

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

ANA MARIA SPOHR

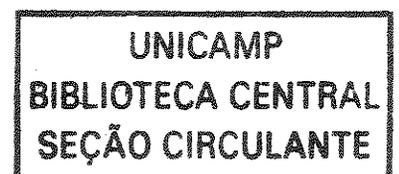
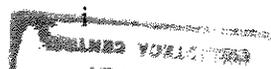
Cirurgiã-Dentista

**EFEITO DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE E DO SILANO
NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DA UNIÃO ENTRE
CERÂMICA DE INFRA-ESTRUTURA IPS EMPRESS 2
E AGENTES CIMENTANTES**

Tese apresentada à Faculdade
de Odontologia de Piracicaba,
da Universidade Estadual de
Campinas, para obtenção do
título de Doutor em Materiais
Dentários.

Piracicaba – SP

2001



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

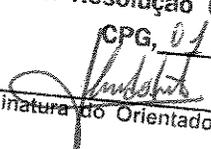
ANA MARIA SPOHR

Cirurgiã-Dentista

**EFEITO DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE E DO SILANO
NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DA UNIÃO ENTRE
CERÂMICA DE INFRA-ESTRUTURA IPS EMPRESS 2
E AGENTES CIMENTANTES**

Orientador: Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho

Tese apresentada à Faculdade
de Odontologia de Piracicaba,
da Universidade Estadual de
Campinas, para obtenção do
título de Doutor em Materiais
Dentários.

Este exemplar foi devidamente corrigido,
de acordo com a Resolução CCPG-036/83
CPG, 01/10/2001

Assinatura do Orientador

Piracicaba – SP

2001

Ficha Catalográfica

Sp64e Spohr, Ana Maria.
Efeito do tratamento de superfície e do silano na resistência à tração da união entre cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 e agentes cimentantes. / Ana Maria Spohr. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2001.
xvii, 138p. : il.

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

1. Cimentos dentários. 2. Ionômeros. 3. Microscopia eletrônica de varredura. I. Correr Sobrinho, Lourenço. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

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



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 20 de Agosto de 2001, considerou a candidata ANA MARIA SPOHR aprovada.

1. Prof. Dr. LOURENCO CORRER SOBRINHO

2. Profa. Dra. IARA AUGUSTA ORSI

3. Prof. Dr. MAXIMILIANO PIERO NEISSER

4. Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES

5. Prof. Dr. SIMONIDES CONSANI

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam na pesquisa como meio de resposta às nossas dúvidas e, na ciência, como forma de crescimento da humanidade.

Agradecimentos Especiais

Aos meus pais, Fredo (*in memoriam*) e Elaine,
principais responsáveis pela minha educação
e formação como ser humano.

Aos meus familiares que sempre, com muito
carinho, vêm me apoiando e incentivando para
atingir meus objetivos.

Ao Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho, pela
orientação neste trabalho, amizade e apoio
demonstrados durante o Curso.

Agradecimentos

À Direção da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do seu Diretor Prof. Dr. Antônio Wilson Sallum e do Diretor Associado Prof. Dr. Frab Norberto Boscolo.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, na pessoa do Diretor da Faculdade de Odontologia, Prof. Raphael Onorino Carlos Loro, pela oportunidade de ingresso no magistério e constante incentivo para a qualificação docente.

À Coordenadora de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa da Profa. Dra. Altair A. Del Bel Cury.

Ao Prof. Dr. Simonides Consani, Titular da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela formação de espírito crítico em seus alunos durante o curso de Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Mario Fernando de Goes, Titular da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pelo convívio e pelos conhecimentos transmitidos durante o curso.

Ao Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, Professor Doutor da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pelo convívio e orientação na análise estatística deste trabalho.

À Profa. Dra. Nilza Pereira da Costa, pela amizade, apoio e incentivo em todos os momentos.

Aos colegas da disciplina de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, professores João Felipe Mota Pacheco, Ewerton Nocchi Conceição, Antônio C. de Oliveira e Hugo Oshima, pelo apoio e incentivo para a realização do curso de Pós-Graduação.

Ao funcionário Marcos Blanco Cangiani, Engenheiro Mecânico da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela amizade e presteza durante o Curso e ajuda na confecção dos corpos-de-prova.

À funcionária Selma Aparecida Barbosa Segalla, Técnica de Laboratório da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela amizade e presteza durante o Curso.

Ao laboratório Dental Hilton Riquieri, que possibilitou a confecção dos discos em cerâmica IPS Empress 2.

Ao Prof. Dr. Luiz André Freire Pimenta, pela cessão da máquina de ciclagem térmica da Área Dentística Restauradora da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP.

Aos Profs. Drs. Elliot W. Kitagima e Breno Leite do NAP – ESALQ, por permitirem a utilização do Microscópio Eletrônico de Varredura.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, Anadélia, Andresa, Alysson, Gilberto, Julie, Johnson, Márcia, Marcos, Paulo, Rafael, Rosângela, pelos ótimos momentos que tivemos juntos e que estarão eternizados em minha memória.

SUMÁRIO

RESUMO.....	01
ABSTRACT.....	03
1 – INTRODUÇÃO.....	05
2 – REVISÃO DE LITERATURA.....	09
3 – PROPOSIÇÃO.....	67
4 – MATERIAIS E MÉTODO.....	69
4.1 – Materiais.....	69
4.2 – Método.....	71
4.2.1 – Confecção dos discos em cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2	71
4.2.2 – Preparo dos corpos-de-prova para o ensaio de resistência à tração	74
4.2.3 – Tratamento da superfície dos discos de cerâmica e procedimento de união.....	78
4.2.4 – Ensaio de resistência à tração.....	82
4.2.5 – Análise microscópica.....	84
4.2.5.1 – Análise por microscopia óptica.....	84
4.2.5.2 – Análise por microscopia eletrônica de varredura.....	84
5 – RESULTADOS.....	87
6 – DISCUSSÃO.....	105
7 – CONCLUSÃO	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
APÊNDICE.....	125

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar 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 μm e 100 μm , independente do material de fixação e silanização; a aplicação do silano aumentou a resistência de união 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 realizado o jateamento com óxido de alumínio e não aplicado o silano, e predominantemente coesivas no cimento quando associado condicionamento com ácido fluorídrico e silanização. Já, nos corpos-de-prova fixados com Rely X, as falhas foram predominantemente mistas.

Palavras chaves – cerâmica – cimento resinoso – silano – cimento de ionômero de vidro – resistência de união.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the tensile bond strength between the IPS Empress 2 ceramic and materials for fixation under different superficial treatments with or without silane application. Two hundred and forty ceramic disks (5,5 mm in diameter and 2,5 mm thick) were divided into 12 groups. Each group was submitted to different treatments: groups 1 and 7 – sandblasting with 100 μm aluminum oxide; groups 2 and 8 – sandblasting with 100 μm aluminum oxide and silane application; groups 3 and 9 – sandblasting with 50 μm aluminum oxide; groups 4 and 10 – sandblasting with 50 μm aluminum oxide and silane application; groups 5 and 11 – acid etching with 10% hydrofluoric acid for 20 seconds; groups 6 and 12 – acid etching with 10% hydrofluoric acid for 20 seconds and silane application. After, the ceramic disks of groups 1 to 6 were bonded into pairs with Single Bond adhesive and Rely X resin cement, and the ceramic disks of groups 7 to 12 were bonded with ProTec CEM resin-modified glass ionomer cement. The specimens were stored in distilled water at 37° C for 24 hours and thermocycled for 500 cycles between water baths of 5° C and 55° C (dwell time of 1 minute). Afterwards, the specimens were submitted to a tensile strength test in an Instron Universal Testing Machine at a cross-head speed of 1 mm/minute. The pattern of failure was examined with a light microscope at x 20 magnification. The results were the following: group 1 – 3.80 MPa; group 2 – 8.35; group 3 – 5.35 MPa; group 4 – 11.84 MPa; group 5 – 16.94 MPa; group 6 – 25.36 MPa; group 7 – 0.51 MPa; group 8 – 3.61 MPa; group 9 – 0.64 MPa; group 10 – 4.06 MPa; group 11 – 4.75 MPa; and group 12 – 11.20 MPa. The results were submitted to variance analysis and

Tukey's test ($p < 0.05$). The fixation with Rely X resin cement achieved higher values of tensile strength in relation to ProTec CEM, independent of the superficial treatment and silane application ($p < 0.05$); the surface treatment with 10% hydrofluoric acid achieved higher values of tensile bond strength ($p < 0.05$) in relation to the sandblasting with 50 μm and 100 μm aluminum oxide, independent of the material for fixation and silane application; the silane application increased the bond strength, independent of the material for fixation and the superficial treatment. In the specimens bonded with ProTec CEM, the pattern of failure was adhesive for sandblasting without silane application, and predominantly cohesive in the cement for acid etching with hydrofluoric acid and silane application. In the samples fixed with Rely X, the failures were mainly mixed.

Key words: ceramic – resin cement – silane – glass ionomer cement – bond strength.

1 - INTRODUÇÃO

As cerâmicas odontológicas têm sido empregadas como material restaurador desde 1770. As principais vantagens responsáveis pela sua grande aceitação são a alta resistência à compressão, biocompatibilidade, estabilidade química e propriedades estéticas favoráveis, além da condutibilidade térmica e do coeficiente de expansão térmica similares ao da estrutura dentária (DELLA BONA, 1996).

Embora as cerâmicas possuam excelentes propriedades físicas, são materiais frágeis que, frente aos esforços complexos a que são submetidas na cavidade bucal, podem fraturar-se devido à propagação de defeitos microscópicos presentes na superfície (McLEAN & HUGHES, 1965; McLEAN, 1991).

Com objetivo de proporcionar maior resistência à cerâmica aos esforços mastigatórios, diferentes formulações e procedimentos técnicos foram desenvolvidos. Inicialmente foi o emprego de uma infra-estrutura metálica com alta resistência à fratura, sobre a qual é aplicada a cerâmica (BRECKER, 1956). Contudo, existem algumas desvantagens das restaurações metalocerâmicas, como o potencial de corrosão e possíveis efeitos tóxicos quando empregadas as ligas de metais básicos, assim como a redução da estética devido à falta de translucidez (HONDRUM, 1992).

Frente à valorização da estética, esforços têm sido feitos para o desenvolvimento de materiais cerâmicos mais resistentes e que possam ser utilizados sem a infra-estrutura metálica. Um dos métodos empregados para

aumentar a resistência das cerâmicas é a dispersão de cristais de alumina na matriz vítrea. Estes cristais atuam como bloqueadores da propagação de fendas, de maneira que a energia necessária para fraturar a cerâmica precisa ser maior do que aquela necessária para fraturar apenas a fase vítrea (BATCHELOR & DINSDALE, 1960; BINNS, 1962, citado por McLEAN & HUGHES, 1965).

A primeira cerâmica com reforço da fase cristalina foi desenvolvida por McLEAN & HUGHES, em 1965, onde a incorporação de 40% em peso de alumina à fase vítrea resultou na cerâmica aluminizada. A seguir, diversos materiais cerâmicos reforçados foram desenvolvidos, como o sistema cerâmico IPS Empress (Ivoclar) em 1983. Este sistema consiste basicamente de cerâmica vítrea com 35 % em volume de leucita, com resistência à flexão de 112 MPa. Nesse sistema, padrões de cera são incluídos em revestimento apropriado e a cerâmica fundida é injetada dentro do molde através de pressão, sendo indicada para a confecção de *inlays*, *onlays* e laminados (ANUSAVICE, 1993; HOLAND *et al.*, 2000). Com intuito de estender a indicação para coroas totais e próteses fixas de três elementos, recentemente foi introduzido no mercado o sistema IPS Empress 2. Este sistema consiste de cerâmica vítrea para confecção de infra-estrutura, contendo mais de 60% em volume de cristais de di-silicato de lítio, densamente dispostos e unidos à matriz vítrea, com resistência à flexão superior a 300 MPa. A cerâmica de cobertura apresenta cristais de fluorapatita, aplicada diretamente sobre a infra-estrutura através da técnica convencional de estratificação e sinterização (SEVERANCE, 1999; SORENSEN *et al.*, 1999; HORN BROOK & CULP, 1999).

Além da resistência intrínseca da cerâmica, o procedimento de união entre a mesma e a estrutura dental 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.

Em esmalte e dentina, a técnica de fixação adesiva consiste no condicionamento ácido e aplicação de resina fluida (BUONOCORE, 1955; BUONOCORE *et al.*, 1956; FUSAYAMA *et al.*, 1979). A difusão e polimerização do monômero no interior das áreas desmineralizadas da estrutura dentária proporciona união micromecânica pela formação da camada híbrida (GWINNETT & MATSUI, 1967; NAKABAYASHI *et al.*, 1982).

De maneira similar, 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. O procedimento técnico usual para a cerâmica feldspática tem sido o condicionamento com ácido fluorídrico, o qual promove irregularidades na superfície da cerâmica pela remoção da fase vítrea e cristalina (SIMONSEN & CALAMIA, 1983). Além disso, o uso de substâncias químicas como o silano, um monômero composto de 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).

Em seguida, é empregado 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. Isto é particularmente importante em restaurações confeccionadas com cerâmica feldspática, pois a concentração de tensões na superfície propicia fratura da cerâmica devido à menor resistência às tensões de tração (BURKE, 1995; GROTEN & PRÖBSTER, 1997).

Já, a técnica de fixação convencional consiste no emprego do cimento de fosfato de zinco ou do cimento de ionômero de vidro, sendo esta mais simples e menos crítica em relação à técnica adesiva.

As cerâmicas reforçadas pela incorporação de alta porcentagem de fase cristalina podem ser fixadas pelas duas técnicas. Contudo, a literatura tem mostrado que, devido às diferentes composições dos materiais cerâmicos, nem sempre o condicionamento com ácido fluorídrico, jateamento com óxido de alumínio, assim como a aplicação do silano, são os meios mais efetivos de promover união entre cerâmica e material de fixação quando empregada a técnica adesiva (KERN & THOMPSON, 1994; AWLIYA *et al.*, 1996).

Em relação à cerâmica IPS Empress 2, não há informações concretas quanto à real efetividade do silano, assim como o tratamento superficial que aumentaria as condições de união entre a cerâmica e os diferentes materiais de fixação.

2 - REVISÃO DE 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.

BRECKER, em 1956, foi o primeiro pesquisador a divulgar o uso da cerâmica sobre ligas de ouro, sendo que o metal proporciona maior resistência à fratura da cerâmica, evitando a descoloração ocorrida nas coroas plásticas e a insistente solicitação do paciente com relação à estética. A utilização do ouro produz uma excelente adaptação marginal e a cerâmica especialmente confeccionada para este propósito fundia-se entre 1700 a 1800° C. O coeficiente de expansão térmica do ouro é compatível com o da cerâmica e uma camada fina de opaco é necessário.

BUONOCORE *et al.*, em 1956, verificaram a adesão da resina acrílica sobre a superfície dentinária associando a utilização de adesivo e o condicionamento prévio com ácido hidroclorídrico 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 hidroclorídrico 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.

BATCHELOR & DINSDALE, em 1960, e **BINNS**, em 1962, *apud McLEAN & HUGHES*, em 1965, mostraram que quando grãos cristalinos de alta resistência foram introduzidos dentro da matriz de um vidro ou cerâmica de expansão térmica similar, a resistência do material aumentou progressivamente após a cocção com o aumento da proporção da fase cristalina. Também mostraram que para uma fenda se propagar neste tipo de sistema, esta deve se estender através das fases vítrea e cristalina. Então, a energia necessária para a propagação das fendas deve ser maior do que aquela necessária para fraturar apenas a fase vítrea. Os cristais de alta resistência atuam como bloqueadores da propagação das fendas.

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 - metacriloxipropiltrimetoxisilano 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.

GWINNETT & MATSUI, em 1967, avaliaram a interface entre o esmalte e adesivos. Na superfície vestibular de 32 dentes incisivos e caninos superiores permanentes foi delimitada pequena área e aplicada uma gota do líquido do cimento de fosfato de zinco durante 2 minutos, seguido de lavagem e secagem. Oito diferentes adesivos foram aplicados em toda a superfície vestibular. Os dentes foram seccionados para observação da interface esmalte / adesivo empregando microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura. Foram

observadas extensões filamentosas na interface entre o esmalte condicionado e o adesivo. A origem das extensões foi atribuída à penetração do monômero líquido no interior do núcleo e regiões circunvizinhas aos prismas, e polimerização *in situ*. Os autores concluíram que esta penetração pode encapsular os componentes cristalinos do esmalte, provendo uma união efetiva e permanente, assim como proteção à dissolução do esmalte mais externo.

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 dente/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. Os autores concluíram que a diferença no coeficiente de expansão térmica é a principal causadora do rompimento da união porcelana-resina acrílica, e que o silano melhora consideravelmente a resistência de união destes materiais.

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 desgastadas até se 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 à 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 um 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 os grupos hidrófobos e hidrófilos, tais como o 4-META, infiltraram-se no 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 fluorídrico. 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 ideais.

CALAMIA e SIMONSEN, em 1984, verificaram o efeito de dois agentes de silanização comercialmente disponíveis na resistência de união à tração da superfície da cerâmica condicionada. Foram obtidas 40 amostras de cerâmica unida à liga metálica não preciosa, sendo divididas em quatro grupos. Nos grupos 1, 2 e 3 foi realizado o condicionamento com solução contendo ácido fluorídrico e sulfúrico, seguido de lavagem e secagem. No grupo 1, as amostras foram cobertas com uma camada de resina sem carga e unidas a um cilindro de resina composta. Nos grupos 2 e 3, as amostras foram tratadas com dois diferentes agentes de silanização antes da união da superfície da cerâmica à resina composta. No grupo 4, as amostras não foram condicionadas, sendo a cerâmica tratada como no grupo 3, com um agente de silanização antes da união com a resina. Os corpos-de-prova foram levados à máquina de ensaio universal Instron e submetidos à ensaio de tração. As médias de resistência de união foram de 11,4 MPa para o grupo 1, 11,1 MPa para o grupo 2, 14,1 MPa para o grupo 3 e de 8,1 MPa para o grupo 4. O condicionamento ácido da superfície da cerâmica foi o

fator de maior importância na resistência de união. Contudo, melhores resultados foram obtidos combinando o condicionamento ácido com o agente de silanização.

LACY *et al.*, em 1988, avaliaram o efeito de seis tratamentos de superfície na resistência de união ao cisalhamento entre resina composta e cerâmica feldspática. Cerâmica de baixa fusão foi aplicada sobre 60 placas retangulares de níquel-cromo, sendo divididas aleatoriamente em 6 grupos com 10 amostras cada. A superfície da cerâmica foi asperizada com ponta diamantada, servindo este tratamento como controle (grupo A). Os tratamentos subsequentes foram: grupo B - aplicação do silano Scotchprime (3M); grupo C - condicionamento com gel de flúor fosfato acidulado a 1,23% por 10 minutos e lavagem; grupo D - tratamento igual ao grupo C seguido de aplicação do silano Scotchprime; grupo E - condicionamento com ácido fluorídrico a 9,5% por 4 minutos; grupo F - tratamento igual ao grupo E seguido de aplicação do silano Scotchprime. Fita adesiva com orifício com 5 mm de diâmetro delimitou a área de união na superfície da cerâmica. Uma fina camada do adesivo Scotchbond (3M) foi aplicada, seguido da aplicação da resina composta P-30 (3M) e fotopolimerização por 40 segundos. Os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37° C por 24 horas e submetidos ao teste de resistência de união ao cisalhamento na máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 5 mm/minuto. Não houve diferença significativa nos valores de união entre os grupos A, C e E, indicando que sem a aplicação do silano a resistência de união da resina composta à cerâmica foi relativamente baixa, sendo as falhas adesivas. Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupo B e A, indicando um efeito positivo da aplicação do silano à

superfície asperizada com ponta diamantada, sendo as falhas também adesivas. Não houve diferença significativa entre os grupos D e F, mas a resistência de união foi significativamente maior do que os outros quatro grupos, ocorrendo falhas coesivas na cerâmica. Os autores concluíram que o agente de silanização é efetivo em estabelecer união entre a resina composta e a cerâmica, e quando utilizado em conjunto com o condicionamento ácido, pode criar uma união superior à resistência coesiva da cerâmica. O gel de flúor fosfato acidulado pode substituir o gel de ácido fluorídrico, desde que o tempo de condicionamento seja maior.

STOKES *et al.*, em 1988, compararam a resistência ao cisalhamento entre cerâmica e resina composta empregando dois agentes de silanização. Quarenta discos de cerâmica Vita Dur-N (Vita) com 5 mm de diâmetro foram confeccionados, fixados em blocos de resina acrílica e desgastados com lixas de carbetto de silício de granulação 240, obtendo uma superfície plana. Metade das amostras recebeu aplicação do agente de silanização de dois frascos Fusion e, a outra metade, o agente de silanização de frasco único Scotchprime (3M). Após secagem com ar, o adesivo Scotchbond (3M) foi aplicado ao último grupo, e um bráquete ortodôntico com malha circular de 3,5 mm de diâmetro foi unido usando a resina composta Silar (3M). Os excessos foram removidos, de forma que a circunferência do bráquete delimitou a área de união. Após 24 horas, dez corpos-de-prova tratados com Fusion e dez tratados com Scotchprime foram submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento numa máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 1 mm/minuto. Os dez corpos-de-prova restantes de cada grupo foram armazenados em água à temperatura ambiente por 6 meses, sendo

também submetidos ao ensaio de cisalhamento. Os padrões de fratura foram observados em microscópio ótico com aumento de 10 vezes e em microscópio eletrônico de varredura. A média de resistência ao cisalhamento após 24 horas e 6 meses foi de 13,2 MPa e 1,1 MPa para o agente de silanização Fusion, e de 14,0 MPa e 11,1 MPa para o Scotchprime. Os corpos-de-prova avaliados em 24 horas falharam coesivamente na resina, na interface resina / bráquete ou dentro da cerâmica. Não houve diferença na distribuição do modo de fratura entre os dois tipos de silano. Aos 6 meses, os corpos-de-prova tratados com Fusion falharam na interface resina / cerâmica, enquanto que, nos tratados com Scotchprime, a união falhou coesivamente na resina ou na interface resina / bráquete. Os autores enfatizaram que a degradação da resistência de união observada neste estudo é dependente do tempo e que provavelmente ocorra devido à hidrólise da união entre o silício e o oxigênio na interface cerâmica / silano. Uma das possíveis explicações para a diferença de comportamento entre os produtos é a permeabilidade da camada de silano, sendo o agente de silanização Scotchprime superior em relação ao Fusion quanto a união a longo prazo.

BAILEY, em 1989, comparou a resistência à flexão da cerâmica unida à resina composta utilizando quatro marcas comerciais de organosilanos. Foram confeccionadas 80 amostras de cerâmica Vita (Vident) com dimensões de 15 mm x 4 mm x 1,5 mm. Sessenta amostras foram hidratadas em água destilada por 7 dias, e as 20 amostras restantes foram deixadas numa estufa. Todas as amostras foram seccionadas ao meio, formando um total de 160 amostras, sendo a superfície do corte acabada com uma ponta diamantada em alta rotação. Três

grupos de 30 amostras foram reparadas utilizando a resina composta Silux (3M) e os sistemas de reparo Ultrafine Porcelain Repair System (Kerr), Scotchprime Ceramic Primer (3M) e o Fusion (George Taub Products). O quarto material de reparo foi o Ultrabond (Dent-Mat), com o qual foi utilizada a própria resina composta do sistema. Quatro grupos com 10 amostras cada foram preparados da mesma maneira, mas mantidos desidratados. Todas as restaurações foram realizadas seguindo as instruções dos fabricantes. A seguir, as amostras foram submetidas ao ensaio de resistência à flexão numa máquina MTS com velocidade de 3×10^2 mm/minuto. Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os produtos Ultrafine Porcelain Repair, Scotchprime Ceramic Primer e Fusion; contudo, houve diferença estatisticamente significativa entre estes e o Ultrabond, que apresentou os menores valores de resistência à flexão. Independente do produto restaurador utilizado, as amostras desidratadas apresentaram valores significativamente superiores ao das amostras hidratadas. Todos os corpos-de-prova fraturaram na interface resina composta-cerâmica.

DIAZ-ARNOLD & AQUILINO, em 1989, avaliaram o efeito da termociclagem na resistência de união de quatro sistemas de reparo de cerâmica. Foram confeccionados 100 discos em cerâmica VMK-68 (Vident) com 1 cm de diâmetro x 0,5 cm de espessura, sendo a superfície desgastada com lixa de carbetto de silício de granulação 220, seguido de embutimento em resina acrílica. Os agentes de silanização Command Ultrafine Porcelain Repair System (Kerr/Sybron), Enamelite 500 (Lee Pharmaceuticals), Fusion (Geo Taub) e

Scotchprime (3M) foram aplicados em 10 amostras cada de acordo com as instruções dos fabricantes, seguido do agente adesivo. Após, foi unido um cilindro de resina composta com 2,3 mm de diâmetro x 1 mm de espessura à superfície tratada. Foram empregados os agentes adesivos e as resinas compostas da mesma marca comercial do agente de silanização. O agente de silanização Fusion foi empregado com o adesivo Bondlite e resina composta Command Ultrafine (kerr/Sybron) e também com o adesivo Scotchbond e resina composta Silux (3M). Os corpos-de-prova foram armazenados em água deionizada a 37° C por 24 horas, e então divididos em dois subgrupos com 10 cada, sendo um grupo armazenado em água deionizada por 48 horas e, o outro subgrupo, submetido a 1776 ciclos térmicos nas temperaturas de 5° C e 60° C. Após os períodos de armazenagem, foi realizado o teste de resistência ao cisalhamento numa máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 0,5 cm/minuto. Os resultados mostraram que a termociclagem causou redução significativa na resistência de união, com exceção do grupo do Scotchprime. Para o agente de silanização Fusion, a média de resistência de união foi afetada pelo tipo de sistema resinoso empregado. Falhas coesivas na cerâmica ocorreram na maioria dos corpos-de-prova não termociclados.

STOKES & HOOD, em 1989, determinaram a influência de um agente de silanização e da termociclagem no selamento entre resina composta e cerâmica. Foram confeccionados discos da cerâmica Vita Dur N (Vita) com 10 mm de diâmetro x 1,5 mm de espessura. Cavidades cilíndricas foram preparadas na cerâmica com ponta diamantada, divididas em 4 grupos com oito amostras cada e

restauradas. Nos grupos 1 e 2, a restauração foi realizada com adesivo Scotchbond e resina composta Silux (3M) e, nos grupos 3 e 4, com o silano Scotchprime antes da aplicação do adesivo e da resina composta. Os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37° C, sendo que os grupos 2 e 4 foram termociclados 200 vezes nas temperaturas de 4° C e 60° C, sendo de 1 minuto cada banho. O selamento cerâmica / resina composta foi avaliada através da metodologia de infiltração empregando corrente elétrica. Os resultados mostraram que a média de infiltração foi estatisticamente maior no grupo 2, e que o silano foi eficiente na redução da infiltração na interface resina / cerâmica após a termociclagem.

McLEAN, em 1991, fez um relato sobre a ciência e a arte das cerâmicas odontológicas. As cerâmicas são um grupo de materiais que apresentam resistência à corrosão e abrasão a ácidos fortes, propriedades já observadas no século 18. Hoje, as novas cerâmicas estão sendo indicadas em substituição às restaurações metalocerâmicas. Entretanto, esses materiais ainda têm suas limitações, como precisão, baixa resistência à fratura por tração, dificuldade em se obter uma superfície livre de porosidades e fendas, podendo falhar em função das limitações de suas propriedades e dos esforços complexos a que são submetidas no meio oral. Além disso, as cerâmicas são mais duras do que o esmalte dental e podem causar um desgaste excessivo durante a mastigação; entretanto, elas são frágeis quando comparadas com as ligas de ouro. Diversas pesquisas mostraram que a resistência e a longevidade das restaurações são dependentes da superfície da cerâmica. Uma cerâmica com alta resistência, porém com defeitos na

superfície, pode ter seu desempenho diminuído em relação às cerâmicas livres de defeitos.

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 fluorídrico, 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 fluorídrico 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 fluorídrico e agente de silanização potencializa esta união; e que a resistência à fratura da cerâmica parece ser alterada pela resina de fixação.

HONDRUM, em 1992, fez uma revisão da resistência das cerâmicas odontológicas e os mecanismos responsáveis pelo aumento desta propriedade. O autor enfatizou que a maioria das coroas totais e próteses fixas tem sido confeccionadas em metalocerâmica devido à baixa resistência das cerâmicas puras. Contudo, existem algumas desvantagens das metalocerâmicas, como o potencial de corrosão da liga e possíveis efeitos tóxicos e alérgicos, assim como a redução da estética devido à falta de translucidez. 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 tem 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.

HAYAKAWA *et al.*, em 1992, estudaram a influência do silano e da topografia superficial da cerâmica sobre a resistência de união entre esta e a resina composta. Foram confeccionados discos de cerâmica (Shofu) com 10 mm de diâmetro x 2 mm de espessura, os quais foram fixados em resina acrílica, sendo a superfície da cerâmica tratada de três maneiras: apenas polimento com lixa de carbeto de silício de granulação 1000; polimento e condicionamento com ácido fosfórico (Shofu) por 60 segundos; polimento e condicionamento com ácido fluorídrico por 60 segundos. Os silanos Cosmotech Porcelain Primer (GC), Laminabond Porcelain Primer (Shofu) e Optec Silane Coupling Agent (Jeneric-Pentron) foram aplicados na superfície da cerâmica por 30 segundos e secos com ar comprimido por 10 segundos. Um anel de silicone com 3,2 mm de diâmetro x 2 mm de altura foi posicionado sobre a superfície da cerâmica tratada, preenchido com resina composta (Shofu) que foi fotopolimerizada por 90 segundos, não sendo

empregado agente adesivo no procedimento de união. O grupo controle não recebeu aplicação do silano. Os corpos-de-prova foram imersos em água a 37° C por 24 horas e submetidos a teste de resistência ao cisalhamento numa máquina de ensaio universal com velocidade de 2 mm/minuto. Para o grupo controle, a maior média de resistência de união foi obtida com o condicionamento com ácido fluorídrico, ocorrendo falhas coesivas na cerâmica e/ou adesivas. A combinação do condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do silano Cosmotech Porcelain Primer aumentou a resistência de união mais do que com o ácido fosfórico, ocorrendo falhas coesivas na cerâmica. Com o Laminabond Porcelain Primer e o Optec Silane Coupling Agent, altos valores de resistência de união foram obtidos independente do tratamento superficial da cerâmica, sendo as falhas predominantemente coesivas na cerâmica. O Cosmotech Porcelain Primer aumentou apenas a capacidade de umedecimento da resina composta à cerâmica, enquanto que, para o Laminabond Porcelain Primer e o Optec Silane Coupling Agent, o principal mecanismo para a resistência de união não foi a microretenção mecânica, mas a formação de uniões siloxano pela reação com os grupos OH na superfície da cerâmica. Os autores concluíram que o condicionamento com ácido fluorídrico não é necessário para obter forte união entre a resina composta e a cerâmica quando são empregados silanos que reagem com os grupos OH da superfície da cerâmica.

ANUSAVICE, em 1993, relatou sobre a evolução das cerâmicas odontológicas. O autor enfatizou que desde a produção da primeira coroa de jaqueta em 1903, poucos avanços ocorreram até 1965, quando McLean e Hughes

introduziram a técnica da coroa de jaqueta de cerâmica aluminizada. Nesta técnica, um núcleo de cerâmica aluminizada era aplicado e queimado sobre uma folha de platina, e camadas de cerâmica mais translúcida, mas menos resistente, eram aplicadas e queimadas até formar a coroa. Após, diversas cerâmicas puras foram desenvolvidas, como a cerâmica de vidro ceramizada Dicor (Dentsply) no início da década de 80. Esta cerâmica continha cristais de mica tetrasilica contendo flúor que era fundida entre 1.350 a 1.400° C. O processo de fundição era realizado pela combinação da técnica da cera perdida e injeção do vidro fundido por meio de centrifugação. Após a confecção da restauração, ocorria um processo denominado de recristalização através de tratamento térmico controlado, permitindo o crescimento de cristais na estrutura do material e aumento da resistência à flexão para 125 MPa. Sua indicação era para a confecção de coroas, *inlays*, *onlays* e laminados, sendo aplicado pigmentos na superfície externa para obter a cor desejada. A cerâmica OPTEC HSP (Jeneric) também apresentava um processo de nucleação e crescimento de cristais de leucita, tendo resistência à flexão de 105 MPa e indicação para confecção de *inlays*, *onlays*, coroas e laminados. Outra cerâmica que também contém leucita como fase cristalina é o IPS Empress (Ivoclar). A técnica laboratorial consiste no método da cera perdida, fusão da cerâmica e injeção no interior de um molde de revestimento. Após, foi desenvolvida a cerâmica In-Ceram (Vita), que consiste em uma subestrutura com alto conteúdo de alumina que é posteriormente infiltrada por vidro, formando um material de subestrutura com resistência à flexão de 442 MPa, tendo indicação para a confecção de coroas anteriores e posteriores, assim como próteses fixas de três elementos para a região anterior.

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 Rexillum III (Jeneric-Pentron). As amostras de cerâmica receberam acabamento com lixas de carbeto 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.

SULAIMAN *et al.*, em 1993, avaliaram a resistência de união entre resina composta e cerâmica empregando 4 diferentes tratamentos de superfície e 3 agentes de união. Foram confeccionados 60 botões de cerâmica Vita VMK (Vident) com 1 cm de diâmetro x 0,5 cm de espessura, polidos com lixa úmida de granulação 400 e 600 e embutidos em gesso, sendo divididos aleatoriamente para um dos quatro grupos submetidos aos seguintes tratamentos de superfície: grupo 1 – asperização com ponta diamantada nº 799,6^{1/2} sob refrigeração a água; grupo 2 – condicionamento com ácido fluorídrico a 9,6% por 2 minutos, lavagem por 1 minuto e secagem com ar; grupo 3 – jateamento com partículas de óxido de alumínio 50 µm por 15 segundos, lavagem e secagem; grupo 4 – asperização com ponta diamantada e condicionamento com ácido fluorídrico, combinando os tratamentos dos grupos 1 e 2. Um agente de silanização (Pulpdent Corp.) foi aplicado na cerâmica e deixado secar. Cada um dos quatro grupos foram divididos

em 3 subgrupos (n=5) para tratamento com os sistemas adesivos Amalgambond (Parkell), All-Bond 2 (Bisco) e Clearfil Porcelain Bond (Kuraray) seguindo as instruções dos fabricantes. A resina composta Prisma APH (Dentsply) foi aplicada à cerâmica tratada utilizando cápsula de gelatina de 3,96 mm de diâmetro, e fotopolimerizada por 40 segundos a partir de 5 direções diferentes com um total de 200 segundos de fotopolimerização. Os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada por 1 semana seguido de termociclagem de 500 ciclos térmicos a 5° e 55° C durante 30 segundos cada banho. Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência de união ao cisalhamento numa máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 0,5 cm/minuto. As falhas foram predominantemente coesivas na cerâmica ou na resina composta. Falhas adesivas ocorreram nos corpos-de-prova que receberam tratamento com o sistema adesivo All-bond 2 associado ao condicionamento com ácido fluorídrico ou jateamento. O tratamento de superfície mais eficiente foi a combinação da asperização com ponta diamantada e condicionamento com ácido fluorídrico, mas não foi significativamente melhor do que os outros métodos. O sistema adesivo Clearfil Porcelain Bond mostrou uma resistência de união maior do que os outros dois materiais, mas foi estatisticamente diferente apenas do Amalgambond.

KERN & THOMPSON, em 1994, relataram que o procedimento de união empregado para as cerâmicas feldspáticas, como condicionamento e silanização, não favorecem 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 perda

de volume, na morfologia superficial e na composição da superfície da cerâmica In-Ceram (Vita). A perda de volume através do jateamento realizado por estes sistemas foi 36 vezes menor para o In-Ceram comparado com a cerâmica IPS Empress (Ivoclar). Após a cobertura com o sistema Rocatec, uma camada de partículas de sílica permaneceram na superfície da cerâmica, elevando o conteúdo de sílica de 4,5% para 19,7 % em peso. Após o tratamento com o sistema Silicoater MD (Kulzer), o conteúdo de sílica foi menor em comparação com o sistema Rocatec. A camada de sílica formada por estes sistemas foram diferentes tanto morfologicamente como em espessura, o que pode resultar em diferentes valores de resistência de união.

ÖZDEN *et al.*, em 1994, avaliaram a resistência ao cisalhamento entre cerâmica e cimento resinoso empregando diferentes tratamentos de superfície da cerâmica. Cerâmica feldspática (Ivoclar) foi aplicada na superfície plana de 77 botões de níquel-cromo, sendo as amostras aleatoriamente divididas em 7 grupos para realizar diferentes tratamentos na superfície da cerâmica: grupo 1 – agente de silanização; grupo 2 – condicionamento com ácido fluorídrico a 36% por 10 minutos, lavagem por 30 segundos e secagem com ar; grupo 3 – asperização com ponta diamantada, seguido de lavagem com água e secagem com ar; grupo 4 – asperização, condicionamento ácido e agente de silanização; grupo 5 – asperização e agente de silanização; grupo 6 – condicionamento com ácido fluorídrico e agente de silanização; grupo 7 – asperização e condicionamento com ácido fluorídrico. Cimento resinoso de dupla polimerização (Vivadent) foi aplicado à superfície da cerâmica tratada com auxílio de uma matriz de teflon seguindo as

instruções do fabricante. Após fotopolimerização, os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37° C por 24 horas, seguido de 100 ciclos térmicos de 6° e 60° C, e submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento numa máquina de ensaio universal com velocidade de 2 mm/minuto. Nos corpos-de-prova em que foi realizada apenas a asperização da superfície da cerâmica, ocorreram falhas adesivas antes do ensaio de cisalhamento. A combinação da asperização com ponta diamantada e silano resultou em resistência de união significativamente maior do que todos os outros tipos de tratamento. O uso combinado do ácido fluorídrico, asperização e agente de silanização não aumentou a resistência de união. Quando apenas o silano foi aplicado, os valores de resistência de união foram significativamente maiores em relação ao tratamento combinado de asperização e condicionamento ácido. Os autores concluíram que o condicionamento ácido contribuiu para a resistência de união entre o cimento resinoso e a cerâmica, mas o uso somente do agente de silanização, ou a combinação com a asperização, ou o condicionamento ácido, teve um efeito superior na resistência ao cisalhamento *in vitro*.

ROULET *et al.*, em 1995, avaliaram os efeitos das condições de tratamento e estocagem 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 -

metacriloxipropiltrimetoxissilano, 2,5% em volume de ácido acético misturado com 95% de etanol; 2 - 2,5% em volume de γ -metacriloxipropiltrimetoxissilano, 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 viniltriclorossilano 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 à 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, em 1995, investigou 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 da aplicação do silano. O dente foi tratado com o sistema adesivo Mirage ABC (Chameleon Dental) seguindo as instruções do fabricante, e cimento resinoso de dupla polimerização foi empregado para a cimentação das coroas; grupo 2 - as amostras foram tratadas como no grupo 1, porém não foram condicionadas com 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 de 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 1 mm/ minuto. As médias obtidas foram: grupo 1 – 0,77 kN; 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.

PACHECO, em 1995, avaliou o efeito da aplicação do silano e a influência do condicionamento com ácido fluorídrico a 10% na resistência ao cisalhamento de três sistemas adesivos indicados para reparo de restaurações de porcelana. Foram confeccionados 100 discos de porcelana (Duceram N) e divididos em cinco grupos. Cada grupo de vinte amostras foi submetido aos seguintes tratamentos : grupo 1 – Multi Bond Alpha (DFL); grupo 2 – Scotchbond Multi-Usó (3M); grupo 3 – Optibond Multi-Usó (KERR); grupos 4 e 5 – Multi Bond Alpha e Scotchbond Multi-Usó, respectivamente, modificados pela introdução do condicionamento com ácido fluorídrico a 10%. Metade das amostras de cada grupo foram tratadas com o agente de silanização indicado pelo fabricante e, na outra metade das amostras, o silano não foi aplicado. Os materiais foram manipulados unindo os discos de porcelana a cilindros de resina composta com 4 mm de diâmetro x 5 mm de altura. Os corpos-de-prova foram armazenados por 24 horas a 37° C e 100% de umidade relativa. A seguir, foram submetidos ao teste de cisalhamento numa máquina de ensaio universal (Otto Wolpert Werke, Germany) a uma velocidade de 6 mm/minuto. O padrão de fratura foi examinado em lupa estereoscópica com 25 vezes de aumento e as amostras documentadas através de fotomicrografias realizadas com auxílio de microscópio eletrônico de varredura. Os resultados mostraram que a aplicação dos silanos Scotchprime Ceramic Primer e Porcelain

Repair Primer aumentaram significativamente a resistência de união da interface porcelana – resina composta. Os maiores valores de resistência de união da interface porcelana – resina composta foram obtidos com a utilização dos agentes de silanização Scotchprime Ceramic Primer e Porcelain Repair Primer associados ao condicionamento com ácido fluorídrico a 10%. Houve um predomínio de fraturas coesivas no corpo da porcelana nos grupos onde foi realizado o condicionamento com ácido fluorídrico. O aumento da resistência de união promovido pelos silanos foi em média de 40%, e a análise morfológica das superfícies de porcelana indicaram um padrão favorável à retenção micromecânica quando utilizados os ácidos Porcelain Etch Gel e Fluor Etchant.

AIDA *et al.*, em 1995, avaliaram a união da resina composta à cerâmica empregando diferentes tratamentos de superfície e três agentes de silanização. Foram confeccionados discos da cerâmica Laminabond Porcelain Masking (Shofu) com 10 mm de diâmetro x 2 mm de espessura. As amostras foram embutidas em resina acrílica e a superfície da cerâmica polida com lixa de carbeto de silício de granulação 1.000, sendo divididas em cinco grupos para realizar diferentes tratamentos da superfície: grupo 1 – controle, sem tratamento; grupo 2 – ácido fosfórico por 60 segundos seguido de lavagem por 10 segundos; grupo 3 – mesmo procedimento do grupo 2, seguido de limpeza em ultra-som por 20 minutos; grupo 4 – ácido fluorídrico por 60 segundos e lavagem por 10 segundos; grupo 5 – mesmo procedimento do grupo 4, seguido de limpeza em ultra-som por 20 minutos. Cada grupo foi dividido em três subgrupos para aplicação de um agente de silanização experimental e dois comerciais, Porcelain Liner M (Sunmedical) e

Tokuso Ceramic Primer (Tokuyama Soda), os quais foram aplicados na superfície da cerâmica por 60 segundos e secos com jato de ar por 10 segundos. Um molde de silicone com 3,2 mm de diâmetro x 2 mm de espessura foi posicionado sobre a superfície tratada e preenchida com a resina composta Laminabond Composite Paste Universal (Shofu), seguido de fotopolimerização por 60 segundos. Os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37° C por 24 horas e submetidos ao teste de cisalhamento numa máquina de ensaio universal com velocidade de 2 mm/minuto. Os resultados mostraram que não houve união quando aplicado o silano experimental sobre a superfície polida, sendo a resistência de união significativamente maior com o ácido fluorídrico (9,8 MPa) em relação ao ácido fosfórico (3,7 MPa). Quando empregado o silano Porcelain Liner M, não houve diferença estatística na média de resistência de união entre o grupo polido (14,6 MPa) e condicionado com ácido fluorídrico e limpo em ultra-som (15,8 MPa), ocorrendo falhas coesivas na cerâmica. Para o silano Tokuso Ceramic Primer, não houve diferença estatística entre os grupos, ocorrendo também falhas coesivas na cerâmica. O emprego do ultra-som para limpeza das amostras não influenciou os valores de união. Os autores concluíram que o condicionamento ácido da cerâmica poderia ser eliminado, reduzindo o tempo clínico e eliminando os possíveis efeitos danosos do ácido fluorídrico na prática clínica e laboratorial.

SIDHU & WATSON, em 1995, relataram que os primeiros cimentos de ionômero de vidro modificados por resina são uma evolução dos cimentos de ionômero de vidro convencionais, sendo adicionado resinas na composição, como o HEMA e Bis-GMA. Enfatizaram que estes materiais são considerados cimentos

de ionômero de vidro quando a presa ocorre no escuro, ou seja, pela reação ácido-base. Além desta reação, a presa também ocorre pela polimerização ativada por luz e / ou química. Quando iniciadores químicos, ao invés de fotoiniciadores, são incluídos na composição, a existência de presa no escuro não necessariamente demonstra a presença de reação ácido-base. Portanto, enquanto a ausência de presa no escuro indica que o material não é um cimento de ionômero de vidro, a presa no escuro somente não garante que o mesmo é realmente um cimento de ionômero de vidro. Os autores citam como desvantagens dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina em relação às resina compostas a maior dificuldade de manipulação, a menor resistência e estética.

AWLIYA et al., em 1996, examinaram a influência de tratamentos de superfície na resistência de união do cimento resinoso à cerâmica de infraestrutura Procera (Nobel Biokare). Foram confeccionados 40 espécimes da cerâmica e divididos em 4 grupos com 10 cada, e submetidos a quatro diferentes tratamentos de superfície: grupo 1 – jateamento com óxido de alumínio de 25 μm com pressão de 120 psi; grupo 2 – jateamento com óxido de alumínio de 25 μm com pressão de 160 psi; grupo 3 – jateamento com óxido de alumínio de 50 μm com pressão de 120 psi; grupo 4 – jateamento com óxido de alumínio de 50 μm com pressão de 160 psi. Área de 4 mm de diâmetro foi isolada sobre a superfície tratada e o cimento resinoso Panavia 21 (Kuraray) foi aplicado seguindo as instruções do fabricante. Após a presa, os corpos-de-prova foram mantidos em

100% de umidade por 7 dias, e submetidos ao teste de cisalhamento em máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 0,5 mm/minuto. Os resultados foram de 18,27 MPa para o grupo 1, 21,46 MPa para o grupo 2, 20,13 MPa para o grupo 3 e de 18,09 MPa para o grupo 4, não havendo diferença estatística entre os valores ($p < 0,05$). Os autores concluíram que a resistência de união obtida com o cimento resinoso foi mais importante do que o tratamento de superfície realizado sobre a cerâmica Procera.

DELLA BONA, em 1996, fez uma breve revisão da literatura a respeito de alguns aspectos que envolvem a ciência e a arte das cerâmicas odontológicas, incluindo a evolução histórica, composição, propriedades mecânicas e físicas, novas tecnologias e as últimas técnicas restauradoras que usam cerâmicas. Relatou que desde 1770, as cerâmicas têm sido usadas na confecção de dentes, coroas, pontes, facetas, *inlays* e *onlays*. Para o autor, a estabilidade química, alta resistência à compressão, estética excelente e durável, biocompatibilidade com os mais baixos índices de aderência de placa são algumas das características incomparáveis das cerâmicas odontológicas; além disso, apresentam condutibilidade térmica e coeficiente de expansão térmica próxima da estrutura do dente.

KATO *et al.*, em 1996, avaliaram a resistência de união e a durabilidade de cinco agentes de silanização e seis cimentos resinosos à cerâmica feldspática. Foram confeccionados dois tipos de discos em cerâmica (8 mm e 10 mm de diâmetro x 3 mm de espessura). A superfície a ser unida foi desgastada com lixa

de carbeto de silício seguido de jateamento com óxido de alumínio de 50 μm por 10 segundos, com pressão de 0,4 MPa a distância de 10 mm, sendo as superfícies observadas em microscópio eletrônico de varredura. As amostras foram limpas em ultra-som com acetona. Fita adesiva com orifício de 3 mm de diâmetro foi posicionada sobre a amostra com 10 mm de diâmetro para delimitar a área de união e padronizar a espessura de película de 50 μm para o cimento resinoso. As amostras de 8 e 10 mm de diâmetro foram tratadas igualmente através da aplicação do agente de silanização seguindo as instruções dos fabricantes, sendo unidas com o cimento resinoso da mesma marca comercial do agente de silanização. Dez corpos-de-prova foram confeccionados para cada sistema de cimentação, sendo que metade foi imersa em água a 37° C por 24 horas e, a outra metade, submetida a 20.000 ciclos térmicos a 4° C e 60° C pelo tempo de 1 minuto cada banho. Após, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de cisalhamento numa máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/minuto. A análise em microscópio eletrônico de varredura evidenciou que o jateamento com óxido de alumínio tornou a superfície da cerâmica rugosa e com irregularidades. A resistência de união antes da termociclagem variou de 30 MPa a 65,3 MPa, sendo a maioria das falhas coesiva na cerâmica ou mista (coesiva na cerâmica e adesiva). Após termociclagem, houve redução significativa da resistência de união em cinco dos seis grupos, sendo as falhas predominantemente adesivas. Os sistemas de união em que os agentes de silanização foram ativados por um ácido metacrilato hidrófobo exibiram resistência de união maior do que 20 MPa após termociclagem.

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 comparado 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 polimerizar-se 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.

VALLITTU & FORSS, em 1997, compararam a união de cimentos de ionômero de vidro com a cerâmica associando ou não a aplicação de agentes de silanização. Foram fabricados blocos cilíndricos da cerâmica Celay (Vita) com 15 mm de comprimento x 9 mm de diâmetro, sendo uma das extremidades do bloco cerâmico desgastada com ponta diamantada de granulação média, formando uma superfície plana. As amostras foram divididas aleatoriamente em seis grupos com seis amostras cada. Nos grupos 1, 2 e 3, um tubo plástico de polietileno com 20 mm de comprimento x 5 mm de diâmetro foi preenchido com o cimento de ionômero de vidro convencional Fuji II (GC Corp.) e deixado o mesmo tomar presa por 4 minutos em contato com a superfície da cerâmica, a qual recebeu diferentes tratamentos: grupo 1 - apenas limpeza com jato de água e secagem; grupo 2 - limpeza com ácido fosfórico a 32% (Bisco), lavagem e secagem, seguido da aplicação do agente de silanização Porcelain Primer do sistema adesivo All Bond (Bisco) por 30 segundos; grupo 3 - limpeza com ácido fosfórico como no grupo 2, seguido da aplicação de um agente de silanização (Osi Specialities AS) que foi polimerizado por calor a 100° C por 2 horas. Nos grupos 4, 5 e 6, a superfície da

cerâmica foi tratada como nos grupos 1, 2 e 3 respectivamente, exceto que foi empregado o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer (3M), sendo o mesmo fotopolimerizado por 40 segundos em dois lados opostos do tubo plástico. Os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37° C por 14 dias antes do teste de flexão de três pontos numa máquina de ensaio universal com velocidade de 120 mm/min⁶. Os padrões de fratura foram analisados visualmente e em microscópio eletrônico de varredura. Uniões mais efetivas foram encontradas quando o agente de silanização polimerizado por calor foi empregado, sendo de 31 N para o cimento de ionômero de vidro convencional Fuji II e de 51,1 N para o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer. Os valores obtidos com o silano Porcelain Primer foram menores, sendo 12 N para o Fuji II e 48 N para o Vitremer. Baixos valores de união foram encontrados quando o Fuji II foi aplicado sobre a cerâmica não tratada (4,4 N), sendo maior quando empregado o Vitremer (25,5 N). Falhas adesivas foram predominantes nos grupos do Fuji II, enquanto nenhuma falha adesiva foi observada quando associado o silano polimerizado por calor e o Vitremer. Os autores concluíram que o aumento da união do cimento de ionômero de vidro à cerâmica pode ser obtido quando empregados os agentes de silanização.

GROTEN & PRÖBSTER, em 1997, avaliaram o efeito de diferentes cimentos na resistência à fratura de coroas de cerâmica. Foram confeccionados 120 coroas totais com a cerâmica Empress (Ivoclar), divididos em 6 grupos com 20 amostras cada e cimentadas sobre troquéis de aço empregando o cimento de fosfato de zinco Phosphacap (Ivoclar) nos grupos A e B, cimento de ionômero de

vidro Ketac Cem (Espe) nos grupos C e D e cimento resinoso DualCement (Ivoclar) nos grupos E e F. Nos grupos B, D, E e F, a superfície interna das coroas foi condicionada com ácido fluorídrico a 5% (Ivoclar), seguido da aplicação do silano Monobond (Ivoclar) por 30 segundos e do adesivo Heliobond (Ivoclar). No grupo F, a superfície dos 20 troquéis foi também condicionada usando o sistema de cobertura de superfície de metais Rocatec (Espe). Após 48 horas de armazenagem a seco, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência à fratura numa máquina de ensaio universal. Os resultados mostraram que o cimento de fosfato de zinco e de ionômero de vidro não influenciaram significativamente a resistência à fratura da coroa de cerâmica feldspática, sendo os valores de 294 N e 217 N, respectivamente. Contudo, o uso do cimento resinoso proporcionou aumento significativo no aumento da resistência à fratura (382 N). O tratamento da superfície interna das coroas não aumentou a resistência à fratura quando cimentadas com fosfato de zinco (282,2 N) e ionômero de vidro (255,4 N). O tratamento da superfície do troquel e o emprego do cimento resinoso (687,6 N) proporcionou considerável aumento na resistência à fratura devido à forte união nas interfaces coroa / resina e troquel / resina.

CHEN *et al.*, em 1998a, avaliaram o efeito de diferentes tempos de condicionamento nas mudanças micro-estruturais da cerâmica Cerec 2 (Vita) e na resistência de união entre esta e a resina composta. Foram confeccionadas 54 amostras retangulares (10 mm de comprimento x 8 mm de largura x 2,5 mm de espessura) e 48 amostras cilíndricas (8 mm de diâmetro x 2,5 mm de espessura) da cerâmica, sendo divididas em seis grupos de nove unidades retangulares e oito

unidades cilíndricas. Após o desgaste com papel abrasivo de carvão de silício de granulação 600, as superfícies a serem unidas foram condicionadas com ácido fluorídrico a 5% por 0, 5, 30, 60, 120 e 180 segundos para os grupos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente, seguido de lavagem com água por 1 minuto, limpeza em ultrassom com água destilada por 5 minutos e secagem com jato de ar por 30 segundos. Uma amostra retangular de cada grupo foi preparada para observação em microscópio eletrônico de varredura. Fita adesiva com orifício de 5 mm de diâmetro foi fixada no centro de cada amostra retangular para padronizar a área de união e a espessura do 50 μm de cimento resinoso. Fina camada de cimento resinoso foi aplicada na área de união da amostra retangular e sobre a amostra cilíndrica, sendo as duas cerâmicas unidas com uma carga de 5 N. O excesso de cimento foi removido e realizada fotopolimerização em duas direções opostas por 40 segundos cada. Os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37° C por 24 horas e submetidos ao ensaio de cisalhamento numa máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/minuto. As falhas foram analisadas em microscópio ótico. Microscopia eletrônica de varredura evidenciou que a cerâmica condicionada por 120 e 180 segundos apresentou-se mais rugosa e com microretenções mais profundas. Os resultados mostraram que dentro da variação de 0 a 120 segundos, quanto maior o tempo de condicionamento, maior a resistência de união, sendo a maior média obtida quando a cerâmica foi condicionada por 120 segundos (43 MPa). O condicionamento por 180 segundos, entretanto, resultou em diminuição na resistência de união (40 MPa), não sendo estatisticamente diferente do grupo condicionado por 120 segundos. Nos grupos 4, 5 e 6, as falhas

foram predominantemente coesivas na cerâmica. Os autores concluíram que os valores de resistência de união correspondem diretamente às mudanças microestruturais da superfície da cerâmica causadas pelo condicionamento ácido.

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.

SHAHVERDI *et al.*, em 1998, investigaram o efeito de vários tratamentos de superfície na resistência de união da interface cerâmica / resina composta. Foram confeccionadas 110 amostras da cerâmica VMK 68 (Vita) com 10 mm de diâmetro x 2,5 mm de espessura sobre botões de níquel-cromo. As amostras foram aleatoriamente divididas em 5 grupos com 22 amostras cada e submetidas a diferentes tratamentos: grupo 1 – jateamento com óxido de alumínio de 50 μ m por 60 segundos sob pressão de 50 psi a uma distância de 10 mm, seguido de condicionamento com ácido fluorídrico a 5% por 60 segundos, lavagem e secagem com jato de ar; grupo 2 – asperização com broca, seguido da aplicação do silano Silicer (kulzer) e deixado secar por 2 minutos; grupo 3 – jateamento e condicionamento com ácido fluorídrico como no grupo 1, seguido do silano Silicer e leve jato de ar após 30 segundos da aplicação; grupo 4 - condicionamento com ácido fluorídrico a 5% e aplicação do silano Monobond-S (Vivadent), deixado atuar na superfície da cerâmica por 30 segundos seguido de leve jato de ar; grupo 5 – jateamento e aplicação do silano Monobond-S. Após tratamento da superfície, o agente de união Adhesive Bond II (kulzer) foi aplicado e fotopolimerizado, seguido

da união da resina composta Charisma (Kulzer). Metade dos corpos-de-prova de cada grupo foi armazenado em água destilada por 24 horas em temperatura ambiente e, a outra metade, armazenada por 30 dias, e então submetidas a 200 ciclos térmicos a 5° C e 55° C por 30 segundos cada banho. Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de cisalhamento com velocidade de 0,5 mm/minuto. A maior média de resistência de união após 24 horas foi para o grupo 3 (25,57 MPa), seguido pelo grupo 4 (23,50 MPa), grupo 5 (18,45 MPa), grupo 2 (17,54 MPa) e grupo 1 (10,84 MPa). Após 30 dias de armazenagem e termociclagem, a maior média foi para o grupo 3 (25,20 MPa), seguido do grupo 4 (22,79 MPa), grupo 5 (16,93 MPa), grupo 2 (11,04 MPa) e grupo 1 (10,00 MPa). Os autores concluíram que o silano foi efetivo, e que a associação deste com o jateamento seguido do ácido fluorídrico aumentou a resistência de união entre a cerâmica e a resina composta.

CHEN *et al.*, em 1998b, avaliaram o efeito de diferentes agentes condicionadores, tempos de condicionamento e a combinação do uso do condicionamento e silano na resistência de união entre cerâmica e resina composta. Foram confeccionados 108 discos da cerâmica VMK 68 (Vita) com 10 mm de diâmetro x 2,5 mm de espessura, sendo polidos com lixa de granulação 600, e divididos em três grupos: grupo 2 e 3 – divididos em 6 subgrupos com 16 amostras cada, sendo aplicado o ácido fluorídrico a 2,5% e a 5%, respectivamente, pelos tempos de 30, 60, 90, 120, 150 e 180 segundos. Fita adesiva com orifício de 5 mm de diâmetro foi posicionada sobre a superfície da cerâmica para delimitar a área de união, sendo que na metade das amostras de

cada subgrupo foi aplicado um agente de união autopolimerizado sem silano (Clearfil New Bond - J Morita) e, na outra metade, o agente de união com silano (Clearfil Porcelain Bond – J Morita). Após, uma matriz com 6 mm de diâmetro x 2 mm de altura foi posicionada sobre a área tratada e preenchida com resina composta Clearfil APX (J Morita) e fotopolimerizada; grupo 1 – sem tratamento de superfície (grupo controle), sendo metade das amostras tratadas com o Clearfil New Bond e, a outra metade, com o Clearfil Porcelain Bond. Os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37° C por 24 horas e submetidos ao teste de cisalhamento numa máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/minuto. Os resultados mostraram que a resistência de união da cerâmica não condicionada com a resina composta foi muito baixa, e que o tempo de condicionamento por mais de 30 segundos efetivamente aumentou a união. Com o ácido fluorídrico a 2,5% foi obtido maior resistência de união do que com o ácido fluorídrico a 5% sobre a cerâmica não condicionada. O silano mostrou-se efetivo no aumento da resistência de união, e a aplicação deste após o condicionamento ácido proporcionou os melhores resultados.

LEEVAILOJ *et al.*, em 1998, avaliaram a incidência à fratura de coroas confeccionadas com as cerâmicas In-Ceram (Vita) e VitaDur Alpha (Vita) cimentadas com o cimento de ionômero de vidro convencional Fuji I (GC), dois cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, Fuji Plus (GC) e Vitremer (3M), e dois cimentos resinosos, Advance (Caulk/Dentsply) e Panavia 21 (Kuraray). Foram realizados preparos para coroa total em 50 premolares superiores humanos para cada um dos sistemas cerâmicos. Os preparos foram

moldados com silicone por adição e obtidos os troqueis refratários sobre os quais foram confeccionadas as coroas seguindo as instruções dos fabricantes. Os dentes com as respectivas coroas foram divididos em cinco grupos de dez cada, sendo as coroas cimentadas com os diferentes cimentos. Os corpos-de-prova foram armazenados em solução de 0,8% de cloreto de sódio por 2 meses, sendo verificada a ocorrência de fratura após 1 hora, 6 horas, 24 horas, 2 dias, 3 dias, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas, 1 mês e 2 meses. Os corpos-de-prova que não fraturaram durante o período de armazenagem foram submetidos ao teste de compressão numa máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/minuto. Os autores observaram que ocorreu fratura das coroas durante os 2 meses de armazenamento apenas com o cimento resinoso Advance, sendo de 100% para as coroas de VitaDur Alpha e de 30% para as coroas de In-Ceram. O tipo de cimento empregado não influenciou a resistência à fratura das coroas de In-Ceram, sendo estas mais resistentes que as coroas de VitaDur Alpha. Os autores concluíram que o cimento resinoso Advance deveria ser evitado para a cimentação de coroas em cerâmica pura devido à expansão do material pela absorção de água.

JARDEL *et al.*, em 1999, avaliaram o efeito do condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do silano sobre a resistência de união das cerâmicas feldspáticas GC (GC Dental) e PVS (SS White), assim como a topografia formada na superfície das cerâmicas pela ação do ácido fluorídrico. Foram confeccionados 80 discos de cada cerâmica com 4 mm de altura sobre bases de níquel-cromo com 20 mm de comprimento x 5 mm de diâmetro. A superfície das cerâmicas foi

desgastada com discos abrasivos de granulação 220, formando uma superfície plana e divididos aleatoriamente em quatro grupos que receberam diferentes tratamentos: grupo 1 - sem tratamento; grupo 2 - condicionamento com ácido fluorídrico a 10% (Symphyse) por 5 minutos; grupo 3 - aplicação do silano Silicoup (Hearaeus Kulzer); grupo 4 - condicionamento e silanização. As amostras foram unidas aos pares com o adesivo Super-Bond (Sun Medical) e armazenadas em estufa a 37° C em 100% de umidade. Após uma hora, foram submetidas ao teste de resistência à tração. Em dez amostras de cada cerâmica foi verificada a característica da topografia da superfície através da medição da rugosidade tridimensional empregando microscópio de varredura conectado ao computador IBM. A cerâmica GC, sem tratamento da superfície, apresentou os menores valores médios de resistência à tração (8,3 MPa), sendo que o condicionamento foi menos efetivo (11,6 MPa) do que a silanização (19,6 MPa), e a associação do condicionamento e silanização resultou nos maiores valores (21,7 MPa). Para a cerâmica PVS, todos os valores de resistência foram menores do que os obtidos com a cerâmica GC. O não tratamento também resultou no menor valor médio de resistência de união (6,1 MPa), sendo que o condicionamento (11,2 MPa) foi eficiente como a silanização (12,4 MPa), e a combinação dos dois tratamentos aumentou a resistência de união (14,6 MPa). Em relação à topografia da superfície, o condicionamento ácido aumentou a rugosidade em 40% para a cerâmica GC, e 69% para a cerâmica PVS em comparação com a superfície polida, isto porque a cerâmica PVS contém mais fase vítrea do que a cerâmica GC. Os autores concluíram que a combinação do ácido fluorídrico e silano é o tratamento superficial mais efetivo para as cerâmicas testadas.

CHUNG et al., em 1999, compararam a resistência de união entre cerâmica e dois cimentos de ionômero de vidro modificados por resina e uma resina composta. Foram confeccionados 120 discos da cerâmica feldspática Finesse (Ceramco) com 19 mm de diâmetro x 3,5 mm de espessura, sendo fixados em resina acrílica. A superfície da cerâmica foi limpa com pasta de pedra pomes por 10 segundos, lavada com água e seca com jato de ar por 15 segundos, seguido da aplicação do ácido fluorídrico a 9% por 3 minutos, lavagem por 15 segundos e secagem com jato de ar. O silano Porcelain Conditioner (Laporte) foi aplicado quando desejado e deixado secar por 1 minuto. As amostras foram aleatoriamente divididas em 6 grupos com 20 discos cada, e um bráquete foi unido a cada disco de cerâmica com os seguintes materiais: grupo 1 – Concise (3M); grupo 2 – aplicação do silano seguido do Concise; grupo 3 – Geristore; grupo 4 – silano e Geristore; grupo 5 - Fuji Ortho LC (GC America); grupo 6 - silano e Fuji Ortho LC. Os corpos-de-prova foram armazenados por 48 horas a 37° C em umidade relativa de 100% e submetidos ao teste de cisalhamento numa máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 5 mm/minuto. Os tipos de falhas foram analisados visualmente. Os grupos silanizados apresentaram os maiores valores de resistência de união, sendo de 19,43 MPa para o Geristore, 18,47 MPa para o Fuji Ortho LC, e 15,79 MPa para o Concise. Nos grupos não silanizados, Geristore apresentou a maior média de resistência de união (12,08 MPa), Concise foi o segundo (7,94 MPa) e Fuji Ortho LC o menor valor (0,06 MPa). Fraturas coesivas na cerâmica ocorreram nos grupos silanizados, sendo de 100% para o Fuji Ortho LC, 80% para o Geristore, 5% para o Concise e 35% para o grupo do Geristore sem silanização. Os autores concluíram que o silano aumenta a

resistência de união da cerâmica condicionada com ácido fluorídrico de forma significativa tanto para a resina composta como para o ionômero de vidro modificado por resina.

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, 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 tiveram menor módulo de elasticidade em relação aos outros cimentos. Os cimentos de fosfato de zinco e de ionômero de vidro convencional apresentaram comportamento frágil, sendo os cimentos resinosos os mais resistentes.

CHAVES, em 1999, avaliou o efeito da aplicação do silano na resistência à tração de três cimentos resinosos. Foram confeccionados 168 discos de cerâmica Duceram (Degussa), sendo os discos embutidos, desgastados com lixas de granulação 220 e 600 e limpos em ultra-som. Os discos cerâmicos foram divididos em 3 grupos com 56 amostras cada. No grupo 1 foi usado o cimento Enforce; grupo 2, cimento Variolink; grupo 3, cimento Opal. Metade das amostras de cada grupo foi tratada com o respectivo agente de silanização de cada cimento resinoso usado de acordo com as instruções dos fabricantes, seguido da aplicação do adesivo e cimento resinoso. A outra metade das amostras não recebeu o tratamento com silano, apenas aplicação do adesivo e cimento resinoso. A seguir, os discos cerâmicos foram unidos aos pares com o cimento resinoso, sendo fotopolimerizado por 160 segundos. Os corpos-de-prova foram armazenados por 24 horas a 37° C e 100% de umidade relativa e submetidos ao ensaio de tração numa máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 1 mm/minuto. As superfícies das amostras de porcelana foram examinadas em lupa estereoscópica com 25 aumentos e o padrão de fratura documentado através de microscópio eletrônico de varredura. Os valores médios de resistência à tração obtidos para os corpos-de-prova tratados com o agente de silanização foram estatisticamente superiores aos grupos de corpos-de-prova que não receberam o tratamento, independente do cimento resinoso, correspondendo ao aumento de 30% no valor de resistência de união. Os valores médios de resistência à tração obtidos para o grupo 1 (6,30 MPa sem silano e 7,81 MPa com silano) foram estatisticamente superiores àqueles obtidos para os grupo 2 (3,76 MPa sem silano e 6,11 MPa com silano) e grupo 3 (4,46 MPa sem silano e 6,31 MPa com silano) que não

apresentaram diferença estatística significativa entre si. O padrão de fratura apresentado pelos corpos-de-prova do grupo 1 (Enforce) foi predominantemente coesivo no corpo da porcelana, assim como nos corpos-de-prova que não foram tratados com o silano. Para o material Variolink II (grupo 2), a maioria das amostras que não recebeu silano apresentou padrão de fratura adesivo, e o padrão misto (adesivo e coesivo no cimento) foi observado nas amostras silanizadas. No grupo 3 (Opal), o padrão de fratura misto foi predominante para as amostras que receberam ou não a aplicação do silano.

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.

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 inter-conectada, proporcionando resistência acima de 300 MPa. Portanto, este material pode ser indicado 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, que 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.

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, o autor afirma 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 subgengivais, 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.

HORNBROOK & CULP, em 1999, relataram que o uso de cerâmicas sem estrutura metálica em Odontologia tem sido empregado a fim de proporcionar uma aparência natural e vital às restaurações de dentes anteriores. O aparecimento crescente de sistemas cerâmicos sem metal é o resultado direto dos inconvenientes associados às restaurações metalocerâmicas, tais como a impossibilidade de que a luz atravesse a subestrutura e a necessidade de opacificadores para mascarar a cor escura do metal. O uso de sistemas cerâmicos condicionados e fixados de forma adesiva proporciona alternativas ao uso do metal quando a estética é fundamental no tratamento. No entanto, as cerâmicas sem metal restringem-se às restaurações unitárias devido à baixa resistência à flexão dos materiais cerâmicos e a sua incapacidade de suportar forças oclusais presentes em prótese de vários elementos. Com objetivo de estender a indicação das cerâmicas sem metal para a confecção de próteses fixas, foi desenvolvida a cerâmica IPS Empress 2, que é composta por uma cerâmica vítrea de di-silicato de lítio como infra-estrutura em substituição ao metal, combinada com uma cerâmica vítrea sinterizada para cobertura. O material de infra-estrutura proporciona suporte e, o material de cobertura, as propriedades óticas de opalescência e fluorescência. Como resultado da alta resistência, pode ser

empregada a técnica da cimentação convencional com cimento de ionômero de vidro quando as condições clínicas impossibilitam a fixação adesiva, sendo indicado pelo fabricante o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Pro Tec CEM (Vivadent).

KATO *et al.*, em 2000, investigaram o efeito do condicionamento ácido e do jateamento na resistência de união entre cerâmica feldspática e resina acrílica. Foram confeccionados 80 pares de discos da cerâmica VMK 68 (Vita) (10 mm de diâmetro x 2,5 mm de espessura; 8 mm de diâmetro x 2,5 mm de espessura). A superfície foi desgastada com lixas de carbeto de silício de granulação 320, 400, 600, 800 e 1000. As amostras foram divididas aleatoriamente em 8 grupos com dez pares de discos cada, recebendo os seguintes tratamentos de superfície: grupo 1 - desgaste com a lixa 1.000 (grupo controle); grupo 2 – jateamento com óxido de alumínio de 50 μm por 5 segundos com pressão de 0,4 MPa à distância de 10 mm da superfície da cerâmica; grupos 3 a 7 - condicionamento com gel de biofluoreto de amônia a 10%, flúor fosfato acidulado a 0,9%, ácido fluorídrico a 5%, ácido fosfórico a 40%, ácido sulfúrico com ácido fluorídrico a 6,25%, respectivamente, sendo o tempo de condicionamento de 60 segundos, seguido de lavagem com água por 30 segundos, limpeza em ultra-som com metanol e secagem com ar; grupo 8 - condicionamento com flúor fosfato acidulado por 10 minutos, seguido dos mesmos procedimentos descritos para os grupos de 3 a 7. A área de união foi delimitada por fita adesiva, com orifício de 5 mm de diâmetro, aplicada na superfície da amostra com 10 mm de diâmetro. Cada par, com uma

amostra de 10 mm e outra de 8 mm de diâmetro, foi unido com resina acrílica e, após 30 minutos, os corpos-de-prova foram imersos em água a 37° C por 24 horas. Metade das amostras foi submetida ao teste de cisalhamento numa máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/minuto após o período de armazenagem e, a outra metade, após 5.000 ciclos térmicos a 4° C e 60° C com 1 minuto cada banho. Sem termociclagem, os maiores valores de resistência de união foram obtidos para o ácido fluorídrico a 5% (21,3 MPa) e ácido sulfúrico com ácido fluorídrico a 6,25% (23,7 MPa), seguido pelo biofluoreto de amônia (18,4 MPa), jateamento (11,7 MPa), ácido fosfórico a 40% (9,5 MPa), controle (9,1 MPa) e flúor fosfato acidulado a 0,9% (8,1 MPa). Redução na resistência de união foi significativa em todos os grupos após termociclagem. Os autores concluíram que o emprego do ácido sulfúrico com ácido fluorídrico a 6,25%, assim como do ácido fluorídrico a 5% é apropriado para o condicionamento da cerâmica.

KNOBLOCH *et al.*, em 2000, compararam a resistência à fratura após 24 horas e após 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 maior do que o Panavia e os 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, mas sendo significativamente menor em relação aos cimentos resinosos C&B Metabond e Enforce, sendo que o cimento de ionômero de vidro convencional Ketac-Cem apresentou a menor resistência à fratura.

HOLAND *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 $70 \pm 5\%$ em volume, em comparação com $35 \pm 5\%$ 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.

BARGHI *et al.*, em 2000, avaliaram o efeito do tratamento térmico da cerâmica silanizada, e o tempo entre a silanização e o procedimento de união sobre a resistência ao cisalhamento entre cerâmica e resina composta. Foram confeccionados 180 amostras (12 mm de comprimento x 12 mm de largura x 2 mm de espessura) da cerâmica VMK 68 (Vita), sendo desgastadas com lixas de carbeto de silício de granulação 240, 320, 400 e 600, formando superfície plana. As amostras foram divididas aleatoriamente em 6 grupos e 18 subgrupos de 10 amostras cada. Foi empregado um agente de silanização experimental e três comerciais, Mirage (Chameleon), Scotchbond Ceramic Primer (3M) e Silanit (Vivadent). As amostras não silanizadas serviram como grupo controle. Para o silano experimental, as amostras foram submersas na solução por 3 minutos e deixadas secar na bancada por 1 hora, sendo então aquecidas sob vácuo por 60 minutos a 60° C em um forno de cerâmica. Os silanos comerciais foram aplicados sobre a superfície da cerâmica seguindo as instruções dos fabricantes. No caso do silano Mirage, em um grupo foi seguida a recomendação do fabricante e, em outro grupo, foi realizado o aquecimento da cerâmica silanizada como no grupo experimental. Dez amostras de cada grupo foram unidas a um cilindro de resina composta Mirage FLC (Chameleon) com 2,97 mm de diâmetro x 2 mm de altura após 3 minutos. Os outros subgrupos com dez amostras cada foram armazenados em um recipiente selado por 24 horas e 1 semana, respectivamente, antes do procedimento de união. Após o procedimento de união, os corpos-de-prova foram

armazenados em solução salina a 2% a 37° C por 1 semana e submetidos ao teste de cisalhamento numa máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 5mm/minuto. O tipo de fratura foi determinado em microscópio ótico em aumento de 10 vezes. Todos os grupos mostraram resistência de união significativamente maior do que o grupo controle aos 3 minutos, 24 horas e 1 semana. Os grupos tratados pelo aquecimento da cerâmica silanizada apresentaram aumento na resistência de união após 24 horas quando comparado com os valores obtidos após 3 minutos, e mantiveram valores de resistência de união significativamente maiores após 1 semana. Para os grupos tratados com os silanos Mirage, sem aquecimento, e Scotchbond Ceramic Primer não houve diferença estatística nos valores de resistência de união nos três tempos. No grupo do Silanit houve diminuição da resistência de união com o atraso no procedimento de união. No grupo controle as falhas foram 100% adesivas e, nos demais grupos, ocorreram falhas coesivas na cerâmica e/ou adesivas.

3- PROPOSIÇÃO

Frente à importância da união entre os materiais de fixação e a superfície da cerâmica na longevidade clínica das restaurações, este trabalho teve como objetivos:

- 1 - Avaliar a resistência de união entre a cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 e materiais de fixação, nas variáveis:
 - 1.1- Materiais de fixação (cimento resinoso Rely X e cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM);
 - 1.2- Tratamentos de superfície (condicionamento com ácido fluorídrico 10%, e jateamento com óxido de alumínio 50 μm e 100 μm);
 - 1.3- Aplicação do silano ou não.

- 2 - Analisar o tipo de falha ocorrido nos grupos.

4 - MATERIAIS E MÉTODO

4.1 - Materiais

A descrição dos materiais, nome comercial e fabricante estão listados na Tabela 1, e a composição e lote na Tabela 2.

Tabela 1 - Descrição dos materiais utilizados no estudo.

MATERIAIS	NOME COMERCIAL	FABRICANTE
Cerâmica	IPS Empress 2	Ivoclar AG, Liechtenstein
Cimento resinoso	Rely X	3 M Dental Products Division, St. Paul, MN, USA
Cimento de ionômero de vidro modificado por resina	ProTec CEM	Vivadent, Liechtenstein
Adesivo	Single Bond	3 M Dental Products Division, St. Paul, MN, USA
Silano	Scotchbond Ceramic Primer	3 M Dental Products Division, St. Paul, MN, USA
Óxido de alumínio 50 μ m	Óxido de alumínio 50 μ m	BioArt Equipamentos Odontológicos Ltda, SP, Brasil
Óxido de alumínio 100 μ m	Óxido de alumínio 100 μ m	Pasom, Ind. e Com. de Materiais Odontológicos Ltda., SP, Brasil
Ácido fluorídrico 10%	Ácido fluorídrico 10%	Dentsply, Ind. e Com. Ltda., RJ, Brasil

Tabela 2 – Descrição da composição e lote.

NOME COMERCIAL	COMPOSIÇÃO	LOTE
IPS Empress 2 (infra-estrutura)	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , La ₂ O ₃ , MgO, ZnO, K ₂ O, Li ₂ O, P ₂ O ₅	DG 7298004
Single Bond	HEMA, Bis-GMA, água, etanol, DMA, fotoiniciador, ácido polialcenoico, ácido politacônico	07020/9EA
Scotchbond Ceramic Primer	γ-metacriloxipropiltrimetoxi- silano hidrolisado	08133
Rely X	Pasta A: Bis-GMA, TEGDMA, partículas de zircônio/silica, fotoiniciador, pigmentos. Pasta B: Bis- GMA, TEGDMA, partículas de zircônio/silica, peróxido de benzoíla.	07020/AXAX
ProTec CEM	Pó: Vidro de fluorsilicato de bário e alumínio, trifluoreto de itérbio, dióxido de silício, iniciadores, pigmentos. Líquido: Ácido poliacrílico modificado por metacrilato, HEMA, dimetacrilato, água.	36430
Óxido de alumínio	Óxido de alumínio 50μm	103682-4
Óxido de alumínio	Óxido de alumínio 100μm	00729
Ácido fluorídrico 10%	Ácido fluorídrico, água, espessante e corante	24556

Informações do fabricante (bula)

4.2 – Método

4.2.1 - Confeção dos discos em cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2

Foram obtidos 240 discos em cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 (Figura 1e). Os discos foram confeccionados utilizando uma matriz metálica tronco-cônica com 2,50 mm de altura por 7 mm no maior diâmetro e 5,30 mm no menor diâmetro (Figura 1a).

Inicialmente, cera tipo II (Thowax – Alemanha) foi liquefeita (Bredent, Tipo 55 – Senden, Alemanha) e vertida no interior da matriz metálica para obtenção dos padrões de cera. Posteriormente, dois padrões de cera foram unidos entre si por intermédio de um segmento cilíndrico de cera com 3 mm de diâmetro x 3 mm de comprimento, e um conduto de alimentação com 3 mm de diâmetro x 6 mm de comprimento foi centralizado na face externa de um dos padrões de cera. Em seguida, esse formador do conduto de alimentação foi fixado no cilindro plástico com 12,2 mm de diâmetro x 30 mm de altura, de modo que três pares de padrões de cera fossem posicionados no cilindro plástico com uma inclinação de 60° em relação ao plano horizontal (Figura 1b). 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 tubo confeccionado com papel especial para confinar o revestimento IPS Empress 2 foi posicionado na base. Um total de três pares de padrões de cera foram posicionados em cada anel.

Os padrões de cera foram incluídos com revestimento à base de fosfato IPS Empress 2 *Speed* (Ivoclar) (Figura 1c), na proporção de 100 gramas de pó x 16 ml

de líquido (Ivoclar) e 11 ml de água destilada, espatulado mecanicamente a vácuo, por 2 minutos num espatulador Multivac 4 (Degussa Co., Alemanha). Uma base plástica (50 mm de diâmetro interno x 56 mm 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 no forno EP 500 (Ivoclar). Após a presa do revestimento, o anel de papel, o formador do conduto e as bases foram removidos. Em seguida, a confecção dos discos em cerâmica foi procedida da seguinte forma:

1- o bloco de revestimento juntamente com o êmbolo de óxido de alumínio (12 mm de diâmetro x 27 mm de altura) foram levados ao forno elétrico (7000-5P, EDG Equipamentos e Controles Ltda, São Carlos) pré-aquecido a 850° C e mantidos por 90 minutos para eliminação da cera e expansão do revestimento;

2- em seguida, o bloco de revestimento foi removido do forno e imediatamente um lingote da cerâmica IPS Empress 2 (cor 400) foi posicionado no conduto juntamente com o êmbolo de óxido de alumínio e levados ao forno EP 500 (Ivoclar) e mantidos por 20 minutos à temperatura de 920° C (Figura 1d). 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 carbetto de silício, o bloco de revestimento foi cortado ao meio. Em seguida, os discos em cerâmica foram desincluídos utilizando aparelho (Oxyker Dry – Flli Manfredi) com partículas de vidro de 50 µm de diâmetro usando uma pressão de 4 bars para remoção bruta do revestimento, e 2 bars para remoção do revestimento próximo dos discos. A

seguir, os discos foram limpos em ultra-som com agente de limpeza Invex (Ivoclar) por 10 minutos, seguido de lavagem em água corrente, secos com jatos de ar e jateados com partículas de óxido de alumínio 100 μm com pressão de 1 bar. Posteriormente, o conduto de alimentação foi removido com disco de diamante (006, Bracar) e a região do conduto foi submetido ao acabamento com uma broca cilíndrica de diamante.

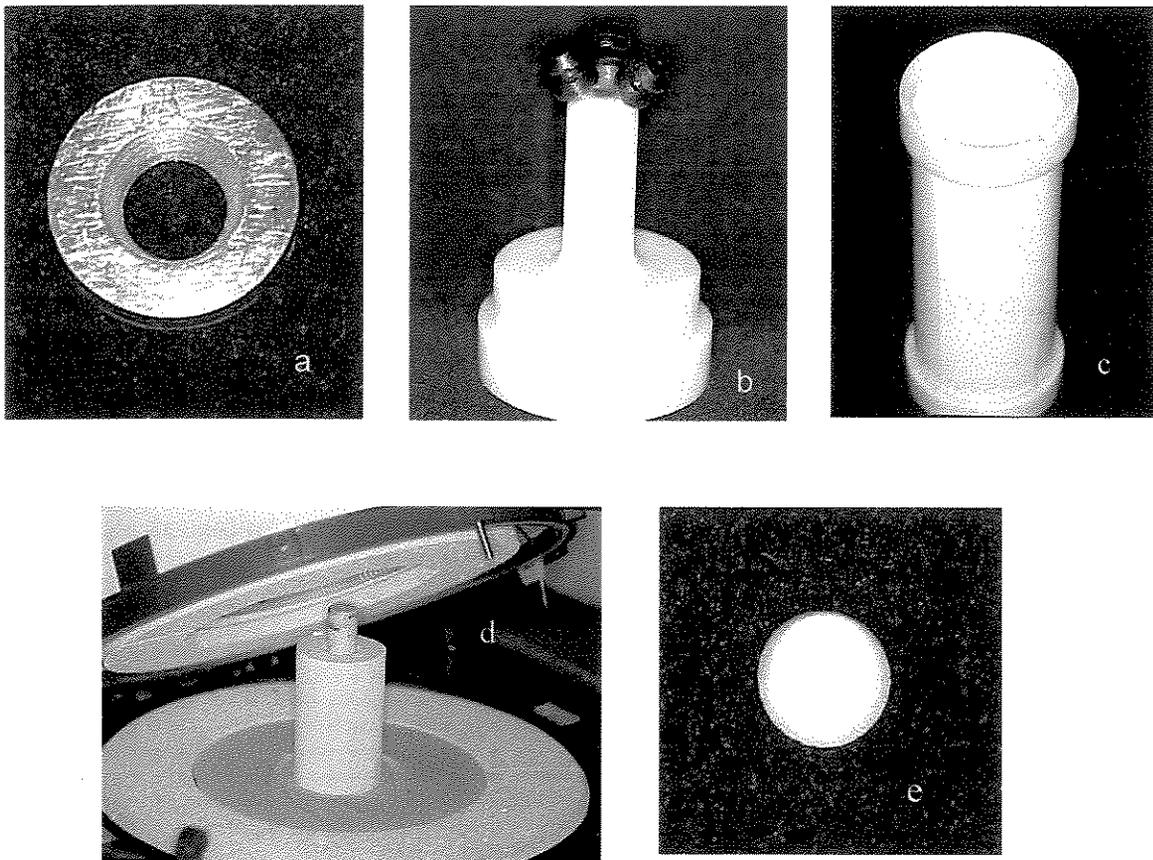


Figura 1 - Confeção dos discos em cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2: a) matriz metálica; b) padrões de cera fixados no formador do conduto; c) padrões de cera incluídos no revestimento; d) bloco de revestimento com êmbolo de óxido de alumínio no forno EP500; e, e) disco.

4.2.2 – Preparo dos corpos-de-prova para o ensaio de resistência à tração

Inicialmente, os discos em cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 foram fixados com cera utilidade no centro de um cilindro metálico com 40 mm de diâmetro por 60 mm de altura, com um orifício central de 5,80 mm de diâmetro por 1 mm de profundidade. O disco foi adaptado no cilindro, de modo que a base maior ficou exposta 1,5 mm (Figura 2). Um rebaixo no cilindro metálico, estabelecendo uma superfície de 2 mm de altura por 17 mm de diâmetro, permitiu a adaptação de um tubo de P.V.C. com 17 mm de diâmetro interno por 30 mm de altura. Dessa maneira, o disco de cerâmica ficava centralizado na extremidade do tubo de P.V.C.. Em seguida, a resina acrílica ativada quimicamente de cor rosa Jet Set (Clássico), proporcionada e preparada de acordo com as recomendações do fabricante, foi vertida no interior do tubo de P.V.C. na fase arenosa. Após a polimerização da resina, o conjunto foi removido do cilindro metálico.



Figura 2: Disco de cerâmica posicionado na matriz metálica.

Em seguida, o disco incluído em resina acrílica (Figura 3) foi levado num torno de bancada (TR-600) para remoção da borda do tubo de P.V.C. e parte da resina acrílica circundante, com intuito de permitir a remoção dos excessos de material durante o procedimento de fixação.

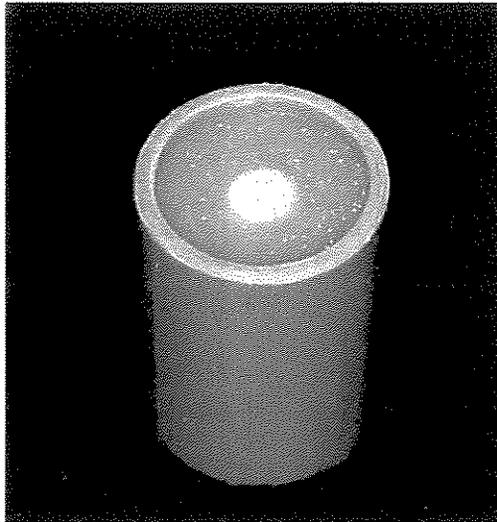


Figura 3: Disco de cerâmica incluído em resina acrílica ativada quimicamente.

Posteriormente, os cilindros de resina acrílica contendo os discos de cerâmica foram posicionados individualmente na região central de uma base metálica circular, medindo 20,5 mm de diâmetro interno x 75 mm de diâmetro externo x 20 mm de altura (Figura 4a). A superfície da cerâmica foi mantida paralela à superfície da base metálica em posição fixa por meio de um parafuso inserido na face lateral da base metálica.

Em seguida, com auxílio de uma politriz (APL-4, Arotec Ind. e Com. Ltda) e lixas de carvão de silício (Carburundum) de granulação número 400 e 600, a superfície da cerâmica recebeu acabamento com leve pressão, sob refrigeração,

usando como base o suporte metálico (Figura 4b), até conseguir uma área plana com diâmetro de 5,50 mm, o que era controlado com o uso de um paquímetro digital (Mitutoyo), com precisão de 0,01 mm.

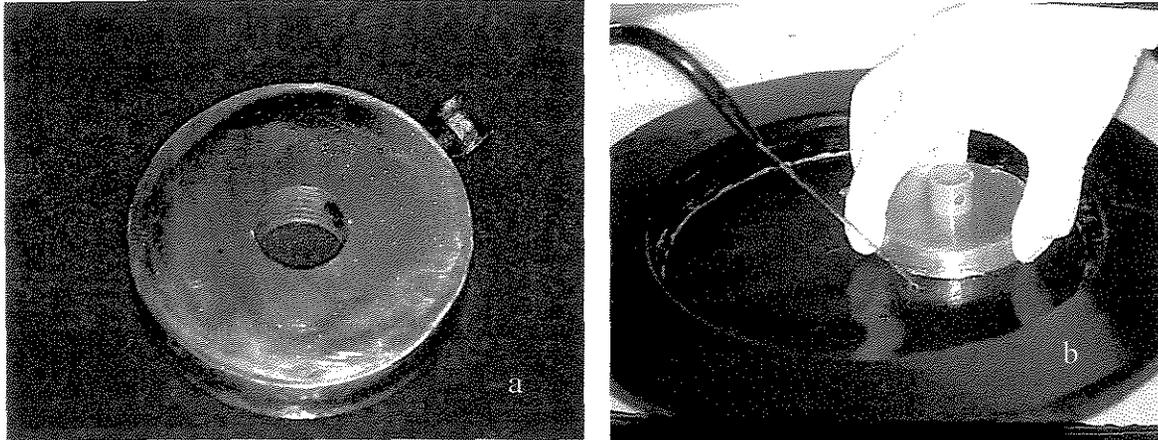


Figura 4: Acabamento da superfície dos discos de cerâmica: a) base metálica para fixação do disco de cerâmica incluído em resina acrílica; b) acabamento da superfície da cerâmica na politriz.

Em metade dos cilindros em resina acrílica foi confeccionado um orifício transversal, com 5 mm de diâmetro, distante 5 mm da base inferior, com uma furadeira de bancada (FG-13, Ferrari, São Carlos, São Paulo) (Figura 5a). A perfuração ficou perpendicular ao longo eixo do cilindro, permitindo que o sistema de tração o fixasse à máquina de ensaio. Na outra metade dos cilindros foi confeccionado um entalhe de 5 mm de largura e 5 mm de profundidade em toda a circunferência do cilindro (Figura 5b).

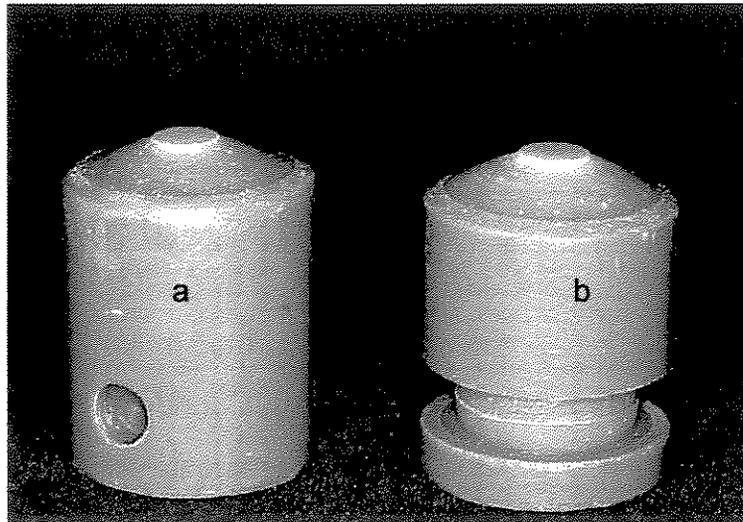


Figura 5 – Cilindro de resina acrílica com perfuração lateral (a) e com entalhe (b).

A seguir, a superfície da cerâmica recebeu jateamento com óxido de alumínio de 100 μm por 5 segundos com pressão de 2 bars e a uma distância de 10 mm com aparelho Oxyker Dry (Fili Manfredi), seguido de limpeza em ultra-som com água durante 20 minutos.

Em seguida, os pares de cilindros de resina acrílica foram divididos aleatoriamente em 12 grupos, com 10 pares cada, conforme o tratamento de superfície e o material de fixação empregados, em associação ou não com o silano (Quadro 1).

Quadro 1 - Descrição da divisão dos grupos de ensaio utilizados neste estudo com os respectivos tratamentos de superfície.

GRUPO	(n)	Material de Fixação	Tratamento	Silano
1	10	Single Bond e Rely X	Jateamento 100 μm , 5 seg.	Não
2	10	Single Bond e Rely X	Jateamento 100 μm , 5 seg.	Sim
3	10	Single Bond e Rely X	Jateamento 50 μm , 5 seg.	Não
4	10	Single Bond e Rely X	Jateamento 50 μm , 5 seg.	Sim
5	10	Single Bond e Rely X	Ácido Fluorídrico 10%, 20 seg.	Não
6	10	Single Bond e Rely X	Ácido Fluorídrico 10%, 20 seg.	Sim
7	10	ProTec CEM	Jateamento 100 μm , 5 seg.	Não
8	10	ProTec CEM	Jateamento 100 μm , 5 seg.	Sim
9	10	ProTec CEM	Jateamento 50 μm , 5 seg.	Não
10	10	ProTec CEM	Jateamento 50 μm , 5 seg.	Sim
11	10	ProTec CEM	Ácido Fluorídrico 10%, 20 seg.	Não
12	10	ProTec CEM	Ácido Fluorídrico 10%, 20 seg.	Sim

4.2.3 - Tratamento da superfície dos discos de cerâmica e procedimento de união.

Grupo 1 - Sobre a superfície da cerâmica jateada com óxido de alumínio de 100 μm , foi aplicada uma camada do adesivo Single Bond (3M), seguido de leve jato de ar por 5 segundos e fotoativação por 10 segundos com aparelho XL 1500 (3M), com intensidade de luz de 500mW/cm², aferida com radiômetro (Demetron, modelo 100).

Posteriormente, o cimento resinoso Rely X (3M) foi manipulado de acordo com as instruções do fabricante e aplicado sobre a superfície da cerâmica. Após a

aplicação do cimento resinoso, os discos de cerâmica foram unidos em pares, com auxílio de um posicionador de resina acrílica medindo 55 mm de altura e 45 mm de diâmetro externo, contendo, no sentido longitudinal, uma perfuração central de 20 mm de diâmetro, onde os cilindros foram inseridos (Figura 6). Os pares constituindo o corpo-de-prova foram formados por um cilindro em resina acrílica com perfuração e, outro, com entalhe.

Uma vez colocado no interior do posicionador, o conjunto foi submetido a uma força de compressão de 500 gramas, mantida durante 1 minuto com auxílio de uma prensa manual. Após remoção dos excessos com um pincel, o cimento resinoso foi fotoativado por 40 segundos em cada uma das quatro janelas laterais eqüidistantes existentes no posicionador plástico, totalizando 160 segundos de exposição à luz visível (Figura 6).

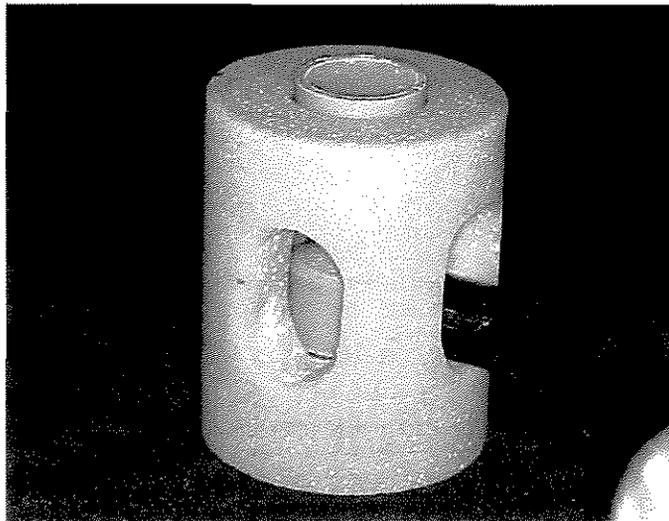


Figura 6 – Posicionador de resina acrílica com corpo-de-prova no orifício central, e a fotoativação do cimento resinoso sendo realizada pelo orifício lateral.

Grupo 2 - Na superfície de vinte discos de cerâmica foi aplicado o agente de silanização Scotchbond Ceramic Primer (3M) durante 2 minutos e seco com leve jato de ar por 5 segundos, seguido da aplicação do adesivo Single Bond e do procedimento de união como descrito para o grupo 1.

Grupos 3 e 4 - A superfície de quarenta discos foi jateada com óxido de alumínio de 50 μm , durante 5 segundos, utilizando um aparelho Sandblaster micro etch (Buffalo Dental Syosset, NY) com pressão de 4 bars, a distância de 10 mm, seguido pela limpeza em ultra-som com água por 20 minutos. Em seguida, a superfície da cerâmica foi seca com jato de ar por 30 segundos. Para o grupo 3, sobre a superfície dos discos de cerâmica foi aplicada uma camada do adesivo Single Bond (3M), seguido de leve jato de ar por 5 segundos e fotoativação por 10 segundos. Em seguida, o procedimento de fixação foi realizado como descrito para o grupo 1. Para o grupo 4, a superfície dos discos de cerâmica foi recoberta com o agente de silanização Scotchbond Ceramic Primer como descrito para o grupo 2, seguido pela aplicação do adesivo Single Bond e procedimento de fixação como descrito para o grupo 1.

Grupos 5 e 6 - A superfície de quarenta discos de cerâmica foi condicionada com o ácido fluorídrico a 10% por 20 segundos, sendo então lavada em água pelo tempo de 1 minuto, seguido de limpeza em ultra-som com água por 20 minutos. Em seguida, a superfície da cerâmica foi seca com jato de ar durante 30 segundos. Para o grupo 5 foi aplicado o adesivo Single Bond, sendo o procedimento de fixação realizado como descrito para o grupo 1. Para o grupo 6 foi aplicado o agente de silanização Scotchbond Ceramic Primer como descrito para

o grupo 2, seguido da aplicação do adesivo Single Bond e procedimento de fixação como descrito para o grupo 1.

Os **Grupos de 7 a 12** receberam os mesmos tratamentos superficiais realizados nos grupos de 1 a 6 conforme Quadro 1. Entretanto, o material de fixação empregado foi o cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM (Denstsply) que foi manipulado de acordo com as recomendações do fabricante e aplicado sobre a superfície da cerâmica. Os discos foram fixados aos pares empregando o mesmo posicionador descrito anteriormente. O conjunto foi submetido a uma força de compressão de 500 gramas que foi mantida durante 4 minutos com auxílio de uma prensa manual. Após, os excessos foram removidos com uma sonda exploradora com ponta romba.

Após o procedimento de fixação, os corpos-de-prova (Figura 7) obtidos pela união com o cimento resinoso Rely X foram armazenados em água imediatamente após a fotoativação e, os obtidos pela união com o cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM, 10 minutos após iniciada a manipulação do cimento. O tempo de armazenagem foi de 24 horas a 37° C em estufa (Fabem Ltda). Decorrido este período, os corpos-de-prova foram submetidos a 500 ciclos térmicos na máquina MCT 2 (AMM Instrumental) por um tempo de imersão de 1 minuto em cada banho (5° C e 55° C).

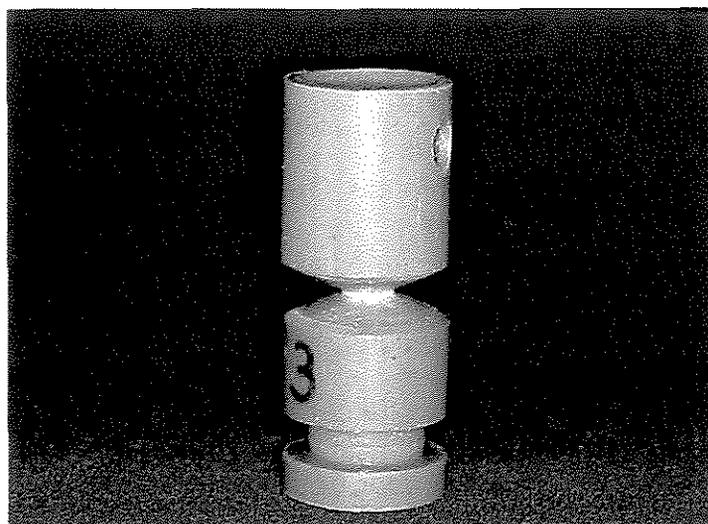


Figura 7 – Corpo-de-prova após procedimento de fixação.

4.2.4 - Ensaio de resistência à tração

Decorridos os prazos de armazenagem e ciclagem térmica, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de resistência à tração utilizando uma máquina de ensaio universal Instron (Modelo 4411) com velocidade de 1 mm/minuto até ocorrer a falha. Para realização do teste, uma garra metálica possuindo um rolamento axial foi fixada ao corpo-de-prova através do entalhe confeccionado na extremidade do cilindro plástico. A fixação da região inferior do corpo-de-prova foi realizada através de uma haste metálica, a qual foi atravessada no orifício confeccionado transversalmente na extremidade do outro cilindro plástico (Figura 8). Os valores de resistência à tração foram registrados em kgf. Em seguida, foi calculado o valor de resistência à tração em kgf/cm^2 , através da seguinte fórmula:

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

R = resistência à tração
F = carga necessária para fratura
A = área de união

Posteriormente, os valores de resistência à tração em kgf/cm^2 foram transformados em MPa.

Um total de 10 corpos-de-prova foram confeccionados para cada grupo, perfazendo um total de 120 corpos-de-prova.

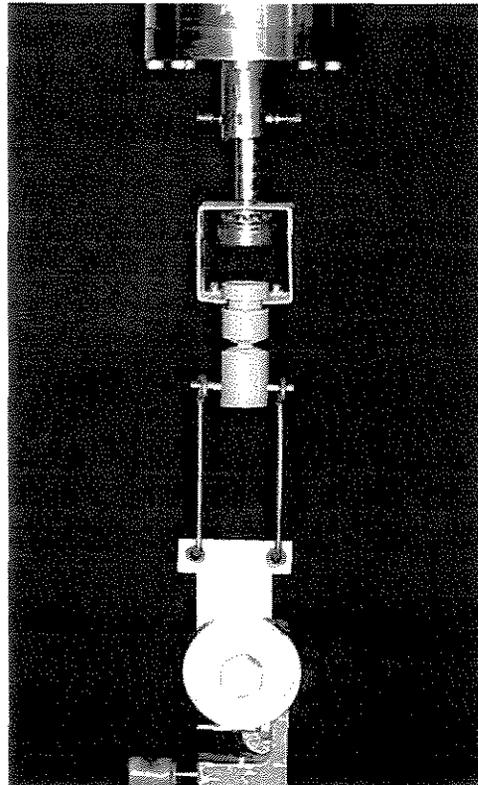


Figura 8 – Corpo-de-prova posicionado na máquina para o ensaio de tração.

4.2.5 - Análise Microscópica

4.2.5.1 – Análise por microscopia óptica

Após os ensaios de resistência à tração, a superfície da cerâmica foi examinada com Lupa Estereoscópica (Carl Zeiss) em aumento de 20 vezes para determinar o padrão de falha na interface cerâmica/material de fixação, sendo classificada da seguinte forma: adesiva, rompimento da união na interface cerâmica/material de fixação; coesiva, rompimento no material de fixação, ficando os mesmos unidos às duas superfícies de cerâmica que compõem o corpo-de-prova; e mista, adesiva e coesiva no material de fixação.

4.2.5.2 – Análise por microscopia eletrônica de varredura

Um par de discos em cerâmica representativo de cada padrão de falha foi removido do embutimento em resina acrílica, limpo com leves jatos de ar e coberto com ouro-paládio, sob alto vácuo (Balzers-SCD 050, Alemanha) para observação em microscópio eletrônico de varredura (LEO 435 VP, Inglaterra) em aumento de 35 vezes.

Foram confeccionados três discos adicionais da cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2. Cada um dos discos teve a superfície tratada, respectivamente, com o jateamento com óxido de alumínio de 100 μm , jateamento com óxido de alumínio de 50 μm e condicionamento com ácido fluorídrico a 10% como descrito anteriormente. A seguir, os discos em cerâmica foram revestidos com liga de

ouro-paládio sob alto vácuo para observação em microscópio eletrônico de varredura (LEO 435 VP, Inglaterra) em aumento de 2.000 vezes.

5- RESULTADOS

5.1 Ensaio de resistência à tração

Os valores originais obtidos nos ensaios de resistência à tração da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, com os diferentes grupos, estão dispostos no apêndice (Quadros 2 a 13).

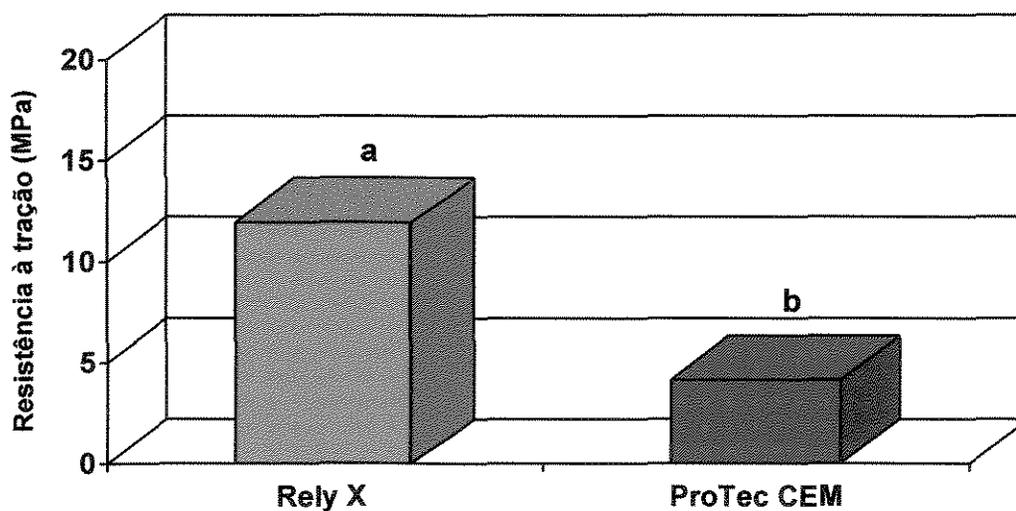
Para efeito de análise estatística, os seguintes fatores foram considerados: material de fixação, tratamento superficial e aplicação ou não do silano. Os valores médios de resistência à tração foram submetidos à Análise de Variância e posteriormente ao teste de Tukey, em nível de 5%.

A Tabela 3 e a Figura 9 mostram as médias de resistência à tração para cada material de fixação, independente da silanização e do tipo de tratamento superficial da cerâmica. O valor médio obtido com o cimento resinoso Rely X foi estatisticamente superior em relação ao cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM ($p < 0,05$).

Tabela 3 – Valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, independente da silanização e do tipo de tratamento superficial.

Materiais de Fixação	Média (MPa)	Desvio Padrão
Rely X	11,94 a	1,03
ProTec CEM	4,13 b	0,51

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.



Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

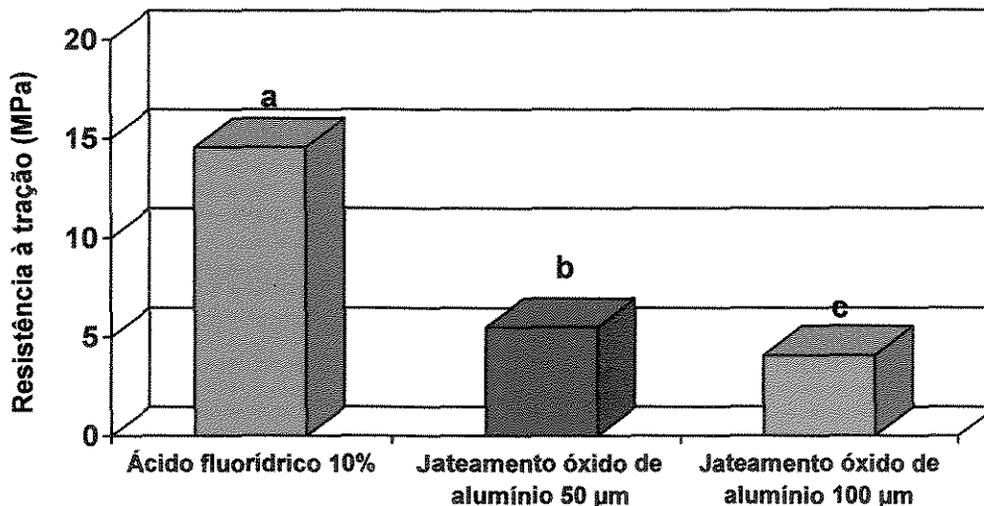
Figura 9 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, independente da silanização e do tipo de tratamento superficial.

Quando a resistência à tração da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação foi comparada entre os tipos de tratamentos superficiais, independente do material fixador e aplicação ou não do silano, os resultados (Tabela 4 e Figura 10) mostram que o ácido fluorídrico 10% proporcionou valores estatisticamente superiores ao jateamento com óxido de alumínio 50 μm e 100 μm ($p < 0,05$). Já, a superfície jateada com óxido de alumínio 50 μm foi estatisticamente superior à superfície jateada com óxido de alumínio 100 μm ($p < 0,05$).

Tabela 4 – Valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, para cada tratamento superficial, independente do material de fixação e aplicação ou não do silano.

Tratamento Superficial	Média (MPa)	Desvio Padrão
Ácido fluorídrico 10%	14,56 a	1,32
Jateamento óxido de alumínio 50 μm	5,47 b	0,70
Jateamento óxido de alumínio 100 μm	4,07 c	0,50

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.



Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

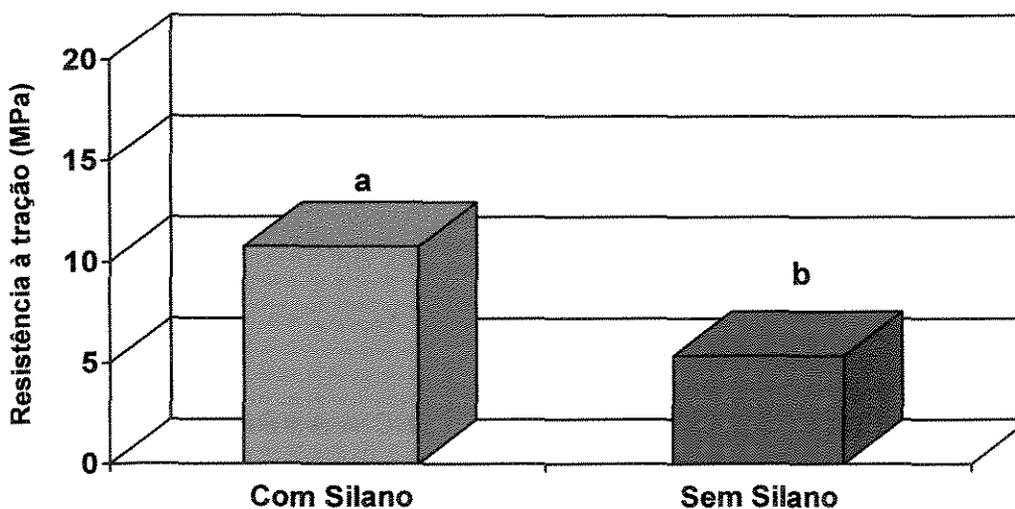
Figura 10 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, para cada tratamento superficial, independente do material de fixação e aplicação ou não do silano.

A Tabela 5 e a Figura 11 mostram os valores de resistência à tração da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, independente do material de fixação e tratamento superficial da cerâmica. As superfícies silanizadas mostraram valores estatisticamente superiores em relação às superfícies sem aplicação do silano ($p < 0,05$).

Tabela 5 – Valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, para superfícies com e sem aplicação do silano, independente do material de fixação e tratamento superficial.

Silano	Média (MPa)	Desvio Padrão
Com Silano	10,74 a	1,00
Sem Silano	5,33 b	0,76

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.



Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

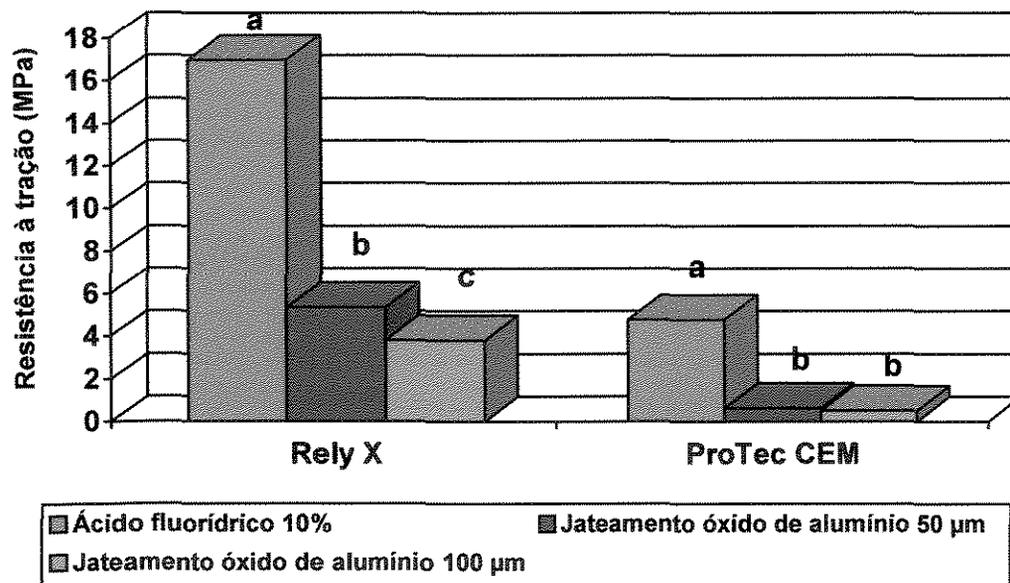
Figura 11 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, para superfícies com e sem aplicação do silano, independente do material de fixação e tratamento superficial.

A Tabela 6 e Figura 12 mostram as médias de resistência à tração da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, submetidos a diferentes tratamentos superficiais, para cada material fixador, sem aplicação do silano. Observa-se que os resultados de resistência à tração quando fixados com os cimentos Rely X e ProTec CEM em superfícies condicionadas com ácido fluorídrico 10% foram estatisticamente superiores aos outros dois tratamentos superficiais ($p < 0,05$). A superfície tratada com jateamento com óxido de alumínio de 50 μm mostrou resultado estatisticamente superior ao jateamento com óxido de alumínio de 100 μm quando a fixação foi realizada com Rely X ($p < 0,05$). Já para o ProTec CEM, nenhuma diferença foi observada entre o jateamento com óxido de alumínio de 50 μm e de 100 μm .

Tabela 6 – Valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, com diferentes tratamentos superficiais, sem aplicação do silano.

Tratamento Superficial	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)	
	Rely X	ProTec CEM
Ácido fluorídrico 10%	16,94 (1,40) a	4,75 (0,63) a
Jateamento óxido de alumínio 50 μm	5,35 (0,31) b	0,64 (0,05) b
Jateamento óxido de alumínio 100 μm	3,80 (0,28) c	0,51 (0,04) b

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey. Desvio padrão apresentado entre parênteses.



Barras seguidas por letras distintas para cada material para fixação diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

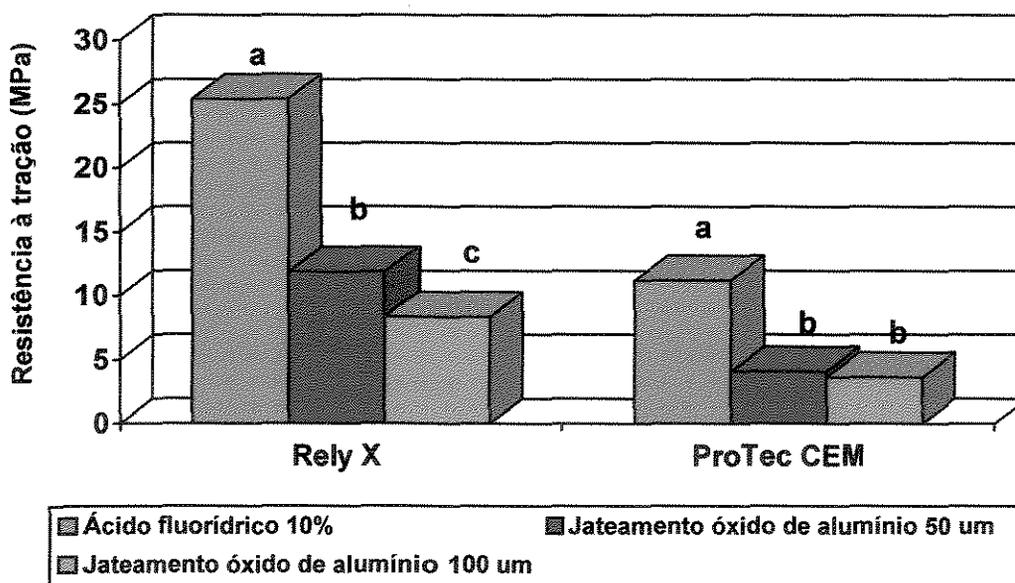
Figura 12 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, com diferentes tratamentos superficiais, sem aplicação do silano.

Quando foi aplicado o silano (Tabela 7 e Figura 13), os maiores valores de resistência à tração para os cimentos Rely X e ProTec CEM foram obtidos com o condicionamento com ácido fluorídrico 10%, sendo estatisticamente superiores em relação aos outros dois tratamentos de superfície ($p < 0,05$). O jateamento com óxido de alumínio de 50 µm proporcionou resistência de união estatisticamente superior ao jateamento com óxido de alumínio de 100 µm somente quando a fixação foi realizada com Rely X ($p < 0,05$). Já, para o ProTec CEM, nenhuma diferença estatística foi observada entre o jateamento com óxido de alumínio de 50 µm e de 100 µm.

Tabela 7 – Valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, com diferentes tratamentos superficiais, com aplicação do silano.

Tratamento Superficial	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)	
	Rely X	ProTec CEM
Ácido fluorídrico 10%	25,36 (1,23) a	11,20 (1,08) a
Jateamento óxido de alumínio 50 µm	11,84 (1,00) b	4,06 (0,46) b
Jateamento óxido de alumínio 100 µm	8,35 (0,87) c	3,61 (0,31) b

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey. Desvio padrão apresentado entre parênteses.



Barras seguidas por letras distintas para cada material para fixação diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Figura 13 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 / materiais de fixação, com diferentes tratamentos superficiais, com aplicação do silano.

5.2 – Análise Microscópica

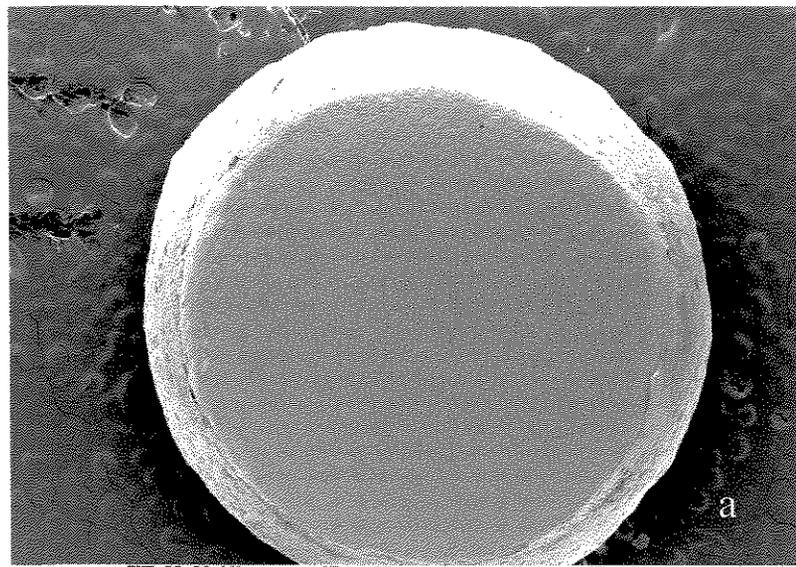
Microscopia óptica e eletrônica de varredura

Os resultados referentes à avaliação dos padrões de falha observados em microscopia óptica ocorridos nos corpos-de-prova submetidos ao ensaio de tração estão dispostos na Tabela 8 e no apêndice. O aspecto morfológico referente a cada padrão de falha obtido em microscopia eletrônica de varredura está representado nas Figuras 14 a 19, com aumento de 35 vezes. As figuras 20 a 22 mostram o aspecto da cerâmica tratada com aumento de 2.000 vezes e, a figura 23, com aumento de 10.000 vezes.

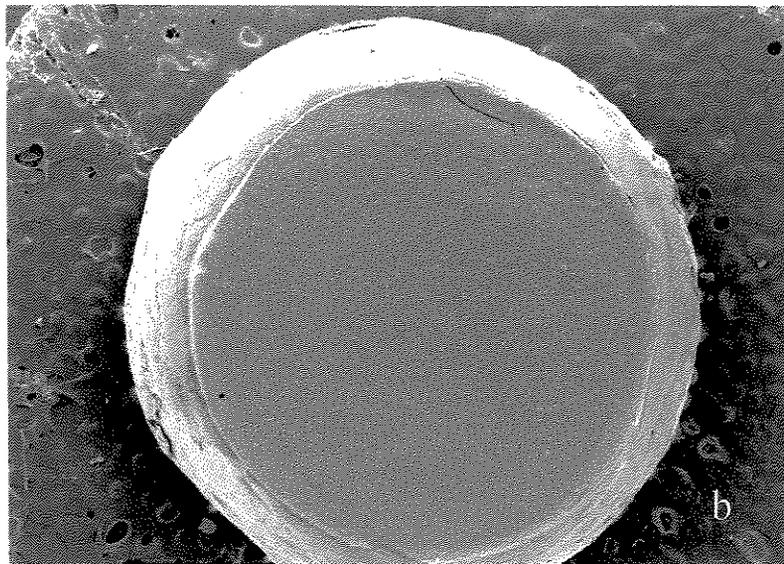
Nos grupos 7 e 9 houve falha do tipo adesiva na interface cerâmica / cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM em todos os corpos-de-prova (Figura 17) e, para o grupo 12, houve predominância de falha coesiva no cimento (Figura 19). Já para os demais grupos, o tipo de falha predominante foi mista, que era caracterizada por falha adesiva e coesiva no material de fixação (Figuras 15 e 18).

Tabela 8 – Padrão de falha ocorrido nos 120 corpos-de-prova em cada grupo experimental.

Grupo	Adesiva	Mista	Coesiva
1	3	7	-
2	-	10	-
3	3	7	-
4	-	10	-
5	-	10	-
6	-	8	2
7	10	-	-
8	1	8	1
9	10	-	-
10	-	9	1
11	-	8	2
12	-	2	8



EHT=20.00 kV WD= 35 mm Mag= 35 X
300μm Photo No.=7698 Detector= SE1



EHT=20.00 kV WD= 35 mm Mag= 35 X
300μm Photo No.=7697 Detector= SE1

Figura 14 – Falha adesiva em corpo-de-prova jateado com óxido de alumínio de 100 μm e fixado com Rely X (X35).

- a) Rompimento na interface cerâmica / material de fixação.
- b) Material de fixação unido à superfície do disco em cerâmica.

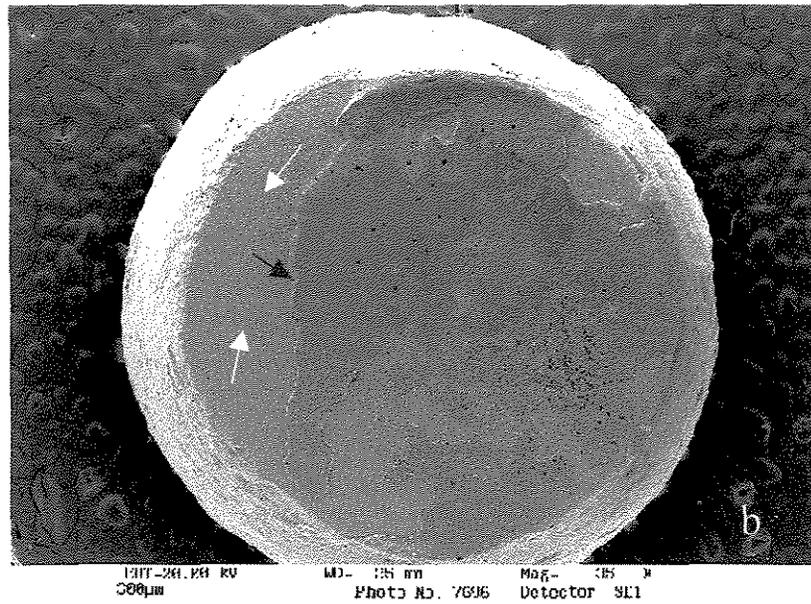
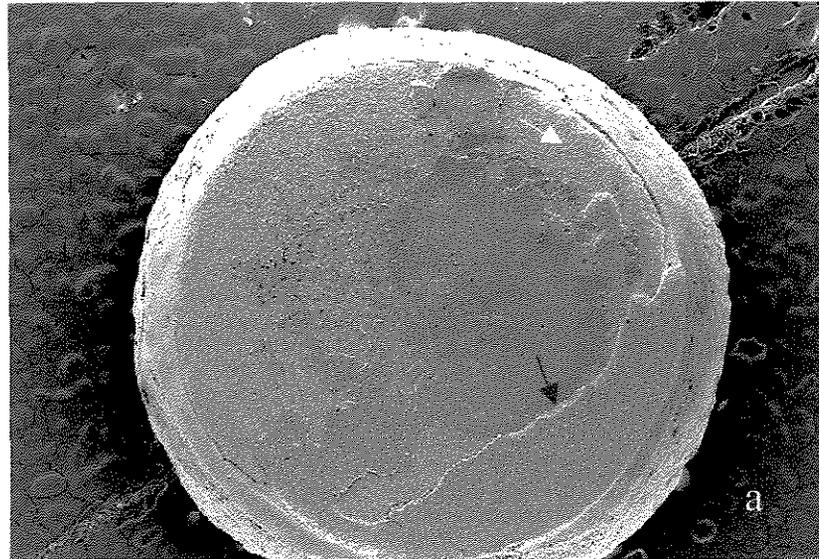


Figura 15 – Falha mista em corpo-de-prova jateado com óxido de alumínio de 50 µm, silanizado e fixado com Rely X (X35).

a) e b) - Falha adesiva (setas brancas) e coesiva no material de fixação (setas pretas).

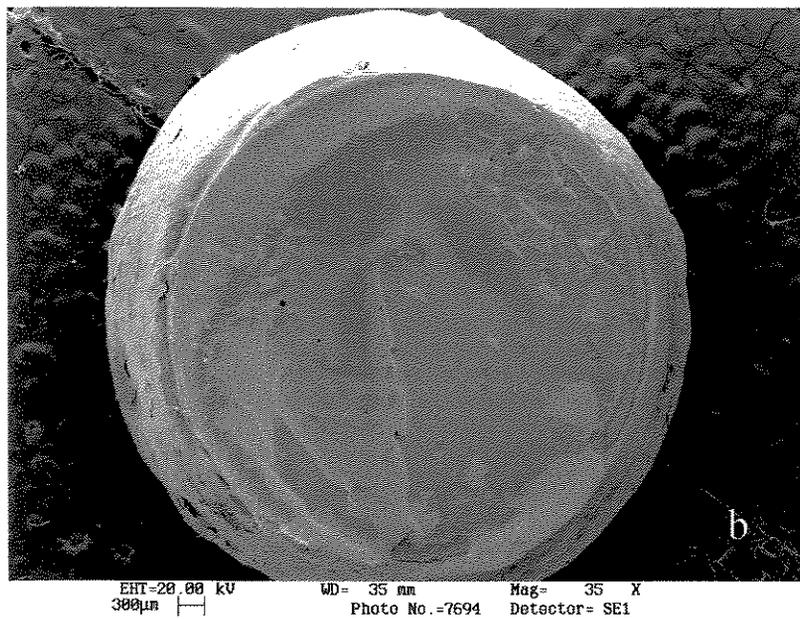
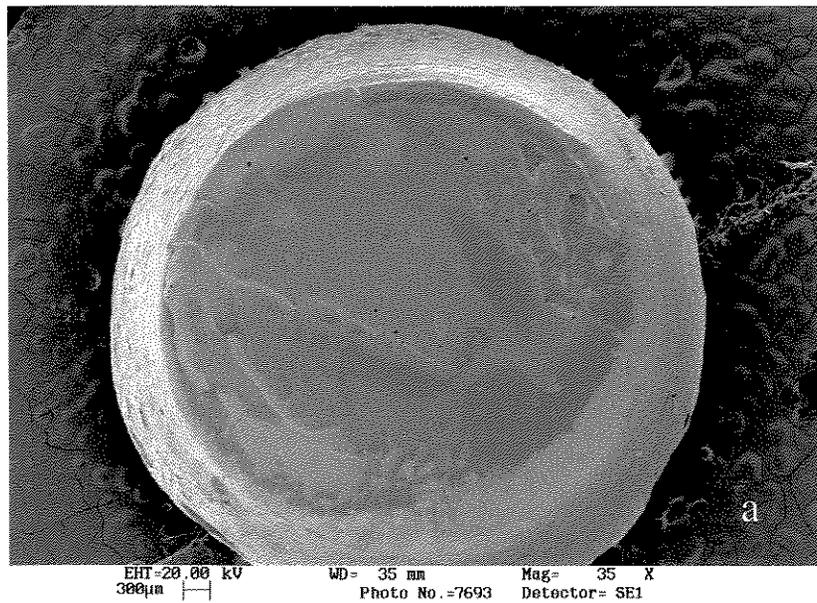
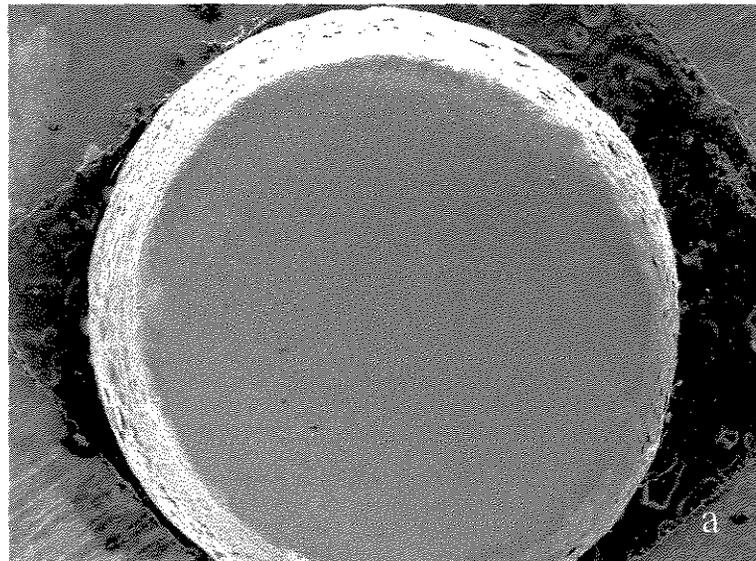
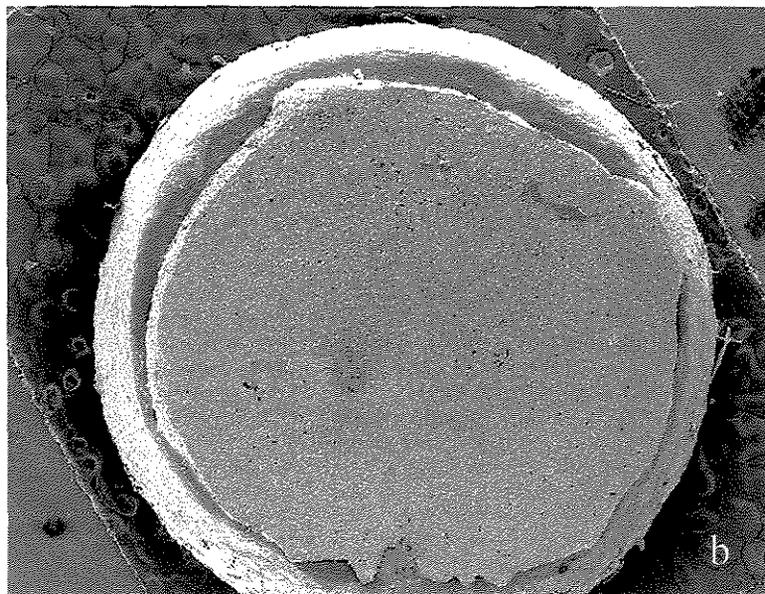


Figura 16 – Falha coesiva em corpo-de-prova condicionado com ácido fluorídrico 10% , silanizado e fixado com Rely X (X35).
a) e b) – Material de fixação unido a ambos os discos em cerâmica.



EHT=20.00 kV WD= 36 mm Mag= 35 X
300µm | Photo No. 7054 Detector= SE1



EHT=20.00 kV WD= 36 mm Mag= 35 X
300µm | Photo No. 7055 Detector= SE1

Figura 17 – Falha adesiva em corpo-de-prova jateado com óxido de alumínio de 100 µm e fixado com ProTec CEM (X35).

- a) Rompimento na interface cerâmica / material de fixação.
- b) Material de fixação unido à superfície do disco em cerâmica.

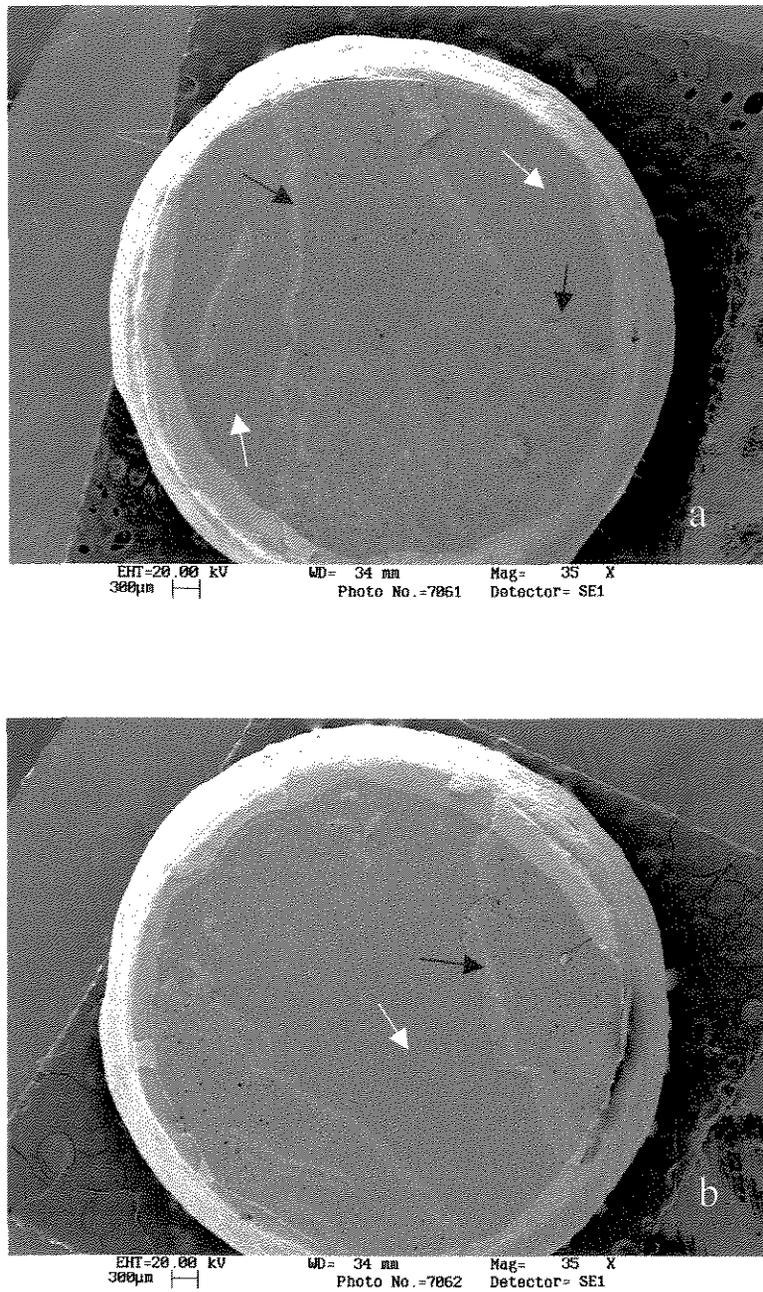


Figura 18 – Falha mista em corpo-de-prova jateado com óxido de alumínio de 100 µm, silanizado e fixado com ProTec CEM (X35).
a) e b) – Falha adesiva (setas brancas) e falha coesiva no material de fixação (setas pretas).

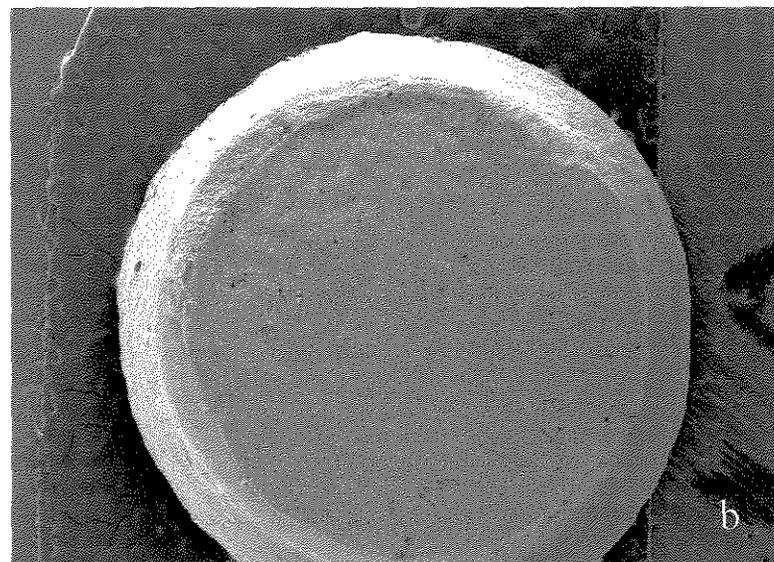


Figura 19 – Falha coesiva em corpo-de-prova condicionado com ácido fluorídrico 10%, silanizado e fixado com ProTec CEM(X35).

a) e b) – Material de fixação unido a ambos os discos em cerâmica.

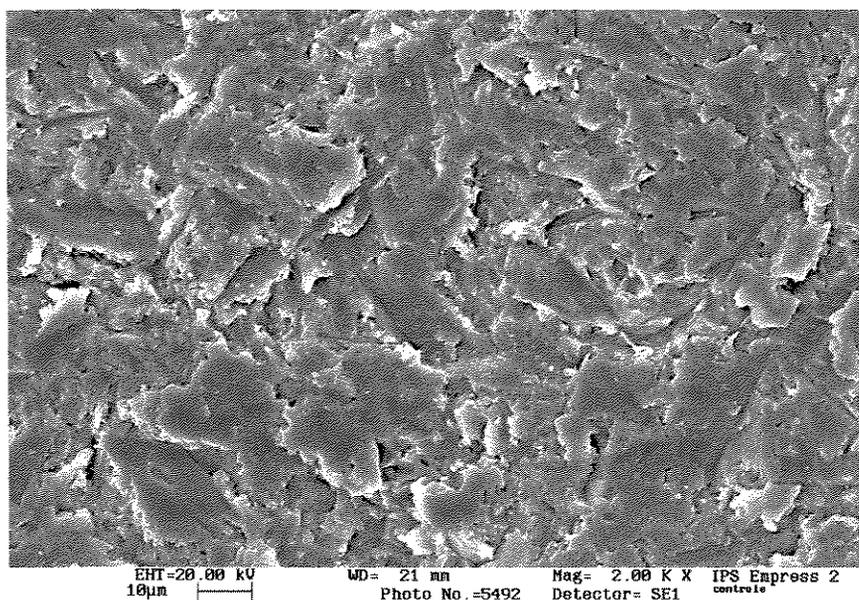


Figura 20 – Aspecto morfológico da superfície da cerâmica após jateamento com óxido de alumínio de 100 μm por 5 segundos com pressão de 2 bars (X2000).

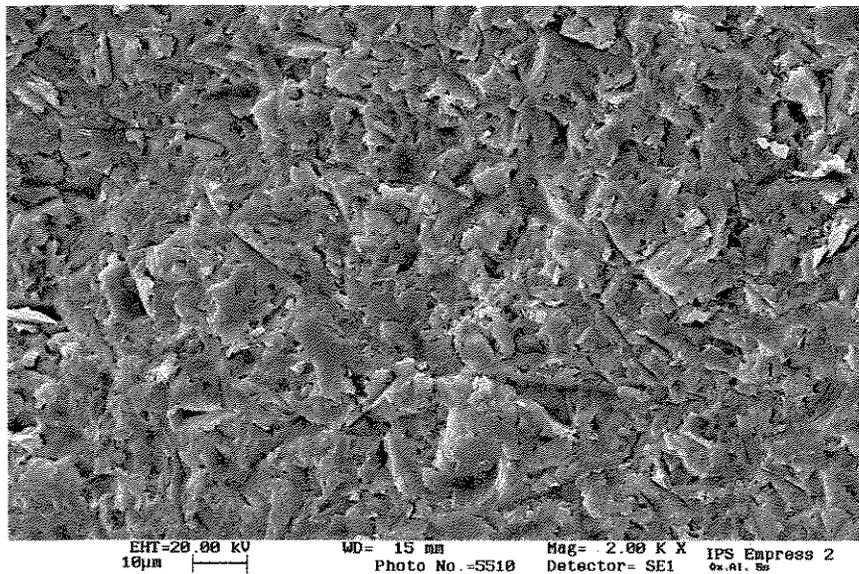


Figura 21 – Aspecto morfológico da superfície da cerâmica após jateamento com óxido de alumínio de 50 μm por 5 segundos com pressão de 4 bars (X2000).

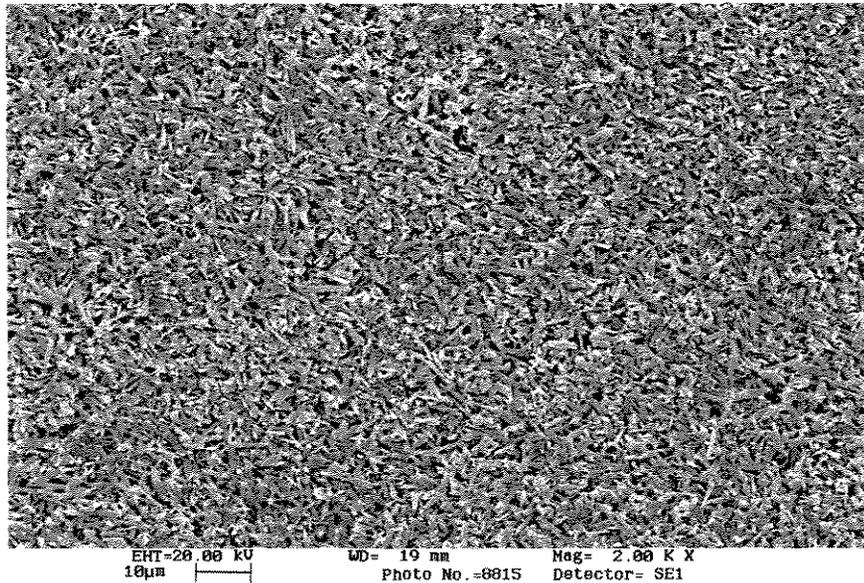


Figura 22 – Aspecto morfológico da superfície da cerâmica após o condicionamento com ácido fluorídrico 10% por 20 segundos (X2000).

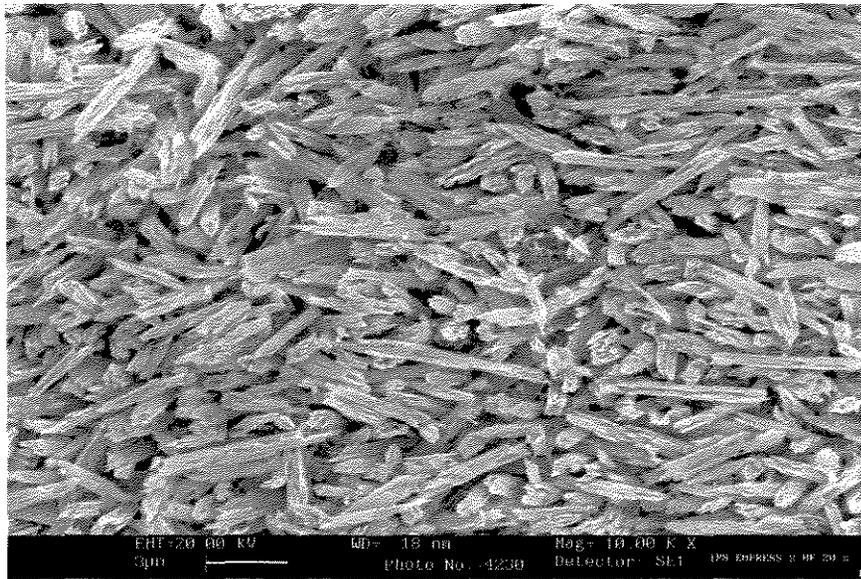


Figura 23 – Aspecto morfológico da superfície da cerâmica após o condicionamento com ácido fluorídrico 10% por 20 segundos, evidenciando os cristais de di-silicato de lítio (X10.000).

6- DISCUSSÃO

Os elementos protéticos confeccionados com a cerâmica IPS Empress 2 podem ser fixados ao preparo dentário pela técnica adesiva ou pela técnica convencional. Neste estudo, duas técnicas de fixação foram avaliadas, empregando o adesivo Single Bond (3M) associado com o cimento resinoso Rely X (3M) para a técnica adesiva, e o cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM (Vivadent), indicado pelo fabricante da cerâmica IPS Empress 2 no caso da fixação pela técnica convencional. Além disso, foi avaliada a influência de três tratamentos superficiais da cerâmica, assim como a aplicação ou não do silano, através do ensaio de resistência à tração.

De acordo com a Tabela 4 e Figura 10, os resultados mostraram que o condicionamento com ácido fluorídrico 10% da cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 proporcionou a maior média de resistência de união, com diferença estatística em relação ao jateamento com óxido de alumínio 50 μm e 100 μm , independente do material de fixação e do emprego ou não do silano ($p < 0,05$). De maneira similar, o emprego do ácido fluorídrico também tem sido relatado como um meio de condicionamento eficiente para a cerâmica feldspática (SULAIMAN *et al.*, 1993; ROULET *et al.*, 1995; CHEN *et al.*, 1998-a; KATO *et al.* 2000).

O condicionamento com ácido fluorídrico 10% por 20 segundos, além de limpar a superfície da cerâmica, alterou de forma significativa a morfologia superficial removendo a matriz vítrea e expondo os cristais de di-silicato de lítio, formando uma superfície irregular, como mostram as Figuras 22 e 23.

HÖLAND *et al.* (2000) enfatizaram que os cristais de di-silicato de lítio, os quais têm formato alongado e 0,5 a 4 μm de comprimento, correspondem à principal fase cristalina da cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2. A segunda fase cristalina são os cristais de ortofosfato de lítio, que não são visualizados na fotomicrografia pelo fato de serem removidos pelo condicionamento ácido. Esta é uma pequena fase cristalina caracterizada por cristais com aproximadamente 0,1 a 0,3 μm de diâmetro, localizada na matriz vítrea e na superfície dos cristais de di-silicato de lítio (pequenos orifícios na superfície destes cristais). A exposição da fase cristalina proporciona aumento na área de superfície e topografia superficial mais retentiva com formação de irregularidades pela remoção da matriz vítrea, em relação ao jateamento com óxido de alumínio, favorecendo maior penetração e retenção dos materiais de fixação. SIMONSEN & CALAMIA (1983) verificaram alteração morfológica da cerâmica feldspática condicionada pelo ácido fluorídrico, com aumento da área de superfície em função da formação de irregularidades, determinando aumento da capacidade de união da resina fluida à cerâmica. Provavelmente, devido à superfície ser mais retentiva, as falhas observadas tenham sido predominantemente mistas no presente estudo (Figuras 15 e 18).

A menor média de resistência de união foi obtida quando os materiais de fixação foram aplicados sobre a cerâmica tratada com jateamento com óxido de alumínio de 100 μm por 5 segundos com pressão de 2 bars (Tabela 4 e Figura 10), tratamento este realizado com o objetivo de reproduzir a topografia superficial da cerâmica como provinda do laboratório, a qual foi confirmada por intermédio de microscopia eletrônica de varredura. A explicação para a menor união encontra-se

na imagem obtida pela microscopia eletrônica de varredura (Figura 20), que evidencia topografia com padrão de irregularidade que não propicia superfície retentiva como a obtida com o condicionamento ácido (Figuras 22 e 23). Prova disto é o fato da ocorrência de falhas adesivas. Contudo, quando realizado o jateamento com óxido de alumínio de 50 μm por 5 segundos com pressão de 4 bars, observa-se aumento na irregularidade da superfície da cerâmica (Figura 21). Tal tratamento promoveu aumento significativo na resistência de união para a fixação com Rely X em relação ao jateamento com óxido de alumínio de 100 μm . Contudo, não foi observado aumento significativo na resistência de união para a fixação com ProTec CEM (Tabelas 6 e 7 e Figuras 12 e 13). Fato que pode ter contribuído para esta diferença é o emprego do adesivo Single Bond antes do cimento resinoso Rely X, o qual apresenta menor viscosidade e, portanto, maior capacidade de penetrar nas irregularidades da superfície da cerâmica formadas pelo jateamento com óxido de alumínio de 50 μm . Já o cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM é empregado sem adesivo e, devido à sua maior viscosidade, este cimento não apresentou a mesma capacidade de penetrar nas irregularidades obtidas pelo jateamento com óxido de alumínio de 50 μm .

Outro fator avaliado neste estudo foi a influência do silano na união entre a cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 e os materiais de fixação. Diversos agentes de silanização estão disponíveis no mercado, tanto os de frasco único, que já encontram-se hidrolizados, como os de dois frascos, em que a hidrólise é obtida momentos antes da aplicação sobre a cerâmica, através da mistura do conteúdo de ambos os frascos. Apesar da literatura mostrar que diferentes

resultados são obtidos em função do tipo de silano empregado (BAILEY, 1989; LU *et al.*, 1992), o presente estudo não teve a intenção de comparar a eficiência de diferentes silanos. Portanto, optou-se pelo silano Scotchbond Ceramic Primer (3M), por ser recomendado para uso com o adesivo Single Bond (3M) e cimento resinoso Rely X (3M), além do fato de ser de frasco único, o que simplifica a aplicação clínica.

Independente dos materiais de fixação empregados e do tipo de tratamento realizado na superfície da cerâmica, sempre houve aumento nos valores de resistência de união para os grupos que receberam a aplicação do silano (Tabela 5 e Figura 11). O mesmo comportamento foi observado com o emprego do silano sobre a cerâmica feldspática (CALAMIA & SIMONSEN, 1984; VALLITTU & FORSS, 1997; CHUNG *et al.*, 1999; BARGHI *et al.*, 2000), proporcionando aumento de 30% a 40% na resistência de união (PACHECO, 1995; CHAVES, 1999).

O silano é um monômero no qual o silício está ligado a radicais orgânicos reativos e a grupos monovalentes hidrolisáveis. Os radicais orgânicos reativos ligam-se quimicamente com moléculas de resina, como o HEMA encontrado tanto no adesivo Single Bond, como no cimento resinoso Rely X, assim como no cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM. Os grupos monovalentes hidrolisáveis unem-se quimicamente com o silício contido tanto na matriz vítrea como na fase cristalina de di-silicato de lítio da cerâmica de infraestrutura IPS Empress 2. Outro fator importante no aumento da união é a capacidade do silano em promover melhor umedecimento da superfície (ROSEN, 1978), levando ao maior contato e infiltração dos materiais de fixação nas

irregularidades causadas na superfície da cerâmica pelo jateamento ou pelo condicionamento com ácido fluorídrico (SÖDERHOLM & REETZ ,1996).

STOKES & HOOD (1989) demonstraram que o silano foi eficiente na redução da infiltração na interface resina / cerâmica após termociclagem. Apesar de não ser comparado o efeito do emprego ou não da termociclagem sobre a resistência de união, DIAZ-ARNOLD & AQUILINO (1989), APPELDOORN *et al.* (1993), KATO *et al.* (1996) demonstraram que, dependendo do tipo de silano empregado, a termociclagem pode ou não ter efeito significativo na redução da resistência de união entre a cerâmica e a resina composta. Segundo LU *et al.* (1992) esta diferença pode estar relacionada com o maior grau de hidrólise, assim como com a maior capacidade de determinados silanos umedecerem a superfície da cerâmica, proporcionando maiores valores de resistência de união. Isto poderia amenizar os efeitos deletérios provindos da termociclagem. STOKES *et al.* (1988) também enfatizaram que uma das possíveis explicações para a diferença de comportamento entre os produtos é o grau de permeabilidade da camada de silano, o que possibilitaria maior ou menor hidrólise da união entre o silício e o oxigênio na interface da cerâmica. O silano Scotchbond Ceramic Primer usado neste trabalho mostrou-se efetivo mesmo com regime de termociclagem rígido, ou seja, 500 ciclos com temperaturas de 5° C e 55° C por 1 minuto cada banho, visto que a predominância do padrão de falha foi misto (Figuras 15 e 18), ou coesivo no cimento resinoso, ou no cimento de ionômero de vidro, permanecendo estes materiais unidos aos discos de cerâmica (Figuras 16 e 19).

O condicionamento com ácido fluorídrico 10% na superfície da cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 associado com o silano mostrou maiores valores de

resistência de união. A superfície retentiva da cerâmica obtida com o ácido fluorídrico 10%, somado à união química proporcionada pelo silano, favoreceu união eficaz, o que talvez possa explicar a ocorrência de falhas coesivas no cimento resinoso em dois corpos-de-prova e falhas coesivas no cimento de ionômero de vidro modificado por resina em oito corpos-de-prova quando estes foram condicionados com ácido fluorídrico e silanizados (Figuras 16 e 19).

No caso da cerâmica feldspática, a associação do condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do silano também proporcionou maiores valores de resistência de união (LACY *et al.*, 1988; SHAHVERDI *et al.*, 1998; CHEN *et al.*, 1998-b; JARDEL *et al.*, 1999). Alguns estudos sugerem a não aplicação do ácido fluorídrico sobre a cerâmica feldspática, pois segundo os autores somente a aplicação do silano seria capaz de proporcionar valores comparáveis com o condicionamento ácido (ÖZDEN *et al.*, 1994; KAMADA *et al.*, 1998), assim como superar a própria resistência coesiva da cerâmica (HAYAKAWA *et al.*, 1992; AIDA *et al.*, 1995). O mesmo talvez não possa ser levado em consideração com a cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2, visto que a superfície retentiva promovida pelo ácido fluorídrico 10% foi essencial para obter os maiores valores de resistência de união. Outro fator importante que deve ser levado em consideração é a maior resistência coesiva da cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 em relação à cerâmica feldspática, onde apesar dos altos valores de resistência de união obtidos durante os ensaios de tração, não foi observada falha coesiva na cerâmica.

A média de resistência de união com o cimento resinoso Rely X foi estatisticamente superior em relação à fixação com o cimento de ionômero de

vidro modificado por resina ProTec CEM, independente do tratamento superficial e da aplicação ou não do silano (Tabela 3 e Figura 9). Uma das razões para esta diferença é o emprego do adesivo Single Bond, que é menos viscoso em relação ao ProTec CEM, tendo maior capacidade de penetrar nas irregularidades da superfície da cerâmica, proporcionando maior retenção mecânica. Outro fator importante está relacionado com as melhores propriedades do cimento resinoso em relação ao cimento de ionômero de vidro modificado por resina (SIDHU & WATSON, 1995; LI & WHITE, 1999; KNOBLOCH *et al.*, 2000). Isto pode ser comprovado pela associação do condicionamento com ácido fluorídrico 10% e silano, ocorrendo falhas coesivas no cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM em oito corpos-de-prova e, no cimento resinoso Rely X em dois corpos-de-prova (Tabela 8 e Figuras 16 e 19), sendo os valores de resistência de união sempre maiores para este último material (Apêndice, Quadros 7 e 13).

Estudos têm demonstrado que a fixação adesiva aumenta a resistência à fratura de elementos protéticos confeccionados com a cerâmica feldspática em comparação com o emprego dos cimentos de ionômero de vidro e fosfato de zinco (BURKE, 1995; GROTEN & PRÖBSTER, 1997). Isto ocorre pelo fato de que a união adesiva proporciona a formação de corpo único entre a cerâmica e a estrutura dentária remanescente, evitando a concentração das forças mastigatórias no corpo da cerâmica e permitindo a transmissão de tais forças. Isto é importante no caso da cerâmica feldspática que apresenta resistência flexural relativamente baixa, cerca de 60 a 80 MPa. Portanto, é uma exigência o emprego

do sistema adesivo e do cimento resinoso para a fixação de *inlays*, *onlays* e coroas totais em cerâmica feldspática.

A cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 apresenta resistência à flexão superior à cerâmica feldspática, ou seja, acima de 300 MPa. Desta forma, a fixação pode ser feita tanto pela técnica adesiva como pela convencional, visto que o tipo de material empregado para a fixação não tem influência significativa na resistência à fratura das cerâmicas mais resistentes (LEEVAILOJ *et al.*, 1998). Além disso, VAN DIJKEN *et al.*, em 1999, não verificaram nenhuma falha quando *inlays* de cerâmica IPS Empress foram fixadas tanto com o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji Plus (GC) como com o cimento resinoso Panavia 21 em dois anos de observação clínica.

Neste estudo ficou evidente que o adesivo Single Bond e o cimento resinoso Rely X proporcionaram maior resistência de união com a cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2. Isto torna a fixação adesiva o procedimento de eleição nos casos de preparos muito expulsivos ou com pouca altura em que os princípios de retenção e de estabilidade mecânica são substituídos quase que totalmente pela adesão, ou seja, a fixação da restauração em cerâmica à estrutura dentária depende mais do tratamento interno da restauração, do sistema adesivo e do cimento resinoso. No entanto, a técnica adesiva é mais complexa e demanda maior tempo clínico em comparação com a técnica convencional. Portanto, o uso do cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM pode ser empregado, desde que os princípios de retenção e de estabilidade mecânica sejam preservados, visto que a união deste material com a superfície da cerâmica, assim como sua resistência coesiva, são inferiores ao do cimento

resinoso. Também ficou evidente a importância do tratamento de superfície com ácido fluorídrico 10%, assim como a aplicação do silano, sendo estes os procedimentos a serem realizados quando deseja-se melhorar a resistência de união do cimento resinoso e do cimento de ionômero de vidro modificado por resina à cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2.

7 – CONCLUSÃO

A análise dos resultados permite concluir que:

1 – O cimento resinoso Rely X mostrou valores de resistência à tração superiores em relação ao cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM, independente do tratamento superficial da cerâmica e da silanização;

2 – O tratamento superficial da cerâmica com ácido fluorídrico 10% proporcionou valores de resistência à tração superiores em relação ao jateamento com óxido de alumínio 50 μm e 100 μm , independente do material de fixação e silanização;

3 – A aplicação do silano aumentou a resistência de união em relação às superfícies sem aplicação do silano, independente do material de fixação e tratamento superficial da cerâmica;

4 – Nos corpos-de-prova fixados com o cimento de ionômero de vidro modificado por resina ProTec CEM, as falhas foram adesivas quando realizado o jateamento com óxido de alumínio sem aplicação do silano, e predominantemente coesivas no cimento quando associado o condicionamento com ácido fluorídrico e

silanização. Nos corpos-de-prova fixados com Rely X, as falhas foram predominantemente mistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. AIDA, M., HAYAKAWA, T., MIZUKAWA, K. Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.73, n.5, p.464-470, May 1995.
2. ANUSAVICE, K.J. Recent developments in restorative dental ceramics. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.124, n.2, p.72-84, Feb. 1993.
3. APPELDOORN, R.E., WILWERDING, T.M., BARKMEIER, W.W. Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair systems. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.70, n.1, p.6-11, July 1993.
4. AWLIYA, W. *et al.* High energy abrasion and resin cement bond to alumina core. **J Dent Res**, Washington, v.75, p.378, 1996. [Abstract, 2884]
5. BAILEY, J.H. Porcelain-to-composite bond strengths using four organosilane materials. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.61, n.2, p.174-177, Feb. 1989.
6. BARGHI, N., BERRY, T., CHUNG, K. Effects of timing and heat treatment of silanated porcelain on the bond strength. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.27, n.5, p.407-412, May 2000.
7. BATCHELOR, R.W., DINSDALE, A. **Trans VIIth Inter Ceram Congr**, London, p.31, 1960. *Apud* McLEAN, J.W., HUGHES, T.H. *Op. cit.* Ref. 39.
8. BINNS, D.B. **The science of ceramics**. London : Academic Press, 1962. v.1, p.315-334. *Apud* McLEAN, J.W., HUGHES, T.H. *Op. cit.* Ref. 39.
9. BOWEN, R.L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.66, n.1, p.57-64, Jan. 1963.

* Baseada na NBR-6023 de 1989, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
Abreviaturas de periódicos de conformidade com a Base de Dados MEDLINE.

10. BRECKER, S.C. Porcelain baked to gold – a new medium in prosthodontics. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.6, n.6, p.801-810, Nov. 1956.
11. BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J Dent Res**, Washington, v.34, n.6, p.849-853, Dec. 1955.
12. _____, WILEMAN, W., BRUDEVOLD, F. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. **J Dent Res**, Washington, v.35, n.6, p.846-851, Dec. 1956.
13. BURKE, F.J.T. The effect of variations in bonding procedure on fracture resistance of dentin-bonded all-ceramic crowns. **Quintessence Int**, Berlin, v.26, n.4, p.293-300, Apr. 1995.
14. CALAMIA, J.R., SIMONSEN, R.J. Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain. **J Dent Res**, Washington, v.63, p.179, 1984. [Abstract, 79]
15. CHAVES, E. **Influência do silano na resistência à tração de cimentos resinosos unidos à porcelana**. Piracicaba, 1999. 107p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
16. CHEN, J.H., MATSUMURA, H., ATSUTA, M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. **J Dent**, Oxford, v.28, n.1, p.53-58, Jan. 1998a.
17. _____, _____, _____. Effect of etchant, etching period and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. **Oper Dent**, Seattle, v.23, n.5, p.250-257, Sept./Oct. 1998b.
18. CHUNG, C.H. *et al.* Shear bond strength of two resin-modified glass ionomer cements to porcelain. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v.115, n.5, p.533-535, May 1999.

19. DELLA BONA, A. Cerâmicas: desenvolvimento e tecnologia. **RFO UPF**, Passo Fundo, v.1, n.1, p.13-23, jan./jun. 1996.
20. DIAZ-ARNOLD, A.M., AQUILINO, S.A. An evaluation of the bond strength of four organosilane materials in response to thermal stress. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.62, n.3, p.257-260, Sept. 1989.
21. FUSAYAMA, T. *et al.* Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. **J Dent Res**, Washington, v.58, n.4, p.1364-1370, Apr. 1979.
22. GROTEN, M., PRÖBSTER, L. The influence of different cementation modes on the fracture resistance of feldspathic ceramic crowns. **Int J Prosthodont**, Lombard, v.10, n.2, p.169-176, Mar. 1997.
23. GWINNETT, A.J., MATSUI, A. A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesive. **Archs Oral Biol**, London, v.12, n.12, p.1615-1620, Dec. 1967.
24. HAYAKAWA, T. *et al.* The influence of surface conditions and silane agents on the bond of resin to dental porcelain. **Dent Mater**, Oxford, v.8, n.4, p.238-240, July 1992.
25. HOLLAND, W. *et al.* A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. **J Biomed Mater Res**, New York, v.53, n.4, p.297-303, 2000.
26. HONDRUM, S.O. A review of the strength properties of dental ceramics. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.67, n.6, p.859-864, June 1992.
27. HORNBROOK, D.S., CULP, L. Características clínicas de un nuevo sistema cerámico. **Signature Int**, New Jersey, v.4, n.1, p.11-17, 1999.
28. JARDEL, V. *et al.* Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. **Int J Prosthodont**, Lombard, v.12, n.1, p.59-64, Jan. 1999.

29. 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**, Saint Louis, v.79, n.5, p.508-513, May 1998.
30. KATO, H., MATSUMURA, H., ATSUTA, M. Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.27, n.2, p.103-110, Feb. 2000.
31. _____. *et al.* Bond strength and durability of porcelain bonding systems. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.75, n.2, p.163-168, Feb. 1996.
32. KERN, M., THOMPSON, V.P. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.73, n.3, p.240-249, Mar. 1995.
33. KNOBLOCK, L.A. *et al.* Fracture toughness of resin-based luting cements. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.83, n.2, p.204-209, Feb. 2000.
34. LACY, A.M. *et al.* Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.60, n.3, p.288-291, Sept. 1988.
35. LEEVAILOJ, C. *et al.* In vitro study of fracture incidence and compressive fracture load of all-ceramic crowns cemented with resin-modified glass ionomer and other luting agents. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.80, n.6, p.699-707, Dec. 1998.
36. LI, Z.C., WHITE, S.N. Mechanical properties of dental luting cements. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.81, n.5, p.597-609, May 1999.
37. LU, R. *et al.* An investigation of the composite resin/porcelain interface. **Aust Dent J**, St Leonards, v.37, n.1, p.12-19, Feb. 1992.
38. Mc LEAN, J.W. The science and art of dental ceramics. **Oper Dent**, Seattle, v.16, n.4, p.149-156, July/Aug. 1991.

39. Mc LEAN, J.W., HUGHES, T.H. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. **Br Dent J**, London, v.119, n.6, p.251-267, Sept. 1965.
40. MYERSON, R.L. Effects of silane bonding of acrylic resins to porcelain structure. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.78, n.1, p.113-119, Jan. 1969.
41. NAKABAYASHI, N., KOJIMA, K., MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. **J Biomed Mater Res**, New York, v.16, n.2, p.265-273, Apr. 1982.
42. NEWBURG, R., PAMEIJER, C.H. Composite resins bonded to porcelain with silane solution. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.96, n.2, p.288-291, Feb. 1978.
43. ÖZDEN, A.N., AKALTAN, F., CAN, G. Effect of surface treatments of porcelain on the shear bond strength of applied dual-cured cement. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.72, n.1, p.85-88, July 1994.
44. PACHECO, J.F.M. **Influência do condicionamento e da aplicação do silano na resistência ao cisalhamento da união porcelana – resina composta**. Piracicaba, 1995. 88p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
45. PAFFENBARGER, G.C., SWEENEY, W.T., BOWEN, R.L. Bonding porcelain teeth to acrylic resins denture bases. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.74, n.5, p.1018-1023, Apr. 1967.
46. ROSEN, M.R. From treating solution to filler surface and beyond. **JCT**, Philadelphia, v.50, n.644, p.70-82, Sept. 1978.
47. ROULET, J.F., SÖDERHOLM, K.J.M., LONGMATE, J. Effects of treatment and storage conditions on ceramic / composite bond strength. **J Dent Res**, Washington, v.74, n.1, p.381-387, Jan. 1995.
48. SEVERANCE, G. Presentación de una nueva cerámica vítrea de disilicato de lítio: Empress 2. **Signature Int**, New Jersey, v.4, n.1, p.1-3, 1999.

49. SHAHVERDI, S. *et al.* Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.25, n.9, p.699-705, Sept. 1998.
50. SIDHU, S.K., WATSON, T.F. Resin-modified glass-ionomer materials. Part 1: Properties. **Dent Update**, London, v.22, n.10, p.429-432, Dec. 1995.
51. SIMONSEN, R.J., CALAMIA, J.R. Tensile bond strength of etched porcelain. **J Dent Res**, Washington, v.62, p.297, 1983. [Abstract, 1154]
52. SÖDERHOLM, K.M., REETZ, E.A. Factors affecting reliability of a resin-based cement joint. **Gen Dent**, Chicago, v.44, n.4, p.296-302, July/Aug. 1996.
53. SORENSEN, J.A., CRUZ, M., MITO, W.T. Resultados de la investigación de un sistema restaurador de disilicato de litio: IPS Empress 2. **Signature Int**, New Jersey, v.4, n.1, p.4-10, 1999.
54. STOKES, A.N., HOOD, J.A.A. Thermocycling, silane priming and resin/porcelain interfaces – an electrical leakage study. **Dent Mater**, Oxford, v.5, n.6, p.369-370, Nov. 1989.
55. _____, _____, TIDMARSH, B.G. Effect of 6-month water storage on silane-treated resin/porcelain bonds. **J Dent**, Oxford, v.16, n.6, p.294-296, Dec. 1988.
56. SULAIMAN, A.A., SWIFT, E.J., PERDIGÃO, J. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.70, n.2, p.118-120, Aug. 1993.
57. VALLITTU, P.K., FORSS, H. A study of bonding glass polyalkenoate cement to the surface of dental ceramic material. **Int Dent J**, London, v.47, n.1, p.53-58, Feb. 1997.

58. VAN DIJKEN, J.W.V., ÖRMIN, A., OLOFSSON, A.L. Clinical performance of pressed ceramic inlays luted with resin-modified glass ionomer and autopolymerizing resin composite cements. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.82, n.5, p.529-535, Nov. 1999.

APÊNDICE

RESULTADOS ORIGINAIS

Quadro 2 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 1 (jateamento com óxido de alumínio de 100 μ m e fixação com Rely X).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	4,15	Mista
2	3,50	Mista
3	3,02	Adesiva
4	4,03	Mista
5	4,63	Mista
6	5,33	Mista
7	4,49	Adesiva
8	3,11	Mista
9	2,29	Adesiva
10	3,48	Mista

Quadro 3 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 2 (jateamento com óxido de alumínio de 100 μ m, silano e fixação com Rely X).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	6,23	Mista
2	7,82	Mista
3	6,67	Mista
4	12,27	Mista
5	12,21	Mista
6	12,15	Mista
7	5,82	Mista
8	5,49	Mista
9	6,75	Mista
10	8,15	Mista

Quadro 4 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 3 (jateamento com óxido de alumínio de 50 μm , e fixação com Rely X).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	9,86	Mista
2	6,58	Mista
3	5,38	Mista
4	5,24	Adesiva
5	3,99	Adesiva
6	4,23	Adesiva
7	5,46	Mista
8	6,09	Mista
9	5,91	Mista
10	6,64	Mista

Quadro 5 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 4 (jateamento com óxido de alumínio de 50 μm , silano e fixação com Rely X).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	10,69	Mista
2	12,80	Mista
3	12,35	Mista
4	9,05	Mista
5	9,26	Mista
6	6,52	Mista
7	11,47	Mista
8	17,39	Mista
9	13,97	Mista
10	14,91	Mista

Quadro 6 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 5 (ácido fluorídrico 10% e fixação com Rely X).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	16,95	Mista
2	24,54	Mista
3	19,57	Mista
4	14,11	Mista
5	16,07	Mista
6	11,24	Mista
7	22,91	Mista
8	12,28	Mista
9	13,38	Mista
10	18,42	Mista

Quadro 7 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 6 (ácido fluorídrico 10%, silano e fixação com Rely X).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	27,39	Coesiva
2	25,13	Coesiva
3	23,49	Mista
4	25,77	Mista
5	18,71	Mista
6	19,35	Mista
7	26,38	Mista
8	30,19	Mista
9	27,15	Mista
10	30,09	Mista

Quadro 8 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 7 (jateamento com óxido de alumínio de 100 µm e fixação com ProTec CEM).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	0,40	Adesiva
2	0,36	Adesiva
3	0,42	Adesiva
4	0,62	Adesiva
5	0,39	Adesiva
6	0,44	Adesiva
7	0,47	Adesiva
8	0,75	Adesiva
9	0,60	Adesiva
10	0,71	Adesiva

Quadro 9 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 8 (jateamento com óxido de alumínio de 100 µm, silano e fixação com ProTec CEM).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	4,90	Coesiva
2	4,36	Mista
3	3,29	Mista
4	1,89	Adesiva
5	3,95	Mista
6	5,10	Mista
7	2,74	Mista
8	3,02	Mista
9	3,85	Mista
10	3,05	Mista

Quadro 10 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 9 (jateamento com óxido de alumínio de 50 µm e fixação com ProTec CEM).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	0,90	Adesiva
2	0,82	Adesiva
3	0,53	Adesiva
4	0,43	Adesiva
5	0,81	Adesiva
6	0,64	Adesiva
7	0,59	Adesiva
8	0,83	Adesiva
9	0,46	Adesiva
10	0,40	Adesiva

Quadro 11 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 10 (jateamento com óxido de alumínio de 50 µm, silano e fixação com ProTec CEM).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	3,05	Mista
2	2,48	Mista
3	4,70	Mista
4	4,95	Mista
5	1,75	Mista
6	6,80	Coesiva
7	4,98	Mista
8	3,43	Mista
9	4,59	Mista
10	3,94	Mista

Quadro 12 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 11 (ácido fluorídrico 10% e fixação com ProTec CEM).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	2,51	Mista
2	6,40	Coesiva
3	3,41	Mista
4	2,95	Mista
5	7,45	Coesiva
6	2,68	Mista
7	8,18	Mista
8	4,43	Mista
9	5,10	Mista
10	4,45	Mista

Quadro 13 – Valores individuais de resistência à tração e tipo de falha ocorrido nos corpos-de-prova do grupo 12 (ácido fluorídrico 10%, silano e fixação com ProTec CEM).

Corpo-de-prova	Resistência à tração (MPa)	Tipo de falha
1	8,44	Coesiva
2	13,15	Coesiva
3	13,00	Coesiva
4	15,38	Coesiva
5	12,15	Coesiva
6	4,70	Mista
7	6,63	Mista
8	13,68	Coesiva
9	12,24	Coesiva
10	12,63	Coesiva

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Tabela 9 – Análise de Variância

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Material	1	56,8729372	56,8729372	618,0736	0,00001
Tratamento	2	50,1545011	25,0772505	272,5301	0,00001
Silano	1	36,3905597	36,3905597	395,4788	0,00001
Mat*Trat	2	1,4394786	0,7197393	7,8219	0,00099
Mat*Sil	1	5,9899549	5,9899549	65,0966	0,00001
Trat*Sil	2	3,0497462	1,5248731	16,5717	0,00001
Mat*Trat*Sil	2	0,7295018	0,3647509	3,9640	0,02126
Resíduo	108	9,9377768	0,0920165		
Total	119	164,5644562			

Média geral= 1,562633

Coefficiente de variação= 19,412%

Tabela 10 - Teste de Tukey para médias de material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	60	11,945167	11,945167	a	A
2	2	ProTec CEM	60	4,132500	4,132500	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

D.M.S. 5% = 0,89339 - D.M.S. 1% = 1,17925

Tabela 11 - Teste de Tukey para médias de material dentro de jateamento com óxido de alumínio de 100 µm do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	20	6,079500	6,079500	a	A
2	2	ProTec CEM	20	2,065500	2,065500	b	B

Tabela 12 - Teste de Tukey para médias de material dentro de jateamento com óxido de alumínio de 50 μm do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	20	8,600000	8,600000	a	A
2	2	ProTec CEM	20	2,354000	2,354000	b	B

Tabela 13 - Teste de Tukey para médias de material dentro de ácido fluorídrico do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	20	21,156000	21,156000	a	A
2	2	ProTec CEM	20	7,978000	7,978000	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
D.M.S. 5% = 1,54739 - D.M.S. 1% = 2,04252

Tabela 14 - Teste de Tukey para médias de material dentro de sem silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	30	8,703000	8,703000	a	A
2	2	ProTec CEM	30	1,971000	1,971000	b	B

Tabela 15 - Teste de Tukey para médias de material dentro de com silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	30	15,187333	15,187333	a	A
2	2	ProTec CEM	30	6,294000	6,294000	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
D.M.S. 5% = 1,26344 - D.M.S. 1% = 1,66771

Tabela 16 - Teste de Tukey para médias de material dentro de jateamento com óxido de alumínio de 100 μm do fator tratamento e sem silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	10	3,803000	3,803000	a	A
2	2	ProTec CEM	10	0,516000	0,516000	b	B

Tabela 17 - Teste de Tukey para médias de material dentro de jateamento com óxido de alumínio de 100 µm do fator tratamento e com silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	10	8,356000	8,356000	a	A
2	2	ProTec CEM	10	3,615000	3,615000	b	B

Tabela 18 - Teste de Tukey para médias de material dentro de jateamento com óxido de alumínio de 50 µm do fator tratamento e sem silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	10	5,359000	5,359000	a	A
2	2	ProTec CEM	10	0,641000	0,641000	b	B

Tabela 19 - Teste de Tukey para médias de material dentro de jateamento com óxido de alumínio de 50 µm do fator tratamento e com silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	10	11,841000	11,841000	a	A
2	2	ProTec CEM	10	4,067000	4,067000	b	B

Tabela 20 - Teste de Tukey para médias de material dentro de ácido fluorídrico do fator tratamento e sem silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	10	16,947000	16,947000	a	A
2	2	ProTec CEM	10	4,756000	4,756000	b	B

Tabela 21 - Teste de Tukey para médias de material dentro de ácido fluorídrico do fator tratamento e com silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Rely X	10	25,364999	25,364999	a	A
2	2	ProTec CEM	10	11,199999	11,199999	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

D.M.S. 5% = 2,18835 - D.M.S. 1% = 2,88855

Tabela 22- Teste de Tukey para médias de tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Ácido fluorídrico	40	14,567000	14,567000	a	A
2	2	Jat. Ox. Al. 50 μ m	40	5,477000	5,477000	b	B
3	1	Jat. Ox. Al. 100 μ m	40	4,072500	4,072500	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
D.M.S. 5% = 1,31269 - D.M.S. 1% = 1,63852

Tabela 23- Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de Rely X do fator material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Ácido fluorídrico	20	21,156000	21,156000	a	A
2	2	Jat. Ox. Al. 50 μ m	20	8,600000	8,600000	b	B
3	1	Jat. Ox. Al. 100 μ m	20	6,079500	6,079500	c	C

Tabela 24- Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de ProTec CEM do fator material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Ácido fluorídrico	20	7,978000	7,987899	a	A
2	2	Jat. Ox. Al. 50 μ m	20	2,354000	2,354000	b	B
3	1	Jat. Ox. Al. 100 μ m	20	2,065500	2,065500	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
D.M.S. 5% = 1,85643 - D.M.S. 1% = 2,31722

Tabela 25- Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de sem silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Ácido fluorídrico	20	10,851500	10,851500	a	A
2	2	Jat. Ox. Al. 50 μ m	20	3,000000	3,000000	b	B
3	1	Jat. Ox. Al. 100 μ m	20	2,159500	2,159500	c	B

Tabela 26- Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de com silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Ácido fluorídrico	20	18,282499	18,282499	a	A
2	2	Jat. Ox. Al. 50 μ m	20	7,954000	7,954000	b	B
3	1	Jat. Ox. Al. 100 μ m	20	5,985500	5,985500	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
D.M.S. 5% = 1,85643 - D.M.S. 1% = 2,31722

Tabela 27 - Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de Rely X do fator material e sem silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Ácido fluorídrico	10	16,947000	16,947000	a	A
2	2	Jat. Ox. Al. 50 μ m	10	5,359000	5,359000	b	B
3	1	Jat. Ox. Al. 100 μ m	10	3,803000	3,803000	c	B

Tabela 28 - Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de Rely X do fator material e com silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Ácido fluorídrico	10	25,364999	25,364999	a	A
2	2	Jat. Ox. Al. 50 μ m	10	11,841000	11,841000	b	B
3	1	Jat. Ox. Al. 100 μ m	10	8,356000	8,356000	c	B

Tabela 29 - Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de ProTec CEM do fator material e sem silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Ácido fluorídrico	10	4,756000	4,756000	a	A
2	2	Jat. Ox. Al. 50 μ m	10	0,641000	0,641000	b	B
3	1	Jat. Ox. Al. 100 μ m	10	0,516000	0,516000	b	B

Tabela 30 - Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de ProTec CEM do fator material e com silano do fator silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Ácido fluorídrico	10	11,199999	11,199999	a	A
2	2	Jat. Ox. Al. 50 μ m	10	4,067000	4,067000	b	B
3	1	Jat. Ox. Al. 100 μ m	10	3,615000	3,615000	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

D.M.S. 5% = 2,62539 - D.M.S. 1% = 3,27704

Tabela 31 - Teste de Tukey para médias de silano.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	60	10,740666	10,740666	a	A
2	1	Sem silano	60	5,337000	5,337000	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

D.M.S. 5% = 0,89339 - D.M.S. 1% = 1,17925

Tabela 32 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de Rely X do fator material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	30	15,187333	15,187333	a	A
2	1	Sem silano	30	8,703000	8,703000	b	B

Tabela 33 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de ProTec CEM do fator material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	30	6,294000	6,294000	a	A
2	1	Sem silano	30	1,971000	1,971000	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

D.M.S. 5% = 1,26344 - D.M.S. 1% = 1,66771

Tabela 34 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de jateamento com óxido de alumínio de 100 μm do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	20	5,985500	5,985500	a	A
2	1	Sem silano	20	2,159500	2,159500	b	B

Tabela 35 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de jateamento com óxido de alumínio de 50 μm do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	20	7,954000	7,954000	a	A
2	1	Sem silano	20	3,000000	3,000000	b	B

Tabela 36 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de ácido fluorídrico do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	20	18,282499	18,282499	a	A
2	1	Sem silano	20	10,851500	10,851500	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
D.M.S. 5% = 1,54739 - D.M.S. 1% = 2,04252

Tabela 37 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de Rely X do fator material e jateamento com óxido de alumínio de 100 μm do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	10	8,356000	8,356000	a	A
2	1	Sem silano	10	3,803000	3,803000	b	B

Tabela 38 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de Rely X do fator material e jateamento com óxido de alumínio de 50 µm do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	10	11,841000	11,841000	a	A
2	1	Sem silano	10	5,359000	5,359000	b	B

Tabela 39 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de Rely X do fator material e ácido fluorídrico do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	10	25,364999	25,364999	a	A
2	1	Sem silano	10	16,947000	16,947000	b	B

Tabela 40 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de ProTec CEM do fator material e jateamento com óxido de alumínio de 100 µm do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	10	3,615000	3,615000	a	A
2	1	Sem silano	10	0,516000	0,516000	b	B

Tabela 41 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de ProTec CEM do fator material e jateamento com óxido de alumínio de 50 µm do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	10	4,067000	4,067000	a	A
2	1	Sem silano	10	0,641000	0,641000	b	B

Tabela 42 - Teste de Tukey para médias de silano dentro de ProTec CEM do fator material e jateamento com ácido fluorídrico do fator tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Com silano	10	11,199999	11,199999	a	A
2	1	Sem silano	10	4,756000	4,756000	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

D.M.S. 5% = 2,18835 - D.M.S. 1% = 2,88855