerr), P60 (3M), Surefil (Dentsply) e Z100 (3M). As resinas Z100, P60 e Surefil apresentaram maior resistência à compressão, respectivamente 307,20MPa, 270,44MPa e 266,93MPa, seguidas pela resina Prodigy, com 222,08MPa. Nos ensaios de fadiga compressiva, apenas o material P60 (184,20MPa) mostrou diferença estatística em relação ao material Prodigy (155,50MPa), sendo os materiais Surefil (165,74MPa) e Z100 (161,22MPa), semelhantes entre si e também aos demais. Após 10.000 ciclos, com frequência de 5Hz e força média inicial de aproximadamente 2000N, a resistência à fadiga compressiva situou-se, em média, 63,02% abaixo dos valores obtidos nos ensaios estáticos de resistência à compressão, com menor redução para as resinas Prodigy e P60 (respectivamente, perdas de 30,02% e 31,96%) seguidas pela resina Surefil (perda de 37,96%) e Z100 (perda de 47,95%).

Ainda em 2000, Manhart et al.⁴⁵ determinaram a resistência e o módulo de flexão, a resistência à fratura, a dureza Vickers e a resistência ao desgaste das resinas compostas de alta viscosidade Alert, Solitaire e Surefil, do “ormocer” Definite e do compósito com liberação de íons Ariston pHc, comparando-os com as resina híbrida Tetric Ceram. A resina Alert apresentou maior módulo de flexão, maior resistência à fratura e maior dureza, porém, menor resistência ao desgaste. A resina Solitaire apresentou maior resistência ao desgaste, porém, resistência e módulo de flexão, resistência à fratura e dureza Vickers inferiores às demais. Nenhuma correlação estatística foi observada entre dureza e resistência ao desgaste. Os autores concluíram que as propriedades mecânicas das resinas compostas de alta viscosidade variaram bastante entre as diferentes marcas comerciais e sugeriram que, além do conteúdo de carga e do tamanho das partículas, outros fatores como a interação entre as fases orgânica e inorgânica podem influir significativamente no comportamento mecânico destes materiais.

2.2 – Degradação hidrolítica

Söderholm⁶⁷, em 1981, avaliou o efeito da água sobre a estabilidade química da interface matriz/partícula de resinas compostas

experimentais. Quatro formulações foram estudadas, com 40% em volume de partículas de vidro contendo sódio e tamanho variando entre 4 μ m e 44 μ m, silanizadas ou não: duas formulações com matriz à base de polimetilmetacrilato (PMMA) e duas formulações com matriz à base de BISGMA e TEGDMA. Após ciclagem compressiva sob 15MPa e 45MPa, com frequência de aproximadamente 1,2Hz, e imersão por 80 dias, a análise dos elementos químicos presentes na água de armazenagem mostrou perda de sódio para todos os materiais testados. O pH do meio de imersão aumentou progressivamente com o tempo, principalmente para as resinas à base de PMMA. Os compósitos com partículas silanizadas mostraram menor perda de íons OH⁻, porém, a silanização não preveniu a perda de elementos químicos. A ciclagem mecânica acelerou o processo de degradação, principalmente sob maior pressão.

Em 1984, Söderholm et al.⁶⁸, discutiram o processo de degradação hidrolítica das resinas compostas e relacionaram o fenômeno à presença de fendas e rachaduras na matriz e ao deslocamento das partículas. Corpos-de-prova das resinas compostas Class II, Isopast, P10 e Profile foram inicialmente armazenados em estufa a 37°C, por 24 horas. Após este período, foram imersos em 7mL de água destilada durante 180 dias, porém, a 60°C. A

cada 30 dias, a água foi renovada e analisada por espectrofotometria de absorção atômica. Ao final do experimento, a superfície dos espécimes foi avaliada em microscopia eletrônica de varredura. Os resultados da análise espectrofotométrica mostraram que a água reagiu com o silano e com as partículas, liberando bário, estrôncio e silício e indicando perda de união entre estas e a matriz. A perda de silício foi proporcionalmente maior nos compósitos com partículas de vidro de estrôncio e/ou bário (Profile e Class II), em comparação àqueles compostos por quartzo ou sílica (P10 e Isopast). A resina de micropartículas foi mais estável em relação às demais. A avaliação em microscopia eletrônica de varredura mostrou fendas e rachaduras em todas as resinas, porém, mais evidentes nos materiais Profile e ClassII. Para os autores, a água presente no interior do material após absorção causaria o rompimento das ligações siloxanas entre a carga e a matriz, degradando também as partículas. A pressão osmótica criada na interface seria então capaz de induzir a propagação de trincas e rachaduras na matriz do material.

Draughn²¹, em 1985, destacou a dificuldade em se associar os resultados obtidos nos ensaios mecânicos de rotina com o comportamento clínico e as falhas observadas nas restaurações. Para o autor, o estudo da fadiga e a análise da fratura seriam métodos mais confiáveis de avaliação. Ao

estudar a fadiga compressiva das resinas compostas, observou redução de valores, ao redor de 66%, em relação à resistência limite à compressão. Sob umidade e altos valores de tensão, compósitos com partículas de vidro apresentariam maior resistência à fadiga, quando comparados a compósitos contendo quartzo. Estes, por sua vez, apresentariam maior resistência à fadiga quando submetidos a tensões de menor valor. Análises fractográficas mostraram a influência do meio e da temperatura sobre a propagação de trincas, com maior velocidade de propagação para materiais sob imersão.

Em 1986, Montes & Draughn⁴⁸ estudaram os efeitos da degradação superficial de resinas compostas imersas em água e sob ciclagem térmica. Corpos-de-prova das resinas compostas Adaptic, Exact, Profile e Silar foram armazenados a seco e em água destilada, a 37°C, por 7 dias. Um terceiro grupo, também mantido em água destilada pelo mesmo período, foi submetido à ciclagem térmica com 48 ciclos por hora e variação de temperatura entre 10°C e 60°C. Os resultados mostraram que as variáveis estudadas interferiram na quantidade de desgaste dos materiais. Os corpos-de-prova que sofreram ciclagem térmica apresentaram maior abrasão, presença de fendas e rugosidade superficial, com profundidade, em média, duas vezes maior em relação ao grupo armazenado em água, sem ciclagem. Este, por sua

vez, apresentou maior abrasão e rugosidade em comparação ao grupo que permaneceu sem imersão. Entre os materiais estudados, os que continham partículas de vidro (Exact e Profile) apresentaram maior dissolução e quantidade de falhas na interface matriz/partícula.

Também em 1986, Oysaed & Ruyter⁵⁴ estudaram a sorção de água e a solubilidade das resinas compostas Estilux Posterior, Ful-Fil, Heliomolar, Isomolar, Occlusin, P30, Profile e P10 após armazenagem em água destilada a 37°C por período de 110 dias. De maneira geral, os compósitos com maior conteúdo de fase orgânica apresentaram maior sorção, porém, isto não ocorreu para os materiais P30 e Estilux Posterior. Os ensaios de solubilidade não mostraram a mesma ordenação da variável anterior, embora em ambos a resina Occlusin tenha apresentado os menores valores e a resina P30, os maiores. Neste estudo, o comportamento das partículas foi também avaliado após eliminação da fase orgânica e imersão do resíduo mineral em água destilada por 90 dias. A sílica, presente em todos os materiais testados, sofreu também degradação. Além da presença de sílcio, outros elementos como bário, estrôncio e zinco, adicionados para conferir radiopacidade, foram também encontrados.

Watts et al.⁷³, no mesmo ano, estudaram a dureza Knoop das resinas compostas Estilux Posterior, Herculite, P30 e Occlusin, fotoativadas por 60 segundos e armazenadas em ambiente seco a 20°C e 37°C e em água nas mesmas temperaturas. Os períodos de avaliação foram de 15, 30, 45 e 60 minutos, 3 e 24 horas, 7 e 30 dias. Os resultados mostraram aumento progressivo e constante dos valores de dureza até o período de 24 horas, com estabilização a partir desta idade. As amostras armazenadas a 37°C apresentaram maiores valores em relação às armazenadas a 20°C. Em ambiente seco, a dureza Knoop também foi maior.

Calais & Söderholm⁸, em 1988, avaliaram o efeito da imersão sobre a resistência à flexão de resinas compostas experimentais. Corpos-de-prova em forma de barra, medindo 30mm x 5mm x 1,5mm, foram obtidos com materiais contendo matriz à base BISGMA (40%) e TEGDMA (40%) e 38% em volume de partículas de quartzo (entre 5µm e 40µm), vidro de bário (entre 5µm e 20µm) e sílica (tamanho médio de 5µm). Após armazenagem inicial a seco por 7 dias a 60°C, os espécimes foram imersos em 5mL de água deionizada, também a 60°C, e submetidos aos ensaios de flexão nos períodos de 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias. Os autores observaram, ao final do experimento, grande redução para o grupo controle (sem partículas) tendência

à redução progressiva nos compósitos com sílica, redução estatística apenas aos 90 dias nos compósitos com vidro de bário e nenhum efeito sobre a resistência à flexão dos compósitos contendo quartzo.

Sarret et al.⁶³, também em 1988, estudaram o efeito da água sobre a resistência ao desgaste de resinas compostas. Corpos-de-prova das resinas Prisma Fil, Occlusin e Silux permaneceram armazenados em dessecador por 60 dias, quando foram subdivididos em quatro grupos para avaliação da taxa de desgaste. No primeiro grupo os ensaios foram realizados a seco e nos demais os corpos-de-prova foram imersos em água destilada, previamente aos ensaios, por períodos de 60, 120 e 180 dias. Os resultados mostraram que a presença da água aumentou a taxa de desgaste dos materiais, sendo esta maior para a resina de micropartículas Silux. Análises em microscopia eletrônica de varredura mostraram que a água favoreceu o deslocamento de partículas para todos os materiais estudados.

Drummond²², em 1989, destacou que a propagação de trincas seria aumentada quando materiais cerâmicos estivessem imersos em ambientes aquosos. Segundo o autor, a água, que atacaria inicialmente a superfície do material, poderia também enfraquecê-lo internamente,

penetrando por meio de trincas e facilitando a propagação das mesmas por pressão capilar. Nos compósitos, a ação da água dar-se-ia na superfície silanizada, na matriz adjacente às partículas e no restante da fase aglutinante. Não somente o tamanho das partículas, mas também sua distribuição, o tipo de agente de união e a diferença entre os coeficientes de expansão térmica das duas fases teriam influência na resistência à degradação. Neste estudo, foi ainda discutido o modo de fratura das resinas compostas e, segundo o autor, embora o aumento do conteúdo de partículas pudesse ser considerado vantajoso, existiria um limite onde tal procedimento enfraqueceria o material por torná-lo friável. Tal limite dependeria da resistência à fratura da composição das fases orgânica e inorgânica, do percentual volumétrico da carga e do tamanho das partículas.

Em 1990, Munksgaard & Freund⁴⁹ investigaram a degradação de ésteres mono e di-metacrilatos, em pH neutro, catalisados por esterase (hidrolase) e por enzimas salivares. A identificação e a medida da quantidade dos monômeros e do ácido metacrílico (produto da reação) foram feitas por cromatografia líquida de alta pressão. Os resultados mostraram a seguinte ordem decrescente de resistência à degradação: HPMA > BISGMA > LAMA > DECMA > TEGDMA > UEDMA > DEGDMA. Os autores observaram que

um polímero de UEDMA ou de TEGDMA sofreria hidrólise mais rapidamente que um de BISGMA e que a taxa de desgaste de restaurações em resina composta poderia ser negativamente influenciada por este fenômeno. A formação de ácido metacrílico durante este processo poderia tornar frágil a superfície da resina e aumentar a remoção mecânica de fragmentos do material.

Também em 1990, Freund & Munksgaard²⁸ avaliaram, por meio de ensaios de dureza Wallace e de resistência ao desgaste, as alterações do polímero BISGMA/TEGDMA quando imerso em soluções aquosas com a enzima esterase. Para os ensaios de dureza, o período de armazenagem foi de 48 horas a 37°C em soluções com as seguintes concentrações: 5mU/mL, 50mU/mL e 500mU/mL. Para os ensaios de resistência ao desgaste, o período de imersão foi de 24 horas e a concentração utilizada, de 20U/mL. Os autores observaram que a dureza e a resistência ao desgaste do polímero diminuíram quando imerso. Os valores de dureza do grupo controle, em água destilada, foram estatisticamente semelhantes àqueles observados na concentração de 5mU/mL. Para os autores, a atividade enzimática hidrolítica presente na cavidade bucal contribui para o insucesso das restaurações de resina composta.

Oilo⁵³, em artigo de revisão publicado em 1992, estudou a biodegradação de resinas compostas, definindo este fenômeno como a desintegração e dissolução não só em saliva, mas também sob a ação de outros mecanismos físico-químicos e mecânicos, causados por alimentos, mastigação, escovação e atividade bacteriana. Para o autor, embora tal processo possa ser detectado pela redução da dureza ou pelo aumento da taxa de desgaste, testes *in vitro* seriam incapazes de reproduzir todos esses fatores ao mesmo tempo e, por este motivo, tornariam difícil sua correlação com o desempenho clínico. A baixa longevidade das restaurações de resina composta poderia, ainda, ser comprometida pelo relativamente baixo grau de conversão à temperatura ambiente (entre 60% e 75%), que deixaria monômeros livres, mais susceptíveis à degradação.

Em trabalho publicado no mesmo ano, Cruz et al.¹⁵ estudaram o conteúdo de carga em massa, a sorção de água e a dureza Vickers, após imersão, das resinas compostas P10, P50 e Ful Fil. Na ocasião, pode-se observar médias de sorção semelhantes, porém com saturação em períodos diferentes: 24 horas para o material P50 (85,255% de partículas, em massa), 48 horas para o material P10 (84,247% de partículas, em massa) e 15 dias para o material Ful Fil (74,430% de partículas, em massa). Os ensaios de dureza

mostraram valores médios estatisticamente diferentes para os três materiais (P10, 105,28VHN; P50, 96,93VHN; Ful Fil, 47,50VHN), porém apenas P10 e P60 apresentaram redução, ao redor de 8%, após 30 dias de imersão.

Ainda em 1992, Ferracane & Marker²⁴ avaliaram o efeito da água e de uma solução aquosa com etanol a 75% sobre a resistência à fratura de quatro resinas compostas fotoativadas experimentais. Os materiais foram preparados com fase orgânica à base de BISGMA e TEGDMA (50%/50%), também utilizada como controle, sendo dois com partículas de quartzo (tamanho médio de 1 μ m com conteúdo de 60% em volume ou 80% em massa e tamanho médio de 10 μ m com conteúdo de 63% em volume ou 80% em massa) e duas contendo partículas de vidro de bário (tamanho médio de 2 μ m com conteúdo de 46% em volume ou 70% em massa e tamanho médio de 12 μ m com conteúdo de 50% em volume ou 70% em massa). Os resultados mostraram redução estatística na resistência à fratura apenas para os corpos-de-prova mantidos em solução de etanol. Análises de fratura em microscopia eletrônica de varredura, após períodos de 24 horas, 2 e 14 meses, mostraram a presença de fendas para todos os materiais testados, independentemente do meio de imersão. Entretanto, maior dissolução da matriz foi observada nos corpos-de-prova imersos em solução de etanol.

Nagem Filho et al.⁵¹, em 1993, relacionaram a fadiga à degradação físico-química das resinas compostas. Pela ação da saliva e das forças cíclicas de mastigação, haveria comprometimento progressivo da interface matriz/partícula, reduzindo a resistência do material. Uma vez vencida a barreira de silano, as partículas de carga também seriam atacadas. Embora insolúveis, partículas de quartzo, com alta dureza e irregularidade superficial, induziriam a formação e a propagação de rachaduras na matriz. Partículas de sílica sofreriam degradação hidrolítica, onde o íon H^+ reagiria com o oxigênio ao mesmo tempo em que o íon OH^- reagiria o silício, rompendo a ligação siloxana. Partículas constituídas por núcleo de sílica e satélites de zircônio unidos por sinterização, presentes no material P50 (3M), poderiam apresentar adesão efetiva ao silano, absorvendo maior quantidade de energia e diminuindo a propagação. Partículas de vidro modificado por metais pesados também sofreriam com a ação da hidrólise, tendo como agravante a eletropositividade dos metais. Para os autores, apesar do processo ser diferente para cada composição de partícula, o fator desencadeante seria a água, potencializado pelo estresse clínico da restauração.

Braem et al.⁵, em 1994, verificaram a influência da água na fadiga flexural das resinas compostas Herculite XRV, P50, Z100 e Silux Plus.

Após 10.000 ciclos, com frequência de 2Hz e temperatura constante de 35°C, os materiais imersos por 30 dias apresentaram valores de limite de fadiga inferiores, quando comparados aos dos materiais mantidos a seco. Para os autores, haveria degradação do agente de união, com desprendimento de partículas e enfraquecimento da matriz, gerando, desta forma, áreas de concentração de tensões e de propagação de trincas no interior do material. A resina Herculite XRV apresentou melhor desempenho, seguida das resinas P50 e Z100, iguais entre si, e Silux Plus. Além das características de composição de cada produto comercial, fatores relacionados ao profissional como manipulação, intensidade de luz, tempo de polimerização, isolamento, uso de matrizes e armazenagem do material, teriam bastante influência no resultado final e na longevidade da restauração.

Tarumi et al.⁷¹, em 1995, avaliaram a sorção de água e a resistência à flexão de oito resinas compostas experimentais contendo 65% em massa de partículas de quartzo (tamanhos médios de 1 μ m, 2 μ m, 3 μ m e 5 μ m) ou de vidro de bário (tamanhos médios de 0,8 μ m, 1,3 μ m, 3 μ m e 10 μ m). Os autores observaram que a sorção foi sempre maior para as resinas contendo vidro de bário, em comparação às aquelas contendo quartzo, independentemente do tamanho das partículas. Com relação à granulometria, nos compósitos

contendo vidro de bário a sorção foi inversamente proporcional ao tamanho das partículas. Nos compósitos contendo quartzo não houve influência significativa do tamanho das partículas sobre a sorção. No que diz respeito à propriedade mecânica, as resinas com partículas de vidro de bário foram também inferiores. Para os autores, a durabilidade das resinas com bário seria menor, pois reteriam mais água na interface matriz/partícula e estariam mais sujeitas ao efeito da hidrólise.

Também em 1995, Yamamoto & Takahashi⁷² questionaram a utilização de ensaios estáticos para avaliação da durabilidade de materiais restauradores. Avaliaram então a resistência à fadiga por tração diametral de resinas compostas após 24 horas de imersão em meio aquoso e observaram que os valores numéricos desta propriedade diminuíram significativamente. Para a resina híbrida, os valores obtidos após a imersão e ciclagem mecânica (54,7MPa) foram correspondentes a 71% da resistência estática do material. Para as resinas de micropartículas, os valores obtidos nas mesmas condições (28,1MPa) corresponderam a 52% dos valores iniciais. Para os autores, a principal causa da degradação seria a hidratação do agente silano.

No mesmo ano, Indrani et al.³² avaliaram o efeito da água sobre a tenacidade e sobre o módulo de elasticidade de seis resinas compostas experimentais, contendo 86% em massa ou 70% em volume de partículas de vidro de estrôncio e de sílica, respectivamente com 4 μ m e 0,04 μ m de diâmetro. A fase orgânica, com 30% em massa de diluente, foi formada pelas seguintes combinações: BISGMA/TEGDMA, BISGMA/TeEGDMA, BISGMA/DDDMA, UDMA/TEGDMA, UDMA/TeEGDMA ou UDMA/DDDMA, sendo este último duodecano-diol-dimetacrilato. Os compósitos foram armazenados em água destilada a 37°C por períodos de 2, 4 e 6 semanas e os resultados comparados ao de amostras com 24 horas de imersão e temperatura de 23°C. Os autores observaram que após a imersão houve aumento da resistência à fratura e redução no módulo de elasticidade. Com relação às matrizes estudadas, a ordem decrescente de resistência à fratura, segundo os autores propriedade mecânica mais relevante clinicamente, foi: UDMA/TEGDMA = UDMA/TeEGDMA > BISGMA/TeEGDMA = BISGMA/TEGDMA > UDMA/DDDMA > BISGMA/DDDMA.

Em 1998, Gladys et al.²⁹ destacaram a formação de microfendas na superfície dos compósitos após processos de acabamento e polimento. Em função da mastigação, tais fendas tenderiam a se propagar, ocasionando a

fratura do material. Além disso, o efeito adverso da água sobre o silano que recobre as partículas provocaria o desprendimento das mesmas, criando sítios para o desenvolvimento e propagação de novas tensões. Neste estudo, os autores avaliaram a influência do acabamento imediato sobre o módulo de elasticidade e sobre a resistência à fadiga de restauradores estéticos diretos (Z100, Dyract, Fuji II LC e Vitremer), após 30 dias armazenagem em água. A resina composta apresentou os maiores valores de resistência à fadiga, seguida pela resina composta modificada por poliácido e pelos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina. A perda foi também maior para a resina Z100 (ao redor de 27%), seguida pela resina modificada por poliácido (aproximadamente 15%) e pelos ionômeros modificados por resina (entre 3% e 6%). O módulo de elasticidade foi também superior para a resina composta e não sofreu redução. O material Dyract apresentou redução de aproximadamente 25% para esta propriedade, enquanto os materiais Vitremer e Fuji II LC apresentaram, após a armazenagem, módulo aproximadamente 16% superior. Para os autores, o acabamento e a ciclagem mecânica aumentariam os efeitos prejudiciais da água sobre o material.

Ferracane et al.²⁵, também em 1998, avaliaram o efeito da imersão em água sobre o módulo de elasticidade, sobre a resistência à fratura,

sobre a resistência à flexão e sobre a dureza de compósitos experimentais à base de BISGMA/TEGDMA (50%/50%) e partículas de vidro de estrôncio (entre 1 μ m e 2 μ m), associadas a 5%, em massa, de micropartículas de sílica. O conteúdo total de partículas variou, em volume, entre 28% e 62% e a porcentagem de partículas silanizadas, entre 20% e 100%. Os períodos de armazenagem foram de 1 dia, 6 meses, 1 e 2 anos, em água destilada a 37°C. Os resultados iniciais mostraram valores menores de resistência à fratura e à flexão para os corpos-de-prova com menor conteúdo volumétrico de partículas e também para aqueles com maior parcela de partículas não silanizadas. Nos ensaios de dureza Knoop e na determinação do módulo de elasticidade, entretanto, os valores foram menores apenas para os corpos-de-prova com menor conteúdo de partículas, não havendo influência da quantidade de partículas com silano. Após 6 meses de imersão, houve decréscimo na resistência à fratura, na resistência à flexão e na dureza, com estabilização neste período, porém, a água não influenciou significativamente o módulo de elasticidade. Os autores concluíram que a água exerceria ação limitada sobre os compósitos, sendo pouco provável sua influência direta na degradação da fase orgânica, das partículas ou da interface. Solventes presentes na cavidade bucal e forças cíclicas de mastigação seriam responsáveis por esta degradação. A redução inicial de dureza ocorreria por expansão higroscópica da matriz.

Ainda em 1998, Drummond et al.²³ estudaram a resistência à flexão e o módulo de elasticidade de cinco resinas compostas experimentais após armazenagem em água ou ar, por períodos de 6 e 12 meses. A matriz orgânica utilizada foi composta por 60% de BISGMA e 40% de TEGDMA. Como carga, foram empregadas partículas de vidro de estrôncio e micropartículas de sílica nas seguintes proporções em massa: 75% apenas de vidro de estrôncio; 67,5% de vidro de estrôncio e 7,5% de micropartículas; 79% apenas de vidro de estrôncio e 71,1% de vidro de estrôncio e 7,9% de micropartículas. A combinação monomérica sem carga foi usada como controle. Os resultados mostraram que a adição de partículas resulta em aumento da resistência à flexão e do módulo de elasticidade e que a armazenagem em água reduz de maneira significativa os valores destas propriedades após 6 meses de imersão.

Santerre et al.⁶¹, em 1999, avaliaram a dureza Vickers e a perda de massa das resinas compostas Silux Plus XL, TPH e Z100 após armazenagem em solução enzimática de esterase colesterol por período de 16 dias. Como controle, foi empregada solução tamponada de fosfato de sódio 0,05M, pH 7,0. Os resultados mostraram redução estatisticamente significativa de dureza apenas para o material Z100 (antes da imersão, 121,7VHN; em

solução de esterase, 102,9VHN; em solução de fosfato de sódio, 105,9VHN), em comparação com os demais (Silux Plus XL, respectivamente 51,6VHN, 40,5VHN e 41,4VHN; TPH, respectivamente 73,6VHN, 65,5VHN e 66,6VHN). Com relação à perda de massa, também o material Z100 apresentou resultados inferiores, com redução de $0,67 \pm 0,06$ mg na solução enzimática e de $1,11 \pm 0,08$ mg na solução controle. Para os autores, a biodegradação observada no material Z100 estaria primordialmente relacionada à sua maior quantidade de partículas.

Carreiro¹⁰, em 2000, avaliou a dureza e a resistência à compressão de resinas compostas indiretas após armazenagem em água por períodos de até 180 dias. Neste trabalho, a resina composta Z100 e a porcelana feldspática Noritake foram empregadas como controle. Os resultados mostraram a seguinte ordem decrescente de dureza para os materiais estudados: Noritake, 553,652VHN; Z100, 87,241VHN; Artglass, 37,617VHN; Solidex, 31,324VHN e Targis, 26,534VHN. Enquanto o material cerâmico não apresentou redução de dureza, todos os compósitos avaliados mostraram valores estatisticamente inferiores após a imersão. A estabilização ocorreu após 30 dias para os materiais Artglass e Solidex (redução de aproximadamente 33% para o primeiro e 28% para o segundo), após 60 dias

para o material Z100 (redução de aproximadamente 33,5 %) e após 90 dias para o material Targis (redução de aproximadamente 13% com imersão). Após 180 dias, não houve redução estatisticamente significativa de resistência à compressão, tendo os materiais apresentado a seguinte ordem decrescente de valores: Z100 (279,885MPa) = Solidex (276,520MPa) > Noritake (212,955MPa) = Artglass (212,425MPa) = Targis (179,045MPa).

2.3 – Selamento superficial

Dickinson et al.¹⁷, em 1988, propuseram a aplicação preventiva de um selante de superfície sobre restaurações posteriores em resina composta. Este material penetraria nas fendas e rachaduras provocadas pelo processo de acabamento e polimento, reduzindo o desgaste. Cavidades de classe I e II foram restauradas com a resina Bis-Fil I e polidas seqüencialmente com fresa de 12 lâminas e pontas montadas para acabamento. Aleatoriamente, 50% destas restaurações receberam a aplicação de um selante de superfície, experimental, à base de BIS-GMA, TEGDMA e THFMA (tri-hidroxi-furfuril-metacrilato). Após 6 meses, houve redução de aproximadamente 35% na taxa de desgaste, com perda de 20 μ m para os dentes selados e de 31 μ m para os não selados.

Ratanapridakul et al.⁵⁷, em 1989, avaliaram *in vivo* a influência do acabamento sobre a resistência ao desgaste de restaurações posteriores em resina composta. Cavidades de classe I e II foram restauradas com a resina Ful-Fil em molares decíduos, com e sem acabamento com fresa de 12 lâminas e pontas montadas. As restaurações foram moldadas por meio de sílica de adição Express (3M) e modeladas imediatamente após a confecção, mensalmente até 6 meses e após 1 ano. Os resultados mostraram que as restaurações acabadas apresentaram maior desgaste com diferença entre 40 μ m e 60 μ m em relação às não acabadas. Segundo os autores, a superfície irregular proporcionada pelo acabamento, com defeitos e microrrachaduras que se estendem até 50 μ m de profundidade, não favoreceria a distribuição uniforme das tensões, resultando em menor resistência à abrasão. A aplicação de um selante de superfície, após o acabamento, poderia preencher tais rachaduras, reforçar a matriz orgânica e aumentar a resistência ao desgaste do material.

Em 1990, Dickinson et al.¹⁹ publicaram a seqüência do trabalho clínico onde foi avaliado o desempenho do selante de superfície, experimental, composto por BIS-GMA, TEGDMA e THFMA. Sessenta e duas restaurações de classe I e II haviam sido confeccionadas com a resina Bis-Fill I (Bisco) e, após acabamento com fresa de 12 lâminas e pontas montadas, trinta e uma

delas tinham sido condicionadas com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos, lavadas, secas com ar e recobertas com o selante, fotopolimerizado por 60 segundos. Avaliações realizadas após 1 ano mostraram integridade marginal superior para as restaurações seladas. Modelos em gesso evidenciaram que as restaurações cobertas pelo selante apresentaram superfície mais lisa e contínua, quando comparadas às do grupo controle, que exibiram maior número de poros, fendas e partículas protuídas. Neste mesmo estudo, foram efetuados ensaios de dureza Knoop, em condições semelhantes à descrita clinicamente, e os resultados mostraram, logo após a aplicação, melhor desempenho para o corpos-de-prova selados (111KHN x 92,5KHN). Para os autores, estresses químicos e mecânicos, neles incluídos os provenientes do processo de acabamento e polimento, são responsáveis pelo aparecimento de tais defeitos microestruturais que, por sua vez, interferem na resistência à abrasão e na integridade marginal das restaurações. A aplicação do selante de baixa viscosidade poderia aumentar, indiretamente, a longevidade dos compósitos posteriores.

Também em 1990, Dickinson et al.¹⁸ publicaram os resultados da avaliação de 2 anos da pesquisa clínica anterior. Observaram que, apesar de ter havido redução ao redor 50% após o primeiro ano, as restaurações seladas

mostraram também, com mais 12 meses, aceleração no processo de desgaste, todavia inferior ao grupo não selado. Após 2 anos, a integridade marginal das restaurações que receberam selante foi também superior.

Leinfelder³⁹, em 1991, ressaltou a melhoria dos compósitos de então, principalmente, pela redução no tamanho das partículas e pelo aumento do conteúdo de carga. Todavia, destacou que as diferentes marcas comerciais disponíveis poderiam apresentar características diversas quanto à manipulação, textura de superfície e resistência ao desgaste. Para o autor, os processos de acabamento e polimento danificam a superfície das resinas compostas, criando defeitos microestruturais que reduzem sua resistência à abrasão. As microfendas formadas se estendem ao longo e abaixo da superfície, podendo chegar a 20 μ m de profundidade. Novamente, sugeriu a utilização de selantes de superfície, como meio de reduzir em até 50% a taxa de desgaste das resinas compostas posteriores.

Em 1993, Dickinson & Leinfelder¹⁶ publicaram o resultado final da avaliação clínica de restaurações de classe I e II confeccionadas com a resina composta Bis Fil I, com e sem a aplicação do selante superficial. Após períodos de 6 meses, 1, 2, 3 e 5 anos, verificaram que o referido material foi

capaz de penetrar e preencher defeitos microestruturais, tanto na superfície oclusal, como na interface dente/restauração, reduzindo o desgaste e melhorando a integridade marginal. Para os autores, a fotoativação do selante seria útil, também, para aumentar o grau de polimerização da resina subjacente, resultando em superfície mais dura e, portanto, mais resistente ao desgaste. Os autores concluíram que a efetividade do selante de superfície poderia, ainda, ser melhorada se aplicações periódicas fossem realizadas semestralmente.

Kawai & Leinfelder³⁵, também em 1993, estudaram a influência da aplicação do selante Fortify (Bisco) sobre a resistência ao desgaste de quatro resinas compostas posteriores contendo diferentes tamanhos médios de partículas: Herculite (Kerr) e Prisma APH (Dentsply), com partículas de até 1 μ m; Oclusin (ICI) e Bisfil P (Bisco), com partículas maiores que 1 μ m. Após planificação da superfície oclusal, foram confeccionadas, para cada material, em molares extraídos, cinco restaurações medindo 4mm de diâmetro por 4mm de profundidade. Após o polimento, com lixa de granulação 600, metade das restaurações recebeu condicionamento ácido por 10 segundos, lavagem, secagem e selante Fortify, polimerizado por 40 segundos. Os corpos-de-prova foram, então, armazenados em água deionizada por 72 horas e submetidos à

simulação de mastigação (400.000 ciclos, sob a ação de ponta metálica, solução aquosa com partículas de 44 μ m de polimetilmetacrilato, força de 75,6N e frequência de 2 Hz). A seguir foram duplicados em resina epóxica para análise em microscopia eletrônica de varredura e perfilômetro. Os resultados mostraram que o selante foi capaz de preencher as microfendas superficiais, segundo os autores por sua baixa viscosidade e alto poder de umedecimento. Entretanto, o tamanho médio das partículas de carga foi também importante para diferenciar o padrão de desgaste, ou seja, as resinas com partículas maiores apresentaram superfícies com maior número de defeitos microestruturais, quando comparadas àquelas com tamanho médio inferior a 1 μ m. Desta forma, segundo os autores, o selante poderia não ser efetivo em compósitos com partículas pequenas (menores que 1 μ m), porém a interface dente/restauração mostrou-se mais contínua nos corpos-de-prova selados. A espessura do selante não mostrou efeito sobre os valores de desgaste, mas sim o material que penetrou e foi adequadamente polimerizado. Os autores concluíram que o uso do selante poderia aumentar a longevidade das restaurações posteriores em resina composta, entretanto, a redução do desgaste oclusal seria mais dependente do tamanho médio das partículas de carga.

Bayne et al.³, em 1994, relataram que os primeiros selantes de superfície, denominados *glazes*, foram desenvolvidos para restaurações anteriores e visavam a cobertura de superfícies rugosas e de defeitos marginais criados durante os procedimentos de acabamento e polimento. Todavia, como estes sistemas não aderiam adequadamente ao compósito, seu efeito em diminuir a taxa de desgaste seria pequeno e de curta duração. Selantes atuais, como o Fortify (Bisco), poderiam aumentar a resistência inicial ao desgaste de resinas compostas com partículas grandes. Para os autores, ainda, embora o maior conteúdo de partículas possa conferir aos compósitos melhores propriedades químicas, físicas e mecânicas, aqueles com menor conteúdo seriam mais fáceis de serem polidos e, desta forma, não necessitariam do selamento.

Miranda⁴⁶, em 1994, estudou *in vitro* a influência da aplicação do selante Fortify (Bisco) na infiltração marginal e defeitos superficiais de restaurações de classe V, realizadas com a resina composta Durafil e submetidas, após 7 dias de armazenagem, à ciclagem térmica (120 ciclos de 2 minutos, com 30 segundos a 55°C e 30 segundos a 5°C, intercalados com 30 segundos a 37°C). Parte dos corpos-de-prova foi examinada em microscopia eletrônica de varredura e parte, imersa em solução de nitrato de prata a 50%

por 24 horas. Os resultados mostraram redução significativa no grau de infiltração das restaurações seladas, também com menor número de defeitos superficiais.

Ainda em 1994, Miranda Júnior & Santos⁴⁷, avaliaram *in vitro* a eficácia do selante Fortify (Bisco) em reduzir a infiltração marginal em restaurações posteriores com as resinas compostas Heliomolar e Z100 e os sistemas adesivos Scotchbond Multi Purpose Plus, Optibond e All Bond II. Após armazenagem em água por 7 dias, ciclagens térmica e mecânica e imersão em solução de nitrato de prata a 50% por 24 horas, os autores também observaram redução no grau de infiltração das restaurações seladas.

Em 1997, Carvalho Júnior¹² estudou a influência da aplicação do selante Fortify (Bisco) sobre a dureza Rockwell 30T das resinas Charisma, Durafill, Tetric, TPH e Z100, fotopolimerizadas por 60 segundos, desgastadas com lixa de granulação 600 e imersas inicialmente em água destilada por 24 horas até a primeira aferição. A seguir, as amostras receberam polimento com lixa de granulação 1.500 e, metade delas, aplicação do selante, antes de nova imersão por período de 30 dias para as leituras finais. O condicionamento da superfície foi efetuado com ácido fosfórico a 37% e o selante aplicado por

meio de pincel descartável, o mesmo utilizado para a remoção do material não polimerizado. O tempo de fotoativação foi de 20 segundos e tanto os corpos-de-prova selados quanto os não selados receberam, aos 14 dias e aos 28 dias, ciclagem térmica (300 ciclos, com banhos de 10 segundos alternados entre 5°C e 55°C). Os resultados mostraram maior valor médio de dureza para os corpos-de-prova selados (66,933RHN contra 64,864RHN). Entre os materiais, maiores valores foram observados para a resina Z100 (80,322RHN), seguida pelas resinas Tetric (66,721RHN), Charisma (65,939RHN) e TPH (64,949RHN), iguais entre si, e pela resina Durafill (51,550RHN). Os valores obtidos após 30 dias (68,711RHN) foram superiores aos observados no período inicial (63,086RHN).

Leinfelder & Prasad⁴⁰, em 1998, descreveram a composição da resina Alert (Jeneric/Pentron), classificando-a como “condensável”. O componente mineral exclusivo deste material consiste em fibras de vidro com 6µm de diâmetro e 60µm a 80µm de comprimento, adicionadas às partículas trituradas de vidro de borosilicato de bário, com tamanho médio de 0,8µm, e às micropartículas de sílica, totalizando 84%, em massa, de fase inorgânica. A matriz resinosa é composta basicamente por policarbonato dimetacrilato (PCDMA). A combinação das fibras com o elevado conteúdo de partículas

permitiria a condensação do material. Ao final, a restauração deveria ser protegida com selante específico (Protect-It), no sentido de obliterar possíveis microrrachaduras e irregularidades superficiais.

Small⁶⁵, em 1998, destacou a influência dos processos de acabamento e polimento na redução da longevidade das restaurações com resinas compostas em dentes posteriores. Após ajustes anatômicos e oclusais, o compósito deveria ser recoberto com selante específico (Fortify, Bisco; Protect-It, Jeneric/Pentron ou Optiguard, Kerr), para que qualquer defeito superficial pudesse ser preenchido e a resistência ao desgaste aumentada em 50%.

Ferreira²⁶, em 1999, avaliou a efetividade do selante de superfície Fortify/Bisco sobre a rugosidade das resinas compostas Tetric Ceram (Vivadent) e Z100 (3M), após períodos de 6 meses e de um ano de escovação simulada. Os resultados mostraram menores valores de rugosidade antes da escovação, com aumento significativo após 6 meses e um ano, independentemente do agente de cobertura. Fotomicrografias complementaram o estudo e mostraram remoção parcial do selante superficial.

Ainda em 1999, Christensen¹³ classificou as resinas compostas disponíveis comercialmente em duas categorias simples e de fácil entendimento: híbridas (universais) e de micropartículas (para dentes anteriores). Acrescentou, ainda, novos tipos de compósitos como as resinas híbridas de baixa viscosidade (*flow*), os cimentos resinosos e as resinas “compactáveis”, que não seriam “condensáveis”, mas, em função de maior viscosidade, ofereceriam certa resistência ao serem acomodadas na cavidade. Ao final de sua proposta de classificação, o autor descreveu os selantes de superfície, como sendo resinas fluidas, contendo ou não partículas, indicadas para o recobrimento superficial de restaurações em resina composta, preenchendo fendas microscópicas e rachaduras produzidas durante o polimento do material.

Santos⁶², em 2000, avaliou, por meio de ensaios rugosimétricos, a eficácia de métodos de recuperação de lisura superficial em compósitos posteriores. Corpos-de-prova com os materiais Alert (Jeneric/Pentron), Definite (Degussa), Prodigy Condensable (Kerr/Sybron) e Z100 (3M), polidos e selados ou não com Protect-It (Jeneric/Pentron) foram levados ao aparelho Surfcoorder SE 1700 para leituras iniciais. A seguir, foram submetidos à simulação de escovação (30.000 ciclos) e novamente avaliados. A superfície

que recebeu selante foi selada pela segunda vez e reavaliada. A superfície que havia recebido apenas polimento foi repolida, avaliada, selada e reavaliada. Os resultados mostraram que, independentemente da aplicação do selante, houve aumento da rugosidade após a escovação para todos os compósitos, à exceção do Prodigy Condensable; a reaplicação do selante de superfície diminuiu a rugosidade provocada pela escovação nos materiais Alert e Definite; o repolimento, entretanto, foi mais efetivo em reduzir a rugosidade após a escovação, à exceção do material Alert, para o qual a associação com o selamento mostrou-se mais efetiva.

3 – Proposição

O objetivo deste estudo foi avaliar a dureza e a resistência à compressão das resinas compostas Alert (Jeneric/Pentron), Ariston (Vivadent), Definite (Degussa), P60 (3M), Solitaire (Kulzer), Surefil (Dentsply) e Z100 (3M), após 90 dias de imersão em água destilada, recobertas ou não pelo selante superficial Protect It (Jeneric/Pentron).

Nos ensaios de dureza, foram avaliadas quatro condições experimentais, em quatro períodos diferentes, descritos a seguir:

C1 – A seco, sem selante.

C2 – Em água destilada, sem selante.

C3 – Em água destilada, com selante.

C4 – Em água destilada, com silano aplicado previamente ao selante.

T1 – inicial.

T2 – 30 dias.

T3 – 60 dias.

T4 – 90 dias.

Nos ensaios de resistência à compressão, foram avaliados quatro grupos experimentais, todos após 90 dias de imersão:

G1 – Sem selante e sem ciclagem mecânica.

G2 – Sem selante e com ciclagem mecânica.

G3 – Com selante e com ciclagem mecânica.

G4 – Com silano aplicado previamente ao selante e ciclagem mecânica.

4 - Material e método

4.1- Materiais utilizados

As resinas compostas utilizadas neste estudo estão apresentadas no quadro 4.1.1. A composição de cada material, fornecida pelos fabricantes, é descrita nos quadros numerados de 4.1.2 a 4.1.8.

Quadro 4.1.1 - Resinas compostas estudadas.

	Material	Fabricante	Cor	Apresentação	Lote
M1	Alert (Amalgam Like Esthetic Restorative Treatment / Restaurador estético para posteriores equivalente ao amálgama)	Jeneric / Pentron (EUA)	A2	Casulos 0,30g	24247
M2	Ariston pHc	Vivadent (Liechtenstein)	Branca	Bisnagas 4g	B-35371
M3	Definite OMC (Organich Modifizierte Ceramic / Cerâmica organicamente modificada)	Degussa – Hüls (Alemanha)	A3/A3,5	Pontas para seringa 0,25g	3990705
M4	3M Filtek P60	3M (EUA)	A3	Bisnagas 4g	0BG
M5	Solitaire	Heraeus Kulzer (Alemanha)	A3	Bisnagas 3g	41
M6	SureFil (High Density Posterior Restorative / Resina Posterior Condensável)	Dentsply Caulk (EUA)	A	Casulos 0,40g	990820
M7	3M Restaurador Z100	3M (EUA)	A3	Bisnagas 4g	6EF

Quadro 4.1.2 – M1, Alert (Jeneric/Pentron).

Tipo Partículas	Composição Matriz	Composição Partículas	Tamanho médio Partículas	Quantidade em massa Partículas	Quantidade em volume Partículas
Híbrida + Microfibras	Policarbonato dimetacrilato + Dimetacrilato-difenol-A Etoxilado + 2,2'(2,5-Tiofendil) BIS (5-Terc Butil Benzoxazol) + 2(2-Hidroxi-5Terc-Octilfenil) Benzotriazol	Boro-silicato de bário + SiO ₂ + óxido de magnésio + óxido de alumínio	-	84,00%	-

Quadro 4.1.3 – M2, Ariston (Vivadent).

Tipo Partículas	Composição Matriz	Composição Partículas	Tamanho médio Partículas	Quantidade em massa Partículas	Quantidade em volume Partículas
Híbrida	Dimetacrilatos	Vidro de flúor-silicato de bário e alumínio + Fluoreto de Ytérbio + SiO ₂	1,3µm	79,00%	59,00%

Quadro 4.1.4 – M3, Definite (Degussa).

Tipo Partículas	Composição Matriz	Composição Partículas	Tamanho médio Partículas	Quantidade em massa Partículas	Quantidade em volume Partículas
-	Polisiloxano + Metacrilatos “Ormocer”	Partículas inorgânicas-77% + Fosfato-sulfato-apatita - 3% + metacrilato pré-polimerizado	0,85um	80,00%	-

Quadro 4.1.5 – M4, P60 (3M).

Tipo Partículas	Composição Matriz	Composição Partículas	Tamanho médio Partículas	Quantidade em massa Partículas	Quantidade em volume Partículas
-	BISGMA UDMA BIS-EMA	Zircônia/sílica	0,19um a 3,3um	-	61,00%

Quadro 4.1.6 – M5, Solitaire (Kulzer).

Tipo Partículas	Composição Matriz	Composição Partículas	Tamanho médio Partículas	Quantidade em massa Partículas	Quantidade em volume Partículas
Híbrida	Ácido de éster metacrílico multifuncional “Polyglass”	Flúor-silicato de alumínio + SiO ₂	-	65,00%	-

Quadro 4.1.7 – M6, Surefil (Dentsply).

Tipo Partículas	Composição Matriz	Composição Partículas	Tamanho médio Partículas	Quantidade em massa Partículas	Quantidade em volume Partículas
Híbrida	BISGMA uretano modificada	Vidro de borosilicato de flúor e alumínio + SiO ₂	-	-	-

Quadro 4.1.8 – M7, Z100 (3M).

Tipo Partículas	Composição Matriz	Composição Partículas	Tamanho médio Partículas	Quantidade em massa Partículas	Quantidade em volume Partículas
Híbrida	BISGMA + TEGDMA	Zircônia /Sílica	Máximo de 4,5µm	84,50%	71,00%

A seqüência dos materiais empregados no selamento superficial está apresentada no quadro 4.1.9. A composição do selante sem partículas Protect It (Jeneric/Pentron), fornecida pelo fabricante, é descrita no quadro 4.1.10.

Quadro 4.1.9 – Seqüência de materiais empregados para selamento.

	Material	Fabricante	Apresentação	Lote
1	Condicionador dental gel (ácido fosfórico a 37%)	Dentsply (Brasil)	Bisnaga 5mL	47350
2	3M Scotchbond Ceramic Primer (Condicionador de cerâmica / silano)	3M (EUA)	Frasco 5mL	19951208
3	Protect It (Composite Surface Sealant / Selante marginal para resina composta)	Jeneric / Pentron (EUA)	Frasco 7mL	26228

Quadro 4.1.10 – Composição do selante Protect It (Jeneric/Pentron).

<p>Bisfenol A – diglicidil metacrilato (BIS-GMA)</p> <p>Trietilenoglicol dimetacrilato (TEGDMA)</p> <p>Bisfenol A dimetacrilato etoxilado</p> <p>2,5-Bis(5-terc-butil-2-), 2(2Hidroxi-5-terci-octfenil) benzotriazol</p> <p>Canforoquinona</p> <p>Tetrahidrofurfuril metacrilato</p> <p>Etil 4-dimetil aminobenzoato</p> <p>Hexano dioldimetacrilato</p>

4.2 - Ensaio de dureza

A dureza dos materiais foi avaliada dentro das seguintes condições experimentais: C1) a seco, sem selante; C2) em água, sem selante; C3) em água, com selante; C4) em água, com silano aplicado previamente ao

selante. Os períodos de tempo avaliados foram: T1) inicial, T2) 30 dias, T3) 60 dias; T4) 90 dias.

Para a confecção das amostras, foram utilizadas matrizes em resina acrílica quimicamente ativada contendo cavidade cilíndrica de 4mm de diâmetro por 2mm de profundidade. Os compósitos foram inseridos em único incremento por meio de espátula de aço número 1 (referência 6335, Duflex) e pressionados contra as paredes da cavidade por meio de condensador de Ward número 3 (Duflex). A seguir, sobre o material restaurador, foram posicionados uma tira de poliéster, uma lâmina de vidro para microscopia e um disco metálico com massa de 1kg.

A fotoativação foi efetuada por 40 segundos, colocando-se a ponta ativa do aparelho XL-3000 (3M) em contato direto com a superfície da lâmina de vidro através de abertura existente no disco metálico utilizado como estabilizador. O fotopolimerizador foi aferido, por meio de radiômetro acoplado, no início da confecção de cada corpo-de-prova e apresentou intensidade média de luz superior a 500 mW/cm². Após a fotoativação, os corpos-de-prova foram depositados em frascos âmbar e armazenados em estufa para cultura Fanen (modelo 002 CB) a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 horas, devidamente catalogados segundo cada condição experimental.

Na condição C1, os corpos-de-prova foram mantidos a seco, sem selante, desde a confecção até o final do experimento. Após a armazenagem inicial por 48 horas, receberam polimento manual com lixas de granulometria 600 e 1000 e mecânico em politriz com disco de feltro e pasta diamantada para polimento Diamond-R (FGM-Produtos Odontológicos). A seguir, para que pudessem receber a mesma quantidade de energia luminosa dos grupos selados, foram expostos à luz do aparelho XL-3000 (3M) por mais 20 segundos, sendo então submetidos às leituras iniciais de dureza (T1). Em seguida, foram novamente armazenados em estufa para os períodos subsequentes (T2, T3 e T4).

Na condição C2, os corpos-de-prova foram tratados igualmente ao grupo anterior, porém, foram mantidos em 10mL de água destilada, sem selante, desde a confecção até o final do experimento.

Na condição C3, os corpos-de-prova foram também mantidos em água destilada até o final do experimento, porém, a resina composta foi recoberta pelo selante superficial. Logo após o polimento, a superfície do compósito foi condicionada com gel de ácido fosfórico a 37% (Condicionador Dental Gel/Dentsply) por 20 segundos. A seguir, após lavagem do condicionador e secagem, o selante de superfície Protect It (Jeneric/Pentron)

foi aplicado por meio de pincel descartável (Brenda Brush - Centrix Incorporated/DFL) e espalhado por meio de jato de ar. A fotoativação foi efetuada por 20 segundos utilizando-se o mesmo aparelho fotopolimerizador e o resíduo não polimerizado foi eliminado por meio de compressa de gaze. Os corpos-de-prova foram então submetidos às leituras iniciais e novamente armazenados para as demais.

Na condição C4, os corpos-de-prova foram tratados de maneira semelhante à condição anterior, porém, previamente ao selamento foi aplicada uma camada de silano (Scotchbond Ceramic Primer/3M) também por meio de pincel descartável e seca durante 5 segundos por meio de jato de ar.

As leituras de dureza foram realizadas em aparelho Otto Wolpert-Werk (GMBH, Alemanha), equipado com ponta de diamante Vickers e peso de 50gf, aplicado por 30 segundos. As medidas foram obtidas por meio de 2 mósas por quadrante, totalizando 8 leituras por corpo-de-prova, em cada período estudado. A cada período de leitura, o conteúdo líquido de cada frasco foi descartado e nova quantidade de 10mL de água destilada foi utilizada. Apenas para o material Ariston, no período de 90 dias e nas condições C2, C3 e C4, o peso aplicado foi de 5gf, pelo mesmo tempo de 30 segundos. Foram confeccionadas 8 réplicas para cada condição experimental e as medidas das

diagonais, obtidas em micrometros, foram convertidas para a escala Vickers (HV 0,05 e HV 0,005) por meio de tabelas que acompanham o aparelho.

4.3 – Ensaio de resistência à compressão

Os ensaios de resistência à compressão foram efetuados em corpos-de-prova cilíndricos, medindo 8mm de altura por 4mm de diâmetro, dentro dos seguintes grupos experimentais: G1) sem selante, sem ciclagem mecânica; G2) sem selante, com ciclagem mecânica; G3) com selante e ciclagem mecânica; G4) com silano aplicado previamente ao selante e ciclagem mecânica.

Para a execução dos espécimes foi utilizada matriz metálica composta por um anel em aço inoxidável, medindo 8mm de altura, 30mm de diâmetro externo e 16mm de diâmetro interno, onde é possível acomodar outro anel, bipartido, também em aço inoxidável, que apresenta 8mm de altura, 16mm de diâmetro externo e 4mm de diâmetro interno.

Após a montagem da matriz sobre uma lâmina de vidro para microscopia, os materiais foram inseridos em pequenos incrementos por meio de espátula de aço número 1 (referência 6335, Duflex) e acomodados até o preenchimento da cavidade por meio de condensador de Ward número 3

(Duflex). A seguir, sobre o material restaurador foi assentada outra lâmina de vidro para microscopia, seguida de um disco metálico com massa de 1kg.

Para a polimerização, inicialmente o topo do corpo-de-prova foi exposto à luz do aparelho XL-3000 (3M) por 40 segundos através de abertura existente no disco metálico utilizado como peso estabilizador. A seguir, o disco metálico foi removido para que a matriz com as lâminas de vidro pudesse ser invertida, o peso pudesse ser reposicionado e a polimerização da base do corpo-de-prova pudesse ser efetuada também por 40 segundos. Após as exposições iniciais, a matriz foi desmontada e o corpo-de-prova liberado para que 4 exposições laterais igualmente por 40 segundos e diametralmente opostas, pudessem ser efetuadas, permitindo assim tempo adequado de fotoativação. O aparelho fotopolimerizador foi aferido por meio de radiômetro acoplado no início da confecção de cada corpo-de-prova e apresentou intensidade média de luz superior a 500 mW/cm^2 .

Imediatamente após a fotoativação, os espécimes foram depositados em frascos âmbar contendo 10mL de água destilada e armazenados em estufa para cultura Fanen (modelo 002 CB) a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 48 horas. Após este período, foram distribuídos aleatoriamente dentro dos grupos experimentais.

No grupo G1, os corpos-de-prova foram mantidos sem selante em água destilada por 90 dias e não receberam ciclagem mecânica. Após a armazenagem inicial, foram desgastados manualmente com lixa de granulometria 600 e expostos à luz do aparelho XL-3000 (3M) por 80 segundos, sendo 20 segundos em cada extremidade plana e 20 segundos em duas laterais diametralmente opostas no sentido de receberem a mesma quantidade de energia luminosa recebida pelos grupos selados. Os espécimes foram então novamente armazenados em água destilada em estufa a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ por 90 dias até os ensaios de resistência à compressão.

No grupo G2, os corpos-de-prova receberam o mesmo tratamento do grupo anterior, porém, após 60 dias de armazenagem, foram submetidos a ciclagem mecânica (10.000 ciclos, sob força de 600N e frequência de 5Hz) em máquina de ensaios MTS - Material Test System (modelo 810 - MTS System Corporation, EUA), equipada com célula de carga de 10kN e gerenciada por programa de computador Test Star II (International Business Machines Corporation – IBM, E.U.A). Após a ciclagem mecânica, os corpos-de-prova foram novamente armazenados em estufa, por mais 30 dias, até os ensaios de resistência à compressão.

No grupo G3, os corpos-de-prova receberam tratamento semelhante ao do grupo anterior, porém, foram recobertos pelo selante após o

desgaste inicial. Toda a superfície foi condicionada com gel de ácido fosfórico a 37% (Condicionador Dental Gel/Dentsply) por 20 segundos e após lavagem do condicionador e secagem o selante de superfície Protect It (Jeneric/Pentron) foi aplicado por meio de pincel descartável (Brenda Brush - Centrix Incorporated/DFL) e espalhado por meio de jato de ar. A fotoativação foi efetuada por 80 segundos, sendo 20 segundos em cada extremidade plana e 20 segundos em duas laterais diametralmente opostas utilizando-se o mesmo aparelho fotopolimerizador. A seguir, o resíduo não polimerizado foi eliminado por meio de compressa de gaze e os corpos-de-prova foram novamente armazenados por 60 dias para serem então submetidos à ciclagem mecânica. Em seguida, os corpos-de-prova foram novamente armazenados por mais 30 dias até os ensaios de resistência à compressão.

No grupo G4, os corpos-de-prova receberam o mesmo tratamento do grupo anterior, porém, previamente à aplicação do selante superficial uma camada de silano (Scotchbond Ceramic Primer/3M) foi aplicada também por meio de pincel descartável e seca durante 5 segundos por meio de jato de ar.

Após 60 dias de armazenagem, todos os corpos-de-prova foram ciclados termicamente por meio de 200 ciclos de 1 minuto com banhos de 15 segundos em água a 5°C e de 15 segundos em água a 60°C intercalados com banhos de 15 segundos em água a temperatura ambiente. Nos grupos onde

houve ciclagem mecânica (G2, G3 e G4), a mesma foi efetuada 24 horas após a ciclagem térmica.

Os testes de resistência à compressão, após 90 dias de imersão, foram efetuados na mesma máquina de ensaios MTS - Material Test System (modelo 810 - MTS Sistem Corporation, EUA), porém, equipada com célula de carga de 100kN e programada com a velocidade de 0,5mm/minuto para o atuador. Foram confeccionadas 8 repetições para cada grupo experimental. O registro dos dados e a transformação para valores de tensão, em MPa, foram realizados por meio do mesmo programa de computador Test Star II (International Business Machines Corporation – IBM, EUA).

4.4 - Delineamento estatístico

Para os ensaios de dureza, foram inicialmente comparados os fatores condição de armazenagem, em quatro níveis, e tempo, também em quatro níveis, dentro de cada material. Análises de variância a dois critérios fixos e com vinculação para o fator tempo foram empregadas. As comparações entre os materiais restauradores, em sete níveis, foram efetuadas apenas nos períodos inicial e final e somente dentro da condição experimental

C2, em água destilada sem selante. Nova análise de variância a dois critérios fixos e com vinculação para o fator tempo foi empregada.

Para os ensaios de resistência à compressão, foram comparados inicialmente os grupos experimentais, em quatro níveis, dentro de cada material. Análises de variância a um critério fixo e de Kruskal-Wallis foram empregadas. As comparações entre os materiais, em sete níveis, foram efetuadas apenas nos grupos experimentais G2 e G3, sob ciclagem mecânica, com e sem selante. Análise de variância a dois critérios fixos foi empregada para este fim. Quando necessário, testes complementares de Tukey foram empregados e o nível de significância adotado em todo o experimento foi de 5% ($p < 0,05$).

5 – Resultado

5.1 – Dureza

As tabelas numeradas de 5.1.1 a 5.1.7 apresentam os valores de dureza Vickers obtidos para os materiais em estudo. São apresentados, também, para cada condição experimental, média e desvio-padrão.

Tabela 5.1.1 – Valores de dureza Vickers (VHN) - material Alert.

		T1 – inicial	T2 - 30 dias	T3 – 60 dias	T4 - 90 dias
C1 Seco	R1	61,750	61,688	57,563	61,788
	R2	68,050	64,100	62,488	65,175
	R3	65,550	64,325	63,275	62,113
	R4	66,150	63,513	62,450	61,325
	R5	64,313	63,525	58,988	60,538
	R6	66,350	63,463	65,213	63,138
	R7	67,400	63,738	62,200	65,200
	R8	64,538	65,013	60,600	62,113
	Média	65,513	63,671	61,597	62,674
Desvio-padrão	1,988	0,959	2,445	1,718	
C2 Água	R1	65,288	52,075	56,725	58,600
	R2	64,025	52,500	57,150	61,863
	R3	64,263	54,150	56,738	59,000
	R4	66,525	52,950	54,900	58,950
	R5	62,638	50,538	58,963	62,000
	R6	68,625	50,075	59,275	60,675
	R7	68,888	51,738	54,275	59,113
	R8	68,850	48,200	59,488	59,438
	Média	66,138	51,528	57,189	59,955
Desvio-padrão	2,456	1,865	1,962	1,367	
C3 Selante + Água	R1	66,300	55,200	56,450	62,275
	R2	65,375	54,425	54,138	60,168
	R3	69,188	52,988	57,013	61,063
	R4	66,413	54,088	57,850	61,288
	R5	67,038	51,975	55,413	59,150
	R6	65,213	51,888	55,625	59,250
	R7	63,538	53,763	56,150	61,375
	R8	67,063	52,850	54,950	59,538
	Média	66,266	53,397	55,949	60,513
Desvio-padrão	1,653	1,176	1,178	1,151	
C4 Silano + Selante + Água	R1	62,413	54,063	56,125	62,263
	R2	67,413	52,975	54,875	59,938
	R3	64,975	49,325	59,425	60,313
	R4	64,413	53,763	56,025	63,025
	R5	67,850	56,988	56,725	60,213
	R6	63,413	52,425	53,925	59,175
	R7	67,675	53,600	55,788	61,450
	R8	66,538	51,563	53,600	58,200
	Média	65,586	53,088	55,811	60,572
Desvio-padrão	2,080	2,198	1,827	1,596	

Tabela 5.1.2 – Valores de dureza Vickers (VHN) - material Ariston.

		T1 - inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
C1 Seco	R1	74,000	61,863	54,913	56,725
	R2	72,413	62,900	55,863	55,475
	R3	75,063	57,675	58,971	56,463
	R4	78,013	65,250	52,538	56,538
	R5	72,788	65,000	58,738	59,938
	R6	70,125	58,813	53,025	56,413
	R7	74,638	64,338	53,300	56,413
	R8	75,925	61,775	55,125	55,863
	Média	74,121	62,202	55,309	56,729
Desvio-padrão	2,397	2,789	2,467	1,359	
C2 Água	R1	69,350	25,938	14,213	2,255
	R2	69,750	28,288	12,975	2,173
	R3	73,688	27,186	12,375	1,866
	R4	68,425	24,350	18,163	2,316
	R5	71,413	24,025	12,475	2,226
	R6	75,063	25,463	14,375	2,318
	R7	73,325	23,088	13,925	2,094
	R8	69,450	26,638	13,663	2,055
	Média	71,308	25,622	14,021	2,163
Desvio-padrão	2,446	1,744	1,838	0,153	
C3 Selante + Água	R1	68,550	25,650	15,400	2,460
	R2	71,775	26,500	12,750	2,180
	R3	72,125	22,613	13,675	2,129
	R4	71,500	26,525	13,938	2,194
	R5	71,525	23,413	15,213	2,553
	R6	70,675	27,188	16,788	2,685
	R7	70,550	27,313	13,463	2,730
	R8	69,425	22,713	19,213	2,456
	Média	70,766	25,239	15,055	2,423
Desvio-padrão	1,239	2,004	2,119	0,233	
C4 Silano + Selante + Água	R1	70,338	26,038	13,113	2,316
	R2	73,975	27,213	13,650	2,403
	R3	66,738	23,788	13,200	2,161
	R4	73,300	23,825	14,788	2,279
	R5	69,975	28,525	19,375	2,815
	R6	72,925	24,663	12,388	1,968
	R7	71,388	26,450	14,813	2,270
	R8	68,863	29,563	18,400	3,321
	Média	70,938	26,258	14,966	2,442
Desvio-padrão	2,455	2,125	2,570	0,429	

Tabela 5.1.3 – Valores de dureza Vickers (VHN) - material Definite.

		T1 – inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
C1 Seco	R1	66,050	69,875	68,850	61,125
	R2	61,375	64,250	67,625	57,988
	R3	63,488	63,888	63,125	60,150
	R4	63,875	66,763	69,963	61,663
	R5	61,650	65,388	67,038	62,687
	R6	58,163	63,870	62,875	56,362
	R7	62,363	69,500	66,675	60,650
	R8	58,275	59,900	60,813	60,825
	Média	61,905	65,429	65,871	60,181
Desvio-padrão	2,707	3,271	3,225	2,049	
C2 Água	R1	62,725	48,088	46,475	44,013
	R2	61,013	49,213	47,963	46,063
	R3	59,538	46,775	44,637	46,088
	R4	60,800	46,275	47,513	46,113
	R5	60,850	50,200	45,088	47,588
	R6	64,150	47,100	47,350	44,575
	R7	61,613	46,262	44,150	45,250
	R8	59,725	48,988	47,700	46,975
	Média	61,302	47,863	46,360	45,833
Desvio-padrão	1,529	1,486	1,519	1,184	
C3 Selante + Água	R1	59,325	46,150	45,820	47,138
	R2	62,163	48,275	46,050	43,825
	R3	59,175	46,763	44,450	47,950
	R4	58,713	43,525	47,288	43,875
	R5	60,713	42,600	45,675	47,038
	R6	55,863	40,013	46,225	46,262
	R7	56,975	44,950	47,525	44,150
	R8	63,538	48,563	50,500	46,988
	Média	59,558	45,105	46,692	45,903
Desvio-padrão	2,541	2,942	1,813	1,682	
C4 Silano + Selante + Água	R1	62,763	46,138	49,075	47,250
	R2	61,388	44,888	47,175	46,900
	R3	57,800	47,650	51,188	46,312
	R4	63,500	46,313	46,388	47,413
	R5	57,038	45,763	46,650	46,038
	R6	61,100	50,500	47,875	44,150
	R7	57,050	47,150	47,938	45,563
	R8	60,313	48,213	46,750	40,088
	Média	60,119	47,077	47,880	45,464
Desvio-padrão	2,545	1,745	1,599	2,412	

Tabela 5.1.4 – Valores de dureza Vickers (VHN) - material P-60.

		T1 – inicial	T2 - 30 dias	T3 – 60 dias	T4 - 90 dias
C1 Seco	R1	62,925	62,575	57,363	59,750
	R2	61,300	63,313	59,025	61,275
	R3	62,913	65,113	62,000	59,213
	R4	60,662	58,625	57,250	59,925
	R5	62,763	64,638	58,813	59,888
	R6	62,275	65,413	63,088	61,225
	R7	61,662	63,337	56,950	61,225
	R8	62,775	64,038	57,600	57,288
	Média	62,159	63,382	59,011	59,974
Desvio-padrão	0,857	2,152	2,319	1,346	
C2 Água	R1	60,925	61,963	56,350	57,663
	R2	63,700	61,425	56,775	59,013
	R3	64,125	63,550	57,788	58,425
	R4	64,125	64,662	55,662	59,162
	R5	61,825	60,875	60,113	61,463
	R6	65,700	62,650	64,637	59,112
	R7	59,238	61,175	57,250	60,513
	R8	63,025	65,438	59,763	62,125
	Média	62,833	62,717	58,542	59,685
Desvio-padrão	2,068	1,686	2,917	1,537	
C3 Selante + Água	R1	60,413	59,050	57,088	57,063
	R2	61,875	57,637	59,612	62,175
	R3	60,662	59,450	57,625	59,687
	R4	58,613	57,488	55,725	55,275
	R5	60,788	55,725	57,888	55,438
	R6	62,212	57,062	58,937	58,050
	R7	58,575	60,463	55,863	55,913
	R8	61,588	59,113	54,088	56,213
	Média	60,591	58,249	57,103	57,477
Desvio-padrão	1,380	1,534	1,816	2,406	
C4 Silano + Selante + Água	R1	62,712	57,275	54,700	54,925
	R2	59,675	60,212	58,737	58,150
	R3	62,075	56,625	59,225	57,475
	R4	64,300	57,475	56,725	57,937
	R5	58,763	56,450	57,150	58,550
	R6	63,438	56,550	57,738	59,738
	R7	58,263	61,463	60,088	61,325
	R8	57,825	60,575	59,337	57,050
	Média	60,881	58,328	57,963	58,144
Desvio-padrão	2,539	2,065	1,752	1,885	

Tabela 5.1.5 – Valores de dureza Vickers (VHN) - material Solitaire.

		T1 – inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
C1 Seco	R1	51,737	53,862	52,200	49,325
	R2	47,725	55,037	53,587	50,800
	R3	46,237	50,163	54,150	51,200
	R4	48,975	49,762	50,900	49,525
	R5	43,713	50,138	51,988	47,413
	R6	50,188	46,487	48,587	47,612
	R7	46,725	54,587	50,850	51,400
	R8	47,762	51,312	50,750	48,137
	Média	47,883	51,419	51,627	49,427
Desvio-padrão	2,474	2,913	1,765	1,602	
C2 Água	R1	47,487	29,550	27,862	32,850
	R2	45,850	33,450	30,262	32,162
	R3	49,037	33,575	37,962	35,150
	R4	42,413	34,175	30,825	34,225
	R5	47,587	36,762	31,037	34,612
	R6	45,362	34,662	31,950	33,462
	R7	46,500	36,737	35,137	33,025
	R8	48,637	33,275	29,750	32,912
	Média	46,609	34,023	31,848	33,550
Desvio-padrão	2,121	2,280	3,223	1,018	
C3 Selante + Água	R1	44,625	34,525	34,088	33,300
	R2	45,525	35,937	27,800	30,100
	R3	48,825	36,750	32,850	31,975
	R4	49,400	39,687	26,312	27,250
	R5	41,562	33,200	28,275	38,025
	R6	47,612	34,487	29,012	32,225
	R7	42,075	34,538	32,425	34,725
	R8	47,662	32,162	29,950	31,562
	Média	45,911	35,161	30,089	32,395
Desvio-padrão	2,977	2,321	2,753	3,175	
C4 Silano + Selante + Água	R1	46,575	32,650	26,225	30,062
	R2	44,900	33,137	27,275	29,450
	R3	47,137	38,312	29,450	33,800
	R4	46,350	33,887	28,350	29,725
	R5	44,300	34,500	31,000	33,650
	R6	44,375	36,288	34,288	33,888
	R7	45,162	34,250	33,375	31,775
	R8	48,275	37,737	26,725	30,887
	Média	45,884	35,095	29,586	31,655
Desvio-padrão	1,427	2,108	3,043	1,901	

Tabela 5.1.6 – Valores de dureza Vickers (VHN) - material Surefil.

		T1 – inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
C1 Seco	R1	66,700	72,025	61,050	61,113
	R2	68,788	71,113	65,638	64,725
	R3	70,688	70,013	62,550	65,050
	R4	66,838	72,213	65,800	67,238
	R5	68,100	71,500	66,388	64,988
	R6	61,600	74,800	63,975	67,200
	R7	67,138	73,693	63,125	64,375
	R8	67,200	74,425	66,550	65,800
	Média	67,132	72,473	64,385	65,061
Desvio-padrão	2,597	1,683	2,018	1,929	
C2 Água	R1	71,388	69,413	50,550	50,975
	R2	69,138	70,938	50,913	49,663
	R3	68,200	69,463	51,638	50,200
	R4	72,863	74,313	51,463	53,013
	R5	71,838	66,850	50,550	50,625
	R6	69,150	69,188	50,150	49,663
	R7	66,813	69,175	50,513	51,275
	R8	70,363	70,238	50,938	52,600
	Média	69,969	69,947	50,839	51,002
Desvio-padrão	2,017	2,118	0,506	1,256	
C3 Selante + Água	R1	69,175	64,700	52,025	52,238
	R2	65,988	69,425	49,938	49,838
	R3	61,738	72,025	41,825	50,025
	R4	70,063	71,266	48,750	49,900
	R5	70,550	68,438	48,938	49,325
	R6	67,650	68,288	48,950	50,188
	R7	66,300	68,550	50,538	50,788
	R8	64,100	73,113	52,113	49,863
	Média	66,946	69,476	49,135	50,271
Desvio-padrão	3,041	2,648	3,240	0,894	
C4 Silano + Selante + Água	R1	63,250	71,175	46,550	47,825
	R2	74,150	70,313	49,250	50,500
	R3	68,363	68,088	49,688	50,975
	R4	69,000	71,875	47,350	49,550
	R5	66,038	68,688	50,550	53,713
	R6	63,713	67,175	51,463	51,913
	R7	70,825	69,363	48,213	49,200
	R8	68,650	64,563	50,438	49,425
	Média	67,999	68,905	49,188	50,388
Desvio-padrão	3,628	2,352	1,696	1,826	

Tabela 5.1.7 – Valores de dureza Vickers (VHN) - material Z-100.

		T1 – inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
C1 Seco	R1	70,350	71,900	70,400	66,937
	R2	72,400	72,900	74,262	66,750
	R3	73,175	71,650	67,863	65,913
	R4	79,875	72,088	67,713	66,025
	R5	73,863	72,363	68,575	64,225
	R6	71,638	68,613	67,500	65,175
	R7	75,725	74,175	68,763	63,213
	R8	72,775	74,038	67,600	67,288
	Média	73,725	72,216	69,085	65,691
Desvio-padrão	2,941	1,735	2,299	1,411	
C2 Água	R1	72,575	70,788	67,963	65,938
	R2	78,488	64,812	61,300	64,125
	R3	71,838	69,613	67,013	65,013
	R4	74,175	71,700	68,038	64,475
	R5	71,775	67,525	67,225	65,725
	R6	74,738	69,362	63,275	64,325
	R7	75,388	69,863	67,575	66,638
	R8	75,050	70,488	68,313	67,750
	Média	74,253	69,269	66,338	65,499
Desvio-padrão	2,233	2,174	2,590	1,263	
C3 Selante + Água	R1	73,613	74,038	65,675	67,763
	R2	76,263	63,262	58,137	64,325
	R3	79,913	68,225	63,487	61,462
	R4	75,525	72,163	68,113	68,025
	R5	79,075	69,150	66,675	65,588
	R6	76,300	62,675	66,925	63,663
	R7	71,400	69,375	68,725	64,525
	R8	70,675	68,488	66,100	66,650
	Média	75,346	68,422	65,480	65,250
Desvio-padrão	3,315	3,904	3,366	2,215	
C4 Silano + Selante + Água	R1	78,013	67,612	62,562	63,900
	R2	77,013	70,950	66,350	66,263
	R3	75,800	72,425	69,888	66,475
	R4	71,600	74,750	67,588	63,075
	R5	78,150	70,900	67,200	65,675
	R6	74,700	69,038	67,588	68,088
	R7	79,650	68,750	63,750	66,025
	R8	76,688	70,025	68,750	67,175
	Média	76,452	70,556	66,710	65,835
Desvio-padrão	2,477	2,264	2,454	1,643	

Os valores apresentados em cada tabela acima mostraram homogeneidade e distribuição normal, razão pela qual foram submetidos a testes paramétricos de análise de variância, a dois critérios fixos, vinculada para o fator tempo. Para comparações entre as médias, foi aplicado o teste de

Tukey e o nível de decisão adotado foi de 5%. Os resumos destas análises, como também médias, desvios-padrão e valores críticos para os fatores condição experimental, tempo e interação entre ambos encontram-se nas tabelas seguintes, agrupadas por material restaurador. Comparações entre materiais serão descritas posteriormente.

5.1.1 – Alert

A tabela 5.1.8 apresenta o resumo da análise de variância para os valores de dureza do material Alert.

Tabela 5.1.8 – Análise de variância para dureza Vickers (VHN) - material Alert.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Condição experimental	494,6875	3	164,8958	38,96 (*)
Resíduo I	118,5000	28	4,2321	
Tempo	1.981,9375	3	660,6458	233,48 (*)
Interação C x T	461,7500	9	51,3056	18,13 (*)
Resíduo II	237,6875	84	2,8296	
Variação total	3.294,5625	127		

A tabela 5.1.8 mostra, para o material Alert, variabilidade significativa para os fatores condição experimental e tempo e também para a interação entre ambos. Desta forma, foram construídas as tabelas 5.1.9, 5.1.10

e 5.1.11 que apresentam os contrastes entre as médias. Valores estatisticamente semelhantes estão indicados por letras minúsculas iguais.

Tabela 5.1.9 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator condição experimental – material Alert.

C1 - Sem selante seco	C2 - Sem selante água	C3 - Com selante água	C4 - Com silano e selante água
63,364 a	58,703 b	59,031 b	58,764 b
Erro-padrão = 0,364			
Valor crítico de Tukey a 5% = 1,407			

A tabela 5.1.9 aponta valores médios de dureza estatisticamente superiores para os corpos-de-prova mantidos a seco (63,364VHN), em comparação àqueles mantidos sob imersão, iguais entre si (sem selante, 58,703VHN; com selante, 59,031VHN; com silano e selante, 58,764VHN). Desta forma, independentemente do fator tempo, a armazenagem em água reduziu a dureza da resina composta Alert, sendo o selante de superfície, precedido ou não por silano, incapaz de impedir tal redução.

Tabela 5.1.10 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator tempo – material Alert.

T1 – Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
65,876 a	55,421 d	57,637 c	60,929 b
Erro-padrão = 0,297			
Valor crítico de Tukey a 5% = 1,106			

A tabela 5.1.10 aponta valores de dureza estatisticamente diferentes para os quatro períodos estudados, com maior valor para o período inicial (65,876VHN), seguido em ordem decrescente pelos períodos de 90 dias (60,929VHN), 60 dias (57,637VHN) e 30 dias (55,421VHN). Desta forma, independentemente do fator condição experimental, os valores de dureza da resina composta Alert apresentaram redução após 30 dias de imersão, recuperando-se parcialmente após 60 e 90 dias.

Tabela 5.1.11 – Médias de dureza Vickers (VHN) para a interação condição experimental x tempo – material Alert.

	T1 - Inicial	T2 - 30 dias	T3 – 60 dias	T4 - 90 dias
C1 - Sem selante – seco	66,513 a a'	63,671 ab a'	61,597 b a'	62,674 b a'
C2 - Sem selante – água	66,138 a a'	51,528 c b'	57,189 b b'	59,955 b a'
C3 - Com selante – água	66,266 a a'	53,397 c b'	55,949 c b'	60,513 b a'
C4 – Com silano e selante – água	65,586 a a'	53,088 c b'	55,811 c b'	60,572 b a'

Erro-padrão = 0,595

Valor crítico de Tukey a 5% = 2,986

A tabela 5.1.11 mostra a influência significativa do fator tempo na interação, uma vez que nos períodos inicial e final são observados valores estatisticamente semelhantes para as quatro condições experimentais. Além disso, aponta também a influência do fator condição experimental, pois apenas os corpos-de-prova mantidos sob imersão (C2, C3 e C4) apresentaram o

mesmo padrão de redução e recuperação descrito na análise isolada do fator tempo, com percentuais em relação ao período inicial de aproximadamente 20% aos 30 dias, 14,5% aos 60 dias e 8,5% aos 90 dias. Os corpos-de-prova mantidos a seco também apresentaram redução estatisticamente significativa de dureza, porém, menor, sem a recuperação observada nos espécimes sob imersão e com estabilização aos 60 dias. Aos 90 dias, todas as condições experimentais apresentaram valores de dureza aproximadamente 7,5% inferiores em relação aos do período inicial, como ilustra o gráfico da figura 5.1.1, a seguir.

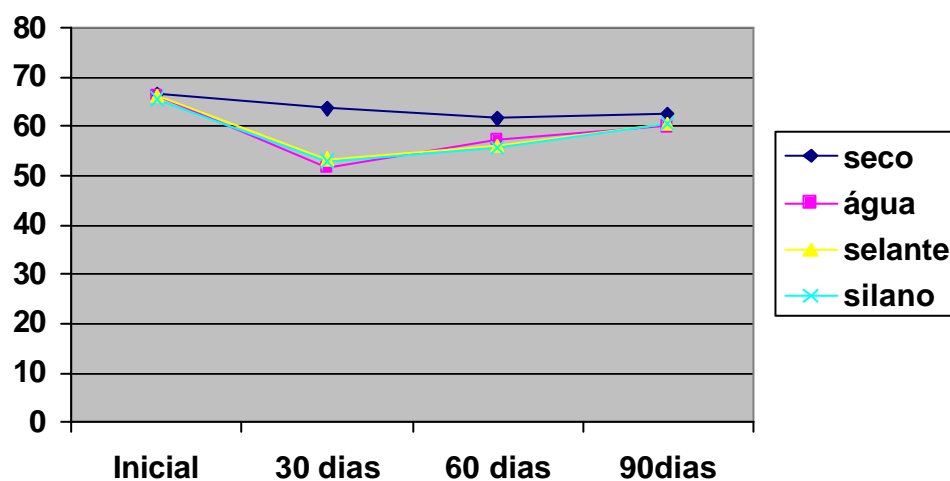


Figura 5.1.1 – Gráfico para a interação condição experimental x tempo – material Alert.

5.1.2 – Ariston

A tabela 5.1.12 apresenta o resumo da análise de variância para os valores de dureza do material Ariston.

Tabela 5.1.12 – Análise de variância para dureza Vickers (VHN) - material Ariston.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Condição experimental	27.188,8906	3	9.062,9639	2.465,59 (*)
Resíduo I	102,9219	28	3,6758	
Tempo	57.790,6875	3	19.263,5625	4.958,15 (*)
Interação C x T	8.522,8906	9	946,9879	243,74 (*)
Resíduo II	326,3594	84	3,8852	
Varição total	93.931,7500	127		

A tabela 5.1.12 mostra, para o material Ariston, variabilidade significativa para os fatores condição experimental e tempo e também para a interação entre ambos. Desta forma, foram construídas as tabelas 5.1.13, 5.1.14 e 5.1.15 que apresentam os contrastes entre as médias. Valores estatisticamente semelhantes estão indicados por letras minúsculas iguais.

Tabela 5.1.13 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator condição experimental – material Ariston.

C1 - Sem selante seco	C2 - Sem selante água	C3 - Com selante água	C4 - Com silano e selante água
62,090 a	28,278 b	28,371 b	28,651 b

erro-padrão = 0,339

Valor crítico de Tukey a 5% = 1,312

A tabela 5.1.13 aponta valores médios de dureza estatisticamente superiores para os corpos-de-prova mantidos a seco (62,090VHN), em comparação àqueles mantidos sob imersão, iguais entre si (sem selante, 28,278VHN; com selante, 28,371VHN; com silano e selante, 28,651VHN). Desta forma, independentemente do fator tempo, a armazenagem em água também reduziu a dureza da resina composta Ariston. De maneira semelhante ao material Alert, o selante de superfície, precedido ou não por silano, foi incapaz de impedir tal redução.

Tabela 5.1.14 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator tempo – material Ariston.

T1 - Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
71,783 a	34,830 b	24,838 c	15,939 d

erro-padrão = 0,348

Valor crítico de Tukey a 5% = 1,296

A tabela 5.1.14 aponta valores de dureza estatisticamente diferentes para os quatro períodos estudados, com maior valor para o período inicial (71,783VHN), seguido em ordem decrescente pelos períodos de 30 dias (34,830VHN), 60 dias (24,838VHN) e 90 dias (15,939VHN). Desta forma, independentemente do fator condição experimental, os valores de dureza da resina composta Ariston apresentaram redução após 90 dias de imersão.

Tabela 5.1.15 – Médias de dureza Vickers (VHN) para a interação condição experimental x tempo – material Ariston.

	T1 – Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 – 90 dias
C1 - Sem selante – seco	74,121 a a'	62,202 b a'	55,309 c a'	56,729 c a'
C2 - Sem selante – água	71,308 a a'	25,622 b b'	14,021 c b'	2,163 d b'
C3 - Com selante – água	70,766 a a'	25,239 b b'	15,055 c b'	2,423 d b'
C4 - Com silano e selante – água	70,938 a a'	26,258 b b'	14,966 c b'	2,442 d b'

erro-padrão = 0,697

Valor crítico de Tukey a 5% = 3,498

A tabela 5.1.15 mostra a influência significativa do fator tempo na interação, uma vez que no período inicial não há diferença estatística entre as quatro condições experimentais. Além disso, indica também a influência do fator condição experimental, pois apenas os corpos-de-prova mantidos sob imersão (C2, C3 e C4) apresentaram o mesmo padrão de redução, com

percentuais de aproximadamente 64% aos 30 dias, 79% aos 60 dias e 97% aos 90 dias. Os corpos-de-prova mantidos a seco também apresentaram redução estatisticamente significativa de dureza, porém, com menores valores percentuais e estabilização aos 60 dias. Ao final do experimento, enquanto os corpos-de-prova mantidos a seco apresentaram redução de dureza de aproximadamente 24,5%, os corpos-de-prova sob imersão mostraram valores 97% inferiores em relação aos do período inicial. O gráfico da figura 5.1.2, a seguir, ilustra estas observações.

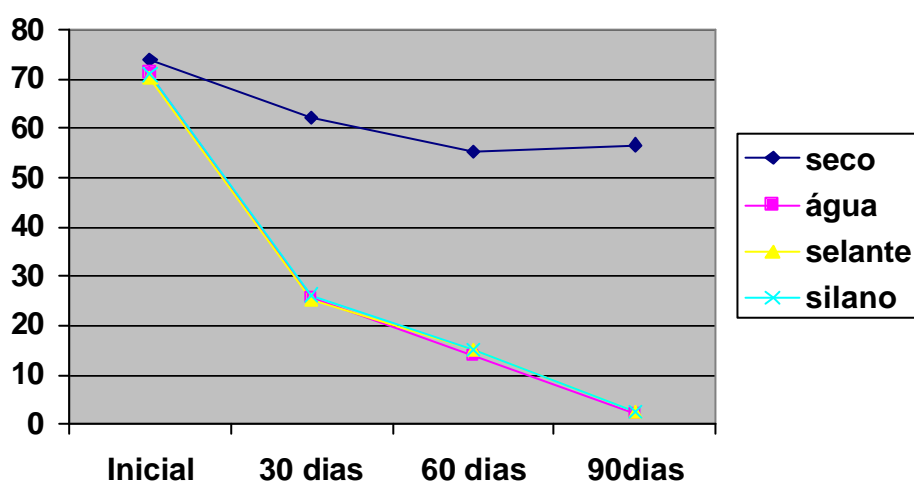


Figura 5.1.2 – Gráfico para a interação condição experimental x tempo – material Ariston.

5.1.3 – Definite

A tabela 5.1.16 apresenta o resumo da análise de variância para os valores de dureza do material Definite.

Tabela 5.1.16 – Análise de variância para dureza Vickers (VHN) - material Definite.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Condição experimental	4.339,2188	3	1.446,4063	152,74 (*)
Resíduo I	265,1563	28	9,4699	
Tempo	2.464,0000	3	821,3333	233,85 (*)
Interação C x T	1.234,8750	9	137,2083	39,07 (*)
Resíduo II	295,0313	84	3,5123	
Varição total	8.598,2813	127		

A tabela 5.1.16 revela variabilidade significativa para os fatores condição experimental e tempo e também para a interação entre ambos. Desta forma, foram construídas as tabelas 5.1.17, 5.1.18 e 5.1.19 que apresentam os contrastes entre as médias.

Tabela 5.1.17 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator condição experimental – material Definite.

C1 - Sem selante seco	C2 - Sem selante água	C3 - Com selante água	C4 - Com silano e selante água
63,347 a	50,339 b	49,315 b	50,135 b
Erro-padrão = 0,544			
Valor crítico de Tukey a 5% = 2,105			

A tabela 5.1.17 aponta valores médios de dureza estatisticamente superiores para os corpos-de-prova mantidos a seco (63,347VHN), em comparação àqueles mantidos sob imersão, iguais entre si (sem selante, 50,339VHN; com selante, 49,315VHN; com silano e selante, 50,135VHN). Desta forma, independentemente do fator tempo, a armazenagem em água reduziu a dureza da resina composta Definite, sendo também o selante de superfície, precedido ou não por silano, incapaz de impedir tal redução.

Tabela 5.1.18 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator tempo – material Definite.

T1 - Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 -90 dias
60,721 a	51,368 b	51,700 b	49,346 c
erro-padrão = 0,331			
Valor crítico de Tukey a 5% = 1,232			

A tabela 5.1.18 aponta valores de dureza estatisticamente diferentes, com maior valor para o período inicial (60,721VHN), seguido em ordem decrescente pelos períodos de 30 e 60 dias, iguais entre si (respectivamente 51,638VHN e 51,700VHN) e de 90 dias (49,346VHN). Desta forma, independentemente do fator condição experimental, os valores de dureza da resina composta Definite apresentaram redução após a imersão.

Tabela 5.1.19 – Médias de dureza Vickers (VHN) para a interação condição experimental x tempo – material Definite.

	T1 - Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 – 90 dias
C1 – Sem selante – seco	61,905 b a'	65,429 a a'	65,871 a a'	60,181 b a'
C2 – Sem selante – água	61,302 a a'	47,863 b b'	46,360 b b'	45,833 b b'
C3 – Com selante – água	59,558 a a'	45,105 b b'	46,692 b b'	45,903 b b'
C4 - Com silano e selante – água	60,119 a a'	47,078 b b'	47,880 b b'	45,464 b b'

erro-padrão = 0,663

Valor crítico de Tukey a 5% = 3,326

A tabela 5.1.19 mostra a influência significativa do fator tempo na interação, uma vez que no período inicial há igualdade estatística entre as quatro condições experimentais. Além disso, mostra também a influência do fator condição experimental, pois apenas os corpos-de-prova mantidos sob imersão (C2, C3 e C4) apresentaram redução, com percentual ao redor de 23% e estabilização aos 60 dias. Contrariamente, os corpos-de-prova mantidos a seco apresentaram, após 30 e 60 dias, aumento estatisticamente significativo de dureza, com posterior redução aos valores iniciais. Ao final do experimento, enquanto os corpos-de-prova mantidos a seco mostraram-se estatisticamente semelhantes aos do período inicial, os corpos-de-prova sob imersão apresentaram redução de aproximadamente 23%. O gráfico da figura 5.1.3 ilustra este comportamento.

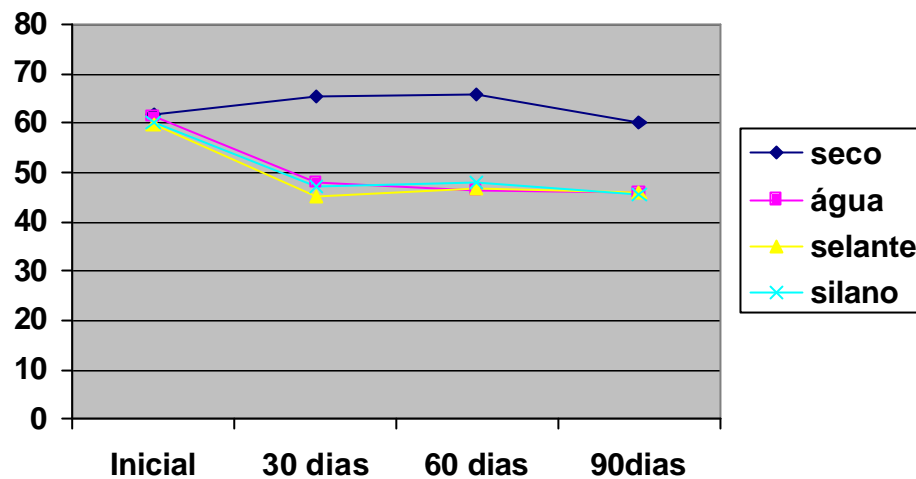


Figura 5.1.3 – Gráfico para a interação condição experimental x tempo – material Definite.

5.1.4 – P60

A tabela 5.1.20 apresenta o resumo da análise de variância para os valores de dureza do material P60.

Tabela 5.1.20 – Análise de variância para dureza Vickers (VHN) - material P60.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Condição experimental	195,7813	3	65,2604	12,09 (*)
Resíduo I	151,1250	28	5,3973	
Tempo	247,1875	3	82,3958	24,96 (*)
Interação C x T	65,2188	9	7,2465	2,20 (*)
Resíduo II	277,2500	84	3,3006	
Varição total	936,5625	127		

A tabela 5.1.20 aponta variabilidade significativa para os fatores condição experimental e tempo e também para a interação entre ambos. Desta forma, foram construídas as tabelas 5.1.21, 5.1.22 e 5.1.23 que apresentam os contrastes entre as médias. Valores estatisticamente semelhantes estão indicados por letras minúsculas iguais.

Tabela 5.1.21 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator condição experimental – material P60.

C1 - Sem selante seco	C2 - Sem selante água	C3 - Com selante água	C4 - Com silano e selante água
61,131 a	60,944 a	58,355 b	58,829 b

erro-padrão = 0,411

Valor crítico de Tukey a 5% = 1,589

A tabela 5.1.21 aponta valores médios de dureza estatisticamente superiores e semelhantes entre si para os corpos-de-prova não selados (a seco, 61,131VHN; sob imersão, 60,944VHN). A seguir, também com semelhança estatística entre si, estão os corpos-de-prova selados (somente selante, 58,355VHN; com silano, 58,829VHN). Desta forma, independentemente do fator tempo, a armazenagem em água reduziu a dureza da resina composta P60, porém, apenas quando selada. A aplicação prévia de silano mostrou-se incapaz de impedir a redução.

Tabela 5.1.22 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator tempo – material P60.

T1 - Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
61,616 a	60,669 a	58,155 b	58,820 b
Erro-padrão = 0,321			
Valor crítico de Tukey a 5% = 1,195			

A tabela 5.1.22 aponta valores médios de dureza estatisticamente superiores e semelhantes entre si para os períodos inicial (61,616VHN) e após 30 dias (60,669VHN). A seguir, também estatisticamente semelhantes entre si, estão os períodos de 60 e 90 dias (respectivamente 58,155VHN e 58,820VHN). Desta forma, independentemente do fator condição experimental, os valores de dureza da resina composta P60 apresentaram redução somente após 60 dias de imersão.

Tabela 5.1.23 – Médias de dureza Vickers (VHN) para a interação condição experimental x tempo – material P60.

	T1 - Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
C1 - Sem selante – seco	62,159 ab a'	63,382 a a'	59,011 b a'	59,974 b a'
C2 - Sem selante – água	62,833 a a'	62,717 a a'	58,542 b a'	59,685 ab a'
C3 - Com selante – água	60,591 a a'	58,249 ab b'	57,103 b a'	57,477 ab a'
C4 - Com silano e selante – água	60,881 a a'	58,328 a b'	57,963 a a'	58,144 a a'
Erro-padrão = 0,642				
Valor crítico de Tukey a 5% = 3,225				

A tabela 5.1.23 mostra a influência significativa do fator tempo na interação, uma vez que nos períodos inicial, após 60 e 90 dias há igualdade estatística para as quatro condições experimentais. Além disso, mostra também a influência do fator condição experimental, pois para todos os corpos-de-prova não houve redução estatisticamente significativa de dureza entre os períodos inicial e final. O gráfico da figura 5.1.4 ilustra esta situação.

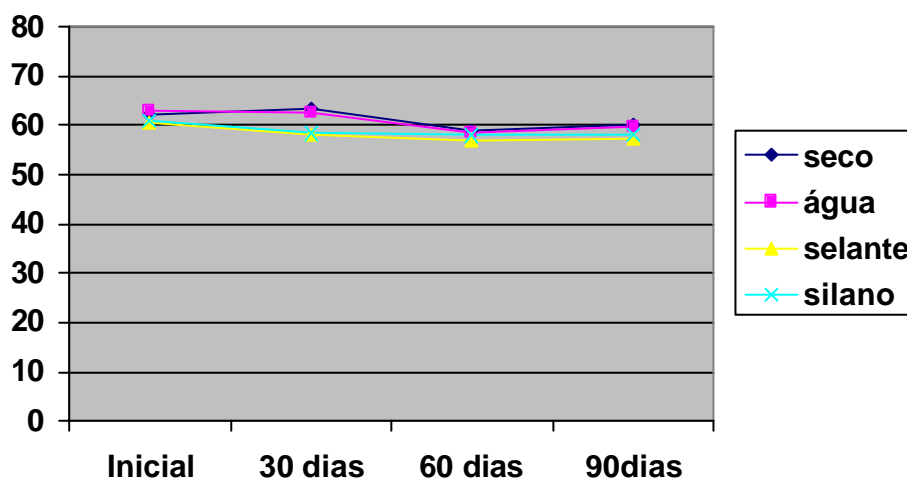


Figura 5.1.4 – Gráfico para a interação condição experimental x tempo – material P60.

5.1.5 – Solitaire

A tabela 5.1.24 apresenta o resumo da análise de variância para os valores de dureza do material Solitaire.

Tabela 5.1.24 – Análise de variância para dureza Vickers (VHN) – material Solitaire.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Condição experimental	4.789,5938	3	1.596,5313	234,87 (*)
Resíduo I	190,3281	28	6,7974	
Tempo	2.292,7813	3	764,2604	140,06 (*)
Interação C x T	1.328,5625	9	147,6181	27,05 (*)
Resíduo II	458,3594	84	5,4567	
Varição total	9.059,6250	127		

A tabela 5.1.24 mostra variabilidade significativa para os fatores condição experimental e tempo e também para a interação entre ambos. Desta forma, foram construídas as tabelas 5.1.25, 5.1.26 e 5.1.27 que apresentam os contrastes entre as médias. Valores estatisticamente semelhantes estão indicados por letras minúsculas iguais.

Tabela 5.1.25 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator condição experimental – material Solitaire.

C1 - Sem selante seco	C2 - Sem selante água	C3 - Com selante água	C4 - Com silano e selante água
50,089 a	36,508 b	35,889 b	35,555 b
Erro-padrão = 0,461			
Valor crítico de Tukey a 5% = 1,784			

A tabela 5.1.25 aponta valores médios de dureza estatisticamente superiores para os corpos-de-prova mantidos a seco (50,089VHN), em comparação àqueles mantidos sob imersão, iguais entre si (sem selante, 36,508VHN; com selante, 35,889VHN; com silano e selante, 35,555VHN). Desta forma, independentemente do fator tempo, a armazenagem em água reduziu a dureza da resina composta Solitaire, sendo também o selante de superfície, precedido ou não por silano, incapaz de impedir tal redução.

Tabela 5.1.26 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator tempo – material Solitaire.

T1 - Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
46,572 a	38,924 b	35,787 c	36,757 c
erro-padrão = 0,413			
Valor crítico de Tukey a 5% = 1,536			

A tabela 5.1.26 aponta valor de dureza estatisticamente superior para o período inicial (46,572VHN), seguido em ordem decrescente pelo período de 30 dias (38,924VHN) e pelos períodos de 60 e 90 dias, iguais entre si (respectivamente 35,787VHN e 36,757VHN). Desta forma, independentemente do fator condição experimental, os valores de dureza da resina composta Solitaire apresentaram redução, porém, com estabilização após 60 dias.

Tabela 5.1.27 – Médias de dureza Vickers (VHN) para a interação condição experimental x tempo – material Solitaire.

	T1 – Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 – 90 dias
C1 - Sem selante – seco	47,883 a a'	51,419 a a'	51,627 a a'	49,427 a a'
C2 - Sem selante – água	46,609 a a'	34,023 b b'	31,848 b b'	33,550 b b'
C3 - Com selante – água	45,911 a a'	35,161 b b'	30,089 c b'	32,395 bc b'
C4 - Com silano e selante – água	45,884 a a'	35,095 b b'	29,586 c b'	31,655 bc b'

erro-padrão = 0,826

Valor crítico de Tukey a 5% = 4,146

A tabela 5.1.27 mostra a influência significativa do fator tempo na interação, uma vez que no período inicial há semelhança estatística entre as quatro condições experimentais. Além disso, mostra também a influência do fator condição experimental, pois apenas os corpos-de-prova mantidos sob

imersão (C2, C3 e C4) apresentaram redução de dureza. Ao final do experimento, enquanto os corpos-de-prova mantidos a seco não apresentaram redução, os corpos-de-prova imersos apresentaram valores médios de dureza aproximadamente 29,5% inferiores em relação ao período inicial, como mostra o gráfico da figura 5.1.5, a seguir.

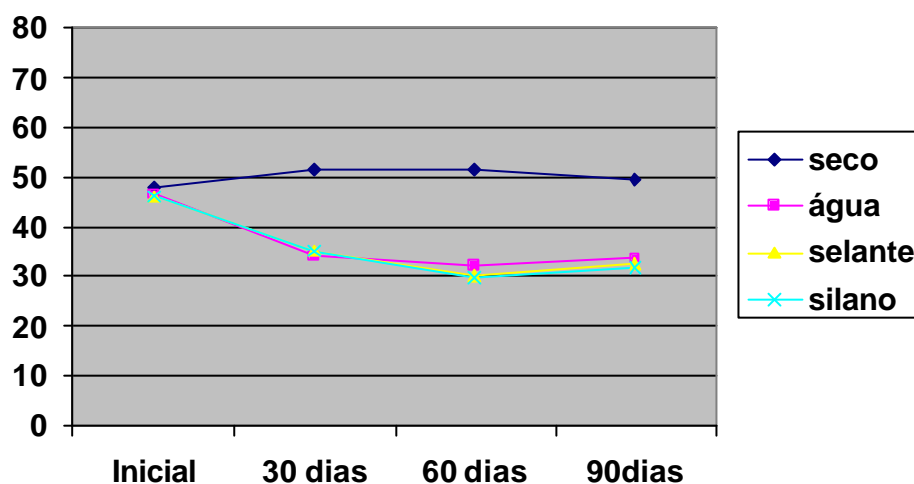


Figura 5.1.5 – Gráfico para a interação condição experimental x tempo – material Solitaire.

5.1.6 – Surefil

A tabela 5.1.28 apresenta o resumo da análise de variância para os valores de dureza do material Surefil.

Tabela 5.1.28 – Análise de variância para dureza Vickers (VHN) - material Surefil.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Condição experimental	1.486,6875	3	495,5625	103,29 (*)
Resíduo I	134,3438	28	4,7980	
Tempo	7.599,6250	3	2.533,2083	498,12 (*)
Interação C x T	1.1891563	9	132,1285	25,98 (*)
Resíduo II	427,1875	84	5,0856	
Varição total	10.837,0000	127		

A tabela 5.1.28 aponta variabilidade significativa para os fatores condição experimental e tempo e também para a interação entre ambos. Desta forma, foram construídas as tabelas 5.1.29, 5.1.30 e 5.1.31 que apresentam os contrastes entre as médias. Valores estatisticamente semelhantes estão indicados por letras minúsculas iguais.

Tabela 5.1.29 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator condição experimental – material Surefil.

C1 – Sem selante seco	C2 - Sem selante água	C3 - Com selante água	C4 - Com silano e selante água
67,263 a	60,439 b	58,957 b	59,120 b
Erro-padrão = 0,387			
Valor crítico de Tukey a 5% = 1,499			

A tabela 5.1.29 indica valores médios de dureza estatisticamente superiores para os corpos-de-prova mantidos a seco (67,263VHN), em comparação àqueles mantidos sob imersão, iguais entre si (sem selante,

60,439VHN; com selante, 58,957VHN; com silano e selante, 59,120VHN).

Desta forma, independentemente do fator tempo, a armazenagem em água reduziu a dureza da resina composta Surefil, sendo também o selante de superfície, precedido ou não por silano, incapaz de impedir tal redução.

Tabela 5.1.30 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator tempo – material Surefil.

T1 - Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
68,011 b	70,200 a	53,387 c	54,180 c
Erro-padrão = 0,399			
Valor crítico de Tukey a 5% = 1,483			

A tabela 5.1.30 aponta valor de dureza estatisticamente superior para o período de 30 dias (70,200VHN), seguido em ordem decrescente pelo período inicial (68,011VHN) e pelos períodos de 60 e 90 dias, iguais entre si (respectivamente 53,387VHN e 54,180VHN). Desta forma, independentemente do fator condição experimental, os valores de dureza da resina composta Surefil apresentaram aumento após 30 dias seguido, entretanto, de posterior redução.

Tabela 5.1.31 – Médias de dureza Vickers (VHN) para a interação condição experimental x tempo – material Surefil.

	T1 – Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
C1 - Sem selante – seco	67,132 b a'	72,473 a a'	64,385 b a'	65,061 b a'
C2 - Sem selante – água	69,969 a a'	69,947 a a'	50,839 b b'	51,002 b b'
C3 - Com selante – água	66,946 a a'	69,476 a a'	49,135 b b'	50,271 b b'
C4 - Com silano e selante – água	67,999 a a'	68,905 a a'	48,188 b b'	50,388 b b'
Erro-padrão = 0,797				
Valor crítico de Tukey a 5% = 4,003				

A tabela 5.1.31 mostra a influência significativa do fator tempo na interação, uma vez que no período inicial e após 30 dias os valores são estatisticamente semelhantes entre si nas quatro condições experimentais. Além disso, indica também a influência do fator condição experimental, pois apenas os corpos-de-prova mantidos a seco apresentaram aumento de dureza após 30 dias. Os corpos-de-prova mantidos sob imersão não apresentaram aumento inicial de dureza e os valores observados aos 30 dias foram estatisticamente semelhantes aos do período inicial. Após 60 dias houve redução e estabilização. Ao final do experimento, enquanto os corpos-de-prova mantidos a seco mostraram valores estatisticamente semelhantes, os corpos-de-prova imersos mostraram redução de dureza ao redor de 27% em relação ao período inicial, como ilustra o gráfico da figura 5.1.6, a seguir.

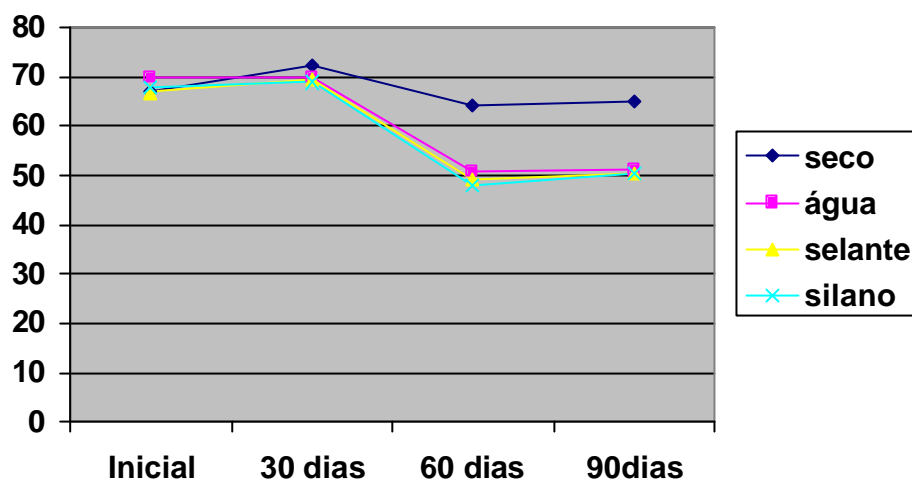


Figura 5.1.6 – Gráfico para a interação condição experimental x tempo – Surefil.

5.1.7 – Z100

A tabela 5.1.32 apresenta o resumo da análise de variância para os valores de dureza do material Z100.

Tabela 5.1.32 – Análise de variância para dureza Vickers (VHN) - material Z100.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Condição experimental	56,1875	3	18,7292	2,88 ns
Resíduo I	182,0000	28	6,5000	
Tempo	1.669,1250	3	556,3750	90,97 (*)
Interação C x T	103,0625	9	11,4514	1,87 ns
Resíduo II	513,7500	84	6,1161	
Varição total	2.524,1250	127		

A tabela 5.1.32 aponta variabilidade significativa apenas para o fator tempo. Todavia, foram construídas as tabelas 5.1.33, 5.1.34 e 5.1.35 que apresentam os contrastes entre as médias para este fator, para o fator condição experimental e para a interação entre ambos. Valores estatisticamente semelhantes estão indicados por letras minúsculas iguais.

Tabela 5.1.33 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator condição experimental – material Z100.

C1 - Sem selante seco	C2 - Sem selante água	C3 - Com selante água	C4 - Com silano e selante água
70,179 a	68,840 a	68,624 a	69,888 a

erro-padrão = 0,451

Valor crítico de Tukey a 5% = 1,744

A tabela 5.1.33 confirma a igualdade estatística observada para o fator condição experimental na tabela 5.1.32. Os valores médios de dureza são estatisticamente semelhantes entre si para as quatro condições experimentais (a seco sem selante, 70,179VHN; sem selante e sob imersão, 68,840VHN; com selante e sob imersão, 68,624VHN; com silano, selante e sob imersão, 69,888VHN). Desta forma, independentemente do fator tempo, a armazenagem em água não reduziu a dureza da resina composta Z100. A aplicação do selante de superfície, precedido ou não por silano, não interferiu na dureza do material.

Tabela 5.1.34 – Médias de dureza Vickers (VHN) para o fator tempo – material Z100.

T1 - Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 - 90 dias
74,944 a	70,116 b	66,903 c	65,569 c
erro-padrão = 0,437			
Valor crítico de Tukey a 5% = 1,626			

A tabela 5.1.34 aponta valor de dureza estatisticamente superior para o período inicial (74,944VHN), seguido em ordem decrescente pelo período de 30 dias (70,116VHN), e pelos períodos de 60 e 90 dias, iguais entre si (respectivamente, 66,903VHN e 65,569VHN). Desta forma, independentemente do fator condição experimental, os valores de dureza da resina composta Z100 apresentaram redução.

Tabela 5.1.35 – Médias de dureza Vickers (VHN) para a interação condição experimental x tempo – material Z100.

	T1 – Inicial	T2 - 30 dias	T3 - 60 dias	T4 – 90 dias
C1 - Sem selante – seco	73,725 a a'	72,216 ab a'	69,085 bc a'	65,691 c a'
C2 - Sem selante – água	74,253 a a'	69,269 b a'	66,338 b a'	65,499 b a'
C3 - Com selante – água	75,346 a a'	68,422 b a'	65,480 b a'	65,250 b a'
C4 - Com silano e selante – água	76,452 a a'	70,556 b a'	66,710 bc a'	65,835 c a'

Erro-padrão = 0,874

Valor crítico de Tukey a 5% = 4,389

A tabela 5.1.35 reafirma a igualdade estatística verificada nas tabelas 5.1.32 e 5.1.33, mostrando que os valores de dureza das quatro condições experimentais são estatisticamente semelhantes entre si em todos os tempos estudados. Além disso, confirma também a diferença estatística observada nas tabelas 5.1.32 e 5.1.34, onde para todas as condições experimentais os valores de dureza são progressivamente menores após 30 e 60 dias, estabilizando-se no período final. Ao término do experimento, para todas as condições experimentais, os valores de dureza foram aproximadamente 11,5% inferiores em relação ao período inicial, como ilustra o gráfico da figura 5.1.7, a seguir.

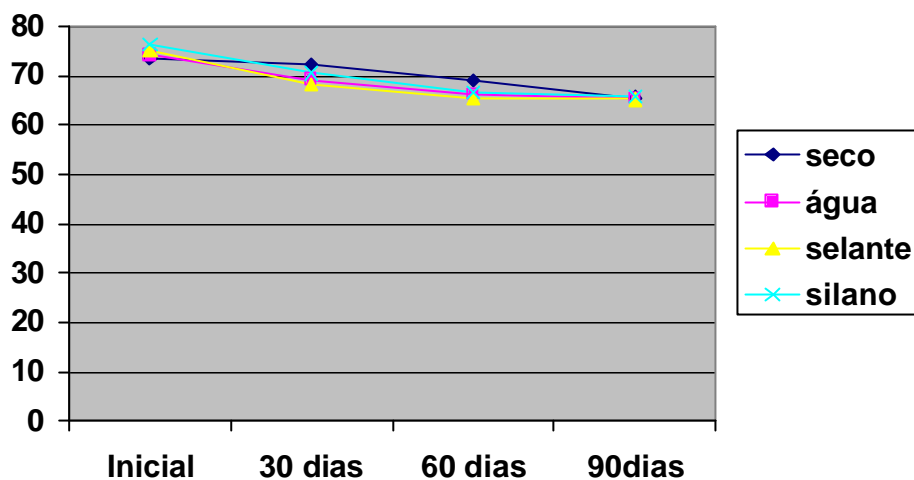


Figura 5.1.7 – Gráfico para a interação condição experimental x tempo – Z100.

5.1.8 – Comparação entre materiais

Para comparações de dureza entre os materiais estudados, foram utilizados apenas os corpos-de-prova da condição experimental C2 (imersos em água, sem selante), nos tempos inicial (T1) e final (T4). Tal decisão foi tomada a partir das análises estatísticas individuais representadas nos gráficos das figuras numeradas de 5.1.1 a 5.1.7. Para melhor visualização, estes gráficos foram agrupados na figura 5.1.8, a seguir.

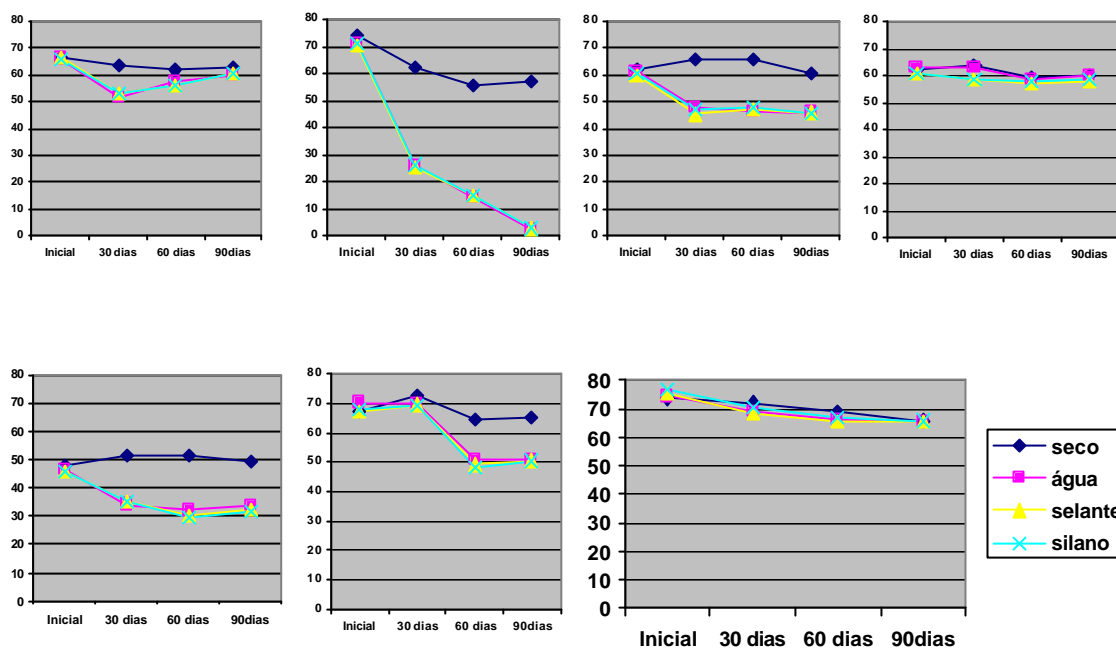


Figura 5.1.8 – Gráficos das interações condição experimental x tempo de todos os materiais estudados (da esquerda para a direita, primeira linha: Alert, Ariston, Definite e P60; segunda linha: Solitaire, Surefil e Z100).

Observa-se pelos gráficos da figura 5.1.8 que, para todos os materiais, à exceção do P60 aos 30 dias, onde os corpos-de-prova sem selante são superiores, não houve comportamento estatisticamente diferente entre os grupos imersos, selados ou não. Igualmente, para todos os materiais, também à exceção do P60, onde houve igualdade, os valores de dureza aos 90 dias são

estatisticamente inferiores aos observados no período inicial. Além disso, os espécimes mantidos sob imersão encontram-se em situação mais próxima à condição clínica, uma vez que as restaurações não permanecem a seco no meio bucal.

Os dados agrupados para esta avaliação mostraram variabilidade homogênea e normalidade e foram, também, submetidos à análise de variância a dois critérios fixos, vinculada para o fator tempo. Para comparações entre as médias, foi aplicado o teste de Tukey e o nível de decisão adotado foi de 5%. O resumo desta análise encontra-se na tabela 5.1.36, a seguir.

Tabela 5.1.36 – Análise de variância para o fator material, nos tempos inicial e final (VHN).

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Material	14.616,8750	6	2.436,1458	933,73 (*)
Resíduo I	127,8438	49	2,6091	
Tempo	10.371,8926	1	10.371,8926	3.052,96 (*)
Interação M x T	12.329,8062	6	2.054,9709	604,88 (*)
Resíduo II	166,4688	49	3,3973	
Varição total	37.612,9063	111		

A tabela 5.1.36 apresenta variabilidade significativa para os fatores material, tempo e também para a interação entre ambos. Todavia, como a análise isolada do fator material dilui o fator tempo e a análise isolada deste último foi efetuada inicialmente para cada material, foi construída

apenas a tabela 5.1.37 que apresenta os contrastes entre as médias da interação. Valores estatisticamente semelhantes estão indicados por letras minúsculas iguais.

Tabela 5.1.37 – Valores médios de dureza Vickers (VHN) para o fator material, nos tempos inicial e final.

	Alert	Ariston	Definite	P60	Solitaire	Surefil	Z100
T1 – Inicial	66,138 c a'	71,308 ab a'	61,302 d a'	62,833 d a'	46,609 e a'	69,969 b a'	74,253 a a'
T4 - 90 dias	59,955 b b'	2,163 f b'	45,833 d b'	59,685 b a'	33,550 e b'	51,002 c b'	65,499 a b'

erro-padrão = 0,652

Valor crítico de Tukey a 5% = 3,252

A tabela 5.1.37 aponta, para todos os materiais, à exceção da resina P60, onde há semelhança estatística, valores médios de dureza superiores para os corpos-de-prova no período inicial, evidenciando a redução descrita para esta propriedade nas análises individuais. Em função deste fenômeno, a ordenação das médias é diferente nos períodos inicial e final, principalmente para os materiais Alert e P60, que por apresentarem pouca ou nenhuma redução passaram respectivamente da quarta e quinta para a segunda colocação. O material Ariston, que apresentou grande redução de dureza, passou da primeira para a última colocação.

Pode-se ainda comparar os materiais estudados quanto ao percentual de redução: Ariston (aproximadamente 97%) > Solitaire, Surefil e Definite (aproximadamente 26%) > Z100 (aproximadamente 12%) > Alert (aproximadamente 8%) > P60 (sem redução estatisticamente significativa de dureza). O gráfico da figura 5.1.9 apresenta os materiais em ordem decrescente de valores de dureza no período inicial e ilustra estas observações.

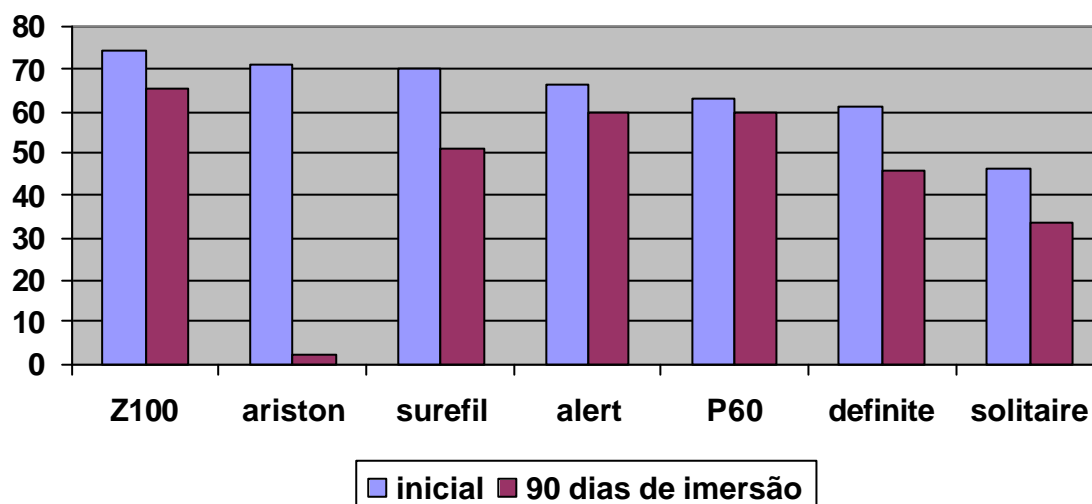


Figura 5.1.9 – Gráfico para a interação material x tempo de imersão.

5.2 – Resistência à compressão

As tabelas numeradas de 5.2.1 a 5.2.7 apresentam os valores de resistência à compressão obtidos para os materiais em estudo. São apresentados, também, para cada grupo experimental, média e desvio-padrão.

Tabela 5.2.1 – Resistência à compressão (MPa) - material Alert.

	G1	G2	G3	G4
	Sem selante	Sem selante	Com selante	Com silano e selante
	Sem ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica
R1	318,3	292,7	326,3	323,7
R2	346,2	334,2	290,5	298,4
R3	338,2	338,2	318,3	322,3
R4	326,3	306,4	314,5	314,4
R5	350,2	286,7	346,5	308,7
R6	350,2	310,4	350,4	338,2
R7	315,1	306,4	306,6	346,2
R8	330,3	330,3	286,5	314,8
Média	334,350	313,163	317,450	320,838
Desvio-padrão	13,975	19,203	23,358	15,509

Tabela 5.2.2 – Resistência à compressão (MPa) - material Ariston.

	G1	G2	G3	G4
	Sem selante	Sem selante	Com selante	Com silano e selante
	Sem ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica
R1	187,0	232,8	238,8	207,5
R2	182,6	187,0	153,0	191,4
R3	170,8	199,0	261,6	185,9
R4	270,4	190,8	210,6	238,8
R5	180,7	260,8	201,8	238,8
R6	215,0	292,1	136,5	244,6
R7	204,5	221,3	199,1	179,3
R8	286,8	201,5	195,9	193,2
Média	212,225	223,163	199,663	209,938
Desvio-padrão	43,486	37,174	40,837	26,763

Tabela 5.2.3 – Resistência à compressão (MPa) - material Definite.

	G1	G2	G3	G4
	Sem selante	Sem selante	Com selante	Com silano e selante
	Sem ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica
R1	292,9	253,1	204,8	206,7
R2	290,1	233,3	212,2	278,6
R3	278,6	199,0	199,0	238,8
R4	253,6	238,8	206,7	238,8
R5	285,7	245,7	253,9	205,9
R6	278,6	238,8	221,3	278,6
R7	278,6	267,4	224,8	238,8
R8	221,5	210,3	253,4	258,3
Média	272,450	235,800	222,013	243,063
Desvio-padrão	23,815	22,119	21,270	28,071

Tabela 5.2.4 – Resistência à compressão (MPa) - material P60.

	G1	G2	G3	G4
	Sem selante	Sem selante	Com selante	Com silano e selante
	Sem ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica
R1	338,2	322,3	382,0	254,7
R2	338,2	342,2	370,0	298,4
R3	346,2	350,2	310,4	314,4
R4	282,5	378,0	334,2	286,5
R5	322,3	290,5	326,3	362,1
R6	286,5	258,7	350,2	282,5
R7	354,2	282,5	330,3	266,6
R8	379,9	302,4	290,0	308,4
Média	331,000	315,850	336,675	296,700
Desvio-padrão	33,107	39,606	30,169	33,179

Tabela 5.2.5 – Resistência à compressão (MPa) - material Solitaire.

	G1	G2	G3	G4
	Sem selante	Sem selante	Com selante	Com silano e selante
	Sem ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica
R1	267,4	298,4	292,3	253,3
R2	290,5	294,4	278,5	294,4
R3	286,5	290,5	274,6	306,4
R4	294,4	282,5	298,6	314,7
R5	306,4	286,5	288,6	279,6
R6	310,4	274,8	294,8	278,5
R7	298,4	286,5	266,6	294,5
R8	304,1	290,5	275,1	314,4
Média	294,763	288,013	283,638	291,975
Desvio-padrão	13,710	7,276	11,460	20,943

Tabela 5.2.6 – Resistência à compressão (MPa) - material Surefil.

	G1	G2	G3	G4
	Sem selante	Sem selante	Com selante	Com silano e selante
	Sem ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica
R1	294,5	330,3	294,5	358,1
R2	326,3	314,4	270,6	381,6
R3	274,6	306,4	362,1	350,2
R4	338,2	276,6	342,2	322,3
R5	294,5	358,1	290,5	278,5
R6	274,5	374,1	326,3	358,3
R7	330,3	382,0	266,6	351,1
R8	322,3	354,1	286,5	320,4
Média	306,900	337,000	304,913	340,063
Desvio-padrão	25,471	36,409	34,679	31,848

Tabela 5.2.7 – Resistência à compressão (MPa) - material Z100.

	G1	G2	G3	G4
	Sem selante	Sem selante	Com selante	Com silano e selante
	Sem ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica	Com ciclagem mecânica
R1	298,4	167,1	242,7	234,8
R2	314,6	250,7	270,6	282,6
R3	290,5	238,7	310,4	310,4
R4	342,2	246,5	298,4	326,4
R5	330,3	258,7	294,5	270,6
R6	370,0	183,0	322,4	206,9
R7	366,1	188,5	262,6	266,6
R8	378,1	226,8	284,0	282,5
Média	336,275	220,000	285,700	272,600
Desvio-padrão	33,481	35,250	26,211	38,372

Os valores apresentados nas tabelas 5.2.1, 5.2.4 e 5.2.7, respectivamente para os materiais Alert, P60 e Z100, mostraram homogeneidade e distribuição normal razão pela qual foram submetidos a testes paramétricos de análise de variância a um critério fixo. Para comparações entre as médias, foi aplicado o teste de Tukey e o nível de decisão adotado foi de 5% ($p < 0,05$). Os valores apresentados nas tabelas 5.2.2, 5.2.3 e 5.2.6, respectivamente para os materiais Ariston, Definite e Surefil, apresentaram homogeneidade, porém, não mostraram distribuição normal e

por esta razão foram submetidos a testes não paramétricos de Kruskal-Wallis. O mesmo aconteceu com os dados da tabela 5.2.5, material Solitaire, que apresentaram normalidade, porém, com variabilidade não homogênea. Para comparações entre os postos médios dos testes de Kruskal-Wallis, foi também adotado o nível de 5% ($p < 0,05$). Os resumos destas análises, como também médias, desvios-padrão e valores críticos encontram-se nas tabelas seguintes, agrupadas por material restaurador. De maneira semelhante aos ensaios de dureza, comparações entre materiais serão descritas posteriormente.

5.2.1 – Alert

A tabela 5.2.8 apresenta o resumo da análise de variância empregada para os valores de resistência à compressão da resina composta Alert.

Tabela 5.2.8 - Análise de variância para resistência à compressão (MPa) - material Alert.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Grupo experimental	2.011,5000	3	670,5000	1,99 ns
Resíduo	9.451,2500	28	337,5446	
Varição total	11.462,7500	31		

A tabela 5.2.8 apresenta variabilidade não significativa e, portanto, igualdade estatística entre os grupos experimentais. Todavia, para melhor visualização, foi construída a tabela 5.2.9 que apresenta médias, erro-padrão e valor crítico para cada grupo experimental.

Tabela 5.2.9 – Médias de resistência à compressão (MPa) - material Alert.

G1 - Sem selante Sem ciclagem mecânica	G2 - Sem selante Com ciclagem mecânica	G3 - Com selante Com ciclagem mecânica	G4 - Com silano e selante Com ciclagem mecânica
334,350 a	313,163 a	317,450 a	320,838 a
erro-padrão = 6,496			
Valor crítico de Tukey a 5% = 25,119			

A tabela 5.2.9 destaca a igualdade estatística observada na tabela 5.2.8. Desta forma, não houve redução na resistência à compressão da resina Alert após a ciclagem mecânica, não havendo também efeito do selamento superficial.

5.2.2 – Ariston

A tabela 5.2.10 apresenta o resumo da análise de Kruskal-Wallis empregada para a resina composta Ariston.

Tabela 5.2.10 – Análise de Kruskal-Wallis para resistência à compressão (MPa) - material Ariston (MPa).

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado	0,9334
Valor do X^2 para 2 graus de liberdade	0,93
Probabilidade de H_0 para esse valor	81,74%
<hr/>	
Não significativa em nível de 5%	($p > 0,05$)

A tabela 5.2.10 apresenta variabilidade não significativa e, portanto, igualdade estatística entre os grupos experimentais. Da mesma forma, para melhor visualização, foi construída a tabela 5.2.11 que apresenta médias aritméticas, diferenças entre postos-médios e valor crítico entre postos-médios para cada grupo experimental deste material.

Tabela 5.2.11 – Médias de resistência à compressão (MPa) - material Ariston.

G1 - Sem selante Sem ciclagem mecânica	G2 - Sem selante Com ciclagem mecânica	G3 - Com selante Com ciclagem mecânica	G4 – Com silano e selante Com ciclagem mecânica
212,225 a	223,163 a	199,663 a	209,938 a
dif. p/ G2 = 3,875 ns			
dif. p/ G3 = 0,063 ns		Dif. p/ G3 = 3,938 ns	
dif. p/ G4 = 0,938 ns		Dif. p/ G4 = 2,938 ns	
		dif. p/ G4 = 1,000 ns	
<hr/>			
Valor crítico entre postos médios a 5% = 9,950			

A tabela 5.2.11 destaca a igualdade estatística observada na tabela 5.2.10. Desta forma, não houve também redução de resistência à compressão

para a resina Ariston após a ciclagem mecânica. O selamento também não interferiu nesta propriedade.

5.2.3 – Definite

A tabela 5.2.12 apresenta o resumo da análise de Kruskal-Wallis empregada para os valores de resistência à compressão da resina composta Definite.

Tabela 5.2.12 – Análise de Kruskal-Wallis para resistência à compressão (MPa) - material Definite.

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado	12,1010
Valor do X^2 para 2 graus de liberdade	12,10
Probabilidade de H_0 para esse valor	0,70%
Significante em nível de 5%	($p < 0,05$)

A tabela 5.2.12 apresenta variabilidade significativa entre os grupos experimentais do material Definite. Desta forma, foi construída a tabela 5.2.13 que apresenta médias aritméticas, diferenças entre postos-médios e valor crítico entre postos-médios para cada grupo experimental deste material. Valores estatisticamente semelhantes estão indicados por letras minúsculas iguais.

Tabela 5.2.13 – Resistência à compressão (MPa) - material Definite.

G1 - Sem selante Sem ciclagem mecânica	G2 - Sem selante Com ciclagem mecânica	G3 - Com selante Com ciclagem mecânica	G4 - Com silano e selante Com ciclagem mecânica
272,450 a	235,800 b	222,013 b	243,063 b
dif. p/ G2 = 11,688 (*)			
dif. p/ G3 = 15,625 (*)		dif. p/ G3 = 3,938 ns	
dif. p/ G4 = 9,188 (*)		dif. p/ G4 = 2,500 ns	
dif. p/ G4 = 9,188 (*)		dif. p/ G4 = 6,438 ns	
Valor crítico entre postos médios a 5% = 7,862			

A tabela 5.2.13 apresenta valor estatisticamente superior de resistência à compressão para os corpos-de-prova não submetidos à ciclagem mecânica (272,450MPa). A seguir, com valores semelhantes entre si, estão os corpos-de-prova ciclados mecanicamente, protegidos ou não pelo selante superficial (sem selante, 235,800MPa; com selante, 222,013MPa; com silano e selante, 243,063MPa). A ciclagem mecânica empregada proporcionou redução de aproximadamente 14% na resistência à compressão do material Definite e a aplicação do selante superficial, precedida ou não por silano, mostrou-se incapaz de impedir tal redução.

5.2.4 – P60

A tabela 5.2.14 apresenta o resumo da análise de variância empregada para os valores de resistência à compressão da resina composta P60.

Tabela 5.2.14 - Análise de variância para resistência à compressão (MPa) - material P60.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Condição experimental	7.672,7500	3	2.557,5833	2.19 ns
Resíduo	32.729,5000	28	1.168,9108	
Varição total	40.402,2500	31		

A tabela 5.2.14 apresenta variabilidade não significativa e, portanto, igualdade estatística entre os grupos experimentais. Para melhor visualização, foi construída a tabela 5.2.15 que apresenta médias, erro-padrão e valor crítico para cada grupo experimental.

Tabela 5.2.15 – Médias de resistência à compressão (MPa) - material P60.

G1 - Sem selante Sem ciclagem mecânica	G2 - Sem selante Com ciclagem mecânica	G3 - Com selante Com ciclagem mecânica	G4 - Com silano e selante Com ciclagem mecânica
331,000 a	315,850 a	336,675 a	296,700 a
erro-padrão = 12,088			
Valor crítico de Tukey a 5% = 46,743			

A tabela 5.2.15 destaca a igualdade estatística observada na tabela 5.2.14. Desta forma, não houve redução na resistência à compressão da resina P60 após a ciclagem mecânica, não havendo também efeito do selamento superficial.

5.2.5 – Solitaire

A tabela 5.2.16 apresenta o resumo da análise de Kruskal-Wallis empregada para os valores de resistência à compressão da resina composta Solitaire.

Tabela 5.2.16 – Análise de Kruskal-Wallis para o material Solitaire (MPa).

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado	3,5132
Valor do X^2 para 2 graus de liberdade	3,51
Probabilidade de H_0 para esse valor	31,91%
Não significativa em nível de 5%	($p > 0,05$)

A tabela 5.2.16 apresenta variabilidade não significativa e, portanto, igualdade estatística entre os grupos experimentais. Da mesma forma, para melhor visualização, foi construída a tabela 5.2.17 que apresenta médias aritméticas, diferenças entre postos-médios e valor crítico entre postos-médios para cada grupo experimental deste material.

Tabela 5.2.17 – Médias de resistência à compressão (MPa) - material Solitaire.

G1 - Sem selante Sem ciclagem mecânica	G2 - Sem selante Com ciclagem mecânica	G3 - Com selante Com ciclagem mecânica	G4 - Com silano e selante Com ciclagem mecânica
294,763 a	288,013 a	283,638 a	291,975 a
dif. p/ G2 = 5,688 ns			
dif. p/ G3 = 7,563 ns		dif. p/ G3 = 1,875 ns	
dif. p/ G4 = 1,250 ns		dif. p/ G4 = 4,438 ns	
		dif. p/ G4 = 6,313 ns	
Valor crítico entre postos médios a 5% = 9,504			

A tabela 5.2.17 destaca a igualdade estatística observada na tabela 5.2.16. Desta forma, não houve também redução de resistência à compressão para a resina Solitaire após a ciclagem mecânica. O selamento também não interferiu nesta propriedade.

5.2.6 – Surefil

A tabela 5.2.18 apresenta o resumo da análise de Kruskal-Wallis empregada para os valores de resistência à compressão da resina composta Surefil.

Tabela 5.2.18 – Análise de Kruskal-Wallis para resistência à compressão (MPa) - material Surefil.

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado	6,4149
Valor do X^2 para 2 graus de liberdade	6,41
Probabilidade de H_0 para esse valor	9,31%
<hr/>	
Não significativa em nível de 5%	($p > 0,05$)

A tabela 5.2.18 apresenta variabilidade não significativa e, portanto, igualdade estatística entre os grupos experimentais da resina Surefil. Para melhor visualização, foi construída a tabela 5.2.19 que apresenta médias aritméticas, diferenças entre postos-médios e valor crítico entre postos-médios para cada grupo experimental.

Tabela 5.2.19 – Médias de resistência à compressão (MPa) - material Surefil.

G1 - Sem selante Sem ciclagem mecânica	G2 - Sem selante Com ciclagem mecânica	G3 - Com selante Com ciclagem mecânica	G4 - Com selante e selante Com ciclagem mecânica
306,900 a	337,000 a	304,913 a	340,063 a
dif. p/ G2 = 7,813 ns			
dif. p/ G3 = 0,500 ns		dif. p/ G3 = 8,313 ns	
dif. p/ G4 = 8,438 ns		dif. p/ G4 = 0,625 ns	
		dif. p/ G4 = 8,938 ns	
<hr/>			
Valor crítico entre postos médios a 5% = 8,995			

5.2.7 – Z100

A tabela 5.2.20 apresenta o resumo da análise de variância empregada para os valores de resistência à compressão da resina composta Z100.

Tabela 5.2.20 - Análise de variância para resistência à compressão (MPa) - material Z100.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Condição experimental	54.774,5000	3	18.258,1660	16,15 (*)
Resíduo	31.660,2500	28	1.130,7233	
Variação total	86.434,7500	31		

A tabela 5.2.20 apresenta variabilidade significativa entre os grupos experimentais do material Z100. Desta forma, foi construída a tabela 5.2.21 que apresenta médias, erro-padrão e valor crítico para cada grupo experimental. Valores estatisticamente semelhantes estão indicados por letras minúsculas iguais.

Tabela 5.2.21 – Médias de resistência à compressão (MPa) - material Z100.

G1 - Sem selante Sem ciclagem mecânica	G2 - Sem selante Com ciclagem mecânica	G3 - Com selante Com ciclagem mecânica	G4 - Com silano e selante Com ciclagem mecânica
336,275 a	220,000 c	285,700 b	272,600 b
erro-padrão = 11,889			
Valor crítico de Tukey a 5% = 45,974			

A tabela 5.2.21 apresenta resistência à compressão estatisticamente superior para os corpos-de-prova não submetidos à ciclagem mecânica (336,275MPa). A seguir, em ordem decrescente, estão os grupos ciclados e recobertos pelo selante superficial, iguais entre si (apenas selante, 285,700MPa; com silano e selante, 272,60MPa), e pelo grupo ciclado e sem a aplicação do selante superficial (220,000MPa). A ciclagem mecânica empregada reduziu em aproximadamente 35% a resistência à compressão do material Z100. Todavia, com a aplicação do selante superficial, precedida ou não por silano, a redução encontrada foi inferior (aproximadamente 17% em relação aos corpos-de-prova não ciclados). A utilização do selante minimizou o efeito da ciclagem mecânica sobre este material.

5.2.8 – Comparação entre materiais

Para ordenar estatisticamente a resistência à compressão dos materiais estudados, foram utilizados apenas os corpos-de-prova do grupo experimental G1, sem ciclagem e sem selamento. Os dados agrupados para esta avaliação mostraram variabilidade homogênea e normalidade e foram submetidos à análise de variância a um critério fixo. Para comparações entre

as médias, foi aplicado o teste de Tukey e o nível de decisão adotado foi de 5%. O resumo desta análise encontra-se na tabela 5.2.22, a seguir.

Tabela 5.2.22 – Análise de variância para resistência à compressão (MPa) do fator material, no grupo experimental sem selante e sem ciclagem mecânica.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor de f
Material	95.797,5000	6	15.966,2500	19,58 (*)
Resíduo	39.949,5000	49	815,2959	
Varição total	135.747,0000	55		

A tabela 5.2.22 apresenta variabilidade significativa para o fator material. Desta forma, foi construída a tabela 5.2.23 que apresenta os contrastes entre as médias. Valores estatisticamente semelhantes estão indicados por letras minúsculas iguais.

Tabela 5.2.23 – Médias de resistência à compressão (MPa) para o fator material, no grupo experimental sem selante e sem ciclagem mecânica.

Z100	Alert	P60	Surefil	Solitaire	Definite	Ariston
336,275 a	334,350 a	331,000 a	306,900 ab	294,763 ab	272,450 b	212,225 c

Erro-padrão = 10,104

Valor crítico de Tukey a 5% = 43,954

A tabela 5.2.23 aponta maior resistência à compressão para os materiais Z100 (336,275MPa), Alert (334,350MPa), P60 (331,000MPa),

Surefil (306,900MPa) e Solitaire (294,763MPa), estatisticamente semelhantes entre si. A seguir, com valor semelhante aos materiais Surefil e Solitaire, mas inferior aos materiais Z100, Alert e P60, figura o material Definite (272,450MPa). Fechando a série está o material Ariston com o menor valor de resistência à compressão (212,225MPa).

O comportamento individual dos materiais estudados pode ser ainda avaliado quanto ao efeito da ciclagem mecânica e da aplicação do selante superficial. Para os materiais Alert, Ariston, P60, Solitaire e Surefil, não houve diferença estatisticamente significativa de resistência à compressão após a ciclagem mecânica, porém, para os materiais Definite e Z100, os corpos-de-prova submetidos a este tratamento apresentaram resistência à compressão estatisticamente inferior àqueles não ciclados. Para os materiais Alert, Ariston, Definite, P60, Solitaire e Surefil, não houve também diferença estatística entre os corpos-de-prova protegidos ou não pelo selante, porém, para o material Z100, os corpos-de-prova selados apresentaram resistência à compressão estatisticamente superior àqueles não selados. O gráfico da figura 5.2.1 aponta os materiais em ordem decrescente sem ciclagem mecânica e inclui os valores obtidos sob ciclagem e com selamento para os materiais Definite e Z100.

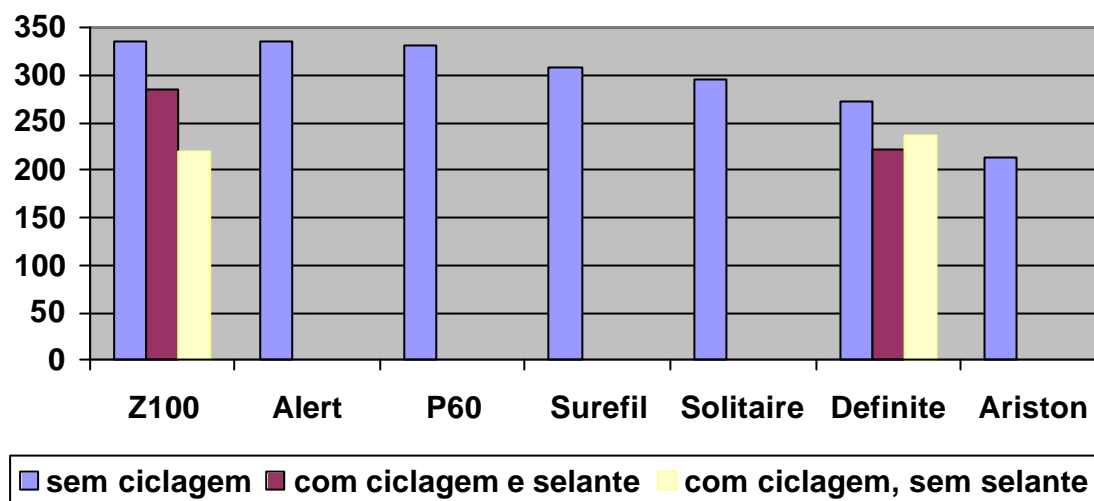


Figura 5.2.1 – Gráfico comparativo para resistência à compressão entre os materiais estudados.

6 - Discussão

As resinas compostas restauradoras, introduzidas na década de 1960 (Bowen⁴, 1963), têm apresentado melhorias principalmente por alterações na fase inorgânica. Tradicionalmente formuladas com matrizes à base de BISGMA, TEGDMA e UDMA (Smith⁶⁶, 1985; Braem et al.⁶, 1989; Kaufman³⁴, 1994; Suzuki et al.⁷⁰, 1995; Htang et al.³¹, 1995; Asmussem & Peudzfeldt², 1998; Kalliyana Khrisnan & Yamuna³³, 1998), têm mostrado propriedades físicas e mecânicas superiores pela utilização de partículas menores e em maior quantidade (Li et al.⁴², 1985; Leinfelder³⁸, 1987; Braem et al.⁶, 1989; Chung & Greener¹⁴, 1990; Willems et al.⁷⁵, 1993; Suzuki et al.⁷⁰, 1995; Htang et al.³¹, 1995; Kalliyana Khrisnan & Yamuna³³, 1998; Ferracane et al.²⁵, 1998; Drummond et al.²³, 1998).

Na última década, entretanto, novas marcas comerciais surgiram no mercado particularmente por modificações na fase orgânica. Dentre estes produtos, destacam-se novas formulações monoméricas (The Dental Advisor⁵⁹, 1998; Hickel et al.³⁰, 1998; Nagem Filho⁵⁰, 1999; Whitters⁷⁴, 1999) ou modificações na relação entre os monômeros tradicionais (Smith⁶⁶, 1985; Freedman²⁷, 1999). Tais compósitos apresentam maior viscosidade e tem sido

especificamente indicados para restaurações posteriores (The Dental Advisor⁵⁹, 1998; Ruddell⁶⁰, 1999; Christensen¹³, 1999).

A resina composta Alert apresenta matriz à base de policarbonato dimetacrilato (Leinfelder & Prasad⁴⁰, 1998). Segundo o fabricante, outros monômeros compõe ainda a fase orgânica deste material totalizando 16% em massa. A proporção entre eles, entretanto, não é mencionada. As partículas de carga são distribuídas em três tipos diferentes (Leinfelder & Prasad⁴⁰, 1998; The Dental Advisor⁵⁹, 1998; Freedman²⁷, 1999): fibras de vidro de óxidos de magnésio e alumínio com diâmetro entre $6\mu\text{m}$ e $10\mu\text{m}$ e comprimento entre $40\mu\text{m}$ e $80\mu\text{m}$, partículas de borosilicato de bário com tamanho médio entre $0,7\mu\text{m}$ e $0,8\mu\text{m}$ e micropartículas de dióxido de silício. Embora o fabricante tenha mencionado a composição das partículas e seu conteúdo total em massa (84%), a proporção entre elas não é informada.

O material Ariston apresenta liberação de íons cálcio, flúor e hidroxila para o meio e possui composição semelhante à de uma resina composta modificada por poliácido (Pires & Pacheco⁵⁵, 1999; Manhart⁴⁵, 2000). Entretanto, segundo o fabricante, sua matriz é formada por 21% em massa ou 41% em volume de dimetacrilatos não especificados. As partículas, que representam 79% em massa ou 59% em volume, possuem tamanho médio de $1,3\mu\text{m}$ e são compostas por vidro de flúor-silicato de bário e alumínio,

fluoreto e itérbio e dióxido de silício. Modificações por poliácidos na matriz, distribuição das partículas de carga e origem dos íons liberados não são citadas.

O material Definite apresenta matriz à base de copolímero orgânico/inorgânico denominado “ormocer” - “cerâmica organicamente modificada” (The Dental Advisor⁵⁹, 1998; Whitters et al.⁷⁴, 1999). Inversamente à denominação proposta, este monômero caracteriza-se pela presença de segmentos O-Si-O na cadeia de carbono terminada por radicais metacrilato (Hickel et al.³⁰, 1998). Segundo o fabricante, esta matriz é formada por 20% em massa de polisiloxano e metacrilatos, porém, a quantidade de cada um não é especificada. As partículas possuem tamanho médio de 0,85µm e parte delas é formada por metacrilato pré-polimerizado. Embora o fabricante informe o conteúdo total de partículas (80% em massa), não é citada a quantidade de reforço orgânico nem é clara a composição completa e a distribuição das partículas minerais.

A resina composta P60 possui matriz à base de BISGMA, UDMA e BIS-EMA (Freedman²⁷, 1999). Segundo o fabricante, o total de fase orgânica neste material é de 39% em volume, porém, a quantidade de cada monômero também não é informada. As partículas são esferoidais e compostas de sílica circundada por grãos tetragonais de zircônio (Adabo¹,

2000). Representam 61% em volume e possuem tamanho variando entre 0,19 μ m e 3,3 μ m.

A resina Solitaire apresenta composição da fase orgânica denominada “poliglass” ou “polímero de vidro” (Freedman²⁷, 1999). De maneira semelhante ao material Definite, trata-se também da inclusão de átomos de silício e oxigênio, porém, ligados a quatro grupamentos orgânicos com terminais metacrilato (tetra-etoxi-orto-silano, Nagem Filho⁵⁰, 1999). Segundo o fabricante, esta matriz representa 35% em massa do compósito e é formada por ácidos de éster metacrilato multifuncional. As partículas são porosas com tamanho variando entre 2 μ m e 20 μ m (The Dental Advisor⁵⁹, 1998; Freedman²⁷, 1999). Representam 65% em massa e são compostas por flúor-silicato de alumínio e dióxido de silício. O fabricante não informa a proporção entre os dois tipos de partícula e também se ambas apresentam porosidade superficial.

O compósito Surefil possui matriz orgânica à base de BISGMA e uretanos, sem TEGDMA (Freedman²⁷, 1999). O fabricante, porém, não menciona o conteúdo total nem a proporção entre ambos. As partículas de carga são irregulares (The Dental Advisor⁵⁹, 1998) e compostas por vidro de borossilicato de flúor e alumínio e dióxido de silício. O conteúdo é de 82% em

massa e o tamanho varia entre $0,4\mu\text{m}$ e $10\mu\text{m}$ (Freedman²⁷, 1999). O conteúdo e o tamanho das partículas não são mencionados pelo fabricante.

Finalmente, a resina composta Z100 traz 21% em massa ou 34% em volume de BISGMA e TEGDMA (Kaufman³⁴, 1994). Todavia, o fabricante informa percentuais menores (15,5% em massa ou 29% em volume) e não revela a proporção entre os monômeros. As partículas, com tamanho variando entre $0,01\mu\text{m}$ e $3,5\mu\text{m}$ (Kaufman³⁴, 1994) e média de $1\mu\text{m}$ (The Dental Advisor⁵⁹, 1998), representam 79% em massa ou 66% em volume. De maneira semelhante à resina P60, do mesmo fabricante, são compostas por sílica circundada por grãos tetragonais de zircônio (Kaufman³⁴, 1994). As instruções do fabricante apontam maior conteúdo de partículas (84,5% em massa ou 71% em volume), com tamanho máximo de $4,5\mu\text{m}$.

O conteúdo total de partículas minerais destas resinas compostas posteriores, em massa e em volume, foi determinado por Adabo¹ (2000). Em ordem decrescente, tem-se os seguintes valores volumétricos agrupados estatisticamente: Alert (67,26%) e Z100 (65,27%); P60 (62,34%) e Ariston (61,08%); Definite (54,43%); Solitaire (47,76%). Utilizando a mesma metodologia determinamos o conteúdo de partículas da resina Surefil: 56,02%, em volume. É importante destacar que para os materiais Alert,

Definite e Z100 as frações determinadas são inferiores às citadas pelos fabricantes.

Pela descrição acima, pode-se observar que entre os materiais estudados poucas são as formulações semelhantes, quer de matriz, quer de fase inorgânica. Além disso, as informações fornecidas pelos fabricantes são incompletas e às vezes tendenciosas, dificultando ou impedindo comparações. Desta forma, é importante que se estabeleçam protocolos técnicos completos para que o profissional possa obter amplas informações e selecionar adequadamente o material restaurador.

Nos ensaios de dureza realizados no período inicial (tabela 5.1.37, p.112), antes, portanto, da imersão, as maiores médias foram apresentadas pelos materiais Z100 (74,253VHN), Ariston (71,308VHN) e Surefil (69,969VHN). A seguir, em ordem decrescente, estão os materiais Alert (66,138VHN), P60 (62,833VHN) e Definite (61,302VHN). Finaliza a série o material Solitaire (46,609VHN).

Embora o valor observado para a resina Z100 seja inferior aos registrados na literatura (Carreiro¹⁰, 2000, 87,241VHN; Silva Neto et al.⁶⁴, 1999, 95,85VHN; Willems et al.⁷⁵, 1993, 120VHN; Santerre et al.⁶¹, 1999, 121,7VHN), nenhum novo produto de alta viscosidade mostrou-se superior. Estas observações, após ensaios de dureza, são também descritas por Silva

Neto et al.⁶⁴ (1999), Ruddell⁶⁰ (1999), Carvalho et al.¹¹ (1999) e Manhart et al.⁴⁵ (2000).

Dos materiais estudados, os pares Alert e Z100, Ariston e P60 e Definite e Surefil tem conteúdo de partículas semelhantes (respectivamente 67,26% e 65,27%; 61,08% e 62,34%; 54,43% e 56,02%), todavia possuem valores de dureza diferentes entre si (66,138VHN e 74,253VHN; 71,308VHN e 62,833VHN; 61,302VHN e 69,969VHN). Contrariamente, os pares Ariston e Z100 e Definite e P60 possuem conteúdo diferente de partículas (respectivamente 61,08% e 65,27%; 54,43% e 62,34%), mas dureza estatisticamente semelhante (71,308VHN e 74,253VHN; 61,302VHN e 62,833VHN). Além disso, a resina Surefil tem menor conteúdo de partículas (56,02%) que a resina P60 (62,34%) e apresenta maior dureza (69,969VHN x 62,833VHN).

Estas comparações derrubam o mito de que necessariamente alto conteúdo de partículas seja sinônimo de alta dureza e chamam a atenção para a importância de outros fatores como o tipo de partícula e a composição da fase orgânica. Entretanto, quando se analisa a influência da forma e do tamanho das partículas, observa-se que as fibras cerâmicas da resina Alert não lhe garantiram maior dureza (66,138VHN contra 74,253VHN, 71,308VHN e 69,969VHN, respectivamente das resinas Z100, Alert e Definite). De maneira

semelhante, quando se avalia a influência da composição das partículas, observa-se que as resinas P60 e Z100, que possuem o mesmo tipo de partícula (tabelas 4.1.5, p.64, e 4.1.8, p.65) e em quantidades relativamente próximas, 62,34% e 65,27%, não apresentam proporcionalmente a mesma variação de dureza (62,833VHN x 74,253VHN).

É provável que dentro de determinados intervalos de conteúdo de partículas os ensaios de dureza avaliem primordialmente a resistência da fase orgânica (Suzuki et al.⁷⁰, 1995; Ferracane et al.²⁵, 1998; Kalliyana Khrisnan & Yamuna³³, 1998). Por este raciocínio, pode-se admitir que a matriz não identificada da resina Ariston (71,308VHN) tenha dureza inicial alta e semelhante à das matrizes de BISGMA e TEGDMA da resina Z100 (74,253VHN) ou de BISGMA e uretanos da resina Surefil (69,969VHN). Todas as três matrizes, entretanto, apresentariam dureza superior à da matriz de policarbonato dimetacrilato da resina Alert (66,138VHN). Esta, por sua vez, seria mais dura inicialmente que as fases orgânicas de BISGMA, UDMA e BIS-EMA da resina P60 (62,833VHN) e de polisiloxano e metacrilatos da resina Definite (61,302VHN). A matriz com menor dureza, embora também aglutine o menor conteúdo de partículas (47,76%), seria a de tetra-etoxi-orto-silano (Nagem Filho, 1999) da resina Solitaire (46,609VHN).

Smith⁶⁶ (1985), Indrani et al.³² (1995), Asmussen & Peudzfeldt² (1998) e Freedman²⁷ (1999) teceram considerações a respeito da influência da composição da fase orgânica na resistência das resinas compostas, porém, maiores comparações com os materiais em estudo não podem ser efetuadas uma vez que as proporções utilizadas pelos fabricantes não são conhecidas.

Por outro lado, ainda que se possa usar como parâmetro a dureza do esmalte e da dentina (408VHN e 60VHN, Willems et al.⁷⁵, 1993) ou valores mínimos pré-estabelecidos (34VHN, Kalliyana Khrisnan & Yamuna³³, 1999), valores ideais para esta propriedade não são também conhecidos. Acreditamos, entretanto, que para os compósitos, valores muito baixos impliquem em menor resistência à abrasão, enquanto valores muito altos traduzam alto módulo de elasticidade e, como consequência, friabilidade (Willems et al.⁷⁵, 1993). De qualquer forma, por não ser destrutivo, o ensaio de dureza pode também ser empregado para detectar progressão de presa (Watts et al.⁷³, 1986), profundidade de polimerização (Carvalho et al.¹¹, 1999) ou degradação após imersão (Freund & Munksgaard²⁸, 1990; Cruz et al.¹⁵, 1992; Santerre et al.⁶¹, 1999).

O efeito adverso da água é relatado por diversos autores (Söderholm⁶⁷, 1981; Oysaed & Ruyter⁵⁴, 1986; Calais & Söderholm⁸, 1988; Munksgaard & Freund⁴⁹, 1990; Ferracane & Marker²⁴, 1992; Cruz et al.¹⁵;

1992; Tarumi et al.⁷¹, 1995; Ferracane et al.²⁵, 1998; Drummond et al.²³, 1998; Carreiro¹⁰, 2000) que descrevem o comprometimento de propriedades mecânicas, principalmente com a presença de tensões cíclicas (Söderholm et al.⁶⁸, 1981; Draughn^{20,21}, 1979 e 1985; Sarret et al.⁶³, 1988; Drummond²², 1989; Oilo⁵³, 1992; Nagem Filho⁵¹, 1993; Braem et al.⁵, 1994; Yamamoto & Takahashi⁷², 1995; Gladys et al.²⁹, 1998).

Inicialmente, pode ocorrer redução de dureza da matriz orgânica por expansão higroscópica (Ferracane et al.²⁵, 1998), por solubilização de monômeros insaturados (Oilo⁵³, 1992) ou por quebra de ligações químicas da cadeia polimérica (Drummond²², 1989; Munksgaard & Freund⁴⁹, 1990; Freund & Munksgaard²⁸, 1990; Ferracane & Marker²⁴, 1992; Braem et al.⁵, 1994). Numa etapa seguinte, ocorreria a hidrólise ou a hidratação da ligação siloxana, com rompimento da união matriz/carga. Trincas e porosidades, superficiais ou internas, facilitariam o acesso da água a esta interface (Söderholm⁶⁷, 1981; Söderholm et al.⁶⁸, 1984; Drummond²², 1989; Braem et al.⁵, 1994; Yamamoto & Takahashi⁷², 1995; Ferracane et al.²⁵, 1998; Gladys et al.²⁹, 1998). Finalmente, poderia ocorrer a solubilização das partículas, com liberação de íons de seus componentes (Söderholm et al.⁶⁸, 1984; Oysaed & Ruyter⁵⁴, 1986; Nagem Filho⁵¹, 1993; Tarumi et al.⁷¹, 1995; Santerre et al.⁶¹, 1999). A ciclagem térmica (Draughn²¹, 1985; Montes & Draughn⁴⁸, 1986; Drummond,

1989) e a presença de outros solventes, eletrólitos ou enzimas (Munksgaard & Freund⁴⁹, 1990; Freund & Munksgaard²⁸, 1990; Oilo⁵³, 1992; Ferracane & Marker²², 1992; Ferracane et al.²³, 1998; Santerre et al.⁶¹, 1999), juntamente com a ciclagem mecânica, acelerariam o processo.

Nos ensaios de dureza pode-se observar o efeito mais acentuado da água sobre a superfície dos materiais Ariston, Definite, Solitaire e Surefil (figura 5.1.9, p.113). O primeiro com queda de aproximadamente 97% e os demais, com redução ao redor de 26%. Todavia, a velocidade de redução foi diferente (figura 5.1.8, p.110): para o material Ariston a redução foi progressiva com maior queda nos 30 dias iniciais; para o material Surefil a redução ocorreu entre os períodos de 30 e 60 dias com estabilização até os 90 dias finais; para os materiais Definite e Solitaire o fenômeno ocorreu nos primeiros 30 dias com estabilização até o período final.

Após 90 dias de imersão, os materiais Z100 e Alert também apresentaram redução estatística de dureza (tabela 5.1.37, p.112), porém, percentualmente menor, respectivamente, 12% e 8% (figura 5.1.9, p.113). Com relação à velocidade de redução, enquanto o material Z100 apresentou decréscimo progressivo (tabela 5.1.35, p.108, e figura 5.1.7, p.109), o material Alert mostrou parcial recuperação a partir de 30 dias até o período final de observação (tabela 5.1.11, p.85, e figura 5.1.1, p.86). Para ambos os materiais

e à semelhança do material Ariston, houve também redução de dureza mesmo sem imersão (tabelas 5.1.11, p.85, 5.1.15, p.89, e 5.1.35, p.108). O material P60 não apresentou redução de dureza, com ou sem imersão, até o período final desta investigação.

É possível, portanto, indagar a respeito da real composição da matriz orgânica da resina Ariston e da influência da liberação de íons em meio aquoso sobre sua resistência superficial. Da mesma forma, é lícito especular sobre a estabilidade química da ligação siloxana das matrizes dos compósitos Solitaire e Definite, como também sobre a influência das partículas pré-polimerizadas de metacrilato presentes neste último material. Pode-se igualmente questionar o efeito da expansão higroscópica ou da solubilização de monômeros residuais nas matrizes da resina composta Surefil e dos outros três materiais.

Dúvidas ainda podem surgir sobre o tipo de interação responsável pela parcial recuperação dos corpos-de-prova imersos da resina Alert, sobre os mecanismos que promoveram a redução de dureza mesmo a seco nas resinas Alert, Ariston e Z100 e sobre os fenômenos responsáveis pela estabilidade da resina P60.

Diferente dos ensaios de dureza, os ensaios de resistência à compressão medem a resistência de corpo dos materiais e podem melhor

avaliar, nos compósitos, as interações entre carga e matriz. Nos ensaios realizados sem ciclagem mecânica (tabela 5.2.23, p.128), observou-se maior valor estatístico para os materiais Z100 (336,275MPa), Alert (334,350MPa) e P60 (331,000MPa). A seguir, encontram-se os materiais Surefil (306,900MPa) e Solitaire (294,763MPa), semelhantes entre si, e Definite (272,450MPa). Fecha a série, com o menor valor de resistência à compressão, o compósito Ariston (212,225MPa).

Comparando os valores citados acima para as resinas de alta viscosidade aos da resina Z100, novamente observamos que estes materiais, mesmo com matrizes modificadas e partículas porosas ou em forma de fibras, não são necessariamente superiores às resinas híbridas tradicionais. Este fato é também relatado por Kesley et al.³⁷ (1999), McGregor et al.⁴³ (1999), Ruddell⁶⁰ (1999), Kerby et al.³⁶ (1999), Adabo¹ (2000), Carreiro¹⁰ (2000) e Manhart et al.⁴⁵ (2000).

Dos materiais estudados, Z100, Alert, P60 e Ariston possuem conteúdo de partículas acima de 60% em volume (Willems et al.⁷⁵, 1993). Entretanto a resistência à compressão do material Ariston é bem inferior (212,225MPa x 336,275MPa; 334,350MPa e 331,000MPa). Embora possua também elevados valores iniciais de dureza e alto conteúdo de carga, é provável a influência negativa de partículas não silanizadas (Bowen⁴, 1963;

Soderholm⁶⁷, 1981; Htang et al.³¹, 1995; Ferracane et al.²⁵, 1998), presentes para que o material possa exibir significativa liberação iônica (Gladys et al.²⁹, 1998; Pires & Pacheco⁵⁵, 1999; Manhart et al.⁴⁵, 2000). Além da menor resistência à compressão, houve, também, para este material, acentuada redução de dureza após a imersão.

Surefil e Solitaire (306,900MPa e 294,763MPa) apresentam resistência à compressão estatisticamente semelhante à dos materiais Z100, Alert e P60, todavia, possuem conteúdo volumétrico de partículas inferior (56,02% e 47,76% x 65,27%; 67,26% e 62,34%). Apresentam também, comparativamente, maior redução de dureza após a imersão. É admissível, portanto, a influência positiva da estabilidade da união matriz/carga nas resinas Solitaire e Surefil (Söderholm⁶⁷, 1981; Söderholm et al.⁶⁸, 1984; Drummond²², 1989; Braem et al.⁵, 1994; Yamamoto & Takahashi⁷², 1995; Ferracane et al.²⁵, 1998; Gladys et al.²⁹, 1998) e das partículas porosas no material Solitaire (The Dental Advisor⁵⁹, 1998, Freedman²⁷, 1999), compensando o menor conteúdo de carga e a degradação superficial da matriz. Este último material, entretanto, mostra freqüentemente resultados inferiores quando são avaliadas outras propriedades mecânicas como módulo de elasticidade, dureza, resistência à fratura, à flexão, ao desgaste e à tração diametral (Suzuki⁶⁹, 1999; Silva Neto et al.⁶⁴, 1999; McGregor et al.⁴³, 1999;

Ruddell⁶⁰, 1999; Kerby et al.³⁶, 1999; Cardoso et al.⁹, 1999; Kesley et al.³⁷, 1999; Carvalho et al.¹¹, 1999; Adabo¹, 2000; Manhart et al.⁴⁵, 2000).

O material Definite (272,450MPa) apresenta resistência à compressão semelhante à das resinas Solitaire e Surefil, porém, inferior à dos materiais Z100, Alert e P60. Tal fato pode evidenciar o efeito negativo das partículas pré-polimerizadas de metacrilato, úteis para reduzir a contração de polimerização do material (Adabo¹, 2000), mas que não são computadas na avaliação do conteúdo de carga inorgânica. Além disso, aumentam a fração polimérica do material, fração esta susceptível à degradação.

Assim, não apenas o conteúdo mas a qualidade das partículas, juntamente com a composição da fase orgânica, influencia a resistência à compressão dos compósitos restauradores (Htang et al.³¹, 1995; Manhart et al.⁴⁵, 2000) e, pela grande possibilidade de combinações, os resultados podem ocupar larga faixa de variação (Willems et al.⁷⁵, 1993). A utilização desta ou de qualquer outra propriedade mecânica como parâmetro único de avaliação é insuficiente e pode ser equivocada.

Após a ciclagem mecânica (10.000 ciclos, 600N, 5Hz), as resinas Definite e Z100 apresentaram redução estatisticamente significativa de resistência à compressão, com perda de aproximadamente 14% para a primeira (235,800MPa x 272,450MPa) e de 35% para a segunda (220,000MPa

x 336,275MPa). Estes resultados confirmam que o esforço repetido pode reduzir em até 50% a resistência mecânica dos compósitos odontológicos (Draughn²¹, 1985; Braem et al.⁵, 1994; Yamamoto & Takahashi⁷², 1995; Gladys et al.²⁹, 1998; Brandão⁷, 2000) e que o efeito desta redução está também relacionado à composição do material.

Embora Kaufman³⁴ (1994) e Adabo¹ (2000) tenham apontado as partículas de sílica/zircônio, presentes nos materiais P60 e Z100, como capazes de absorver esforços e reduzir a geração e a propagação de fendas na matriz, pode-se observar nestes materiais a influência da fase orgânica, uma vez que a resina P60 não apresentou redução. Podemos supor, portanto, para o material Z100, o efeito da associação do elevado conteúdo de partículas com matriz de alta dureza, proporcionando maior tendência à formação e propagação de trincas (Willems et al.⁷⁵, 1993; Htang et al.³¹, 1995; Santerre et al.⁶¹, 1999; Brandão⁷, 2000; Adabo¹, 2000).

Para o material Definite, com menor conteúdo de partículas que a resina Z100, pode-se admitir o efeito das partículas mais frágeis de metacrilato pré-polimerizado (Söderholm⁶⁷, 1981), associado à possível resistência inferior à fadiga do monômero polisiloxano. Podemos considerar, ainda, para os dois materiais, maior susceptibilidade do agente de união à degradação por imersão.

Os selantes de superfície, compostos por monômeros de baixa viscosidade (Dickinson et al.^{17,19}, 1988 e 1990; Kawai & Leinfelder³⁵, 1993; Christensen¹³, 1999), têm por objetivo o vedamento de micro fendas e irregularidades oclusais (McKinney & Wu⁴⁴, 1982; Ratanapridakul et al.^{56,57}, 1987 e 1989; Reid et al.⁵⁸, 1990; Leinfelder³⁹, 1991; Leinfelder & Prasad⁴⁰, 1998; Gladys et al.²⁹, 1998) ou marginais (Dickinson et al.¹⁸, 1990; Miranda⁴⁶, 1994; Miranda Jr. & Santos⁴⁷, 1994) criadas no compósito durante os procedimentos usuais de acabamento e polimento. Segundo Kawai & Leinfelder³⁵ (1993) e Small⁶⁵ (1998), este procedimento de fácil execução pode aumentar a longevidade da restauração.

A eficácia do selamento superficial pode ser avaliada por meio de ensaios clínicos ou laboratoriais que medem a resistência ao desgaste ou o efeito da abrasão sobre o material restaurador. Dickinson et al.^{17,18,19} (1988 e 1990) e Dickinson & Leinfelder¹⁶ (1993) observaram clinicamente, por meio da duplicação de restaurações, redução na taxa de desgaste entre 35% e 50% após 5 anos, enquanto Kawai & Leinfelder³⁵ (1993), com avaliações em microscopia eletrônica de varredura, relataram menor quantidade de defeitos superficiais nos grupos selados. Todavia, como o mecanismo de desgaste é bastante complexo e envolve forças compressivas e abrasivas integradas com

o material e o meio, torna-se difícil identificar o fator preponderante no sucesso obtido.

Ratanapridakul et al.⁵⁹ (1989) argumentaram que os defeitos superficiais observados após o acabamento das restaurações não permitiriam a distribuição uniforme das tensões, resultando em menor resistência à abrasão. O selamento reforçaria então a matriz orgânica, aumentando a resistência ao desgaste do material. Dickinson & Leinfelder¹⁶ (1993) lembraram ainda o possível aumento de dureza da matriz orgânica, como consequência do melhor grau de conversão proporcionado pela fotoativação adicional durante a aplicação. Entretanto, Ferreira²⁶ (1999) e Santos⁶² (2000) observaram que, apesar da redução das irregularidades superficiais para alguns materiais, o selamento não eliminou os efeitos abrasivos da escovação.

Admitindo relação direta entre dureza e resistência ao desgaste ou à abrasão, descrita por Braem et al.⁶ (1989) mas contestada por Manhart et al.⁴⁵ (2000), Dickinson et al.¹⁹ (1990) e Carvalho Jr.¹² (1997) avaliaram o efeito do selamento sobre esta propriedade mecânica em compósitos diretos. Imediatamente após a aplicação ou com 30 dias de imersão, encontraram valores estatisticamente superiores para os espécimes selados. No entanto, em ambos os estudos, o grupo experimental recebeu maior quantidade de energia luminosa, necessária para a polimerização do selante superficial.

Kawai & Leinfelder³⁵ (1993) e Suzuki et al.⁷⁰ (1995) destacaram a influência do tamanho e da forma da fase inorgânica na resistência ao desgaste, onde partículas maiores, mais duras ou irregulares proporcionariam maior número de defeitos com maior profundidade. Para estes autores e também para Bayne et al.³ (1994) e Leinfelder & Prasad⁴⁰ (1998), compósitos com menor tamanho e quantidade de partículas seriam mais fáceis de serem polidos e, portanto, poderiam dispensar o uso de seladores.

Neste estudo, comparou-se a dureza de corpos-de-prova selados e não selados até o período de 90 dias de imersão e para todos os materiais e tempos testados não se observou qualquer efeito positivo do selamento sobre esta propriedade. O fenômeno observado nestes ensaios, para todos os materiais à exceção da resina P60, foi a redução de dureza após a imersão, evidenciando a ação negativa do meio sobre esta propriedade mecânica (Freund & Munksgaard²⁸, 1990; Cruz et al.¹⁵, 1992; Ferracane et al.²⁵, 1998; Santerre et al.⁶¹, 1999; Manhart et al.⁴⁵, 2000). A aplicação do selante superficial, no entanto, precedido ou não por silano, foi incapaz de impedir tal redução.

Por outro lado, nos ensaios de resistência à compressão, onde os corpos-de-prova também permaneceram imersos por 90 dias, embora tenha havido redução estatística apenas para os materiais Definite e Z100, somente

para este último o selamento foi efetivo em atenuar a redução. Tal fato evidencia que, além da água ou do meio de imersão, fatores como a composição do material e a presença de forças mecânicas interferem na eficácia do selamento superficial e, conseqüentemente, nos resultados dos ensaios que pretendem evidenciá-la. É possível que a quantidade de fendas e a velocidade de propagação sejam maiores no material Z100, provavelmente em função da matriz com maior dureza, do maior conteúdo de partículas e da maior susceptibilidade ao meio do agente de união. O selamento superficial pode ter impedido o contato precoce da água com a interface, retardando neste material o processo de degradação.

Clinicamente, a aplicação do selante poderia ser adotada como rotina na finalização de restaurações estéticas diretas em dentes posteriores, devendo ser aplicado após o acabamento inicial e novamente após o polimento. Embora não tenha aumentado a dureza nem a resistência à compressão de nenhum material estudado, mostrou-se capaz de agir preventivamente quando solicitado.

Além disso, como a mastigação pode também ser responsável pela geração e propagação de fendas no material restaurador (O'Brien & Ryge⁵², 1980; McKinney & Wu⁴⁴, 1982; Letzel et al.⁴¹, 1989; Leinfelder³⁹, 1991), a aplicação periódica do selante seria igualmente decisiva para a

longevidade da restauração, pois além de vedar possíveis fendas marginais (Dickinson et al.¹⁸, 1990; Miranda⁴⁶, 1994; Miranda Jr. & Santos⁴⁷, 1994) e proporcionar maior lisura (Ferreira²⁶, 1999; Santos⁶², 2000), fecharia novas portas de acesso à degradação. É importante lembrar ainda que a ciclagem mecânica, o meio de imersão e o tempo de armazenagem propostos neste estudo podem ter sido insuficientes para evidenciar este fenômeno em todos os materiais.

Finalmente, deve ser lembrada a ação do profissional que, segundo Letzel et al.⁴¹ (1989), é responsável por 33% das falhas observadas em restaurações com resina composta. Fatores básicos como planejamento cavitário, isolamento do campo operatório, seleção do protetor pulpar, uso adequado de matrizes, técnica incremental, tempo e intensidade do fotopolimerizador e método de acabamento e polimento não podem comprometer ainda mais as limitações deste material restaurador.

7 – Conclusão

7.1 – Previamente à imersão, os maiores valores de dureza foram apresentados pelos materiais Z100 (74,253VHN) e Ariston (71,308VHN). A seguir, com valor semelhante à resina Ariston, mas inferior à resina Z100, apresentou-se o material Surefil (69,969VHN). Completam a série, em ordem decrescente, os materiais Alert (66,138VHN), P60 (62,833VHN) e Definite (61,302VHN), iguais entre si, e Solitaire (46,609VHN).

7.2 – Após 90 dias de imersão, à exceção da resina P60, houve redução estatisticamente significativa para todos os materiais.

7.3 – A aplicação do selante superficial, com ou sem silano, não alterou a dureza dos materiais.

7.4 – Sem ciclagem mecânica, os maiores valores de resistência à compressão foram apresentados pelas resinas Z100 (336,275MPa), Alert (334,350MPa), P60 (331,000MPa), Surefil (306,900MPa) e Solitaire (294,763MPa). A seguir, com valor semelhante aos materiais Surefil e Solitaire, mas inferior aos materiais Z100, Alert e P60, apresenta-se o material Definite (272,450MPa). Com menor valor de resistência à compressão, completa a série o material Ariston (212,225MPa).

7.5 – Após a ciclagem mecânica, houve redução estatística de resistência à compressão para as resinas compostas Definite e Z100.

7.6 – A aplicação do selante de superfície, com ou sem silano, foi capaz de minimizar o efeito negativo da ciclagem mecânica sobre a resistência à compressão apenas no material Z100.

8 - Referências bibliográficas *

1. ADABO, G. L. *Estudo do conteúdo de partículas inorgânicas, da contração de polimerização e da resistência à flexão de materiais restauradores estéticos diretos indicados para dentes posteriores*. Araraquara, 2000. 185p. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
2. ASMUSSEN, E., PEUTZFELDT, A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent. Mater.*, v.14, p.51-6, 1998.
3. BAYNE, S. C., HEYMANN, H. O., SWIFT JR., E. J. Update on dental composite restorations. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.125, p.687-701, 1994.
4. BOWEN, R. L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.66, p.57-64, 1963.
5. BRAEM, M., LAMBRECHTS, P., VANHERLE, G. Clinical relevance of laboratory fatigue studies. *J. Dent.*, v.22, p.97-102, 1994.
6. BRAEM, M. et al. Mechanical properties and filler fraction of dental composites. *Dent. Mater.*, v.5, p.346-9, 1989.

* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Coordenadoria Geral de Bibliotecas, Editora UNESP. *Normas para publicação da UNESP*. São Paulo: Editora UNESP, 1994. 4.v., v.2. Referências bibliográficas.

7. BRANDÃO, L. *Estudo da fadiga compressiva em resinas compostas para dentes posteriores*. Araraquara., 2000. 180p. Dissertação (Mestrado em Dentística) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
8. CALAIS, J. G., SODERHOLM, K.-J. M. Influence of filler type and water exposure on flexural strength of experimental composite resins. *J. Dent. Res.*, v.67, p.836-40, 1988.
9. CARDOSO, P. E. C. et al. Análise da resistência à flexão de 8 resinas condensáveis e 4 híbridas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 16, 1999, Águas de São Pedro. *Anais...* Águas de São Pedro, 1999. p.80. (Resumo A297).
10. CARREIRO, A. F. P. *Estudo da dureza e da resistência à compressão de resinas compostas indiretas: efeitos da imersão em água destilada*. Araraquara, 2000. 135p. Dissertação (Mestrado em Reabilitação Oral) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
11. CARVALHO, C. M. E. S. et al. Graus de polimerização e dureza Knoop de resinas compostas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 16, 1999, Águas de São Pedro. *Anais...* Águas de São Pedro, 1999. p.178. (Resumo B308).

12. CARVALHO JÚNIOR, O. B. *Avaliação in vitro de um selante de superfície na dureza Rockwell de resinas compostas*. Bauru, 1997. 123p. Dissertação (Mestrado em Dentística, opção Materiais Dentários) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
13. CHRISTENSEN, G. J. Sorting out the confusing array of resin-based composites in dentistry. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.130, p.275-7, 1999.
14. CHUNG, K.-H., GREENER, E. H. Correlation between the degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J. Oral Rehabil.*, v.17, p.487-94, 1990.
15. CRUZ, C. A. S. et al. Conteúdo de carga, sorção de água e dureza Vickers de resinas compostas para dentes posteriores. *Rev. Odontol. UNESP*, v.21, p.283-92, 1992.
16. DICKINSON, G. L., LEINFELDER, K. F. Assessing the long-term effect of a surface penetrating sealant. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.124, p.68-72, 1993.
17. DICKINSON, G. L., LEINFELDER, K. F., RUSSEL, C. M. Evaluation of wear by application of a surface sealant. *J. Dent. Res.*, v.67, p.362, sp. iss., 1988. (Abstract 1999).
18. DICKINSON, G. L., MAZER, R. B., LEINFELDER, K. F. Two year clinical study on effect of surface sealant. *J. Dent. Res.*, v.69, p.308, sp. iss., 1990. (Abstract 1594).

- 19.DICKINSON, G. L. et al. Effect of surface penetrating sealant on wear rate of posterior composite resins. *J. Am. dent. Ass.*, v.121, p.251-5, 1990.
- 20.DRAUGHN, R. A. Compressive fatigue limits of composite restorative materials . *J. Dent. Res.*, v.58, p.1093-6, 1979.
- 21.DRAUGHN, R. A. Fatigue and fracture mechanics of composite resins. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POSTERIOR RESIN DENTAL RESTORATIVE MATERIALS, 1985, Minnesota. *Proceedings...* Ed. by Guido Vanherle and Dennis C. Smith. Neterlands: Peter Szulc Publ., 1985. p.299-307.
- 22.DRUMMOND, J. L. Cyclic fatigue of composite restorative materials. *J. Oral Rehabil.*, v.16, p.509-20, 1989.
- 23.DRUMMOND, J. L. et al. Fracture properties of aged and post-processed dental composites. *Eur. J. Oral Sci.*, v.106, p.661-6, 1998.
- 24.FERRACANE, J. L., MARKER, V.A. Solvent degradation and reduced fracture toughness in aged composites. *J. Dent. Res.*, v.71, p.13-9, 1992.
- 25.FERRACANE, J. L., BERGE, H. X., CONDON, J. R. *In vitro* aging of dental composites in water – effect on degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. *J. Biomed. Mater. Res.*, v.42, p.465-72, 1998.

- 26.FERREIRA, A. C. F. *Influência da escovação mecânica na manutenção do acabamento com resinas fluidas sobre compósitos odontológicos*. Piracicaba, 1999. 138p. Dissertação (Mestrado em Materiais Dentários) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
- 27.FREEDMAN, G. Resinas “condensáveis”: o novo paradigma dos alternativos do amálgama. *Brasil Dental News*, n.14, p.6-8, 1999.
- 28.FREUND, M., MUNKSGAARD, E. C. Enzymatic degradation of BISGMA/TEGDMA-polymers causing decreased microhardness and greater wear in vitro. *Scand. J. Dent. Res.*, v.98, p.351-5, 1990.
- 29.GLADYS, S. et al. Immediate versus one-month wet storage fatigue of restorative materials. *Biomaterials.*, v.19, p.541-4, 1998.
- 30.HICKEL, R. et al. New direct restorative materials. *Int. Dent. J.*, v.48, p.3-16, 1998.
- 31.HTANG, A., OHSAWA, M., MATSUMOTO, H. Fatigue resistance of composite restorations: effect of filler content. *Dent. Mater.*, v.11, p.7-13, 1995.
- 32.INDRANI, D. J. et al. Fracture toughness of water-aged resin composite restorative materials. *Dent. Mater.*, v.11, p.201-7, 1995.

- 33.KALLIYANA KRISHNAN, V., YAMUNA, V. Effect of initiator concentration, exposure time and particle size of the filler upon the mechanical properties of a light-curing radiopaque dental composite. *J. Oral Rehabil.*, v.25, p.747-51, 1998.
- 34.KAUFMAN, G. A new resin composite restorative incorporating synthetic filler technology and optimized particle size distribution. *Esthetic Dentistry Update*, v.5, p.10-2, 1994.
- 35.KAWAI, K., LEINFELDER, K. F. Effect of surface-penetrating sealant on composite wear. *Dent. Mater.*, v.9, p.108-13, 1993.
- 36.KERBY, R., BERUN, J., KNOBLOCH, L. Fracture toughness of posterior condensable composite resins. *J. Dent. Res.*, v.78, sp. iss., p.157, 1999. (Abstract 415).
- 37.KESLEY, W. P., LATTA, M. A., BARKMEIER, W. W. Physical properties of high density composite restorative materials. *J. Dent. Res.*, v.78, sp. iss., p.207, 1999. (Abstract 810).
- 38.LEINFELDER, K. F. Wear patterns and rate of posterior composite resins. *Int. dent. J.*, v.37, p.152-7, 1987.
- 39.LEINFELDER, K. F. Using composite resin as a posterior restorative material. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.122, p.65-70, 1991.

- 40.LEINFELDER, K. F., PRASAD, A. A new condensable composite for the restoration of posterior teeth. *Dent. Today*, v.17, p.112-6, 1998.
- 41.LETZEL, H. Survival rates and reasons for failure of posterior composite resin restorations in multicentre clinical trial. *J. Dent.*, v.17, p.s10-7, 1989.
- 42.LI, Y. et al. A. Effect of filler content and size on properties of composites. *J. Dent. Res.*, v.64, p.1396-401, 1985.
- 43.McGREGOR, K. M., COBB, D. S., VARGAS, M. A. Physical properties of condensable versus conventional composites. *J. Dent. Res.*, v. 78, p.157, 1999. (Abstract 411).
- 44.McKINNEY, J. E., WU, W. Relationship between subsurface damage and wear of dental restorative composites. *J. Dent. Res.*, v.61, p.1083-8, 1982.
- 45.MANHART, J. et al. Mechanical properties of new composite restorative materials. *J. Biomed. Mater. Res.*, v.53, p.353-61, 2000.
- 46.MIRANDA, M. S. *Avaliação in vitro da influência de um selante de superfície na infiltração marginal e defeitos superficiais de restaurações de classe V com resina composta*. Rio de Janeiro, 1994. 75p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- 47.MIRANDA JÚNIOR, W. G., SANTOS, J. F. F. Avaliação da infiltração em restaurações de resina composta em dentes posteriores. In: REUNIÃO CIENTÍFICA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISAS ODONTOLÓGICAS, 11., Águas de São Pedro, 1994. *Anais...* Águas de São Pedro, 1999. p.79. (Resumo 153).
- 48.MONTES, G. M., DRAUGHN, R. A. In vitro surface degradation of composite by water and thermal cycling. *Dent. Mater.*, v.2, p.193-7, 1986.
- 49.MUNKSGAARD, E. C., FREUND, M. Enzymatic hydrolysis of (di) methacrylates and their polymers. *Scand. J. Dent. Res.*, v.98, p.261-7, 1990.
- 50.NAGEM FILHO, H. *Materiais dentários - resinas compostas*. Bauru: Produção Artes Gráficas, 1999. 84 p.
- 51.NAGEM FILHO, H., CASTANEDA, J. C., MAIA, H. P. Degradação de resinas compostas. *Rev. Bras. Odontol.*, v.1, p.43-5, 1993.
- 52.O'BRIEN, W. J., YEE, J. Microstructure of posterior restorations of composite resin after clinical wear. *Oper. Dent.*, v.5, p.90-4, 1980.
- 53.OILO, G. Biodegradation of dental composites / glas ionomer cements. *Adv.Dent.Res.*, v.6, p.50-4, 1992.

- 54.OYSAED, H., RUYTER, I. E. Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *J. Dent. Res.*, v.65, p. 1315-8, 1986.
- 55.PIRES, L . A. G., PACHECO, J. F. M. Uma nova alternativa restauradora direta de cor branca para dentes posteriores. *Rev.Assoc.Paul.Cir.Dent.*, v.53, p.499-504, 1999.
- 56.RATANAPRIDAKUL, K., LEINFELDER, K. F., THOMAS, J. P. Effect of finishing on the wear rate of posterior composite resins. *J. Dent. Res.*, v.66, p.182, sp. iss., 1987. (Abstract 606).
- 57.RATANAPRIDAKUL, K., LEINFELDER, K. F., THOMAS, J. P. Effect of finishing on the in vivo wear rate of a posterior composite resin. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.118, p.333-5, 1989.
- 58.REID, C. N., FISHER, J., JACOBSEN. P. H. Fatigue and wear of dental materials. *J. Dent.*, v.18, p.209-15, 1990.
- 59.RESINAS compostas condensáveis. *The Dental Advisor*, v.5, n.8, p.1-12, 1998.
- 60.RUDDLELL, D. E. et al. Mechanical properties and wear behavior of condensable composites. *J. Dent. Res.*, v.78, sp. iss., p.156, 1999 (Abstract 407).

- 61.SANTERRE, J. P., SHAJII, L., TSANG, H. Biodegradation of commercial dental composites by cholesterol esterase. *J. Dent. Res.*, v.78, p.1459-68, 1999.
- 62.SANTOS, P. H. *Avaliação da porosidade interna e da rugosidade de superfície de resinas compostas para dentes posteriores submetidas à escovação*. Piracicaba, 2000. 123p. Dissertação (Mestrado em Materiais Dentários) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
- 63.SARRET, D. C., SODEHOLM, K. J., BATICH, C. D. Water and abrasive effects on three-body wear of dental composites. *J. Dent. Res.*, v.67, p.362, sp. iss., 1988. (Abstract 1995).
- 64.SILVA NETO, D.R. et al. Estudo da dureza de resinas compostas para dentes posteriores. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 16, 1999. Águas de São Pedro. *Anais...* Águas de São Pedro, 1999. p.87. (Resumo A328)
- 65.SMALL, B. W. Direct posterior composite restorations – state of the art 1998. *Gen. Dent.*, v.46, p.26-32, 1998.

66. SMITH, D. C. Posterior composite resin dental restorative materials: materials development. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POSTERIOR RESIN DENTAL RESTORATIVE MATERIALS, 1985, Minnesota. *Proceedings...* Ed. by Guido Vanherle and Dennis C. Smith. Netherlands: Peter Szulc Publ., 1985. p.47-60.
67. SÖDERHOLM, K.-J. Degradation of glass filler in experimental composites. *J. Dent. Res.*, v.60, p.1867-75, 1981.
68. SÖDERHOLM, K.-J. et al. Hydrolytic degradation of dental composites. *J. Dent. Res.*, v.63, p.1248-54, 1984.
69. SUZUKI, S. *In vitro* wear of condensable resin composite restoratives. *J. Dent. Res.*, v.78, sp. iss., p. 447, 1999. (Abstract 2734).
70. SUZUKI, S. et al. Effect of particle variation on wear rates of posterior composites. *Am. J. Dent.*, v.8, p.173-8, 1995.
71. TARUMI, H., TORII, M., TSUCHITANI, Y. Relationship between particle size of barium glass filler and water sorption of light-cured composite resin. *Dent. Mater. J.*, v.14, p.37-44, 1995.
72. YAMAMOTO, M., TAKAHASHI, H. Tensile fatigue strength of light cure composite resins for posterior teeth. *Dent. Mater.*, v.14, p.175-84, 1995.

73. WATTS, D. C., McNAUGHTON, V., GRANT, A. A. The development of surface hardness in visible light-cured posterior composites. *J. Dent.*, v.14, p.169-74, 1986.
74. WHITTERS, C. J. et al. Dental materials: 1997 literature review. *J. Dent.*, v.27, p.401-35, 1999.
75. WILLEMS, G. et al. Composite resins in the 21st century. *Quintessence Int.*, v.24, p.641-58, 1993.

CRUZ, C. A. S. *Estudo da dureza e da resistência à compressão de resinas compostas para dentes posteriores após a imersão em água destilada. Efeito da aplicação de selante superficial*. Araraquara, 2001. 170 p. Tese (Livre-Docência em Materiais Dentários) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.

Resumo

Novos compósitos têm surgido no mercado especificamente destinados à confecção de restaurações estéticas posteriores. Entretanto, embora tais materiais apresentem resultados iniciais animadores, há a necessidade de comprovações adicionais para que possam ser utilizados com segurança. Resinas compostas posteriores são submetidas a estresses complexos de compressão e abrasão durante a mastigação e a aplicação de selantes superficiais tem sido relatada como forma de aumentar a resistência ao desgaste destes materiais. O presente trabalho teve como propósito avaliar a dureza e a resistência à compressão das resinas compostas Alert (Jeneric/Pentron), Ariston (Vivadent), Definite (Degussa), P60 (3M), Solitarie (Kulzer), Surefil (Dentsply) e Z100 (3M) após 90 dias de imersão em água destilada, recobertas com selante Protect It (Jeneric/Pentron) e submetidas à ciclagem mecânica (10.000 ciclos, 600N, 5Hz). Os ensaios de dureza (n=8) foram realizados em aparelho Wolpert, com diamante Vickers e peso de 50gf aplicado por 30 segundos, antes e após períodos de imersão de 30, 60 e 90 dias. Os ensaios de resistência à compressão (n=8) foram realizados somente após 90 dias, em corpos-de-prova cilíndricos medindo 8mm de altura por

4mm de diâmetro. Apenas os espécimes destinados à compressão foram ciclados mecanicamente. Os ensaios foram realizados em máquina MTS 810, equipada com célula de carga de 10kN (ciclagem) e 100kN (compressão) e velocidade de 0,5mm/min. Após análise de variância ($p < 0,05$), os resultados mostraram, previamente à imersão, maiores valores de dureza para os materiais Z100 (74,253VHN) e Ariston (71,308VHN). A seguir, com valor semelhante à resina Ariston, mas inferior à resina Z100, apresentou-se o material Surefil (69,969VHN). Completaram a série, em ordem decrescente, os materiais Alert (66,138VHN), P60 (62,833VHN) e Definite (61,302VHN), iguais entre si, e Solitaire (46,609VHN). Após 90 dias de imersão, à exceção da resina P60, houve redução estatisticamente significativa para todos os materiais, com maior percentual para a resina Ariston (97%), seguida pelos compósitos Definite, Solitaire e Surefil (26%), Z100 (12%) e Alert (8%). A aplicação do selante superficial, com ou sem silano, não alterou a dureza dos materiais. Sem ciclagem mecânica (análise de variância, $p < 0,05$), os maiores valores de resistência à compressão foram apresentados pelas resinas Z100 (336,275MPa), Alert (334,350MPa), P60 (331,000MPa), Surefil (306,900MPa) e Solitaire (294,763MPa). A seguir, com valor semelhante aos materiais Surefil e Solitaire, mas inferior aos materiais Z100, Alert e P60, apresentou-se a resina Definite (272,450MPa), seguida pelo material Ariston (212,225MPa). Após a ciclagem mecânica, houve redução estatística de resistência à compressão apenas para as resinas compostas Definite (235,800MPa) e Z100 (220,000MPa), com percentuais de 14% para o primeiro e 35% para o segundo material. A aplicação do selante de superfície, com ou sem silano, foi capaz de minimizar o efeito da ciclagem mecânica sobre a resistência à compressão do material Z100 (285,700MPa, redução de apenas 15%). Este estudo mostrou que a imersão em água pode reduzir a

dureza das resinas compostas e que a ciclagem mecânica pode ter efeito negativo sobre a resistência à compressão destes materiais, comprometendo por degradação e fadiga a longevidade das restaurações. Evidenciou também comportamentos diferentes para os materiais estudados quanto à aplicação do selante superficial.

Palavras-chave: Resinas compostas; dureza; resistência à compressão; selante superficial.

CRUZ, C. A. S. *Hardness and compressive strength of posterior composite resins: effects of immersion in distilled water and surface sealant treatment*. Araraquara, 2001. 170 p. Tese (Livre-Docência em Materiais Dentários) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.

Abstract

New materials have been specifically indicated to direct posterior esthetic restoration. Although the clinical results seem to be satisfactory, at first, they haven't been enough to warrant restoration longevity. Posterior composite resins are subjected to compressive and abrasive stresses and surface penetrating sealants have been indicated in order to increase resins' wear resistance. The aim of this study was to evaluate hardness and compressive strength of posterior composite resins (Alert/Jeneric-Pentron, Ariston/Vivadent, Definite/Degussa, P60/3M, Solitarie/Kulzer, Surefil/Dentsply and Z100/3M), treated with a surface sealant (Protect It/Jeneric-Pentron), after 90 days of distilled water immersion and subjected at 10,000 stress cycles (600N, 5Hz). The hardness tests (n=8) were conducted on Wolpert equipment, using a Wickers diamond and 50gf load applied for 30 seconds before and after immersion for 30, 60 and 90 days. The compressive tests (n=8) were conducted after 90 days on MTS-810 machine with load cell of 10kN (cycling) and 100kN (compressive strength) and crosshead speed of 0.5 mm/min in samples 4mm of diameter and 8mm height. Before immersion (Anova, $p < 0,05$), Z100 (74.253VHN) and Ariston (71.308VHN) showed the

highest hardness. Surefil (69.969VHN) was similar to Ariston, but significantly lower than Z100. Alert (66.138VHN) was lower than Surefil, but higher than P60 (62.833VHN) and Definite (61.302VHN). Solitaire (46.609VHN) exhibited the lower hardness. After immersion, there was a significant decrease in hardness for almost all materials (Ariston, 97%; Definite, Solitaire and Surefil, 26%; Z100, 12% and Alert, 8%). Surface penetrating sealant had no effect on hardness values. Without cyclic loading (Anova, $p < 0,05$), Z100 (336.275MPa), Alert (334.350MPa), P60 (331.000MPa), Surefil (306.900MPa) and Solitaire (294.763MPa) exhibited the highest compressive strength. Definite (272.450MPa) was similar to Surefil and Solitaire, but significantly lower than Z100, Alert and P60. Ariston (212.225MPa) showed the lower compressive strength. After stress cycles, there was a significant reduction for Definite (235.800MPa, 14%) and Z100 (220,000MPa, 35%). Surface penetrating sealant, with or without silane, reduced stress cycle effects only for Z100 (285.700MPa, 15%). This study showed that water can reduce hardness of composite resins and demonstrated that stress cycles may decrease compressive strength, compromising, by hydrolytic degradation and fatigue, the clinical longevity. It was also observed different behaviours for evaluated materials with surface sealant treatment.

Key-words: Composite resins; hardness; compressive strength; surface sealant.