



**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Odontologia de Piracicaba**



**CÍNTIA IARA ODA CARVALHAL
Cirurgiã-Dentista**

**INFLUÊNCIA DO TEMPO DE ARMAZENAGEM E DOS CIMENTOS
NAS RESISTÊNCIAS À FRATURA + FADIGA E COMPRESSÃO
DA CERÂMICA IPS EMPRESS 2**

Dissertação apresentada a Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de mestre em Materiais Dentários.

**PIRACICABA - SP
2005**

CÍNTIA IARA ODA CARVALHAL
Cirurgiã-Dentista

**INFLUÊNCIA DO TEMPO DE ARMAZENAGEM E DOS CIMENTOS
NAS RESISTÊNCIAS À FRATURA +FADIGA E COMPRESSÃO DA
CERÂMICA IPS EMPRESS 2**

Dissertação apresentada a Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de mestre em Materiais Dentários.

Orientador: Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho

Banca examinadora: Lourenço Correr Sobrinho

Simonides Consani

Gilberto Antonio Borges

PIRACICABA - SP
2005

Ficha Catalográfica

C253i Carvalho, Cíntia Iara Oda.
Influência do tempo de armazenagem e dos cimentos nas resistências à fratura + fadiga e compressão da cerâmica IPS Empress 2. / Cíntia Iara Oda Carvalho. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2005.

Orientador : Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Armazenamento. 2. Cerâmica. 3. Fadiga. 4. Fratura. I. Correr Sobrinho, Lourenço. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

(hmc/fop)

Palavras-chave em inglês (Keywords): 1. Storage. 2. Ceramics. 3. Fatigue. 4. Fracture

Área de concentração: Materiais Dentários

Titulação: Mestre em Materiais Dentários

Banca examinadora: Gilberto Antonio Borges; Lourenço Correr Sobrinho; Simonides Consani.

Data da defesa: 3 fev. 2005

*Pelo sonho é que vamos, comovidos e mudos.
Chegamos? Não chegamos?
Haja ou não haja frutos,
Pelo sonho é que vamos.
Basta a fé no que temos.
Basta a esperança naquilo que talvez
não teremos.
Basta que a alma demos, com a mesma alegria, ao que
desconhecemos e ao que é do dia a dia.
Chegamos? Não chegamos?
-Partimos. Vamos. Somos*

Sebastião da Gama

Dedico este trabalho a essas pessoas que foram essenciais nesta etapa da minha vida:

A *Deus*, por ter sempre guiado meus caminhos, que me deu saúde, proteção e paz interior, que nunca deixou que me faltasse nada, que esteve, está e estará ao meu lado pelo resto de minha vida.

Aos meus *Pais*, por serem as melhores e as maiores referências de perseverança, dedicação e honestidade. Os meus caminhos sempre foram mais fáceis por tudo que vocês fizeram e fazem para me proporcionar todas as oportunidades, por me amarem do jeito que sou.

As minhas amadas irmãs *Carla* e *Luana* de quem recebo carinho apoio e força para suportar todas as dificuldades, ao pequeno e ao tão amado *Almir Gabriel* que tem alegrado nossas vidas e me ensinado que se pode amar alguém mais do que nós mesmo.

Ao meu amado *José Antônio*, pois hoje eu tenho a certeza não há distância que separe o nosso Amor. As alegrias de hoje são também suas, pois todo o teu carinho, dedicação e estímulo serviram como armas desta conquista. Juntamente com você pude percorrer este caminho sentindo-me segura. É muito bom sentir-me amada por você e é por toda sua dedicação e carinho que faz com que eu deseje cada dia mais estar ao teu lado amando-o e fazendo-o feliz.

AMO VOCÊS DE TODO MEU CORAÇÃO

Ao Prof. Dr. **Lourenço Correr Sobrinho**,
Titular da Área Materiais Dentários da
Faculdade de Odontologia de Piracicaba -
UNICAMP pelo grande incentivo, pelas
orientações no trabalho e na vida.

O Homem de sucesso é o que viveu bem, riu muitas vezes e amou bastante; que conquistou o respeito dos homens inteligentes e o amor das crianças; que galgou uma posição respeitada e cumpriu suas tarefas; que deixou este mundo melhor do que encontrou, ao contribuir com uma flor mais bonita, um poema perfeito ou uma alma resgatada; que jamais deixou de apreciar a beleza do mundo ou falhou em expressá-la; que buscou o melhor dos outros e deu o melhor de si.

Robert Louis Stevenson.

Ao Prof. Dr. **Simonides Consani**, Titular da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, sua serenidade e capacidade científica e amor a Materiais Dentários são fontes de inspiração para todos nós. Obrigada por todo carinho, amizade e pronta ajuda em todos os momentos necessários.

Ao Prof. Dr. **Mário Alexandre Sinhoreti**, Assistente da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, cujo conhecimento científico foi essencial para a minha formação, obrigada por pelo acompanhamento de todo trabalho e orientação na análise estatística.

Ao Prof. Dr. **Mario Fernando de Goes**, Titular da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pelo crescimento científico proporcionado.

À Profa. Dra. **Regina Maria Puppim Rontani**, Titular da Área Odontopediatria, professora do Programa de Pós-Graduação em Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela oportunidade em desenvolver trabalhos em seu laboratório, incentivo e amizade.

*Grandes descobertas e progressos
envolvem a cooperação de várias mentes.*

Alexander Graham

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba/UNICAMP, na pessoa do seu diretor Prof. Dr. **Thales da Rocha Mattos Filho**.

Ao Prof. Dr. **Pedro Luiz Rosalen**, coordenador dos cursos de pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba/UNICAMP.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, **CAPES**, pela concessão da bolsa de Mestrado.

À funcionária **Marilene Girello**, pela organização das referências bibliográficas.

Aos Funcionários da Área Materiais Dentários Engenheiro Mecânico **Marcos Blanco Cangiani** e **Selma Barbosa Segalla**, pela amizade, apoio, confiança, conselhos e por terem proporcionado adoráveis dias no laboratório, sou extremamente grata por toda ajuda que vocês me deram no decorrer do curso.

Aos amigos do Curso de Pós-Graduação: **Ana Flávia, Américo, Dário, Juliana, Luis Felipe, Marcelo, Osvaldo, Ricardo, Rubens Tango e Vinicius**. Pensei em agradecer cada um separadamente por todo apoio, ajuda e força que me deram para superar todas as dificuldades. No entanto, pensando melhor cheguei a conclusão que deveria colocar todos vocês juntinhos, pois sempre fomos assim. Cada um de vocês sabe o quanto foi bom tudo que vivemos e vamos continuar vivendo juntos.

À **Sanae, Moshimoshi, Mirela** ou simplesmente **Mi**, muito obrigada por ser esta pessoa tão adorável, meiga e amiga. Com você vivi momentos adoráveis, quantos almoços e tantas conversas e *cappuccino* e tantos conselhos você me deu. Obrigada por me entender até quanto eu mesma não entendia, pela paciência e por você ser assim simplesmente ÚNICA.

As queridas **Mitsue Hayacibara, Silvana Pasetto, Estela Kaminagakura** e **Mariliane Chicarelli**, que durante todo este tempo me aconselharam, encorajaram e me deram forças para suportar a saudade de casa. Levarei sempre comigo todos os dias maravilhosos que passamos juntas em nossa casa. Obrigada a vocês que foram muito mais que amigas, foram verdadeiras irmãs.

Amigos são os verdadeiros irmãos que Deus esqueceu de nos dar.

Aos colegas **Gilberto Borges, Rogério Veira e Evandro Piva** que me proporcionaram um grande aprendizado e crescimento neste período.

Aos amigos e companheiros **Adriana, Alessandra, Fabinho e Larissa** pelos bons momentos de descontração que tornaram a vida em Piracicaba mais alegre.

Aos colegas do Programa de Pós-graduação nível **Doutorado** pelo convívio durante todo curso e amizade.

À **Família Correr** pela alegria contagiante que sempre alegraram os meus finais de semana em Piracicaba.

Aos meus pais Piracicabanos, **Vera e Eliseu**, por todo cuidado e carinho a mim devotado, capaz de me confortar e fortalecer diante da saudade de meus pais.

E àqueles que de uma forma ou de outra me ajudaram a alcançar mais esta vitória.

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS

Cada amigo representa um mundo em nós, um mundo que talvez não existisse antes do surgimento do amigo, e é apenas por meio desse encontro que nasce um novo mundo.

SUMÁRIO

RESUMO - - - - -	1
ABSTRACT - - - - -	3
1 INTRODUÇÃO - - - - -	4
2 REVISÃO DA LITERATURA - - - - -	7
3 PROPOSIÇÃO - - - - -	56
4 MATERIAIS E MÉTODO - - - - -	57
4.1 Materiais - - - - -	57
4.2 Método - - - - -	57
4.2.1 Preparo e Fixação dos dentes em resina.- - - - -	57
4.2.2 Moldagem e obtenção dos troquéis. - - - - -	59
4.2.3 Preparos dos <i>copings</i> com cerâmica IPS Empress 2 -	62
4.2.4 Aplicação da Cerâmica de estratificação - - - - -	64
4.2.5 Cimentação - - - - -	65
4.2.6 Ensaio de resistência à fratura e fadiga + fratura - - -	67
4.2.6.1 Ensaio de resistência à fratura - - - - -	69
4.2.6.2 Ensaio de resistência à fadiga + fratura- - - -	70
5 RESULTADOS - - - - -	71
6 DISCUSSÃO - - - - -	74
7 CONCLUSÃO - - - - -	79
REFERÊNCIAS - - - - -	80
APÊNDICE - - - - -	87

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à fratura (sem fadiga) e o efeito do tempo de armazenagem em água (24 horas e 1 ano) na resistência à fadiga + fratura da coroa cerâmica IPS Empress 2 (Ivoclar), fixadas com cimento resinoso Variolink II (Ivoclar-Vivadent) e cimento de ionômero de vidro modificado por resina Rely X Luting (3M ESPE). Noventa incisivos bovinos foram incluídos em resina acrílica. Os dentes foram preparados para receber coroas totais completas, usando pontas diamantadas nº 4103 sob refrigeração com água, com paredes convergentes de 8° e término cervical em ombro com 90°. Noventa coroas em cerâmica com 8 mm de diâmetro por 8,5 mm de altura foram confeccionadas com a cerâmica IPS Empress 2. Em seguida, quarenta e cinco coroas foram fixadas com cimento Variolink II e quarenta e cinco com o Rely X Luting, com auxílio de prensa pneumática, com carga estática de 9 kgf, por 1 minuto e divididas em seis grupos de acordo com o tratamento e material de fixação. Em seguida, 60 corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37° C por 24 horas e 30 por 1 ano. Nos grupos 1 e 2, fratura (sem fadiga) fixadas com os cimentos Variolink II e Rely X Luting, 15 corpos-de-prova para cada grupo foram submetidos ao teste de fratura a uma velocidade de 1,0 mm/minutos. Os grupos 3 e 4 foram submetidos ao teste de fadiga por 60.000 ciclos, com carga de 75 N, aplicada com força em forma sinusoidal com 2 HZ, em água destilada seguido pelo teste de fratura para o tempo de armazenagem de 24 horas (15 corpos-de-prova para cada tipo de cimento). Os grupos 5 e 6 semelhantes aos grupos 3 e 4, para um tempo de armazenagem de 1 ano. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância e ao teste de Tukey ($p < 0,05$) e mostraram que o cimento resinoso Variolink II apresentou valores de resistência estatisticamente superiores ao Rely X Luting, nas condições fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura, nos períodos de armazenagem 24 horas e 1 ano ($p < 0,05$). Os períodos de armazenagem 24 horas e 1 ano não diminuíram significativamente os valores de resistência à fadiga + fratura para as coroas cerâmicas IPS Empress 2, fixadas com os cimentos Variolink II ou Rely X Luting ($p > 0,05$).

Palavras-Chave: Cerâmica – Fadiga – Cimento - Armazenagem

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the fracture strength (without fatigue) and the influence of storage time (24 hours and 1 year) in fatigue + fracture strength of IPS Empress 2 crowns (Ivoclar), luted with resin cement Variolink II (Ivoclar-Vivadent) and resin-modified glass ionomer cement Rely X Luting (3M ESPE). Ninety bovine incisors were embedded in acrylic resin. The coronal portions of the teeth were prepared to receive complete crowns using a 4103 diamond bur under water refrigeration with 8° of tapering and 90° shoulder. Ninety crowns with 8mm diameter and 8.5mm height were fabricated with the ceramics IPS Empress 2. After glazing, forty-five crowns were luted onto the bovine tooth with Variolink II and forty-five with Rely X Luting. The crowns were luted onto the tooth with static load of 9kgf for 1min and divided in six groups according to the treatment and cement. Afterwards, sixty specimens were stored in distilled water at 37° C for 24 hours and thirty for 1 year. Groups 1 and 2, fracture strength (without fatigue) luted with Variolink II and Rely X Luting, 15 specimens for each group were submitted to the fracture strength at a crosshead speed of 1.0mm/min. Groups 3 and 4 were submitted to 60,000 fatigue cycles, with load of 75N applied perpendicularly to the occlusal surface at 2HZ in wet environment, and to the fracture test for the storage time 24 hours (15 specimens for each of the cement). The groups 5 and 6 were submitted to the same treatment of the groups 3 and 4, for the 1 year of storage time. The data were analysed by ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$) and showed that the resin cement Variolink II showed values of the strength significantly stronger than Rely X Luting, in the condition of fracture strength (without fatigue) and fatigue + fracture, in the storage time 24 hours and 1 year ($p < 0.05$). The storage time 24 hours and 1 year didn't decrease significantly the fatigue + fracture strength for the IPS Empress 2 ceramics crowns luted with Variolink II or Rely X Luting ($p > 0.05$).

Key-word: Ceramic – Fatigue – Cement – Storage.

1 INTRODUÇÃO

As cerâmicas odontológicas são utilizadas rotineiramente para a confecção de restaurações dentais. Nas últimas décadas, novos materiais e técnicas de confecção para cerâmicas livre de metal foram desenvolvidos com o intuito de aumentar a resistência e melhorar a estética das regiões dos dentes anteriores e posteriores.

A utilização de restaurações totalmente cerâmica no meio bucal foi possibilitada pelo aperfeiçoamento dos processos de obtenção da cerâmica e de materiais para cimentação da restauração, já que a fixação é sustentada pela união química e/ou mecânica com agentes de cimentação (Bowen, 1963; Paffenbarger, 1967; Myerson, 1969; Newburg & Pameijer, 1978; Roulet *et al.*, 1995).

Além da resistência intrínseca da cerâmica, o sucesso clínico das restaurações depende de outros fatores, como o procedimento de união entre a mesma e a estrutura dental, que é um fator importante para a longevidade da restauração e, dependendo do material cerâmico empregado, a fixação pode ser realizada pela técnica adesiva ou convencional (Sphor *et al.*, 2003).

Em esmalte e dentina, a técnica de fixação adesiva consiste no condicionamento ácido e aplicação de resina fluida (Buonocore, 1955; Brudevold *et al.*, 1956; Fusayama *et al.*, 1979). Por outro lado, a superfície interna da restauração em cerâmica deve ser susceptível a tratamentos de superfície, com o objetivo de promover retenções micromecânicas, para que a ação de agentes resinosos na cerâmica tenha a mesma efetividade que na estrutura dentária (Sphor *et al.*, 2003). O procedimento técnico usual para a cerâmica feldspática reforçada por leucita ou disilicato de lítio tem sido o condicionamento com ácido fluorídrico, o qual promove irregularidades na superfície da cerâmica pela remoção da fase vítrea e cristalina (Simosen & Calamia, 1983). Além disso, o uso de substâncias químicas como o silano, um monômero composto por radicais orgânicos reativos e grupos monovalentes hidrolisáveis, propicia união química entre a fase inorgânica da cerâmica e a fase orgânica do material resinoso aplicado sobre a superfície da cerâmica condicionada (Bowen, 1963; Paffenbarger *et al.*, 1967; Myerson, 1969; Newburg & Pameijer, 1978).

A seguir, é colocado um material para fixação, o qual forma uma camada intermediária unindo a estrutura dentária e a superfície da cerâmica em uma única unidade, de forma que as forças aplicadas na superfície da cerâmica são gradualmente transferidas para a estrutura do dente subjacente sem causar fraturas na restauração ou no elemento dentário (Sphor *et al.*, 2003). Isto é particularmente importante em restaurações confeccionadas com cerâmica feldspática, pois a concentração de tensões na superfície causa fratura da cerâmica devido à menor resistência às tensões de tração (Burke, 1995; Groten & Pröbster, 1997).

Já, a técnica de fixação convencional é mais simples e menos crítica em relação à técnica adesiva, e pode ser realizada com o cimento de fosfato de zinco ou cimento de ionômero de vidro. Assim, o agente cimentante deve possuir propriedades mecânicas suficientes para resistir à degradação no meio bucal e aderir à estrutura dental subjacente, possibilitando a transferência das forças incidentes na restauração para o dente durante a mastigação, minimizando a formação e propagação de fratura das restaurações por fadiga (Lu *et al.*, 1992; Wiskott *et al.*, 1995; Braga *et al.*, 2000). Entretanto, a longevidade da união da restauração à estrutura dental pode ser influenciada pelo tempo e condições de armazenagem (Drummond *et al.*, 1991; Kitasako *et al.*, 2000; Ortengren *et al.*, 2001). Normalmente, propriedades como resistência e solubilidade são medidas em ensaios laboratoriais, seguindo protocolos pré-definidos como os da especificação da A.D.A, que avalia a qualidade e o provável comportamento do material sob condições clínicas. Estes trabalhos são conduzidos 24 horas após a cimentação. Este intervalo de tempo é útil para determinar a capacidade retentiva do material, entretanto, falha em fornecer qualquer informação com respeito às mudanças ocorridas no material e na interface em períodos de armazenagem mais longos.

Segundo Kern *et al.*, (1994) e Roulet *et al.*, (1995), a resistência da cerâmica em meio aquoso é inferior à da cerâmica armazenada ao ar. A umidade está em contato com todas as superfícies externas da cerâmica; e, internamente através da dentina vital, infiltração marginal e difusão através dos agentes cimentantes (Myerson, 1969; Morena *et al.*, 1986). Em 2001, Ortengren *et al.*, relataram que também ocorre a diminuição da resistência dos agentes cimentantes quando

armazenados em meio aquoso. Estudos mostraram que a água do meio pode ser absorvida pela matriz orgânica dos cimentos resinosos, e é possível que a embebição deste material possa ter efeito adverso sobre a resistência da cerâmica.

Por outro lado, de acordo com Drummond *et al.*, em 1991, a armazenagem da cerâmica unida à diferentes cimentos odontológicos em água destilada, por período de armazenagem de 6 meses, não promoveram redução nos valores de resistência de união. Em 2004, Jin *et al.*, verificaram que a resistência à fadiga da cerâmica IPS Empress 2 não modificou após 1 ano de armazenagem em água destilada. Roulet *et al.*, 1995, observaram que a união cimento/porcelana após 1 ano de armazenagem mantinha-se constante para as cerâmicas condicionadas com ácido fluorídrico.

Como o prognóstico para vida útil de restaurações em cerâmica está em função do comportamento do agente de cimentação e da união adesiva, e assim como o meio úmido interfere em ambas condições, parece relevante avaliar o efeito do tempo de armazenagem em água nas propriedades mecânicas da cerâmica IPS Empress 2.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Buonocore, em 1955, apresentou um método simples para aumentar a adesão da resina acrílica à superfície de esmalte. Verificou que a adesão de discos de resina acrílica, com 5 mm de diâmetro, à superfície de esmalte era maior quando este era condicionado com ácido fosfórico a 85% por 30 segundos, do que quando não recebia nenhum tratamento previamente à colocação da resina acrílica. O autor sugeriu algumas explicações para tal fenômeno como grande aumento da área de superfície devido à ação do condicionamento ácido e aumento da capacidade de umedecimento da superfície, permitindo assim, contato íntimo da resina acrílica com o esmalte.

Brudevold *et al.*, em 1956, verificaram a união da resina acrílica sobre a superfície dentinária associando a utilização de adesivo e o condicionamento prévio com ácido hidrocloreídrico a 7%. A superfície dentinária de dentes humanos extraídos foi exposta e delimitada uma área de 5 mm de diâmetro. Em algumas amostras foi aplicado o adesivo e, após polimerização do mesmo, a resina acrílica. Em outras amostras foi aplicado o ácido hidrocloreídrico a 7% por 1 minuto, adesivo e resina acrílica. Os corpos-de-prova foram armazenados em água e a resistência de união foi avaliada uma hora após a confecção dos mesmos, em intervalos ao longo de três meses. Os autores verificaram que a resistência de união foi, aproximadamente, o dobro após o condicionamento ácido da superfície da dentina e as uniões mostraram-se resistentes quando imersas em água, embora os valores tenham diminuído.

Bowen, em 1963, estudou as propriedades dos polímeros para restaurações dentais reforçadas por sílica. Usou partículas vítreas de sílica com forma irregular e tamanho variando em torno de 150 μm cujas superfícies foram tratadas com vinil-silano, com o objetivo de aumentar a união entre a fase orgânica e inorgânica. O aglutinante usado foi um copolímero do Bis-GMA, que pode ser considerado como produto da adição de metacrilato de glicidila ao bis-fenol A, catalizado por 0,5% de

N,N-dimetil-p-toluidina, a 60° C. Dessa forma, conseguiu-se um material onde 70% em peso de sílica vítrea tratada, que corresponde aproximadamente a 55% de sílica por volume, foi incorporada ao polímero orgânico, propiciando uma redução na contração de polimerização e no coeficiente de expansão térmica, um aumento da resistência à compressão e do módulo de elasticidade, além de uma baixa solubilidade e desintegração em água, quando comparada à resina onde foi adicionada sílica não tratada.

Mclean & Hughes, em 1965, relataram que as fraturas das cerâmicas odontológicas ocorrem devido à existência de fendas na superfície do material, local em que ocorre a concentração de tensões quando a cerâmica é submetida a cargas de tração, fazendo com que a resistência medida seja sempre menor do que a coesão molecular ou a resistência teórica do material cerâmico. Com objetivo de melhorar as propriedades da cerâmica, os autores determinaram os efeitos da introdução da alumina na matriz vítrea sobre as propriedades físicas e mecânicas da cerâmica. Diferentes concentrações de alumina foram utilizadas, sendo obtido resultados mais satisfatórios com as amostras em que foi empregado um conteúdo de 40% em peso de alumina. Concluíram que o uso dos cristais de alumina como fase de reforço na matriz vítrea forneceu aumento significativo nas propriedades mecânicas da cerâmica, sendo a resistência à fratura aproximadamente o dobro da cerâmica convencional.

Paffenbarger *et al.*, em 1967, avaliaram a resistência de união e o selamento da interface de dentes de porcelana e resina acrílica empregando uma solução de γ -metacriloxipropiltrimetoxissilano em água destilada e acidificada com ácido acético (pH entre 3 e 4). Cilindros de resina acrílica foram unidos à porcelana com e sem aplicação do silano, sendo o teste de tração realizado de acordo com a especificação nº 15 da ADA. Para avaliação do selamento, foram confeccionadas próteses totais com e sem a aplicação do silano sobre os dentes de porcelana, sendo imersas em solução aquosa de azul de metileno. Os autores concluíram que o silano aumentou a

resistência de união assim como diminuiu a microinfiltração entre o dente e a resina acrílica.

Myerson, em 1969, verificou a resistência de união de dentes de porcelana tratados com silano unidos a resinas acrílicas de polimerização química e térmica. O conjunto porcelana/resina foi submetido ao teste de extrusão. A carga foi aplicada em ângulo de 60° ao plano incisivo-gengival do dente, sendo aumentada em 25 Kg/cm²/minuto até que ocorresse a fratura. As amostras também foram submetidas a dois tipos de ciclagem: 1 – mecânica com carga inicial de 1,70 Kg, com aumento de 0,42 Kg a cada 270 ciclos até à fratura; 2 – térmica, as amostras foram submetidas à ciclagem térmica nas temperaturas de 5° C e 70° C durante cinco minutos cada banho. Após 432 ciclos, as amostras foram submetidas ao teste de extrusão. O autor concluiu que a diferença no coeficiente de expansão térmica entre os materiais é a principal causadora do rompimento da união porcelana-resina acrílica, e que o silano melhora consideravelmente a resistência de união destes.

Southan & Jorgensen, em 1974, determinaram a fadiga estática de cerâmicas na presença de umidade e identificaram o limite de resistência. Trezentos discos com 2 mm de espessura por 10 mm de diâmetro foram confeccionados com a cerâmica Vita. Os corpos-de-prova foram submetidos à carga estática com 17,5 kgf por uma semana. A superfície da cerâmica também foi tratada quimicamente com nitrato de potássio para verificar se a mesma provocaria um aumento na resistência. O tratamento na superfície da cerâmica promoveu um aumento na resistência da cerâmica de 32,58 kgf em relação à não tratada de 20,98 kgf. Cem por cento dos corpos-de-prova submetidos a uma carga de 17,75 kgf falharam em uma semana. A carga de 12,5 kgf aplicada por uma semana sobre corpos-de-prova foi limite de resistência para o material. A capacidade da cerâmica dental de suportar uma carga estática em água diminuiu com o aumento da aplicação da carga. A fadiga estática sobre a cerâmica dental na presença de umidade, num determinado tempo, pode ser prejudicial para o material.

Newburg & Pameijer, em 1978, verificaram a resistência de união da resina composta à porcelana tratada com silano. Incisivos centrais de porcelana foram fixados em resina acrílica, sendo a área vestibular lixada para obter uma superfície plana com 6 mm de diâmetro. A superfície das amostras de porcelana foi limpa com solução de 33% de ácido fosfórico por 1 minuto, lavada, seca, seguido da aplicação de silano por 5 minutos. Foram confeccionadas 102 amostras divididas em quatro grupos: grupo A - seis dentes foram tratados com silano e aplicado Nuva Fil (L.D. Caulk Co.); seis dentes foram tratados com silano e aplicado Adaptic (J&J); e seis dentes não receberam a aplicação do silano, sendo aplicado Nuva Fil; grupo B - todas as amostras receberam Nuva-Fil, sendo que seis foram expostas à ciclagem térmica, e as outras doze amostras receberam somente o tratamento com silano; grupo C - as amostras foram preparadas como no grupo A, porém o silano utilizado foi uma solução envelhecida por duas semanas; grupo D - este grupo continha 48 amostras, com doze sendo submetidas à ciclagem térmica, e todas tendo sido tratadas com silano, seguido da aplicação da resina Adaptic. Os autores concluíram que a união da resina composta à porcelana dental, tratada com silano, produz união eficaz, e a introdução de tensões térmicas necessita ser investigada em futuras avaliações clínicas, mas a técnica parece ser um método efetivo para reparo de restaurações de porcelana na cavidade oral.

Rosen, em 1978, relatou que muitas teorias da função do silano têm sido propostas como, por exemplo, as teorias da união química e do umedecimento da superfície. A teoria química é a mais antiga e afirma que o silano une-se quimicamente com o compósito por meio da reação do grupo organofuncional com as moléculas de resina, e por meio da reação dos grupos hidrolisados com o vidro ou a superfície da partícula. Isto proporciona forte união interfacial entre 50 a 100 Kcal/mole. A teoria do umedecimento mostra que é possível que o umedecimento completo de uma partícula pela resina poderia aumentar a resistência adesiva pela adsorção física que poderia exceder a resistência coesiva da resina. Em um sistema onde a união química pode ser rapidamente formada, a contribuição da adesão física

para a adesão total não é importante. É evidente que o umedecimento da superfície não é o principal mecanismo, entretanto pode melhorar a união.

Fusayama *et al.*, em 1979, desenvolveram um dispositivo para ensaio de tração e avaliaram as propriedades de adesão do Clearfil Bond System-f (Kuraray) comparando-as com as das resinas Adaptic Total System (Johnson & Johnson), Concise Enamel Bond (3M) e Palakav. Superfícies de esmalte e dentina de incisivos centrais superiores e de molares humanos extraídos foram desgastados até obter uma superfície plana e, em seguida, os dentes foram armazenados em água e secos imediatamente antes do uso. As superfícies foram condicionadas com ácido fosfórico a 40% por 60 segundos e novamente lavadas e secas. Uma matriz cilíndrica com 5 mm de diâmetro e 4 mm de altura foi posicionada sobre a superfície e preenchida com os materiais testados, e antes da polimerização, foi fixada uma alça no interior da resina. A maioria dos corpos-de-prova foi armazenada em água 37°C após 10 minutos de sua confecção e submetida ao ensaio de tração após uma semana, um mês ou três meses. Os autores concluíram que a resina Clearfil promoveu aumento significativo na união com o esmalte, e que o condicionamento ácido do esmalte e da dentina aumentou os valores de resistência de união.

Nakabayashi *et al.*, em 1982, avaliaram a eficiência de uma resina à base de 4-META na união ao tecido dentinário, previamente condicionado com solução de ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3%. Constataram que monômeros com ambos grupos hidrófobos e hidrófilos, tais como 4-META, infiltravam-se em tecido duro, polimerizando *in situ* e melhorando a união com o substrato dentinário. A microscopia eletrônica sugeriu que tais monômeros resinosos infiltraram-se na rede de fibras colágenas e, após polimerização, produziram uma retenção micromecânica da resina na superfície dentinária. Os autores denominaram de camada híbrida (híbrido de resina e colágeno) esta interdifusão de resina/dentina infiltrada, concluindo que tais monômeros representam um novo conceito de materiais biocompatíveis para o uso na união dentinária.

Simonsen & Calamia, em 1983, avaliaram a viabilidade do condicionamento da cerâmica e a resistência de união da cerâmica condicionada à resina composta. A superfície de 20 discos de cerâmica unidos à liga metálica não preciosa foi condicionada por 0, 2^{1/2}, 5, 10 e 20 minutos com solução contendo 7,5% de ácido hidrocloreídrico. Após lavagem e secagem, as superfícies foram cobertas com uma camada de resina sem carga, sendo unido um cilindro de resina composta à superfície da cerâmica. Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração numa máquina de ensaio universal Instron. A resistência de união aumentou com o tempo de condicionamento, variando de 0,6 MPa na cerâmica não condicionada, a 7,5 MPa com os 20 minutos de condicionamento. Análise em microscópio eletrônico de varredura evidenciou uma superfície porosa quando realizado o condicionamento, ocorrendo falhas adesivas nos corpos-de-prova que não foram condicionados, e falhas coesivas, tanto na cerâmica como na resina composta, quando a cerâmica foi condicionada. Os autores sugerem que os valores de resistência de união obtidos neste estudo sejam significantes clinicamente para a fixação de restaurações em cerâmica, enfatizando que mais estudos são necessários para determinar tanto a solução ácida como o tempo de condicionamento ideal.

Philp & Brukl, em 1984, compararam a resistência à compressão de coroas de cerâmica alumínica, coroas com folha de platina e coroas Cerestone, fixadas em troquéis de policarboxilato (Drefw Plastic), com a forma de tronco de cone, com diâmetros de 5,1 mm na base menor e 8,1 mm na base maior e uma altura de 7 mm, mantendo uma angulação de 2,5°. Em seguida, os moldes dos troquéis foram preenchidos com resina epoxi (Coors Biomedical) para a Cerestone e revestimento (Unitek) para as coroas alumínica e folha de platina. Para os modelos Cerestone foi aplicada uma camada de separador Tefron e para as outras coroas foi aplicada uma folha de platina. Uma camada uniforme de material para o coping e a cerâmica foi obtida com um dispositivo que consistia de uma lâmina de aço adaptada em uma base de aço, onde o troquel era posicionado numa base rotatória, de modo que o mesmo girava ao redor da lâmina permitindo esculpir os corpos-de-prova com espessuras uniformes. Inicialmente foi utilizada uma lâmina com espessura uniforme

para o *coping* de 0,5 mm em seguida realizava-se a queima num forno. Posteriormente, uma segunda lâmina, a qual proporcionava a escultura da coroa com espessura de parede axial de 1,0 mm e a queima foi realizada de acordo com as recomendações do fabricante. Após a confecção, os corpos-de-prova foram fixadas nos troquéis de poliacrilato com cimento de fosfato de zinco (Mizzy) de acordo com a especificação nº 8 da A.D.A. Inicialmente, uma pressão digital foi realizada, e imediatamente uma carga de 5 Kg foi aplicada por 10 minutos. Em seguida, os corpos-de-prova foram armazenados em água à temperatura ambiente por 48 horas. Decorridas as 48 horas, os corpos-de-prova foram submetidas ao ensaio de compressão utilizando uma máquina de ensaio universal Instron a uma velocidade de 1 mm/min., equipada com uma ponta esférica de 12,7 mm de diâmetro. Os autores concluíram que as coroas Cerestone apresentaram alta resistência à compressão, mas não eram estatisticamente diferentes das coroas convencionais; as coroas com folha de platina apresentaram valores menores do que as Cerestone e a convencional; a espessura de parede padronizada neste estudo não afetou significativamente a carga de fratura das coroas de cerâmicas.

Morena *et al.*, em 1986, realizaram um estudo sobre a fadiga de cerâmicas em ambiente bucal simulado. Segundo os autores, o processo de degradação das cerâmicas em meio aquoso é denominado fadiga e, acredita-se ser causado pelo processo de corrosão envolvendo o crescimento estável de pequenas falhas pré-existentes. Devido ao fato das restaurações em cerâmica encontrarem-se em contato constante com água presente na saliva, túbulos dentinários e agentes cimentantes, o expoente de crescimento de fratura η foi estudado para diferentes tipos de cerâmica-feldspática (Ceramco Gengival), alumínica (Vitadur N) e porcelana policristalina de grãos finos (Cerestone) em meio aquoso, através do teste de flexão biaxial. A cerâmica feldspática foi analisada em água e em saliva artificial; entretanto, as demais foram analisadas apenas em água. O material que apresenta o maior valor de η , apresenta maior probabilidade de sobreviver ao longo do tempo. Os resultados mostraram que as diferenças para o valor de η entre as cerâmicas foi significativa. Através do teste de Tukey, não houve diferença entre os valores de η

para a cerâmica feldspática analisada em água daquela analisada em saliva artificial. Os autores concluíram que o baixo valor de η encontrado para as cerâmicas feldspáticas indica que o material é afetado de forma adversa quando exposto à água, sendo o valor de η da cerâmica feldspática comparável aos vidros de silicato, conhecidos como os vidros mais susceptíveis à fadiga dentre todas as cerâmicas. O que demonstra que as propriedades mecânicas da cerâmica feldspática são controladas pela matriz vítrea e não pela(s) fase(s) cristalina. A cerâmica alumínica, devido ao seu conteúdo vítreo comparável ao da cerâmica feldspática (30-40%vol), apresentou um valor do expoente de fratura(η) maior que o do vidro de silicato. Enquanto que a porcelana de grãos finos apresentou-se estável em meio aquoso. A determinação das curvas de predição de vida útil demonstrou que em um período de 5 anos podem existir tensões suficientes no meio oral capaz de acarretar falha de próteses fixas em cerâmica.

Hondrum & O'Brien, em 1988, avaliaram a resistência à fratura de coroas confeccionadas com "coping" de óxido de magnésio e óxido de alumínio. Foi utilizado um troquel metálico de aço inoxidável simulando pré-molar superior. Inicialmente, esse troquel foi moldado com silicona de adição (Mirror 3), posteriormente essas impressões foram vazadas com resina epóxica (Epoxy Dent) obtendo-se quarenta troquéis, os quais foram moldados com polissulfeto (Permlastic) e vazados com revestimento (Silky-Rock) de alta resistência. Uma folha de platina com 0,001"(Willians Gold Refining) foi adaptada em cada um dos quarenta modelos de trabalho. Esses modelos foram divididos em quatro grupos de dez corpos-de-prova: grupo 1 e 2 - coroa com "coping" de óxido de magnésio e grupos 3 e 4, coroa com "coping" de óxido de alumínio. Posteriormente, sobre os "copings" foram confeccionadas as coroas com as cerâmicas (Ceramco Vacuum Porcelain para "copings" de óxido de magnésio e Vitadur para os "copings" de óxido de alumínio). As coroas do grupo 2 e 4 foram glazeadas internamente, enquanto as do grupo 1 e 3 permaneceram com a folha de platina internamente. Após a confecção, todas as coroas foram medidas em quatro diferentes pontos laterais e na oclusal, para verificar se elas apresentavam as mesmas medidas. Posteriormente, as coroas

foram fixadas sobre os troquéis de resina epoxi com o cimento de fosfato de zinco (Modern Tenacin, Dentsply) utilizando um pressão de 5 Kg , por 10 minutos. Decorrido esse tempo, a carga foi removida e o corpo-de-prova foi mantido por mais 10 minutos em temperatura ambiente, sendo em seguida colocado em água à temperatura ambiente, por 24 horas. Posteriormente, as coroas foram submetidas a uma carga de compressão na superfície oclusal a 2 mm da parede axial externa, em uma máquina de ensaio universal Instron (Model TT, BM) equipada com uma ponta triangular, a uma velocidade de 1 mm/min. até a ruptura dos corpos-de-prova. Os autores concluíram que as coroas com “coping” de óxido de alumínio e magnésio com folha de platina apresentaram resistência à compressão superior em relação às coroas dos grupos que foram submetidos ao glazeamento. Além disso, segundo os autores, a inability de preencher completamente o espaço entre a coroa e o dente se constitui num problema de transferência de tensões. Pode ser que uma fina camada de cimento, característica de melhor adaptação da coroa, possa ser mais relevante para a resistência das coroas de porcelana, do que a própria resistência relativa dos materiais.

Segundo Anderson., em 1990, aproximadamente 90% de todos os fracassos mecânicos são causados por fadiga. A fadiga é um modo de fratura que ocorre nos materiais após serem submetidos a repetidas cargas. As falhas por fadiga são iniciadas por defeitos microscópicos que se desenvolvem em áreas onde ocorrerem concentrações de tensões ou ao redor dessa área. Com o passar do tempo esses defeitos tomam um tamanho crítico e falhas catastróficas ocorrem no material.

Kelly *et al.*, em 1990, estudaram as falhas clínicas ocorridas em coroas totais (Dicor e Cerestone) através da fratura. Foram avaliadas sete coroas totais que apresentaram fracassos clínicos num período de 1 a 3 anos e cinco que apresentaram falhas durante a prova. Essas coroas foram limpas ultrassonicamente e desionizadas com água e acetona. Em seguida, foram observadas em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Após análise das fotomicrografias os autores emitiram as seguintes conclusões. As coroas totais eram susceptíveis à fratura como

resultado de sua natureza frágil e devido às tensões causadas durante o uso. A maioria das coroas apresentaram falhas que iniciavam na superfície interna, indicando que esta superfície foi colocada sob maior tensão, ou provavelmente em locais com grandes falhas ou vazios. Defeitos foram identificados como sendo de fabricação ou inerentes da microestrutura da cerâmica. Defeitos observados na cerâmica Dicor pareciam ser relativos primariamente à porosidade superficial ou subsuperficial, originadas durante a fundição. Fracassos causados por defeitos na cerâmica Cerestone pareciam ser devido à porosidade introduzida durante a construção das coroas ou defeito microestrutural associado com a alta resistência do corpo do material.

Segundo Ludwig, em 1991, quando as cerâmicas eram submetidas a forças de tração, compressão e cisalhamento podiam ocorrer fraturas em função de defeitos microscópicos na superfície. A resistência da cerâmica tinha melhorado com o desenvolvimento das metalocerâmicas, porém algumas limitações eram impostas a este sistema. Um dos principais fatores era o estético, e a oxidação ou corrosão, resultantes da queima da liga durante a fundição, reduziam a sua compatibilidade tecidual. Nos últimos anos, um grande número de cerâmicas, como por exemplo Dicor e IPS-Empress, foi introduzido no mercado com bons resultados estéticos e melhoras nas propriedades mecânicas. Cristais de mica (Dicor) e leucita 24% em volume para a cerâmica (IPS-Empress) aumentaram a resistência mecânica dos materiais cerâmicos, bem como a opacidade. Em função disso, o autor desenvolveu um estudo avaliando a resistência à fratura de três tipos de coroas anteriores (coroa de jaqueta, Dicor e IPS Empress). Foi utilizado um troquel de aço inoxidável com a forma de um incisivo central, num dispositivo que permitia a confecção de coroas em cera, com idêntica forma e espessura para as coroas Dicor e IPS Empress, enquanto as coroas de jaqueta foram confeccionadas usando técnica convencional, de acordo com as recomendações do fabricante. A espessura das coroas foi verificada em 5 pontos definidos, usando um paquímetro com 0,01 mm de precisão. Após a confecção, as coroas de jaqueta e Dicor foram fixadas no troquel de aço com cimento de fosfato de zinco e o IPS Empress com Ivoclar Dual Cement. A resistência

das coroas à fratura foi avaliada usando o aparelho hidráulico controlado eletronicamente. Seis corpos-de-prova de cada porcelana foram submetidos a uma carga de compressão com o troquel posicionado verticalmente ao plano horizontal. Os outros seis corpos-de-prova foram submetidos com o troquel inclinado a 30° em relação ao plano. Os resultados mostraram que, para os corpos-de-prova inclinados a 30°, a maior medida foi obtida com o sistema IPS Empress (335 N), seguido pela Dicor (253,7 N) e coroa de jaqueta (179,5 N). Com o troquel posicionado verticalmente ao plano horizontal, o maior valor foi também obtido com o sistema IPS Empress (2180N), seguido pela Dicor (1583N) e coroa de jaqueta (545N). Com base nesses resultados, o autor concluiu que o sistema IPS Empress apresentava alta resistência à fratura para ambos os testes quando comparado com a Dicor e coroa de jaqueta.

Drummond *et al.*, em 1991, estudaram o efeito do envelhecimento fisiológico da cerâmica (Cereston- J&J) em ar e água sobre seu módulo de ruptura e a sua susceptibilidade à tensão de corrosão. A diferença existente entre os valores teóricos de resistência das cerâmicas calculados a partir das forças atômicas de união (7000 - 70.000 MPa) e os valores de resistência observados (7 - 700 MPa), deve-se à presença de microdefeitos no interior do material. Estes microdefeitos podem estar presentes no interior do material como resultado do método de preparo ou podem ser gerados durante o carregamento mecânico e/ou ataque químico. A interação da tensão mecânica e dos microdefeitos resulta em uma fenda macroscópica, a qual se propaga de maneira lenta, até que ocorra a fratura do material. Portanto, o comportamento da fratura requer 2 etapas: a formação da fenda e depois a sua propagação. Para avaliar o envelhecimento fisiológico, barras de cerâmica de magnésio-alumina (Cereston-J&J) com 2,5 x 2,5 x 30 mm foram confeccionadas de acordo com as recomendações do fabricante. Em seguida, foram armazenadas em água destilada ou ar a 37°C. A resistência à fratura foi avaliada em seu respectivo meio de armazenagem após períodos de 0, 6, e 12 meses através do teste de flexão de 4 pontos. Os resultados submetidos à análise estatística revelaram que houve diferença significativa entre as amostras armazenadas em água (96,94 ± 15,04 MPa)

e ar ($108,50 \pm 16,11$ MPa) não havendo diferença entre os diferentes períodos de armazenagem. Os autores concluíram que água destilada teve um efeito deletério significativo sobre a resistência à fratura devido à incompleta união entre as partículas de matriz da cerâmica spinel.

Lu *et al.*, em 1992, investigaram o efeito de vários tratamentos de superfície na resistência de união entre resina composta e cerâmica aluminizada Vitadur N (Vita), comparando diferentes agentes de silanização e cimentos resinosos. Foram confeccionados 56 botões (6 mm de diâmetro x 5 mm de espessura) e 56 discos (7,8 mm de diâmetro x 1,4 mm de espessura) da cerâmica, e divididos em quatro grupos. No grupo 1 foi realizado apenas limpeza em ultra-som utilizando etanol por 60 segundos (grupo controle); no grupo 2, as amostras foram imersas em solução contendo 2% de ácido hidrofúorídrico, sendo agitadas em ultra-som por 150 segundos, lavadas e secas; no grupo 3, foram aplicados os agentes de silanização Porcelain Repair Primer (Kerr) e Scotchbond Ceramic Primer (3M), seguidos dos respectivos agentes adesivos Bondlite (Kerr) e Scotchbond 2 (3M); no grupo 4, foi combinado o condicionamento com ácido hidrofúorídrico mais o tratamento realizado no grupo 3. Os botões e os discos de cerâmica foram unidos por intermédio do cimento resinoso Porcelite (Kerr) e a resina composta Silux (3M) diluída em adesivo, associando sempre os materiais do mesmo fabricante. O disco de cerâmica foi embutido em resina acrílica ativada quimicamente, sendo os corpos-de-prova armazenados em água destilada a 37° C por 7 dias e submetidos ao teste de cisalhamento numa máquina de ensaio universal com velocidade de 1 mm/minuto. Os tipos de falhas foram analisados em microscópio eletrônico de varredura. Falhas adesivas sempre ocorreram no grupo controle, e as falhas coesivas em cerâmica nos grupos que receberam tratamento de superfície. Com os dois tipos de cimentos resinosos, os valores obtidos para os grupos tratados foram significativamente maiores do que para o grupo controle. A resistência de união dos grupos tratados pela combinação do condicionamento ácido e silano foram significativamente maiores do que os grupos apenas condicionados com ácido. Nos grupos em que foi aplicado apenas o silano e combinado o condicionamento ácido e silano, o emprego

do Scotchprime Ceramic Primer / Silux forneceu valores de união significativamente maiores do que a combinação Porcelain Repair Primer / Porcelite. Esta diferença pode estar relacionada com o maior grau de hidrólise, assim como a maior capacidade do Scotchprime Ceramic Primer de umedecer a superfície da cerâmica. Os autores concluíram que o agente de silanização tem um importante papel na união entre a resina composta e a cerâmica; que a combinação do ácido hidrofúorídrico e agente de silanização potencializam esta união; e que a resistência à fratura da cerâmica parece ser alterada pela resina de fixação.

Hondrum, em 1992, fez uma revisão da literatura sobre a resistência das cerâmicas odontológicas e os mecanismos responsáveis pelo aumento desta propriedade. As restaurações em metalocerâmica possuem boa resistência e alto índice de sucesso. Por outro lado, possuem limitações tais como potencial de corrosão das ligas; problemas estéticos; necessidade de maior remoção de estrutura dental e incompatibilidade entre metal e cerâmica. Por isto, as pesquisas têm enfatizado o desenvolvimento de cerâmicas mais resistentes, sendo que o principal dilema tem sido o aumento da resistência sem o sacrifício da estética. Um dos principais mecanismos para o aumento da resistência das cerâmicas odontológicas tem sido a dispersão cristalina na matriz vítrea. Durante a cocção, o vidro funde e escoia ao redor dos cristais, formando uma união iônica entre a matriz vítrea e os cristais. Devido à alta rigidez dos cristais, estes têm a capacidade de bloquear a propagação das fendas quando a cerâmica é submetida a uma carga de tração, sendo que quanto maior a quantidade da fase cristalina, maior a resistência do material. Caso o coeficiente de expansão térmica da fase cristalina for ligeiramente maior do que o da matriz vítrea, o vidro será colocado sob compressão durante o resfriamento, resultando em aumento da resistência da cerâmica. Porém, a umidade presente na cavidade oral enfraquece a união entre sílica-oxigênio em cerca de 20 a 30%. Exemplos de materiais que usam essa técnica são HiCeram e InCeram com 50 e 90% em volume de alumina respectivamente. O autor menciona ainda alguns meios de se aumentar a resistência das cerâmicas. Além da troca iônica, têmpera térmica, dispersão de dióxido de zircônia e leucita; deve-se ressaltar os agentes de

fixação. Os cimentos resinosos por sua vez ajudam a transferir as tensões incidentes na restauração para a estrutura dentária, aumentando assim a resistência do sistema sem necessariamente aumentar a resistência do próprio material.

Dong *et al.*, em 1992, descreveram uma nova técnica de confecção de coroas e *inlays* de cerâmica injetável IPS Empress. Esta técnica foi desenvolvida em 1983 pelo Departamento de Prótese Fixa e Removível e Materiais Dentários da Universidade de Zurich, na qual a cerâmica é composta por porcelana feldspática e cristais de leucita. Os padrões em cera devidamente construídos são colocados sobre um cilindro e incluídos em revestimento a base de fosfato. Em seguida, o bloco de revestimento juntamente com o êmbolo de óxido de alumínio são levados ao forno elétrico Empress EP 500 elevando a temperatura em 5°C / min até 850°C durante 90 minutos. Após, um lingote da cerâmica é posicionado no conduto juntamente com o êmbolo de óxido de alumínio durante 20 minutos à temperatura de 920°C. Decorrido esse tempo, uma pressão de 5 bars por 15 minutos é aplicada. O forno pára automaticamente quando termina o tempo e, assim, a cavidade devidamente preenchida pela cerâmica é então desincluída e preparada para futuros tratamentos. Relataram que existem dois métodos para a caracterização para esse tipo de restauração em cerâmica. O primeiro está relacionado com colocação de pigmentos corantes sobre a superfície através do glazeamento; e o segundo, com a técnica *veneer* na qual uma parte da restauração é removida. Os autores relataram, ainda, a influência da pressão e/ou aquecimento na resistência à flexão da cerâmica. Amostras retangulares (2 x 4 x 14 mm) foram confeccionadas e submetidas às seguintes condições: Grupo 1) grupo controle, sem tratamento; 2) aquecimento por 30 minutos; 3) igual ao 2 e submetidos a duas queimas *veneer*; 4) não houve aquecimento após a pressão; 5) barras aquecidas-prensadas foram submetidas a dois ciclos de queima *veneer*; 6) igual ao 5, mas com 3 queimas e 1 glaze; 7) submetidas a 3 queimas de coloração e 1 glaze; 8) 2 queimas *veneer*, 3 queimas coloração e 1 glaze. Os resultados mostraram que a pressão aumentou significativamente a resistência de 74 para 126 MPa e os tratamentos térmicos aumentaram a resistência de 160 para 184 MPa. Já o aquecimento na ausência de

pressão não teve efeito sobre a resistência. Assim, os autores concluíram que a combinação da pressão e aquecimento produzem maiores resistências devido a melhor dispersão dos cristais de leucita na fase vítrea e aos diferentes coeficientes de expansão térmica entre os cristais e a matriz vítrea.

Gorodovsky & Zidan, em 1992, avaliaram a resistência retentiva de coroas totais fundidas, fixadas com 5 agentes cimentantes, a preparos em molares extraídos. Os materiais utilizados para fixação foram os cimentos de fosfato de zinco Fleck's, de ionômero de vidro convencional Ketac Cem, resinoso Superbond com adesivo C & B. Foram também avaliadas a integridade marginal dos cimentos Fleck's, Ketac Cem e Comspan, através de microscopia eletrônica de varredura. Molares humanos, com retenções confeccionadas nas raízes, foram embutidos com resina acrílica em tubos de PVC. Os preparos padronizados para coroas totais foram confeccionados com instrumento de carboneto de tungstênio em um torno mecânico, sob refrigeração, e após o acabamento com discos de carbetto, ficaram com 8° de expulsividade, 4,5 mm de altura e 1 mm de chanfro. Após a moldagem dos preparos e a obtenção dos modelos de gesso, foram aplicadas 3 camadas do espaçador Tru Fit sobre os mesmos, sendo os padrões de cera confeccionados pela técnica indireta. As fundições foram confeccionadas em liga de ouro/paládio Lodestar e com uma alça oclusal para adaptação na máquina de ensaios. A limpeza foi feita com jato de óxido de alumínio e com água em ultra-som e a fixação das coroas foi feita com aplicação de uma carga de 4,5 Kg durante 8 a 10 minutos. Os ensaios de remoção, por tração, foram realizados em máquina MTS, após 7 dias de armazenagem em água a 37°C. Três corpos-de-prova, com as coroas fixadas com cimento de fosfato de zinco, de ionômero de vidro e resinoso Comspan foram preparados e armazenados em água destilada durante 6 a 10 semanas para análise da integridade marginal. Foram verificadas diferenças significativas nas resistências (MPa), que foram inferiores nos grupos formados pelos cimentos de fosfato de zinco (3,08) e ionômero de vidro (3,12) em comparação aos grupos formados pelos materiais resinosos Comspan (4,21), Comspan com adesivo Prisma Bond (4,01) e Superbond C & B (>6,40). A análise da integridade marginal revelou que o cimento resinoso

estava intacto e que o cimento de fosfato de zinco apresentou severa degradação, contrariamente ao cimento de ionômero de vidro que apresentou severa degradação da interface. Ocorreu fratura da estrutura dentinária (coroa ou raiz) em vários dentes com coroas fixadas com o agente Superbond C & B, para o fosfato de zinco, além das limitadas propriedades mecânicas, a resistência dos cimentos podem sofrer influência da configuração do preparo, comprimento e área de superfície. Além disso, segundo os autores o aumento de retenção de coroas metálicas proporcionado pelo cimento resinoso em relação aos de fosfato de zinco e Ionômero de vidro foi atribuído às melhores propriedades mecânicas do material, e o aumento na resistência à retenção ocorrem através da retenção mecânica e principalmente pela união físico-química.

Probster, em 1992, estudou a resistência à compressão das cerâmicas In Ceram, IPS-Empress Paint-on e Empress Layring Technique. Um troquel metálico de cobalto-cromo com ombro com 1 mm de largura, simulando um incisivo central superior foi utilizado como padrão. Foram obtidas impressões dos troquéis metálicos usando o Provil (Bayer) e posteriormente esses moldes foram preenchidos com gesso Vel-Mix tipo IV. Para as coroas In Ceram foi aplicada uma camada do espaçador (Vita) sobre o modelo de gesso e obteve-se um molde com silicóna por adição (Addisil-Siladent-Technik, Germany), o qual foi preenchido com revestimento In Ceram. O processo de confecção dos corpos-de-prova In Ceram, IPS-Empress Paint-on e Empress Layring Technique foi de acordo com as recomendações dos fabricantes. O sistema IPS-Empress paint-on foi confeccionado usando uma placa de silicone encerada previamente adaptada no modelo de gesso e preenchido com cera fundida. As dimensões dos casquetes de cera foram controlados com um paquímetro digital. Em seguida, os padrões de cera foram incluídos com revestimentos aglutinados por fosfato. A cera foi eliminada num forno a 850°C e a cerâmica foi injetada no molde de revestimento, dentro do forno sob pressão. Após o resfriamento, as coroas foram removidas do revestimento, ajustadas no modelo de gesso e aplicadas duas camadas de opaco e uma camada do glazer. Para a técnica Empress Layring Technique, as coroas foram aquecidas e prensadas como no

processo anterior. As coroas foram ajustadas com as dimensões de 0,6 mm na parte labial e 0,7 mm na palatina com auxílio de uma broca cilíndrica de diamante. Os “copings” foram preenchidos com uma camada de cerâmica Empress para criar uma forma final adequada, de maneira similar às coroas In Ceram. As coroas metalocerâmicas de níquel-cromo (Wiron 88, Germany) e Vita VMK 68 (Vita) foram usadas como grupo controle. Após a confecção, os corpos-de-prova foram fixados sobre o troquel metálico de cobalto-cromo usando cimento de fosfato de zinco (Harvard Cement, Germany). Trinta minutos após a cimentação, as coroas de cerâmica foram submetidas ao ensaio de resistência à compressão numa máquina de ensaio de universal Instron (Modelo 1554, Germany) equipada com uma ponta esférica de aço com 5 mm de diâmetro posicionada no centro do corpo-de-prova, a uma velocidade de 0,5 mm/minuto. O autor concluiu que: a resistência média de fratura da cerâmica In Ceram foi de 964 N; a Empress com a técnica paint-on apresentou uma resistência média de 814 N e a IPS Empress *Venner* 750 N; as metalocerâmicas tiveram uma fratura média de 1494 N; e as coroas totais de ambos os sistemas apresentaram suficientes valores de resistência para serem usadas clinicamente. Segundo Kolber & Ludwig e Sonnenburg *et al.*, a força máxima de mordida entre os dentes antagonistas pode variar entre 245 a 540 N.

Appeldoorn *et al.*, em 1993, avaliaram a resistência ao cisalhamento de oito sistemas de reparo de cerâmica com as respectivas resinas compostas: All-Bond 2 e Bis-Fil (Bisco), Cerinate Prime e Ultra-Bond (Dent-Mat), Clearfil Porcelain Bond e Clearfil Photo-Anterior (Kuraray), Etch-Free e Bis-Fil (Bisco), Monobond-S e Heliomolar Radiopaque (Vivadent), Porcelite e Herculite XRV (Kerr-Sybron), Scotchprime e Silux Plus (3M) e Silistor e Multifil VS (Kulzer). Foram confeccionadas 160 amostras da cerâmica Ceramic II (Ceramco) e fixadas em lingotes da liga Rexilium III (Jeneric-Pentron). As amostras de cerâmica receberam acabamento com lixas de carbetto de silício de granulação 320, sendo divididas em grupos de 20 amostras cada para aplicação dos sistemas de reparo seguindo as instruções dos fabricantes. Um cilindro de resina composta com 4,30 mm de diâmetro foi fixado à superfície da amostra de cerâmica e fotopolimerizado por 80 segundos. Metade das

amostras de cada grupo foi armazenada a 37° C por 24 horas e, a outra metade, armazenada por 3 meses e termociclada 2.500 vezes em banhos de 1 minuto a 5° C e 55° C. Todas as amostras foram submetidas ao teste de cisalhamento a uma velocidade de 5 mm/minuto numa máquina de ensaio universal Instron, sendo analisado os padrões de falha. Não houve diferença estatística em 24 horas de armazenagem entre o Etch-Free (23,5 MPa), All-Bond 2 (22,3 MPa) e Clearfil Porcelain Bond (18,5 MPa), que apresentaram os maiores valores de resistência ao cisalhamento. Contudo, houve diferença estatisticamente significativa destes três materiais para os outros cinco sistemas. Para os sistemas testados após 24 horas, o padrão de falha foi coesivo na cerâmica. Para a armazenagem de 3 meses e termociclagem, a resistência de união do Clearfil Porcelain Bond (20,7 MPa) foi estatisticamente superior ao dos outros sete sistemas testados, predominando o padrão de falha coesivo na cerâmica, com exceção para o sistema Etch-Free (18,4 MPa), onde as falhas foram adesivas. Para o silano Scotchprime, o valor de resistência de união foi de 15,1 MPa após 24 h, e de 14,9 MPa após termociclagem. Os valores mais baixos de união ocorreram com os sistemas Cerinate (8,8 MPa) e Silistor (4,2 MPa), sendo as falhas adesivas. Os autores afirmaram que os sistemas de reparo têm apresentado melhora quando comparados com sistemas empregados em estudos anteriores, fazendo-se necessário estudos clínicos para confirmação dos resultados.

Rosenstiel *et al.*, em 1993, avaliaram se diferentes tratamentos de superfície e coberturas com cimentos resinosos sobre as superfícies de cerâmica influenciariam na resistência à fratura. Evidências clínicas sugerem que o uso de um agente de cimentação resinoso diminui a incidência de fratura em restaurações de cerâmica. Dentre os mecanismos que poderiam explicar esse aumento da resistência, os autores citam: tensões compressivas residuais no vidro durante a polimerização da resina; alteração do tamanho e forma das falhas superficiais através do condicionamento ácido; e, diminuição da tensão de corrosão da cerâmica atribuída à cobertura resinosa. Assim, 46 discos cerâmicos (Dicor-Dentsply) foram confeccionados seguindo as instruções do fabricante (1,3 mm de espessura e 16 mm

de diâmetro), os quais foram divididos em 5 grupos recebendo diferentes tratamentos superficiais: Grupo A, grupo controle, ou seja, sem tratamento e testado como processado; Grupo B foi aplicado uma fina camada de cimento de ionômero de vidro; nos grupos C, D e E foram condicionados por 1 minuto com gel de bifluoreto de amônio e lavados por 30 segundos. Os grupos D e E foram cobertos por silano e em seguida receberam uma fina camada de cimento resinoso. O Grupo E foi armazenado em água destilada por 5 dias. Em seguida, os discos foram submetidos ao teste de flexão biaxial, com a amostra apoiada em um suporte com esferas, de tal forma que a superfície tratada estivesse sob tração. A análise estatística foi realizada e os resultados mostraram que o condicionamento sozinho diminuiu a resistência, porém não de forma significativa. As amostras cobertas com cimento apresentaram tensões de fratura significativamente maiores que as amostras que não receberam cobertura. Este efeito não foi observado com a curta armazenagem. Os autores concluíram que o aumento de resistência observado com a cobertura de cimento resinoso deve-se provavelmente a união das margens das falhas, acarretada pelas moléculas de silano não permitindo assim a propagação livre da fratura.

White, em 1993, relatou que as cerâmicas são conhecidas por sofrer fadiga estática química na presença de umidade em temperatura ambiente, entretanto desconhecia-se que as cerâmicas sofriam fadiga mecânica. Recentemente, demonstrou-se a existência de fadiga cíclica induzida mecanicamente na cerâmica feldspática, sob condições ambiente. A taxa de crescimento (dc/dN) foi consistente com o Paris Law, o qual era baixo em função da taxa de tensão aplicada intensivamente ($^{\circ}K$) controlando o fenômeno de fadiga mecânica. Um expoente Paris (m) de ordem 4, e constante C de ordem 2×10^{-6} foi calculado. Segundo o autor, a susceptibilidade da cerâmica dental para fadiga mecânica e a possibilidade de interação entre a fadiga estática química e mecânica deviam ser estudadas.

Yoshinari & Derand, em 1994, avaliaram a resistência de coroas cerâmicas sob condições de pré-carga cíclica sob atmosfera aquosa. Três elementos foram estudados: a influência da pré-carga na resistência da cerâmica alumínica convencional (Vita Dur, Vita); influência do agente cimentante na resistência do mesmo material; e a resistência de outros tipos de cerâmica (Vita In Ceram; Vita Alpha; Dicor e IPS-Empress). A cerâmica In Ceram apresenta em sua composição uma quantidade de aproximadamente 85% de cristais de óxido de alumínio. Troquéis com dimensões do pré-molar foram confeccionados utilizando dentes bovinos. Em seguida, moldagens desses dentes foram feitas com silicona por adição (Provil-Bayer, Germany). Sobre os moldes foram construídos modelos de resina epoxy (Epoxy-Die, Ivoclar) e gesso (Velmix-Kerr). O processo de queima das cerâmicas foi de acordo com as recomendações dos fabricantes para cada tipo de cerâmica. Após a confecção dos corpos-de-prova os mesmos foram fixados nos preparos dos dentes bovinos utilizando (Ketac-Cem - ESPE; Scotchbond MP - 3M; Scotch Prime - 3M e Variolink - Vivadent). Para o cimento de fosfato de zinco (De Trey), metade dos corpos-de-prova foi fixada nos dentes bovinos e a outra metade nos modelos de resina epoxy, pois o modelo de resina epóxica tinha sido pré-determinado no estudo piloto (não ocorreu nenhuma diferença na resistência à fratura entre os dentes bovinos e os de resina epoxy, pois ambos têm aproximadamente o mesmo módulo de elasticidade). Em seguida, todos os corpos-de-prova foram armazenados, por 24 horas, em água destilada antes do teste. Decorridas essas 24 horas, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste mecânico da seguinte forma: a - coroa Vita-Dur N foi dividida em dois grupos (um grupo foi submetido a uma carga até que ocorresse a fratura e o outro grupo, juntamente com as demais, foi submetido à aplicação de uma pré-carga cíclica). Essa pré-carga cíclica foi aplicada com os corpos-de-prova inclinados 10° por 10.000 ciclos. Uma carga mínima de 30 N e uma máxima de 300 N foram aplicadas de modo sinuzoidal a 1 HZ. Todos os corpos-de-prova foram estocados em água destilada durante a pré-carga por 1 e 7 dias antes do teste mecânico. Os corpos-de-prova montados foram inclinados em 10°. Uma carga foi aplicada na superfície oclusal dos corpos-de-prova, a uma velocidade de 0,225 mm/min., usando uma máquina para teste mecânico (Alwetron F1000, Sweden), com

uma ponta esférica de aço com 4,8 mm de diâmetro. A fratura das coroas Vita-Dur N fixadas com vários materiais foram observadas usando um microscópio óptico (Olympus, Tokyo - Japan) e a superfície de fratura das coroas In Ceram foram observadas usando (MEV). Os autores emitiram as seguintes conclusões: a pré-carga cíclica diminuiu significativamente a resistência das coroas Vita-Dur N; a resistência à fratura das coroas Vita-Dur N melhorou quando elas foram fixadas com o Ketac Cem ou o cimento resinoso; a média de resistência à fratura da cerâmica Vita Alpha foi de 1022 N; a média da resistência à fratura das coroas de cerâmica fixadas usando o cimento de fosfato de zinco e após a pré-carga cíclica em água destilada foi (Vita-Dur N - 770 N; Vita In Ceram - 1060 N; Dicor - 840 N; IPS Empress - 891 N). Os valores de resistência da cerâmica In Ceram foram estatisticamente superiores em relação a IPS Empress, Dicor e Vita Dur N. As coroas confeccionadas com a cerâmica In Ceram fraturaram de duas maneiras: fraturas completas 1276 (207) N e fratura da cerâmica com o “*coping*” permanecendo intacto 808 (292) N. Segundo aos autores, falhas podem ocorrer devido a presença de microdefeitos dentro do material ou a degradação em meio aquoso, em função da tensão de corrosão.

Kern *et al.*, em 1994, avaliaram a influência da armazenagem em água e ciclagem térmica na resistência à fratura de dois diferentes desenhos para próteses parciais fixas confeccionadas com a cerâmica In Ceram. As próteses foram fixadas a dentes naturais recém-extraídos, os quais foram suportados por uma membrana periodontal artificial. Quarenta estruturas de próteses parciais fixas de três elementos foram construídas; sendo que 20 possuíam caixas proximais e as outras não. As próteses confeccionadas foram fixadas com cimento resinoso de reação de presa dual PANA VIA-TC e armazenadas da seguinte forma: dez amostras para cada preparo foram armazenadas em solução de timol a 0,1% a 37°C por 7 dias; e, por 150 dias em saliva artificial a 37°C com 250 ciclos entre 5 e 55°C a cada dois dias. Terminado o período de armazenagem cada amostra foi carregada sobre o pântico paralelo ao longo eixo dos *abutments* com velocidade de 2 mm/min até a fratura. Os autores constataram que a armazenagem das amostras durante 150 dias em saliva

artificial e termociclagem resultou numa significativa redução da resistência à fratura quando comparado com as amostras armazenadas durante 7 dias sem a realização da termociclagem.

Roulet *et al.*, em 1995, avaliaram os efeitos das condições de tratamento e armazenagem na resistência de união entre cerâmica/compósito. Foram obtidos cilindros e blocos das cerâmicas Dicor (Dentsply), Mirage (Mirage) e Vitabloc (Vita), sendo aplicado um dos seguintes tratamentos na superfície da cerâmica: 1 - lixa de granulação 600; 2 - jateamento com óxido de alumínio por 3 segundos; 3 - condicionamento ácido com gel de amônia ou ácido fluorídrico por 90 segundos. Três tipos de silanos foram empregados: 1 - 2,5% em volume de γ -metacriloxipropiltrimetoxisilano, 2,5% em volume de ácido acético misturado com 95% de etanol; 2 - 2,5% em volume de γ -metacriloxipropiltrimetoxisilano, 0,5% em volume de N,N dimetil paratoluedina e 2,5% em volume de ácido acético misturado com 94,5% em volume de etanol; 3 - 2,5% em volume de viniltriclorosilano e 2,5% em volume de ácido acético misturado com 95% de etanol. O tratamento com os silanos consistiu na imersão das amostras nas respectivas soluções por 30 segundos, seguido de jato de hidrofluorcarbono por 5 segundos. Metade das amostras silanizadas foram armazenadas à temperatura ambiente por 60 segundos antes das superfícies serem cobertas com agente adesivo fotopolimerizável à base de Bis-GMA / TEGDMA (Experimental, Dentsply); a outra metade foi seca a $100^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ com jato de ar quente por 60 segundos e resfriado à temperatura ambiente antes da aplicação do agente adesivo. A seguir, foi conduzida a cimentação dos cilindros e blocos com cimento resinoso Dual Cement (Vivadent), empregando uma carga de 10N, seguido de remoção dos excessos de cimento e fotopolimerização. Todos os corpos-de-prova foram armazenados a seco à temperatura ambiente. Após 24 horas, 5 dos 10 corpos-de-prova por grupo foram submetidos ao teste de cisalhamento numa máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 0,5 mm/minuto. O restante foi armazenado em água a 37°C por 12 meses antes do teste de cisalhamento. Os padrões de fratura foram analisados visualmente, e corpos-de-prova selecionados foram analisados em microscópio eletrônico de varredura. O

maior valor de união foi obtido com o condicionamento ácido (28,3 MPa) associado com silano aquecido, enquanto o menor valor foi para o tratamento com lixa de granulação 600 (2,7 MPa). O jateamento forneceu valores intermediários, sendo 9,1 MPa com silano seco à temperatura ambiente e 15,0 MPa com o silano aquecido. O armazenamento em água levou à redução dos valores de união de 50% a 75%, exceto para os corpos-de-prova condicionados com o ácido. Em relação aos silanos, a solução 2,5% em volume de viniltriclorosilano promoveu os maiores valores de resistência de união. Os autores concluíram que a retenção mecânica parece ser o fator principal que influencia a resistência de união da cerâmica/compósito.

Burke, *et al.*, em 1995, investigaram o efeito de um sistema adesivo e do condicionamento da cerâmica na resistência à fratura de coroas de cerâmica pura. Foram realizados preparos para coroa total em 40 premolares humanos, sendo confeccionados para os mesmos coroas com a cerâmica Mirage (Chameleon Dental). As amostras foram divididas em 4 grupos: grupo 1 – a superfície interna da cerâmica foi condicionada com uma mistura de ácido nítrico, fluorídrico e hidrocloreídrico, seguido à aplicação do silano. O dente foi tratado com o sistema adesivo Mirage ABC (Chameleon Dental) seguindo as instruções do fabricante, e cimento resinosos de dupla polimerização foi empregado para a cimentação das coroas; grupo 2- as amostras foram tratadas da mesma forma que no grupo 1, porém não foram condicionadas com o ácido nem aplicado o silano; grupo 3 – as amostras foram tratadas como no grupo 1, não sendo aplicado o sistema adesivo no dente; grupo 4 – a cimentação foi realizada com cimento fosfato de zinco. Os corpos-de-prova foram armazenados em água à temperatura ambiente por 24 horas e submetidos ao teste de compressão numa máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 1mm/minuto. As medidas obtidas foram: grupo 1 – 0,77kN; grupo 2 – 0,76 kN; grupo 3 – 0,55 kN; grupo 4 – 0,39 kN. Os resultados mostraram resistência à fratura superior quando empregado o sistema adesivo e o cimento resinoso juntos.

Kern & Thompson, em 1995, relataram que o procedimento de união empregado para as cerâmicas feldspáticas, como condicionamento e silanização,

não promove o aumento da união entre a cerâmica In-Ceram e o material de fixação. Com intuito de verificar a eficiência de outras técnicas, os autores avaliaram o efeito dos sistemas Rocatec (Espe) e Silicoater MD (Kulzer) na resistência da união através da armazenagem em água e termociclagem. Discos de cerâmica com 6 mm de diâmetro e 4 mm de espessura foram confeccionados e divididos em 6 grupos: 1- asperização da superfície com partículas de óxido de alumínio de 110 μm com pressão de 2,5 bars por 14 segundos seguida aplicação do adesivo (Twinlook); 2- similar ao grupo , porém o silano foi aplicado antes do adesivo; 3- aplicação do sistema Rocatec antes do adesivo; 4- aplicação do sistema SilicoterMD antes do silano; 5- aplicação do sistema Panavia EX; 6- aplicação do Panavia 21 experimental. Cilindros de resina composta Clearfil FII foram cimentados sobre estas superfícies tratadas. Assim, cada grupo foi subdividido em 3 subgrupos para armazenagem em diferentes períodos: armazenagem por 1 dia sem termociclagem; armazenagem por 30 dias com termociclagem de 7500 ciclos e armazenagem por 150 dias com termociclagem com 37500 ciclos. As amostras foram armazenadas em solução de saliva artificial a 37°C e termocicladas por 2500 ciclos a cada 10 dias. Os resultados mostraram que para uma união durável e estável em meio úmido há necessidade do tratamento termo triboquímico na superfície da cerâmica In Ceram antes da aplicação do silano.

Wiskott *et al.*, em 1995, fizeram uma revisão sobre fracassos em próteses provocados por fadiga. Segundo os autores, a fadiga era provocada pelo desenvolvimento de microfalhas em áreas onde ocorriam concentrações de tensões. Com a carga atuando continuamente, as falhas fundiam formando fissuras maiores, as quais provocavam um enfraquecimento do material. Fracassos catastróficos ocorriam quando o ciclo da carga final excedia a capacidade mecânica do material. De acordo com os autores, a formação da curva de tensões (S-n) podia ser descrita de três maneiras. Primeiro - baixo ciclo de fadiga, quando os fracassos ocorriam abaixo de 10.000 ciclos, indicava que a tensão aplicada estava além do limite elástico do material; portanto, causando deformação plástica. Como as cerâmicas tinham pouco ou nenhuma capacidade para deformação plástica, testes deste tipo

eram de uso limitado para restaurações cerâmicas. Segundo - limitado ciclo de fadiga, a tensão era aplicada além do limite elástico do material para ciclos de fadiga entre (10.000 a 10.000.000). O regime de teste no qual fracassos ocorriam acima de 10.000 ciclos podia ser conseqüência da aplicação de tensões abaixo do seu limite elástico. Testes deste tipo mostravam o tempo de vida das restaurações clínicas e com isso eles podiam ser considerados como úteis. Terceiro ilimitado, acima de 10.000.000 ciclos era indicado para testes em indústrias, considerado ideal para materiais dentários. Observaram que, se o regime de carga estava sendo empregado sobre materiais dentários em clínicas, fracassos deveriam ocorrer somente mais do que 10.000 ciclos. Além disso, quando a fissura atingia um tamanho crítico, ela definitivamente progredia a cada aplicação do ciclo de carga. Este processo era referido como a propagação e uma quantidade de aproximadamente 90% da vida de fadiga. As duas fases da fadiga eram iniciação e propagação das falhas. Os autores colocaram que as evidências indicavam que a maioria das fraturas ocorria em estruturas de próteses após um período de muitos anos.

Söderholm & Reetz, em 1996, realizaram uma revisão sobre os fatores que afetam a confiabilidade das uniões por intermédio de cimentos resinosos. Segundo os autores, vários fatores determinam a qualidade da união resinosa: 1 - resistência do substrato; 2 - habilidade da resina em “molhar” a superfície do substrato; 3 - qualidade da retenção mecânica entre a resina e o substrato; 4 - resistência da resina polimerizada; 5 - tensões induzidas na resina durante a polimerização; 6 - qualidade da retenção mecânica entre a resina e a dentina; 7 - capacidade da resina de “molhar” a dentina; 8 - resistência superficial da dentina. Enfatizaram que a superfície lisa não contribui para a retenção mecânica, sendo que o condicionamento ácido forma retenções na superfície a ser cimentada, nas quais a resina pode penetrar e formar união mecânica. Por outro lado, o jateamento com óxido de alumínio forma defeitos superficiais cônicos, ao invés de reentrâncias, o que não irá assegurar um entrelaçamento mecânico igualmente bom que resista às tensões de tração. Contudo, se a força é orientada paralela à superfície jateada, esta aumenta a retenção comparada com a superfície lisa. Os autores relataram que o sucesso da

união adesiva depende de como a resina infiltra a superfície da estrutura dentária e da restauração. Os tratamentos que tornam a superfície organofílica potencializam a união pelo aumento da infiltração da resina nas irregularidades, o que é conseguido com a aplicação do silano, particularmente na superfície da cerâmica. O silano pode formar uniões químicas entre a cerâmica e o cimento resinoso, sendo chamado de *primer* cerâmico. Alguns problemas estão associados com este material: 1 - a solução deve ser nova para que não ocorra uma polimerização por condensação antes do uso; 2 - não deve ser exposto à umidade para evitar a hidrólise, pois os grupos do silano hidrolisados reagem uns com os outros e o material perde a capacidade de unir-se com a cerâmica; 3- o silano forma camadas multi-moleculares quando aplicado na superfície da cerâmica; portanto, deve ser obtida uma fina camada, pois uma camada espessa bloqueia as reentrâncias e pode não se polimerizar totalmente, sendo dois fatores de redução na união; 4- o silano não deve ser contaminado após ser aplicado na cerâmica e antes de entrar em contato com a resina.

Segundo Göpferich, em 1996, a degradação de qualquer estrutura ou material ocorre devido o desarranjo químico e físico, proporcionado pela separação parcial ou completa de átomos ou moléculas que constituem esta estrutura, acarretando alteração significativa nas propriedades.

Groten & Probster., em 1997 realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a adaptação marginal de *copings* Celay In Ceram após as diferentes etapas de sua fabricação, e comparar os dados obtidos por microscópio óptico e eletrônico de varredura. Um modelo mestre de incisivo central superior em aço com preparo para coroa total e término cervical em ombro arredondado foi utilizado, e a partir dele foram produzidos dez modelos de trabalho em gesso e respectivas coroas. A avaliação da fenda marginal externa foi realizada no modelo mestre em aço utilizando microscopia óptica de luz e um sistema de análise de imagem em vídeo computadorizado, após cada um dos seguintes passos: a) cópia por fresagem; b) infiltração por vidro, c) aplicação da cerâmica, realizando aproximadamente 3600

leituras (124-138 por corpo-de-prova). No estágio final, com a cerâmica de cobertura já aplicada, a discrepância marginal foi também avaliada com auxílio de MEV (Grupo Cs), proporcionando aproximadamente 1000 medições (100 por corpo-de-prova). Neste caso, a análise foi realizada por meio de fotografias em preto e branco. Os resultados obtidos foram: A= 25,1 $\mu\text{m} \pm 5,1$; B= 20,6 $\mu\text{m} \pm 2,3$; C= 18,3 $\mu\text{m} \pm 4,1$; Cs = 23 $\mu\text{m} \pm 7,6$. As diferenças encontradas entre as séries não mostram relevância estatística. Dados da MEV confirmam os resultados da microscopia óptica. Os autores concluíram que os passos de fabricação após a cópia por usinagem não mostram influência óbvia na largura da fenda marginal e acreditam que o sistema Celay In Ceram resulta em uma adaptação marginal clinicamente aceitável.

Kamada *et al.*, em 1998, avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície da cerâmica Cerec 2 (Vita) na resistência de união ao cisalhamento empregando os cimentos resinosos Super-Bond C&B (Sun-Medical), Panavia 21 (Kuraray), Clapearl (Kuraray) e Vita Cerec Duo Cement (Vita). Foram confeccionadas amostras retangulares (10 mm de comprimento x 8 mm de largura x 2,5 mm de espessura) e cilíndricas (6 mm de diâmetro x 2,5 mm de espessura), sendo abrasionadas com papel de carbetto de silício de granulação 600, servindo este tratamento como controle (grupo 1). Outros três tratamentos de superfície foram avaliados: condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 60 segundos e lavagem por 5 segundos (grupo 2); aplicação de um agente de silanização e secagem por 5 segundos (grupo 3); e condicionamento ácido seguido da aplicação do silano semelhante aos grupos 2 e 3 (grupo 4). As amostras de cerâmica com tamanhos distintos foram unidas com um dos quatro cimentos resinosos em uma área de união de 4 mm de diâmetro delimitada por fita adesiva. Metade das amostras foram armazenadas em água a 37° C por 24 horas e a outra metade foi submetida a 20.000 ciclos térmicos a 4° e 60° C por 1 minuto cada banho antes do ensaio de cisalhamento com velocidade de 0,5 mm/minuto. Os tipos de falhas foram observados em microscópio ótico. Os resultados mostraram que o tratamento com silano aumentou a resistência ao cisalhamento comparado com o grupo controle, não sendo o mesmo observado quando realizado apenas o condicionamento ácido. Não

houve diferença estatística nos valores de união quando a cerâmica foi tratada com silano ou quando associado o condicionamento ácido e silano. Após ciclagem térmica, todos corpos-de-prova tratados com a combinação ácido fosfórico e silano, exceto os cimentados com Super-Bond C&B, apresentaram falha coesiva na cerâmica. Os autores concluíram que a aplicação do silano foi essencial para obtenção de maior resistência de união entre o cimento resinoso e a cerâmica.

Sobrinho *et al.*, em 1998, avaliaram a resistência à fratura e fadiga em meio seco e úmido das cerâmicas In Ceram (Vita), OPC (Jeneric / Pentron) e IPS Empress (Ivoclar-Vivadent). Foram confeccionadas 26 coroas com 8,0 mm de diâmetro e 8,5 mm de altura para cada tipo de cerâmica. Em seguida, as coroas cerâmicas foram fixadas num troquel metálico simulando um pré-molar com cimento de fosfato de zinco e armazenadas em água destilada a 37^o C numa estufa por 24 horas. Para cada sistema cerâmico, 10 amostras foram submetidas ao ensaio de resistência à fratura sem fadiga. Um segundo grupo de 8 amostras foram submetidas a 10.000 ciclos de fadiga em meio seco seguido de fratura e um terceiro grupo de 8 amostras foram submetidos a 10.000 ciclos de fadiga em meio úmido seguido de fratura. Em seguida, as amostras foram submetidas ao teste de resistência à fratura na máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 1mm/min. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Mann-Whitney e mostraram que a resistência do In Ceram foi significativamente maior que o IPS Empress. Nenhuma diferença foi observada entre In Ceram e OPC e OPC e IPS Empress. A resistência dos três sistemas cerâmicos diminuiu significativamente após a fadiga em meio seco e úmido quando comparado com as amostras fraturadas sem fadiga. Nenhuma diferença foi encontrada entre o meio seco e úmido. Em meio seco a resistência a fadiga do In Ceram e OPC foram superiores ao IPS Empress, porém nenhuma diferença ocorreu em meio úmido. Concluindo significantes diferenças na resistência à fratura para os sistemas cerâmicos investigados resultaram da natureza do sistema cerâmico empregado e do meio seco em que as amostras foram submetidas à fadiga.

Leevailoj *et al.*, em 1998, avaliaram *in vitro* a incidência de fratura das coroas de cerâmicas puras In Ceram e Vitadur Alpha em função do tempo de armazenamento durante 2 meses. As coroas foram cimentadas com 3 cimentos de ionômeros de vidro (Fuji I; Fuji Plus e Vitremer) e 2 cimentos resinosos (Advance e Panavia 21). Foram obtidos padronizações do preparo em 50 pré-molares humanos com dimensões de 1,2 mm de ombro cervical e 3,0 mm de altura. Posteriormente foram divididas em 5 grupos de 10 dentes com 5 diferentes cimentos. Os preparos foram moldados para obtenção dos modelos de gesso com finalidade de aplicação das cerâmicas de acordo com as instruções dos fabricantes. As amostras foram cimentadas com peso de 2,2 Kgg por 15 minutos, armazenados à 37°C em solução salina à 0,8%. Em seguida foram submetidas ao teste de resistência à fratura utilizando a máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 0.5 mm/min até ocorrer a fratura dos materiais. Os resultados foram submetidos a ANOVA e ao teste estatístico de Newnam-Keuls ($p < 0,05$). Os resultados mostraram que as coroas In Ceram fixadas com cimento resinoso Panavia 21 (143,2 kg) apresentaram resultados sem diferença estatística em relação ao cimento de ionômero de vidro Vitremer (135,6 kg) ($p > 0,05$). Já, as coroas de cerâmica Vitadur Alpha fixadas com o Panavia 21 (102,2 kg) apresentaram resultados estatisticamente superiores em relação ao Vitremer (86,6 kg) ($p < 0,05$). Concluindo afirmam que menor resistência obtida com as coroas In Ceram fixadas com o cimento de ionômero de vidro em relação as fixadas com o cimento resinoso podem ter sido influenciado pela sorção de água e expansão do cimento de ionômero.

Em 1998, Sobrinho *et al.*, avaliaram a resistência à fratura da coroas In Ceram (Vita) confeccionadas com ângulos de convergência oclusal total de 8° e 16° fixadas com cimento de fosfato de zinco e dois ionômero de vidro (RGI-Lutrex e Vivaglass Cem). Foram confeccionados 2 modelos mestres metálicos nas dimensões do pré-molar na convergência oclusal total de 8° e 16°. Em seguida foi aplicado três camadas de espaçador e realizado a moldagem com silicona por adição, com no anel metálico. A cerâmica alumínica foi aplicada aos modelos refratários de acordo com as instruções do fabricante e conduzida ao forno apropriado por 6 horas a 120°C

e 4 horas por 1120⁰C. Na segunda queima houve a infiltração do vidro durante a 30 minutos a 120⁰C e mais 4 horas a 1100⁰C. Após os excessos de vidro foram removidos com ponta diamantada e a cerâmica de cobertura aplicada nos coopings. Foram confeccionadas 30 amostras para cada ângulo de convergência com dimensões de 8,0 mm de diâmetro por 8,5 mm de altura. A seguir, as coroas foram fixadas com cimento de fosfato de zinco e com os cimentos de ionômero de vidro RGI-Lutrex e Vivaglass Cem. Uma carga de 2,7 Kg foi aplicada por 10 min, sobre as coroas e em seguida armazenadas em água destilada à 37⁰C por 24 horas. Decorrido o tempo de armazenagem foram submetidos ao ensaio de resistência à fratura em uma Instron a velocidade de 1 mm/min. A força foi aplicada no centro da superfície oclusal das coroas e os dados obtidos submetidos a análise estatística Mann-Whitney. Os resultados mostraram que não houve diferença estatística entre os ângulos de convergência de 8⁰ e 16⁰ usando o mesmo cimento. Entretanto, as coroas fixadas com o cimento de fosfato de zinco sobre os preparos com 8⁰ e 16⁰ de convergência oclusal total foram significativamente maior do que as fixadas com os cimentos de ionômero de vidro.

Em 1999, Mitchell *et al.*, verificaram se existia diferença significativa entre tenacidade de três tipos de cimentos odontológicos: convencional (Ketac Cem, Fuji I, KetacCem Maxicap, Fuji Cap I), cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Vitremer) e resina composta (Scotchbond Resin Cement) e se o método de manipulação do cimento de ionômero de vidro convencional e mecanicamente influenciavam os valores obtidos. Onze amostras de cada tipo de cimento foi confeccionada para determinar o plano de fratura em tenacidade usando a técnica de bastão curto com corte em forma de cunha. Decorridos sete dias da manipulação, as amostras foram submetidas a uma carga em água a velocidade de 4 µm/seg. Os resultados mostram que dos materiais submetidos a carga, a resina composta parece ser aquela que terá maior durabilidade clínica. Isso provavelmente ocorre devido a tenacidade dos cimentos de ionômero de vidro modificado por resina ser menor do que a dos cimentos resinosos, promovendo maior propensão à

propagação de trincas e conseqüentemente menor resistência à fratura do cimento de ionômero de vidro modificado por resina em relação ao cimento resinoso.

Tuntiprawon, em 1999, avaliou a resistência retentiva e o assentamento de coroas totais fundidas, fixadas com 3 cimentos dentários em dentes preparados com pontas diamantadas de duas diferentes granulações. Sessenta pré-molares extraídos, com as raízes embutidas em resina acrílica, foram preparados para coroas totais, com pontas diamantadas acopladas a uma máquina de fresagem. Após a divisão em 2 grupos de 30, as preparações foram submetidas ao acabamento com ponta diamantada de granulação de 120 ou 50 μm . Em seguida, os preparos padronizados com 6° de expulsividade e 3 mm de altura, foram limpos em ultra-som com água durante 10 minutos. Após a moldagem com silicone Provil, foram confeccionados modelos de gesso tipo IV, e sobre estes, foram feitos os padrões de cera, com a prévia aplicação de 4 camadas de espaçador. Os padrões foram incluídos em revestimento e as coroas fundidas em liga de prata-paládio, com uma alça oclusal para adaptação à máquina de ensaios. Após o assentamento nos respectivos preparos, os 2 grupos de 30 coroas foram divididos em 3 sub-grupos de 10, um para cada cimento. As alturas foram medidas com indicador Digimac (2 μm) e as coroas foram fixadas com os cimentos de fosfato de zinco Phosphacap, de ionômero de vidro Fuji Cap I e resinoso Panavia. A carga foi manual durante a fixação e as alturas foram novamente medidas antes dos ensaios de remoção realizados após 24 horas de armazenagem em água a 37° C, em máquina Lloyd, com velocidade de 2 mm/min. A carga para a remoção foi registrada em newtons e os resultados indicaram maior resistência para o cimento resinoso sobre dentes preparados com ponta diamantada de 120 μm (652,19 N), seguido pelo mesmo cimento sobre dentes preparados com ponta diamantada de 50 μm . Nesta mesma ordem, o cimento de ionômero de vidro (547,28 e 482,04 N) e de fosfato de zinco (433,43 e 343,98 N) apresentaram resistências estatisticamente diferentes entre si e inferiores as do cimento resinoso. O cimento de ionômero de vidro apresentou o melhor assentamento, seguido pelo cimento de fosfato de zinco e pelo cimento

resinoso, sem diferença estatística entre os 2 padrões de rugosidade. Em 50 % das coroas fixadas com cimento resinoso foram observadas falhas coesivas em dentina.

van Dijken *et al.*, em 1999, avaliaram, *in vivo*, *inlays* de cerâmica feldspática IPS Empress (Ivoclar) fixadas com cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji Plus (GC) e cimento resinoso Panavia 21 (Kuraray). Em 29 pacientes selecionados foram feitos preparos classe 2 em 53 premolares e 26 molares, sendo que cada paciente recebeu pelo menos duas restaurações confeccionados em cerâmica IPS Empress seguindo as instruções do fabricante. Em cada paciente, uma restauração de cada par foi cimentada com um dos dois cimentos empregados. Para a cimentação com o Fuji Plus, o *inlay* foi condicionado com ácido fluorídrico a 9,5% por 2 a 3 segundos e, no dente preparado, foi aplicado o condicionador Fuji Plus por 20 segundos, lavado com água e seco levemente com ar. Após inserção e remoção dos excessos de cimento, o mesmo foi deixado tomar presa por 4 minutos. Para a cimentação com o Panavia 21, o preparo foi condicionado com o primer autocondicionante (Panavia ED *primer*) por 60 segundos. Na superfície interna da cerâmica foi realizado condicionamento com ácido fluorídrico por 2 a 3 segundos, aplicação do silano por pelo menos 2 minutos seguido da aplicação do adesivo Clearfil New Bond e do cimento resinoso, remoção dos excessos e aplicação do Oxyguard II para cobrir as margens do *inlay*. Após 3 minutos, o Oxyguard foi removido com água. Cada restauração foi avaliada após 2 semanas, 6 meses, 1 e 2 anos seguindo os critérios da *United Public Dental Health* para avaliação da qualidade das restaurações. Nenhuma falha foi observada durante os 2 anos de controle. Foi verificada pequena fenda nas margens para ambos os cimentos, não havendo diferença significativa entre os dois materiais. Os autores concluíram que o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji Plus e o cimento resinoso Panavia 21 podem ser indicados para fixação de *inlays* de cerâmica prensada.

Li & White, em 1999, avaliaram as propriedades mecânicas dos cimentos de fosfato de zinco Flecks (Keystone), policarboxilato Durelon (Espe), cimento de ionômero de vidro convencional Ketac-Cem (Espe), cimento de ionômero de vidro

convencional encapsulado Ketac-Cem Capmix (Espe), cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer (3M), resina composta modificada por poliácido Infinity (Den-Mat), e os cimentos resinosos Panavia 21 (Kuraray) e Scotchbond (3M). O módulo de elasticidade foi verificado empregando um método não destrutivo, sendo o mesmo verificado em períodos de armazenagem em água a 37° C após 1 hora, 1 dia, 1 semana, 1 mês e 1 ano. Também foi verificado o limite proporcional de compressão, resistência à compressão, resiliência, resistência à tração diametral, e resistência à flexão. Os resultados mostraram que o tempo de armazenagem influenciou o módulo de elasticidade, sendo que o policarboxilato e os cimentos de ionômero de vidro continuaram a maturar com o tempo, enquanto os outros cimentos mostraram pouca mudança após o primeiro dia. Os cimentos resinosos e os cimentos de ionômero de vidro modificado por resina apresentaram menor módulo de elasticidade em relação aos outros cimentos. Os cimentos de fosfato de zinco e de ionômero de vidro convencional apresentaram comportamento friável, sendo os cimentos resinosos os mais resistentes.

Berry *et al.*, em 1999, avaliaram a influência do tempo de armazenagem em água na resistência da união entre resina composta e porcelana. Cento e sessenta amostras da cerâmica Vita VMK68 (12 x 12 x 2 mm) foram confeccionadas e as superfícies planificadas com lixas de granulação decrescente. Em seguida, as amostras foram limpas com solução de água destilada e metanol a 99,8%, em ultrassom por 15 minutos. As amostras foram divididas em 4 grupos de 40 amostras cada. Foram ensaiados 4 sistemas de silanização comercialmente disponíveis : dois sistemas de composição única (Cerinate Prime-Den-Mat Co e o Mirage-Chameleon Dental Products); dois sistemas de duas misturas, o Mirage (Chameleon Dental Products e Fusion-George Taub Products). O silano foi aplicado sobre as superfícies de cada grupo individualmente seguindo as instruções de cada fabricante. Sobre as superfícies silanizadas, um cilindro de resina composta com 2,97 mm de diâmetro por 2 mm de espessura foi construído. Em seguida, cada subgrupo foi armazenado em água na temperatura ambiente por 24 horas, 1 semana, 1 mês e 3 meses. Após cada período, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência ao

cisalhamento numa Instron a velocidade de 0,5mm/minuto. As superfícies fraturadas foram analisadas para determinar o modo de falha. Os resultados mostraram que para todos os grupos houve um aumento significativo na resistência da união após uma semana quando comparado ao grupo controle (24horas). Com exceção do sistema de composição única, Cerinate Prime, todos os outros sistemas apresentaram maiores valores de resistência no período de 3 meses do que nos períodos de 24 horas e 1 semana. Os autores concluíram que a resistência da união entre a resina e a cerâmica silanizada aumentou com o decorrer do tempo de armazenagem, sugerindo ser a união química mais importante do que a mecânica promovida pelo sistema de silanização. Finalmente, a resistência da união variou entre os diferentes sistemas de silanização usados neste estudo.

Sindel *et al.*, em 1999, avaliaram a confecção de núcleo e materiais para fixação considerando seus efeitos na formação de fendas em coroas puras da cerâmica IPS Empress. Cinqüenta de seis terceiros molares foram preparados com término de 1,5 mm em dentina, sendo que cerca de 60% do volume dentinário foi removido e restaurado com resina composta ou com cimento de ionômero de vidro modificado por resina. Foram confeccionados *copings* com a cerâmica IPS Empress e cimentada com diferentes materiais: Grupo 1: núcleo confeccionado com Dyract Cem e o *coping* cimentado com Dyract Cem; Grupo 2: núcleo de Tetric cimentado com Dyract Cem; Grupo 3: núcleo de Tetric cimentado com Variolink Low; Grupo 4: núcleo Dyract Ap cimentado com Dyract Cem; Grupo 5: núcleo de Dyract AP cimentado com Variolink Low; Grupo 6: núcleo Hytac e cimento experimental e Grupo 7: núcleo de Fuji II LC cimentado com Fuji Plus. Para cada grupo, o volume do núcleo e dos cimentos foram determinados. A superfície da cerâmica foi condicionada com ácido fluorídrico a 5% por 60 segundos, lavado por 60 segundos, aplicado o silano e cimentos. As superfícies dentárias e os núcleos construídos foram tratados de acordo com as instruções do fabricante, para cada material. Após restaurados, os dentes foram armazenados em solução salina a 0,9% a 37°C e as superfícies dos *copings* foram examinadas após 1, 3, 6, 9 e 12 meses em microscópio óptico. Os resultados mostraram que após 12 meses de armazenagem

as coroas de cerâmica permaneciam intactas para o grupo combinado núcleo de resina composta e cimento resinoso. O uso de compômeros e cimentos de ionômero de vidro modificado por resina para confecção dos núcleos ou cimentação sempre resultou em fraturas da coroa. Os autores concluíram que a expansão higroscópica dos cimentos de ionômero de vidro modificado por resina/ compômeros provocou fratura das cerâmicas puras quando usados para núcleos ou cimentação.

Severance, em 1999, destacou que a busca da combinação ideal de resistência por parte da formação cristalina e estética através da translucidez do material levou ao desenvolvimento de uma cerâmica vítrea de di-silicato de lítio com produção controlada da cristalização. Com este material foi possível conseguir um conteúdo cristalino maior de 60% em volume, e também uma translucidez realçada da estrutura. Pelo fato do índice de refração dos cristais de di-silicato de lítio serem semelhantes ao da matriz vítrea, o elevado conteúdo de fase cristalina não compromete ou dispersa a passagem da luz através do material. Estes cristais de di-silicato de lítio têm comprimento de 0,5 a 4,0 μm , e formam uma estrutura interconectada, proporcionando resistência acima de 300 MPa. Portanto, este material pode ser indicados para confecção de coroas totais anteriores e posteriores, assim como para próteses fixas de três elementos até o segundo premolar, sendo a área edêntula com espaço de 9 mm para premolares e de 11 mm para a região anterior. É empregada a técnica da cera perdida, em que a cerâmica, fornecida na forma de lingotes, é fundida e injetada no interior de um molde de revestimento empregando o forno específico do sistema. A cerâmica de cobertura é uma cerâmica vítrea sinterizada que possui também conteúdo cristalino, fornecida na forma de pó, a qual é aplicada diretamente sobre a subestrutura através da técnica convencional de sinterização e estratificação. Os cristais formados através da cristalização são de fluorapatita, os quais têm forma de agulhas, muito semelhantes aos existentes no esmalte natural, proporcionando compatibilidade com o desgaste natural, translucidez, fluorescência, opalescência e brilho presentes nos dentes naturais. Portanto, o sistema IPS Empress 2 é uma cerâmica vítrea com propriedades físicas e óticas superiores.

Em 1999, Cattani-Lorente *et al.*, avaliaram o efeito da água nas propriedades física do cimento de cinco cimentos de ionômero de vidro modificado por resina e três convencionais. Os espécimes foram preparados de acordo com as instruções dos fabricantes. Após a confecção das amostras foram armazenados em quatro ambientes diferentes: (A) ambiente seco 15% de umidade relativa; (B) água destilada; (C) umidade relativa de 90%; e, (D) umidade relativa de 90% por 1 hora seguido por água destilada e armazenados por um período de 24 horas a três meses. Para testar a reversibilidade das propriedades foram acrescentadas mais espécimes do produto Fuji II LC as quais foram imersas em água destilada por diferentes intervalos de tempo e posteriormente secas com CaCl_2 anidro antes de serem ensaiadas. Um teste de três pontos foi utilizado para avaliar a resistência flexural e o módulo de elasticidade das amostras. A dimensão média das amostras era de $25 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$. Cinco amostras foram ensaiadas para cada intervalo de tempo. A dureza Vickers foi verificada em amostras com 10 mm de diâmetro por 4 mm de altura. A absorção de água pelos espécimes foi verificada pela mudança de peso do material e mudança do comprimento do material foi continuamente verificada por um transdutor durante todo o tempo de imersão dos espécimes. Observou-se que os íonômeros de vidro modificados por resina absorveram grande quantidade de água durante as primeiras 24 horas, porém menos água que os convencionais. A resistência flexural e o módulo de elasticidade flexural dos espécimes foram afetados pelo armazenamento. As amostras armazenados em água apresentaram baixas resistências a fratura. Sendo que a resistência dos espécimes armazenados em umidade teve resistência intermediária entre seco e água. As amostras Fuji II LC armazenados em água e subsequente e secas apresentaram resistência flexural comparável as amostras a seco. Sendo que, o módulo de elasticidade flexural obteve os mesmos resultados. Amostras secas de Fuji II LC e amostras armazenadas em água e posteriormente secas obtiveram resistência flexural mais alta que as armazenados em água. Diferença significativa foi observada entre e resistência flexural dos ionômeros de vidro modificados por resina entre 24 horas 5 dias e 3 meses de armazenagem. Observou-se que quando

armazenados nas mesmas condições, os ionômeros de vidro modificados por resina apresentam-se pouco mais resistentes mecanicamente do que os inômeros convencionais. A dureza também foi dependente da condição de armazenagem das amostras, porém sem diferença no tempo de armazenagem. A dureza dos espécimes armazenados em ambiente seco permaneceu constante da superfície para o centro do espécime. Por outro lado, as amostras armazenadas em água apresentaram dureza superficial diminuída em relação ao centro do espécime, o qual teve dureza menor que as dos corpos armazenados em ambiente seco. Contudo as amostras do Fuji II Lc armazenados em água por cinco dias e depois secos por cinco dias, apresentaram a mesma dureza do centro do espécime que a dos espécimes armazenados a seco. Após 24 horas em água todos os materiais apresentaram expansão. Os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina expandiram mais que os convencionais. Foi considerado que a expansão dos ionômeros de vidro é isotrópica e absorvem nas primeiras 24 horas grande quantidade de água alterando as propriedades físicas do material. A diminuição da resistência flexural das amostras armazenadas em água variou de 20 a 80% em relação aos armazenados em ambiente seco. Houve redução de 50 a 80% no módulo de elasticidade, e 50% da dureza das amostras armazenadas em água quando comparados aos armazenados em ambiente seco. Além disso, ocorreu expansão de 3,4 a 11,3% em 24 horas dos nas amostras armazenadas em água.

Sorensen *et al.*, em 1999, descreveram que o desenvolvimento da micro-estrutura altamente cristalina que forma o material de infra-estrutura da cerâmica IPS Empress 2 foi desenvolvida por Höland e Schweiger. Esta fase cristalina contém mais de 60% em volume de cristais de di-silicato de lítio que estão densamente dispostos e unidos uniformemente à matriz vítrea. Esta estrutura de cristais impede a propagação de fendas, aumentando a resistência à fratura e à flexão para 340 ± 20 MPa. A cerâmica de cobertura é um pó disponível em ampla variedade de cores para dentina e esmalte, e contém cristais de fluorapatita, que são semelhantes em estrutura e propriedades óticas da dentição natural. Em relação à fixação de restaurações com o IPS Empress 2, os autores afirmam que, apesar da fixação

adesiva ser uma técnica muito mais complexa e sensível do que a convencional, esta tem sido preferida. No entanto, situações clínicas em que um adequado isolamento não é possível, como nos preparos subgingivais, pode ser empregado o cimento de ionômero de vidro híbrido com baixa expansão (ProTec CEM) para a cimentação convencional de coroas e próteses fixas com recobrimento total.

Knobloch *et al.*, em 2000, compararam a resistência à fratura após 24 horas e 7 dias dos cimentos resinosos: Panavia 21 (Kuraray), Enforce (Dentsply) e C&B Metabond (Parkell); dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina: Vitremer (3M), Advance (Dentsply) e Fuji Dual (GC America); e, do cimento de ionômero de vidro convencional Ketac-Cem (Espe). Foram confeccionadas 16 amostras de cada cimento, armazenadas em água destilada a 37° C, sendo que metade das amostras de cada cimento foram submetidas ao teste de resistência à fratura numa máquina de ensaio universal Instron após 24 horas e, a outra metade, após 7 dias. A resistência à fratura do C&B Metabond em 24 horas e do Enforce após 24 horas e 7 dias foi estatisticamente superior ao Panavia e aos cimentos de ionômero de vidro. A resistência à fratura dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina foi quatro vezes maior do que o ionômero convencional, porém significativamente menor em relação aos cimentos resinosos C&B Metabond e Enforce. O cimento de ionômero de vidro convencional Ketac-Cem apresentou a menor resistência à fratura.

Xie *et.al.*, em 2000, avaliaram a resistência à flexão, compressão, tração diametral, dureza Knoop e desgaste de dez marcas comerciais de cimentos de ionômero de vidro. Com o objetivo de relacionar as propriedades mecânicas às microestruturas destes cimentos, as superfícies fraturadas foram analisadas através de microscopia eletrônica de varredura. Os autores verificaram que as propriedades dos cimentos de ionômero de vidro estão intimamente ligadas à sua microestrutura e à fatores tais como: integridade da interface entre as partículas de vidro e a matriz polimérica, tamanho das partículas, número e tamanho de espaços vazios (bolhas).

Assim, concluíram que estes fatores têm um importante papel na determinação das propriedades mecânicas e por conseqüência na longevidade das restaurações.

Braga *et al.*, em 2000, avaliaram a resistência da união ao cisalhamento entre cerâmica feldspática (Noritake Super Porcelain EX-3) e dentina bovina em diferentes intervalos de tempo e quatro: C&B/ One Step; Enforce/ Prime&Bond NT Dual Cure; Rely X ARC/ Single Bond e Variolink II/ Syntac SC. Os canais radiculares foram cortados transversalmente para se obter discos com 2,5 mm de espessura e a abertura destes canais foi padronizada com brocas e tratado de acordo com as instruções de cada fabricante para cada tipo de cimento/adensivo utilizado. Duzentos cones de cerâmica foram confeccionados e condicionados com ácido fluorídrico a 4% por 4 minutos e silanizados para serem unidos aos discos de dentina bovina. Apenas para os cimentos C&B e Variolink aplicava-se o agente de união sobre superfície da cerâmica. Após a fixação, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de cisalhamento com uma esfera metálica colocada sob a superfície menor da cerâmica e submetidas a compressão até a fratura. Os tempos de intervalo para o ensaio foram de 15 minutos, 4, 12, 24 horas e 7 dias. Os resultados mostraram diferenças estatísticas entre 15 minutos e 7 dias para Variolink e Syntac; e, entre 15min e 24horas para Enforce. Já para o cimento C&B a diferença foi entre 15 min e 4 horas. Entretanto, entre 24 horas e 7 dias, apenas o sistema Relay X mostrou um aumento significativo na resistência da união. Através da microscopia eletrônica de varredura pode-se observar falhas na camada híbrida/dentina e/ou camada híbrida/adensivo não considerando o intervalo de tempo e o sistema adesivo. Os autores concluíram que os maiores valores de resistência de união foram obtidos com os cimentos de dupla polimerização após 15 minutos. Em geral, os valores encontrados para 24 horas ou 7 dias foram maiores do que a 15 minutos.

Höland *et al.*, em 2000, compararam a micro-estrutura e as propriedades entre as cerâmicas IPS Empress e IPS Empress 2 (Ivoclar). Foi confeccionada uma coroa total em IPS Empress e uma prótese fixa de três elementos em IPS Empress 2, sendo aplicada a cerâmica de estratificação à base de leucita sobre a estrutura de

IPS Empress, e a cerâmica de estratificação à base de apatita sobre a estrutura de IPS Empress 2. Após completada as restaurações, as mesmas foram seccionadas e as superfícies condicionadas com solução aquosa de ácido fluorídrico a 2,5 % por 10 segundos, sendo a cerâmica de estratificação IPS Empress 2 condicionada com solução aquosa de ácido sulfúrico a 30% e ácido fluorídrico a 4% por 10 segundos. As amostras foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura e as fases cristalinas determinadas pela análise de difração de raio-X. As propriedades mecânicas, ópticas, térmicas e químicas foram determinadas seguindo as especificações da ISO. A microscopia eletrônica de varredura evidenciou que o condicionamento dissolveu a matriz vítrea a partir da superfície em poucos micrometros, expondo os cristais. Foi possível observar os cristais de leucita precipitados na matriz vítrea da cerâmica IPS Empress, assim como os cristais alongados de di-silicato de lítio ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) medindo 0,5 a 4 μm de comprimento na cerâmica IPS Empress 2. O di-silicato de lítio correspondeu à principal fase cristalina, sendo os cristais de ortofosfato de lítio (Li_3PO_4) a segunda fase, os quais não são visualizados devido ao condicionamento ácido. Esta fase cristalina é caracterizada como uma pequena fase com cristais de aproximadamente 0,1 a 0,3 μm de diâmetro, e está localizada na matriz vítrea e na superfície dos cristais de di-silicato de lítio, que corresponde aos pequenos orifícios na superfície destes cristais. O conteúdo de di-silicato de lítio foi de 70 ± 5 % em volume, em comparação com 35 ± 5 % em volume de leucita para a cerâmica IPS Empress. A cerâmica para estratificação IPS Empress 2 evidenciou cristais de apatita muito finos dispersos e precipitados na matriz vítrea. Estes cristais foram determinados como sendo de fluorapatita pela análise de difração de raio-X, medindo 300 nm a 3 μm de comprimento. A resistência à flexão da cerâmica IPS Empress 2 foi 400 ± 40 MPa comparado com 112 ± 10 MPa para a cerâmica IPS Empress. A cerâmica IPS Empress 2 foi menos abrasiva ao esmalte dental ($1,3 \text{ mm}^2$) em comparação com a IPS Empress ($6,1 \text{ mm}^2$). A estrutura de di-silicato de lítio mostrou translucidez comparável com o IPS Empress e a dentição natural. O coeficiente de expansão térmico linear do IPS Empress 2 foi de $10,6 \pm 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ($100 - 400^\circ \text{C}$), e do IPS Empress foi de $15,0 \pm 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ($25 - 500^\circ \text{C}$). A durabilidade química do IPS Empress 2 foi maior. Os autores concluíram que,

em comparação com a cerâmica IPS Empress, a cerâmica para estrutura IPS Empress 2 consiste de uma nova microestrutura de cristais de di-silicato de lítio envolvidos em uma matriz vítrea. O grau de cristalização do IPS Empress 2 é maior do que o IPS Empress, portanto, suas propriedades mecânicas são maiores.

Kitasako *et al.*, em 2000, determinaram a influência da solução de armazenagem na durabilidade de uniões adesivas de três cimentos resinosos à superfície de dentina bovina, por um ano. Foram confeccionados 10 corpos-de-prova para cada material de fixação (Panavia 21, Kuraray Co. ; BISTITE, Tokuyama Co; MASA Bond, Sun Medical Co.) que foram armazenados em quatro meios: água não trocada por um período de um ano, água trocada diariamente, solução salina tamponada trocada toda semana por um período de um ano e solução salina tamponada não trocada por um ano. Dez amostras foram confeccionadas para cada material, para serem submetidas ao ensaio de resistência ao cisalhamento após 24h (controle) e dez após 1 ano para cada meio de estocagem. Conservantes ou antimicrobianos não foram utilizados, tanto na água quanto na solução salina, cujo aquecimento prévio a 37°C foi conduzido antes das trocas para evitarem-se efeitos de termociclagem. Os resultados mostraram não haver diferença estatística entre a água e a solução salina para os três cimentos ensaiados, porém os resultados foram diferentes estatisticamente quando os meios de estocagem foram trocados, sendo que os grupos inalterados apresentaram os maiores valores de resistência ao cisalhamento. Os autores concluíram que a troca do meio de estocagem podem ser úteis para acelerar os ensaios de resistência de união em longo prazo, e que talvez ocorra por aumentar a hidrólise nas interfaces cimento/camada híbrida/dentina.

Drummond *et al.*, em 2000, avaliaram a resistência à flexão sob carga cíclica e estática, e a resistência à fratura sob carga estática de seis cerâmicas. Especificamente, a intenção foi comparar a resistência de quatro cerâmicas reforçadas por leucita com uma cerâmica feldspática de baixa fusão e uma experimental contendo di-silicato de lítio. Amostras medindo (2,5 x 5 x 20mm) foram confeccionadas para as três cerâmicas e submetidas ao ensaio de resistência à flexão de três pontos, resistência à fratura imediatamente e após a armazenagem em

água destilada e ao ar por três meses. Análises de microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de energia dispersiva (EDS) foram realizadas sobre as superfícies fraturadas e polidas. Os resultados mostraram que a resistência à flexão para os grupos controle em ar ou água (sem envelhecimento ou carga cíclica) variaram entre 67 a 99 MPa, exceto para a cerâmica experimental, a qual foi duas vezes mais resistente (191 a 205 MPa). O efeito do teste em água e armazenado por três meses causou diminuição na resistência à flexão (6-17%) e de moderada a severa redução na resistência à fratura (5-39%). A maior diminuição na resistência à flexão foi observada quando as amostras foram submetidas às cargas cíclicas. As melhores propriedades mecânicas observadas para a cerâmica experimental de dióxido de lítio são atribuídas ao tamanho da partícula e sua distribuição uniforme na cerâmica e não necessariamente na diferença em composição.

Luo *et al.*, em 2001, estudaram os efeitos do aumento do tempo de condicionamento da superfície da cerâmica IPS Empress 2 (Ivoclar-Vivadent). Foram confeccionadas 21 amostras da cerâmica IPS Empress 2. Todas as amostras foram polidas e limpas em ultrassom por 5 min em acetona antes e após condicionamento com ácido fluorídrico a 9,6%. Os tempos de condicionamento foram 0; 10; 20; 30; 60; 90 e 120 segundos respectivamente. A microestrutura foi analisada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e a microscopia de força atômica (MFA). Foi usada para avaliar a rugosidade superficial e topografia. As observações em microscópio eletrônico de varredura (MEV) mostraram que o condicionamento com ácido fluorídrico a 9,6% resultou na dissolução da matriz de vidro e que os cristais suportados parcialmente dentro da matriz de vidro foram perdidos com o aumento no tempo de condicionamento. A microscopia de força atômica (MFA) mostrou que o condicionamento ácido aumentou a rugosidade superficial das cerâmicas. Este estudo demonstrou o benefício da combinação de dois métodos de microscopia para melhor entendimento da superfície. A microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostrou o modo de ação do ácido fluorídrico 9,6% sobre a cerâmica e a microscopia de força atômica (MFA) mostrou a extensão da degradação da superfície relativo ao tempo de condicionamento ácido na cerâmica constituída de dióxido de lítio.

Örtengren *et al.*, em 2001, avaliaram a sorpção e solubilidade dos compósitos odontológicos utilizado para restauração direta TPH Spectrum, dois compósitos indiretos Alcaglass e Targis, e três cimentos resinosos C&B Cement, Sono Cem e Variolink II; e, ainda, identificaram os monômeros liberados em ambiente aquoso. Duzentas amostras (15mm de diâmetro e 0,5mm de espessura) foram preparadas utilizando uma matriz metálica. O teste de sorpção e solubilidade foi realizado de acordo com a ISO 4049 (1988). As amostras de cada material foram divididas em 5 grupos com 15 amostras em cada grupo e armazenadas em água destilada a 37°C por 4 horas, 24 horas, 7, 60 e 180 dias. Após os períodos de armazenagem, as amostras foram pesadas e os valores de sorpção/ solubilidade calculados. Para identificar os monômeros liberados durante os períodos de armazenagem foi realizada uma seqüência laboratorial, cromatografia líquida de alta performance. A análise estatística revelou que o cimento resinoso Sono Cem obteve a menor sorpção durante a armazenagem, seguido pelos compósitos Targis e TPH. Por outro lado, os cimentos resinosos C&B Cement e Variolink obtiveram os maiores valores de sorpção seguido do Artglass. A solubilidade do Sono Cem e C&B aumentou com o aumento do tempo de armazenagem. Variolink e Targis mostraram diminuição na massa liberada. A cromatografia identificou o TEGDMA como o principal monômero liberado após 24 horas para os materiais C&B, TPH e Variolink. Os autores concluíram que a sorpção está relacionada com a presença de grupos hidroxila na matriz, os quais criam pontes de hidrogênio com a água. Já, a solubilidade é afetada pelo tipo de carga usada, tratamento sobre esta e pela presença de poros no material.

Spohr *et al.*, em 2003, avaliaram a resistência à tração da união entre cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 (Ivoclar) e materiais de fixação sob diferentes tratamentos na superfície da cerâmica, associado ou não à aplicação do silano. Foram confeccionados duzentos e quarenta discos em cerâmica com 5,5 mm de diâmetro por 2,5 mm de espessura e separados em 12 grupos de 10 pares de discos. Cada grupo foi submetido aos seguintes tratamentos: Grupos 1 e 7 –

jateamento com óxido de alumínio 100 μm ; Grupos 2 e 8 – jateamento com óxido de alumínio 100 μm e aplicação do silano; Grupos 3 e 9 – jateamento com óxido de alumínio 50 μm ; Grupos 4 e 10 – jateamento com óxido de alumínio 50 μm e aplicação do silano; Grupos 5 e 11 – condicionamento com ácido fluorídrico 10%, por 20 segundos; Grupos 6 e 12 – condicionamento com ácido fluorídrico 10%, por 20 segundos e aplicação do silano. Após, os discos em cerâmica dos grupos 1 a 6 foram unidos em pares com adesivo Single Bond e cimento resinoso Rely X, e os discos dos grupos 7 a 12, com cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM. Em seguida, os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37° C durante 24 horas, seguido de 500 ciclos térmicos de 5° C e 55° C, com duração de 1 minuto em cada banho. Após, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração em máquina Instron (Modelo 4411) com velocidade de 1 mm/minuto. O tipo de falha foi verificado numa lupa estereoscópica com aumento de 20 vezes. As médias dos resultados foram: Grupo 1 – 3,80 MPa; Grupo 2 – 8,35 MPa; Grupo 3 – 5,35 MPa; Grupo 4 – 11,84 MPa; Grupo 5 – 16,94 MPa; Grupo 6 – 25,36 MPa; Grupo 7 – 0,51 MPa; Grupo 8 – 3,61 MPa; Grupo 9 – 0,64 MPa; grupo 10 – 4,06 MPa; grupo 11 – 4,75 MPa; e, Grupo 12 – 11,20 MPa. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ($p < 0,05$) e mostraram que a fixação com cimento resinoso Rely X proporcionou maiores valores de resistência à tração em relação ao ProTec CEM, independente do tratamento superficial da cerâmica e silanização ($p < 0,05$); o tratamento da superfície da cerâmica com ácido fluorídrico 10% forneceu maiores valores de resistência à tração ($p < 0,05$) em relação ao jateamento com óxido de alumínio 50 e 100 μm , independente do material de fixação e silanização; a aplicação do silano aumentou a resistência de união da cerâmica em relação às superfícies sem aplicação do silano, independente do material de fixação e tratamento superficial da cerâmica. Nos corpos-de-prova fixados com o ProTec CEM, as falhas foram adesivas quando associado o jateamento com óxido de alumínio sem aplicação do silano, e predominantemente coesivas no cimento quando realizado condicionamento com ácido fluorídrico e silanização. Já, nos corpos-de-prova fixados com Rely X, as falhas foram predominantemente mistas.

Reges, em 2003, avaliou a resistência à fratura e à fadiga + fratura a cerâmica In Ceram a seco e água destilada, fixadas sobre dentes bovinos com cimento resinoso e ionômero de vidro modificado por resina. Sessenta incisivos bovinos foram incluídos em resina acrílica. As porções coronárias foram preparadas em torno mecânico para receber coroas totais completas, usando pontas diamantadas nº 4103, com convergência de 8° e término cervical em ombro reto. Sessenta corpos-de-prova com 8,0 mm de diâmetro por 8,5 mm de altura foram confeccionados com a cerâmica In Ceram. Trinta coroas foram fixadas sobre os preparos com cimento resinoso e trinta com cimento de ionômero de vidro modificado por resina. As coroas foram fixadas com cimento utilizando o auxílio de uma prensa pneumática, com carga estática de 9 Kg por 5 minutos. Em seguida os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37°C por 24h. Para cada cimento (resinoso e ionômero de vidro) dez corpos-de-prova foram submetidos ao teste de fratura à velocidade de 1 mm/min. O segundo grupo foi submetido ao teste de fadiga por 60.000 ciclos, com carga de 70N, aplicada com força sinusoidal de 2 Hz, seguido pelo teste de fratura em água destilada (dez corpos-de-prova para cada tipo de cimento), usando uma máquina Instron. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância e ao teste de Tukey ($p < 0.05$) e mostraram que a resistência da cora In Ceram fixadas com cimento resinoso e de ionômero de vidro diminuiu significativamente após o ensaio de fadiga+fratura em ambiente seco e em água destilada quando comparado com a resistência à fratura sem fadiga. As coroas fixadas com o cimento resinoso apresentaram valores de resistência superiores às fixadas com cimento de ionômero de vidro, para os três ensaios.

Sálvio, em 2003, avaliou o efeito do tempo de armazenagem em água (24 horas e 1 ano) na resistência à tração da união entre cerâmica de infra-estrutura IPS Empress2 e o material de fixação Variolink II após diferentes tratamentos da superfície da cerâmica. Foram confeccionados cento e oitenta discos em cerâmica com 5,5 mm de diâmetro por 2,5 mm de espessura e separados em 6 grupos de 15 pares. Cada grupo foi submetido aos seguintes tratamentos: Grupos 1 e 4 –

jateamento com óxido de alumínio 50 μ m, por 5 segundos; Grupos 2 e 5 – jateamento com óxido de alumínio 100 μ m, por 5 segundos; Grupos 3 e 6 – condicionamento com ácido fluorídrico a 10%, por 20 segundos. Após, o silano foi aplicado sobre a superfície da cerâmica tratada e os discos de cerâmica de cada grupo foi unido em pares com agente de união Heliobond e o cimento Variolink II. Em seguida, os corpos-de-prova dos grupos 1 a 3 foram armazenados em água destilada a 37°C durante 24 horas e os grupos 4 a 6 a 37°C durante 1 ano. Após, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração em máquina Instron com velocidade de 1mm/minuto. Em seguida o tipo de falha foi verificado numa lupa estereoscópica com aumento de 20 vezes. Os resultados do teste de tração foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ($p < 0,05$). O autor concluiu que as condições de armazenagem diminuíram a resistência de união entre cerâmica/cimento resinoso no período de armazenagem de 1 ano, para os três tratamentos de superfície. O tratamento superficial da cerâmica com ácido fluorídrico a 10% proporcionou valores de resistência à tração superior em relação ao jateamento com óxido de alumínio 50 μ m e 100 μ m, para os tempos de armazenagem de 24 horas e 1 ano e suas falhas foram predominantemente mista para o condicionamento com ácido fluorídrico a 10% e adesivas para jateamento com óxido de alumínio 100 μ m e 50 μ m.

Em 2003, Caldas avaliou a resistência à fratura e à fadiga + fratura da cerâmica In Ceram, IPS Empress 2 e Cergogold a seco e em água destilada, fixadas sobre dentes bovinos com os cimentos resinoso e ionômero de vidro modificado por resina. Cento e oitenta incisivos bovinos foram incluídos em resina acrílica. As porções coronárias foram preparadas para receber coroas totais completas, usando pontas diamantadas nº 4103 com paredes convrgentes de 8° e término cervical em ombro arredondado. Sessenta copings com 8 mm de diâmetro por 8,5 mm de altura foram confeccionados com cada uma das cerâmicas In Ceram, IPS Empress 2 e Cergogold. Após aplicação do glaze, trinta coroas foram fixadas sobre os dentes bovinos com cimento resinoso e trinta com o cimento de ionômero de vidro modificado por resina, para cada sistema cerâmico. A coroas foram fixadas com auxílio de prensa pneumática, com carga estática de 9 kgf, por 1 minuto. Em

seguida, os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37° C por 24 horas. No primeiro grupo, para cada sistema cerâmico e cimento (resinoso e ionômero de vidro), dez corpos-de-prova foram submetidos ao teste de fratura a uma velocidade de 1,0 mm/min.. O segundo grupo foi submetido ao teste de fadiga por 60.000 ciclos, com carga de 75 N, aplicada com força em forma sinusoidal com 2 Hz, em água destilada seguido pelo teste de fratura (10 corpos-de-prova para cada tipo de cimento e cerâmica) e o terceiro grupo, fadiga em ambiente seco (10 corpos-de-prova para cada tipo de cimento e cerâmica), mais fratura em uma máquina de teste universal. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância e ao teste de Tukey ($p < 0,05$) e mostraram que a resistência à fratura das coroas In Ceram e IPS Empress 2 fixadas com cimento resinoso e ionômero de vidro foram estatisticamente superiores à do Cergogold ($p < 0,05$). Nenhuma diferença estatística foi observada entre In Ceram e IPS Empress 2; A resistência do In Ceram, IPS Empress 2 e Cergogold fixadas com com cimento resinoso e de ionômero de vidro diminuiu significativamente após fadiga em meio seco e úmido em relação a resistência à fratura sem fadiga ($p < 0,05$). Nenhuma diferença estatística foi observada para o cimento de ionômero de vidro ($p > 0,05$); As coroas In Ceram, IPS Empress 2 e Cergogold fixadas com o cimento resinoso apresentaram valores de resistência estatisticamente superiores às fixadas com cimento de ionômero de vidro modificado por resina, para os três tipos de ensaios.

Piowarczyk & Lauer., em 2003, determinaram o efeito da armazenagem em água na resistência à flexão e compressão de 12 cimentos odontológico. Os materiais analisados foram: 2 cimentos de fosfato de zinco (Havard cement e Fleck's zinc cement), dois cimentos de ionômero de vidro (Fuji I e Ketac-Cem); três cimentos de ionômero de vidro modificado com resina (Fuji Plus, Fuji Cem e RelyX); quatro cimentos resinosos (RelyX ARC, Panavia F, Variolink II e Compolute) e um cimento resinoso universal 9 RelyX Unicem). As amostras foram preparadas e testadas de acordo com a ISO 4049. As amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C durante o período de 24h e 150 dias. Uma carga constante com velocidade de 1mm/min foi aplicada até o momento da fratura do material. Os dados foram

submetidos à análise estatística ANOVA e ao teste de Duncan's para comparação dos materiais estudados. O cimento resinoso apresentou resistência à flexão e compressão superiores aos outros cimentos estudados. Os autores citam que esta diferença é decorrente da degradação hidrolítica apresentada pelos materiais analisados.

Fano *et al.*, em 2004, avaliaram a degradação hidrolítica de cimentos de ionômero de vidro modificado por resina utilizando análise microscópica confocal fluorescente e gravimétrica. Quatro cimentos foram utilizados: Vitremer e Vitrebond (3M, St. Paul, MN), Fuji II LC, e Fuji Lining LC (GC Corporation, Tóquio, Japan). Todos materiais foram manipulados e fotoativados (450 Mw/cm^2) de acordo com as instruções o fabricante. Quarenta amostras em forma de discos com 1,5 mm de espessura por 6mm de diâmetro foram confeccionadas. Após 24 horas, as amostras foram armazenadas em dois diferentes Phs de 7 e 3,5. Para análise microscópica fluorescente, todos os corpos-de-prova foram imersos numa solução de 2,5% de eosina e água. Após o período de imersão, as amostras foram lavadas em água destilada para serem avaliadas. Três amostras de cada material foram observadas num intervalo regular de 20 meses. Para análise gravimétrica cinco amostras passaram por um processo de secagem seqüencial em banhos de imersão em metanol e éter. Após a evaporação do éter, as amostras foram pesadas e as médias dos valores foram calculadas e passadas para uma barra vertical. Após a analise dos dados coletados, os autores concluíram que, houve uma desintegração e absorção de todos os cimentos de ionômero de vidro modificado por resina causada pelo estresse que é induzido pela contração de polimerização.

Em 2004, Jin *et al.*, avaliaram o efeito do tempo de armazenagem em água na resistência à fadiga cíclica e estática da cerâmica IPS Empress 2. Cento e trinta discos com 13 mm diâmetro e 1,2 mm de espessura foram confeccionados e armazenados em água destilada. Sessenta e cinco discos foram utilizados para cada tipo de teste (cíclico e estático), e avaliados antes e após 1 ano de armazenagem em água a 37 °C. O teste de fadiga cíclico, foi realizado utilizando uma esfera de 3 mm

para a aplicação da força em forma sinusoidal com 5 Hz em uma máquina hidráulica. A resistência à fadiga cíclica (SFC) de 10, 1000 e 100.000 foi determinada pelo método starcase (n=15). A fadiga estática foi realizada de maneira similar ao teste cíclico, com aplicação de força estática de 180, 200, 220 e 240 MPa. A resistência de fadiga estática (SFL) de 3 a 5 espécimes para cada nível de estresse foi medido. As resistências à fadiga cíclica antes e após armazenagem foram comparadas pelo teste-t. As regressões lineares dos gradientes de resistência à fadiga cíclica e estática foram avaliadas pela análise de covariância. Os resultados mostraram que a resistência à fadiga da cerâmica IPS Empress 2 não diminuiu após 1 ano de armazenagem em água.

Blatz *et al.*, em 2004, avaliaram e comparam a resistência de união de diferentes materiais utilizados para cimentação e silanização. Oitenta corpos-de-prova foram confeccionados com a cerâmica Procera AllZircon (10X10X2 mm). Após a realização do tratamento de superfície com partículas de óxido de alumínio, os corpos-de-prova foram divididos em 4 grupos de acordo com o sistema de união utilizado: G1- SE-PAN (Clearfiel SE Bond/Porcelain Bond ativador com Panavia F), G2- SE-REL (Clearfiel SE Bond/Porcelain Bond ativador com RelyX ARC), G3- SB-REL (Ceramic Primer, Single Bond com RelyX ARC) e G4- NO-PAN (Panavia F sem adesivo/agente de silanização). Amostras cilíndricas foram confeccionadas com a resina Z250 foram unidas à cerâmica utilizando o material de fixação indicado para cada grupo. Dez amostras de cada grupo foram armazenadas por 3 dias em água destilada. As amostras remanescentes de cada grupo (10) foram testadas após armazenagem em água destilada por 180 dias e ciclagem térmica de 2000 ciclos (5 °C e 60 °C por 15 seg) a cada 30 dias totalizando 12.000 banhos. O ensaio de cisalhamento foi realizado em máquina de teste Universal Instron, com carga de 1mm/min. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância e ao teste Tukey e mostraram que após 3 e 180 dias, os cimentos SE-REL e SE-PAN aumentaram a resistência da cerâmica.

3 PROPOSIÇÃO

O propósito deste estudo foi avaliar a resistência à fratura (sem fadiga) e o efeito do tempo de armazenagem em água destilada (24 horas e 1 ano) na resistência à fadiga + fratura com a cerâmica reforçada por di-silicato de lítio (IPS Empress 2), fixada com cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Rely X Luting) e cimento resinoso (Variolink II).

4 MATERIAIS E MÉTODO

4.1 - Materiais

Materiais utilizados nesse estudo (Quadro-1)

Quadro1- Descrição dos materiais, nome comercial e fabricantes.

MATERIAIS	NOME COMERCIAL	FABRICANTE
Cerâmica	IPS Empress 2 (Di-Silicato de Lítio, estrutura)	Ivoclar
Cerâmica	IPS Empress 2 (Estratificação)	Ivoclar
Cimento Resinoso	Variolink II	Ivoclar-Vivadent
Cimento de Ionômero de Vidro modificado por resina	Rely X Luting	3M, Divisão Dental
Adesivo + Primer	Excite	Ivoclar -Vivadent
Silano	Monobond	Ivoclar-Vivadent
Ácido Fluorídrico 10%	Ácido Fluorídrico 10%	Dentsply
Ácido Fosfórico 35%	Ácido Fosfórico 35%	3M, Divisão Dental

4.2 - Método

4.2.1 - Preparo e Fixação dos dentes em resina

Foram utilizados 90 dentes incisivos bovinos, hígidos recentemente extraídos e armazenados em solução fisiológica de cloreto de sódio a 0,9%, à temperatura de 5° C, até o momento da utilização. Todos os dentes foram limpos com escova tipo Robinson utilizando pasta de pedra pomes (SS White) e água.

Inicialmente, foram feitas retenções mecânicas nas raízes com disco de carboneto de silício montado em mandril e peça-de-mão. Em seguida, as raízes foram incluídas em cilindros de PVC com a resina acrílica quimicamente ativada, Jet

Set (Clássico, Brasil) da seguinte forma: numa caixa de madeira, medindo 5 cm de largura por 30 cm de comprimento e 3 cm de altura, foi vertida cera utilidade liquefeita (Wilson, Brasil). A seguir, as coroas dos dentes foram introduzidas na cera plastificada, até atingir 2 mm além da junção cimento-esmalte. Nessa posição, os dentes foram centralizados nos tubos de P.V.C. (Tigre, Brasil), de modo que o seu longo eixo ficasse paralelo ao longo eixo dos tubos de 20 mm de diâmetro por 30 mm de altura, isolado internamente com vaselina sólida (Rioquímica Ind. Ltda, Brasil). A mistura monômero e polímero, proporcionada e preparada de acordo com as instruções do fabricante, foi vertida no interior do cilindro de P.V.C., na fase arenosa, sob vibração (Vibrator, USA).

Após a polimerização da resina acrílica, todos os preparos para coroa total foram confeccionados em torno mecânico (Nardini 300 III, Brasil) sob refrigeração à água (Figuras 1 A e B), a fim de se obter preparo coronário tronco-cônico em dentina, com as seguintes dimensões: base menor 4,2 mm de diâmetro, base maior 8,0 mm e altura de 7,0 mm, com angulagem de 4° e expulsividade de 8°. As medidas foram conferidas com paquímetro (ME-Ba, Zagreb, Iugoslávia) com precisão de 0,01 mm, objetivando a padronização de todos os preparos (Figura 1 C e D).

Os conjuntos dente-cilindro de resina foram numerados para melhor identificação das amostras, e armazenados em solução de soro fisiológico à temperatura de 5° C, até o momento da confecção dos corpos-de-prova.

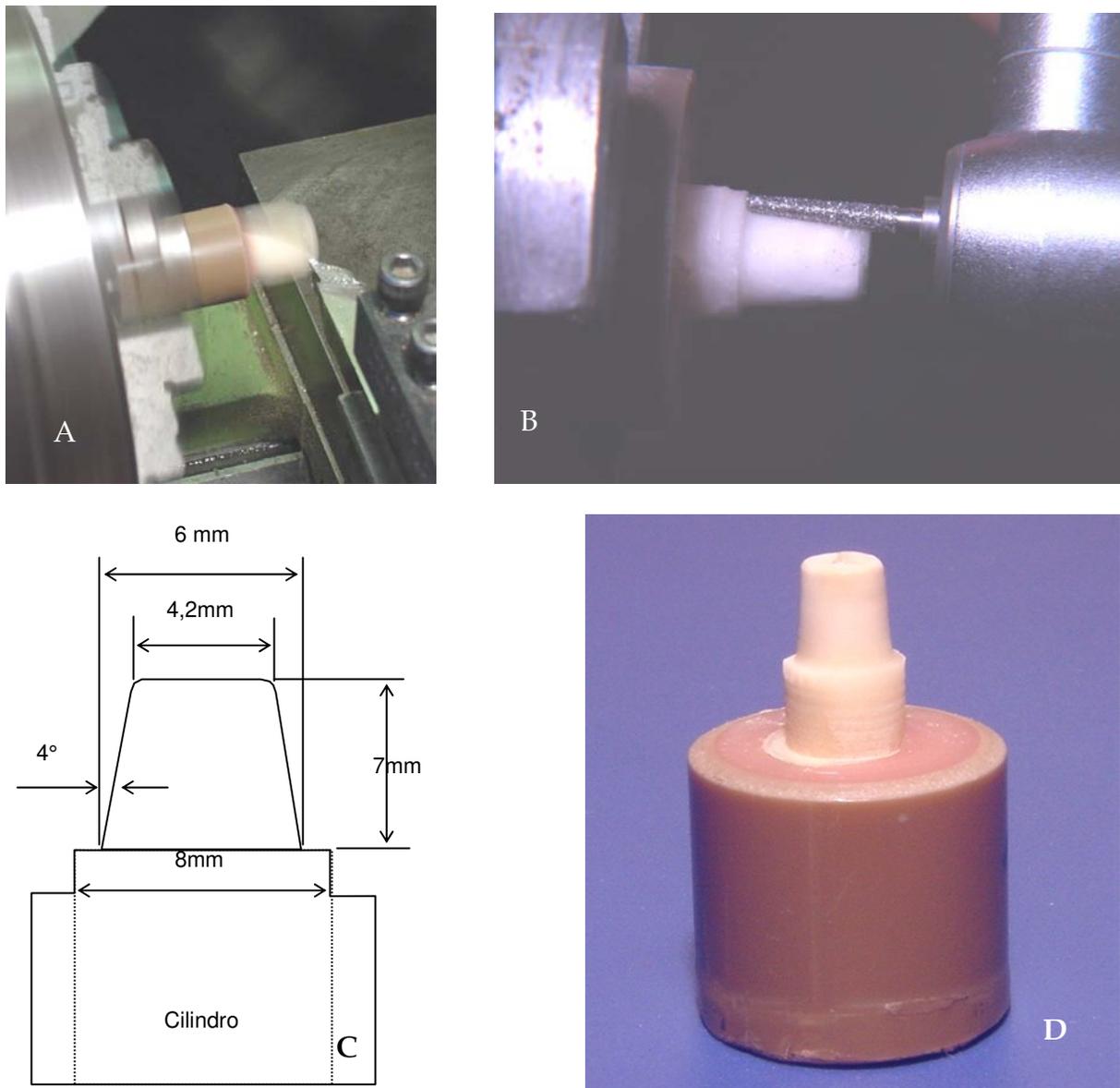


Figura 1 – A e B - Preparo do dente em torno mecânico (Nardini 300 III); C - Desenho Esquemático do preparo; e, D - Dente preparado.

4.2.2 - Moldagem e obtenção dos troquéis

Cada dente preparado foi reproduzido por meio de molde de silicone polimerizado por adição (Express, 3M Dental Products, USA), utilizando técnica de moldagem dupla (denso e reembasamento com fluido), com auxílio de moldeiras individuais confeccionadas em anel de P.V.C., com 40 mm de diâmetro interno por

50 mm de comprimento (Figura 2). As moldagens foram realizadas inicialmente com material denso, estando o dente aliviado por duas camadas de filme de PVC. Decorridos cinco minutos, as moldeiras foram removidas e o material de alívio descartado. O espaço correspondente foi preenchido com material de moldagem fluido, manipulado com auxílio de proporcionador e dispensador automático. As moldeiras foram removidas após cinco minutos, permanecendo em repouso por 60 minutos, seguindo recomendações do fabricante.

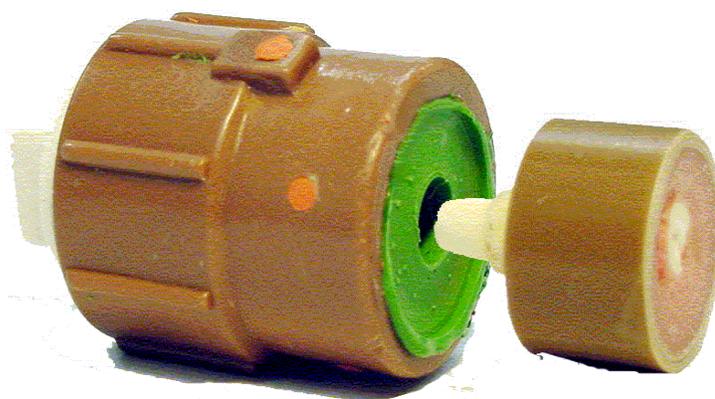


Figura 2 – Dispositivo para moldagem

Todos os procedimentos de moldagem foram realizados sob condições de temperatura e umidade relativa controladas de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $50 \pm 10\%$ (COUNCIL ON DENTAL MATERIALS AND DEVICES, 1977). Tanto os dentes preparados quanto o material utilizado no procedimento de moldagem, permaneceram por um período mínimo de duas horas nas condições ambientes acima citadas antes de serem utilizados.

Os moldes obtidos foram borrifados com agente surfactante (Lubrofilm - Dentaurum J. P. Winkelstroeter KG - Pforzheim - Alemanha) e deixados secar por cinco minutos, sendo o excesso removido com jato de ar à distância de 20 mm. Os moldes foram preenchidos após uma hora, com gesso tipo IV (Fuji Rock, GC, Japão), proporcionado de acordo com as recomendações do fabricante (20mL de água para 100g de pó) e manipulado mecanicamente a vácuo (Multivac 4 - Degussa Hüls - Hanau - Alemanha), por 35 segundos. Os moldes foram preenchidos sob vibração,

estando acoplada a moldeira, uma matriz em silicone para formação da base do troquel (Figura 3 A e B). Os troquéis foram removidos após trinta minutos e numerados de acordo com o respectivo dente, sendo aguardado um período de 24 horas, antes de serem utilizados para confecção da restauração de cerâmica.



Figura 3 – A e B – Vazamento do molde com gesso Fuji Rock

4.2.3 - Preparos dos *copings* com cerâmica IPS Empress 2

Foram confeccionados 90 *copings* em cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2. Inicialmente duas camadas do espaçador (Cement Spacer Blue - Belle de St. Claire^R, USA) foram aplicadas nos troqueis de gesso. O padrão de cera de 0,8 mm de espessura foi obtido com a utilização do aparelho Hotty Perfect (Renfert GmbH - Hilzingen - Alemanha) (Figura 4 A), onde os troquéis foram imersos em cera liquefeita (Picodip - Renfert GmbH - Hilzingen - Alemanha) liqüefeita a 87° C, permanecendo cerca de 3 segundos (Figura 4 B). Os excessos de cera aquém da região do preparo foram removidos com instrumento cortante, sendo a região de término cervical ajustada até o perfeito assentamento, com auxílio de espátula elétrica para cera, sob aumento de 10 vezes com lupa.



Figura 4 - A - Aparelho Hotty Perfect – Renfert GmbH; e, B – *coping* em cera

Um formador do conduto de alimentação, com 3 mm de diâmetro x 8 mm de comprimento foi posicionado no centro do *coping* em cera. Em seguida, o conduto de cera foi fixado num conduto plástico com 12,2 mm de diâmetro por 30 mm de altura, do modo que, cinco corpos-de-prova foram posicionados no formador do conduto com inclinação de 60° em relação ao plano horizontal (Figura 5). Posteriormente, esse formador de conduto foi fixado numa base plástica plana formadora de cadinho, com 50 mm de diâmetro interno x 56 mm de diâmetro externo x 20 mm de altura. Um anel confeccionado com papel especial para o revestimento IPS Empress 2 (Ivoclar-Vivadent) foi posicionado na base.



Figura 5- Padrões de cera posicionados para inclusão

Os corpos-de-prova foram incluídos com revestimento à base de fosfato IPS Empress 2 (Ivoclar-Vivadent), na proporção de 100 gramas de pó x 18 mL de líquido (Ivoclar) e 9 ml de água destilada, espatulado mecanicamente a vácuo, por 60 segundos num espatulador Multivac 4 (Degussa Huls, Germany). Uma base plástica (50 mm de diâmetro interno x 56 mm de diâmetro externo x 20 mm de altura) foi posicionada na parte superior do anel para formar uma superfície plana necessária para o preenchimento da cerâmica. Após a presa do revestimento, o anel de papel, o formador do conduto e as bases foram removidos. Em seguida, a confecção dos corpos-de-prova foi procedida da seguinte forma:

1 - O bloco de revestimento juntamente com o êmbolo de óxido de alumínio (12 mm de diâmetro x 37 mm de altura) foram levados ao forno elétrico (7000 – 5P, EDG Equipamentos e Controles Ltda, São Carlos) pré-aquecido, elevando a temperatura do forno em 3°C/min. até 850°C e mantendo por 90 minutos para eliminação da cera e expansão do revestimento;

2 - Em seguida, foi removido o bloco de revestimento do forno e dois lingotes da cerâmica IPS Empress 2 (Ivoclar-Vivadent) foi posicionado no conduto juntamente com o êmbolo de óxido de alumínio, levados ao forno EP 600 (Ivoclar-Vivadent), e mantidos por 20 minutos, à temperatura de 920° C. Decorrido esse tempo, foi aplicada uma pressão de 5 bars, por 15 minutos;

3 - Após o bloco de revestimento atingir a temperatura ambiente, o êmbolo de óxido de alumínio foi removido e, com auxílio de um disco de carboneto de silício, o bloco de revestimento foi cortado ao meio. Os corpos-de-prova foram desincluídos utilizando o aparelho (Oxyker Dry – Manfredi) com partículas de vidro com 50 µm de diâmetro utilizando uma pressão de 4 bars para remoção bruta do revestimento e 2 bars para remoção do revestimento próximo das amostras, seguido da remoção do conduto de alimentação com disco de diamante (006, Bracar).

4.2.4 - Aplicação da cerâmica de estratificação

Após obtenção dos *copings* da cerâmica IPS Empress 2 (Ivoclar-Vivadent), um molde de alumínio (8 e 20 mm de diâmetro interno x 30 mm de diâmetro externo x 67 mm de altura) seccionado longitudinalmente no centro foi utilizado para facilitar a aplicação da cerâmica de estratificação com as mesmas dimensões. Posteriormente, os corpos-de-prova com 8 mm de diâmetro x 8,5 mm de altura, obtidos com a cerâmica de estratificação de acordo com as recomendações do fabricante, foram levados ao forno Dekema (Degussa) e submetidos ao processo de sinterização, de acordo com as especificações do fabricante.

Após a sinterização, os mesmos foram submetidos ao acabamento e polimento com ponta cilíndrica diamantada, limpos em ultra-som, seguido de

lavagem em água corrente e secos com jatos de ar. A confecção dos corpos-de-prova foi finalizada com aplicação do glaze conforme a recomendação do fabricante.

4.2.5 - Cimentação

Antes da cimentação, todos os preparos foram limpos com pasta de água e pedra-pomes e escova tipo Robinson. As coroas cerâmicas foram condicionadas internamente com ácido fluorídrico 10% por 20 segundos, lavadas com água por 60 segundos e secas com jatos de ar por 30 segundos.

A manipulação dos materiais cimentantes e a cimentação ao dente foram realizadas de acordo com as recomendações dos fabricantes (Quadro 2). A cimentação das coroas cerâmica foi realizada em ambiente com temperatura e umidade controladas ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $50 \pm 5\%$ de umidade relativa) utilizando prensa pneumática (Figura 6), desenvolvida na Disciplina de Materiais Dentários da FOP – UNICAMP, com carga estática de 9 kgf aplicada axialmente sobre a superfície oclusal da coroa durante 1 minuto, e os excessos de cimento foram removidos com uma espátula afiada. Foram cimentadas 90 coroas IPS Empress 2, sendo 45 com o cimento resinoso (Variolink II) e 45 com o cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Rely X Luting).

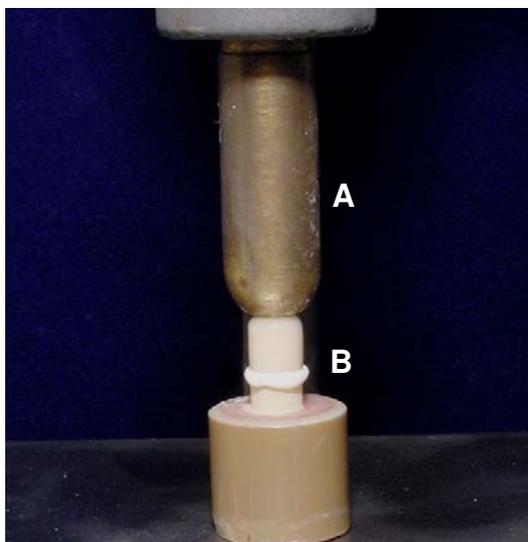


Figura 6- Fixação da coroa total IPS Empress 2 no dente com prensa pneumática:

A - Pistão da prensa pneumática; B - corpo-de-prova durante cimentação.

Quadro 2 - Técnica de manipulação dos cimentos que foram utilizados neste estudo.

CIMENTO	TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO
Variolink II + Excite	No dente: profilaxia com pedra pomes e água. Condicionar o dente com ácido fosfórico 35%, por 30 segundos, lavar em água corrente (15 seg.) e secar com ar. Aplicar 2 camadas do adesivo Excite. Na cerâmica: condicionar a parte interna da cerâmica com o ácido fluorídrico 10%, por 20 segundos, lavar por 60 segundos e secar com jatos de ar por 30 segundos. Aplicar o agente de silanização Monobond-S por 1 minuto e secar por 5 segundos, seguido da aplicação de 2 camadas do adesivo Excite. Dispensar o cimento Variolink II no bloco de mistura e espatular por 10 segundos, com espátula nº 70. Aplicar sobre a superfície interna da coroa cerâmica, assentar ao dente preparado, com firme pressão digital. Aplicar uma carga de 9 kgf, por 1 minuto, remover o excesso de cimento e fotopolimerizar por 40 segundos em posições diametralmente opostas e 40 segundos na superfície oclusal, totalizando 160 segundos.
Relyx Luting	No dente: profilaxia com pedra pomes e água. Na cerâmica: condicionar a parte interna da cerâmica com o ácido fluorídrico 10%, por 20 segundos, lavar por 60 segundos e secar com jatos de ar por 30 segundos. Aplicar o agente de silanização Monobond-S por 1 minuto e secar por 5 segundos. Proporcionar o cimento: 2 medidas de pó por 2 gotas de líquido. Aglutinar todo o pó por 30 segundos sobre uma placa de vidro com uma espátula metálica nº 70, aplicar sobre a superfície interna da coroa de cerâmica e assentar ao dente preparado com firme pressão digital. Aplicar uma carga de 9 kgf, por 1 minuto e remover o excesso de cimento.

Após a cimentação, os corpos-de-prova foram separados aleatoriamente em 6 grupos (n=15), conforme o agente de cimentação e as condições de tratamento (Quadro 3).

Quadro 3 – Divisão dos grupos de ensaio utilizados neste estudo com os respectivos agentes cimentantes e condições de tratamento.

TRATAMENTOS	CORPOS-DE-PROVA (N)	CIMENTO
Fratura (sem fadiga)	15	Variolink II
Fratura (sem fadiga)	15	Rely X Luting
Fadiga + fratura (24 horas)	15	Variolink II
Fadiga + fratura (24 horas)	15	Rely X Luting
Fadiga + fratura (1 ano)	15	Variolink II
Fadiga + fratura (1 ano)	15	Rely X Luting

4.2.6 – Ensaio de resistência à fratura e fadiga + fratura

4.2.6.1 – Ensaio de resistência à fratura

Após armazenagem em água destilada em estufa a 37° C, por 24 horas, a coroa de cerâmica IPS Empress 2 foi submetido ao ensaio de resistência à fratura, utilizando uma máquina de ensaio universal Instron (modelo 4511 – série H 4188), equipada com uma ponta esférica com 8 mm de diâmetro (Figura 7), numa velocidade de 1 mm/min até ocorrer a falha do material (Figura 8).



Figura 7 – Corpo-de-prova posicionado na Instron para ensaio de resistência à fratura

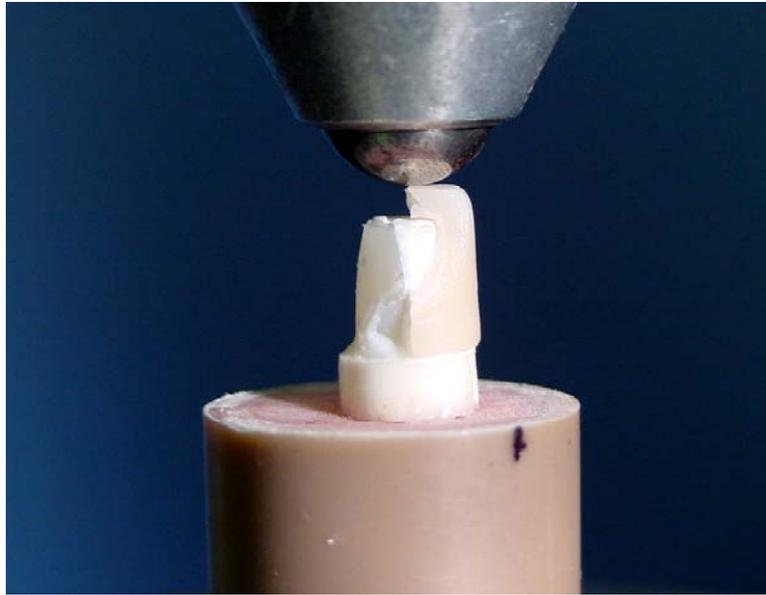


Figura 8 – Corpo-de-prova fraturado após ensaio de resistência à fratura

4.2.6.2 – Ensaio de resistência à fadiga + fratura

Após os períodos de armazenagem em estufa (24 horas e 1 ano), a coroa cerâmica IPS Empress 2 foi submetido ao ensaio de resistência à fadiga numa máquina MCM (Equipamento Ltda) (Figura 9) calibrada para operar com 60.000 ciclos. Uma carga estática de 75N, exercida com haste metálica com ponta de borda arredondada de 4mm, foi aplicada com freqüência de 2 HZ na superfície oclusal da coroa (Figura 10), durante 60.000 ciclos. O ensaio de resistência à fadiga, foi efetuado em cinco corpos-de-prova de cada vez imersos em água destilada a 37°C.



Figura 9 – Máquina de ensaio de fadiga

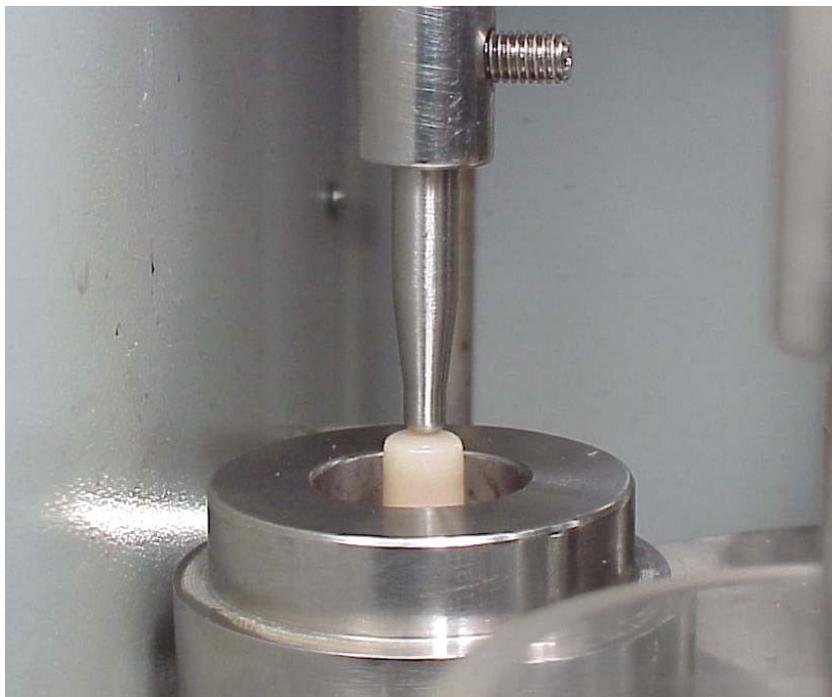


Figura 10 – Ponta de aço exercendo carga no centro do corpo-de-prova.

Após o ciclo de fadiga, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de resistência à fratura por compressão utilizando uma máquina de ensaio universal Instron (modelo 4511 – série H 4188), equipada com uma ponta esférica com 8 mm de diâmetro, com velocidade de 1mm/min. até ocorrer a falha do material. Um total de 15 corpos-de-prova foi submetido ao ensaio de fadiga em água destilada + fratura para cada condição de tratamento e cimento, totalizando 60 corpos-de-prova.

5 RESULTADOS

Os valores originais obtidos nos ensaios de resistência à fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura por compressão (N) da cerâmica IPS Empress 2 submetida a diferentes tempo de armazenagem e material de fixação estão apresentados no apêndice (Quadro 4).

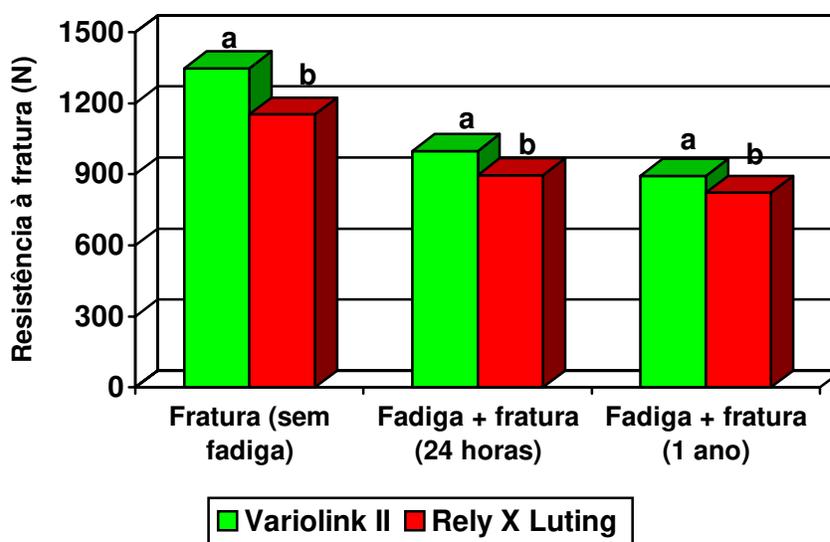
Para efeito de análise estatística, os seguintes fatores foram considerados: material de fixação e tempo de armazenagem. Os valores médios de resistência à fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura por compressão foram submetidos à Análise de Variância e posteriormente ao teste de Tukey com 5% de significância.

Na Tabela 1 e Figura 11, observa-se a comparação entre os valores médios de resistência à fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura da cerâmica IPS Empress 2, para cada material de fixação. Os valores de resistência do cimento resinoso Variolink II, nas condições fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura (24 horas e 1 ano) foram estatisticamente superiores aos obtidos com o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Rely X Luting ($p < 0,05$).

Tabela 1 – Valores médios de resistência à fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura (N) das coroas totais cerâmicas IPS Empress 2 fixadas com os diferentes agentes de fixação, nos tempos de armazenagem de 24 horas e 1 ano.

CIMENTOS	FRATURA (sem fadiga)	FADIGA + FRATURA	
		24 HORAS	1 ANO
Variolink II	1347,10 (130) a	997,92 (80) a	893,25 (158) a
Rely X Luting	1152,51 (195) b	896,10 (47) b	822,79 (132) b

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si, em nível de 5% pelo teste de Tukey. Os valores do desvio padrão estão apresentados entre parênteses.



Barras seguidas por letras distintas, dentro de cada ensaio mecânico diferem entre si, em nível de 5% pelo teste de Tukey.

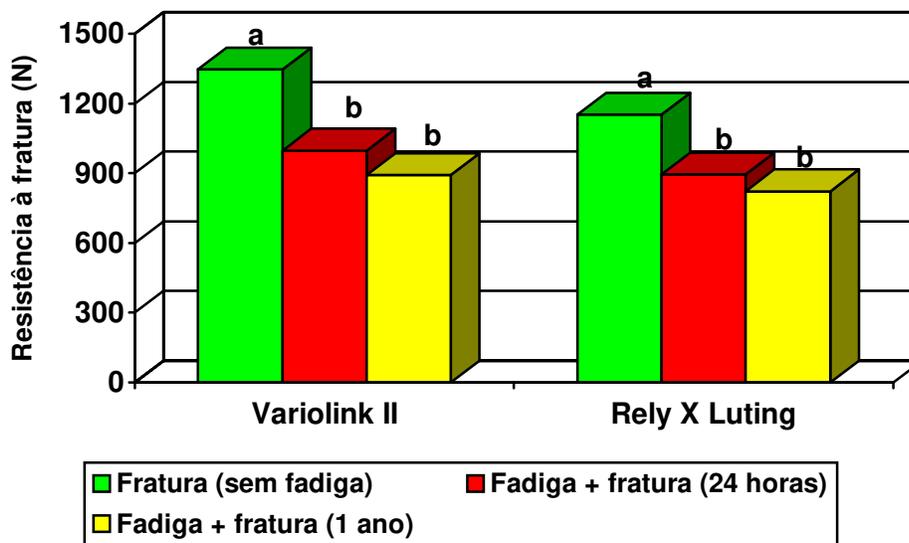
Figura 11 - Valores médios de resistência à fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura (N) das coroas totais cerâmicas IPS Empress 2 fixadas com Variolink II e Rely X Luting, nos tempos de armazenagem de 24 horas e 1 ano.

Verifica-se na Tabela 2 e Figura 12, que para o cimento resinoso Variolink II, o tratamento fratura (sem fadiga) foi estatisticamente superior à fadiga + fratura, 24 horas e 1 ano ($p < 0,05$). Nenhuma diferença estatística foi observada entre a fadiga + fratura, 24 horas e 1 ano ($p > 0,05$). Resultados similares foram observados para o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Rely X Luting.

Tabela 2 - Comparação dos valores médios de resistência à fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura (N), nos tempos de armazenagem de 24 horas e 1 ano, das coroas totais cerâmicas IPS Empress 2, para cada agente de fixação.

TRATAMENTOS	CIMENTOS	
	VARIOLINK II	RELY X LUTING
Fratura (sem fadiga)	1347,10 (130) a	1152,51 (195) a
Fadiga + Fratura (24 horas)	997,92 (80) b	896,10 (47) b
Fadiga + Fratura (1 ano)	893,25 (158) b	822,79 (132) b

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si, em nível de 5% pelo teste de Tukey. Os valores do desvio padrão estão apresentados entre parênteses.



Barras seguidas por letras distintas, dentro de cada cimento diferem entre si, em nível de 5% pelo teste de Tukey.

Figura 12 - Comparação dos valores médios de resistência à fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura (N), nos tempos de armazenagem de 24 horas e 1 ano, das coroas totais cerâmicas IPS Empress 2, para os cimentos Variolink II e Rely X Luting.

6 DISCUSSÃO

As restaurações indiretas como coroas unitárias, facetas, *inlays* e *onlays* confeccionadas com cerâmicas odontológicas “metal free” têm sido utilizadas com freqüência em grande número de tratamentos odontológicos, as quais são unidas à estrutura dental com cimento.

O sucesso clínico destas restaurações é dependente da qualidade e durabilidade da união. Assim, quando se utilizam agentes cimentantes para promover a fixação das peças protéticas ao elemento dental preparado, surge a preocupação de selecionar um material que possua propriedades tais que proporcionam sua permanência no meio bucal, sem comprometer a longevidade da restauração.

O ambiente bucal é extremamente agressivo para qualquer tipo de material restaurador. A presença de umidade e seus efeitos têm sido amplamente estudadas nas diversas áreas do conhecimento, buscando desvendar a dinâmica da degradação dos materiais (Göpferish, 1996; Drummond *et al.*, 2000; Sálvio 2003). A degradação de qualquer estrutura ou material foi definida por Göpferish, em 1996, como o desarranjo químico e físico, proporcionado pela separação parcial ou completa de átomos ou moléculas que constituem esta estrutura, acarretando na alteração significativa de suas propriedades.

Neste estudo foi avaliado o efeito do tempo de armazenagem na resistência mecânica da cerâmica IPS Empress 2, fixada ao preparo dentário pela técnica adesiva ou convencional. Assim, as duas técnicas de fixação foram avaliadas, empregando o uso de agente de silanização Monobond-S, o adesivo Excite associado com o cimento resinoso Variolink II para a técnica adesiva e o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Rely X Luting, para a técnica convencional. A fim de evitar que fatores como tratamento da superfície da cerâmica pudessem influenciar nos resultados para as duas técnicas, o tratamento com ácido fluorídrico 10%, por 20 segundos foi empregado, pois de acordo com Sphor *et al.* (2003) é o tratamento mais eficiente.

De acordo com a Tabela 1 e Figura 11 observou-se que nas condições fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura (24 horas e 1 ano), o cimento resinoso Variolink II foi

significativamente superior ao cimento de ionômero de vidro modificado por resina Rely X Luting ($p < 0,05$). Estes resultados corroboram com os de Gorodovsky & Zidan (1992); Tuntiprawon (1999); Knobloch *et al.* (2000); e Piwowarczyk & Lauer (2003), onde o melhor desempenho foi observado para os cimentos resinosos em relação aos cimentos de ionômero de vidro. A maior resistência observada para o cimento resinoso parece estar relacionado à maior capacidade de penetração na dentina, através do sistema de união utilizado com o cimento e à cerâmica com a aplicação do silano. Outro fator que pode estar relacionado ao melhor desempenho do cimento resinoso pode ser atribuído as melhores propriedades mecânicas em relação ao cimento de ionômero de vidro. As propriedades mecânicas dos cimentos resinosos são influenciadas pelo tipo e composição da matriz de resina e pelo tipo de carga. As partículas de carga incorporadas à matriz proporcionam melhores propriedades mecânicas (Knobloch *et al.*, 2000 e Piwowarczyk & Lauer, 2003).

Segundo Mitchel *et al.* (1999) a tenacidade dos cimentos de ionômero de vidro modificado por resina é menor que dos cimentos resinosos. Isso promove maior propensão à propagação de trincas e conseqüentemente menor resistência à fratura do cimento de ionômero de vidro modificado por resina. Segundo Leevailoj *et al.* (1998) a menor resistência do cimento de ionômero de vidro pode ter sido causada pela sorção de água e degradação.

Por outro lado, de acordo com a Tabela 2 e Figura 12, houve diminuição estatisticamente significativa da resistência das coroas cerâmicas fixadas com cimento resinoso e ionômero de vidro, quando submetidas ao ensaio de fadiga e depois ao teste de fratura, nos tempos de armazenagem de 24 horas e 1 ano, em relação à resistência à fratura. Nenhuma diferença estatística foi observada entre fadiga + fratura, 24 horas e 1 ano. Estes resultados são similares aos de Sobrinho *et al.* (1998) onde houve diminuição na resistência quando as cerâmicas foram submetidas à fadiga + fratura em relação à fratura. Yoshinari & Derand (1994) submetendo corpos-de-prova ao teste de resistência à fratura e à fadiga + fratura verificaram que a resistência da cerâmica Vita Alpha diminuía significativamente após ser submetida ao teste de fadiga.

Porém, de modo geral, com relação à armazenagem em água, estes resultados confirmam as observações já relatadas por outros estudos, onde a armazenagem em água ou em soluções aquosas por períodos mais longos, não teve efeito significativo na redução da resistência à fratura entre os diferentes materiais de cimentação (Cattani-Lorente *et al*, 1999; Piwowrczyk & Lauer, 2003).

As expectativas iniciais do estudo baseavam-se na fundamentação de que ao longo do tempo e na presença de água, as diferenças na composição entre os materiais de fixação seriam responsáveis pela perda da estabilidade mecânica das restaurações cerâmicas (Appeldoorn *et al*, 1993; Kern & Thompson, 1995; Kamada *et al*, 1998; van Dijken *et al*, 1999; Caldas 2003; Sálvio 2003; Blatz *et al*, 2004). Desta forma, o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Rely X Luting seria mais susceptível aos efeitos deletérios da água, do que o cimento resinoso Variolink II, uma vez que apresenta alta absorção de água devido a presença do polyHEMA (poly-hidroxi-etil-metacrilato) na sua reação de presa (Xie *et al*, 2000). Entretanto, essas expectativas não foram confirmadas, pois a comparação dos resultados mostrou que as médias de resistência à fratura após fadiga das coroas cerâmicas fixadas com o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Rely X Luting ou cimento resinoso Variolink II apresentaram o mesmo comportamento nos diferentes períodos de armazenagem de 24 horas e 1 ano.

Essa similaridade nos valores de resistência à fratura após fadiga obtida entre os materiais para cimentação utilizados neste estudo nos períodos de armazenagem de 24 horas e 1 ano pode estar associada à característica hidrófoba do agente de silanização, uma propriedade que se credita à redução da degradação hidrolítica do adesivo. O silano é um monômero no qual o silício está ligado a radicais orgânicos reativos e a grupamentos monovalentes hidrolisáveis. O uso do silano na Odontologia tem sido bem sucedido, melhorando a resistência de união da cerâmica à resina composta. Acredita-se que os radicais livres reativos ligam-se quimicamente com as moléculas de resina, como Bis-GMA e TEGDMA, encontrados tanto no adesivo Excite, como no cimento resinoso Variolink II, e os grupos monovalentes hidrolisáveis unem-se quimicamente com o silício contido na matriz vítrea e na fase cristalina de di-silicato de lítio da cerâmica IPS Empress 2 (Lu *et al*., 1992; Spohr *et*

al., 2003; Sálvio 2003). Outro fator importante no aumento da união é a capacidade do silano em promover melhor umedecimento da superfície (Rosen, 1978), proporcionando maior contato e conseqüentemente infiltração dos materiais de fixação nas irregularidades causadas na superfície da cerâmica pelo condicionamento com o ácido fluorídrico ou jateamento com óxido de alumínio (Soderhom & Reetz, 1996). Assim, a cerâmica tem a resistência aumentada pelo preenchimento das falhas iniciadoras de fratura e indução de tensões por compressão ocorrido no mecanismo de polimerização do cimento (Leevailoj *et al.*, 1998).

Estudos têm mostrado resultados conflitantes na resistência à compressão dos cimentos odontológicos após diferentes períodos de armazenagem em água destilada. Ortengren *et al.* (2001) mostraram que a água tem um efeito importante na resistência à flexão cimento resinoso Variolink II após 60 dias de armazenagem. Piwowarczyk & Lauer (2003) analisaram o comportamento de 12 materiais para cimentação, dentre eles o Variolink II e Rely X Luting e verificaram que após o período de armazenagem de 150 dias houve redução na resistência à flexão, sem diferença estatística, em relação ao período de armazenagem de 24 horas. Cattanni-Lorente, *et al.* (1999) observaram que durante o período de um ano, o cimento de ionômero de vidro, apresentava continua melhora na resistência até seis meses, seguida por gradativo decréscimo, cujos valores em 12 meses equivaliam àqueles observados após 24 horas de armazenagem em água, uma vez que a água absorvida pelo material exerce efeito plastificante devido à hidrólise dos componentes do cimento. Similarmente, este estudo mostrou que a armazenagem em água não influenciou nos resultados de resistência à compressão para os dois cimentos empregados como materiais de fixação. Embora sem diferença estatística, pequena diminuição numérica na resistência da coroa cerâmica IPS Empress 2 fixadas com o cimento resinoso Variolink II ou cimento de ionômero de vidro modificado por resina Rely X Luting ocorreu após o período de armazenagem de 1 ano, quando comparadas com 24 horas. O efeito da água nos compósitos tem mostrado ser um processo lento a 37° C e diversos meses seriam necessários antes que a água atingisse a parte central das amostras (Nakabayashi *et al* 1982).

O efeito plastificante da água também seria uma das razões para a similaridade dos resultados encontrados neste estudo, pois, assim como a água substitui os espaços vazios oriundos do lixiviamento das partículas de vidro do cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Rely X Luting), ela também pode preencher os espaços oriundos da contração do cimento resinoso (Variolink II), promovendo liberação de tensões geradas durante a contração de polimerização.

Embora estas considerações estejam relacionadas com a avaliação do comportamento dos cimentos utilizados neste estudo, pode ser que o efeito da água nos cimentos odontológicos esteja diretamente relacionada com a resistência da coroa unitárias IPS Empress 2 aqui utilizada, pois, a qualidade da união à estrutura dental, promovida pelo material cimentante, permite a formação de um corpo único, favorecendo a distribuição homogênea das forças mastigatória por toda interface unida à estrutura dental.

Quando às implicações clínicas discutidas a partir dos resultados desse estudo fica uma preocupação, onde o procedimento de ensaio mecânico difere das condições *in vivo*. Entretanto, devido a grande quantidade de materiais de fixação disponíveis no mercado fica evidente que as propriedades deveriam ser analisadas antes da seleção do material. Cimentos mais resistentes permitem melhor distribuição de tensão, com menor probabilidade de fracasso e maior sucesso clínico. Na escolha do material ideal para cimentação, além das propriedades mecânicas, outros parâmetros deveriam ser considerados como: biocompatibilidade, sensibilidade pós-tratamento, performance clínica, estética e tempo de trabalho. Além disso, ficou evidente através dos resultados que a cerâmica IPS Empress 2 não sofreu influência significativa após o período de armazenagem de 1 ano em água em relação ao período de 24 horas dos dois cimentos. Portanto, há necessidade de se realizar outros estudos que envolvam tempos maiores de armazenagem, verificando a longevidade clínica das restaurações e a possibilidade para o clínico de escolher o melhor agente de cimentação.

7 CONCLUSÃO

Após análise dos dados e discussão dos resultados, pode-se concluir que:

1 – O cimento resinoso Variolink II apresentou valores de resistência estatisticamente superiores ao cimento de ionômero de vidro modificado por resina Rely X Luting, nas condições fratura (sem fadiga) e fadiga + fratura nos períodos de armazenagem (24 horas e 1 ano);

2 – Os valores de resistência à fratura (sem fadiga) foram estatisticamente superiores à condição fadiga + fratura nos dois tempos de armazenagem (24 horas e 1 ano);

3 – Os períodos de armazenagem de 24 horas e 1 ano não diminuiram significativamente os valores de resistência à fadiga + fratura para as coroas cerâmicas IPS Empress 2, fixadas com os cimentos Variolink II e Rely X Luting.

REFERÊNCIAS*

Anderson JC. **Materials science**. 4th ed. London: Chapman and Hall; 1990. 214p.

Appeldoorn RE, Wilwerding TM, Barkmeier WW. Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair systems. **J Prosthet Dent**. 1993; 70(1): 6-11.

Berry T, Barghi N, Chung K. Effect of water storage on the silanization in porcelain repair strength **J Oral Rehabil**. 1999; 26(6): 459-63.

Blatz MB, Sadan A, Martin J, Lang B. In vitro evaluation of shear bond strengths of resin to densely-sintered high-purity zirconium-oxide ceramic after long-term storage and thermal cycling. **J Prosthet Dent**. 2004; 91(4): 356-62.

Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. **J Am Dent Assoc**. 1963; 66: 57-64.

Braga RR, Ballester RY, Daronch M. Influence of time and adhesive system on the extrusion shear strength between feldspathic porcelain and bovine dentin. **Dent Mater**. 2000; 16(4): 303-10

Brudevold F, Buonocore M, Wileman W. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. **J Dent Res**. 1956; 35(6): 846-51.

Burke FJ, Qualtrough AJ, Hale RW. The dentine-bonded ceramic crown: an ideal restoration? **Br Dent J**. 1995; 179(2): 58-63.

Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J Dent Res**. 1955 Dec; 34(6): 849-53.

* De acordo com a norma utilizada na FOP/Unicamp, baseada no modelo Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

Caldas DBM. **Avaliação da resistência a fratura e fadiga a seco e em água destilada de sistemas cerâmicos fixados com cimento** (tese). Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2003.

Cattani-Lorente MA, Dupuis V, Payan J, Moya F, Meyer JM. Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. **Dent Mater.** 1999; 15(1): 71-8.

Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P. Heat-pressed ceramics: technology and strength. **Int J Prosthodont.** 1992; 5(1): 9-16

Drummond JL, Novickas D, Lenke JW. Physiological aging of an all-ceramic restorative material. **Dent Mater.** 1991; 7(2): 133-7.

Drummond JL, King TJ, Bapna MS, Koperski RD. Mechanical property evaluation of pressable restorative ceramics. **Dent Mater.** 2000; 16(3): 226-33.

Fano L, Fano V, Ma W, Wang X, Zhu F. Hydrolytic degradation and cracks in resin-modified glass-ionomer cements. **J Biomed Mater Res.** 2004; 69B(1): 87-93.

Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. **J Dent Res.** 1979; 58(4): 1364-70.

Gopferich A. Mechanisms of polymer degradation and erosion. **Biomaterials.** 1996; 17(2): 103-14.

Gorodovsky S, Zidan O. Retentive strength, disintegration, and marginal quality of luting cements. **J Prosthet Dent.** 1992; 68(2): 269-74.

Groten M, Probst L. The influence of different cementation modes on the fracture resistance of feldspathic ceramic crowns. **Int J Prosthodont.** 1997; 10(2): 169-77.

Holland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. **J Biomed Mater Res.** 2000; 53(4): 297-303.

Hondrum SO, O'Brien WJ. The strength of alumina and magnesia core crowns. **Int J Prosthodont.** 1988; 1(1): 67-72.

Hondrum SO. A review of the strength properties of dental ceramics. **J Prosthet Dent.** 1992; 67(6): 859-65.

Jin J, Takahashi H, Iwasaki N, Aoyagi Y, Kaku M. Fatigue properties of heat-injectable ceramics after 1-year water storage (abstract 529). **J Dent Res.** 2004.

Kelly JR, Giordano R, Pober R, Cima MJ. Fracture surface analysis of dental ceramics: clinically failed restorations. **Int J Prosthodont.** 1990; 3(5): 430-40.

Kamada K, Yoshida K, Atsuta M. Effect of ceramic surface treatments on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. **J Prosthet Dent.** 1998; 79(5): 508-13.

Kern M, Fechtig T, Strub JR. Influence of water storage and thermal cycling on the fracture strength of all-porcelain, resin-bonded fixed partial dentures. **J Prosthet Dent.** 1994; 71(3): 251-6.

Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. **J Prosthet Dent.** 1995; 73(3): 240-9.

Kitasako Y, Burrow MF, Nikaido T, Tagami J. The influence of storage solution on dentin bond durability of resin cement. **Dent Mater.** 2000; 16(1): 1-6.

Knobloch LA, Kerby RE, Seghi R, Berlin JS, Lee JS. Fracture toughness of resin-based luting cements. **J Prosthet Dent.** 2000; 83(2): 204-9.

Leevailoj C, Platt JA, Cochran MA, Moore BK. 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.** 1998; 80(6): 699-707.

Li ZC, White SN. Li ZC, White SN. Mechanical properties of dental luting cements. **J Prosthet Dent.** 1999; 81(5): 597-609.

Lu R, Harcourt JK, Tyas MJ, Alexander B. An investigation of the composite resin/porcelain interface. **Aust Dent J.** 1992; 37(1): 12-9.

Luo XP, Silikas, Allaf M, Wilson NHF, Watts DC. AFM and SEM study of the effects of etching on IPS-Empress 2™ dental ceramic. **Surface Science.** 2001; 3(491): 388-94.

Ludwig K. Investigation of fracture resistance of full porcelain crowns. **Dent Labor (Munch).** 1991; 39(5): 647-51.

McLean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. **Br Dent J.** 1965;119(6):251-67.

Mitchell CA, Douglas WH, Cheng TS. Fracture toughness of conventional, resin-modified glass-ionomer and composite luting cements. **Dent Mater.** 1999; 1(15): 1-78

Morena R, Beaudreau GM, Lockwood PE, Evans AL, Fairhurst CW. Fatigue of dental ceramics in a simulated oral environment. **J Dent Res.** 1986; 65(7): 993-7.

Myerson RL. Effects of silane bonding of acrylic resins to porcelain on porcelain structure. **J Am Dent Assoc.** 1969; 78(1): 113-9.

Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. **J Biomed Mater Res.** 1982; 16(3): 265-73

Newburg R, Pameijer CH. Composite resins bonded to porcelain with silane solution. **J Am Dent Assoc.** 1978; 96(2): 288-91.

Ortengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter IE. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. **J Oral Rehabil.** 2001; 28(12): 1106-15.

Paffenbarger GC, Sweeney WT, Bowen RL. Bonding porcelain teeth to acrylic resin denture bases. **J Am Dent Assoc.** 1967; 74(5): 1018-23.

Philp GK, Brukl CE. Compressive strengths of conventional, twin foil, and all-ceramic crowns. **J Prosthet Dent.** 1984; 52(2): 215-20.

Piwowarczyk A, Lauer HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. **Oper Dent.** 2003; 28(5): 535-42.

Probster L. Compressive strength of two modern all-ceramic crowns. **Int J Prosthodont.** 1992; 5(5): 409-14.

Reges RV, **Avaliação da resistência a fratura e a fadiga, a seco e em água, da cerâmica In Ceram fixadas com agentes de cimentação** (tese). Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2003.

Rosenstiel SF, Gupta PK, Van der Sluys RA, Zimmerman MH. Strength of a dental glass-ceramic after surface coating. **Dent Mater.** 1993; 9(4): 274-9.

Rosen MR. From treating solution to filler surface and beyond. **JCT**. 1978; 50(6): 70-82.

Roulet JF, Soderholm KJ, Longmate J. Effects of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. **J Dent Res**. 1995; 74(1): 381-7.

Sálvio LA. **Influencia do tratamento de superfície e do tempo de armazenagem em água sobre a resistência à tração da união da cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 e agente de cimentação**. (tese). Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2003.

Severance G. Presentación de una nueva cerámica vítrea de disilicato de lítio: Empress 2. **Singnature Int**. 1999; 4(1): 1-3.

Simonsen RJ, Calamia JR. Tensile bond strength of etched porcelain (abstract 1154). **J Dent Res**. 1983; 62:297.

Sindel J, Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Crack formation of all-ceramic crowns dependent on different core build-up and luting materials. **J Dent**. 1999; 27(3): 175-81.

Sobrinho LC, Glover RH, Knowles JC, Cattell MJ. Comparison of the wet and dry fatigue properties of all ceramic crowns. **J Mater Sci Mater Med**. 1998; 9(9): 517-21.

Sobrinho LC, Cattell MJ, Knowles JC. Fracture strength of all-ceramic crowns. **J Mater Sci Mater Med**. 1998; 9(10): 555-9.

Soderholm KJ, Reetz EA. Factors affecting reliability of a resin-based cement joint. **Gen Dent**. 1996; 44(4): 296-8.

Sorensen JA, Cruz M, Mito WT. Resultados de la investigación de un sistema de disilicato de lítio: IPS Empress2. **Singnature Int.** 1999; 4(1): 4-10.

Southan DE, Jorgensen KD. The endurance limit of dental porcelain. **Aust Dent J.** 1974; 19(1): 7-11.

Spohr AM, Sobrinho LC, Consani S, Sinhoreti MA, Knowles JC. Influence of surface conditions and silane agent on the bond of resin to IPS Empress 2 ceramic. **Int J Prosthodont.** 2003; 16(3): 277-82.

Tuntiprawon M. Effect of tooth surface roughness on marginal seating and retention of complete metal crowns. **J Prosthet Dent.** 1999; 81(2): 142-7.

van Dijken JW, Ormin A, Olofsson AL. Clinical performance of pressed ceramic inlays luted with resin-modified glass ionomer and autopolymerizing resin composite cements. **J Prosthet Dent.** 1999; 82(5): 529-35.

White SN. Mechanical fatigue of a feldspathic dental porcelain. **Dent Mater.** 1993; 9(4): 260-4.

Wiskott HW, Nicholls JI, Belser UC. Stress fatigue: basic principles and prosthodontic implications. **Int J Prosthodont.** 1995; 8(2): 105-16.

Yoshinari M, Derand T. Fracture strength of all-ceramic crowns. **Int J Prosthodont.** 1994; 7(4): 329-38.

Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. **Dent Mater.** 2000; 16(2): 129-38.

.

.

APÊNDICE

Quadro 4 – Resultados individuais de resistência à fadiga + fratura (N), para os tempos de armazenagem de 24 horas e 1 ano, das coroas totais cerâmicas IPS Empress 2, fixadas com o cimento resinoso (Variolink II) e cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Rely X Luting).

VARIOLINK II	VARIOLINK II	VARIOLINK II	Rely X Luting	Rely X Luting	Rely X Luting
Fratura 24 horas	Fadiga 24 horas	Fadiga 1 ano	Fratura 24 horas	Fadiga 24 horas	Fadiga 1 ano
1472,90	1020,20	895,80	1020,10	915,10	819,30
1376,76	970,10	1159,30	1250,30	887,34	1138,80
1289,37	960	854,80	1120,18	813,10	861,10
1589,86	1109,66	1161,30	990,56	930,23	694,10
1204,59	917,51	901,30	1210	845,51	803,70
1309,10	1013,42	1177	1180,34	910,25	943,20
1267,40	945,50	790,30	924,10	877,91	720,40
1652,71	915,30	931,10	1233,40	870,35	799
1273,76	1161,71	750,60	1284,46	997,72	658,80
1287,41	1001,64	677,20	1368,91	940,76	963,50
1330,20	950	710,90	1015,39	864,29	589,90
1260	913,17	902,10	1163,67	918,86	855,10
1310,57	1076,27	847,70	1539,78	851,98	830,20
1210,20	1098,86	816,90	1250,10	871,10	814,30
1370,72	915,38	822,40	736,31	946,65	850,35

SANEST – SISTEMA DE ANÁLISE ESTATÍSTICA
 Autores: Elío Paulo Zonta- Amauri Almeida Machado
 Instituto Agronômico de Campinas – IAC
 Análise da Variável Teste – ARQUIVO: tese
 Código de Projeto: **TESE**
 Responsável: Cíntia
 Delineamento Experimental: **Fadiga**
 Observações Não Transformadas

Nome dos Fatores	
FATOR	NOME
A	MATERIAL
B	TEMPO

Tabela 3 - Análise de Variância.

Causas da variação	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob.>F
MATERIAL	1	336418,7570138	336418,7570138	18,9683	0,00014
TEMPO	2	2530648,1851330	1265324,0925665	713428	0,00001
MAT*TRA	2	62415,8601694	31207,9300847	1,7596	0,17648
RESÍDUO	84	1489809,5142296	17735.8275502		
Total	89	4419292,3165368			

Média Geral: 1018,260800
 Coeficiente de variação = 13,079%

Tabela 4 - Teste de Tukey para Médias de Material.

Num.Ordem	Num Trat	Nome	Num Repet	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Variolink II	45	1079,399349	1079,399349	a	A
2	2	Rely X Luting	45	975,122266	975,122266	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
D.M.S 5%= 55,82578 D.M.S 1%= 73,93144

Tabela 5 - Teste de Tukey para Médias de Material - Dentro de sem Fadiga do fator tratamento.

Num.Ordem	Num Trat	Nome	Num Repet	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Variolink II	15	1347,036719	1347,036719	a	A
2	2	Rely X Luting	15	1152,506771	1152,506771	b	B

Tabela 6 - Teste de Tukey para Médias de Material dentro de fadiga 24 horas fator tratamento.

Num.Ordem	Num Trat	Nome	Num Repet	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Variolink II	15	997,914583	997,914583	a	A
2	2	Rely X Luting	15	896,076693	896,076693	b	A

Tabela 7 - Teste de Tukey para Médias de material dentro de fadiga 1 ano do fator tratamento.

Num.Ordem	Num Trat	Nome	Num Repet	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Variolink II	15	893,246745	893,246745	a	A
2	2	Rely X Luting	15	822,783333	822,783333	b	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
D.M.S. 5%= 96,69308 – D.M.S 1% = 128,05300

Tabela 8 - Teste de Tukey para Médias de tratamento.

Num.Ordem	Num Trat	Nome	Num Repet	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Sem fadiga	30	1249,771745	1249,771745	a	A
2	2	24 horas	30	946,995638	946,995638	b	B
3	3	1 ano	30	858,015039	858,015039	c	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
D.M.S. 5%= 82,08571 – D.M.S 1% = 102,89891

Tabela 9 - Teste de Tukey para Médias de tratamento dentro do cimento resinoso Variolink II do fator material.

Num.Ordem	Num Trat	Nome	Num Repet	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Sem fadiga	15	1347,036719	1347,036719	a	A
2	2	24 horas	15	997,914583	997,914583	b	B
3	3	1 ano	15	893,246745	893,246745	b	b

Tabela 10 - Teste de Tukey para Médias de tratamento dentro do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Rely X Luting.

Num.Ordem	Num Trat	Nome	Num Repet	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Sem fadiga	15	1152,506771	1152,506771	a	A
2	2	24 horas	15	896,076693	896,076693	b	B
3	3	1 ano	15	822,783333	822,783333	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
D.M.S. 5%= 116,08672 – D.M.S 1% = 145,52103