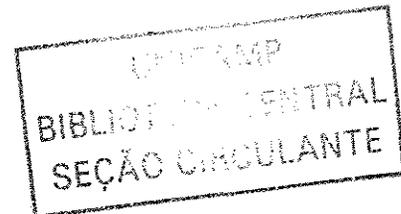


MÔNICA ARATANI

Cirurgiã-dentista

***RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E À TRAÇÃO DIAMETRAL DE DOIS  
CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO MODIFICADOS POR RESINA, EM  
DIFERENTES RELAÇÕES PÓ/LÍQUIDO E TEMPOS DE ARMAZENAGEM***

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do grau de Mestre em Materiais Dentários.



PIRACICABA

2003

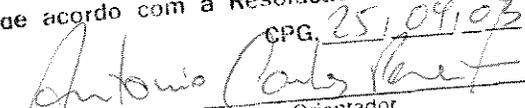
MÔNICA ARATANI

Cirurgiã-dentista

**RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E À TRAÇÃO DIAMETRAL DE DOIS  
CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO MODIFICADOS POR RESINA, EM  
DIFERENTES RELAÇÕES PÓ/LÍQUIDO E TEMPOS DE ARMAZENAGEM**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do grau de Mestre em Materiais Dentários.

Este exemplar foi devidamente corrigido,  
de acordo com a Resolução CCPG-036/03  
CPG, 25/09/03

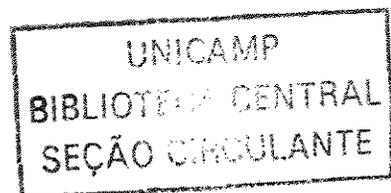
  
Assinatura do Orientador

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Pereira

Co-orientador: Prof. Dr. Lourenço Corrêa  
Sobrinho

PIRACICABA

2003



UNIDADE	30
Nº CHAMADA	TIUNICAMP
	Ar15r
V	EX
TOMBO BCI	55167
PROC.	16-124103
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	08/08/03
Nº CPD	

CM00187120-B

DIB ID 296365

#### Ficha Catalográfica

Ar15r Aratani, Mônica.  
 Resistência à compressão e à tração diametral de dois cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, em diferentes relações pó/líquido e tempos de armazenagem. / Mônica Aratani. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2003.  
 x, 75f. : il.

Orientadores : Prof. Dr. Antônio Carlos Pereira, Prof. Dr. Lourenço Corrêa Sobrinho.  
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Resistência dos materiais. 2. Ionômeros. 3. Materiais dentários. 4. Cáries dentárias – Prevenção. I. Pereira, Antônio Carlos. II. Corrêa Sobrinho, Lourenço. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8-6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de MESTRADO, em sessão pública realizada em 27 de Fevereiro de 2003, considerou a candidata MÔNICA ARATANI aprovada.

1. Prof. Dr. ANTONIO CARLOS PEREIRA

2. Prof. Dr. PAULO AFONSO SILVEIRA FRANCISCONI

3. Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES

0989025000

## DEDICATÓRIA

A Deus

A meus pais, Neuza e Yoshiaki, e à família que construíram:

Rubens, Nílvia, Carolina e Letícia

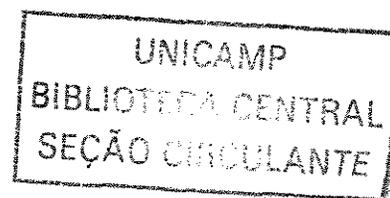
Fabio

Gustavo e Marlene

Hugo

Por tudo aquilo que as palavras não conseguem expressar,

muito obrigada!



## *AGRADECIMENTOS ESPECIAIS*

À querida Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Catarina Prado, pela serenidade, confiança, apoio, exemplo, e acima de tudo, pela amizade.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Pereira, pela confiança, disponibilidade e liberdade a mim confiados na orientação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho, pelo respeito e confiança desde o início desta jornada, e por encontrar tempo até quando não era possível, com competência e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, representados pelos Profs. Drs. Thales Rocha de Mattos Filho e Oslei Paes de Almeida, Digníssimos Diretor e Diretor Associado, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho, Coordenador de Pós-Graduação e ao prof. Dr. Mário Sinhoreti, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área Materiais Dentários, pela oportunidade de realização do mestrado e pela excelência do mesmo.

À funcionárias da coordenação de pós-graduação da FOP-UNICAMP Sônia Maria Lordello Arthur e Érica Alessandra Pinho, pela competência e disponibilidade.

Aos Professores Simonides Consani, pela experiência, Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, pela tranquilidade e pelo auxílio na análise estatística, Mário Fernando de Góes, pela seriedade e compromisso, e Regina Maria Puppini-Rontani, pela alegria. Cada um deles, mais do que ciência, ensinou um pouco de vida.

Ao engenheiro mecânico Marcos Blanco Cangiani, que com conhecimento, capacidade, dedicação e humildade tornou mais fácil cada tarefa a ser cumprida.

À querida Selma Segalla, presença constante e reconfortante.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro na concessão de bolsa.

À Suarez Import, pela doação do material Fuji Coat LC.

À Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (UNIDERP), representado pelo magnífico reitor Prof. Pedro Chaves dos Santos Filho, e à Coordenação do Curso de Odontologia, na pessoa da Profª. Drª. Catarina Prado, por viabilizar a participação no mestrado.

À Fundação Manoel de Barros, por possibilitar a participação em eventos, e a suas funcionárias, sempre eficientes e prestativas.

À Secretaria Municipal de Saúde de Campo Grande, por viabilizar a participação no mestrado.

Aos amigos Ana Paula P. de Souza, Beatriz Keiko M. de Souza, César Bigarella, Eloísa L. A. Ghersel, Herbert Ghersel, Raquel T. Pertinhes Macerou, Sandra R. C. Ortega, Symonne P.C. O. L. Parizzoto e Tito Ghersel, pelo apoio e afeto constantes.

Aos amigos Paulo A. S. Francisconi, Heraldo Riehl e Oscar Barreiros de Carvalho Jr., por despertar o desejo de aprender para ensinar.

A todo o pessoal da clínica odontológica do CAIC, que sempre torceram por mim.

À admirável mestra Tânia Mara Garib, pelo empenho em possibilitar minha participação neste mestrado, e por acreditar sempre em novos caminhos.

Às amigas Daniela Rodrigues Fernandes e Vanessa Pardi, pela amizade e companheirismo, sem os quais não é possível crescer.

Aos colegas mestrados e doutorandos de diversas áreas, em especial Grace Mendonça Dias de Souza, Patrícia Furtado Gonçalves e Vanessa Gallego Arias.

Aos colegas de turma: Angela Scarparo Caldo Teixeira (Ló), Gisele Maria Correr, Giovani de Oliveira Corrêa, Leonardo Gonçalves da Cunha, Luciana Andréa Sálvio, Murilo Baena Lopes, Rogério Vieira Reges e Roberta Caroline Bruschi Alonso, inesquecíveis companheiros de jornada.

## SUMÁRIO

RESUMO	01
ABSTRACT	02
INTRODUÇÃO	03
REVISÃO DE LITERATURA	07
PROPOSIÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS	47
Materiais	47
Métodos	48
RESULTADOS	54
Análise estatística	54
Apresentação dos dados	55
DISCUSSÃO	62
CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar as resistências à compressão e à tração diametral dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina Fuji II LC e Vitremer, nas relações pó/líquido 1:1, 1:2 e 1:3, após armazenagem em água destilada a 37 °C por 1, 7 e 28 dias. Para cada material, relação pó/líquido e tempo de armazenagem, foram confeccionados 10 corpos-de-prova com 4 mm de diâmetro por 6 mm de altura, em molde de silicone. Cada extremidade foi fotoativada por 40 segundos, e após a remoção do molde, os corpos-de-prova foram fotoativados lateralmente (perpendicular ao longo eixo) por mais 40 segundos e depois imersos em água. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados à velocidade de 1 mm/min, e os de resistência à tração diametral, a 0,5 mm/min, em máquina de ensaios universal Instron. Os resultados, convertidos em Megapascal, e submetidos à Análise de Variância e ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), mostraram que a resistência à compressão foi influenciada pela relação pó/líquido, mas a armazenagem exerceu pouca influência. A resistência à tração diametral mostrou diferentes comportamentos dos materiais nas condições estudadas, em que o Vitremer foi afetado pela relação pó/líquido, mas não pelo tempo de armazenagem, e o Fuji II LC sofreu a influência de ambos fatores.

Palavras-chave: **Resistência dois materiais; Ionômeros; Materiais Dentários; Cáries dentárias- Prevenção.**

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the compressive and diametral tensile strength of resin-modified GIC Fuji II LC and Vitremer, in powder/liquid ratio 1:1, 1:2 and 1:3, in different periods of storage in 37 °C distilled water for 1, 7 and 28 days. For each material, p/l ratio and time of storage, 10 specimens were prepared, with 4 mm in diameter by 6 mm in height in silicon moulds. Each extremity was photoactivated for 40 seconds, and after remotion from the mouds, the specimens were photoactivated laterally (perpendicular to long axis) for 40 seconds and after, immersed in water. The compressive strength tests were performed at 1 mm/min cross-head speed of and diametral tensile strength tests, at 0.5 mm/min, in Universal Tests Machine Instron. The results, converted to Megapascal, were submitted to ANOVA and Tukey's Test ( $p < 0.05$ ), and showed that compressive strength was influenced by p/l ratio, but storage in distilled water didn't show a strong influence. About diametral tensile strength, the materials showed different behavior in the studied conditions, where Vitremer was affected by p/l ratio but not by time of storage, and Fuji II LC was influenced by both conditions.

Key-words: **Materials strength; Glass-ionomer; Dental materials; Dental caries- prevention.**

## 1. INTRODUÇÃO

A odontologia se preocupa cada vez mais em manter as estruturas dentárias intactas e livres da presença de doenças. Quando isso não é possível, a busca por soluções restauradoras que aliem estética, resistência, durabilidade e adesão aos tecidos dentários remanescentes, com a habilidade de reforçá-los e dificultar a instalação de novas lesões permanece um desafio para o desenvolvimento de materiais e técnicas que melhor correspondam a essas necessidades.

Desenvolvido por Wilson & Kent para aplicações diversas, os cimentos de ionômero de vidro têm características atraentes, como translucidez, estética, adesão aos tecidos dentários duros, coeficiente de expansão térmica similar ao da dentina e liberação de flúor, obtidas num lento processo de geleificação, com a resistência máxima obtida somente dias após o preparo (WILSON & KENT, 1972; VAN NOORT, 1994). Nos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, a resistência mecânica imediata à fotoativação é maior (WILSON *et al.*, 1990), com menor susceptibilidade a variações hídricas (NICHOLSON *et al.*, 1992), e algumas das características principais, resultantes da reação ácido-base, são mantidas (Mc LEAN *et al.*, 1994; SMITH, 1998; NICHOLSON, 1998; MOUNT, 1999) e tornam seu uso mais fácil, inclusive em procedimentos preventivos. A presença de componentes resinosos hidrofílicos resulta também em contração de

polimerização e absorção de água, o que pode influenciar na resistência mecânica a longo prazo (Mc CABE, 1998; AKASHI *et al.*, 1999).

Apesar de variável, em geral a taxa de retenção dos cimentos de ionômero de vidro no selamento de fôssulas e fissuras é inferior à dos selantes resinosos (SIMONSEN, 1996), mas apresenta resultados clínicos altamente favoráveis (FORSS *et al.*, 1994; ARROW & RIORDAN, 1995; FORSS & HALME, 1998; LUCA-FRAGA & PIMENTA, 2001; PEREIRA *et al.*, 2001), com padrões de proteção e paralisação das lesões cariosas similares ao obtido com uso tópico de fluoreto em alta concentração (FLÓRIO *et al.*, 2001). Enquanto selantes de resina (Bis-GMA) são eficazes apenas como barreira física, necessitando controles periódicos para avaliação de sua integridade e ajustes para que não acarrete em desvios mandibulares, os ionômeros são eficazes também após a perda clínica, quando fragmentos microscópicos permanecem nas fissuras, exercendo a proteção pela liberação de flúor (MÈJARE & MJÖR, 1990), e a menor resistência mecânica reflete em desgaste na área oclusal (BIRKENFELD & SCHULMAN, 1999).

A penetração de um material na fissura depende do tratamento dado a ela, da condição de isolamento do campo operatório, da seleção do tipo e viscosidade do material utilizado (ABREU *et al.*, 1998). Avaliando seis materiais, BARNES *et al.*, em 2000, não encontraram relação entre fluidez e a capacidade de selamento. Ainda assim, a prática de relações pó/líquido diminuídas no preparo do ionômero com o propósito de obter maior fluidez para o selamento de fôssulas e fissuras continua a ser utilizada.

O uso de ionômeros de vidro modificados por resina, ainda que com alteração da viscosidade pode melhorar a retenção do selante ionomérico. Comparando a retenção de um cimento de ionômero de vidro convencional para forramento (Ketac Bond) e um modificado por resina (Vitremmer, 3M) na relação pó líquido alterada (1:2), PEREIRA *et al.* (1999) obtiveram melhor retenção do segundo. O mesmo material (Vitremmer) foi utilizado por VILLELA *et al.* (1998) na relação pó/líquido 1:3 em comparação a um selante resinoso. Embora a retenção do Vitremmer fosse menor, ambos materiais foram eficazes na prevenção de cáries pelo período de avaliação de dois anos. QUACKENBUSH *et al.* (1997), verificaram que a capacidade de prevenção de cáries do Vitremmer não se altera pela variação entre as relações pó/líquido empregadas (1:1, 1:2 e 1:3), mas a solubilidade aumenta com a redução da quantidade de pó (QUACKENBUSH *et al.*, 1998), o que pode comprometer a durabilidade do fragmento no interior da fissura.

O condicionamento do esmalte com ácido fosfórico pode aumentar a retenção dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina ao esmalte (CORTES *et al.*, 1993; BERNARDO *et al.*, 2000), mas a permanência do mesmo na fissura está relacionada não só à capacidade de adesão ao esmalte, como também às suas propriedades físicas e mecânicas, ou seja, à capacidade de resistir às forças mastigatórias (SMALES *et al.*, 1996). O aumento da retenção clínica do selante de ionômero pode ser obtida pela ampliação mecânica da fissura com instrumentos rotatórios (técnica invasiva) que aumenta o volume de material, em áreas livres de esforços mastigatórios, oferecendo maior resistência, ou pela seleção de casos em que as fissuras sejam naturalmente amplas

(SIMONSEN, 1996). Um estudo clínico avaliou a retenção de dois cimentos de ionômero de vidro como selantes de fôssulas e fissuras, Fuji III, especialmente formulado para selamento, e Fuji IX, indicado para a técnica de restauração atraumática, e este obteve melhores resultados após nove meses, possivelmente devido à maior resistência do material, ou à técnica de inserção sob pressão (WEERHJEIM *et al.*, 1996).

Apesar do otimismo dos trabalhos clínicos, a comprovação da eficácia a longo prazo dos selantes de ionômero de vidro esbarra na falta de informações sobre a formação e comportamento dos fragmentos, aos quais se atribui a proteção das fissuras. A ampla variação nas técnicas empregadas e nas taxas de retenção (SIMONSEN, 1996) indicam a necessidade de critérios que otimizem seu uso, tendo como base características próprias dos cimentos de ionômero de vidro, convencionais ou modificados por resina, buscando estender a retenção como garantia de proteção pelo maior período possível.

Diante do exposto, seria conveniente avaliar a resistência mecânica de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina em diferentes viscosidades, obtidas a partir da variação das relações pó/líquido utilizadas clinicamente, e a influência do tempo de armazenagem sobre essas propriedades.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Em 1972, WILSON & KENT apresentaram à comunidade odontológica um novo material, por eles desenvolvido, chamado cimento de ionômero de vidro ou poliacrilato-alumino-silicato. Índícios mostravam que o material poderia ser utilizado em indicações diversas, tais como restauração de dentes anteriores e regiões de erosão, cimentação e forramento de cavidades. Originado do cimento de silicato, por suas características de presa, pela dureza e translucidez de suas partículas e liberação de flúor, o pó consistia de um vidro básico, formado por uma quantidade de alumina superior à de sílica, que o tornava capaz de liberar íons quando atacado por alguns ácidos fracos. O líquido era composto principalmente por ácidos poliacrílicos, os quais são mais fracos que o ácido fosfórico, mas capazes de atacar as partículas, e de formar quelatos estáveis com a estrutura dentária calcificada. A reação de endurecimento é do tipo ácido-base, formando um sal hidratado e de um hidrogel silíceo. O aumento da concentração do ácido aumenta a resistência final, mas há um limite estabelecido pela viscosidade do mesmo.

PROSSER *et al.* (1984) compararam diversas características dos cimentos de ionômero de vidro convencionais para restauração e cimentação comercialmente disponíveis na época (com líquido à base de ácido poliacrílico e à

base de água). Nos materiais restauradores, a resistência à compressão variou de 140 a 195 MPa, à tração diametral de 9 a 19,3 MPa e à flexão, de 8,9 a 30,3 MPa. Os valores para os materiais indicados para cimentação se aproximavam desses, uma vez que a relação pó/líquido menor era compensada pelo tamanho menor das partículas (máximo de 25  $\mu\text{m}$ ).

DRUMMOND *et al.* (1988) verificaram a resistência à compressão de cimentos de ionômero de vidro, policarboxilato e fosfato de zinco, e a morfologia cristalina do último, por períodos de até 758 dias. O cimento de ionômero de vidro mostrou aumento da resistência com o tempo, até a ocorrência de uma queda significativa após 488 dias, em que o aumento da resistência alcançado pela formação de ligações cruzadas é “negativado” pelo tempo, à medida em que o material é atacado pelo meio de envelhecimento.

A variação na relação pó/líquido utilizada por auxiliares odontológicas no preparo do cimento de ionômero de vidro Chem-fil II foi verificada por BILLINGTON *et al.* (1990), os quais observaram que a média da relação comumente utilizada era de 5:1, abaixo da recomendada pelo fabricante (6,8:1). Os ensaios de resistência à compressão e à tração diametral mostraram que a relação utilizada resultava em consistência adequada e valores de resistência abaixo dos especificados pela norma da BS 6039, e que a proporção recomendada resultava em consistência inadequada para o trabalho.

MÈJARE & MJÖR (1990) avaliaram a taxa de retenção do cimento de ionômero de vidro Fuji III no selamento de fôssulas e fissuras de molares e pré-molares, por avaliação clínica e pela técnica da réplica, em que modelos foram obtidos e examinados sob aumento em microscópio para avaliação da extensão, adaptação ao esmalte e estrutura superficial. O acompanhamento foi realizado após a aplicação do material, 6 e 12 meses, e em diversos intervalos até 5 anos. A baixa taxa de retenção clínica (61% de perdas aos 12 meses e 84% aos 30-36 meses) pode ser atribuída a uma adesão inadequada, e tornando necessária a preocupação com os procedimentos de limpeza e tratamento prévios da superfície do esmalte. A adaptação insatisfatória (25%) e a rugosidade em 1/3 das superfícies sugerem que uma relação pó/líquido elevada foi utilizada, a qual pode representar viscosidade e tempo de presa insuficientes para o escoamento e preenchimento adequados da fissura, em especial na topografia irregular dos molares. A técnica da réplica mostrou-se mais sensível, observando pequenos remanescentes em 84% dos casos em que clinicamente havia perda total do selante, o que explica o efeito anti-cárie freqüentemente observado após a perda clínica.

Em 1990, WILSON teceu considerações quanto à natureza química, reações de presa e propriedades dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina. De forma simples, esses materiais apresentam uma mistura de 2-hidroxi etil metacrilato (HEMA) e água, ao invés da água presente nos cimentos de ionômero de vidro convencionais. Essa alteração permite que a presa ocorra por

reação ácido-base e pela polimerização, em que o HEMA forma uma matriz de poliHEMA, resultando na formação de duas matrizes. A reação ácido-base, mais lenta devido ao conteúdo reduzido de água, serve para dar maior dureza e resistência à matriz polimérica já formada. Dois tipos de ionômeros de vidro modificados por resina estavam disponíveis. O mais simples (classe I) tem o HEMA como co-solvente para água e Bis-GMA no líquido, e as matrizes formarão fases separadas, por razões termodinâmicas. Nos materiais de classe II, inicialmente formulado com o nome comercial de Vitrabond (3M), o ácido poliacrílico é modificado, com uma pequena porcentagem de grupos carboxílicos convertida em grupos pendentos insaturados, por um processo de condensação. Estes materiais são compostos por uma solução aquosa (25 a 45% de ácido poliacrílico modificado, 21 a 41 % de HEMA e um sistema iniciador) que, misturada ao pó e fotoativada, resulta em vários tipos de polimerização: formação de poliHEMA, co-polimerização dos ácidos poliacrílicos modificados com o HEMA, ligação dos poliHEMA com a matriz de poliacrilatos impedindo a separação das fases, e polimerização do ácido poliacrílico modificado formando cadeias cruzadas que aumentam a resistência do cimento. A resistência desses materiais após 24 horas é superior à dos cimentos de ionômero de vidro convencionais, alcançando resistência à compressão de 94 MPa (classe I), 53 a 96 MPa (classe II), e à compressão diametral de 21,9 a 33,9MPa (classe I) e 11,2 a 12,4 MPa (classe II). A dispersão da luz é aumentada, tornando-os menos translúcidos que os convencionais, e a possível presença de metacrilatos não polimerizados pode reduzir a biocompatibilidade.

Para verificar a profundidade de fotopolimerização de três cimentos de ionômero de vidro modificados por resina (LC Zionomer, Vitrabond e XR Ionomer), BURKE *et al.* (1990) preencheram matrizes metálicas bipartidas com 3 mm de diâmetro interno por 5 mm de altura, com os materiais preparados de acordo com as instruções dos fabricantes, e polimerizaram por 30 ou 60 segundos em apenas uma das extremidades, protegida por uma tira de poliéster. A matriz foi então aberta, o material não polimerizado e amolecido foi removido com instrumento afiado e o material restante foi medido por microscópio. Embora a profundidade variasse entre os materiais, de modo geral, tempos maiores de exposição à luz resultaram em maior profundidade de polimerização, bem como em período maior entre a polimerização e a avaliação, devido à capacidade desses materiais serem quimicamente ativados.

De acordo com ANSTICE & NICHOLSON (1992), o termo “ionômero de vidro” é aplicado a uma categoria de materiais de um tipo básico, usado em odontologia restauradora. São cimentos que sofrem reação ácido-base, derivados de ácidos poliméricos aquosos e vidro de fluoralumino-silicato. No fim da década de 80, surgiram produtos com a incorporação de componentes fotopolimerizáveis, com polimerização fotoquímica e proteção precoce contra a umidade. A limitação de penetração da luz limitava seu uso em camadas até 2 mm de espessura, sendo por isso indicados para forramento de cavidades. Os cimentos de ionômero de vidro fotopolimerizáveis consistem de um ácido poliacrílico (modificado ou não), um monômero fotoativado (por exemplo, o HEMA, com cadeia lateral

fotopolimerizável ligada ao ácido poliacrílico), um vidro liberador de íons e água, numa mistura complexa que endurece por reações que competem entre si e formam estruturas complexas. A presa inicial é uma reação fotoquímica que, dependendo da formulação, pode ser a co-polimerização do HEMA às cadeias laterais do polímero ácido ou a homopolimerização dos grupos funcionais destas. Em seguida, ocorrem as reações ácido-base típicas dos ionômeros de vidro, mais lentas que o convencional, possivelmente dificultada pela presença da rede polimerizada. A natureza precisa da matriz formada é desconhecida, uma vez que a importância relativa da fotopolimerização e da reação ácido-base não foi determinada, bem como o papel da água. Nos cimentos de ionômero de vidro convencionais, a água é encontrada em dois estados, considerados evaporáveis e não evaporáveis (também chamados livre e aderida), dependendo da possibilidade de removê-la por dessecação a vácuo, e a relação entre a água livre e a água aderida aumenta com o tempo. Considerando isso, os autores avaliaram a resistência à compressão dos cimentos de ionômero de vidro fotoativados Vitrebond e XR Ionomer, após 1, 7 ou 90 dias de armazenagem a 37 °C, em uma das seguintes condições: (1) Ar com umidade ambiente; (2) Ar rigorosamente seco; (3) Água pura; (4) Solução salina fisiológica. Foram preparados seis corpos-de-prova para cada tempo e condição de armazenagem, com 6 mm de diâmetro por 12 mm de altura (polimerizados por 40 segundos a cada 2 mm), e submetidos ao ensaio de compressão numa Instron, à velocidade de 1 mm/min. A quantidade de água perdida também foi calculada. Os resultados, após serem submetidos ao teste t-Student, mostraram aumento progressivo da resistência para os materiais

XR Ionomer e Vitrebond, quando mantidos em ambiente de umidade, com valores maiores que nas outras condições de armazenagem. As amostras mantidas a seco perderam sua integridade. Imersas em água, as amostras de Vitrebond apresentaram aumento da resistência à compressão, mas a diferença não foi significativa para o XR Ionomer. Em solução salina, os materiais apresentaram comportamentos diferentes, e após 90 dias, eram mais resistentes que os mantidos em água. A avaliação do modo de falha mostrou que os espécimes armazenados em água ou em solução salina apresentaram deformação plástica, assumindo a “forma de barril” antes da fratura, enquanto as amostras mantidas a seco mostraram ser frágeis, caracterizando o comportamento dos hidrogéis. O processo de maturação atribuído à hidratação da rede de sílica também ocorre nos cimentos ionoméricos modificados por resina, alterando o comportamento de hidrogel para o dos ionômeros convencionais, com o envelhecimento.

De acordo com NICHOLSON *et al.* (1992), os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina têm algumas vantagens sobre os convencionais, em particular o processo de ativação fotoquímica, que pode ser controlada pelo clínico, e reduz a susceptibilidade à umidade. O processo inicial de polimerização depende de detalhes precisos na formulação, e a reação ácido-base subsequente é mais lenta, impedida de alguma forma pelo desenvolvimento da rede polimérica. Verificando a resistência à compressão de dois cimentos de ionômero de vidro modificados por resina para forramento (Vitrebond e XR Ionomer), após armazenamento por 1, 7 ou 90 dias em água ou ar seco a 37 °C, observaram que

houve redução dos valores alcançados com o aumento do tempo de armazenagem, e que esta foi mais acentuada na presença de água. A grande proporção de grupos hidrofílicos funcionais na matriz polimérica levemente cruzada resultante da polimerização fotoquímica mostra similaridade com a estrutura dos hidrogéis sintéticos e leva a grande absorção de água, com maior plasticidade e redução da resistência.

CORTES *et al.* (1993) obtiveram aumento da resistência de união ao esmalte dos materiais híbridos Fuji II LC (cimento de ionômero de vidro modificado por resina) e Dyract (resina modificada por poliácidos) após condicionamento do substrato com ácido fosfórico a 10% por 10 segundos. Para o material Photac-fil (cimento de ionômero de vidro modificado por resina), não houve diferença estatística entre os grupos condicionado ou não.

HEGARTY & PEARSON (1993) verificaram as resistências à erosão e à compressão dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina Vitrebond e XR Ionomer, quando ativados por luz ou não, em comparação aos cimentos de ionômero de vidro convencionais, Ketac Bond e Ketac Cem. Os corpos-de-prova fotoativados foram preparados de acordo com as instruções dos fabricantes, inseridos nos moldes e fotoativados por 60 segundos em cada extremidade. Os corpos-de-prova de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina quimicamente ativada com 4 mm de diâmetro por 6 mm de altura foram preparados e deixados em câmara escura até a presa. Todos os corpos-de-prova

foram armazenados em estufa a 37 °C por 1 hora, removidos dos moldes e imersos em água a 37 °C, sem exposição à luz, até o momento do ensaio. O ensaio de resistência à compressão foi realizado à velocidade de 1 mm/min, nos tempos de 1 e 24 horas após a mistura. Os resultados mostraram não haver diferença na resistência à compressão avaliada após 1 e 24 horas para Ketac Bond e Vitrebond fotoativado. Quando quimicamente ativado, o Vitrebond, assim como o XR Ionomer (foto ou quimicamente ativado), tiveram aumento de resistência avaliada após 24 horas, quando comparado a 1 hora, mas a diferença entre os valores mostra que a reação ácido-base do XR Ionomer se assemelha à maioria dos ionômeros convencionais, com grande aumento de resistência entre os períodos avaliados.

CATTANI-LORENTE *et al.* (1993) avaliaram 26 marcas comerciais de cimentos de ionômero de vidro (6 para cimentação, 5 convencionais estéticos para restauração, 2 cermets e 13 para base e forramento), em relação às resistências à compressão, tração (através da tração diametral) e flexão, comparando-os a partir do coeficiente de resistência obtido para cada material. O comportamento sob carga constante (*creep*) também foi avaliado. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados em corpos-de-prova com 4 mm de diâmetro por 6 mm de altura, a velocidade de 0,5 mm/min, 24 horas após o preparo. Os resultados mostraram maior resistência dos materiais restauradores (resistência à compressão de 112,6 a 197, 5 MPa e à tração diametral de 8,7 a 14 MPa). Os materiais para cimentação e para base e forramento mostraram ampla dispersão

dos valores, tornando difícil a sua caracterização em função da indicação. Considerando que a resistência depende da composição, microestrutura e história térmica do vidro, do tamanho das partículas de pó, da natureza, concentração e peso molecular do ácido poliacrílico e da relação pó/líquido empregada, apenas a explicação detalhada da composição de cada produto permitiria a explicação dos resultados obtidos. Além disso, a realização dos testes antes que a resistência final fosse alcançada pode não mostrar o comportamento real de cada material em relação aos demais.

Mc LEAN *et al.*, em 1994, descreveram as condições que caracterizam os cimentos de ionômero de vidro, a despeito do surgimento de um grande número de materiais denominados híbridos de cimentos de ionômero de vidro e resinas compostas. Os verdadeiros cimentos de ionômero de vidro tornam-se endurecidos após uma reação ácido-base exotérmica, sem sofrer contração de polimerização nem apresentar monômeros residuais. Há estabilidade dimensional sob umidade, e ocorre uma interação entre as partículas e a matriz. Além disso, são capazes de aderir a esmalte e dentina, liberam flúor e requerem proteção contra susceptibilidade a variações hídricas, devendo ser protegidos assim que aplicados. Os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina incluem também os materiais cuja polimerização ocorre por ativação química, além dos fotoativados, nos quais o endurecimento acontece mesmo na ausência de luz.

Segundo VAN NOORT (1994), os cimentos de ionômero de vidro são materiais primeiramente descritos por Wilson & Kent em 1971, e vistos como substituto potencial para o cimento de silicato. Suas aplicações são diversas, como em restaurações de áreas livres de esforços mastigatórios, base, forramento e cimentação. São compostos por um pó de vidro formado principalmente por sílica e alumina, que utiliza fluoreto de cálcio como fundente. O líquido é formado por poliácidos em combinações variadas de peso molecular e configuração, mas o mais usado é o ácido poliacrílico, associado a co-polímeros. A reação de geleificação ocorre por meio de uma reação ácido-base, que pode ser dividida em três etapas: a dissolução, em que os íons são liberados da superfície das partículas; a geleificação, que é a formação inicial da matriz, em que os sais de cálcio são formados, e há necessidade de proteção contra variações de umidade no ambiente externo; e a maturação, em que há formação de sais de alumínio, os quais são mais estáveis, e mantêm a hidratação do gel, tornando o material mais resistente. As propriedades do material dependem de sua composição, e evoluíram desde sua criação. A adesão ao esmalte e dentina é comprovada, mas não há um mecanismo bem esclarecido. As propriedades estéticas, a solubilidade e a resistência dependem da composição e de fatores relacionados à técnica de preparo, aplicação e proteção, sendo dependente ainda do estágio da reação.

FORSS *et al.*, em 1994, compararam a retenção e a capacidade de prevenção de cáries do cimento de ionômero de vidro Fuji III e da resina Delton, ambos formulados para o selamento de fóssulas e fissuras, dois anos após a

aplicação em molares e pré-molares de 166 crianças entre 5 e 14 anos. Em cada criança, um material aleatoriamente selecionado era aplicado a um molar ou pré-molar recém erupcionado, e o dente contra-lateral era selado com o outro material. Após dois anos, 151 pares de molares foram examinados clinicamente, sem auxílio de radiografias, e 82 % dos selantes de Delton estavam íntegros, mas apenas 26 % do Fuji III. Para cada material, sete superfícies apresentaram cáries, mostrando a mesma capacidade de proteção dos materiais avaliados. A seleção do cimento de ionômero de vidro como selante deve se basear em outras qualidades que não a retenção, e a diferença na retenção dos selantes aplicados por diferentes profissionais indica a influência de pequenas variações na técnica de preparo e aplicação.

Em 1994, Mc CARTHY & HONDRUM avaliaram a resistência mecânica (resistência à compressão, tração diametral e flexão e a rigidez) e adesiva de um cimento de ionômero de vidro convencional (Ketac- bond) e um modificado por resina (Zionomer), para verificar a eficácia na cimentação de bandas e *brackets* ortodônticos. Nos testes de resistência à compressão, foram utilizados corpos-de-prova cilíndricos, com 6 mm de altura por 4 mm de diâmetro, e de 6 mm de altura por 3 mm de diâmetro, para os testes de resistência à tração diametral. Os materiais foram preparados de acordo com as instruções dos fabricantes, os moldes foram preenchidos até 90 segundos após o início do preparo, e os espécimes de cimento de ionômero de vidro modificado por resina foram fotopolimerizados por 60 segundos. Após 2 minutos, os corpos-de-prova foram

colocados em estufa a  $37 \pm 1$  °C com umidade relativa de  $95 \pm 5\%$  por 1 hora. Foram submetidos ao acabamento e armazenados em água destilada a  $37 \pm 1$  °C por 1 hora, 24 horas e 7 dias, e submetidos aos ensaios de resistência à compressão e à tração diametral a velocidade de 1 mm/min. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatística na resistência à compressão entre os materiais testados Ketac Bond e Ziomomer, respectivamente  $100,470 \pm 11,889$  MPa e  $126,104 \pm 10,104$  MPa após 1 hora,  $132,673 \pm 15,355$  MPa e  $130,953 \pm 12,126$  MPa após 1 dia e  $133,916 \pm 33,477$  MPa e  $112,420 \pm 10,392$  MPa após 1 semana, mas que a resistência à tração diametral variou em função do material e do tempo, em que o Ziomomer apresentou valores superiores nos períodos mais curtos de armazenagem (Ketac Bond e Ziomomer, respectivamente  $9,741 \pm 2,303$  MPa e  $22,246 \pm 2,387$  MPa após 1 hora,  $14,493 \pm 0,965$  MPa e  $21,509 \pm 2,119$  MPa após 1 dia e  $15,870 \pm 3,356$  MPa e  $19,371 \pm 3,096$  MPa após 1 semana).

Avaliando o comportamento mecânico (resistência à flexão, compressão e tração diametral) de doze marcas comerciais de cimentos de ionômero de vidro (3 para cimentação, 5 para restauração e 4 para base e forramento), após períodos de 24 horas, 2, 6 e 12 meses, CATTANI-LORENTE *et al.* (1994) encontraram grande variação na resistência dos cimentos ensaiados, com comportamentos diferentes mesmo para materiais indicados para o mesmo propósito. De modo geral, quatro comportamentos foram observados: (A) aumento da resistência até um limite máximo; (B) aumento na resistência por 2 a 6 meses,

seguido de queda; (C) decréscimo contínuo da resistência com o tempo; e (D) resistência invariável pelo tempo de envelhecimento. Considerando a classificação por um coeficiente de resistência após 24 horas, a resistência mecânica dos materiais restauradores era maior que a dos demais, que apresentavam ampla dispersão de valores. Após 12 meses, os materiais para base e forramento tornaram-se os mais resistentes, e os indicados para cimentação permaneceram os mais fracos. Os fatores responsáveis pela resistência inicial podem ser também responsáveis pelas variações observadas com o tempo, o comportamento resultando de mecanismos opostos envolvidos no envelhecimento: o aumento da resistência do material pela hidratação das ligações metal-carboxilato e da formação lenta da fase sílica-gel e a redução da mesma, pela absorção de água que age como plastificante e promove hidrólise dos componentes do cimento, com conseqüente erosão.

SWIFT Jr. *et al.*, em 1995, verificaram a profundidade de polimerização dos materiais híbridos (cimentos de ionômero de vidro modificados por resina e resinas compostas modificadas por poliácidos) Fuji II LC (GC America), Geristore (Den-Mat), Photac-Fil (Espe America), VariGlass (Caulk/ Dentsply) e Vitremer (3M Dental Products) quando submetidos à fotoativação por 40 segundos. A avaliação foi realizada após 10 minutos, 1 e 7 dias, através de medidas de dureza Knoop. As medidas iniciais (10 minutos) só puderam ser realizadas nos 5 mm superficiais em todos os materiais, e não houve diferenças significativas nos valores após 24 horas, exceto para o VariGlass, que sofreu um decréscimo no valor. Após 7 dias,

no entanto, Fuji II LC, Photac-Fil e Vitremer apresentaram valores uniformes de dureza em toda profundidade, o que não ocorreu com Geristore e VariGlass, devido à ausência de reação ácido-base.

A retenção e o efeito na prevenção do cimento de ionômero de vidro convencional Ketac-fil (Espe) e da resina Delton (Jonhson & Jonson) no selamento de fósulas e fissuras foram avaliados por ARROW & RIORDAN, em 1995. Os materiais foram aplicados por sete auxiliares, em primeiros molares recentemente erupcionados de 465 crianças, de modo que cada criança recebesse os dois materiais. A avaliação ocorreu após um intervalo de 3,5 a 4 anos, onde 415 pacientes foram avaliados, e mostrou pobre retenção de ambos materiais, com 60% dos pares totalmente perdidos. Ainda assim, a taxa de proteção do cimento de ionômero de vidro atingiu 80,6%, e foi superior à da resina. Parte da proteção pode ser justificada pela água fluoretada fornecida na região em que realizou o estudo e à preferência por dentifrícios fluoretados.

Em 1995, LI *et al.* verificaram a resistência à tração diametral, fratura e dureza Vickers dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina Photac-fil Aplicap e Vitremer, do cimento de ionômero de vidro convencional Fuji II, do compósito P-50 e de uma resina composta modificada por poliácidos experimental, denominada K71, e que mais tarde passou a ser comercializada com o nome Dyract. Os ensaios de resistência à tração diametral foram realizados em 8 amostras de 4 mm de diâmetro por 2 mm de altura, a velocidade de 1

mm/min. As condições de preparo variaram em função do meio, tempo de armazenagem e de polimerização. As amostras de compósito (controle) foram mantidas em água deionizada a 37 °C após a polimerização. As amostras de ionômero de vidro convencional foram preparadas e mantidas em ambiente a 37°C com umidade relativa de 100% por 1 hora após o preparo para então serem imersos em água deionizada, nas mesmas condições dos outros materiais. Os resultados mostraram que a resistência dos ionômeros modificados por resina (Vitremmer e Photac-fil Aplicap) era maior que do Fuji II, e significativamente menor que do material experimental K71, comparável ao compósito. Para os cimentos de ionômero de vidro, a resistência foi significativamente maior após 1 e 28 dias do que aos 10 minutos .

SIMONSEN (1996) apresentou uma revisão crítica sobre o uso dos cimentos de ionômero de vidro como selantes de fissuras, considerando especialmente a retenção e o efeito na prevenção de cáries, isoladamente ou em comparação a materiais resinosos. A taxa de retenção varia entre diferentes marcas comerciais de cimentos de ionômero de vidro, mas em geral é inferior à dos selantes resinosos, e a prevenção de cáries mostra variação, tendo se apresentado superior, igual ou inferior à dos materiais resinosos. Por esse motivo, sugeriram a necessidade de mais trabalhos de avaliação clínica, comparando selantes resinosos com cimentos de ionômero de vidro convencionais e modificados por resina, e destacaram a necessidade de pesquisas com o objetivo

de desenvolver um material compatível com a indicação de selante, a partir da tecnologia dos materiais modificados por resina.

Em 1996, SMALES *et al.* avaliaram o desempenho clínico do cimento de ionômero de vidro experimental K-512 (comercializado sob o nome comercial de Fuji III), especialmente formulado para o selamento de fósulas e fissuras, em comparação ao selante resinosos convencional Delton Opaque, após seis meses de aplicação. A técnica de aplicação seguiu as recomendações dos fabricantes, e os dentes foram fotografados imediatamente após a aplicação. Após seis meses, 17 pacientes (65 selantes ionoméricos e 55 resinosos) foram avaliados clinicamente, considerando critérios de retenção e evidência clínica de lesão cariiosa. Adicionalmente, foram feitas fotografias e tomadas radiográficas para complementar o exame visual. Houve preferência dos profissionais pela aplicação do selante resinoso, pela facilidade de aplicação. A retenção do K-512 foi inferior, e nenhum dente apresentou retenção total após 6 meses, enquanto 30 selantes utilizando Delton Opaque mantiveram completa integridade. Em alguns casos, pôde ser observada a presença de fragmentos quando havia perda do cimento de ionômero de vidro, mas não em todos os casos. Duas lesões de cárie foram encontradas, mas já estavam presentes no momento da aplicação.

WEERHEIJM *et al.*, em 1996, consideraram o conflito nos resultados encontrados na literatura em relação à retenção do selamento de fósulas e fissuras com cimento de ionômero de vidro, atribuindo ao fato a relutância na

utilização da técnica, e também à incerteza do efeito preventivo de cáries. Avaliaram ainda a retenção de dois cimentos de ionômero de vidro no selamento de fóssulas e fissuras, o Fuji III, especialmente formulado para o selamento de fóssulas e fissuras, e o Fuji IX, inicialmente formulado para a técnica de restauração atraumática, e também indicado para selamento. Foram selecionadas 104 crianças, com idade média de 10,4 anos, as quais receberam ambos materiais, em diferentes primeiros molares. As avaliações foram realizadas após quatro e nove meses, por auxiliares calibradas, que desconheciam os materiais aplicados. Os resultados, obtidos pelo exame de 99 pacientes, mostraram uma taxa de retenção maior para o Fuji IX (71 selantes totalmente retidos após 4 meses, e 51 após 9 meses, contra 46 e 15 do Fuji III, nos mesmos períodos; 20 e 30 selantes incompletos após 4 e 9 meses para o Fuji IX e 35 e 42 para o Fuji III), o que pode ser explicada por sua maior resistência, ou à técnica que recomenda pressão digital, favorecendo a adesão e a retenção mecânica.

ATTIN *et al.*, em 1996, avaliaram as propriedades mecânicas (dureza, resistências à compressão e à flexão, módulo de elasticidade e resistência à abrasão) e profundidade de polimerização de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina (Fuji II LC, Ionosit fil, Vitremer e Photac fil) e resinas compostas modificadas por poliácidos (Dyract e Variglass VLC), comparando com um compósito híbrido (Blend-a-lux) e a um cimento de ionômero de vidro convencional (Chemfil). Para os testes de resistência à compressão, os corpos-de-prova mediam 6 mm de altura por 4 mm de diâmetro. Para sua obtenção, os

materiais foram preparados, os moldes preenchidos e fotopolimerizados por 60 segundos. Em seguida foram levados à estufa para polimerização, e então, armazenados em água destilada a 37 °C por 24 h e ensaiados a velocidade de 0,7 mm/min. Os corpos-de-prova de cimento de ionômero de vidro convencional foram protegidos com duas camadas de verniz e armazenados a 37 °C com umidade relativa de 100 % por 24 horas antes do ensaio. A profundidade de polimerização foi verificada com o preenchimento do molde nas mesmas dimensões e polimerização por uma das extremidades a distância de 1 centímetro, por 40 segundos. Os cilindros foram seccionados em seu longo eixo e a dureza Vickers avaliada a intervalos de 0,5 mm. Os resultados mostraram que o compósito é mais resistente à compressão ( $381,2 \pm 29,1 \text{ N/mm}^2$ ), mas que não há diferença estatística com o Dyract ( $255,6 \pm 18,8 \text{ N/mm}^2$ ); Os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina (Vitremer  $176,1 \pm 8,4 \text{ N/mm}^2$ , VariGlass VLC  $167,0 \pm 8,3 \text{ N/mm}^2$ , Ionosit Fil  $161,8 \pm 11,7 \text{ N/mm}^2$ , ChemFil Superior  $161,1 \pm 12,5 \text{ N/mm}^2$ ) apresentam resistência superior aos ionômeros convencionais, exceto Fuji II LC ( $159,7 \pm 7,6 \text{ N/mm}^2$ ) e Photac Fil ( $128,2 \pm 15,3 \text{ N/mm}^2$ ). A dureza diminuiu a partir de 0,5 mm de profundidade nas amostras confeccionadas com Variglass VLC, Dyract, Ionosit fil e Blend-a-lux. Fuji II LC e Vitremer apresentaram valores constantes e Photac fil apresentou dureza reduzida em profundidades que excediam 3,5 mm.

Em 1996, UNO *et al.* estudaram o efeito da armazenagem em água sobre a resistência à tração diametral dos cimentos de ionômero de vidro

modificados por resina Photac-Fil, Fuji II LC e Vitremer, e da resina composta modificada por poliácidos Dyract, em comparação ao cimento de ionômero de vidro convencional Ketac-Fil e ao compósito híbrido Pekafill. Os corpos-de-prova com 6 mm de diâmetro por 3 mm de altura foram preparados em moldes de aço, coberto com tira de poliéster e fotopolimerizados pelo tempo recomendado pelos fabricantes. Para o cimento de ionômero de vidro convencional, um tempo de 7 minutos foi respeitado. A armazenagem foi em estufa com água deionizada a 37 °C, por 1 e 24 horas, 1 semana, 1, 3 e 6 meses. Cinco corpos-de-prova foram preparados para cada material e tempo. Os ensaios foram realizados a 1 mm/min, à temperatura de  $23 \pm 1$  °C e umidade relativa de  $50 \pm 5$  %, e os dados submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A resistência do Ketac-Fil, Photac-Fil e Vitremer aumentou entre 1 e 24 horas, e não houve diferença até os 6 meses. Fuji II LC não apresentou diferença estatística entre 1 hora e 6 meses. Entre os materiais Fuji II LC e Vitremer não houve diferença estatística para 1 hora, 24 horas, 1 semana, 1, 3 e 6 meses, respectivamente: Fuji II LC  $15,3 \pm 2,8$  MPa;  $16,1 \pm 3,1$  MPa;  $15,1 \pm 1,7$  MPa;  $14,6 \pm 1,9$  MPa;  $15,5 \pm 2,3$  MPa e  $14,8 \pm 2,1$  MPa; Vitremer  $11,4 \pm 0,9$  MPa;  $18,0 \pm 1,6$  MPa;  $15,7 \pm 2,8$  MPa;  $18,7 \pm 1,9$  MPa;  $15,3 \pm 1,8$  MPa e  $15,6 \pm 3$  MPa.

WILDER Jr. *et al.*, em 1996, forneceram valores de resistência dos cimentos de ionômero de vidro Fuji II LC e Vitremer, de acordo com os fabricantes. A resistência à compressão e à tração diametral do Fuji II LC são 216 MPa e 36 MPa, e para o Vitremer, 219 MPa e 40 MPa, respectivamente. A alteração de

viscosidade do Vitremer, pela variação no conteúdo de pó, dentro de determinados limites (cerca de 10 % ) não afeta a resistência.

Avaliando a capacidade de proteção do cimento de ionômero de vidro modificado por resina em diferentes relações pó/líquido (1:1, 1:2 e 1:3) em restaurações de classe V, armazenadas por 30 dias e submetidas a desafio cariogênico (pH 4,4) por 5 dias, QUACKENBUSH *et al.* (1997) não encontraram influência significativa na profundidade de desmineralização entre os grupos, avaliados sob microscopia de luz polarizada.

A influência da fotoativação e da reação ácido-base sobre a resistência dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina foi avaliada por KERBY *et al.* (1997). Os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina Vitremer, Fuji II LC e Photac-fil, a resina composta modificada por poliácidos Variglass e a resina composta autopolimerizável Prosthodont foram avaliados quanto à resistência à compressão e tração diametral, sob as condições de presença e ausência de luz. Os materiais foram preparados de acordo com as instruções do fabricante e os grupos expostos à luz foram fotopolimerizados por 40 segundos. Após 10 minutos, foram levados à estufa a  $37 \pm 2$  °C e 100% de umidade relativa. Após 1 hora, foram removidos dos moldes e ajustados à dimensão de 4 mm de diâmetro por 6 mm de altura. As amostras foram mantidas em água destilada a 37 °C por 1, 24 horas e 7 dias, quando foram submetidos à resistência à compressão a velocidade de 1 mm/min e à tração diametral a 0,5 mm/min.

Consideraram que a degradação hidrolítica pode interferir nos resultados, mas os resultados obtidos mostraram que aos 7 dias, a resistência à compressão do Vitremer fotoativado ( $254,6 \pm 17,4$  MPa) é comparável à da resina composta Prosthodont ( $245,3 \pm 9,3$  MPa), embora fosse similar ao Fuji II LC no mesmo período ( $206,0 \pm 13,9$  MPa), já a resistência à tração diametral da resina foi superior ( $54,2 \pm 1,9$  MPa, contra  $42,8 \pm 3,1$  MPa do Vitremer e  $37,1 \pm 1,7$  MPa do Fuji II LC). O Variglass exibiu presa incompleta após 7 dias, na ausência de luz e a resistência à compressão diminuiu com o tempo, ao contrário dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina.

Para avaliar a profundidade de penetração de diversos materiais utilizados como selantes de fôssulas e fissuras no sulco de pré molares, ABREU *et al.* (1998) selecionaram 40 dentes, os quais foram limpos com jato de bicarbonato e tiveram sua superfície oclusal condicionada por 20 segundos com ácido fosfórico a 37%, em gel, lavadas e secas. Assim preparados, foram subdivididos em 4 grupos que receberam materiais diferentes: cimentos de ionômero de vidro convencionais Vidrion (S.S White) e Fuji IX (GC Corporation), cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer (3M Dental Products) e compômero fotoativado para selamento Vitro Seal Alpha (DFL). As coroas dos dentes eram fixadas em uma base de acrílico e seccionadas em 4 fatias de cerca de 200  $\mu\text{m}$ , as quais foram limpas e regularizadas com lixas de granulação 320, 600 e 1200, sempre sob refrigeração abundante. Cada fatia foi fotografada e analisada nos dois lados, em microscópio cirúrgico, com aumento de 40 vezes, e

classificada por escore. A profundidade de penetração do Vitremer foi estatisticamente superior à do Vidrion C e do Fuiji IX, e numericamente superior ao Vitro Seal Alpha, sem diferença estatística. Para a eficácia da técnica, vários outros fatores devem ser controlados, tais como a necessidade de profilaxia eficiente, do isolamento do campo operatório, do tratamento superficial de esmalte, do tipo e viscosidade do material aplicado.

VILLELA *et al.*, em 1998, avaliaram a retenção dos materiais Fluroshield (selante resinoso) e Vitremer (cimento de ionômero de vidro modificado por resina), vinte e quatro meses após a utilização como selantes oclusais em pré molares hígidos. O cimento de ionômero de vidro modificado por resina foi preparado na relação pó/líquido 1:3, a fim de obter a redução da viscosidade. Seguindo os critérios de Tonn & Ryge, classificaram cada dente em RT (retenção total), PP (perda parcial) e PT (perda total), após exame tátil visual. Todos os dentes selados com Fluroshield receberam a classificação RT, e o Vitremer apresentou 4,35% de classificação PT, 13,04% de PP, e 82,60% de RT, com diferença estatística entre os materiais. A alta taxa de retenção do cimento de ionômero de vidro foi justificada pelas condições de aplicação, que incluíam isolamento absoluto do campo operatório e condicionamento ácido prévio à aplicação do material.

Em 1998, NICHOLSON apresentou uma revisão sobre a química dos cimentos de ionômero de vidro, e sua influência sobre diversas propriedades

físicas e mecânicas. Técnicas de espectroscopia por luz infra-vermelha, espectroscopia de Fourier modificada, entre outros, mostram que a reação do cimento envolve a neutralização do poliácido pelo vidro básico, formando poliacrilatos metálicos. Os fatores relacionados à resistência à compressão e características de manipulação incluem a massa molar do polímero, a concentração da solução ácida, relação pó/líquido e presença de agentes quelantes, em especial o ácido tartárico. O ataque do ácido ocorre mais intensamente nas regiões da partícula com maior concentração de cálcio. A seqüência de liberação dos íons não é bem estabelecida, mas não há dúvidas da formação de sais de cálcio seguida pela formação dos sais de alumínio na matriz orgânica, que penetra na porção inorgânica remanescente da partícula (que perdeu os íons), formada por silício e fósforo. Há uma variedade de vidros que podem compor os cimentos de ionômero de vidro, sempre do tipo alumino-silicato, contendo íons cálcio e flúor, e geralmente mais alcalinos que os utilizados no cimento de silicato. Os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina desenvolvido por Mitra baseiam-se na inserção de grupos vinílicos substituindo grupos carboxílicos ácidos na molécula do ácido poliacrílico, e requerem HEMA para manter os componentes numa única fase. A presença do HEMA altera a reação de presa, uma vez que em meio orgânico, há relutância na formação de íons, e também resulta em alteração na conformação da molécula do ácido. A tendência à separação de fases se torna mais forte à medida que a reação se processa, com redução da miscibilidade da água com as moléculas orgânicas levemente polares.

O desenvolvimento de sistemas de cimentos de ionômero de vidro foi descrito por SMITH, em 1998, desde o período que antecede a criação destes materiais, por Wilson e Kent. Para a adesão duradoura de um material à estrutura dentária, era evidente a necessidade de união à hidroxiapatita, pela formação de complexos ou quelatos, e entre outros materiais, o ácido poliacrílico foi escolhido por sua habilidade de formar quelatos com o cálcio, e pontes de hidrogênio com polímeros orgânicos como o colágeno, além de sua baixa toxicidade. Os cimentos de ionômero de vidro foram então desenvolvidos, pela mistura de uma solução de ácido poliacrílico com vidros cerâmicos derivados do pó do cimento de silicato, mas com alteração na relação alumínio/sílica que o tornavam mais reativo, e adição de até 23% de flúor. Nos cimentos de ionômero de vidro originais, o ácido poliacrílico utilizado tinha baixo peso molecular, para evitar sua geleificação durante a estocagem, e mais tarde, a utilização de co-polímeros foi utilizada para o mesmo fim. Os cimentos de ionômero de vidro foram primeiro desenvolvidos por Antonucci, que substituíram a água por monômeros hidro-solúveis. Um outro sistema foi desenvolvido por Mitra, no qual o pó contém um vidro radiopaco e um fotossensibilizador, e o líquido, um copolímero do ácido poliacrílico contendo grupos metacrilato pendentes, HEMA e um fotoiniciador. Diversos materiais cuja polimerização pode ser iniciada por sistemas físico ou químico são descritos como tendo “cura dupla” ou “cura tripla”, em que o termo “cura” é usado como sinônimo de polimerização. Como vantagens, a modificação por polímeros aumenta a resistência inicial, a resistência à água e oferece o comando da presa, e a estrutura se assemelha à de um compósito de partículas de vidro e uma matriz de

hidrogel , que consiste em um hidrogel de poliacrilato metálico iônico enredado a um hidrogel de polimetil metacrilato.

QUACKENBUSH *et al.*, em 1998, avaliaram a solubilidade do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer nas relações pó/líquido 1:1, 1:2 e 1:3, com armazenagem em saliva artificial por trinta dias, período em que se obtém grande parte da absorção de água. Diariamente, os corpos-de-prova eram imersos em solução de desafio cariogênico (pH 4,4) por 30 minutos, enxaguados em água deionizada e retornavam ao meio de armazenagem. A solubilidade foi avaliada pela perda do peso verificada após a secagem e comparada ao valor inicial, antes da armazenagem. Em peso, a perda média para a relação pó/líquido foi de  $29,3 \pm 2,9$  mg, e para as relações pó/líquido 1:2 e 1:3, de  $38,9 \pm 3,3$  mg e  $73,6 \pm 9,8$  mg, respectivamente. Desde que a menor solubilidade pode contribuir no aumento da durabilidade e longevidade das restaurações de cimento de ionômero de vidro, as informações e recomendações devem ser cuidadosamente analisadas, e embora facilite a aglutinação, deve-se resistir ao hábito de se aumentar a quantidade de líquido desnecessariamente.

Após sete anos de aplicação de dois materiais (Fuji III e Delton) no selamento de fôssulas e fissuras, FORSS & HALME (1998) avaliaram a retenção e o incremento de cáries nos dentes estudados. Foram examinados 66,8% pacientes do grupo original, que tinha idade variando entre 5 e 14 anos na época de aplicação do material. A retenção total dos selantes de cimento de ionômero de

vidro foi de 10%, e parcial de 9%. Para o selante resinoso, as taxas de retenção total e parcial foram de 45% e 20%, respectivamente. Em 23,5% dos dentes selados com Fuji III e 16,5% dos que receberam Delton, havia cáries ou restaurações, e é questionável se a diferença é significativa após o período de sete anos. A menor taxa de retenção pode estar relacionada ao tipo de fissura, com morfologia inadequada ou com largura inferior a 100  $\mu\text{m}$ . O comportamento do material e da técnica mostram a necessidade de seleção adequada dos casos, pois apenas pacientes de alto risco poderão ser beneficiados por seu efeito cariostático.

Em 1998, GUGGENBERGER *et al.* destacaram a importância da composição e concentração do líquido na resistência dos cimentos de ionômero de vidro convencionais. Ácidos poliacrílicos com peso molecular elevado resultam em materiais com maior resistência mecânica, mas a viscosidade inviabiliza seu uso. Uma forma de equilibrar esses fatores é a utilização de ácidos poliacrílicos de baixo peso molecular, mas com aumento na densidade de radicais carboxílicos, que o torna mais reativo, permitindo a formação de maior quantidade de ligações cruzadas e aumentando a resistência final, como exemplificado em materiais como o Ketac Molar (Espe).

Mc CABE (1998) descreveu características dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, criticando a classificação rígida dos materiais híbridos de resinas e cimentos de ionômero de vidro. Os cimentos de ionômero de

vidro do tipo “híbrido” apresentam tempo de trabalho limitado, apesar de serem fotoativáveis, devido à reação ácido-base que tem início com a mistura entre o pó e o líquido, e à fotossensibilidade extrema. A profundidade de polimerização pode ser similar à dos compósitos ou ser bastante limitada. A contração de polimerização pode ocorrer de forma similar aos compósitos, mas é seguida por uma expansão pela absorção de água. A afinidade é tal que pode ser difícil removê-la, mesmo por dessecação. A polimerização contribui para a aquisição rápida de resistência e embora a armazenagem em água cause leve redução inicial da resistência, não há alteração a longo prazo. O mecanismo de adesão não é bem esclarecido, e a liberação de flúor depende da dissolução e lixiviação dos íons liberados pelo material. As aplicações são variadas, e incluem restaurações, base, forramento, confecção de núcleos e cimentação.

Em uma revisão sobre cimentos de inômero de vidro, MOUNT (1999) afirmou que os materiais dos tipos II e III (indicados respectivamente para restauração e forramento) podem ser modificados por quantidades pequenas de resina como o HEMA, que os torna susceptíveis à polimerização, mas sem suprimir a reação ácido-base que caracteriza os cimentos de ionômero de vidro e é responsável pela liberação de flúor e mecanismo de adesão. A quantidade de resina varia em torno de 5%, e traz vantagens como a estabilização imediata do balanço hídrico, mas tendem a sofrer expansão por absorção de água nos primeiros 5 a 7 dias. Mesmo após a completa maturação, a presença de porosidade na matriz e mesmo nas partículas permite o trânsito de pequenas

partículas, como o flúor, que é liberado em grande quantidade nos primeiros dias, mantendo-se alta por até um mês e alcançando a estabilidade com um baixo teor de flúor liberado por anos. Para a obtenção das melhores propriedades físicas, destacam-se respeito ao tempo de aglutinação e de trabalho e o emprego da proporção pó/líquido adequada, uma vez que as resistências à compressão e à tração são diretamente relacionadas ao conteúdo de pó. Para técnicas restauradoras, que incluem o selamento das fissuras, é necessário utilizar o material mais resistente disponível, com o maior conteúdo possível dentro das recomendações dos fabricantes. Apesar da estabilização do balanço hídrico, a aplicação de selantes superficiais é recomendada para eliminar rugosidades superficiais.

Em 1999, PEREIRA *et al.* acompanharam a retenção e a incidência de cáries de selantes oclusais com os cimentos de ionômero de vidro Vitremer (modificado por resina) e Ketac Bond (convencional). Os materiais foram aplicados em primeiros molares permanentes hígidos, em 200 crianças de 6 a 8 anos de idade, de modo que o Vitremer fosse aplicado aos dentes 16 e 46, e o Ketac Bond, aos 26 e 36. Após 6 e 12 meses, as taxas de retenção completa do Vitremer foram de 59 e 36%, respectivamente, e as de Ketac Bond, 24 e 15%, e não houve incidência de cáries em nenhum dos dentes avaliados, mesmo quando houve perda total do selante.

Em 1999, BIRKENFELD & SCHULMAN propuseram o condicionamento do esmalte da fissura com ácido fosfórico a 37% como forma de aumentar a retenção de selantes. Utilizaram molares e pré-molares hígidos extraídos, e a metade foi condicionada por 45 segundos antes da aplicação do cimento de ionômero de vidro Fuji III, enquanto a outra metade recebeu apenas o material. Em cada grupo, 4 dentes foram selecionados para avaliação por microscopia eletrônica de varredura, e os demais submetidos à ciclagem térmica e imersos em solução de azul de metileno para avaliação da microinfiltração. Para avaliação, os dentes foram seccionados ou clivados na direção buco lingual, e mostraram que os dentes condicionados apresentaram menor taxa de infiltração, o que foi confirmando pela microscopia eletrônica de varredura, que exibiu maior integridade entre o material e o esmalte nos dentes condicionados. A falha no exame da interface mostrou que nos dentes condicionados houve falha coesiva no material, e em 16 dos 20 dentes não condicionados avaliados, observou-se a presença de fragmentos residuais no interior das fissuras, responsáveis pela proteção das mesmas às cáries.

AKASHI *et al.* (1999) observaram existência da relação da absorção de água com a solubilidade e resistência mecânica à compressão e à tração diametral. Os materiais avaliados foram Fuji II, Fuji II LC, Fuji II LC em cápsulas, Vitrabond e Vitremer. Concluíram que há uma relação proporcional entre o coeficiente de difusão, o equilíbrio de água absorvida e a solubilidade nos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, e que a difusão de água

ocorre de acordo com a teoria volumétrica livre, através das microporosidades formadas com a lixiviação dos componentes solúveis e a tendência à separação de fases, antes da deterioração da matriz. A resistência mecânica não sofreu decréscimo significativo no período entre 1 e 12 meses, nos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina Fuji II LC, Fuji II LC em cápsulas e Vitremer, mantidos imersos em água. A resistência mecânica do Vitrabond (cimento de ionômero modificado por resina para base e forramento com menor conteúdo de carga e maior conteúdo de resina), caiu significativamente entre 1 e 12 meses. Considerando que a resistência à compressão reflete a resistência da carga no cimento e a resistência à tração diametral, a resistência da matriz, a correlação encontrada entre a razão de deterioração e o coeficiente de difusão foi negativa, e alta para a resistência à compressão, mas não para a resistência à tração diametral.

A resistência à compressão e à tração diametral, entre outras propriedades do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji II LC, foram avaliadas por CATTANI-LORENTE *et al.* (1999), após armazenagem sob uma das seguintes condições: seco (umidade relativa inferior a 15%), molhado (imerso em água destilada), úmido (umidade relativa entre 80 e 90%) e úmido-molhado (ambiente úmido por 1 hora, seguido por imersão em água destilada), por períodos de 1, 7 ou 30 dias. Para cada tempo e condição de armazenagem, cinco corpos-de-prova foram confeccionados para os testes de resistência à compressão, e outros cinco para tração diametral, com 4 mm de diâmetro por 6

mm de altura. Os ensaios foram realizados com velocidade de 0,5 mm/min. De modo geral, as amostras armazenadas em água apresentaram propriedades inferiores aos armazenados a seco. O tempo não teve influência significativa sobre as propriedades mecânicas, mas a análise de variância mostrou que houve influência do conteúdo de água sobre as propriedades físicas, já que o armazenamento em presença de água torna o material mais plástico, e reduz a dureza à metade do valor obtida nos espécimes secos. O efeito da água na plasticidade é reversível, pois espécimes secos após a imersão mostraram propriedades semelhantes aos armazenados na ausência de umidade. A difusão da água pelo corpo-de-prova é rápida, numa velocidade de 1 mm em 24 horas.

Para comparar a capacidade de selamento de cinco selantes de fôssulas e fissuras à base de resina, BARNES *et al.* (2000) dividiram 72 dentes (molares e pré-molares) em 6 grupos. Os dentes foram limpos, a face oclusal foi condicionada por 60 segundos com ácido fosfórico a 37%, enxaguados por 30 segundos e secos com jato de ar. Os cinco materiais foram aplicados de acordo com as recomendações dos fabricantes, e um grupo recebeu uma versão sem carga de um dos materiais. Após a ciclagem térmica, os dentes foram avaliados quanto à infiltração e à formação de bolhas. A viscosidade foi avaliada pelo preenchimento de finas pipetas com cada um dos materiais, que foi deixado escoar livremente por 30 segundos e então fotoativado. O comprimento do capilar não preenchido foi medido. Os dados, analisados estatisticamente, mostraram que não há efeito da viscosidade e fluidez na habilidade de selamento do material.

Em 2000, BERNARDO *et al.* verificaram que o preparo prévio do esmalte com ácido fosfórico a 35% por 30 segundos, seguido de aplicação de sistema adesivo (Scotchbond Multi-uso, 3M, composto de *primer* e adesivo) aumentou significativamente as taxas de retenção do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer, aplicado na relação pó/líquido 1:2, no selamento de fissuras oclusais de pré-molares e primeiros molares permanentes, em comparação ao tratamento com o *primer* do próprio material, após 12 meses de avaliação clínica.

XIE *et al.* (2000) avaliaram algumas propriedades mecânicas de dez marcas de cimentos de ionômero de vidro, traçando suas curvas de tensão-deformação sob carga compressiva e relacionando com as suas estruturas observadas em microscopia eletrônica de varredura. Para os ensaios de resistência à compressão e à tração diametral, utilizaram corpos-de-prova com 4 mm de diâmetro por 8 mm de altura, preparados em moldes de vidro e comprimidos entre duas placas de vidro, polimerizados por cerca de 4 minutos e removidos dos moldes após 1 hora e armazenados em água destilada por 7 dias. Os maiores valores para resistência à tração diametral foram obtidos com os materiais modificados por resina em comparação aos convencionais (Vitremer,  $47,5 \pm 0,9$  MPa; Fuji II LC,  $44,4 \pm 1,1$  MPa; Photac Fil,  $37,9 \pm 1,7$  MPa; Ketac Fil,  $25,5 \pm 0,6$  MPa; Ketac Molar,  $23,8 \pm 1,1$  MPa; Ketac Silver em cápsulas,  $22,1 \pm 1,3$  MPa; Fuji II,  $20,1 \pm 0,6$  MPa; Ketac Bond,  $20,0 \pm 0,8$  MPa; Alpha Silver,  $18,7 \pm 0,9$  MPa e Alpha Fil,  $18,2 \pm 1,0$  MPa) e nos materiais que apresentaram

microestruturas mais integradas, as quais apresentaram maior resistência à flexão e ao desgaste. A resistência à compressão foi maior em materiais que apresentaram partículas menores e menor porosidade, embora não tenha sido comprovada uma forte correlação (Fuji II LC,  $306,2 \pm 6,8$  MPa; Ketac Molar,  $301,3 \pm 10,1$ ; Vitremer,  $265,3 \pm 7,5$  MPa; Ketac Bond,  $225,7 \pm 7,3$  MPa; Ketac Fil,  $251,2 \pm 10$  MPa; Photac Fil,  $243,5 \pm 7,9$ ; MPa; Ketac Silver em cápsulas,  $211,8 \pm 3,2$  MPa; Fuji II,  $202,2 \pm 10$  MPa; Alpha Fil,  $196,5 \pm 8,3$  MPa e Alpha Silver,  $176,0 \pm 6,5$  MPa).

Em 2001, PEREIRA *et al.* relataram os resultados do acompanhamento por 6, 12 e 24 meses, da retenção e da incidência de cáries dos cimentos de ionômero de vidro Ketac Bond e Vitremer no selamento de fôssulas e fissuras. O Vitremer foi preparado na relação pó/líquido 1:2, para reduzir a viscosidade e permitir a penetração do material nas fissuras sua taxa de retenção foi significativamente superior, em todos os períodos avaliados. Em relação a um grupo controle, a redução de cáries foi da ordem de 93,22 % aos 6 meses, 78,5% aos 12 meses e 45,1% aos 24 meses, para ambos materiais. Aos 24 meses, a capacidade de redução de cáries do Vitremer foi superior à do Ketac Bond.

FLÓRIO *et al.*, em 2001, verificaram a eficácia do selamento de fôssulas e fissuras com cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer (na relação pó/líquido 1:2) e do verniz fluoretado Duraphat, aplicado a cada seis meses, na paralisação de lesões cariosas em esmalte na face oclusal

de primeiros molares permanentes em 23 crianças de seis anos de idade, num total de 61 dentes. Por razões éticas, o grupo controle (11 crianças, 37 dentes) recebeu orientações de higiene e aplicações tópicas de flúor (solução de NaF a 0,2%). A avaliação, após 12 meses, utilizou radiografias digitais e uma câmera intra oral para melhor visualização das superfícies. Embora não haja diferença estatística entre os grupos, os dentes selados tiveram 100% de paralisação das lesões apesar da freqüente perda clínica do material, enquanto 5,5% dos dentes que receberam o verniz de flúor e 6,1% do grupo controle mostraram progressão das lesões.

LUCA-FRAGA & PIMENTA (2001) avaliaram clinicamente os materiais híbridos Dyract (resina modificada por poliácidos) e Vitremer (cimento de ionômero de vidro modificado por resina) empregados no selamento de fósulas e fissuras. O grupo experimental consistia de 100 crianças, as quais receberam os materiais em dentes homólogos, e o grupo controle, de 66 crianças de mesma faixa etária e condição sócio-econômica, recebeu orientações para a manutenção da saúde, além de tratamento restaurador e preventivo. O Vitremer foi aplicado após condicionamento do esmalte com ácido fosfórico a 35% por 30 segundos, utilizando a relação pó/líquido 1:2 para reduzir a viscosidade, fotoativado por 40 segundos e protegido por esmalte de unhas. As taxas de retenção total foram elevadas (aos 6 meses, 97,9 % para o Dyract e 98,9% para o Vitremer, e aos 12 meses, 95,9 % para o Dyract e 85,7 % para o Vitremer) foram atribuídos ao condicionamento

Um método simples de avaliação da resistência à tração dos materiais frágeis é através do teste de resistência à tração diametral, o qual foi utilizado por CEFALY *et al.* (2001) na avaliação dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina Vitremer (3M), Fuji II LC (GC), Photac-Fil (ESPE) e do compômero Dyract (Dentsply). Os materiais foram preparados segundo as instruções dos fabricantes e injetados em moldes de aço (6mm de diâmetro por 3 mm de altura) previamente cobertos com vaselina sólida, e polimerizados também seguindo as recomendações dos fabricantes. Dois minutos após o início da mistura, o conjunto foi levado à estufa a  $37 \pm 1$  °C e umidade relativa de  $95 \pm 5$  %, por 15 minutos. Os corpos-de-prova (em número de 5 para cada material e tempo de armazenagem) foram então removidos dos moldes e imersos em 20 ml de água deionizada a 37 °C até os períodos do ensaio (1 hora, 1 dia e 1 semana). O teste foi realizado com Máquina de Ensaio Universal Kratos, à velocidade de 0,5 mm/min., com o auxílio de um aparato desenvolvido especialmente para posicionar os corpos-de-prova. Os resultados convertidos em Megapascal foram submetidos à análise de variância de dois critérios e ao teste de Tukey para comparações múltiplas. Todos os materiais apresentaram aumento de resistência entre 1 hora e 1 semana (Vitremer 1 hora, 19,22 MPa e 1 semana, 27,29 MPa; Fuji II LC 1 hora, 23,91 MPa e 1 semana, 28,67 MPa; Photac-Fil 1 hora, 19,35 MPa e 1 semana, 22,86 MPa; Dyract 1 hora, 28,83 e 1 semana, 46,95 MPa), em função da reação ácido-base, quando presente, e da continuação da polimerização do HEMA por pelo menos 24 horas. Após 1 hora, Dyract e Fuji II LC

se apresentaram sem diferença estatística e superiores a Vitremer e Photac-Fil, também sem diferença entre si. No período de 24 horas, o Dyract foi superior aos demais e similares estatisticamente entre si, e em 1 semana, o Dyract se manteve mais resistente, enquanto Fuji II LC e Vitremer, similares entre si, eram superiores ao Photac-Fil.

YAP et al. (2001) avaliaram a dureza Knoop, resistência à flexão e à compressão de corpos-de-prova preparados com o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji II LC Improved (GC), uma versão melhorada do Fuji II LC, em que a relação pó/ líquido foi aumentada de 3,0 para 3,2, devido à redução no tamanho médio das partículas do pó, de 4,8 para 1,8  $\mu\text{m}$ . Os corpos-de-prova foram preparados usando as relações pó/líquido 3,2 (grupo F), 3,26 (grupo F2) e 3,32 (grupo F3), os últimos com aumento de 2 e 4 % no conteúdo de pó, respectivamente, e armazenados em água destilada a 37°C por 1, 7 e 30 dias. Foram preparados quinze corpos-de-prova para cada tempo e proporção adotados. O pó e o líquido foram pesados, respeitando-se as proporções, espatulados num tempo de 25 segundos, e o pó foi adicionado ao líquido em duas porções. Após o preparo, o material foi inserido nos moldes de teflon (3mm de diâmetro e 4 mm de altura) com seringa centrix, cobertos por uma tira de acetato e uma película de vidro com leve pressão e polimerizado nas duas extremidades. O conjunto foi mantido em água destilada a 37 °C por 10 minutos, os corpos-

de-prova foram removidos dos moldes e armazenados. Para o teste, eram secos e alisados com lixa granulação 400, e submetidos à compressão no sentido de seu longo eixo, em Máquina de Ensaio Universal Instron, com velocidade de 1 mm/min. Os resultados, convertidos em megapascal, foram comparados por análise de variância e teste de Scheffe. O máximo da resistência foi alcançado após uma semana pelos grupos F e F2 ( $149,37 \pm 0,75$  MPa e  $163,3 \pm 0,4$  MPa, respectivamente). Com 1 dia, o grupo F apresentou resistência à compressão de  $147,11 \pm 0,74$  MPa e o grupo F2,  $160,64 \pm 0,70$  MPa. Após 1 mês, F apresentou  $148,06 \pm 0,99$  MPa e F2,  $162,69 \pm 1,07$ . O grupo F4 teve decréscimo na resistência à compressão entre 1 e 30 dias (1 dia:  $130,50 \pm 0,77$  MPa; 7 dias:  $127,62 \pm 0,73$  MPa; 30 dias:  $125,99 \pm 0,92$  MPa). O máximo da resistência dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina é alcançado entre 1 e 7 dias, 90% da absorção de água ocorre em 7 dias, e o equilíbrio do cimento, em 2 a 3 semanas. O decréscimo da resistência após 1 mês pode ser atribuído ao efeito da sorção de água, e depende do conteúdo de poliHEMA no cimento. As partículas não reagidas podem servir como carga e retardar a propagação da trinca no teste de resistência à flexão, mas nos testes de resistência à compressão, atuam como focos de concentração de tensão, como apresentado pelo grupo F4. A correlação encontrada entre a

resistência à flexão e à compressão foi significativa e negativa ( $r=-0,97$ ), mas não é aplicável a todos os materiais dessa categoria.

### **3. PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste trabalho foi verificar a resistência à compressão e à tração diametral dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina Vitremer (3M Dental Products, St. Paul, MN, EUA) e Fuji II LC (GC Corp., Tóquio, Japão), nas relações pó/líquido 1:1, 1:2 e 1:3, após a armazenagem em água destilada a 37 °C por 1, 7 e 28 dias.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Materiais

A descrição dos materiais, envolvendo nome comercial, lote e fabricante estão listados no Quadro 4.1 e a apresentação comercial, na Figura 4.1.

QUADRO 4.1 – Descrição dos materiais avaliados no estudo

Nome Comercial	Lote	Fabricante
Fuji II LC Improved	9905311	GC Corporation, Tóquio, Japão
Vitremer	20010510 20010419 10011015	3M Dental Products, St. Paul, MN, EUA

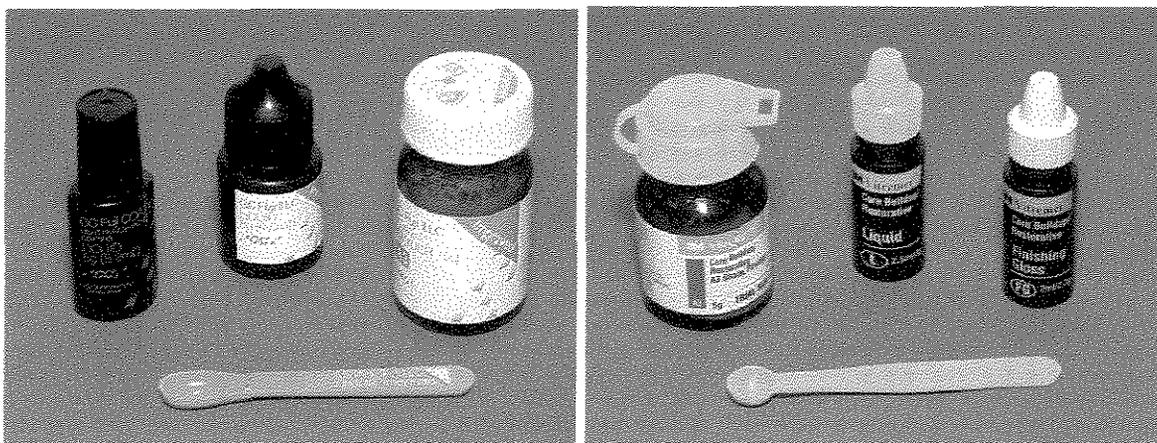


FIGURA 4.1- Apresentação comercial dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina Fuji II LC (GC Corp., Tóquio, Japão) e Vitremer (3M, St. Paul, MN, EUA).

## 4.2. Métodos

### 4.2.1. Confeção dos corpos- de- prova

Foram obtidos 10 corpos-de-prova para cada um dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, para cada relação pó/ líquido e tempo de armazenagem (10 corpos-de-prova X 3 relações pó/líquido X 3 tempos de armazenagem). Os corpos-de-prova foram confeccionados utilizando molde de silicone com 4mm de diâmetro por 6mm de altura (Figura 4.2). Metade da amostra (n=5) foi utilizada para os ensaios de resistência à compressão, e a outra metade, para os ensaios de resistência à tração diametral.

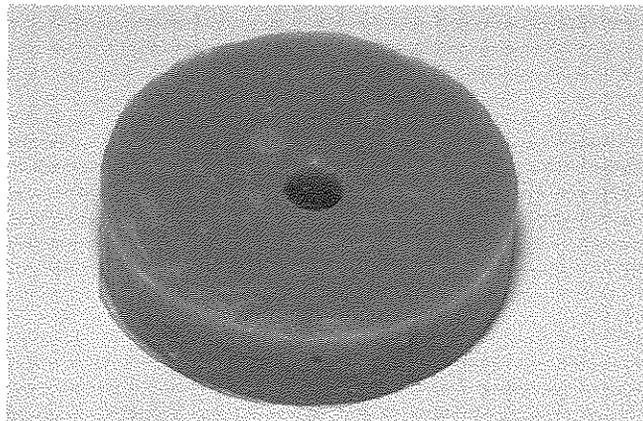


FIGURA 4.2 – Matriz de silicone utilizada para a confecção dos corpos-de-prova.

Inicialmente, os cimentos de ionômero de vidro Fuji II LC (GC corp., Tóquio, Japão) e Vitremer (3M dental products, St. Paul, MN, EUA) foram proporcionados nas relações pó/ líquido 1:1, 1:2 e 1:3 (Quadro 4.2) e a partir das recomendações dos fabricantes (em peso, 2,5: 1,0 para o Vitremer e 3,2 :1,0 para o Fuji II LC) O

proporcionamento foi efetuado em uma balança de precisão (Chyo JK- 1180, Chyo balance Corp., Japão).

QUADRO 4. 2- Relação pó/líquido utilizada para cada material

Pó/ líquido (em massa)	
VITREMER	FUJI II LC
2,5: 1,0 (controle)	3,2: 1,0 (controle)
1,25: 1,0	1,6: 1,0
0,83:1,0	1,06: 1,0

Após o proporcionamento do pó e do líquido em bloco de papel impermeável (Figura 4.3A), dividiu-se o pó em duas porções e com o auxílio de uma espátula metálica 24 aglutinou-se o pó ao líquido, num tempo de 45 segundos, para cada material (Figuras 4.3B e 4.3C).

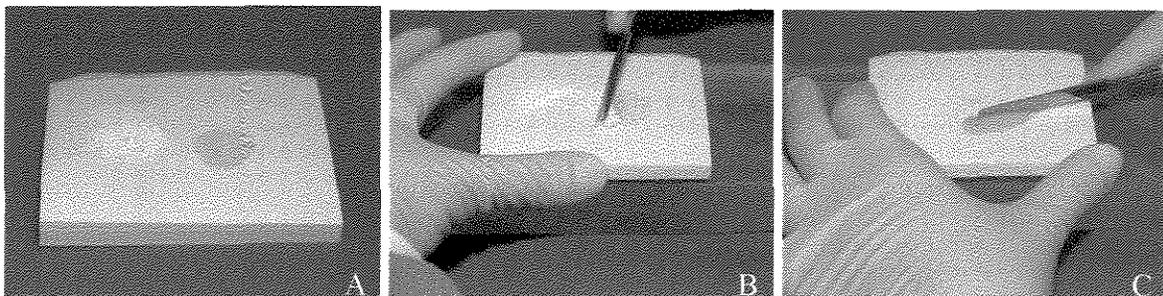


FIGURA 4.3- Preparo dos materiais para confecção dos corpos-de-prova. A- Pó e líquido proporcionados, sobre bloco de papel impermeável. B- Início da aglutinação. C- Final da aglutinação, após 45 segundos.

Em seguida, o molde de silicone foi posicionado sobre uma lamínula de vidro, e com auxílio de uma seringa Centrix (Centrix Inc., Shelton, CT, EUA) com pontas Accudose anterior e posterior (Centrix Inc., Shelton, CT, EUA), o molde foi preenchido com os cimentos até um leve excesso (Figuras 4.4A e B). Após, foi colocada outra lamínula, a qual foi pressionada digitalmente até que o excesso de cimento fosse eliminado (Figuras 4.4C), sendo os corpos-de-prova fotoativados por 40 segundos em cada extremidade (Figura 4.4D) e com auxílio de um fotopolimerizador XL 2500 (3M dental products, St. Paul, MN, EUA). A cada dez corpos-de-prova, a intensidade de luz do aparelho era aferida com um radiômetro (Demetron Research Corporation, Dansbury, CT, EUA), mantendo-se constante em  $750 \text{ mW/cm}^2$ .

Em seguida, os corpos-de-prova eram removidos do molde e fotoativados lateralmente, em direção perpendicular ao longo eixo, por mais 40 segundos.

Terminada a polimerização, os corpos-de-prova confeccionados com o cimento de ionômero de vidro Vitremer receberam uma camada de Vitremer Finish Gloss (3M dental products, St. Paul, MN, EUA) e os de Fuji II LC, receberam uma camada de Fuji Coat LC (GC corp. Tóquio, Japão), as quais foram fotoativados por 20 segundos com aparelho XL 2500 (3M dental products, St. Paul, MN, EUA). Em seguida, 30 corpos-de-prova de Vitremer e 30 de Fuji II LC foram armazenados em estufa a  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  por períodos de 1, 7 e 28 dias.

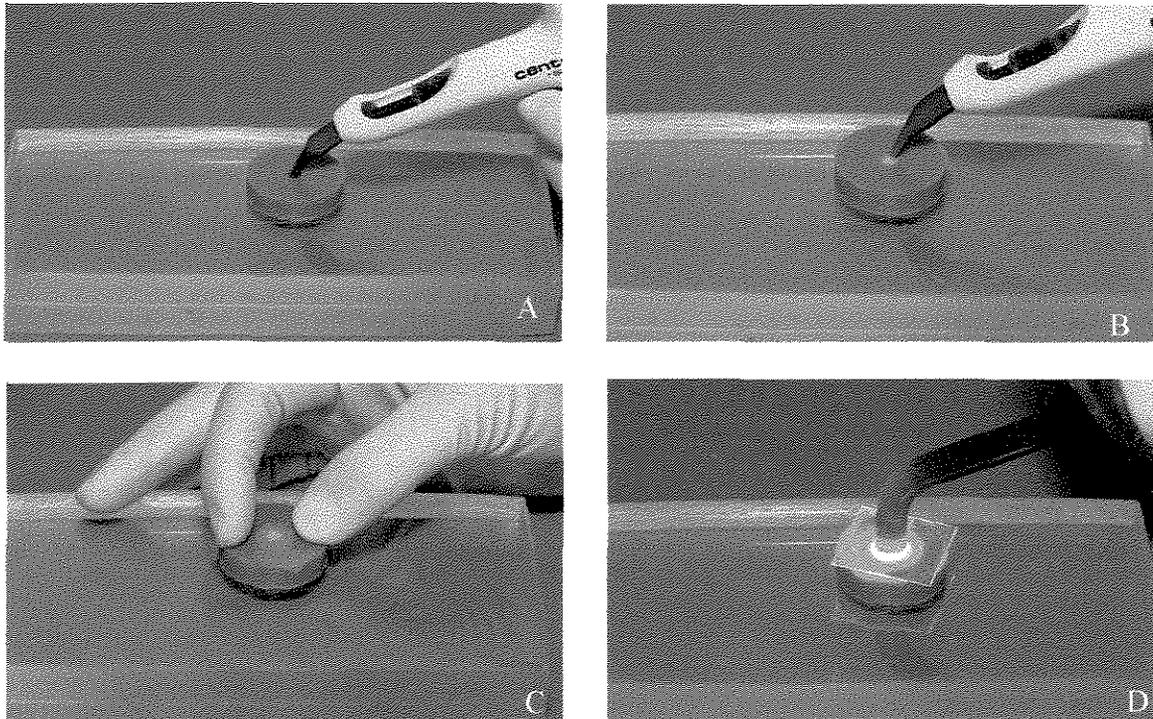


FIGURA 4.4- Confeção dos corpos-de-prova. A e B – Preenchimento da matriz de silicone com auxílio de seringa centrix. C- Colocação da lamínula cobrindo a matriz. D- Fotopolimerização.

#### 4.2.2 Ensaios de resistência à compressão e tração diametral

##### ***Ensaio de resistência à compressão***

Decorridos os prazos de armazenagem, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão utilizando uma máquina de ensaios universal Instron (modelo 4411, Canton, Inglaterra, Figura 4.5) com velocidade de 1 mm/minuto, em posição vertical, até que ocorresse a fratura (Figura 4.6). Os valores de resistência à compressão foram registrados em kgf. Em seguida foi calculado o valor em MPa, através da seguinte fórmula:

$$R = \frac{F \cdot 9,8}{A}$$

Onde: R é a resistência à compressão (MPa)

F é a carga necessária para a fratura (kgf)

A é a área do corpo de- prova :  $\pi \cdot r^2$  (em mm<sup>2</sup>)

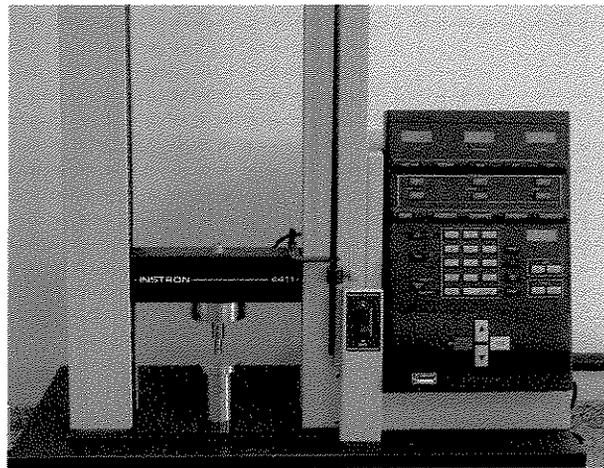


FIGURA 4.5- Ilustração da máquina de ensaios universal Instron, modelo 4411.

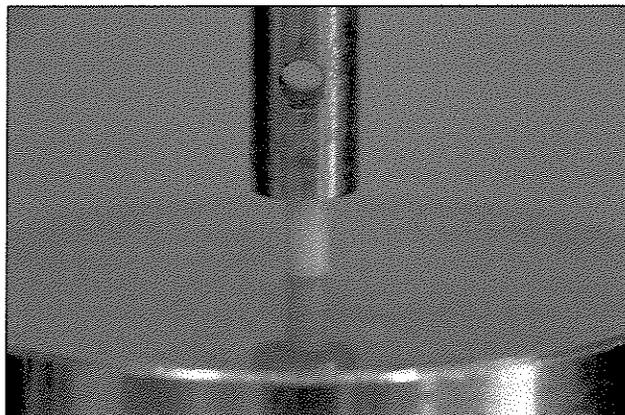


FIGURA 4.6 – Posição do corpo-de-prova para o ensaio de resistência à compressão.

### ***Ensaio de resistência à tração diametral***

Para o ensaio de resistência à tração diametral, os corpos-de-prova foram posicionados na máquina de ensaios universal Instron (modelo 4411, Canton, Inglaterra) em posição horizontal (Figura 4. 7) e submetido à compressão com velocidade de 0,5 mm/ minuto até que ocorresse a fratura. Os valores de resistência à tração diametral foram registrados em kgf e o valor foi calculado em MPa, através da seguinte fórmula:

$$R_{td} = \frac{2 F \cdot 0,09807}{A}$$

Onde:  $R_{td}$  é a resistência à tração diametral (MPa)

$F$  é a carga necessária para a fratura (kgf)

$A$  é a área do corpo- de- prova:  $\pi \cdot d \cdot h$  (em  $\text{cm}^2$ ), em que  $d$  é o diâmetro e  $h$ , a altura do corpo-de-prova.

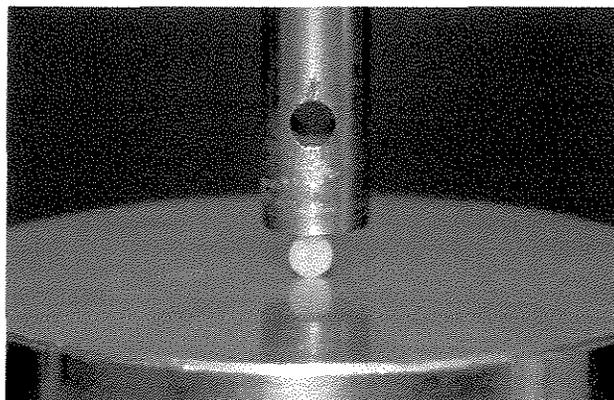


FIGURA 4.7- Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de resistência à tração diametral.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Análise estatística

Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente pela Análise de Variância, e submetidos à comparação pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Os quadros da Análise de Variância referentes aos ensaios de resistência à compressão e à tração diametral são apresentados nos quadros 5.1 e 5.2.

QUADRO 5.1- Quadro da Análise de Variância, referente aos ensaios de resistência à compressão

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Material	1	504.4568110	504.4568110	1.4280	0.23414
Tempo	2	2443.9274387	12219637194	3.4590	0.03569
Proporção	2	144411.5312385	72205.7656193	204.3906	0.00001
Mat*Tem	2	1735.4403506	867.7201753	2.4562	0.09098
Mat*PRP	2	817.8849947	408.9424974	1.1576	0.32021
Tem*PRP	4	7236.5341528	1809.1335382	5.1211	0.00140
Mat*Tem*PRP	4	5633.1983636	1408.2995909	3.9864	0.00587
Resíduo	72	25435.6839224	353.2733878		
Total	89	188218.6572723			
Média Geral= 147.833557					
Coeficiente de Variação= 12.714%					

QUADRO 5.2- Quadro da Análise de Variância, referente aos ensaios de resistência à tração diametral

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Material	1	1021.3105159	1021.3105159	64.2791	0.00001
Tempo	2	177.5368642	88.7684321	5.5869	0.00582
Proporção	2	2874.8764245	1437.4382123	90.4692	0.00001
Mat*Tem	2	220.1826558	110.0913279	6.9289	0.00214
Mat*PRP	2	1029.2139525	514.6069763	32.3882	0.00001
Tem*PRP	4	75.3584671	18.8396168	1.1857	0.32405
Mat*Tem*PRP	4	285.2496714	71.3124179	4.4882	0.00304
Resíduo	72	1143.9860676	15.8886954		
Total	89	6827.7146191			
Média Geral= 22.724890					
Coeficiente de Variação= 17.541%					

## 5.2 Apresentação dos resultados

As médias de resistência à compressão indicaram não haver diferença estatística significativa entre os materiais Vitremer ( $150,2 \pm 43,4$  MPa) e Fuji II LC ( $145,46 \pm 46,61$  MPa). A resistência à tração diametral do Vitremer ( $26,09 \pm 9,5$  MPa), entretanto, mostrou-se significativamente superior à do Fuji II LC ( $19,35 \pm 5,07$  MPa), comparando-se as médias obtidas em todos os tempos de armazenagem e proporções pó/líquido avaliados.

A Tabela 5.1 e a Figura 5.1 mostram os valores de resistência à compressão do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer para os diferentes tempos de armazenagem e proporções. Para a relação pó/líquido 1:1, a resistência à compressão foi estatisticamente superior às relações 1:2 e 1:3, nos tempos de armazenagem (1, 7 e 28 dias, com  $p < 0,05$ ). Já quando a relação 1:1 foi comparada nos três tempos de armazenagem, 1, 7 e 28 dias, nenhuma diferença estatística foi observada. Resultados estatísticos semelhantes foram obtidos nas relações 1:2 e 1:3, com maiores valores para a relação 1:2.

TABELA 5.1 – Médias da resistência à compressão (MPa) do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer após armazenagem em água destilada a 1, 7 e 28 dias.

Tempo de Armazenagem	Relação pó/líquido					
	2,5 (1:1)		1,25 (1:2)		0,83(1:3)	
1 DIA	218,46 ± 7,72	A, a	130,70 ± 8,63	B, a	98,79 ± 4,88	C, a
7 DIAS	198,41 ± 23,58	A, a	142,74 ± 9,34	B, a	108,79 ± 9,95	C, a
28 DIAS	196,24 ± 27,20	A, a	140,28 ± 18,29	B, a	117,36 ± 8,31	C, a

\*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si, em nível de 5% pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

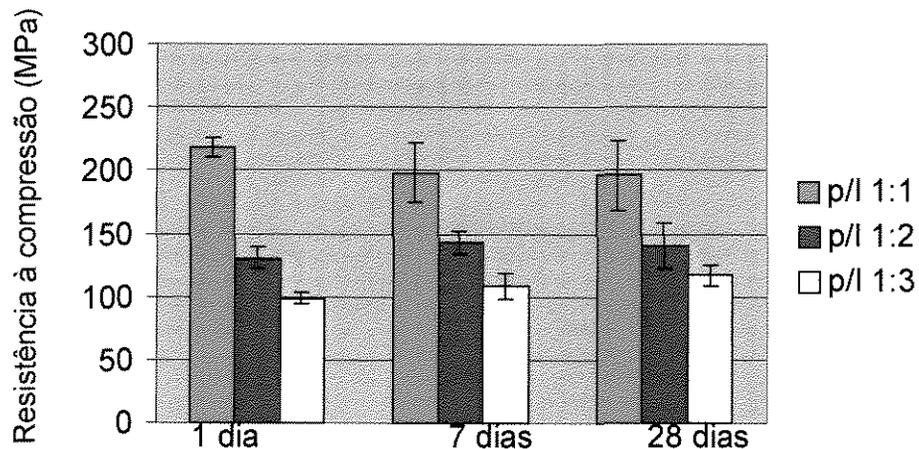


FIGURA 5.1- Ilustração gráfica dos valores de resistência à compressão do cimento de ionômero de vidro modificados por resina Vitremer para as diferentes proporções e tempos de armazenagem.

Os valores de resistência à compressão do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji II LC, nas diferentes proporções e tempos de armazenagem avaliados são apresentados na Tabela 5.2 e ilustrados na Figura 5.2. Para a relação pó/líquido 1:1, os valores médios de resistência à compressão foram estatisticamente superiores às relações 1:2 e 1:3 no tempos de armazenagem de 1 e 7 dias ( $p < 0,05$ ). Para o tempo de armazenagem de 28 dias, a proporção 1:1 foi estatisticamente superior em relação às proporções 1:2 e 1:3, que não diferem entre si. Já, quando as relações 1:1 e 1:2 foram comparadas nos diferentes tempos de armazenagem (1,7 e 28 dias), nenhuma diferença estatística foi observada. Para a relação 1:3, a armazenagem de 28 dias foi estatisticamente superior aos tempos de 1 e 7 dias ( $p < 0,05$ ), estes iguais entre si.

TABELA 5.2 – Médias de resistência à compressão (MPa) do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji II LC, após armazenagem em água destilada por 1, 7 e 28 dias.

Tempo de Armazenagem	Relação pó/líquido		
	3,2 (1:1)	1,6 (1:2)	1,06(1:3)
1 DIA	183,88 ± 18,34 A, a	129,76 ± 9,33 B, a	95,54 ± 7,51 C, b
7 DIAS	212,36 ± 43,33 A, a	146,41 ± 16,27 B, a	67,61 ± 35,46 C, b
28 DIAS	193,18 ± 18,15 A, a	148,66 ± 4,39 B, a	133,74 ± 9,17 B, a

\* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si, em nível de 5% pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

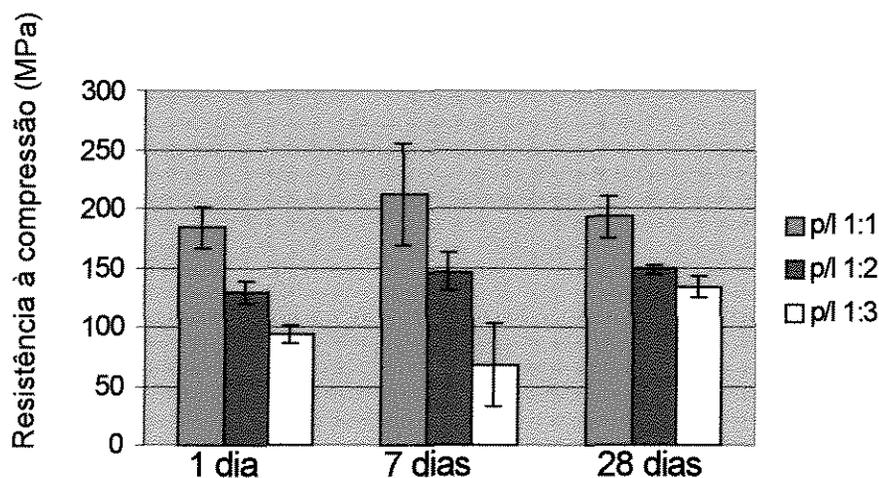


FIGURA 5.2- Ilustração gráfica das médias de resistência à compressão do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji II LC para as diferentes proporções e tempos de armazenagem.

As médias de resistência à tração diametral do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer, apresentadas na Tabela 5.3 e ilustradas na Figura 5.3, mostram que na relação pó/líquido 1:1 para os três tempos de armazenagem, a resistência à tração diametral foi estatisticamente superior às relações 1:2 e 1:3, que não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ). Quando a resistência à tração diametral foi comparada entre os três períodos de armazenagem, nenhuma diferença estatística foi observada para as três relações pó/líquido (1:1, 1:2 e 1:3).

TABELA 5.3 – Médias de resistência à tração diametral (MPa) do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer, após armazenagem em água destilada por 1, 7 e 28 dias.

Tempo de armazenagem	Relação pó/ líquido					
	2,5 (1:1)		1,25 (1:2)		0,83(1:3)	
1 DIA	37,34 ± 2,94	A, a	23,53 ± 4,22	B, a	18,81 ± 2,95	B, a
7 DIAS	39,27 ± 4,89	A, a	21,41 ± 6,72	B, a	17,47 ± 2,43	B, a
28 DIAS	39,03 ± 2,95	A, a	18,26 ± 4,03	B, a	19,89 ± 2,29	B, a

\*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si, em nível de 5% pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

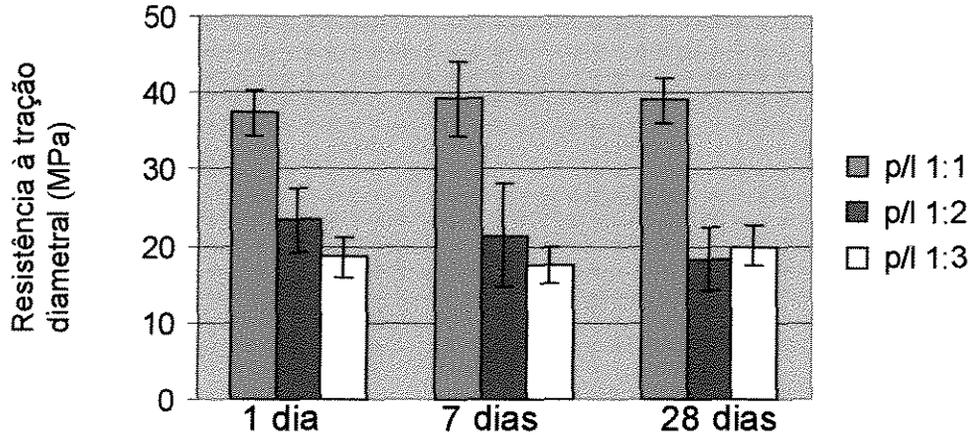


FIGURA 5.3 – Ilustração gráfica dos valores de resistência à tração diametral do cimento de ionômero de vidro Vitremer para as diferentes proporções e tempos de armazenagem.

A Tabela 5.4 e a Figura 5.4 mostram os valores de resistência à tração diametral do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji II LC, para os tempos de armazenagem e proporções avaliados. Para a relação pó/líquido 1:1, a resistência à tração diametral foi estatisticamente superior às demais após 1 dia de armazenagem, e similar à relação 1:2 com 7 e 28 dias. As relações 1:2 e 1:3 não diferiram entre si aos 28 dias de armazenagem. Quando comparados em relação ao tempo de armazenagem, a relação 1:1 com 1 dia mostrou-se superior a 7 dias, e nenhuma diferença estatística foi observada entre 1 e 28 dias, e 7 e 28 dias. Com a relação 1:2, os valores obtidos com 7 e 28 dias foram estatisticamente superiores a 1 dia, e com a relação 1:3, os tempos de armazenagem de 1 e 28 dias mostraram-se superiores a 7 dias.

TABELA 5.4 – Médias de resistência à tração diametral (MPa) do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji II LC, após armazenagem em água destilada por 1, 7 e 28 dias.

Tempo de Armazenagem	Relação pó/líquido					
	3,2 (1:1)		1,6 (1:2)		1,06(1:3)	
1 DIA	24,70 ± 2,79	A, a	15,56 ± 3,24	B, b	17,81 ± 4,10	B, a
7 DIAS	18,63 ± 2,53	A, b	18,61 ± 6,73	A, a	9,97 ± 1,74	B, b
28 DIAS	23,73 ± 5,30	AB, ab	26,55 ± 3,43	A, a	18,61 ± 3,91	B, a

\*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si, em nível de 5% pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

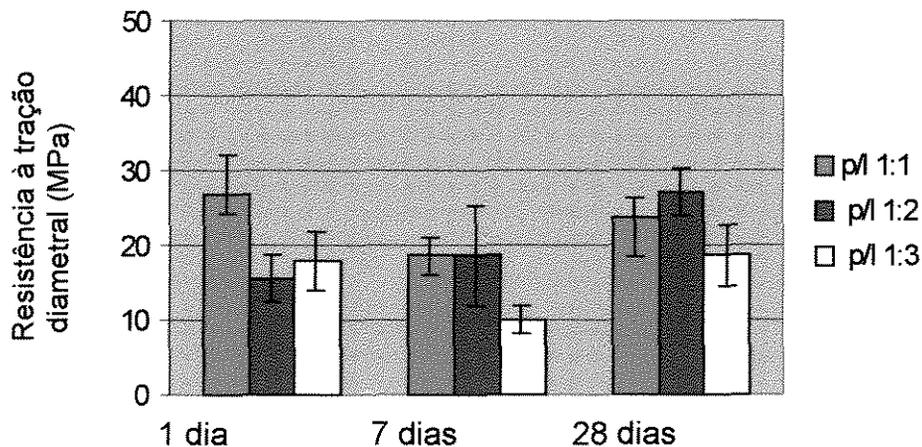


FIGURA 5.4 - Ilustração gráfica dos valores de resistência à tração diametral do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji II LC para as diferentes proporções e tempos de armazenagem.

## 6. DISCUSSÃO

A preocupação em avaliar as propriedades mecânicas dos cimentos de ionômero de vidro sob condições diversas existe desde a sua criação, e se manteve com o surgimento das versões modificadas por resina. Variações nos tempos e meios de armazenagem têm permitido a formulação de hipóteses, considerando o papel das reações ácido-base e de polimerização, e da integração entre elas, sobre a resistência.

Neste trabalho, os grupos que utilizaram a relação pó/líquido recomendada pelos fabricantes (2,5:1,0 para o Vitremer e 3,2:1,0 para o Fuji II LC) não alcançaram, em nenhum tempo de armazenagem avaliado, os valores fornecidos por seus fabricantes (respectivamente, resistência à compressão e à tração diametral de 219 MPa e 40 MPa para o Vitremer e de 216 MPa e 36 MPa para o Fuji II LC, segundo WILDER Jr. *et al.*, 1996), cujas condições de preparo não foram esclarecidas.

A comparação das médias de resistência à compressão entre os dois materiais avaliados, à semelhança de KERBY *et al.* (1997), não mostrou diferença estatisticamente significativa, discordando de ATTIN *et al.* (1996), que encontraram superioridade do Vitremer sobre o Fuji II LC, e de XIE *et al.* (2000), que obtiveram a situação inversa. Também a comparação entre as médias de resistência à tração diametral dos materiais mostrou conflito na literatura, e

enquanto UNO *et al.* (1996), KERBY *et al.* (1997) e XIE *et al.* (2000) não encontraram diferença significativa entre os materiais, LI *et al.* (1995), avaliando diferentes tempos de armazenagem obtiveram resultado similar ao obtido neste trabalho, com valor médio de resistência à tração diametral do Vitremer estatisticamente superior ao do Fuji II LC. No entanto, CEFALY *et al.* (2001) obtiveram médias superiores para o Fuji II LC aos 10 minutos, mas sem diferença estatisticamente significativa entre os materiais após 24 horas, indicando que o tempo escolhido para a avaliação pode ter influência nos resultados.

PROSSER *et al.* (1984) e CATTANI-LORENTE *et al.* (1993) atribuíram a grande variação dos valores de resistência mecânica, obtida por diferentes marcas comerciais sob as mesmas condições, a variações na composição, obtenção (microestrutura e história térmica) e tamanho das partículas do pó e da natureza, concentração e peso molecular do líquido, além da relação pó/líquido empregada. Uma vez que GUGGENBERGER *et al.* (1998) demonstraram que uma maior densidade de radicais carboxílicos no líquido aumenta a resistência mecânica, por torná-lo mais reativo, sem alterar sua viscosidade, pode-se supor que a densidade e proporção de radicais carboxílicos e resinosos no líquido pode influenciar no comportamento da resistência do material pelo tempo avaliado.

Diversas condições no momento do ensaio interferem no resultado, e não há dados que mostrem a padronização precisa nos trabalhos da literatura, tendo sido encontrados diferentes dimensões dos corpos-de-prova, tempos e meios de armazenagem e velocidades de ensaio, embora por vezes o objetivo

seja de avaliar a influência desses fatores. A secagem do corpo-de-prova armazenado em água resulta em resistência mecânica superior, próxima daqueles mantidos sob condições de umidade, mas não imersos (CATTANI-LORENTE *et al.*, 1999).

A necessidade de alteração da viscosidade para aplicação clínica é prática freqüente (BILLINGTON *et al.*, 1990), em especial no selamento de fôssulas e fissuras, em que a baixa taxa de retenção clínica foi atribuída por MÈJARE & MJÖR (1990) à adesão inadequada e à relação pó/líquido que determinam viscosidade e tempo de presa inadequados para o escoamento e preenchimento adequados da fissura. Estas considerações possivelmente promoveram mudanças e variações na técnica, com a introdução de diferentes tratamentos da superfície dentária, em especial o condicionamento com ácido fosfórico (CORTES *et al.*, 1993; PEREIRA *et al.*, 1999; BERNARDO *et al.*, 2000; LUCA-FRAGA & PIMENTA, 2001) e a utilização de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina em relações pó/líquido diminuídas a 1:2 (PEREIRA *et al.*, 1999; LUCA-FRAGA & PIMENTA, 2001) e 1:3 (VILLELA *et al.*, 1998), numa combinação mais desejável de viscosidade e tempo de presa. No entanto, evidências indicam a relação entre resistência mecânica e retenção do material à fissura (WEERHJEIM *et al.*, 1996) e sugerem a necessidade de se alcançar o equilíbrio entre a viscosidade e a resistência como forma de aumentar a taxa de retenção.

A diminuição da relação pó/líquido é citada como fator de redução da resistência (PROSSER *et al.*, 1984; BILLINGTON *et al.*, 1990; VAN NOORT, 1994), mas não há prejuízo da mesma para o Vitremer, desde que a variação no conteúdo de pó esteja dentro do limite de 10% (WILDER Jr. *et al.*, 1996). Com a diminuição da relação pó/líquido utilizada neste trabalho, os materiais apresentam redução intensa da quantidade de partículas, com menor potencial de formação de ligações cruzadas pela reação ácido-base (pela menor quantidade de íons formados), e maior conteúdo final de resina, numa composição similar à dos materiais indicados para forramento, com possibilidade de dissolução total dessas partículas e conseqüente perda de resistência, em especial da resistência à compressão.

Mediante armazenagem em água, alguns autores (NICHOLSON, 1992; YAP *et al.*, 2001) encontraram um decréscimo na resistência à compressão em função do tempo, devido à plasticidade resultante da absorção de água e ao conteúdo de poliHEMA, mas há relato de aumento progressivo da mesma (ANSTICE & NICHOLSON, 1992). Este trabalho, à semelhança de Mc CARTHY & HONDRUM (1994) e AKASHI *et al.* (1999), não verificou influência significativa do período de armazenagem em água sobre a resistência à compressão do Vitremer, com leve aumento da resistência à compressão pelo Fuji II LC apenas na relação pó/líquido 1:3, embora AKASHI *et al.* (1999) tenham relatado que um maior conteúdo de resina aumente a degradação e assim, resulte em perda de resistência. Esse aumento pode ser conseqüência da reação ácido-base, cuja

matriz atingiu valores de resistência que superaram o alcançado pela matriz polimérica.

Sob as mesmas condições, a resistência à tração diametral pode sofrer redução (Mc CARTHY & HONDRUM, 1994), aumento (LI *et al.*, 1995; CEFALY *et al.*, 2001) ou estabilizar-se (UNO *et al.*, 1996), como verificado nos dados relativos ao Vitremer. O comportamento da resistência à tração diametral do Fuji II LC variou com o tempo de armazenagem para cada relação pó/líquido, em que a relação pó/líquido 1:2 teve aumento progressivo de resistência, e as demais, queda seguida de aumento, mostrando assim o efeito exercido pela absorção de água sobre a matriz. A estrutura do material, ou seja, a integração entre as partículas e a matriz é maior para o Vitremer que para o Fuji II LC, com menor formação de espaços vazios (XIE *et al.*, 2000). Os valores obtidos com o Vitremer na relação pó/líquido 1:1 foram superiores às demais, as quais não diferiram entre si, pois a variação do conteúdo de pó é menos influente sobre a resistência à tração diametral. O tempo de armazenagem avaliado não exerceu influência significativa, porque a estrutura integrada do material dificulta a difusão da água e a deterioração da matriz. Estudos que comprovem se a alteração na relação pó/líquido pode influenciar na integração entre as partículas e a matriz podem auxiliar na compreensão dos resultados obtidos.

A reação ácido-base, extensamente comprovada reforça a dureza da rede polimérica (BURKE *et al.*, 1990; SWIFT Jr *et al.*, 1995), mas nem sempre exerce efeito sobre a resistência mecânica (HEGARTY & PEARSON, 1993;

KERBY *et al.*, 1997). Considerando a existência de duas matrizes forçadamente integradas, o valor máximo de resistência pode corresponder não àquele que se espera do conjunto, mas ao da estrutura mais resistente, embora possa ser prejudicada por falhas na integração entre elas. Dessa forma, a variação no comportamento da resistência mecânica dos cimentos de ionômero de vidro pelo tempo de armazenagem está relacionada ao equilíbrio dos fatores que aumentam a resistência, em especial, a hidratação das ligações metal-carboxilato e a maturação da rede de polissais, e os fatores que a reduzem, como a hidrólise da matriz e da rede polimérica, que ocorrem em diferentes períodos, justificando desta forma a importância da absorção de água no processo de envelhecimento (DRUMMOND *et al.*, 1988; CATTANI-LORENTE *et al.*, 1994).

A seleção inadequada dos períodos de avaliação pode forjar uma perspectiva errônea do comportamento do material, visto que um decréscimo seguido de aumento pode ser interpretado como estabilidade dos valores de resistência, se o valor intermediário for omitido. Ainda que a expectativa seja de resistência elevada a longo prazo, quedas temporárias nos valores podem ser uma explicação plausível para as falhas clínicas precoces dos selantes de fôssulas e fissuras que utilizam o cimento de ionômero de vidro modificados por resina em condições adaptadas. A falta de um material comercialmente formulado para esse propósito reforça a necessidade de adaptação, mas são necessários mais estudos que busquem determinar as melhores condições combinadas de

resistência, viscosidade, capacidade de penetração na fissura e adesão ao esmalte, entre outros, buscando assim aumentar as taxas de retenção clínica.

## 7. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem concluir que:

1. A resistência à compressão dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina foi reduzida quando foram utilizadas relações pó/líquido menores.
2. A armazenagem em água dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina teve pouca influência sobre a resistência à compressão.
3. A resistência à tração diametral foi influenciada tanto pela relação pó/líquido quanto pelo período de armazenagem, com diferentes comportamentos dos materiais estudados, em que os valores apresentados pelo Vitremer foram reduzidos quando se utilizou relações pó/líquido menores, mas sem influência do tempo de armazenagem, e o Fuji II LC mostrou um comportamento heterogêneo, sendo afetado tanto pela relação pó/líquido quanto pelo tempo de armazenagem.

## <sup>1</sup>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, K. C. S.; VONO, B. G.; BIJELLA, M. F. T. B.; MACHADO, M. A. A. M. Avaliação microscópica da profundidade de penetração em fóssulas e fissuras de materiais de ionômero de vidro utilizados como selantes. **Rev FOB**, v. 6, n. 3, p. 27-34, jul./set., 1998.

AKASHI, A.; MATSUYA, Y.; UNEMORI, M. AKAMINE, A. The relationship between water absorption characteristics and the mechanical strength of resin-modified glass-ionomer cements in long-term water storage. **Biomaterials**, v. 20, p. 1573- 1578, 1999.

ANSTICE, H. M. & NICHOLSON, J. W. Studies on structure of light-cured glass-ionomer cements. **J Mater Sci. Mater in Medicine**, v. 3, p. 447- 451, 1992.

ARROW, P. & RIORDAN, P. J. Retention and caries preventive effects of a GIC and a resin-based fissure sealant. **Community Dent Oral Epidemiol**, v. 23, p. 282-285, 1995.

ATTIN, T.; VATASCHKI, M.; HELLWIG, E. Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials. **Quint Int**, v. 27, n. 3, p. 203-209, 1996.

---

\*Baseada na NBR- 6023 de ago. de 2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Abreviatura dos periódicos de acordo com o MEDLINE.

BARNES, D. M.; KIHN, P.; VON FRAUNHOFER, J. A.; ELSABACH, A. Flow characteristics and sealing ability of fissure sealants. **Oper Dent**, v. 25, p. 306-310, 2000.

BERNARDO, P. C.; RODRIGUES, C. R. M. D.; SOUZA PAIVA, J. A.; SINGER, J. M.; SAÑUDO, A. Use of glass ionomer cement as an occlusal sealant. **Pesqui Odontol Bras**, v. 14, n. 1, p. 53-57, jan./mar., 2000.

BILLINGTON, R. W.; WILLIAMS, J. A.; PEARSON, G. J.; Variation in powder/liquid ratio of a restorative glass-ionomer cement used in dental practice. **Br Dent J**, v. 169, n. 22, p. 164-167, sep., 1990.

BIRKENFELD, L. H.; SCHULMAN, A. Enhanced retention of glass-ionomer sealant by enamel etching: a microleakage and scanning electron microscopic study. **Quint Int**, v. 30, n. 10, p. 712-718, oct., 1999.

BURKE, F. M.; HAMLIN, P. D.; LYNCH, E. J. Depth of cure of light-cured glass-ionomer cements. **Quint Int**, v. 21, n. 12, p. 977-981, dec., 1990.

CATTANI-LORENTE, M. A.; GODIN, C.; MEYER, J. M. Early strength of glass ionomer cements. **Dent Mater**, v. 9, p. 57-62, jan., 1993.

\_\_\_\_\_. Mechanical behavior of glass-ionomer cements affected by long-term storage in water. **Dent Mater**, v. 10, p. 37-44, jan., 1994.

CATTANI-LORENTE, M. A.; DUPUIS, V.; MOYA, F.; PAYAN, J. M.; MEYER, J. M. Comparative study of the physical properties of a polyacid-modified composite resin and a resin-modified glass ionomer cement. **Dent Mater**, v. 15, p. 21-32, 1999.

CEFALY, D. F. G.; VALARELLY, F. P.; SEABRA, B. G. M.; MONDELLI, R. F. L.; NAVARRO, M. F. L. Effect of time on the diametral tensile strength of resin-modified restorative glass ionomer cements and compomer. **Braz Dent J**, v. 12, n.3, p. 201-204, 2001.

CORTES, O; GARCIA-GODOY, F; BOJ, J. Bond strength of resin reinforced glass ionomer cements after enamel etching. **Am J Dent**, v. 6, n. 6, p. 299-301, dec. 1993.

DRUMMOND, J. L.; LENKE, J. W.; RANDOLPH, R. G. Compressive strength comparison and crystal morphology of dental cements. **Dent Mater**, v. 4, p. 38-40, 1988.

FLÓRIO, F. M.; PEREIRA, A. C.; MENEGHIM, M. C.; RAMACCIATO, J. C. Evaluation of non-invasive treatment applied to occlusal surfaces. **ASCD J Dent Child**, v. 68, n. 5/6, p. 326-331, sep./oct., 2001.

FORSS, H; SAARNI, U-M; SEPPÄ, L. Comparison of glass-ionomer and resin-based fissure sealants: a 2-year clinical trial. **Community Dent Oral Epidemiol**, v. 22, p. 21-24, 1994.

FORSS, H. & HALME, E. Retention of a glass ionomer cement and a resin-based fissure sealant and effect on carious outcome after 7 years. **Community Dent Oral Epidemiol**, v. 26, p. 21-25, 1998.

GUGGENBERGER, R.; MAY, R.; STEFAN, K.P. New trends in glass ionomer chemistry. **Biomater**, v. 19, n.6, p. 479-483, mar., 1998.

HEGARTY, A. M. & PEARSON, G. J. Erosion and compressive strength of hybrid glass-ionomer cements when lighth-activated or chemically set. **Biomater**, v. 14, n. 5, p. 349- 352, oct., 1992.

KERBY, R. E.; KNOBLOCH, L.; THAKUR, A. Strength properties of visible-light-cured resin-modified glass-ionomer cements. **Oper Dent**, v. 22, p. 79-83, 1997.

LI, J.; von BEETZEN, M.; SUNDSTRÖM, F. Strength and setting behavior of resin-modified glass ionomer cements. **Acta Odontol Scand**, v. 53, p. 311-317, 1995.

LUCA-FRAGA, L. & PIMENTA, L. A. F. Clinical evaluaton of glass-ionomer/resin-based hybrid materials used as pit and fissure sealants. **Quint Int**, v. 32, n. 6, p. 463-468, 2001

Mc CARTHY, M. F.& HONDRUM, S. O. Mechanical and bond strength properties of light-cured and chemically cured glass ionomer cements. **Am J Orthod Dentofac Orthop**, v. 105, p. 135-141, 1994.

Mc CABE, J. F. Resin-modified glass-ionomers. **Biomater**, v. 19, p. 521-527, 1998.

Mc LEAN, J. W.; NICHOLSON, J. W.; WILSON, A. D. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. **Quint Int**, v. 25, n. 9, 1994.

MÈJARE, I. & MJÖR, I. A. Glass ionomer and resin-based fissure sealants: a clinical study. **Scan J Dent Res**, v. 98, p. 345-350, 1990.

MOUNT, G. J. Glass Ionomers: a review of their current status. **Oper Dent**, v.24, p. 115-124, 1999.

NICHOLSON, J. W.; ANSTICE, H. M.; McLEAN, J.W. A preliminary report on the effect of storage in water on the properties of commercial light-cured glass-ionomer cement. **Br Dent J**, v. 173, p. 98-101, aug, 1992.

NICHOLSON, J. W. Chemistry of glass-ionomer cements: a review. **Biomater**, v. 19, p. 485- 494, 1998.

PEREIRA, A. C.; BASTING, R. T.; PINELLI, C.; MENEGHIM, M. C.; WERNER, C. W. Retention and caries prevention of Vitremer and Ketac-Bond used as occlusal sealants. **Am J Dent**, v. 12, n. 2, p. 62-64, apr., 1999.

PEREIRA, A. C.; PARDI, V.; BASTING, R. T.; MENIGHIN, M. C.; PINELLI, C. AMBROSANO, G. M. B.; GARCÍA-GODOY, F. Clinical evaluation of glass ionomers used as fissure sealants: twenty-four-months results. **ASDC J Dent Child**, v. 68, n. 3, p. 168-174, may-june, 2001.

PROSSER, H. J.; POWIS, D. R.; BRANT, P.; WILSON, A. D. Characterization of glass-ionomer cements. 7. The physical properties of current materials. **J Dent**, v. 12, n. 3, p. 231- 240, 1984.

QUACKENBUSH, B. M.; DONLY, K. J.; CROLL, T. P. Solubility of a resin-modified glass-ionomer cement. **ASDC J Dent Child**, v. 65, n.5, p. 310, 312, sep./oct., 1998.

\_\_\_\_\_ . Effects of caries inhibition of a lighth-cured glass ionomer cement. **J Dent Res**, v. 76, p.94, 1997 (abstract. 645)

SIMONSEN, R. J. Glass ionomer as fissure sealant – A critical review. **J Public Health Dent**, v. 56, n.3, p. 146-149, 1996.

SMALES, R. J.; LEE, Y. K.; LO, F. W.; TSE, C. C.; CHUNG, M. S. Handling and clinical performance of a glass ionomer sealant. **Am Dent J**, v. 9, n. 5, p. 203-205, oct., 1996.

SMITH, D. C. Development of glass-ionomer cement systems. **Biomater**, v.19, p. 467-478, 1998.

SWIFT Jr.,E. J.; PAWLUS, M. A.; VARGAS, M. A.; FORTIN, D. Depth of cure of resin-modified glass ionomers. **Dent Mater**, v. 11, p. 196-200, may, 1995.

UNO, S.; FINGER, W. J.; FRITZ, U. Long-term mechanical characteristics of resin-modified glass-ionomer restorative materials. **Dent Mater**, v. 12, p. 64-69, jan., 1996.

VAN NOORT, R. **Introduction to dental materials**. Mosby: Chicago, 1994.  
Glass-ionomer cements, p. 106- 122.

VILLELA, L. C.; FAVA, M.; VIEIRA, M. C.; HAYASHI, P. M.; MYAKI, S. I. Avaliação clínica de vinte e quatro meses do Fluroshield e do Vitremer usados como selantes de fósulas e fissuras. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v. 12, n.4, p. 383-387, out./dez., 1998.

WEERHEIJM, K. L. ; KREULEN, C. M.; GRUYTHUYSEN, R. M. J. Comparison of retentive qualities of two glass-ionomer cements used as fissure selants. **J Dent Child**, v. 63, n.4, p. 265-267, jul./aug., 1996.

WILDER Jr, A. D.; MAY Jr, K. N.; SWIFT Jr, E. J.; SULLIVAN, D. J. Effects of viscosity and surface moisture on bond strengths of resin-modified glass ionomers. **Am J Dent**, v. 9, n.5, p. 215-218, oct.,1996.

WILSON A. D. & KENT, B. E. A new translucent cement for dentistry: the glass ionomer cement. **Br Dent J**, v. 132, p. 133-135, 1972.

WILSON, A. D. Resin- modified glass-ionomer cements. **Int J Prosthodont**, v. 3, n. 5, p. 425- 429, 1990.

XIE, D.; BRANTLEY, W. A.; CULBERTSON, B. M.; WANG, G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. **Dent Mater**, v. 16, p. 129-138, 2000.

YAP, A. U. J.; MUDAMBI, S.; CHEW, C. L.; NEO, J. C. L. Mechanical properties of an improved visible lighth-cured resin-modified glass ionomer cement. **Oper Dent**, v. 26, p. 295 –301, 2001.