**Avaliação da alteração dimensional do cimento de
ionômero de vidro modificado por resina em função da
fotopolimerização e tempo de armazenagem**

IAN MATOS VIEIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, na área de Dentística, opção Materiais Dentários.

**Bauru
2007**

**Avaliação da alteração dimensional do cimento de
ionômero de vidro modificado por resina em função da
fotopolimerização e tempo de armazenagem**

IAN MATOS VIEIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, na área de Dentística, opção Materiais Dentários.

**Orientadora: Profa. Dra. Maria Teresa
Atta**

**Bauru
2007**

Vieira, Ian Matos

V673a Avaliação da alteração dimensional do cimento de ionômero de vidro modificado por resina em função da fotopolimerização e tempo de armazenagem / Ian Matos Vieira – Bauru, 2007.
85p.: il.; 30cm

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Bauru.
USP.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Teresa Atta

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação por processo fotocopiadores e/ou meios eletrônicos.

Assinatura do autor:

Data:

DADOS CURRICULARES

IAN MATOS VIEIRA

Salvador
03 de outubro de 1978

Nascimento

1997-2002

Graduação em Odontologia,
Universidade Federal da Bahia.

2001-2002

Curso de aperfeiçoamento em Prótese
Fixa, Associação Brasileira de
Odontologia - BA.

2003-2005

Professor substituto do departamento
de Clínica odontológica da Faculdade
de Odontologia, Universidade Federal
da Bahia.

2005-2007

Curso de pós-graduação em
Dentística, opção Materiais dentários,
nível de mestrado, na Faculdade de
Odontologia de Bauru, Universidade
de São Paulo.

Associações

ABO - Associação Brasileira de
Odontologia, secção Bahia.

SBPqO – Sociedade Brasileira de
Pesquisa Odontológica

DEDICATÓRIA

A Deus,
pela benção da existência, por me agradecer com saúde e capacidade para
poder exercer o bem.

Ao meu pai, Aldo da Silva Vieira,
pois a consternação de sua partida prematura me levou a reflexão de que é
necessário seguir em frente e trabalhar para um mundo melhor.

À minha avó Thereza Vieira,
por ser exemplo de um ser humano vencedor, que encara os desafios da vida
com sabedoria e bom-humor.

À minha tia Joana Almeida,
pelo carinho e atenção que sempre me motivaram a ser uma pessoa melhor

À minha tia Zilmar Vieira,
por ser meu principal ponto de referência familiar, por incentivar minhas
“aventuras acadêmicas” e me dar segurança de que tudo vai dar certo.

À Mariana Leite,
Pelo seu amor incondicional, companhia, e nunca ter me deixado sentir só
nessa jornada, apesar da distância.

"Saber e não fazer, ainda não é saber."
(Sabedoria oriental)

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À Profa. Dra. Maria Teresa Atta,
por me propiciar um ambiente extremamente favorável para a construção deste trabalho, facilitando consideravelmente a sua execução. Por ser um exemplo de professor, unindo competência, bom senso e humildade.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe **Ana Javes Matos e Silva**, por seu amor e vontade de me ver realizado.

Aos amados irmãos **Guy e Théo**.

Ao avô **Egydio Vieira Filho**, pela convivência e ensinamentos importantes.

Aos meus familiares. À minha tia **Eleuze Matos** por ser uma “confidente fiel” e sempre estar disposta a me ajudar. Ao meu avô **Misael Sena e Silva** por ser um exemplo de garra. Aos Tios **Aloísio Vieira, Zélia Vieira e Heloisa Vieira**, que me oferecem muito mais do que uma simples relação de parentesco, ao tio **Misael Matos e Silva**.

Aos primos amigos, aos amigos primos.

Aos meus amigos “de infância”, que certamente influenciaram positivamente na minha personalidade, especialmente a **Rodrigo Dórea e Hyder Júnior**, pela constante atenção e preocupação que tiveram comigo nessa jornada.

Ao tio **Dudu e família**, pelas hospedagens em São Paulo e principalmente pela amizade e atenção que me proporcionaram.

À Profa. **Cicely Franco Fontes**, por me apoiar e incentivar desde o início do curso de graduação, me oferecendo sua amizade e respeito.

Ao Prof. **Vagner Mendes**, pela confiança e amizade, que me permitiu e apoiou sonhar com a vida acadêmica.

Ao Prof. Dr. **Luciano Castellucci**, por ser um exemplo de que o sucesso pode conviver harmoniosamente bem com a simplicidade.

Ao Prof. Dr. e amigo **Luiz Gustavo Cavalcanti Bastos**, por seus valiosos ensinamentos e por sua ajuda, em diversos momentos, nessa temporada em Bauru.

À Profa. e amiga **Juliana Felippi Azevedo**, pelo apoio e palavras sábias neste período de convivência na FOB-USP.

Aos amigos **Leandro Martins e Luciana Silva**, pela amizade, companhia e inesgotável paciência.

Aos amigos **Renato Cilli e Anuradha Prakki**, por suas solitudes, e agradáveis (quase infidáveis) bate-papos.

Ao Prof. Dr. **Anderson Freitas**, por seu imprescindível apoio nesta empreitada.

Ao Prof. Dr. e amigo **César Antunes de Freitas**, pelo companheirismo e lições importantes sobre a responsabilidade da vida acadêmica.

Ao Prof. Dr. **Paulo Francisconi**, por tornar extremamente agradável a convivência no departamento de Materiais Dentários.

Ao Prof. Dr. **Paulo Amarante de Araújo**, por sua classe e simpatia, sendo um exemplo de luta e sabedoria.

Aos professores doutores do departamento de dentística da Faculdade de Odontologia de Bauru – USP, **José Mondelli, Maria Fidela de Lima Navarro, Carlos Eduardo Francischone, José Carlos Pereira, Eduardo Batista Franco, Rafael Francisco Lia Mondelli e Maria Teresa Atta**, pelo valioso conhecimento transmitido, que certamente me darão respaldo para exercer uma odontologia mais perspicaz.

Ao Prof. Dr. **Rumio Taga**, pela disponibilização da balança em que foi realizada a pesquisa do trabalho.

Ao Prof. Dr. **Roberto Lauris** pela paciência e realização da análise estatística deste trabalho.

Aos colegas de mestrado de Dentística e Materiais Dentários: **Breno Silva, Cristiane Nishiyama, Fabiane Toledo, Juan Valdivia, Leandro Martins, Marcela Calábria, Márcia Freitas, Renata Louro e Wagner Baseggio**, pelo companheirismo e amizade nessa jornada.

Aos funcionários do departamento de Materiais Dentários: **Alcides Costa, Lourisvalda Celestino e Sandra Azuaga**, pela amizade e agradável convivência, e também às secretárias do departamento de Dentística: **Ângela Amantini e Rita Capossi** pela importante e gentil presteza.

Aos colegas e funcionários do departamento de Histologia da Faculdade de Odontologia de Bauru, especialmente **Daniele Ceolin e Tânia Cestari**, que me proporcionaram um ambiente extremamente agradável para que eu pudesse realizar minha pesquisa.

A todos os outros **colegas mestrandos e doutorandos** que compartilharam essa agradável experiência na Faculdade de Odontologia de Bauru.

À **Universidade de São Paulo** proporcionar um curso de incontestável qualidade incentivando o progresso tecnológico e humanístico do país.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, pelo imprescindível suporte financeiro durante a realização deste curso.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xii
Lista de Abreviaturas e Símbolos	xiii
Resumo	xv
1 Introdução.....	1
2 Revisão de Literatura.....	7
3 Proposição.....	27
4 Material e Métodos.....	31
5 Resultados.....	41
6 Discussão.....	49
7 Conclusão.....	63
Anexos.....	67
Referências Bibliográficas.....	71
Abstract.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Pó e líquido inseridos no bloco de espatulação.	36
Figura 2	Material após a espatulação.	36
Figura 3	Lâminas de vidro com tiras de poliéster posicionadas	36
Figura 4	Matriz de PTFE posicionada para receber o material.	36
Figura 5	Material inserido na matriz.	36
Figura 6	Compressão da matriz com tira de poliéster e lâmina de vidro.	36
Figura 7	Fotopolimerização do espécime.	37
Figura 8	Espécime removido da matriz	37
Figura 9	Acabamento no espécime com lâmina de bisturi.	37
Figura 10	Espécime confeccionado.	37
Figura 11	Balança analítica com aparato de mensuração de densidade.	39
Figura 12	Imagem aproximada da balança.	39
Figura 13	Mensuração da massa seca do espécime.	39
Figura 14	Mensuração da massa aparente do espécime.	39
Figura 15	Espécime inserido em um frasco contendo água destilada	40

Figura 16	Vedamento do frasco para a sua inserção em uma estufa à 37°C.	40
Figura 17	Gráfico comparando a variação volumétrica com o tempo de armazenagem, quando os espécimes não foram fotopolimerizados.	44
Figura 18	Gráfico comparando a variação volumétrica com o tempo de armazenagem, quando os espécimes foram fotopolimerizados por 20s.	45
Figura 19	Gráfico comparando a variação volumétrica com o tempo de armazenagem, quando os espécimes foram fotopolimerizados por 40s.	45
Figura 20	Gráfico comparando a variação volumétrica com o tempo de armazenagem, quando os espécimes foram fotopolimerizados por 60s.	46
Figura 21	Gráfico da variação da alteração volumétrica com o tempo de armazenagem da marca Vitremer.	46
Figura 22	Gráfico da variação da alteração volumétrica com o tempo de armazenagem da marca Fuji II LC.	47
Figura 23	Gráfico da variação da alteração volumétrica com o tempo de armazenagem da marca Vitro Fil LC.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Marcas comerciais dos materiais utilizados com seus respectivos lotes, cores, validade e composições.	33
Tabela 2	Média dos resultados das alterações volumétricas, em porcentagem, com respectivo resultado estatístico.	43
Tabela 3	Resultados individualizados da marca Vitremer avaliando cada tempo de fotopolimerização com o tempo de armazenagem.	44
Tabela 4	Resultados individualizados da marca Fuji II LC avaliando cada tempo de fotopolimerização com o tempo de armazenagem.	44
Tabela 5	Resultados individualizados da marca Vitro Fil LC avaliando cada tempo de fotopolimerização com o tempo de armazenagem.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

cm.....	Centímetro
h	Hora
min.....	Minuto
s.....	Segundos
mm.....	Milímetros
°C.....	grau Celsius (centígrados)
mw/cm ²	miliWatts por centímetro quadrado
g.....	gramas
Kg.....	quilogramas
v.....	volume
Δv.....	variação de volume
+/-.....	mais ou menos
CIV.....	cimento de ionômero de vidro convencional
CIVMR.....	cimento de ionômero de vidro modificado por resina
CIVMRs.....	cimentos de ionômero de vidro modificados por resina
HEMA.....	2 hidroxi-etil-metacrilato
PTFE.....	poli-tetrafluoretileno
BisGMA.....	bisfenol glicidil metacrilato
DP.....	desvio padrão
%.....	Porcentagem
a.....	nível de significância estatística
n.....	número de espécimes

Al.....	Alumínio
Ca.....	Cálcio
V.....	Vitremer
FII.....	Fuji II LC
VF.....	Vitro Fil LC
Sf.....	sem fotopolimerização

RESUMO

RESUMO

Com o objetivo de se avaliar a relação entre o tempo de fotopolimerização e a alteração dimensional dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina foram analisadas três marcas comerciais deste material: Vitremer (3M/ESPE), Fuji II LC (GC International) e Vitro Fil LC (DFL). Foram confeccionados 60 espécimes no total, sendo 20 para cada marca comercial. Cada corpo-de-prova foi confeccionado em forma de disco, com dimensões de 5mm de diâmetro e 2mm de espessura, com auxílio de uma matriz de PTFE (politetrafluoretileno) vazada no centro, com as dimensões já especificadas. Após a manipulação e inserção do material dentro da cavidade da matriz, e cobertura desta com lâmina de vidro de cada lado, o conjunto foi colocado, durante 15 minutos, dentro de uma caixa de papelão hermeticamente fechada, o que impediu a entrada de luz em seu interior. Dos 20 espécimes confeccionados de cada marca comercial, quatro grupos (n=5) foram formados, variando-se a forma de polimerização com o aparelho de luz halógena Demetron (Dabi-Atlante). O grupo 1 foi fotopolimerizado por 20s, o grupo 2 por 40s, o grupo 3 por 60s, e o grupo 4 não sofreu o processo de fotopolimerização (grupo controle). Cada espécime foi armazenado em um frasco plástico, com 10ml de água destilada, em uma estufa, com temperatura interna de 37°C. As alterações dimensionais das amostras foram avaliadas nos intervalos de 24 horas, 7 dias e 30 dias de armazenamento. Para o cálculo das alterações volumétricas foi utilizada uma equação física, baseada no princípio hidrostático de Arquimedes, na qual eram obtidas as massas dos espécimes dentro da água e fora dela. Para isso foi utilizada uma balança analítica (AT 261 Delta Range/Mettler Toledo) com aparato de especificação de densidade. As médias dos resultados, em porcentagem da alteração volumétrica, foram submetidas à análise de variância a três critérios seguido pelo teste de Tukey para a averiguação da significância entre os grupos ($\alpha=0,05$). Os resultados demonstraram que todos os materiais se expandiram após 30 dias. O Vitremer sofreu o menor grau de expansão quando não fotopolimerizado, no entanto, o tempo de fotopolimerização não influenciou o grau de alteração volumétrica, com exceção do Fuji II LC, cuja expansão foi maior após 60s de fotoativação. O Vitro Fil LC teve o volume diminuído entre 7 e 30 dias. Concluiu-se que o tempo de fotopolimerização pode afetar a alteração de volume do cimento de ionômero de vidro modificado por resina, porém não é o único fator relacionado a isto.

Palavras chaves: Cimentos de ionômero de vidro; expansão higroscópica; fotoativação

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O cimento de ionômero de vidro (CIV) surgiu no fim da década de 1960, porém seu relato na literatura se deu em 1972, por Wilson e Kent⁹¹. Tal material foi desenvolvido após anos de pesquisas com os cimentos de silicato e também com ácidos orgânicos, de modo que viessem a conferir melhores propriedades a este cimento (WILSON⁹³, 1996). Conseguiu-se, assim, o desenvolvimento de um material restaurador que veio agregar as características favoráveis do pó do cimento de silicato, ligeiramente modificado, e do ácido poliacrílico, como componente líquido, incorporado após pesquisas relacionadas à sua utilização ao cimento de policarboxilato de zinco (WILSON; KENT⁹¹, 1972, KENT; WILSON³⁸, 1973).

O cimento de ionômero de vidro foi bem aceito na odontologia, pois veio agregar propriedades importantes a um material restaurador como: liberação de flúor para o ambiente bucal, adesão química à estrutura dental e compatibilidade favorável com os tecidos bucais (SWIFT⁷⁹, 1988, HUME; MOUNT, 1988²⁸, MOUNT, 1994⁵⁷), além de uma atividade antibacteriana (VERMEERSCH et al.⁸⁴, 2005). Essas características motivaram sua utilização e também provocaram uma expressiva quantidade de pesquisas sobre ele.

Inicialmente, o cimento de ionômero de vidro era utilizado como material restaurador em pequenas cavidades de classe III e de classe V, no entanto, com modificações na proporção pó/líquido, conseguiu-se que tal material também fosse utilizado como forrador cavitário, base de restaurações, agente cimentante e selador de cicatrículas e fissuras (SIDHU; HENDERSON⁷¹, 1992, HOGLUND; van DIJKEN; OLOFSSON²⁶, 1992, WHITE; ZHAOKUN⁸⁸, 1993, MOUNT⁵⁷, 1994, JOKSTAD; MJOR³⁵, 1996, van DIJKEN; HOGLUND; OLOFSSON¹⁴, 1998, SNYDER; LANG; RAZZOOG⁷⁶, 2003, van DIJKEN¹⁵, 2003, PIWOWARCZYK; LAUER; SORENSEN⁶⁶, 2005).

O pó do cimento de ionômero de vidro é constituído de partículas vítreas que possui como componentes básicos, a sílica ou óxido de silício (SiO_2), o óxido de alumínio ou alumina (Al_2O_3) e fluoreto de cálcio (CaF_2) (McLEAN; NICHOLSON; WILSON⁵⁴, 1994, GUGGENBERGER; MAY; STEFAN²⁴, 1998). É dito, então, que o pó é um vidro de fluoraluminossilicato de cálcio. Outros componentes como o magnésio e o sódio também compõem o produto, porém

em quantidades menores (CRISP; WILSON¹¹, 1974). O líquido do cimento é um ácido polialcenóico, geralmente representado pelos ácidos poliacrílico e polimaléico (McLEAN; NICHOLSON; WILSON⁵², 1994). O ácido tartárico é também adicionado com o intuito de aumentar o tempo de trabalho do material e o ácido itacônico é incorporado ao líquido a fim de impedir ou retardar a reação química dos ácidos, quando armazenado (NICHOLSON et al.⁶¹, 1988, LIN; McINTYRE; DAVIDSON⁴², 1992).

A reação de presa dos cimentos de ionômero de vidro convencionais ocorre inicialmente pelo ataque do íon hidrogênio às partículas de vidro, liberando os íons metálicos Al^{+++} e Ca^{++} que migram para a fase aquosa do cimento. O cálcio reage com as cadeias aniônicas do poliácido, formando poliacrilato de cálcio, dando origem a uma matriz de gel. A porção mais externa das partículas de vidro reage com o ácido e se transforma em gel, e as porções não reagidas atuam como carga da matriz de gel de polissais (WILSON; CRISP; FERNER⁹², 1976). Com a formação dessa matriz, o cimento endurece. Mais lentamente o alumínio liberado vai reagindo, formando poliacrilato de alumínio, proporcionando a maturação da matriz (CRISP; WILSON¹¹, 1974).

Embora apresentasse propriedades importantes, o cimento de ionômero de vidro ainda se mostrava pouco resistente, pois ele apresentava um alto potencial de solubilidade, com suas propriedades mecânicas não alcançando um padrão satisfatório (SWIFT⁷⁹, 1988). A alta opacidade do cimento também inviabilizava seu uso em regiões mais estéticas e, apesar dos esforços para a melhora do tempo de trabalho, ainda existia uma grande dificuldade para tal procedimento (GUGGENBERGER; MAY; STEFAN²⁴, 1998).

Em 1989, foi elaborado um material, em que monômeros resinosos foram inseridos na composição do líquido do cimento de ionômero de vidro, e estes se polimerizavam após a ativação com uma energia luminosa específica. Este novo material foi chamado de cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR). Pesquisadores tentaram, com essa modificação, melhorar algumas propriedades insatisfatórias do cimento de ionômero de vidro convencional. Primeiramente, o tempo de trabalho passou a ser mais controlado, já que a reação de presa típica do ionômeros se tornaria mais lenta, devido à presença dos monômeros resinosos (ATTIN, et al.⁴, 1995, NICHOLSON⁶², 1998, PALMER; ANSTICE; PEARSON⁶⁷, 1999, YIU et al.⁹⁵,

2004, McCABE; RUSBY⁵¹, 2004). Esta modificação no material, também acrescentou um melhor padrão de translucidez, sendo assim possível sua utilização em áreas bucais que requerem melhor estética. Houve também uma melhoria nas propriedades mecânicas dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, com valores maiores de resistência ao desgaste, à flexão, à compressão e à tração (MITRA⁵⁴, 1989, MATHIS; FERRACANE⁴⁸, 1989, WILSON⁹², 1990, MOUNT⁵⁷, 1994, THONEMANN et al., 1995⁸⁴, MOUNT, 1998⁵⁷, GUGGENBERGER; MAY; STEFAN²⁴, 1998, CEFALY et al.¹⁰, 2001, MITSUHASHI; HANAOKA; TERANAKA⁵⁶, 2003). A presença da porção resinosa também proporcionou um aumento da resistência adesiva às estruturas dentais (MITRA⁵⁵, 1991). No entanto, foi observado que algumas características positivas, inerentes ao cimento de ionômero de vidro convencional, como liberação de flúor e adesão química às estruturas dentais foram preservadas, já que, no processo da reação de presa, a troca iônica do tipo ácido-base, relativa ao ionômero convencional, também estava presente no novo material (LYNCH; TAY⁴³, 1989, MATHIS; FERRACANE⁴⁸, 1989, WILSON⁹², 1990, MITRA⁵⁵, 1991, GUGGENBERGER; MAY; STEFAN²⁴, 1998, McCABE⁵⁰, 1998).

Foi verificado que a presença da porção resinosa nos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina determinou diferentes comportamentos desse material em meios úmidos. A presença do monômero hidrofílico HEMA (2-hidrioxoetilmetacrilato) na composição da porção líquida do material, levou ao significativo aumento da absorção de água dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina e, conseqüentemente, alteração positiva de volume (ATTIN et al.⁴, 1995, FEILZER et al.¹⁹, 1995, IRIE; NAKAI²⁹, 1995, KIM; HIRANO⁴⁰, 1999, SMALL et al.⁷⁵, 1998, KIM; HIRANO; HIRASAWA³⁹, 1998, SINDEL et al.⁷⁴, 1999, CATTANI-LORENTE et al.⁷, 1999, WATTS; KISUMBI; TOWORFE⁸⁷, 2000, HUANG et al.²⁷, 2002, ELLAKURIA et al.¹⁷, 2003, McCABE; RUSBY⁵¹, 2004, CHUTINAN et al.⁹, 2004, CURY et al.¹³, 2006.). O HEMA, sendo um radical hidrofílico polar, induz a aproximação das moléculas de água, que são mantidas no interior das cadeias poliméricas através de pontes de hidrogênio e forças de van der Waals (ORTEGREN et al.⁶⁴, 2001, ANDRZEJEWSKA et al.², 2003, YIU et al.⁹⁵, 2004, FERRACANE²⁰,

2006). Com isso, a presença da água promove o inchamento do composto e a denominada expansão higroscópica.

Alguns pesquisadores atribuem esta característica do cimento de ionômero de vidro modificado por resina como um fator positivo, já que é percebida uma menor formação de fendas marginais em cavidades (KIM; HIRANO⁴⁰, 1999, HUANG et al.²⁷, 2002, SIDHU; SHERRIFF; WATSON⁷², 1997, McCABE; RUSBY⁵¹, 2004, SIDHU; SHERRIFF. WATSON⁷³, 2004), a resistência adesiva e ao cisalhamento, em cimentação de pinos e peças protéticas, se torna mais favorável, devido ao seu inchamento (IRIE; NAKAI²⁹, 1995, IRIE et al.³², 2006, CURY et al.¹³, 2006), e ocorre uma significativa compensação da contração de polimerização, esta inerente a materiais poliméricos (FEILZER et al.¹⁹, 1995, IRIE; SUZUKI³¹, 2000).

Alguns autores, porém, questionam em até que ponto esta característica de absorção de água se mantém favorável, já que, certamente, as propriedades mecânicas dos materiais podem ser afetadas (ELLAKURIA et al.¹⁷, 2003, ITO et al.³³, 2005, WANG; YAP; NGO⁸⁶, 2006). A dissolução dos componentes resinosos, devido ao processo, podem acarretar efeitos citotóxicos à estrutura dental e adjacências (HAMID et al.²⁵, 1998, SCHUSTER; CAUGHMAN; RUEGGBERGER⁷⁰, 2000, ABOUT et al.¹, 2002, MICHELSEN et al.⁵³, 2003, ARANHA et al.³, 2006), além de que o processo de expansão promove uma tensão que pode vir a comprometer as estruturas dentais mais fragilizadas (ATTIN et al.⁴, 1995, SINDEL et al.⁷⁴, 1999).

Percebe-se que é de extrema valia o conhecimento do comportamento do cimento de ionômero de vidro modificado por resina para a sua utilização de forma mais proveitosa e segura. Com isso, se torna interessante associar o processo de fotopolimerização deste material com seu grau de alteração volumétrica em presença de água, para que assim se torne possível o desenvolvimento de técnicas mais efetivas na utilização do produto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

O cimento de ionômero de vidro modificado por resina foi patenteado em 1989, na Europa por Mitra e foi divulgado na literatura primeiramente por MATHIS; FERRACANE⁴⁸, em 1989. Tais autores incorporaram ao líquido do cimento uma mistura de material resinoso que possuía Bis-GMA, etilenoglicol, canforoquinona como iniciador e uma amina terciária como iniciadora da reação. Essa mistura resinosa foi incorporada em uma concentração de 13% em peso no líquido do cimento de ionômero de vidro. As propriedades mecânicas iniciais foram melhoradas, enquanto que foi observado que a adesão à dentina não foi prejudicada.

Alguns meses após, em 1990, WILSON⁹² relatou sobre a adição do HEMA (2-hidroxietilmetacrilato) no líquido do cimento de ionômero de vidro com o seu sistema ativador. O autor citou que o tempo de trabalho do novo material era mais satisfatório, já que o HEMA tornava a reação ácido-base do ionômero mais lenta. Foi relatado, também, que as propriedades mecânicas foram melhoradas com as mudanças, inclusive que a absorção de água e a solubilidade seriam menores. O autor salientou que para o cimento de ionômero de vidro modificado por resina ter esta denominação, a reação de presa dele principal deveria ser do tipo ácido-base, típica dos ionômeros convencionais, e seria importante que o endurecimento do material acontecesse independentemente da reação de polimerização da porção resinosa.

2.1 Polimerização do cimento de ionômero de vidro modificado por resina

BURKE; HAMLIN; LYNCH⁶, em 1990, com o propósito de avaliar a profundidade da presa de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina e compará-la ao tempo de fotopolimerização, fizeram o estudo utilizando três marcas comerciais e dois tempos de fotopolimerização diferente. Foram utilizadas as marcas comerciais: Light-Cured Zionomer (Dent-Mat Corp.), Vitrabond (3M) e XR Ionomer (Kerr/Sybron Corp.), que foram fotopolimerizados por 30 ou 60 segundos (n=10). Os grupos foram mensurados por microscopia de reflexão. Um grupo fotopolimerizado após 30s foi avaliado logo após o processo de fotoativação, assim como um grupo fotopolimerizado por 60s,

porém um grupo fotoativado por 30s só foi avaliado 12 horas após o processo. Este último grupo foi armazenado em um ambiente escuro, porém seco. Os resultados demonstraram que o maior tempo de fotopolimerização aumentou a profundidade da presa dos materiais, assim como, após 12 horas, a profundidade da presa também aumentou para as três marcas. Os autores concluíram que o aumento do tempo de fotopolimerização gera uma maior profundidade de presa, inicialmente, porém após 12 horas a presa do material é completa independentemente do tempo de fotopolimerização.

MITRA⁵⁵, em 1991, relatou detalhadamente as reações de presas ocorridas no CIVMR. Foi salientado que a reação convencional do cimento de ionômero de vidro começaria imediatamente após o início da mistura, resultando em ligações cruzadas das cadeias de policarboxilato por íons metálicos provenientes do vidro. A reação de polimerização da porção resinosa ocorreria através de grupos pendentes de metacrilatos após a ativação pela luz.

Em 1994, McLEAN; NICHOLSON; WILSON⁵², relataram o desenvolvimento de um novo cimento de ionômero de vidro modificado por resina da marca Vitremer (3M), que segundo o fabricante, teria a reação de presa da porção resinosa também iniciada quimicamente, sem a necessidade do processo de fotoativação.

SWIFT et al.⁸⁰, em 1995, avaliaram a profundidade de presa do CIVMR utilizando cinco marcas comerciais: Fuji II LC (GC América), Geristone (Den-Mat Corporation), Photac-Fil (ESPE AMERICA), Variglass VLC (Caulk/Dentsply) e Vitremer (3M Dental Products Division). Espécimes de cada material (n=5) foram fabricados em formatos retangulares que foram fotopolimerizados por luz halógena por 40 segundos e submetidos ao teste de microdureza após 10 minutos da fotopolimerização. A microdureza foi medida no topo da face do corpo-de-prova e mensurada, posteriormente, a cada 1mm de profundidade. O teste foi repetido após 1 dia e uma semana. Nesses intervalos, os espécimes foram armazenados em água destilada em temperatura ambiente de 25°C. Foi verificado que a região do topo dos espécimes, de todos os materiais, foi significativamente mais dura após 10 minutos de fotopolimerização. Após 24 horas, já não houve significância em relação à profundidade para o Geristone, Photac-Fil, Vitremer e Fuji II LC. Após

uma semana, Fuji II LC, Vitremer e Photac-Fil tiveram os valores mais uniformes da dureza. O Variglass foi o único material que a dureza da base foi significativamente diferente após 1 dia. Os autores concluíram que as camadas mais profundas desses materiais endurecem com o tempo.

Com o intuito de investigar as características de presa da porção resinosa do CIVMR e sua interação com a reação ácido/base, convencional dos ionômeros. KAKABOURA; ELIADES; PALAGHIAS³⁶, em 1996, utilizaram espectroscopia FTIR em espécimes retangulares de 5mm de comprimento, 4mm de largura e 1mm de espessura de Fuji II LC (GC International), Photac-Fil (ESPE) e Variglass (Caulk/Dentsply), CIVMRs fotopolimerizáveis, e Vitremer (3M Dental products) em que a porção resinosa também é polimerizada através da iniciação química. O 1º grupo de 3 espécimes da cada material foi mensurado imediatamente após a mistura, que serviu como controle. O 2º grupo foi irradiado por 60s, analisado e mantido por 20 minutos em ambiente escuro e seco antes de ser analisado novamente em sua superfície superior. O 3º grupo foi irradiado por 60s, analisado e posteriormente, mantido por 20 minutos em ambiente escuro e seco e novamente analisado, porém na região da base. O 4º grupo, após a mistura, foi mantido em um ambiente seco e escuro por 20 minutos, analisado e, posteriormente, irradiado por 60s e analisado novamente na região da base. O grau de conversão da porção resinosa dos materiais, logo após a irradiação variou entre 33 e 50%. A irradiação após 20 minutos de armazenagem em ambiente escuro e seco diminuiu a eficiência de presa dos materiais, com exceção do Variglass, pois este não mostrou a reação ácido/base sob as condições do estudo. Os resultados demonstraram que dentre os espécimes não irradiados, o Vitremer demonstrou o maior grau de conversão. Não houve significância estatística do grau de conversão entre o topo e a base dos espécimes. Os autores também observaram que a fotopolimerização retarda a reação ácido/base, durante o início da reação de presa, porém, posteriormente, ocorre um alto grau de conversão da porção ionomérica.

Em 1998, de GEE. et al.²¹, avaliaram a integridade estrutural de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina associando-os com a fotopolimerização tardia ou ausência de fotopolimerização. Foram avaliados dois cimentos de ionômero de vidro convencionais, Fuji Cap II (GC Dental Ind.

Corp.) e Ketac-Fil Aplicap (ESPE), e três cimentos de ionômero de vidro modificado por resina, Fuji II LC Capsule (GC Dental Ind. Corp), Photac-Fil Aplicap (ESPE) e Vitremer (3M Co). O primeiro grupo foi fotopolimerizado 2 minutos após a mistura, o 2º após 60 minutos, e o 3º não foi fotopolimerizado. No caso do Photac-Fil, um grupo foi fotopolimerizado após 180 minutos. A fotopolimerização foi executada através de luz halógena por 90s. Os cimentos de ionômero de vidro convencionais foram manipulados e receberam uma cobertura de resina fluida para proteção contra a perda de água. Após o endurecimento dos espécimes, eles foram inseridos em uma máquina rotatória que promovia a fadiga dos materiais. Toda a fase de manipulação e teste dos materiais ocorreu em ambiente escuro, impedindo a interferência da luz no estudo. Foram executados 200000 ciclos rotatórios. Outra avaliação foi efetuada uma semana após a manipulação e outra após quatro meses. Para avaliar a estrutura superficial dos espécimes foi utilizado um perfilômetro. Os resultados apontaram que quando a fotopolimerização foi retardada em 1 hora, a integridade estrutural do Fuji II LC e do Photac-Fil foi melhorada significativamente, ao contrário do Vitremer, que teve uma piora da integridade. Quando não houve fotopolimerização, o Fuji II LC não foi afetado, enquanto o Photac-Fil se tornou mais fraco. Após 4 meses, praticamente todos os materiais alcançaram uma integridade favorável, com exceção do Vitremer não fotopolimerizado, que continuou frágil. Os autores concluíram que a integridade estrutural dos CIVMRs se beneficia da integração das cadeias de poliacenoato e poli-HEMA.

PALMER; ANSTICE; PEARSON⁶⁵, em 1999, também avaliaram o grau de conversão e a maturação dos espécimes através da liberação do HEMA dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, relacionando-o com o tempo de fotopolimerização. Foram avaliados 4 cimentos ionoméricos modificados por resina, Vitremer (3M), Fuji II LC (GC Corporation), Fuji Lining LC (GC Corporation) e Vitrebond (3M). Os espécimes (n=6) preparados em forma de disco, tiveram as dimensões de 10mm de diâmetro e 1mm de espessura. Um grupo foi fotopolimerizado de acordo com as normas proferidas pelos fabricantes, outro grupo foi fotopolimerizado com apenas metade do tempo recomendado, um terceiro grupo foi polimerizado 50% a mais do que o prescrito e o quarto grupo não sofreu o processo de fotopolimerização

e permaneceu em uma câmara escura. Após isso, os espécimes foram mantidos em uma incubadora à 37°C e inseridos em recipientes com 20ml de água destilada em 3 tempos de maturação diferentes: 10 minutos após a mistura, 40 minutos e 24 horas. Posteriormente, cada recipiente foi vedado e colocado na incubadora novamente.. A mensuração do HEMA liberado pelos espécimes se deu após 4 horas de incubação. O processo para se avaliar a concentração do HEMA se deu através da cromatografia líquida. Os resultados demonstraram que o Vitremer liberou uma quantidade de HEMA significativamente maior quando não fotopolimerizado e armazenado em 10 minutos e 40 minutos após a mistura, porém não significativo após 24 horas. Quando sofreu sub ou sobre-fotopolimerização, o Vitremer não demonstrou diferença significativa na liberação de HEMA. O único grupo em exceção foi o que foi inserido no recipiente 10 minutos após a mistura e foi sobre-fotopolimerizado quando comparado com o polimerizado segundo o fabricante. Fuji II LC foi o material que mais liberou HEMA quando não foi fotopolimerizado, observou-se também que, diferente do Vitremer, o Fuji II LC se beneficiou com sobre-fotopolimerização, liberando menos HEMA. A porcentagem de HEMA liberada pelos cimentos forradores foi maior do que os restauradores. O Fuji Lining LC foi bastante sensível ao menor tempo de fotopolimerização. Não foram realizadas mensurações no Vitrebond inserido no recipiente após 10 minutos da mistura, pois não houve tempo suficiente para a maturação inicial do material. Os autores concluíram que os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina devem ser fotopolimerizados, no mínimo, no tempo recomendado pelos fabricantes.

2.2 Absorção de água do cimento de ionômero de vidro modificado por resina

Em 1995, FEILZER et al.¹⁹, avaliaram a tensão de expansão higroscópica dos cimentos de ionômero de vidro convencionais e modificados por resina. Foram avaliados 4 cimentos convencionais (Fuji II, Fuji II Cap, Ketac-Fil e Chemfil Superior) e dois cimentos de ionômeros de vidro modificados por resina (Fuji II LC e Photac-Fil Aplicap). Os espécimes, em forma de disco, foram confeccionados em dimensões de 5,4mm de diâmetro e 2mm de espessura. O processo de presa de cada material foi monitorado

através de um tensilômetro. O processo de presa foi monitorado em duas condições: uma em ambiente vedado (matriz Mylar), em que se prevenia a troca osmótica de água, e em ambiente úmido, em que o espécime era envolto por um papel úmido. No CIVMR o papel era colocado após 6 minutos após a exposição à luz e no CIV convencional, o papel era inserido 15 minutos após o início da manipulação. Os espécimes isolados foram avaliados por 1 hora no tensilômetro e os expostos à umidade foram analisados por 15 horas. Os resultados demonstraram que todos os CIVs convencionais se fraturaram espontaneamente em ambiente isolado, o que não aconteceu com os CIVMRs, porém houve uma maior tensão de contração nessa condição. Em ambiente úmido, os CIVs não se fraturam, percebendo-se que a água aliviou as tensões, que permaneceram praticamente estáveis. Em ambiente úmido, os CIVMRs após a exposição ao papel úmido, reverteram a tendência de contração e tiveram uma significativa tensão de expansão.

ATTIN et al.⁴, em 1995, avaliaram a contração de polimerização inicial e o aumento volumétrico de seis ionômeros modificados por resina, um compósito híbrido e um cimento de ionômero de vidro convencional. A contração de polimerização foi medida 5 minutos e 24 horas após a mistura e a expansão higroscópica, após 14 e 28 dias. O material após espatulado foi inserido e selado em uma bolsa de polietileno, sem a presença de ar. Essas bolsas foram, então, pesadas a seco. Posteriormente foram pesadas dentro da água. Após a remoção da água, o material foi fotopolimerizado por 90 segundos em cada lado. Outra pesagem foi feita depois de 5 minutos de completada a ativação luminosa. As bolsas foram armazenadas à 37° por 24 horas e depois pesadas dentro da água. O cálculo da contração de polimerização foi feito, tendo como variáveis, o peso na água da bolsa preenchida antes da fotopolimerização, massa, em água, das bolsas após a fotopolimerização, massa da bolsa antes da polimerização, pesada a seco e peso da bolsa vazia. Posteriormente, o material foi removido das bolsas e armazenado em água destilada à 37°C. Os espécimes foram pesados a seco e dentro da água após 14 e 28 dias de armazenamento, tendo assim as variáveis para se calcular a expansão higroscópica do material. Os resultados demonstraram que o CIVMR apresentou maiores variações volumétricas, tanto na contração de polimerização, como na expansão higroscópica. Os autores

concluíram que o CIVMR poderia afetar a integridade marginal de restaurações.

Os pesquisadores IRIE; NAKAI²⁹, em 1995, também avaliaram o efeito da água em materiais forradores de cavidade. Foram avaliados dois cimentos de ionômero de vidro convencionais (Dentin Cement, GC e Lining Cement, GC), um compósito modificado por poliácido (Ionosit, DMG) e dois cimentos de ionômero de vidro modificado por resina (Vitrebond, 3M e Fuji Lining LC, GC) com relação às alterações das massas do material 30 minutos, 24 horas e 7 dias após a armazenagem em água destilada. Foi verificada também a expansão linear de cada material, com a utilização de um micrômetro elétrico. O intervalo de avaliação foi semelhante ao da mensuração das massas. Posteriormente foi feita avaliação da resistência flexural dos materiais. Os resultados demonstraram que os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina demonstraram maior ganho de água, maior expansão linear e também maior resistência flexural. O Ionosit apresentou uma absorção de água e expansão linear semelhante ao cimento de ionômero de vidro convencional, no entanto demonstrou uma superior resistência flexural após sete dias. Os autores afirmaram que o processo de polimerização dos materiais continua dentro da água e que o cimento de ionômero de vidro modificado por resina pode compensar a contração de polimerização com a expansão higroscópica.

Na tentativa de avaliar a infiltração entre cimentos de ionômero de vidro modificados por resina para forramento e paredes cavitárias, IRIE; NAKAI³⁰, em 1996, utilizaram três materiais: Vitrebond (3M), Fuji Lining LC (GC) e Photac-Bond (ESPE). Eles avaliaram a margem da restauração em cavidades com margens em dentina e em cavidades em uma matriz de teflon. As cavidades foram avaliadas em 30 minutos, 1 dia e 1 semana após a mistura. As amostras foram armazenadas em água destilada à 37°C. Para a avaliação das margens, foi utilizado um microscópio ótico com 1000 X de aumento. Foram feitos também, testes de resistência ao cisalhamento entre a dentina e o CIVMR. O intervalo das avaliações e as condições de armazenagem foram idênticos aos já citados. Os autores verificaram que após 30 minutos da mistura houve formação de fendas marginais em ambas as condições, sendo que em dentina, foi significativamente menor, provavelmente pela presença de

forças de ligação entre o material e a dentina. Após 1 dia houve uma significativa redução das fendas em ambos os tipos de cavidade e não houve mudança estatística entre um dia e uma semana. A resistência ao cisalhamento aumentou significativamente em uma semana. Não houve significância estatística entre os materiais quando verificado o tamanho da fenda, porém, o Fuji II LC lining demonstrou uma maior resistência ao cisalhamento. Os autores concluíram que o cimento de ionômero de vidro modificado por resina sofre uma expansão higroscópica que diminui fendas marginais inerentes ao processo de polimerização dos materiais.

KANCHANAVASITA; ANISTICE; PEARSON³⁷, em 1997, com o intuito de avaliar as características de absorção de água dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, avaliaram o grau de absorção de água, solubilidade e alteração volumétrica destes materiais utilizados para bases e forramentos como também para restaurações. Foram avaliados dois CIVMRs para base e forramento (Vitrebond e Fuji Lining LC) e dois para restaurações (Vitremer e Fuji II LC). Os espécimes em forma de disco foram confeccionados com 10mm de diâmetro e 1mm de espessura. Após a fotopolimerização dos espécimes, eles foram mensurados em espessura e diâmetro através de um micrômetro digital. Posteriormente eles foram pesados em uma balança digital, obtendo-se o peso inicial (m_0). Após a pesagem, metade dos espécimes foi armazenada em água destilada e a outra metade em saliva artificial à 37°C. As pesagens se repetiram seguidamente até que o peso de cada espécime se tornasse constante, (m_{s1}). Para assegurar o equilíbrio, após a obtenção de m_{s1} , os espécimes ficaram mais 2 semanas armazenados. Após a remoção dos meios de armazenagens, os corpos-de-prova foram secos, pesados e mensurados em espessura e diâmetro. Posteriormente, os espécimes foram armazenados em ar, à 37°C até, novamente, se obter um peso constante (m_{d1}). Após a medida em seco, os espécimes foram submetidos mais uma vez a um ciclo de absorção de água (WS_2) e outro de dissecação (WD_2), porém a dissecação foi realizada dentro de um dissecador em vez de ar. Segundo os autores, o segundo ciclo é o que realmente informa o verdadeiro valor de sorção de água e a segunda secagem permite se obter a solubilidade do material, pois se remove totalmente a água. Os resultados demonstraram que o material que mais absorveu água foi o Vitrebond, seguido

pelo Fuji Linning LC, Fuji II LC e Vitremer. Para os materiais forradores, a taxa de absorção variou entre 21 e 28% da massa total, e para os restauradores foi de 10 a 13% da massa total. Os materiais armazenados em saliva artificial apresentaram significativamente maior absorção de água. A solubilidade dos espécimes no 1º ciclo foi maior que no 2º, sendo que a solubilidade dos materiais forradores foi de 9,6% para o Vitrebond, 3,3% para o Fuji Lining LC, e a dos restauradores foi de aproximadamente 2% para ambos. Os autores concluíram que os materiais forradores apresentaram maior grau de expansão volumétrica, tanto em água destilada, como em saliva artificial.

SIDHU; SHERRIFF; WATSON⁷², em 1997, na tentativa de observar os graus de sinérese e embebição de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina elaboraram um método em que as restaurações confeccionadas nas regiões proximais dos dentes eram observadas em microscopia óptica após tempos de armazenagem em meio líquido que variaram de 1 dia a 1 ano. Cada espécime, após ser removido do meio líquido foi mentido em ambiente seco e também observado entre 15 minutos e uma hora neste tipo de ambiente, para assim permitir o processo de sinérese. Os autores observaram que após 3 meses, os materiais diminuíram significativamente a sensibilidade em ambiente seco, porém, o Fuji II LC e o Fuji Cap II ainda se mostravam sensíveis após 1 ano de armazenamento diferentemente do Vitremer e do cimento convencional Photac-fil.

KIM; HIRANO; HIRASAWA³⁹, em 1998, também na tentativa de estudar e quantificar o grau de absorção de água de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, utilizaram duas marcas comerciais de CIVMR, Fuji II LC e Vitremer. Um cimento de ionômero de vidro convencional, Fuji II, foi utilizado como controle. Para a avaliação da absorção de água e solubilidade, os espécimes foram armazenados em um meio úmido até haver uma estabilização nas massas e, posteriormente, em um tempo predeterminado, os espécimes foram retirados, secos e pesados. A taxa de absorção de água foi calculada subtraindo o valor da massa após a armazenagem pelo valor da massa quando ela entrou em equilíbrio. Posteriormente, os espécimes foram postos em um ambiente seco e armazenados até que fossem observadas novas estabilidades das suas

massas. A taxa de solubilidade foi calculada subtraindo a massa constante a seco da massa constante úmida inicial. Foi avaliada também a resistência ao cisalhamento em esmalte e dentina de dentes bovinos. Os materiais foram inseridos nas superfícies desses dentes e o teste foi efetuado 24 horas após armazenagem em água destilada. Os autores observaram que os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina absorveram mais água e apresentaram maior expansão do que o cimento convencional. Embora não tenham existido diferenças significantes em relação à absorção de água e à alteração linear, o Fuji II LC demonstrou maior solubilidade do que o Vitremer, e maior também do que o ionômero convencional. O Fuji II LC demonstrou maior resistência ao cisalhamento em dentina e esmalte. Embora o Vitremer tenha demonstrado maior resistência ao cisalhamento do que o Fuji II, em dentina o resultado foi muito ruim e alguns espécimes soltaram-se antes do teste.

McCABE⁵⁰, em 1998, comparou a expansão higroscópica de dois cimentos de ionômero de vidro modificados por resina (Fuji II LC e Vitremer) e dois compósitos modificados por poliácidos (Dyract e Compoglass). Os materiais foram inseridos em cavidades cilíndricas e os conjuntos foram armazenados em água destilada e mensurados após 1 mês e 6 meses de armazenamento. A medição da expansão higroscópica se deu através de perfilometria. O Fuji II LC foi o material que apresentou maior aumento de volume, significantemente maior que o Vitremer. Porém os CIVMRs expandiram mais do que os compômeros, sendo que o compoglass expandiu significantemente mais do que o Dyract. O autor concluiu que a significância clínica da expansão causada pela absorção de água não era ainda compreendida, e novos estudos deveriam ser realizados.

Utilizando um “scanner” à LASER de análise tridimensional, KIM; HIRANO⁴⁰, em 1999, avaliaram a alteração volumétrica do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji II LC em cavidades padronizadas na região cervical de incisivos de dentes bovinos. Eles associaram o fator C de configuração cavitária com a contração de presa e com a expansão higroscópica do material. Os autores concluíram que o fator C está relacionado com as alterações volumétricas do CIVMR. Quanto maior o fator C, menores são as alterações volumétricas do material. Foi observado também que o

volume da cavidade não interferiu significativamente nos processo de contração de presa e expansão higroscópica.

Com o intuito de avaliar as propriedades físicas do CIVMR relacionadas com o efeito do armazenamento em água, Lorente-Cattani et al.⁴⁴, em 1999, utilizaram quatro CIVMRs restauradores, Fuji II LC, Fuji II LC encapsulado, Vitremer e Photac Fil, dois CIVMR para base de restauração, Vivaglass e Photac-Bond, e três CIVs convencionais restauradores, Chemfil, Fuji II e Ketac-Fil. Quatro formas de armazenamento foram utilizadas: ambiente seco (15% de umidade relativa), água destilada, ambiente úmido (80% de umidade relativa) e armazenagem no ambiente úmido por uma hora, seguida pelo armazenamento em água destilada. As avaliações foram feitas em intervalos regulares após 24hs de armazenagem até 3 meses. Foram realizados os ensaios mecânicos de resistência flexural, dureza Vickers e módulo de elasticidade. A absorção de água dos espécimes foi mensurada por pesagens em intervalos regulares e a alteração volumétrica foi observada por um micrômetro. Observou-se que os CIVMRs absorveram uma quantidade significativamente superior de água, tendo uma relação direta com a expansão volumétrica. As propriedades mecânicas dos materiais diminuíram quando houve maior absorção de água.

SINDEL et al.⁷⁴, em 1999, avaliaram a influência que as resinas compostas, os compósitos modificados por poliácido e os CIVMRs teriam quando utilizados como agentes cimentantes ou como núcleos de preenchimento em restaurações indiretas em porcelana pura. Como material para cimentação foram testados dois compósitos modificados por poliácidos (compósito experimental e Dyract Cem), um material resinoso (Variolink Low) e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Fuji Plus). Para núcleo de preenchimento, foram avaliados três compósitos modificados por poliácidos (Dyract AP, Dyract Cem e Hytac), uma resina composta (Tetric) e um CIVMR (Fuji II LC). Foram utilizados dentes humanos preparados para coroa total em cerâmica pura (IPS-Empress), sendo que em uma parte existia uma cavidade padronizada para receber o material de preenchimento. Após a cimentação da coroa, os espécimes foram armazenados em solução salina à 37°C. Um microscópio óptico, em uma amplitude de 40x, foi utilizado para analisar as trincas na porcelana. As avaliações foram feitas após 1, 3, 6, 9 e 12 meses

após o início da armazenagem. Os resultados, após 1 ano, demonstraram que quando se utilizou material resinoso, como cimento ou como preenchimento, não houve formação de trincas, já quando o CIVMR foi utilizado em conjunto com outro CIVMR ou com compômero, houve formação de trincas. Os autores concluíram que a expansão higroscópica do CIVMR levou as falhas das porcelanas.

Com a tentativa de avaliar o efeito da água aplicada nos procedimentos de polimento de materiais ionoméricos, WILDER et al.⁸⁹, em 2000, utilizaram 30 molares recém-extraídos e fizeram uma cavidade de classe V na região vestibular e outra na lingual de cada unidade. Os terminos cervicais dos preparos situaram-se nas junções amelo-cementárias. As cavidades tiveram as dimensões de 3mm de comprimento, 3mm de largura e 1,5mm de profundidade. Cada grupo de 10 dentes foi restaurado com cimentos diferentes. Um grupo foi restaurado com CIV convencional (Fuji II) e os outros dois com CIVMR (Vitremer e Fuji II LC). Foi utilizado o sistema de condicionamento dentário específico para cada material. Uma restauração, em cada, sofreu o processo de polimento com a utilização de água e a outra restauração foi polida sem água. Após os polimentos, os espécimes foram termociclados 500x, em banhos, nos quais a temperatura variou entre 5°C e 55°C, por 30s em cada banho. Para se avaliar o grau de infiltração marginal, os espécimes foram preparados para a observação em microscópio. Cada dente foi seccionado no sentido vestibulo-lingual e cada secção foi observada em microscópio, com amplificação de 40x. Criou-se uma padronização numérica para avaliar a penetração do nitrato de prata. A rugosidade da superfície após polimento também foi avaliada, e para isso foram confeccionados três discos de cada CIVMR. Dois espécimes de cada material foram polidos e um foi utilizado como controle. Dos espécimes polidos, um foi com a utilização da água e outro sem. Um rugosímetro foi utilizado para avaliar a superfície de cada espécime. Os resultados demonstraram que, em cada restauração, as falhas em esmalte foram menores do que em dentina. Os CIVMRs promoveram uma menor fenda do que o CIV convencional. O Vitremer apresentou, significativamente, menor fenda do que o Fuji II LC. Não houve diferença estatística entre polimento com uso de água, ou sem. No entanto, o polimento com água criou uma superfície mais rugosa. Os autores concluíram que os

CIVMRs são mais indicados em restaurações classe V do que os convencionais e que o polimento deve ser efetuado sem água.

Em 2000, WATTS; KISUMBI; TOWORFE⁸⁷ avaliaram a alteração volumétrica de materiais restauradores e também os meios de armazenagem. Foram testados cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Fuji II LC), cimento de ionômero modificado por metal (Hi dense- Cermet), cimento de ionômero fosforilado (Diamond 90), compósito modificado por poliácido (Dyract AP) e resina composta (Z100). Foram feitos 20 espécimes de cada material (4mm de diâmetro x 6mm de espessura) e subdivididos em 4 grupos (n=5): armazenagem em silicone fluido à 23°C, armazenagem em óleo de silicone à 37°C, armazenagem em água deionizada à 23°C e armazenagem em água deionizada à 37°C. Para a avaliação da alteração volumétrica dos materiais foi utilizado o princípio matemático de Arquimedes. As análises foram feitas após 24h e 30 dias de armazenagem. Os resultados demonstraram que o CIVMR foi o material que mais se expandiu, em água, seguido pelos CIV reforçado por metais, cimento de ionômero fosforilado, compósito modificado por poliácidos e resina composta. Em silicone fluido houve pouca alteração dimensional, basicamente a contração de polimerização. Não houve uma alteração significativa dos resultados quando foi alterada a temperatura de armazenamento. Os autores concluíram que a armazenagem em dois tipos diferentes de meio contribuiu para o entendimento da química da presa dos materiais e do efeito do tempo no meio aquoso.

Em 2000, HUANG et al.²⁷ avaliaram o efeito da expansão higroscópica de materiais restauradores na diminuição de fendas marginais. Foram analisados: dois cimentos de ionômero de vidro modificados por resina (Vitremmer e Fuji II LC), dois giômeros (Bealtiful e Reactmer Paste), dois compômeros (Compoglass e F2000) e duas resinas compostas (Filtek Z250 e Tetric Ceram). Foram utilizados 160 cilindros de vidro de borosilicato. Metade da face interna de cada cilindro foi vedada com cera e a outra foi tratada para receber um procedimento adesivo. Após a inserção do material restaurador, a face intocada do cilindro formou fendas. Os CIVMRs foram cobertos com uma fina camada de resina fluida para evitar perda excessiva de água. Os espécimes foram armazenados em um umidificador com 100% de umidade relativa, por 24h, à 37°C. As superfícies externas dos espécimes foram então

polidas e depois observadas em um microscópio óptico com amplitude de 570x. O local que exibiu a maior fenda foi registrado em imagem digital e mensurado por um software analisador de imagens (Scion image 4.0.2, Scion). A primeira análise serviu como grupo controle da pesquisa. Para cada material, 10 espécimes foram armazenados em água deionizada e 10 em silicone fluido. As dimensões das fendas de cada espécime foram novamente observadas em 1, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 semanas após a primeira mensuração. Os resultados demonstraram que os CIVMRs apresentaram a maior redução das fendas na 1ª semana. Os compômeros apresentaram uma expansão tardia e as resinas compostas demonstraram o menor grau de redução. Após a 1ª semana, não houve diferença estatística na porcentagem de redução das fendas para nenhum grupo. Os giômeros exibiram uma rápida e agressiva expansão, fraturando 40% dos espécimes. Os autores concluíram que a redução das fendas marginais resultaram da absorção de água, que é mais rápida e maior nos CIVMRs.

TOLEDANO et al.⁸³, em 2003 avaliaram o grau de sorção e solubilidade, em água, de alguns materiais restauradores que possuíam substâncias resinosas em sua composição. Foram utilizadas para a pesquisa duas resinas compostas (Z100 e Prodigy), quatro compósitos modificados por poliácidos (Compoglass, Compoglass F, Dyract e Dyract AP) e dois cimentos de ionômero de vidro modificados por resina (Vitremer e Fuji II LC). Espécimes, em forma de disco (n=5), foram preparados para cada material em dimensões de 15mm de diâmetro por 2mm de espessura. Após o polimento, os espécimes foram inseridos em um dessecador, à 37°C até que um peso constante fosse alcançado (m_0). Posteriormente, eles foram armazenados em água destilada à 37°C. Foram feitas pesagens em intervalos de 1h, 6h, 24h e seqüencialmente de dois em dois dias até que o peso constante fosse alcançado (m_1). Novamente os espécimes foram colocados no dessecador refazendo outro ciclo até a obtenção de outra massa constante (m_2). Para a obtenção da sorção de água (A) foi utilizada a fórmula: $A = (m_1 - m_2)/V$ e para a solubilidade (S) foi utilizada a fórmula: $S = (m_0 - m_2)/V$. Dois espécimes de cada grupo foram então preparados para serem analisados em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados demonstraram que o Compoglass foi o material que menos absorveu água, seguido pelo Compoglass F e Prodigy, com diferenças

significantes entre eles. Dyract e Dyract AP seguiram o grupo. A resina Z100 mostrou valores diferentes do que o Dyract, porém não significativo em relação ao Dyract AP. Fuji II LC, seguido pelo Vitremer apresentaram os maiores valores de absorção de água. Em relação à solubilidade em água, Compoglass e Compoglass F foram os materiais que demonstraram os menores valores, seguidos pelo Prodigy, Z100, Dyract e Dyract AP, sem significância entre eles. O Fuji II LC foi o material com maior média de solubilidade, seguido pelo Vitremer. Na análise em microscopia eletrônica de varredura o Dyract, Dyract AP e Z100 demonstraram maiores irregularidades, cargas expostas e espaços, que foram ocupados por cargas soltas. Compoglass, Compoglass F e Prodigy demonstraram as superfícies mais planas e homogêneas. Os autores concluíram que a absorção de água e solubilidade são principalmente influenciadas pelo tipo do material, e que as variações ocorridas em cada tipo de material resultam das diferenças das composições da matriz resinosa.

Ainda em 2003, SINYDER et al.⁷⁶ avaliaram a viabilidade do uso do CIVMR para cimentação de peças em porcelana pura. Foram fabricados copings de porcelana aluminizada para cimentar em modelos de titânio. Foram utilizados dois cimentos na pesquisa: Rely X Luting Cement e GC Fuji Plus para a cimentação de 15 “copings” de cada material. Após a cimentação os espécimes foram armazenados em um ambiente em 100% de umidade, à temperatura de 25°C até o início dos testes. Na primeira etapa do estudo, os espécimes foram inspecionados em 6, 12 e 24 semanas utilizando-se uma lupa de aumento de 2,5x e também um microscópio óptico com amplificação da imagem de 20x. Dezoito espécimes foram avaliados da mesma forma por 4 anos. Em outra etapa da pesquisa, 18 “copings” aluminizados foram divididos em 3 grupos (n=6). Todos eles foram cimentados com o GC Fuji Plus, no entanto, um grupo foi cimentado uma semana antes do teste de compressão em uma máquina de ensaios, outro grupo dez semanas antes do teste, e o terceiro, sessenta semanas. Os espécimes foram armazenados em ambiente com 100% de umidade à temperatura de 25°C. Os resultados mostraram que, na primeira etapa da pesquisa, não foi encontrado nenhum sinal de trinca nas porcelanas, nem após 4 anos. Na segunda etapa, foi necessária uma carga significativamente maior para fraturar o espécime cimentado há sessenta

semanas antes do teste. Os autores concluíram que a expansão do cimento não é a única responsável pela fratura da peça em porcelana pura.

CHUTINAN et al.⁹, em 2004, avaliaram a influência da água na alteração volumétrica de 6 materiais de preenchimento. Foram utilizadas duas resinas compostas de presa dual (Built-it FR e CoreStore), duas resinas compostas quimicamente ativadas (Core-Paste e Ti-Core), um CIVMR (Fuji II LC Core) e um cimento de ionômero de vidro reforçado por metais (Ketac-Silver). Espécimes em forma de disco foram feitos de cada material, com dimensões de 7mm de diâmetro e 2mm de espessura. De cada grupo, cinco espécimes foram armazenados em óleo de silicone à 23°C, cinco em óleo de silicone à 37°C, cinco em água destilada à 23°C e 5 em água destilada à 37°C. Foi utilizado o princípio de Arquimedes para mensurar o grau de alteração volumétrica, em porcentagem, de cada material. Os espécimes foram mensurados em 1, 14 e 56 dias de armazenamento. Os resultados demonstraram que, quando armazenados em óleo de silicone, todos os materiais se contraíram. Quando armazenados em água, todos os materiais sofreram expansão. Fuji II LC foi o material que mais se expandiu em água, seguido do Ketac-Silver, Core-Paste, Built-it FR, Ti-Core e CoreStore. Não houve significância estatística quando houve variação de temperatura. Os autores concluíram que o CIVMR expande, em água mais que os outros materiais e que o efeito disso nas margens das restaurações devem ser investigadas.

SIDHU et al.⁷³, em 2004, observaram a capacidade de materiais ionoméricos, em meio aquoso, de corrigir fendas provocadas pela desidratação. Foram feitas cavidades (2mm de diâmetro, por 2mm de profundidade) em superfícies planas de esmaltes humanos. Foram utilizados 15 dentes e cada grupo de 5 foi restaurado com um material ionomérico. Um grupo foi com um cimento de ionômero de vidro convencional (Fuji IX) e os outros dois grupo foram restaurados com CIVMRs (Fuji II LC e Photac-Fil Quick). Os espécimes foram levados a um microscópio confocal, com a lente objetiva de 50x. A maior fenda de cada corpo-de-prova foi selecionada na imagem e fotografada. Foi, então, pingada água destilada sobre os espécimes, e eles foram observados por 15 minutos no microscópio, sendo as imagens capturadas a cada 2 segundos. Os autores observaram que a

desidratação causou formação de fendas em todos os materiais, principalmente nas interfaces com o esmalte. Nenhum material teve as fendas fechadas após a hidratação. As alterações, na presença de água, ocorreram nos primeiros 10 minutos. Não foi observado fechamento após esse tempo. O processo de fechamento das fendas foi maior e mais rápido com os cimentos modificados por resina, embora não tenha sido significativamente estatístico.

WANG; YAP; NGO⁸⁶, em 2006, examinaram o efeito da tensão de cisalhamento na exposição precoce à água de cimentos de ionômero de vidro restauradores. Foram avaliadas 4 marcas de cimentos de ionômero de vidro convencionais: Fuji II, Fuji IX GP Fast (alta resistência e presa rápida), Ketac Molar Quick (alta resistência e presa rápida) e Ketac Molar (alta resistência e tempo normal de presa) e uma de cimento de ionômero de vidro modificado por resina, Fuji II LC. Foram confeccionados 16 espécimes de cada material (8,7mm de diâmetro por 1mm de espessura), divididos em 2 grupos (n=8) após a manipulação. O CIVMR foi fotopolimerizado de forma convencional, como recomendado pelo fabricante. Os cimentos convencionais permaneceram 6 minutos prensados na matriz para assegurar o término da 1ª fase da presa. O 1º grupo de cada material foi totalmente coberto com resina fluida (Fuji Coated, GC), que foi fotopolimerizada em seguida. Todos os espécimes foram armazenados em água destilada por 4 semanas. Posteriormente, eles foram submetidos ao teste de cisalhamento (Punch-test) em uma máquina de ensaios Instron Micro-tester. Os resultados demonstraram que não houve diferença significativamente estatística na resistência ao cisalhamento entre os grupos selados e não-selados. Em relação ao modo de fratura, apenas o Ketac Molar apresentou diferença, pois os espécimes selados apresentaram trincas mais circunferenciais. O Ketac Molar e o Ketac Molar Quick foram significativamente mais resistentes que o Fuji II. Os autores concluíram que, a exposição precoce à água, não enfraquecem esses materiais, e que um aumento da resistência marginal é observado nos novos materiais.

CEFALY et al.¹⁰, em 2006, compararam o efeito do tipo de fonte de luz no grau de absorção de água de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina e de uma resina composta. Foram utilizadas duas marcas comerciais de cimento de ionômero de vidro modificado por resina: Fuji II LC (GC) e Vitremer (3M/ESPE). A resina composta micro-híbrida Filtek Z250

(3M/ESPE) foi utilizada como controle. Metade dos espécimes de cada material (n=5), com dimensões de 15mm de diâmetro por 1mm de espessura, foi fotopolimerizada com um tipo diferente de fonte de luz: halógena e diodos emissores de luz (LED). Após a fotopolimerização, os espécimes foram mantidos em um dessecador até a obtenção da massa constante. Posteriormente, foram armazenados em água destilada, à 37°C, por 7 dias e depois novamente inseridos em um dessecador até que a massa constante fosse obtida. Com os dados, os valores da absorção de água dos materiais foram obtidos. Os resultados mostraram que os espécimes de CIVMR, fotopolimerizados através de luz LED, absorveram uma maior quantidade de água quando comparados aos de luz halógena. Os CIVMRs absorveram uma quantidade de água significativamente maior que a resina composta. Os autores concluíram que o tipo de unidade de fotoativação afetou as características de sorção de água dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina.

3 PROPOSIÇÃO

3 PROPOSIÇÃO

Uma melhor utilização dos materiais restauradores também é promovida pelos estudos do seu comportamento em variadas situações. Sabe-se que o cimento de ionômero de vidro modificado por resina demonstra uma expansão higroscópica mais significativa que os outros materiais restauradores e isso ocorre devido à presença do monômero resinoso HEMA em sua composição. Já que o processo de presa deste material envolve um mecanismo complexo, buscaram-se respostas relacionadas ao grau de alteração dimensional e sua forma de fotopolimerização. O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da fotopolimerização (ausência, 20s, 40s e 60s) na alteração dimensional (expansão higroscópica) de três marcas comerciais de cimentos de ionômero de vidro modificado por resina, em três períodos distintos de armazenamento em água destilada à 37°C: 24 horas, 07 dias e 30 dias após a mistura do material, através da equação baseada no princípio físico de Arquimedes.

O trabalho testa as hipóteses nulas de que:

- O tempo de fotopolimerização interfere na alteração dimensional dos cimentos de ionômeros de vidro modificados por resina.

.- Os cimentos de ionômero de vidro de tripla presa, não são afetados pela ausência da fotopolimerização.

- A expansão higroscópica do cimento de ionômero de vidro modificado por resina está diretamente relacionada com o tempo de armazenamento.

4 MATERIAIS E MÉTODO

4 MATERIAIS E MÉTODO

Na presente pesquisa, foram utilizadas três marcas comerciais de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina que se encontram descritas na tabela abaixo (tabela 4.1):

Tabela 1 – Marcas comerciais dos materiais utilizados com seus respectivos lotes, cores, validade e composições.

<i>Marca comercial</i>	<i>Fabricante</i>	<i>lote</i>	<i>cor</i>	<i>validade</i>	<i>Composição do pó</i>	<i>Composição do líquido</i>
Vitremer(V)	3M/ESPE, St. Paul MN, USA	Pó:20050824 Liq.:2001005	A3	Julho/2008	vidro de fluoraluminossilicato	HEMA, água e ácido polialquênico copolímero de ácido carboxílico
Fuji II LC (FII)	GC corp. Tokyo, Japão	0505021	A3	Maio/2007	vidro de alumino-silicato	ácido poliacrílico, HEMA ingredientes próprios TMHMD
VitroFil (VF)	LC DFL, RJ, Brasil	Pó:06040647 Liq.: 05121463	A3	Dezembro/2007	silicato de estrôcio-alumínio, carga, ativadores	HEMA, solução aquosa de ácidos poliacrílicos, peróxido de benzoíla e canforoquinona

4.1 Confeção dos espécimes

Foram confeccionados 60 espécimes, 20 de cada marca comercial, que foram distribuídos nos seguintes grupos (n=5):

Grupo 1: espécimes fotopolimerizados por 20s.

Grupo 2: espécimes fotopolimerizados por 40s

Grupo 3: espécimes fotopolimerizados por 60s.

Grupo 4: grupo controle. Os espécimes não foram fotopolimerizados

Os espécimes cilíndricos, achatados, com dimensões de 5mm de diâmetro e 2mm de espessura foram confeccionados em uma sala fechada com temperatura e umidade controladas, de aproximadamente 23 +/-1°C e 50 +/-5%, respectivamente.

Para a confecção dos espécimes, foi utilizada uma matriz de politetrafluoretileno (PTFE), com diâmetro externo de 30mm e espessura de 2mm, vazada no centro com dimensão de 5mm, onde o material foi inserido.

O pó e o líquido de cada material foram manipulados com a proporção pó/líquido, em peso, estabelecida pelos fabricantes, sendo 1,6/1 para o Vitremer, 3/1 para o Fuji II LC e (1,5/1) para o Vitrofil LC. A mistura foi efetuada em um bloco de papel específico para espatulação do CIVMR através de uma espátula metálica nº27 de aço inoxidável (Duflex), por 45 segundos. Em seguida, a mistura foi inserida em uma ponta descartável da seringa Centrix (DFL, RJ, Brasil) dentro da matriz de teflon, posicionada sobre uma lâmina de vidro utilizada em microscopia óptica. A lâmina foi recoberta por uma tira de poliéster para evitar o contato do cimento com o vidro. Após a inserção do cimento, uma outra tira de poliéster e lâmina de vidro foram posicionadas sobre a matriz.

Um peso de 0,5Kg foi aplicado sobre o conjunto, permitindo o extravasamento do material para fora da cavidade da matriz. O conjunto foi então colocado dentro de uma caixa de papelão hermeticamente fechada, o que impediu a entrada de luz em seu interior. Cada amostra permaneceu por 15 minutos dentro da caixa.

Para os espécimes dos grupos 1, 2 e 3, após a remoção da caixa, os corpos-de-prova foram fotopolimerizados com o aparelho Demetron (Dabi-Atlante) através de luz halógena, em uma densidade de potência controlada de 500 mW/cm², através de um radiômetro, por 20, 40 e 60 segundos, respectivamente, com a ponta do fotopolimerizador encostada na lâmina de vidro, por todo o tempo da fotoativação.

Após a fotopolimerização, os espécimes foram removidos das matrizes de PTFE com uma leve pressão digital, utilizando-se luva de látex, não existindo resistência significativa por parte da matriz.

Posteriormente, foi utilizada uma lâmina de bisturi de nº 12 para remoção de excessos de material, nos ângulos, entre a base e a lateral dos corpos-de-prova. Em seguida, iniciou-se a primeira sequência de pesagem dos espécimes. Para a realização das pesagens foi utilizada uma balança analítica (AT 261 Delta Range / Mettler Toledo) com aparato de especificação da

densidade, ou seja, com possibilidade de mensurar a massa do material dentro de um fluido.

Primeiramente, o espécime foi pesado de forma convencional, na área específica da balança analítica obtendo-se o peso real inicial em ar (M_s). Posteriormente, a amostra foi removida da balança, e esperou-se o seu retorno ao ponto zero. Após a obtenção desse ponto, o espécime foi pesado para determinar a massa aparente em um meio fluido (M_a). Ele foi inserido na região da balança, em uma cesta acoplada à base, que se encontrava dentro de um frasco de vidro preenchido com água destilada, à $23 \pm 1^\circ\text{C}$. O espécime permaneceu dentro da cesta por 15 segundos, para a obtenção do equilíbrio correto. Em seguida, cada espécime do grupo foi inserido em um frasco de plástico preto com 10ml de água destilada. Os frascos foram fechados e colocados dentro de uma estufa, com temperatura interna de 37°C .

Os espécimes do grupo 4 (grupo controle), após a inserção e compressão, dentro da matriz de PTFE, foram mantidos dentro da caixa de papelão, protegidos da luz por 15 minutos, sem qualquer tipo de fotopolimerização. Posteriormente, os conjuntos foram removidos da caixa e depois da matriz de PTFE e submetidos ao mesmo processo de acabamento e pesagens dos grupos anteriores (1, 2 e 3) antes de serem inseridos em um frasco plástico com 10ml de água destilada que foi vedado e colocado em uma estufa à 37°C .

4.2 Pesagem dos espécimes nos tempos específicos

Todos os espécimes foram pesados por três vezes: 24 horas após o armazenamento, após 07 dias e após 30 dias.

Os frascos com os espécimes foram removidos da estufa e só foram abertos no momento da pesagem. Cada corpo-de-prova foi removido do frasco e seco cuidadosamente com papel absorvente, por 20 segundos. Em seguida, cada corpo-de-prova foi posto na região da balança onde se faz a pesagem a seco, aferindo-se o peso em ar no tempo t ($M_{s.t}$). Após a anotação do peso e a zeragem da balança, cada espécime foi pesado dentro da água destilada, à temperatura de $23 \pm 1^\circ\text{C}$, na região específica da balança analítica já descrita anteriormente.

Os resultados foram anotados e o cálculo da alteração dimensional foi feito a partir de uma equação matemática, seguindo-se o princípio hidrostático de Arquimedes.

Figura 1 - Pó e líquido pesados e inseridos no bloco de espatulação

Figura 2 - Material após a espatulação

Figura 3 - Lâminas de vidro com tiras de poliéster posicionadas

Figura 4 - Matriz de PTFE posicionada para receber o material

Figura 5 - Material inserido na matriz

Figura 6 - Compressão da matriz com tira de poliéster e lâmina de vidro

Figura 7 - Fotopolimerização do espécime

Figura 8 - Espécime removido da matriz

Figura 9 - Acabamento com lâmina de bisturi

Figura 10 - Espécime confeccionado

Desenvolvimento teórico do princípio de Arquimedes

Primeiramente, as massas dos espécimes devem ser estabelecidas por pesagem. Em um primeiro estágio, as massas são obtidas antes do armazenamento em meio aquoso, onde se obtém:

M_s - massa seca (pesada em ambiente seco).

M_a – massa aparente (pesada dentro do fluido).

No segundo estágio, se obtém as massas dos espécimes após o armazenamento em um tempo determinado, onde se obtém:

Ms.t – massa seca após período de armazenamento t (pesada em ambiente seco)

Ma.t – massa aparente após período de armazenamento t (pesada dentro do fluido)

Requerendo-se a obtenção da alteração volumétrica (ΔV), tem-se o valor de V1, que é o volume do material alterado, após o armazenamento e o V0, que é o original do material.

Sabe-se que:

$$\Delta V (\%) = (\Delta V / V_0) \times 100, \text{ ou}$$

$$\Delta V (\%) = [(V_1 - V_0) / V_0] \times 100, \text{ ou}$$

$$\Delta V (\%) = [(V_1 / V_0) - 1] \times 100$$

O princípio de Arquimedes diz que o volume do líquido deslocado é o mesmo que o volume do material inserido no fluido. Este é igual ao aumento de massa do material dividido pela densidade do fluido (d), ou seja:

$$V = (\Delta M) / d = (M_s - M_a) / d$$

Aplicando-se esta equação na alteração de volume se obtém:

$$V_1 - V_0 = (M_{s.t} - M_{a.t}) / (M_s - M_a)$$

Substituindo as equações, se obtém:

$$\Delta V (\%) = \{[(Ms.t - Ma.t) / (Ms - Ma)] - 1\} \times 100$$

Figura 11 - Balança analítica com aparato de mensuração de densidade

Figura 12 - Imagem aproximada da balança

Figura 13 - Mensuração da massa seca do espécime

Figura.14 - Mensuração da massa aparente do espécime

Figura.15 - Espécime inserido em um frasco contendo água destilada

Figura 16 - Vedamento do frasco para a sua inserção em uma estufa à 37°C

Análise estatística

As médias dos resultados, em porcentagem da alteração volumétrica, foram submetidos à análise de variância a três critérios e, posteriormente, ao teste de Tukey para a averiguação da significância entre os grupos ($\alpha=0,05$).

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

As médias das alterações volumétricas de cada material foram obtidas em porcentagem, através da equação baseada no princípio hidrostático de Arquimedes. A pesquisa apresentou três variáveis: a marca comercial do CIVMR, o tempo de fotopolimerização e o tempo de armazenagem em água destilada. Portanto, para comparar os grupos, foi realizada análise de variância a 3 critérios. Para se obter o nível de significância entre eles, foi utilizado o teste de Tukey. O nível de significância foi pré-estabelecido em $\alpha = 0,05$.

Os valores médios das alterações volumétricas e desvio-padrão das três marcas de cimento de ionômero de vidro modificado por resina estão descritos na tabela abaixo. O resultado da análise estatística está inserido em letras, comparando os valores de cada coluna individualmente.

Tabela 2 - Média dos resultados das alterações volumétricas, em porcentagem, com respectivo resultado estatístico

	24H	7D	30D
V sf	0,91(1,62) ^a	0,30(1,73) ^a	0,42(1,51) ^a
V 20s	5,35(0,84) ^{c,d}	5,44(0,69) ^{c,d}	5,72(0,69) ^{c,d,e}
V 40s	4,25(0,52) ^{c,d}	4,87(0,61) ^{b,c}	4,76(0,66) ^{b,c}
V 60s	4,01(1,27) ^{b,c,d}	5,17(0,77) ^{b,c}	5,02(0,77) ^{b,c,d,e}
FII sf	5,24(1,01) ^{c,d}	5,78(0,78) ^{c,d}	5,19(1,01) ^{b,c,d}
FII 20s	5,81(1,11) ^{c,d}	6,22(0,91) ^{c,d}	6,10(1,22) ^{c,d,e}
FII 40s	5,44(1,22) ^{c,d}	6,08(1,09) ^{c,d}	6,14(1,26) ^{c,d,e}
FII 60s	5,83(0,26) ^d	6,69(0,76) ^d	6,72(0,89) ^{d,e}
VF sf	2,07(0,61) ^{a,b}	3,42(0,34) ^b	3,36(0,34) ^b
VF 20s	3,59(0,89) ^{b,c}	4,48(0,38) ^{b,c}	3,46(0,34) ^{b,c}
VF 40s	3,66(0,29) ^{b,c}	4,69(0,19) ^{b,c}	3,83(0,41) ^{b,c}
VF 60s	4,55(0,89) ^{c,d}	4,91(0,54) ^{b,c,d}	4,44(0,67) ^{b,c,d}

*Os valores identificados com letras sobrescritas iguais não são estatisticamente significantes

As tabelas abaixo indicam a comparação estatística de cada marca de cimento de ionômero de vidro modificado por resina quando avaliados os tempos de armazenamento dos espécimes. Os resultados comparam cada coluna individualmente.

Tabela 3 - Resultados individualizados da marca Vitremer avaliando cada tempo de fotopolimerização com o tempo de armazenagem

	Sem foto	20s	40s	60s
24h	0,91 ^b	5,35 ^a	4,25 ^a	4,01 ^a
7d	0,30 ^a	5,44 ^a	4,87 ^b	5,17 ^b
30d	0,42 ^{a,b}	5,72 ^a	4,76 ^b	5,02 ^b

*Os valores identificados com letras sobrescritas iguais não são estatisticamente significantes

Tabela 4 - Resultados individualizados da marca Fuji II LC avaliando cada tempo de fotopolimerização com o tempo de armazenagem

	Sem foto	20s	40s	60s
24h	5,24 ^a	5,81 ^a	5,44 ^a	5,83 ^a
7d	5,78 ^a	6,22 ^a	6,08 ^b	6,69 ^{a,b}
30d	5,19 ^a	6,10 ^a	6,14 ^b	6,72 ^b

*Os valores identificados com letras sobrescritas iguais não são estatisticamente significantes

Tabela 5 - Resultados individualizados da marca Vitro Fil LC avaliando cada tempo de fotopolimerização com o tempo de armazenagem

	Sem foto	20s	40s	60s
24h	2,07 ^a	3,59 ^a	3,66 ^a	4,55 ^a
7d	3,42 ^b	4,48 ^b	4,69 ^b	4,91 ^a
30d	3,36 ^b	3,46 ^a	3,83 ^a	4,44 ^a

*Os valores identificados com letras sobrescritas iguais não são estatisticamente significantes

Figura 17 - Gráfico comparando a variação volumétrica com o tempo de armazenagem, quando os espécimes não foram fotopolimerizados

Figura 18 - Gráfico comparando a variação volumétrica com o tempo de armazenagem, quando os espécimes foram fotopolimerizados por 20s

Figura 19 - Gráfico comparando a variação volumétrica com o tempo de armazenagem, quando os espécimes foram fotopolimerizados por 40s

Figura 20 - Gráfico comparando a variação volumétrica com o tempo de armazenagem, quando os espécimes foram fotopolimerizados por 60s

Figura 21 - Gráfico da variação da alteração volumétrica com o tempo de armazenagem da marca Vitremer

Figura 22 - Gráfico da variação da alteração volumétrica com o tempo de armazenagem da marca Fuji II LC

Figura 23 - Gráfico da variação da alteração volumétrica com o tempo de armazenagem da marca Vitro Fil LC

Os resultados demonstraram que para a marca Vitremer, o processo de fotopolimerização influenciou na variação volumétrica, o que foi contrário à hipótese sugerida.

O Fuji II LC foi o material que mais se expandiu higroscopicamente, e a ausência de luz no momento inicial da reação de presa pareceu não influenciar em tal processo.

O tempo de armazenamento influenciou na alteração do volume principalmente nos primeiros sete dias, no entanto houve uma tendência à diminuição de volume nos espécimes da marca Vitro Fil LC.

A variação do tempo de fotopolimerização pareceu não estar diretamente ligado à expansão higroscópica dos materiais, com exceção do Fuji II LC, que apresentou maior expansão quando fotopolimerizado por mais tempo.

6 DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

6.1 Discussão do método

Os espécimes confeccionados com as dimensões de 5mm de diâmetro por 2mm de espessura seguiram os princípios de que o diâmetro deveria ser menor do que o da ponta do aparelho fotopolimerizador utilizado, garantindo o completo alcance da luz por toda a superfície do corpo-de-prova, e que a espessura utilizada permitiria uma fotopolimerização adequada, já que é compatível com a indicação dos fabricantes.

A forma de como os espécimes foram confeccionados já é significativamente conhecida pela comunidade científica, pois tais procedimentos já foram executados por TOLEDANO et al.⁸³ (2003), PALMER; ANISTICE; PEARSON⁶⁷ (1999), McCABE; RUSBY⁵¹ (2004), FEILZER et al.¹⁹ (1995), MARTIN; JEDYNAKIEWICZ; FISHER⁴⁷ (2003), JEDYNAKIEWICZ; MARTIN³⁴ (2001); GEE et al.²¹ (1998), SWIFT et al.⁸⁰ (1995), ELIADES; PALAGHIAS¹⁶ (1993), ITO et al.³³ (2005), KANCHANAVASITA; ANISTICE; PEARSON³⁷ (1997), WATTS; KISUMBI; TOWORFE⁸⁷ (2000), CHUTINAN et al.⁹ (2004), NOMOTO et al.⁶³ (2003), sendo essa metodologia baseada nas normas da ISO 4049.

Os procedimentos de espatulação e pesagem foram executados em luz ambiente, e não em ambiente escuro, já que se procurou simular a claridade de um consultório odontológico, no qual a utilização do material é realizada. Porém é interessante que pesquisas comparando os tipos de luz ambiente sejam elaboradas para se ter um maior controle sobre o método empregado. PALMER; ANISTICE; PEARSON⁶⁷, em 1999, questionaram se a luz ambiente poderia ou não ativar a polimerização de CIVMRs que não possuem iniciadores químicos do HEMA em sua composição.

Os três tempos de fotopolimerização utilizados foram escolhidos por serem possíveis de se realizar na clínica com um aparelho da luz halógena, ao passo que promovem uma alteração nos tempos recomendados pelos fabricantes (40s para o Vitremer, 20s para o Fuji II LC e 20s para o Vitrofil LC).

Não foi feita nenhuma cobertura de proteção para os espécimes, já que, como o objetivo foi avaliar a influência do tempo de fotopolimerização, o procedimento se tornaria nulo para os resultados.

A inserção de um grupo controle que não foi fotopolimerizado, se deu para avaliar a predominância da reação ácido-base, característica de tal material (McLean; NICHOLSON; WILSON⁵², 1994), como o seu endurecimento na ausência de luz, e também observar se o processo de iniciação química da polimerização das cadeias resinosas ocorre de fato, como é sugerido pelos fabricantes das marcas Vitremer e Vitro Fil LC, vindo assim, a influenciar o processo de absorção de água do material.

A medição da alteração de volume após 24 horas foi para avaliar a taxa de absorção de água no período em que, teoricamente, a reação de presa da porção não-resinosa do material já está praticamente findada (WATTS; KISUMBI; TOWORFE⁸⁷, 2000, CATTANI-LORENTE et al.⁷, 1999), logo seria esperado que grande parte do processo de expansão higroscópica já tivesse acontecido. A verificação em 7 dias foi realizada com o propósito de se comparar com o período de 30 dias, e assim avaliar se, de fato, os materiais entram em equilíbrio no tempo proposto.

O critério de escolha dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina foi comparar materiais que apresentam tripla presa, Vitremer e Vitro fil LC, com reação ácido-base, polimerização química e polimerização pela luz com um material de dupla presa, o Fuji II LC, utilizado mundialmente. O Vitro Fil LC foi escolhido por ser um cimento de ionômero de vidro modificado por resina nacional que é bastante comercializado no mercado odontológico. Raros trabalhos são encontrados na literatura científica sobre este material, não sendo ainda observados relatos sobre o processo de fotopolimerização, ou absorção de água deste.

6.2 Princípio de Arquimedes

O princípio de Arquimedes é conhecido e utilizado há bastante tempo na avaliação de alterações dimensionais da matéria, porém seu uso não é rotineiro em pesquisas com biomateriais (CHUTINAN et al.⁹, 2004). Esta equação pode ser facilmente utilizada, não apenas em água, mas também em fluidos não-aquosos. Percebe-se, com a análise da equação de Arquimedes, que não é necessário o conhecimento do valor da densidade do fluido, pois ele se anula na equação (WATTS; KISUMBI; TOWORFE⁸⁷, 2000). No entanto, uma mensuração meticulosa do peso do espécime é indispensável, já que uma

pequena variação de centésimos de grama pode alterar o resultado final, logo existe uma preocupação na temperatura do ambiente de trabalho, assim como a temperatura do fluido (água destilada) onde é realizada a pesagem. A densidade (massa/volume) do material é diretamente relacionada com a temperatura do meio onde ele se encontra.

Uma notável desvantagem na utilização do princípio de Arquimedes, na avaliação da alteração dimensional, é que é suposto, no cálculo, que não ocorre nenhum processo de dissolução do espécime, o que não é a realidade. Logo, a perda de massa, ou a diminuição do peso, no tempo de armazenamento é visto como uma falsa contração do material (BERGLUND et al.⁵, 2006, CHUTINAN et al.⁹, 2004, WATTS et al.⁸⁷, 2000,). WATTS et al.⁸⁷, em 2000, afirmaram que é menos provável que o monômero ou outros componentes sejam solubilizados por óleo de silicone do que em água. Para o presente trabalho, não foram utilizados grupos armazenados em óleo de silicone ou outro fluido orgânico, como óleo mineral, porque o objetivo principal do trabalho foi verificar a alteração dimensional em um meio aquoso, que é compatível com o ambiente bucal, variando-se o tempo de fotopolimerização. Dessa maneira, um outro grupo relacionando os tipos de armazenagem iria criar outra variável e dificultar o entendimento mais simples do estudo. No entanto é interessante que novas pesquisas sejam elaboradas, utilizando-se outros meios de armazenagem, para se observar o comportamento do material. Alguns autores sugerem também que se faça espectroscopia ou cromatografia por alta-pressão dos fluidos de armazenagem para se conhecer o que foi dissolvido de cada espécime (PEUTZFELDT⁶⁸, 1997, de GEE et al.²¹, 1998, GEURTSSEN², 1998, CHUTINAN et al.⁹, 2004).

6.3 Processo de absorção e alteração de volume dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina

A análise das alterações de volume dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina é pertinente quando ainda tenta-se entender as propriedades deste material e o seu correto uso. Sabe-se que seu padrão de absorção de água é bastante elevado, principalmente devido à presença do monômero resinoso HEMA na sua composição (SIDHU; PILECKI; WATSON⁷³, 2004, ATTIN et al.⁴, 1995, GUGGENBERGER; MAY; STEFAN²⁴, 1998,

McCABE⁵⁰, 1998, YIU et al.⁹⁵, 2004, ELLAKURIA et al.¹⁷, 2003, FERRACANE²⁰, 2006, CATTANI-LORENTE et al.⁷, 1999, ITO et al.³³, 2005, ANDRZEJEWSKA et al.², 2003, HAMID et al.²⁵, 1998, ARANHA et al.³, 2006, PALMER; ANISTICE; PEARSON⁶⁵, 1999, SMALL et al.⁷⁵, 1998). É verificado, também, que a absorção de água está associada diretamente ao aumento de volume do material (KIM; HIRANO³⁹, 1998, SINDEL et al.⁷⁴, 1999, WATTS; KISUMBI; TOWORFE⁸⁷, 2000, CHUTINAN et al.⁹, 2004.). No entanto, FERRACANE, em 2006, afirmou que, se existirem porosidades, com espaços vazios entre as cadeias poliméricas, a absorção de água não pode ser diretamente ligado ao aumento de volume. JEDYNAKIEWICZ; MARTIN³⁴, em 2001, afirmaram que existem vários fatores que influenciam o coeficiente de absorção de água, dentre eles a hidrofília da porção resinosa do material, o volume dessa porção resinosa, o tamanho da superfície exposta à água, o grau de conversão e a densidade da cadeia polimérica. Em 1998, MARTIN; JEDYNAKIEWICZ⁴⁶ também relataram que a presença de bolhas de ar no interior da matriz resinosa, a temperatura do meio e a concentração do sistema iniciador da polimerização, também influenciam o coeficiente de absorção de água do material. KANCHANAVASITA; ANISTICE; PEARSON³⁷, em 1997, observaram que a proporção pó/líquido do cimento de ionômero de vidro modificado por resina também influencia a quantidade de absorção de água, pois eles verificaram que os cimentos utilizados para forramento ou base, que possuem uma proporção pó/líquido mais baixa, absorveram mais água do que os indicados para restaurações. McCABE; RUSBY⁵¹, em 2004, sugeriram que um fator que pode influenciar a absorção de água e a expansão higroscópica é o efeito osmótico causado pela presença de zonas discretas presentes na estrutura do material, compostas de resíduos de carga, matriz resinosa e outros produtos da reação de presa. MARTIN; JEDYNAKIEWICZ; FISHER⁴⁷, em 2003 afirmaram que os materiais ionoméricos também absorvem água, no momento da presa, onde ocorre a reação ácido/base, já que essa água é fundamental no processo de ionização dos radicais carboxílicos.

O comportamento químico dos CIVMRs é variado dentre as diferentes marcas comerciais, já que a porcentagem de monômero HEMA, no líquido, não é semelhante entre elas (ELLAKURIA et al.¹⁷, 2003, CATTANI-LORENTE et al.⁷, 1999, YIU et al.⁹⁵, 2004). O cimento ionomérico modificado por resina da

marca Vitremer (3M/ESPE) foi o primeiro a apresentar uma iniciação química de presa, complementando a fotoativação, através da reação entre radicais livres presentes no líquido (YIU et al.⁹⁵, 2004). A marca brasileira Vitrofil LC (DFL) também informa que possui iniciação química da polimerização do HEMA, já que apresenta amina terciária em sua composição, porém ainda não foram encontrados relatos na literatura sobre grau de conversão, fotopolimerização ou absorção de água deste material.

As análises das alterações de volume, no presente trabalho, foram verificadas em tempos relacionados com o processo de presa dos materiais. WAN; YAP; HASTINGS⁸⁵, em 1999, afirmaram que a presa inicial desse cimento ocorre com a polimerização do HEMA, enquanto a reação ácido-base serve para endurecer e fortalecer a matriz polimérica já formada.

Sabe-se que ocorre, inicialmente, uma contração no momento do processo de polimerização dos CIVMRs, logo esta ocorrência pode diminuir os valores iniciais do material (MUSANJE; SHU; DARVELL⁶⁰, 2001, KANCHANAVASITA; ANSTICE; PEARSON³⁷, 1997). FEILZER et al.¹⁹, em 1995, constataram que a compensação da contração de polimerização dos cimentos ionoméricos modificados por resina, através da expansão higroscópica ocorre entre 3 e 4 horas.

NICHOLSON⁶², em 1998, afirmou que a formação de íons, no processo da reação de presa, é retardado em um meio orgânico, e isso leva a uma pequena constante dielétrica. KIM; HIRANO; HIRASAWA³⁹, em 1998, verificaram que o processo de expansão higroscópica do cimento de ionômero de vidro modificado por resina se tornou quase constante após 24 horas. Já IRIE; NAKAI²⁹, 1995 relataram que após 24 horas, ainda ocorre uma relevante expansão higroscópica do material. IRIE et al.³², em 2006, afirmaram que 24 horas após a mistura, a reação de polimerização do CIVMR está praticamente concluída e o material alcança uma melhor resistência mecânica. SWIFT et al.⁸⁰, em 1995, constataram que os CIVMRs (Vitremer e Fuji II LC) obtiveram o maior grau de dureza após 24 horas da mistura e um amolecimento da superfície aconteceu após 7 dias de armazenagem em água. PALMER; ANSTICE; PEARSON⁶⁷, em 1999, observaram que nas primeiras seis horas após a espatulação, houve absorção de água em 60% do valor máximo para o Vitremer e 85% para o Fuji II LC. WAN; YAP; HASTINGS⁸⁵, em 1999, utilizando

espectroscopia, constataram que a reação ácido-base dos CIVMRs continuou após 96 horas, ou quatro dias. CATTANI-LORENTE et al.⁷, em 1999, utilizando o Fuji II LC e o Vitremer observaram que os materiais saturavam-se dentro de água destilada em 13 e 18,4 horas, respectivamente. ATTIN et al.⁴, em 1995, relacionaram a absorção de água do CIVMR com o tempo de presa e afirmaram que nas primeiras 24 horas após a mistura, ainda ocorre a reação no material, e a expansão ocorre apesar da contração das cadeias no processo de polimerização. KIM; HIRANO³⁹, em 1998, constataram que após 14 dias ainda ocorria aumento de volume do CIVMR. ELLAKURIA et al.¹⁷, em 2003 constataram que o Vitremer adquire estabilidade em 15 dias e o Fuji II LC logo após 24 horas. SINDEL et al.⁷⁴, em 1999 sugeriram que a expansão higroscópica dos materiais dentários é um processo que pode ocorrer por anos.

O real processo químico de absorção de água dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina ainda não foi claramente esclarecido. A absorção de água é um processo de difusão, controlado, que ocorre nas matrizes orgânicas das resinas (TOLEDANO et al.⁸³, 2003)

Sabe-se que a inserção do monômero resinoso HEMA na porção líquida do material foi crucial para a ocorrência desse processo. Também é sabido que presença do HEMA retarda a reação ácido-base, típica do ionômero (ELLAKURIA et al.¹⁷, 2003, ARANHA et al.³, 2006). IRIE et al.³², em 2006, afirmaram que os CIVMRs formam hidrogel de poliacrilato de cálcio e alumínio devido à absorção de água.

Este fenômeno foi constatado por HUANG et al.²⁷, em 2002, que verificaram que o HEMA está presente em forma de hidrogel nas matrizes polimerizadas, o que gera absorção elevada de água. GOPFERICH³⁹, em 1998, em 1996, e SHIDU et al.⁷³, em 2004, relataram que polímeros hidrofílicos formam a fase hidrogel, que absorve muita água e sofre uma grande expansão higroscópica. A formação do hidrogel se torna maior devido a mais lenta reação da parte ionomérica do material. WAN; YAP; HASTINGS⁸⁵, em 1999, afirmaram que, como existe menos água disponível para a reação ácido-base, essa reação é retardada, o que foi corroborado por ANDRZEJEWSKA et al.², em 2003. Eles também sugeriram que a conformação do ácido poliacrílico é afetada pela presença de moléculas orgânicas, colapsadas mais fortemente nesse meio do que em água. YIU et al.⁹⁵, em 2004, afirmaram que é possível

que a matriz resinosa hidrofílica, contendo sais de polialcenoato, cria um gradiente osmótico que atrai água para o material. ITO et al.³⁹, em 1998, em 2005, relataram que as cadeias poliméricas lineares de HEMA que se encontram emaranhadas, atraem as moléculas de água e as mantém unidas através de pontes de hidrogênio. MALACARNE et al.⁴⁵, em 2006, afirmaram que as características estruturais e topológicas são fundamentais para determinar a extensão de quanto cada polímero será afetado pelo meio aquoso. A presença de ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas geralmente resulta em uma significativa diminuição da permeabilidade à água do material, devido ao decréscimo de espaços vazios no volume, logo com uma menor capacidade de expansão. Os estudos de SOLES; YEE⁷⁷, em 2000, concluíram que a extensão e a taxa de absorção de água nas cadeias poliméricas são predominantemente controladas por dois fatores: a polaridade da resina, ditada pela concentração de nichos formadores de pontes de hidrogênio com a água, e a topologia da cadeia, que está relacionada com a densidade de energia coesiva da rede polimérica.

6.4 Discussão dos resultados

Tipo do material

Os resultados do estudo demonstraram que existem algumas variações estatísticas entre as alterações de volume dos materiais estudados.

O Fuji II LC foi o CIVMR que apresentou maior expansão volumétrica, quando armazenado em água destilada, variando entre 5 e 7%. O resultado condiz com pesquisas anteriores, quando tal ionômero é comparado com outros materiais restauradores. ATTIN et al.⁴, em 1995, constatou que o Fuji II LC obteve expansão higroscópica superior (5,3 +/- 0,3%) ao Vitremer (2,9 +/- 0,4%), a outros cimentos ionoméricos convencionais e a compósitos modificados por poliácidos, após 28 dias de armazenagem em água destilada. KANCHANAVASITA; ANISTICE; PEARSON³⁷, em 1997, verificaram que o Fuji II LC se expandiu mais (6,9%) em água destilada, quando comparado ao Vitremer (4,5%), após 9 meses de armazenamento. KIM; HIRANO; HIRASAWA³⁹, em 1998, observaram que a expansão higroscópica linear do Fuji II LC (aproximadamente 3,2%) foi maior que a do Vitremer (aproximadamente 2,5%) e do cimento de ionômero convencional Fuji II

(aproximadamente 2,5%), quando armazenados por 360 horas em água destilada. SMALL et al.⁷⁵, em 1998, comparando a taxa de absorção de água do Fuji II LC com o Fuji II, encontraram valores de 9,3% e 5,3% após seis meses de armazenagem, respectivamente. WATTS; KISUMBI; TOWORFE⁸⁷, em 2000, também observaram que o Fuji II LC obteve maior expansão higroscópica (7,97%) quando comparado com outros materiais restauradores, após 30 dias de armazenagem em água destilada.

Os resultados de CHUTINAN et al.⁹, em 2004, também foram compatíveis aos anteriores, observando uma expansão do Fuji II LC de 7,78%, após 30 dias em água destilada. Segundo alguns autores (KANCHANAVASITA; ANISTICE; PEARSON³⁷, 1997, ATTIN et al.⁴, em 1995), a maior taxa de expansão higroscópica do Fuji II LC ocorre devido a maior quantidade da formação da matriz de hidrogel.

TOLEDANO et al.⁸³, em 2003, afirmaram que no Fuji II LC, parte da água presente na porção líquida do material é trocada pelos monômeros HEMA fotopolimerizáveis, que são misturados ao ácido polialcenóico. Já no Vitremer, além de existir a mistura do HEMA com o ácido polialcenóico, também são incorporados grupos pendentes de metacrilatos polimerizáveis nas moléculas de poli-alcenoatos. YIU et al.⁹⁵, em 2003, e TOLEDANO et al.⁸³, em 2003, afirmaram que a presença de maior quantidade de rede polimérica com ligações cruzadas e a diminuição de HEMA livre, leva o Vitremer a absorver menos água do que o Fuji II LC. Ocorre também que além de reações de polimerização do HEMA, o Vitremer se liga ionicamente às cadeias poliméricas dos ácidos polialcenóicos.

O Vitremer quando não fotopolimerizado apresentou uma menor expansão, entretanto, é sugerido que, na verdade, ocorre um significativo processo de lixiviação do material, já que as partes solubilizadas deste eram visualmente percebidas dentro do frasco de armazenamento. TOLEDANO et al.⁸³, em 2003, afirmaram que uma polimerização inadequada aumenta a solubilidade do material consideravelmente, com isso a absorção de água é diminuída. Tal fato leva a crer que o Vitremer não foi polimerizado eficientemente, quando não submetido à luz de um fotopolimerizador. Tais resultados foram compatíveis com o estudo de ARANHA et al.³, em 2006 em que tal marca apresentou uma polimerização insatisfatória, quando o processo

de fotopolimerização não fora efetuado. Esses resultados também foram obtidos no teste piloto desta pesquisa e, além disso, antes de cada espatulação, o pó e o líquido foram pesados e utilizados na proporção que foi sugerida pelo fabricante, de 1,6:1. KAKABOURA; ELIADES; PALAGHIAS³⁶, em 1996, ao observar a alta taxa da reação ácido-base do Vitremer não exposto à fotopolimerização, sugeriram que poderia haver uma ineficiência na iniciação da polimerização química desta marca comercial. No entanto, alguns autores relatam que a reação de tripla presa, que é anunciada pelo Vitremer é indicadora de um bom processo de polimerização em ausência de luz (de GEE et al.²¹ 1998, KIM; HIRANO; HIRASAWA³⁹, 1997, SWIFT et al.⁸⁰, 1995, IRIE et al.³², 2006). PALMER; ANSTICE; PEARSON⁶⁷, em 1999, constataram que o Vitremer teve uma polimerização efetiva em ambiente escuro. Eles observaram também que, utilizando-se espectroscopia, o Vitremer demonstrou ser o menos sensível à fotopolimerização, pois o nível de HEMA liberado não foi afetado por um menor ou maior tempo de fotoativação. A conclusão deste último estudo citado é compartilhada com a presente pesquisa realizada, pois o Vitremer não se alterou significativamente quando os tempos das fotopolimerizações foram variados. Possivelmente, o acontecimento da iniciação química da polimerização do material colaborou para estes resultados.

Os resultados demonstraram que não houve significância estatística no valor da expansão higroscópica do Fuji II LC, tanto quando não houve fotopolimerização, como quando se variou o tempo desta. Embora seja dito pelo fabricante que o Fuji II LC não possua nenhum mecanismo de iniciação química da reação de polimerização do HEMA, esta informação é questionada por alguns autores. SWIFT et al.⁸⁰, em 1995 sugeriram que o Fuji II LC, aparentemente, apresenta a polimerização espontânea do HEMA. PALMER; ANSTICE; PEARSON⁶⁷, em 1999, constataram, através da cromatografia do líquido de armazenagem dos espécimes, que iniciadores químicos do HEMA foram inseridos na formulação do Fuji II LC. Os estudos de GEE et al.²¹ de 1998, apontaram que a auto-polimerização do HEMA no Fuji II LC se manifestou quando a fotoativação não foi executada. BURKE; HAMLIN; LYNCH⁶, em 1990, no primeiro estudo sobre fotopolimerização de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina constataram que após 12 horas de armazenagem em ambiente escuro, após a fotopolimerização de 30s, houve

um aumento da profundidade de presa quando comparada com a avaliação imediatamente após o processo de fotoativação, o que os levou a constatarem que a polimerização continuou no ambiente escuro.

Após 24 horas de armazenamento, o Vitro Fil LC demonstrou uma menor expansão quando não fotopolimerizado quando comparado ao grupo fotopolimerizado por 60s. Devido a esta ocorrência, supõe-se que o mecanismo de presa deste material, considerado de tripla presa, que não foi ainda esclarecido pelo fabricante ou por relatos na literatura, promova uma polimerização lenta do HEMA e como consequência, sem a rede polimérica formada, a absorção de água se tornaria menor. Percebe-se que após uma semana de armazenamento, o grupo não fotopolimerizado não diferiu estatisticamente dos fotoativados desta marca. Isso leva a crer que existe um forte indício da sugestão apresentada ser possível.

O Vitro Fil LC, em geral, apesar de não ter apresentado significância estatística, obteve um resultado bastante parecido com o da marca Vitremer, com uma expansão ligeiramente menor, quando fotopolimerizado. Portanto este material provavelmente possui uma formação de cadeia polimérica parecida à da marca Vitremer, com ligações cruzadas entre as cadeias de HEMA, ou pelo menos, não sendo tão linear como as do Fuji II LC.

O Fuji II LC apresentou um maior valor de expansão higroscópica quando fotopolimerizado por 60s. Este resultado pode ser interpretado como a possibilidade de uma maior formação da cadeia polimérica resinosa deste material, podendo ter ocorrido um maior grau de conversão dos espécimes desta marca. No entanto, RUEGGENBERG; CRAIG⁶⁹, em 1988, relataram que a absorção de água não é um bom indicativo para se avaliar o grau de conversão. Já, TOLEDANO et al.⁸³, em 2003, assim como ORTENGREN et al.⁶⁴, sugeriram que um alto grau de conversão pode proporcionar uma diminuição da absorção de água. WATTS; KISUMBI; TOWORFE⁸⁷, em 2000, e CHUTINAN et al.⁹, em 2004, relacionaram, em suas pesquisas, a alteração de volume dos CIVMRs com o seu grau de conversão .

Foi possível perceber também no estudo, que houve uma tendência para a diminuição do volume do Vitro Fil LC, após sete dias. Como os espécimes foram mantidos, por todo o período, imersos em água destilada, pode-se sugerir que houve solubilização. No entanto, para se afirmar com segurança,

testes de absorção de água e solubilidade e também de espectroscopia seriam indicados. Esta tendência foi inversa às outras duas marcas estudadas nessa pesquisa, pois se observou que com o aumento do tempo de armazenamento, os espécimes do Fuji II LC e Vitremer aumentaram de volume, ou se estabilizaram entre 7 e 30 dias. Na literatura se observa também que no período de 30 dias, os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina tendem a absorver mais água e aumentar de volume (WATTS; KISUMBI; TOWORFE⁸⁷, 2000, HUANG et al.²⁷, 2002, CHUTINAN et al.⁹, 2004).

Contudo, pode-se constatar que é possível relacionar o tipo de fotopolimerização do CIVMR, com o aumento de volume e, principalmente, associar tal procedimento com a absorção de água. Todavia, é imprescindível ter o conhecimento de que outros fatores também estão associados, como a configuração da cavidade a ser inserido o material (KIM; HIRANO⁴⁰, 1998), o tipo de iniciação de polimerização de cada marca (FERRACANE²⁰, 2006) e também a configuração da cadeia polimérica de cada uma (YIU et al.⁹⁵, 2004).

Sugere-se, com tais resultados, que a expansão higroscópica é inerente ao cimento de ionômero de vidro modificado por resina, devido principalmente a sua composição e também ao seu processo de reação de presa. Para uma amenização desta característica, seria necessária a substituição do monômero resinoso HEMA por outro menos hidrofílico, ou o adicionamento de outros compostos resinosos ao cimento.

Com o estudo das propriedades do cimento de ionômero de vidro modificado por resina, pode-se dizer que a polimerização da porção resinosa iniciada quimicamente é uma situação complementar à fotoativação, pois, embora esse material venha a apresentar um processo de reação de presa que independa da influência luminosa, o processo pode não ser suficiente para garantir sua totalidade.

Com isso, para um melhor aproveitamento clínico dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, sugere-se que, após um planejamento criterioso em suas utilizações, suas fotopolimerizações sejam efetuadas, cuidadosamente, em um tempo superior a 20 segundos, como tem sido sugerido pelos fabricantes.

7 CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

Verificando as hipóteses propostas, após a análise estatística dos resultados, pode-se concluir que:

1) O tempo de fotopolimerização interferiu na alteração dimensional da marca Fuji II LC.

2) As marcas comerciais Vitremer e Vitro Fil LC, de tripla presa, são afetadas pela ausência da fotopolimerização.

3) O tempo de armazenamento está relacionado à alteração volumétrica do cimento de ionômero de vidro modificado por resina.

ANEXOS

Anexo 1 - Valores obtidos das massas dos espécimes

nº		ms1	mu1	ms24h	mu24h	ms7d	mu7d	ms30d	mu30d
1	Vsf	0,1075	0,0477	0,1084	0,0494	0,1078	0,0493	0,1076	0,049
2	Vsf	0,1027	0,0453	0,1047	0,0474	0,1045	0,0476	0,1047	0,0473
3	Vsf	0,1069	0,0483	0,1093	0,0499	0,1095	0,0502	0,1095	0,0485
4	Vsf	0,1138	0,0544	0,1167	0,056	0,1171	0,0566	0,1174	0,0557
5	Vsf	0,1182	0,0587	0,1212	0,0602	0,1199	0,0601	0,12	0,0598
1	V20s	0,1141	0,0522	0,1203	0,0548	0,1209	0,0554	0,1211	0,0556
2	V20s	0,1145	0,0524	0,1206	0,0549	0,1217	0,0562	0,122	0,0564
3	V20s	0,1246	0,06	0,1304	0,0627	0,131	0,0634	0,1315	0,0634
4	V20s	0,1213	0,0567	0,1274	0,0601	0,1272	0,0607	0,1283	0,0605
5	V20s	0,1182	0,0556	0,125	0,0585	0,1257	0,0591	0,126	0,0591
1	V40s	0,1243	0,0613	0,1295	0,0641	0,1307	0,065	0,1304	0,065
2	V40s	0,1245	0,06	0,1301	0,063	0,1308	0,0634	0,1308	0,0634
3	V40s	0,1188	0,0564	0,1251	0,0596	0,1262	0,0602	0,1256	0,0598
4	V40s	0,1208	0,0554	0,1266	0,0587	0,128	0,0596	0,1278	0,0593
5	V40s	0,1219	0,0575	0,128	0,0606	0,1288	0,061	0,1287	0,0608
1	V60s	0,1236	0,0583	0,1291	0,0624	0,1307	0,06239	0,1304	0,0619
2	V60s	0,1184	0,0552	0,1235	0,0581	0,1249	0,05882	0,1251	0,0591
3	V60s	0,115	0,0516	0,1211	0,0551	0,1224	0,056	0,1222	0,056
4	V60s	0,1178	0,05512	0,1239	0,058	0,125	0,0584	0,1249	0,0586
5	V60s	0,1162	0,0532	0,1224	0,0561	0,1236	0,057	0,1237	0,057
1	Fllsf	0,1446	0,0791	0,1512	0,0823	0,151	0,081	0,1512	0,0815
2	Fllsf	0,1305	0,0683	0,1363	0,0705	0,1364	0,0707	0,1359	0,0708
3	Fllsf	0,1417	0,0771	0,1474	0,08	0,1474	0,0795	0,1471	0,0796
4	Fllsf	0,1356	0,0722	0,1415	0,0754	0,1418	0,0752	0,1414	0,0753
5	Fllsf	0,1315	0,0685	0,1384	0,0712	0,1392	0,0716	0,1385	0,0716
1	Fll20s	0,1441	0,0785	0,1502	0,0816	0,1504	0,0816	0,1498	0,0814
2	Fll20s	0,1506	0,0816	0,1576	0,085	0,1582	0,0849	0,1577	0,0848
3	Fll20s	0,1497	0,0798	0,1589	0,0838	0,1597	0,0839	0,1596	0,0837
4	Fll20s	0,1391	0,0742	0,1462	0,0784	0,147	0,0781	0,1469	0,0798
5	Fll20s	0,1423	0,0783	0,1496	0,0815	0,1502	0,0821	0,1498	0,0802
1	Fll40s	0,1488	0,0795	0,1572	0,0827	0,1581	0,0827	0,1573	0,0825
2	Fll40s	0,1406	0,0757	0,1467	0,079	0,1476	0,0795	0,1473	0,0793
3	Fll40s	0,1533	0,0837	0,1605	0,0872	0,1611	0,0871	0,1605	0,0863
4	Fll40s	0,1474	0,0806	0,1533	0,084	0,1545	0,0841	0,1541	0,0844
5	Fll40s	0,1337	0,0703	0,1403	0,0735	0,1411	0,0739	0,1406	0,0735
1	Fll60s	0,145	0,079	0,152	0,0819	0,1529	0,0821	0,1524	0,0819
2	Fll60s	0,1365	0,0725	0,143	0,0753	0,1439	0,0752	0,1433	0,0744
3	Fll60s	0,1467	0,08	0,1531	0,0826	0,1541	0,0828	0,1537	0,0828
4	Fll60s	0,1397	0,076	0,1468	0,0793	0,1479	0,0795	0,1474	0,07833
5	Fll60s	0,1441	0,0779	0,1509	0,0817	0,1521	0,0822	0,1518	0,082
1	VFsf	0,1143	0,0532	0,1162	0,054	0,1174	0,0544	0,1173	0,0543
2	VFsf	0,1199	0,0572	0,1221	0,0582	0,1236	0,059	0,1229	0,058
3	VFsf	0,1177	0,0563	0,1198	0,0571	0,1209	0,0573	0,1206	0,0573
4	VFsf	0,1169	0,0549	0,1192	0,0563	0,1202	0,056	0,1202	0,0562
5	VFsf	0,1179	0,0565	0,1209	0,0576	0,1221	0,0571	0,1217	0,0579
1	VF20s	0,1146	0,0538	0,1179	0,0558	0,1187	0,0548	0,118	0,0552
2	VF20s	0,1127	0,0519	0,1164	0,0534	0,117	0,0533	0,1165	0,0538
3	VF20s	0,113	0,0521	0,1168	0,0537	0,117	0,0535	0,1166	0,0536
4	VF20s	0,113	0,0526	0,1167	0,0537	0,117	0,054	0,1167	0,0542
5	VF20s	0,1177	0,0557	0,1215	0,0568	0,1221	0,057	0,1217	0,0572
1	VF40s	0,1109	0,0511	0,1148	0,0525	0,1156	0,053	0,1154	0,0532
2	VF40s	0,1141	0,0535	0,1173	0,0552	0,1183	0,055	0,1179	0,0552
3	VF40s	0,1138	0,053	0,1172	0,0548	0,1181	0,0545	0,1179	0,0548
4	VF40s	0,0992	0,0448	0,1025	0,0462	0,1032	0,0461	0,1028	0,0449
5	VF40s	0,1111	0,0524	0,114	0,0538	0,1148	0,0533	0,1146	0,0537
1	VF60s	0,1128	0,053	0,1169	0,0542	0,1177	0,0546	0,1175	0,055
2	VF60s	0,1227	0,0597	0,1261	0,061	0,1274	0,0617	0,1273	0,0619
3	VF60s	0,1087	0,0498	0,1129	0,0512	0,1136	0,0518	0,1133	0,0519
4	VF60s	0,1173	0,0562	0,1212	0,0566	0,1221	0,0577	0,122	0,0575
5	VF60s	0,1101	0,0518	0,1137	0,053	0,1146	0,0537	0,1142	0,0535

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABOUT, I. et al. Influence of resinous monomers on the differentiation in vitro of human pulp cells into odontoblasts. **J Biomed Mater Res**, v.63, p.418-423, 2002.
2. ANDRZEJEWSKA, E. et al. Effect of polyacid aqueous solutions on photocuring of polymerizable components of resin-modified glass ionomer cements. **Dent Mater**, v.19, p.501-509, 2003.
3. ARANHA, A.M.F. et al. Effect of curing regime on the cytotoxicity of resin-modified glass-ionomer lining cements applied to an odontoblast-cell line. **Dent Mater**, v. 22, p. 864-869, 2006.
4. ATTIN, T. et al. Curing shrinkage and volumetric changes of resin-modified glass ionomer restorative materials. **Dent Mater**, v.11, p. 359-362, 1995.
5. BERGLUND, A. et al. Dimensional change of a calcium aluminate cement for posterior restorations in aqueous and dry media. **Dent Mat**, v.22, p.470-476, 2006.
6. BURKE, F.M.; HAMLIN, P.D.; LYNCH, E.J. Depth of cure of light-cured glass-ionomer cements. **Quintessence Int**, v.21, n.12, p.977-981, 1990.
7. CATTANI-LORENTE, M.A. et al. Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. **Dent Mater**, v.15, p.75-78, 1999.
8. CHUANG, S-F. et al. Effect of various surface protections on the margin microleakage of resin-modified glass ionomer cements. **J Prosthet Dent**, v.86, n.3, p.309-314, 2001.
9. CHUTINAN, S. et al. Volumetric dimensional change of six direct core materials. **Dent Mater**, v.20, p. 345-351, 2004.
10. CEFALY, D.F.G. et al. Water sorption of resin-modified glass-ionomer cements photoactivated with LED. **Braz Oral Res**, v.20, n.4, p.342-346.
11. CRISP, S.; WILSON, A.D. Reactions in glass ionomer cements: III. The precipitation reaction. **J Dent Res**, v.53, n.6, p.1420-1424, 1974.

12. CRISP, S.C. et al. Reactions in glass ionomer cements: II. An infrared spectroscopic study. **J Dent Res**, v.53, n.6, p.1414-1419, 1974.

13. CURY, A.H. et al. Effect of hygroscopic expansion on the push-out resistance of glass ionomer-based cements used for the luting of glass fiber posts. **J Endod**, v.32, p. 537-540, 2006.

14. DIJKEN, J.W.V.; HOGLUND, C.; OLOFSSON, A.L. Fired ceramic inlays: a 6-years follow up. **J Dent**, v.26, n.3, p. 219-225, 1998.

15. DIJKEN, J.W.V. Resin-modified glass ionomer cement and self-cured resin composite luted ceramic inlays. A 5-year clinical evaluation. **Dent Mater**, v.19, p. 670-674, 2003.

16. ELIADES, G.; PALAGHIAS, G. In vitro characterization of visible light-cured glass ionomer liners. **Dent Mater**, v.9, p.198-203, 1993.

17. ELLAKURIA et al. Effect of one-year water storage on the surface microhardness of resin-modified versus conventional glass-ionomer cements. **Dent Mater**, v.19, p.286-290, 2003.

18. ERMIS, R.B. Two-year clinical evaluation of four polyacid-modified resin composites and a resin modified glass-ionomer cement in class V lesions. **Quintessence Int**, v.33, n.7, p.542-548, 2002.

19. FEILZER, A.J. et al. The influence of water sorption on the development of setting shrinkage stress in traditional and resin-modified glass ionomer cements. **Dent Mater**, v.11, p.186-190, 1995.

20. FERRACANE, J.L. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. **Dent Mater**, v.22, p.211-222, 2006.

21. GEE, A.J. et al. Structural integrity of resin-modified glass ionomers as affected by delay or omission of light activation. **J Dent Res**, v.77, n.8, p.1658-1663, 1998.

22. GEURTSEN, W. Substances released from dental resin composites and glass ionomer cements. **Eur J Oral Sci**, v.106, p.687-695, 1998.

23. GOPFERICH, A. Mechanisms of polymer degradation and erosion. **Biomater**, v.17, p.103-114, 1996.
24. GUGGENBERG, R.; MAY, R.; STEFAN, K.P. New trends in glass-ionomer chemistry. **Biomater**, n.19, p.479-483, 1998.
25. HAMID et al. Component release from light-activated glass ionomer and compomer cements, **J Oral Reabil**, v.25, p.94-99, 1998.
26. HOGLUND, C.; van DIJKEN, J.; OLOFSSON, A.N. A clinical evaluation of adhesively luted ceramic inlays. **Sweed Dent J**, v.16, p.169-171, 1992.
27. HUANG, C. et al. The influence of hygroscopic expansion of resin-based restorative materials on artificial gap reduction. **J Adhes Dent**, v.4, n.1, p.61-71, 2002.
28. HUME, W.R.; MOUNT, G.J. In vitro studies on the potential for pulpal cytotoxicity of glass-ionomer cements. **J Dent Res**, v.67, n.6, p.915-918, 1988.
29. IRIE, M.; NAKAI, H. Effect of immersion in water on linear expansion and strength of three base/liner materials. **Dent Mater J**, v.14, n.1, p.70-77, 1995.
30. IRIE, M.; NAKAI, H. Marginal sealability of resin-modified glass ionomers for base/liner: effect of hygroscopic expansion and bond strength. **Dent Mater J**, v. 15, n. 2, p. 193-200, 1996.
31. IRIE, M; SUZUKI, K. Marginal seal of resin-modified glass-ionomer and compomers: effect of delaying polishing procedure after one-day storage. **Oper Dent**, v.25, p.488-496, 2000.
32. IRIE et al. Root-surface gap-formation with RMGIC restorations minimized by reduce P/L ratio of the first increment and delayed polishing. **Dent Mater**, v.22, p.486-497, 2006.
33. ITO, S. et al. Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. **Biomater**, v.26, p.6449-6459, 2005.

34. JEDYNAKIEWICZ, N.M.; MARTIN, N. Expansion behaviour of compomer restoratives. **Biomater**, v.22, p.743-748, 2001.
35. JOKSTAD, A.; MJOR, I.A. Ten years' clinical evaluation of three luting cements. **J Dent**, v.24, n.5, p.309-315, 1996.
36. KAKABOURA, A.; ELIADES, G.; PALAGHIAS, G. An FTIR study on the setting mechanism of resin-modified glass ionomer restoratives. **Dent Mater**, v.12, p.173-178, 1996.
37. KANCHANAVASITA, W.; ANSTICE, H.M.; PEARSON, G.J. Water sorption characteristics of resin-modified glass-ionomer cements. **Biomater**, v.18, n.4, p. 343-349, 1996.
38. KENT, B.E.; LEWIS, B.G.; WILSON, A.D. The properties of a glass ionomer cement. **Brit Dent J**, v.135, p.322-326, 1973.
39. KIM, Y.; HIRANO, S.; HIRASAWA T. Physical properties of resin-modified glass-ionomers. **Dent Mater J**, v.17, n.1, p. 68-76, 1998.
40. KIM, Y.; HIRANO, S. Setting shrinkage and hygroscopic expansion of resin-modified glass-ionomer in experimental cylindrical cavities. **Dent Mater J**, v.18, n.1, p. 63-75, 1999.
41. LEVAILOJ, C. et al. In vitro study of fracture incidence and compressive fracture load of all-ceramic crowns cemented with resin-modified glass ionomer and other luting agents, **J Prosthet Dent**, v. 80, p.699-707, 1998.
42. LIN, A.; McINTYRE, N.S.; DAVIDSON, R.D. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. **J Dent Res**, v.71, n.11, p.1836-1841, 1992.
43. LYNCH, E.; TAY, W.M. Fluoride release from light cured glass-ionomer cements. **J Dent Res**, v.68, p.1014, abstrc. n°1179, 1919.
44. LORENTE-CATTANI, M.A. et al. Effect of water on physical properties of resin-modified glass ionomer cements. **Dent Mater**, v.15, p.71-78, 1999.

45. MALACARNE, J. et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. **Dent Mater**, v. 22, p.973-980, 2006.
46. MARTIN, N.; JEDYNAKIEWICZ, N.M. Measurement of water sorption in dental composites, **Biomater**, v.18, p.77-83, 1998.
47. MARTIN, N.; JEDYNAKIEWICZ, N.M.; FISHER, A.C. Hygroscopic expansion and solubility of composite restoratives. **Dent Mater**, v.19, p.77-86, 2003.
48. MATHIS, R.S.; FERRACANE, J.L. Properties of a glass-ionomer / resin-composite hybrid material. **Dent Mater**, v.5, p. 355-358, 1989.
49. MATIS, B.A.; COCHRAN, M.; CARLSON, T. Longevity of glass-ionomer restorative materials: results of a 10-year evaluation. **Quintessence Int**, v.27, n.6, p.373-382, 1996.
50. McCABE, J. Resin-modified glass-ionomers. **Biomater**, v. 19, p. 521-527, 1998.
51. McCABE, J.F.; RUSBY, S. Water absorption, dimensional change and radial pressure in resin matrix dental restorative materials. **Biomater**, v.25, p.4001-4007, 2004.
52. McLean, J.W.; NICHOLSON, J.W.; WILSON, A.D. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. **Quintessence Int**, v.25, n.9, p.587-589, 1994.
53. MICHELSEN, V.B. et al. Identification of organic eluates from four polymer-based dental filling materials. **Eur J Oral Sci**, v.11, p. 2630271, 2003.
54. MITRA, S.B. Property comparison of light-cure and self-cure GI liner. **J Dent Res**, v.68, p.1014, abstr. N°740, 1989.
55. MITRA, S.B. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. **J Dent Res**, v.70, n.1, p.72-74, 1991.

56. MITSUHASHI, A.; HANAOKA, K.; TERANAKA, T. Fracture toughness of resin-modified glass ionomer restorative materials: effect of powder/liquid ratio and power particle size reduction on fracture toughness. **Dent Mater**, v.19, p.747-757, 2003.

57. MOUNT, G.J. Glass-ionomer cements: past, present and future. **Oper Dent**, v.19, p.82-90, 1994.

58. MOUNT, G.J. Longevity in glass-ionomer restorations: review of a successful technique. **Quintessence Int**, v.28, n.10, p.643-650, 1997.

59. MOUNT, G.J. Clinical performance of glass-ionomers. **Biomater**, v.19, p.573-579, 1998.

60. MUSANJE, L.; SHU, M. DARVELL, B.W. Water sorption and mechanical behaviour of cosmetic direct restorative materials in artificial saliva. **Dent Mater**, v.17, p.394-401, 2001.

61. NICHOLSON, J.W. et al. Fourier transform infrared spectroscopic study of role of tartaric acid in glass-ionomer dental cements. **J Dent Res**, v.67, n.12, p.1451-1454, 1988.

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

63. NOMOTO, R. et al. Erosion of water-based cements evaluated by volumetric and gravimetric methods. **Dent Mater**, v.19, p.240-244, 2003.

64. ORTENGREN, U. et al. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. **J Oral Rehabil**, v.28, p.1106-1115, 2001.

65. PALMER, G.; ANSTICE, H.M.; PEARSON, G.J. The effect of curing regime on release of hydroxyethyl methacrylate (HEMA) from resin-modified glass-ionomer cements. **J Dent**, v. 27, p. 303-311, 1999.

66. PIWOWARCZUK, A.; LAUER, H.C.; SORENSEN, J.A. Microleakage of various cementing agents for full cast crowns. **Dent Mater**, v. 21, p.445-453, 2005.

67. PALMER, G.; ANSTICE, H.M.; PEARSON, G.J. The effect of curing regime on the release of hydroxyethyl methacrylate (HEMA) from resin-modified glass-ionomer cements. **J Dent**, v.27, p.303-311, 1999.
68. PEUTZFELDT, A. Resin composites in dentistry: the monomers systems. **Eur J Oral Sci**, v.105, p.97-116, 1997.
69. RUEGGBERGER, F.A.; CRAIG, R.G. Correlations of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. **J Dent Res**, v.67, n.6, p. 932-937, 1988.
70. SCHUSTER, G.S.; CAUGHMAN, G.B.; RUEGGBERGER, F.A. Changes in cell phospholipids metabolism in vitro in the presence of HEMA and its degradation products. **Dent Mat**, v.16, p.297-302, 2000.
71. SIDHU, S.K.; HENDERSON, L.J. In vitro marginal leakage of cervical composite restorations lined with a light-cured glass ionomer. **Oper Dent**, v.17, p.7-12, 1992.
72. SIDHU, S.K.; SHERRIFF, M.; WATSON, T.F. The effects of maturity and dehydration shrinkage on resin-modified glass-ionomer restorations. **J Dent Res**, v.76, n.8, p.1495-1501, 1997.
73. SIDHU, S.K.; PILECKI ; WATSON, T.F. Crack closure on rehydration of glass-ionomer materials, **Eur J Oral Sci**, v.112, p.465-469, 2004.
74. SINDEL, F. et al. Crack formation of all-ceramic crowns dependent on different core build-up and luting materials. **J Dent**, v.24, p.175-181, 1999.
75. SMALL et al. Water sorption in resin-modified glass-ionomer cements: An in vitro comparison with other materials. **Biomater**, v.19, p.545-550, 1998.
76. SNYDER, M.D.; LANG, B.; RAZZOG, M.E. The efficacy of luting all-ceramic crowns with resin-modified glass ionomer cement. **J Am Dent Assoc**. v.134, p. 609-612, 2003.
77. SOLES, C.L.; YEE, A.F. A discussion of a molecular mechanism of moisture transport in epoxi resins. **J Polym Sci B: Polym Phys** v.38, p.792–802, 2000.

78. SOUZA, P.P.C. In vitro cytotoxicity and in vivo biocompatibility of contemporary resin-modified glass-ionomer cements. **Dent Mater**, v.22, p.838-844, 2006.
79. SWIFT, E.J. An update on glass ionomer cements. **Quintessence Int**, v.19, n.2, p.125-130, 1988.
80. SWIFT, E.J. et al. Depth of cure of resin-modified glass ionomers. **Dent Mater**, v.11, p.196-200, 1995.
81. TAY, F.R. et al. Water-dependent interfacial transition zone in resin-modified glass-ionomer cement/dentin interfaces. **J Dent Res**, v.83, n.8, p.644-648, 2004.
82. THONEMANN, B. et al. Resin-modified glass ionomers for luting posterior ceramic restorations. **Dent Mater**, v.11, p.161-168, 1995.
83. TOLEDANO, M. et al. Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials. **J Dent**, v.31, p. 43-50, 2003.
84. VERMEERSCH, G. et al. Antibacterial activity of glass-ionomer cements, compomers and resin composites: relationship between acidity and material setting phase. **J Oral Rehabil**, v.32, p.368-374, 2005.
85. WAN, A.C.A.; YAP, A.U.J.; HASTINGS, G.W. Acid-base complex reactions in resin-modified and glass ionomer cements. **J Biomed mater res**, v.48, p.700-704, 1999.
86. WANG, X.Y.; YAP, A.U.J; NGO, H.C. Effect of early water exposure on the strength of glass ionomer restoratives. **Oper Dent**, v. 31, n.5, p.584-589, 2006.
87. WATTS, D.C.; KISUMBI, B.K.; TOWORFE, G.K. Dimensional changes of resin/ionomer restoratives in aqueous and neutral media. **Dent Mater**, v.16, p.89-96, 2000.
88. WHITE, S.N.; ZHAOKUN, Y. Compressive and diametral tensile strengths of current adhesive luting agents. **J Prosthet Dent**, v.69, n.6, p.658-672, 1993.

89. WILDER, A.D. et al. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. **J Dent**, v.28, p. 367-373, 2000.
90. WILSON, A.D.; CRISP, S.; FERNER, A.J. Reactions in glass-ionomer cements: IV: Effect of chelating comonomers on setting behavior. **J Dent Res**, v.55, n.3, p.489-495, 1976.
91. WILSON, A.D.; KENT, B.E. A new translucent cement for dentistry. **Brit Dent J**, v.132, p.133-135, 1972.
92. WILSON, A.D. Resin-modified glass-ionomer cements. **Int J Prosthodont**, v. 3, p.425-429, 1990.
93. WILSON, A.D. A hard decade's work: steps in the invention of the glass-ionomer cement. **J Dent Res**, v.75, n.10, p.1723-1727, 1996.
94. WOOLFORD, M.J.; CHADWICK, R.G. Surface pH of resin-modified glass polyalkenoate (ionomer) cements. **J Dent**, v.20, n.6, p.359-364, 1992.
95. YIU, C.K.Y. et al. Interaction of resin-modified glass-ionomer cements with moist dentine. **J Dent**, v.32, p.521-530, 2004.
96. YOUNGSON, C.C.; HOLGUIN, S.M. Early in vitro marginal microleakage associated with different lining materials under class II amalgam restoration. **Eur J Prosthodont rest Dent**, v.1, n.2, p.73-77, 1992.

ABSTRACT

ABSTRACT

Influence of photocuring and storage time on the volumetric change of resin modified glass ionomer cement

This study evaluated the effect of photoactivation and storage on the hygroscopic expansion of resin modified glass ionomers (Vitremer-3M/ESPE, Fuji II LC-GC Int., Vitro Fil LC-DLF). . Twenty specimens, 5 +/- 1mm in diameter and 2mm in thickness, were made of each material in a mold of PTFE, . The RMGIC were manipulated according to the manufacturer's instructions and inserted into a mold under two glass microscope slides and kept in a darkness box for 15 minutes. Then, the samples were distributed into four groups (n=5): light-cured for 20s, light-cured for 40s, light-cured for 60s and not light-cured (control group). Each sample was storage in distilled water at 37°C. The measurements of volumetric changes were made in three different times of storage: 24 hours, 7 days and 30 days. Volumetric changes were determined using Archimedes principle, which change in buoyancy of a material in a fluid depends on the volume changes of the material. Measurements were made by an analytic balance with density apparatus (AT 261 Delta Range/Mettler Toledo). Means and standard deviations values were analyzed by three-way analysis of variance and Tukey's test to compare significance between the groups ($\alpha=0,05$). All materials underwent volumetric expansion after 30 days. Vitremer showed the less expansion when no light-cured. The time of light-cure did not influence the volumetric change, except for Fuji II LC, that showed great expansion when activated for 60s. Vitro Fil LC showed some degree of shrinkage after 7 days. This study concluded that photocuring can influence the volumetric change of resin modified glass ionomer cement.

Keywords: Glass ionomer cement; hygroscopic expansion; photoactivation