

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

Flávia de Oliveira Santos Pelegrini

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO DA CERÂMICA IPS EMPRESS
2 NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO À TRAÇÃO EM DENTINA E
INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA CERÂMICA NA
POLIMERIZAÇÃO**

Monografia apresentada ao
Curso de Graduação em
Odontologia, da Faculdade de
Odontologia de Piracicaba, da
Universidade Estadual de
Campinas.


Prof. Dr. Lourivaldo Carrer Sobrinho
Depto. de Odont. Restauradora
Área de Materiais Dentários
FOP - UNICAMP

PIRACICABA - SP
2004

TCC 156

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

Flávia de Oliveira Santos Pelegrini

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO DA CERÂMICA IPS EMPRESS
2 NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO À TRAÇÃO EM DENTINA E
INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA CERÂMICA NA
POLIMERIZAÇÃO**

Orientador: **Prof. Dr. LOURENÇO CORRER SOBRINHO** – Área Materiais
Dentários FOP/UNICAMP.

Monografia apresentada ao
Curso de Graduação em
Odontologia, da Faculdade de
Odontologia de Piracicaba, da
Universidade Estadual de
Campinas.

Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho
Depto. de Odont. Restauradora
Área de Materiais Dentários
FOP - UNICAMP

PIRACICABA – SP
2004

SUMÁRIO

RESUMO	04
1 – INTRODUÇÃO	06
2 – REVISÃO DA LITERATURA	08
3 – PROPOSIÇÃO	40
4 – MATERIAIS E MÉTODO	41
4.1 – Materiais	41
4.2 – Método	41
4.2.1 – Confecção dos discos em cerâmica feldspática para ensaio de dureza Knoop	41
4.2.2 – Determinação de dureza Knoop	43
4.2.3 – Fixação e preparos dos dentes para o ensaio de tração	44
4.2.4 – Confecção dos discos em cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 para o ensaio de resistência à tração	45
4.2.5 – Preparo dos corpos-de-prova para o ensaio de resistência à tração	47
4.2.6 – Fixação das amostras para ensaio de resistência à tração cerâmica-cimento-dentina	51
4.2.7 – Ensaio de resistência à tração	52
4.2.8 – Análise por microscopia eletrônica de varredura	53
5 – RESULTADOS	54
6 – DISCUSSÃO	61
7 – CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da espessura da cerâmica feldspática na polimerização do cimento resinoso (Rely X) através da dureza Knoop e se diferentes tratamentos de superfície afetaram a resistência de união da interface cerâmica IPS Empress 2/cimento/dentina, através da resistência à tração. Para a influência da espessura da cerâmica na polimerização foram confeccionados 10 discos com a cerâmica feldspática com 8 mm de diâmetro para cada espessura (1, 2 e 3 mm). Com auxílio de uma matriz de nylon revestida por tinta preta foi aplicado o cimento resinoso Rely X, numa cavidade com 3 mm de diâmetro por 1 mm de espessura. Sobre o cimento foi colocado os discos de cerâmica e polimerizados por 40 segundos. Os corpos-de-prova foram armazenados numa estufa a 37°C e 100% de umidade relativa por 24 horas e submetidos a 500 ciclos térmicos por um tempo de imersão de 1 minuto em cada banho (5°C e 55°C). A dureza Knoop foi efetuada sobre o cimento resinoso com carga de 50 gramas por 30 segundos. Cento e vinte dentes bovinos foram embutidos em R.A.A.Q. e a superfície foi desgastada até conseguir uma superfície plana com 7 mm de diâmetro. Foram confeccionados cento e vinte discos em cerâmica IPS Empress 2 com 7,0 mm de diâmetro na região de superfície e 5,30 mm de diâmetro na região oposta por 2,5 mm de espessura e separados em 12 grupos de 10 amostras. Cada grupo foi submetido aos seguintes tratamentos: 1 – jateamento com óxido de alumínio 100µm, 5 seg., sem silano; 2 – com silano; 3 - jateamento 50 µm, 5 seg., sem silano; 4 – com silano; 5 - ácido fluorídrico 10%, 20 seg., sem silano; e, 6 – com silano. Grupos de 1 a 6 foram fixados com o cimento Variolink II e Grupos 7 a 12 receberam o mesmo tratamento superficial e foram fixados com o cimento Vitremer. Após 24 horas de armazenagem em água destilada a 37°C, os pares cerâmica/dentina foram submetidos ao ensaio de tração, numa máquina Instron, a velocidade de 1,0 mm/minuto até ruptura da amostras. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância e ao teste de Tukey (5%) e mostraram que: 1- O cimento resinoso Variolink II mostrou valores de resistência à tração superiores ao Vitremer, independente do tratamento superficial da cerâmica e silanização; 2 – O tratamento superficial da cerâmica com ácido fluorídrico 10% com e sem aplicação do silano foi mais

efetivo do que o jateamento com óxido de alumínio 50 μm e 100 μm , para o cimento resinoso Variolink II. Nenhuma diferença estatística foi observada para o cimento de ionômero de vidro Vitremer, com e sem aplicação do silano; 3 – A aplicação do silano não mostrou diferença na resistência à tração em relação à superfície sem aplicação do silano, independente do material de fixação e tratamento de superfície; e, 4 - Com relação a dureza Knoop do cimento resinoso Rely X, o grupo controle sem interferência da cerâmica apresentou valores de dureza Knoop estatisticamente superiores em relação a dureza quando foi empregado cerâmicas nas espessuras de 1, 2 e 3 mm.

1- INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, novos materiais e técnicas foram desenvolvidos e muita atenção tem sido direcionada na confecção de coroas cerâmicas com melhores propriedades mecânicas, biocompatibilidade e estabilidade de cor.^{3,42,65,75}

Apesar da alta resistência à fratura, limitações são impostas às tradicionais coroas metolocerâmicas¹³ em função da estética, pois a oxidação resultante da queima da liga metálica durante a fundição, diminui a compatibilidade com o tecido gengival circunjacente a restauração.²³

Desse modo, um novo sistema foi desenvolvido para restaurações em cerâmica que elimina a necessidade de uma subestrutura metálica e conseqüentemente melhorando a estética.^{3,44} Este sistema é o IPS Empress, no qual padrões em cera são incluídos em revestimentos especiais e a cerâmica injetada no molde através de pressão. Esse sistema consiste basicamente de cerâmica feldspática contendo cristais de leucita como carga.²⁶

Com o intuito de estender a indicação para coroas totais e próteses fixas de três elementos, 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 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.^{33,62,67}

A melhoria das restaurações de cerâmica, segundo Roulet *et al.* (1995)⁵⁹ foi devido ao aperfeiçoamento do processo de obtenção da cerâmica e o de cimentação das restaurações. Já que estas são, apenas, "sustentadas" pela união química ou mecânica dos agentes de cimentação.^{10,46,48,54}

O procedimento técnico de união é realizado através do condicionamento ácido da estrutura dentária e aplicação sobre esta de sistemas de união. Da mesma forma, a superfície interna da cerâmica deve ser condicionada com ácido fluorídrico ou jateada com óxido de alumínio para promover retenções micromecânicas, para que a ação de agentes resinosos na cerâmica tenha a mesma efetividade que na estrutura dentária. Assim, permite a formação de um "corpo único" entre a restauração cerâmica e a estrutura

dental; possibilitando a transferência das forças incidentes na restauração para o dente durante a mastigação. Tal fato, minimiza a formação e propagação de fraturas.⁴²

Diferentes tratamentos de superfície têm sido testados em relação aos diversos materiais cerâmicos existentes no mercado, com objetivo de obter uma eficiente união na interface cerâmica/cimento ou cerâmica compósito e adequado selamento marginal.^{43,71} O uso do ácido fluorídrico em concentrações que variam de 9 a 40 %⁷⁷ sobre a superfície interna da cerâmica por um tempo médio de 4 a 10 minutos⁵¹ tem sido o procedimento técnico usual para aumentar a resistência de união entre a superfície do dente e a restauração cerâmica. Roulete *et al.*⁵⁹ (1995) verificaram que o condicionamento com ácido fluorídrico 10% foi mais efetivo do que o jateamento com óxido de alumínio e desgaste com pontas diamantadas. Além disso, o uso de substâncias químicas como o silano, um monômero composto de radicais orgânicos reativos e grupos monovalentes hidrolisáveis, também auxilia na interação entre a fase inorgânica dos materiais cerâmicos e a fase orgânica dos cimentos resinosos.^{13,36,40}

Embora diferentes tratamentos de superfície e cimentos tenham sido estudados, não está claro se a rugosidade da cerâmica com o uso da abrasão com jateamento com partículas de óxido de alumínio, brocas diamantadas, ácido fluorídrico, assim como a aplicação do silano ou alguma combinação seria mais efetiva na união da restauração com os cimentos.¹ Entretanto, com a introdução de diversos cimentos, há confusão para os clínicos sobre qual o produto e a técnica deveria ser utilizada.

Outro fator importante que deve ser considerado é polimerização dos cimentos, os quais são empregados para cimentação de *inlays*, *onlays* e coroas totais cerâmicas. O tempo de exposição recomendado pelo fabricante é normalmente insuficiente para compensar a perda da luz pelo material cerâmico ou estrutura dental.⁷⁶ A espessura das cerâmicas têm influência direta na polimerização dos cimentos. Dependendo da espessura da cerâmica, a transmissão da luz pelo material cerâmico diminuirá afetando diretamente a polimerização dos cimentos.^{17,49}

2 - REVISÃO DE LITERATURA

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.

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.

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 – mecânico com carga inicial de 1,70 Kg, com aumento de 0,42 Kg a cada 270 ciclos até à fratura; 2 – térmico, 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.

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 carbeto 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 organossilanos. 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 carbeto 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.

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.

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 micro-retenção 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 tetrasílica 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 Rexilium III (Jeneric-Pentron). As amostras de cerâmica receberam acabamento com lixas de carvão 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 n° 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.

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 viniltriclorossilano 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-Usado (3M); grupo 3 – Optibond Multi-Usado (KERR); grupos 4 e 5 – Multi Bond Alpha e Scotchbond Multi-Usado, 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.

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 carbetto 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 carbeto 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 ultra-som 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 micro-retenções 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 micro-estruturais 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 µm 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 (Heraeus 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.

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.

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 subgingivais, pode ser empregado o cimento

de ionômero de vidro híbrido com baixa expansão (ProTec CEM) para a cimentação convencional de coroas e próteses fixas com recobrimento total.

HORN BROOK & 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.

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 ± 5 % em volume, em comparação com 35 ± 5 % em volume de leucita para a cerâmica IPS Empress. A cerâmica para estratificação IPS Empress 2 evidenciou cristais de apatita muito finos dispersos e precipitados na matriz vítrea. Estes cristais foram determinados como sendo de fluorapatita pela análise de difração de raio-X, medindo 300 nm a 3 μm de comprimento. A resistência à flexão da cerâmica IPS Empress 2 foi 400 ± 40 MPa comparado com 112 ± 10 MPa para a cerâmica IPS Empress. A cerâmica IPS Empress 2 foi menos abrasiva ao esmalte dental ($1,3 \text{ mm}^2$) em comparação com a IPS Empress ($6,1 \text{ mm}^2$). A estrutura de di-silicato de lítio mostrou translucidez comparável com o IPS Empress e a dentição natural. O coeficiente de expansão térmico linear do IPS Empress 2 foi de $10,6 \pm 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (100 – 400° C), e do IPS Empress foi de $15,0 \pm 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (25 – 500° 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 carvão 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

Devido a substancial importância dos sistemas cerâmicos, o objetivo desse estudo foi avaliar:

1 - Influência da espessura da cerâmica feldspática no nível de polimerização do cimento resinoso (Rely X), através da dureza Knoop; e,

2 – Efeito de diferentes tratamentos de superfície sobre a resistência de união da interface: cerâmica IPS Empress 2/cimento resinoso (Variolink II) e cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Vitremer)/dentina, através do ensaio de tração.

4 - MATERIAIS E MÉTODO

4.1 - Materiais

A descrição dos materiais, nome comercial e fabricante estão listados na Tabela 1.

Tabela 1- Descrição dos materiais que foram utilizados no estudo.

MATERIAIS	NOME COMERCIAL	FABRICANTE
Cerâmica	IPS Empress 2	Ivoclar AG, Liechtenstein
Cerâmica	Duceram Plus	Degussa Dental
Cimento resinoso	Variolink II	Ivoclar-Vivadent
Cimento resinoso	Rely X	3 M –ESPE
Cimento de ionômero de vidro modificado por resina	Vitremer	3 M - ESPE
Silano	Monobond-S	Ivoclar-Vivadent
Agente de união	Excite	Ivoclar-Vivadent
Ácido fluorídrico	Ácido fluorídrico 10%	Dentsply, Ind. e Com. Ltda., RJ, Brasil
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

4.2 – Método

4.2.1 - Confeção dos discos em cerâmica feldspática para ensaio de dureza Knoop.

Foram confeccionados cilindros em cerâmica feldspática Duceram Plus (Degussa Dental), utilizando uma matriz metálica rosqueável com 8 mm de diâmetro por 10 mm de altura.

O pó de cerâmica foi aglutinado com o líquido modelador fornecido pelo fabricante e condensado por vibração na matriz metálica, sendo o excesso de líquido aglutinante removido com papel absorvente. Uma pressão de 10 kgf

será aplicada sobre a cerâmica para promover compactação da mistura. O cilindro de cerâmica obtido sob compressão foi removido da matriz e levado ao forno Dekema (Austromatic- Dekema, Germany) para o procedimento de sinterização da cerâmica, seguindo as instruções do fabricante: (1) temperatura inicial de 575° C; (2) tempo de secagem de 3 minutos; (3) tempo de elevação da temperatura de 55° C/minuto; (4) tempo de subida de 2 minutos; e, (5) temperatura final de 910° C, com vácuo por 1 minuto.

Após o resfriamento natural, o cilindro de cerâmica foi seccionado com disco flexível diamantado dupla face (KG Sorensen, Brasil) em baixa rotação sob refrigeração, para obter discos em cerâmica com espessura próximas de 1, 2 e 3 mm. Em seguida foram submetidos ao acabamento e polimento em baixa rotação, com conjunto de abrasivos Edenta (Labor Dental) em sequência decrescente de granulação até atingir as espessuras de (1, 2 e 3 mm). Os discos com 8 mm de diâmetro nas espessuras de 1, 2 e 3 mm foram finalizados com autoglazeamento na temperatura final de 890° C, sem vácuo (Figura 1).

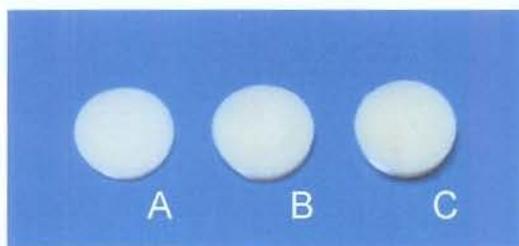


Figura 1 – Discos de cerâmica com espessura de: A - 1 mm; B - 2 mm e C -3 mm.

Em seguida, os discos cerâmicos foram submetidos à limpeza em ultrassom (Thornton – T 07) por 6 minutos, antes do procedimento de aplicação do agente cimentante. Foram confeccionados 10 discos cerâmicos para cada espessura.

A seguir, o cimento resinoso Rely X (3M) foi manipulado de acordo com as recomendações do fabricante e inserido com uma espátula numa matriz de nylon contendo uma cavidade com 3 mm de diâmetro por 1 mm de espessura, no centro de uma matriz de nylon, com 25 mm de diâmetro por 15 mm de altura. Um rebaixo no centro do cilindro de 0,5 mm de profundidade por 8 mm de diâmetro permitirá a adaptação dos discos de cerâmica sobre o cimento resinoso. (Figura 2). A matriz de nylon foi previamente revestida com tinta preta

(Colorgin Spray, Sherwin-Willians do Brasil), a fim de evitar que a luz possa interferir na polimerização adicional do cimento. Assim foi possível supor que a luz foi transmitida somente para a cerâmica e cimento resinoso.

Após a colocação do cimento na cavidade da matriz, os discos de cerâmica com 8 mm de diâmetro por 1, 2 e 3 mm de espessura foram posicionados no rebaixo da matriz com 8 mm de diâmetro por 0,5 mm de profundidade. A seguir a ponta do fotopolimerizador foi posicionada em contato a cerâmica e fotoativado por 40 segundos, utilizando o aparelho fotopolimerizador XL 1500 (3M), com 600 mW/cm^2 de intensidade de luz. Dez corpos-de-prova foram confeccionados para cada espessura de cerâmica. O grupo controle foi obtido somente com o cimento resinoso com 3 mm de diâmetro por 1 mm de espessura, sem cerâmica.

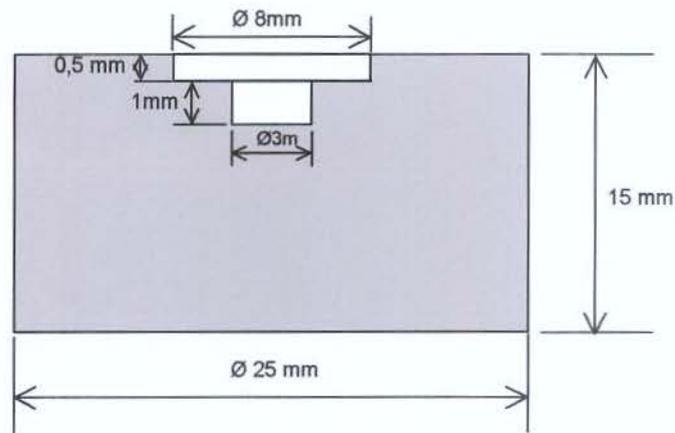


Figura 2 – Representação esquemática da matriz de nylon que foi utilizada para confecção dos corpos-de-prova cerâmica/cimento resinoso.

Após a confecção, os corpos-de-prova foram devidamente identificados e armazenados numa estufa a 37° C e 100 % de umidade relativa, por 24 horas. Um total de 10 corpos-de-prova foram confeccionados para cada grupo, totalizando 40 corpos-de-prova.

4.2.2 – Determinação da dureza Knoop.

Decorrido os períodos de armazenagem, os corpos-de-prova foram fixados com cera utilidade numa lâmina para microscopia, de modo que ficassem paralelos tanto à lâmina quanto à base do microdurômetro. A parte cerâmica ficou em contato com a lâmina para microscopio. Em seguida, foram levados individualmente ao aparelho HMV – 2000 (Shimadzu), calibrado para

uma carga de 50 gramas, atuando por 30 segundos. Foram realizadas nove penetrações (Figura 3) na região de superfície do cimento resinoso, totalizando 360 penetrações. Com auxílio de um microscópio mensurador acoplado ao aparelho, as dimensões das penetrações foram medidas e a dureza Knoop determinada.

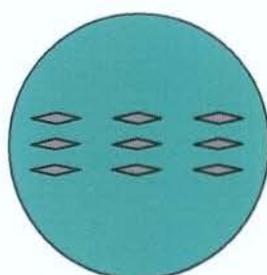


Figura 3 – Representação esquemática das penetrações para determinação da microdureza.

4.2.3 – Fixação e preparos dos dentes para o ensaio de tração.

Foram utilizados 120 dentes bovinos, hígidos recentemente extraídos e armazenados em solução fisiológica de cloreto de sódio a 0,9% a temperatura de 5° C, até o momento da utilização. Inicialmente, todos os dentes foram limpos com escova tipo Robinson utilizando pasta de pedra pomes e água (SS White).

As raízes dos dentes foram seccionadas com discos de carbeto de silício sob refrigeração e as coroas dentais cortadas em aproximadamente 0,5 cm na sua parte incisal e cervical com disco diamantado. Em seguida, as faces vestibulares das coroas foram introduzidas na cera plastificada, até atingir 1 mm, a fim de que após a inclusão as faces vestibulares ficassem voltadas para a parte externa 1mm além da borda do cilindro de P.V.C. (Tigre, Brasil). Nessa posição, um tubo de P.V.C. (Tigre, Brasil) 20 mm de diâmetro por 30 mm de altura, isolado internamente com vaselina sólida (Rioquímica Ind. Ltda, Brasil) foi posicionado e a mistura monômero e polímero Jet Set (Clássico), proporcionada e preparada de acordo com as instruções do fabricante foi vertida no interior do cilindro de P.V.C., na fase arenosa, sob vibração (Vibrator, USA).

Os cilindros de resina com as coroas dentais embutidas foram posicionados individualmente na região central de uma base metálica circular

medindo 20,5mm de diâmetro interno por 75 mm de diâmetro externo por 29 mm de altura. A inserção da amostra foi feita até que a borda do cilindro de plástico ficasse paralela à superfície da base metálica e a face vestibular do dente projetada além das bordas justapostas, mantidas em posição por meio de um parafuso inserido na face lateral da base metálica.

Em seguida, com auxílio de uma politriz horizontal (APL 4, Arotec Ind. e Com. Ltda) e lixas de papel de carvão de silício (3M) de granulações 80, 120, 220, 320, 400 e 600, a superfície do esmalte foi desgastada com leve pressão, sob refrigeração à água, usando como base o suporte metálico, até conseguir uma superfície plana de dentina, onde se obteve pelo menos uma área de 7,0 mm de diâmetro, para realização dos procedimentos de união. Nos cilindros de resina foi confeccionado um orifício transversal, com 5 mm de diâmetro, distante 8 mm da base inferior, com uma furadeira de bancada (Ferrari). A perfuração ficou perpendicular ao longo eixo do conjunto permitindo que o sistema de tração fixasse a parte inferior do corpo-de-prova à máquina de ensaios.

Os conjuntos dente-cilindro de resina para o ensaio de tração foram numerados para melhor identificação das amostras e armazenados em solução de soro fisiológico a temperatura de 5° C, até o momento do ensaio.

4.2.4 – Confeção dos discos em cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 para o ensaio de resistência à tração.

Foram confeccionados 120 discos em cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 (Figura 4e), utilizando uma matriz metálica tronco-cônica com 2,5 mm de altura por 7 mm no maior diâmetro e 5,3 mm no menor (Figura 4a).

Inicialmente foi aplicado o isolante Pumpen Spray (Degussa) na matriz e vertida a cera tipo II (Thowax- Alemanha) liquefeita (Bredent, Tipo 55 – Senden, Alemanha) no interior da matriz metálica para obtenção dos padrões em cera. Após, dois padrões de cera foram unidos entre si por 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 por 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 4b). Posteriormente, esse formador de conduto foi fixado numa base plástica plana formadora de cadinho, com 50 mm de diâmetro interno por 56 mm de diâmetro externo por 20 mm de altura. Um cilindro 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), na proporção de 100 gramas de pó por 16 ml de líquido (Ivoclar) e 11 ml de água destilada, espatulado mecanicamente a vácuo, por 60 segundos num espatulador Multivac 4 (Degussa Co., Alemanha) (Figura 4c). Uma base plástica (50 mm de diâmetro interno x 56 mm de diâmetro externo x 20 mm de altura) foi posicionada na parte superior do anel para formar uma superfície plana necessária para o preenchimento da cerâmica no forno EP 600 (Ivoclar). Após a presa do revestimento, o cilindro 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 êmbolo de óxido de alumínio (12 mm de diâmetro por 37 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 dois lingotes da cerâmica IPS Empress 2 (Ivoclar, cor 400) foi posicionado no conduto juntamente com o êmbolo de óxido de alumínio e levados ao forno EP 600 (Ivoclar), e mantidos por 20 minutos à temperatura de 920°C (Figura 4d). Decorrido esse tempo, foi aplicada uma pressão de 5 bars por 15 minutos;

- 3- após o bloco de revestimento atingir a temperatura ambiente, o êmbolo de óxido de alumínio foi removido e, com auxílio de um disco de carboneto de silício, o bloco de revestimento foi cortado ao meio. Em seguida, os discos em cerâmica foram desincluídos utilizando o aparelho (Oxyker Dry-Fili Manfredi) com partículas de vidro com 50 µm de diâmetro usando uma pressão de 4 bars para a remoção bruta do revestimento, e 2 bars para

remoção do revestimento próximo aos 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 de 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 submetida ao acabamento com broca cilíndrica de diamante, resultando no disco acabado.

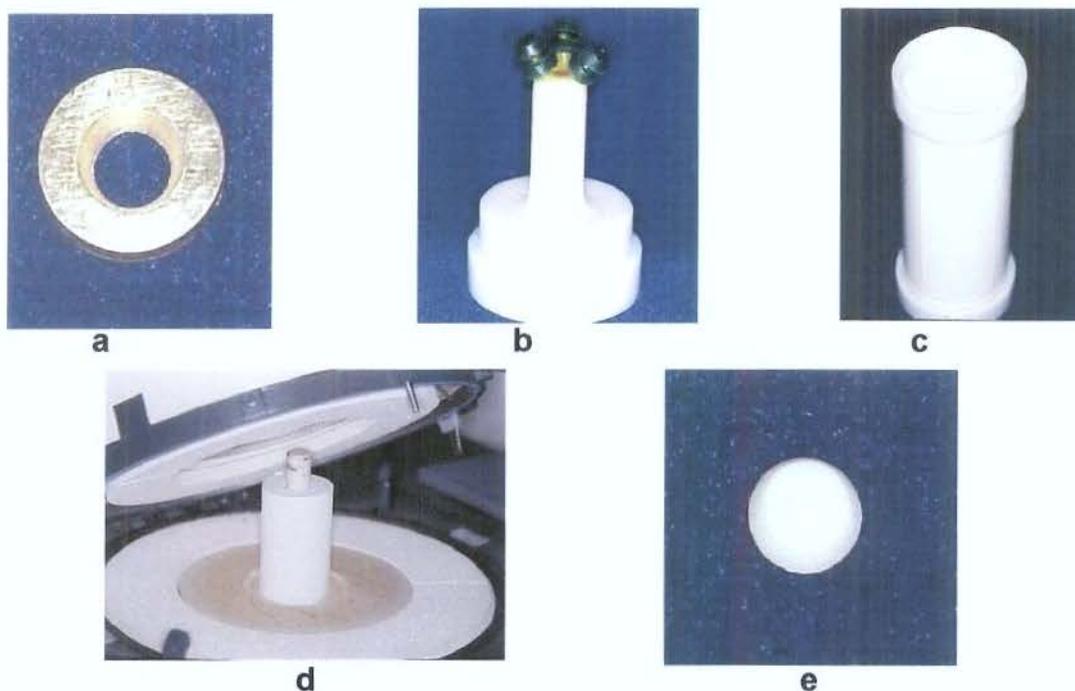


Figura 4 - Confeção dos discos em cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2: a) matriz metálica; b) padrões de cera fixados no formador do conduto; c) padrões de cera incluídos no revestimento; d) bloco de revestimento com êmbolo de óxido de alumínio no forno EP600; e, e) disco.

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

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 5,8 mm de diâmetro por 1 mm de profundidade (Figura 5). O disco foi adaptado no cilindro, de modo que a base maior fique exposta 1,5 mm. 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 ficou centralizado na extremidade do tubo de P.V.C.. Em seguida, a resina acrílica ativada quimicamente de cor rosa Jet Set (Clássico), proporcionada 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 5: Disco de cerâmica posicionado na matriz metálica.

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

Posteriormente, os cilindros de resina acrílica contendo os discos de cerâmica foram posicionados individualmente na região central de uma base metálica circular com resina acrílica, medindo 20,5 mm de diâmetro interno por 60 mm de diâmetro externo por 38 mm de altura. 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 o auxílio de uma politriz (APL-4, Arotec Ind. e Com. Ltda) e lixas de papel 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 com resina acrílica até conseguir uma área plana com diâmetro de 5,50 mm verificada com um paquímetro digital (Mitutoyo), com precisão de 0,01 mm.

Nos cilindros em resina acrílica com cerâmica foi confeccionado um entalhe de 5 mm de largura e 5 mm de profundidade em toda a circunferência

do cilindro, num torno de bancada (Nardini). Para o ensaio de tração, cerâmica-cimento-dentina, cada corpo-de-prova foi formado por um conjunto com perfuração no cilindro com o dente embutido e entalhe no cilindro com cerâmica, para fixação do corpo-de-prova durante o ensaio de tração.

Em seguida, as cerâmicas incluídas em resina acrílica foram limpas em ultrassom com água destilada durante 20 minutos e divididas em 12 grupos de 10 amostras cada, conforme o tratamento utilizado (Quadro I).

Quadro I – Descrição da divisão dos grupos com os respectivos tratamentos de superfície que foram utilizados neste estudo.

GRUPO	(n)	Material de Fixação	Tratamento de Superfície	Silano
1	10	Variolink II e Excite	Jateamento 100 μm , 5 seg., 2 bars de pressão (Oxyker Dry)	Não
2	10	Variolink II e Excite	Jateamento 100 μm , 5 seg., 2 bars de pressão (Oxyker Dry). Aplicar silano por 1 minuto e secar 5 seg.	Sim
3	10	Variolink II e Excite	Jateamento 50 μm , 5 seg., 2 bars de pressão (Oxyker Dry)	Não
4	10	Variolink II e Excite	Jateamento 50 μm , 5 seg., 2 bars de pressão (Oxyker Dry). Aplicar silano por 1 minuto e secar 5 seg.	Sim
5	10	Variolink II e Excite	Ácido fluorídrico 10%, 20 seg., lavar 1 min., secar 30 seg.	Não
6	10	Variolink II e Excite	Ácido fluorídrico 10%, 20 seg., lavar 1 min., secar 30 seg. Aplicar silano por 1 minuto e secar 5 seg.	Sim
7	10	Vitremer	Jateamento 100 μm , 5 seg., 2 bars de pressão (Oxyker Dry)	Não
8	10	Vitremer	Jateamento 100 μm , 5 seg., 2 bars de pressão (Oxyker Dry). Aplicar silano por 1 minuto e secar 5 seg.	Sim
9	10	Vitremer	Jateamento 50 μm , 5 seg., 2 bars de pressão (Oxyker Dry)	Não
10	10	Vitremer	Jateamento 50 μm , 5 seg., 2 bars de pressão (Oxyker Dry). Aplicar silano por 1 minuto e secar 5 seg.	Sim
11	10	Vitremer	Ácido fluorídrico 10%, 20 seg., lavar 1 min., secar 30 seg.	Não
12	10	Vitremer	Ácido fluorídrico 10%, 20 seg., lavar 1 min., secar 30 seg. Aplicar silano por 1 minuto e secar 5 seg.	Sim

4.2.6 – Fixação das amostras para ensaio de resistência à tração cerâmica-cimento- dentina.

Cimento resinoso - Profilaxia da superfície da dentina com pedra pomes e água. Em seguida, condicionar à superfície da dentina com ácido fosfórico 35% (3M) por 30 segundos, lavar em água corrente (15 seg.) e secar com ar por 10 segundos. Aplicar duas camadas do adesivo + primer Excite, não polimerizar como recomendado pelo fabricante. Tratamento da cerâmica conforme Quadro I (Grupo 1 a 6), seguido de 2 camadas do adesivo Excite. Dispensar o cimento Variolink II no bloco de mistura e espatular por 10 segundos, com uma espátula nº 70. Aplicar sobre a superfície da dentina e assentar a cerâmica IPS Empress 2.

Cimento de Ionômero de vidro modificado por resina Vitremer – Profilaxia da superfície da dentina com pedra pomes e água. Tratamento da cerâmica conforme Quadro I (Grupo 7 a 12). Proporcionar o cimento: 2 medidas de pó por 2 gotas de líquido. Espatular todo o pó por 30 segundos sobre uma placa de vidro com uma espátula metálica nº 70, aplicar sobre a superfície da dentina e assentar a cerâmica IPS Empress 2.

Após a aplicação dos cimentos, os conjuntos foram unidos aos pares (cerâmica- dentina) com auxílio de um posicionador de resina acrílica medindo 55 mm de altura e 45 mm de diâmetro externo, contendo no centro uma perfuração de 20 mm de diâmetro, onde as amostras foram inseridas. Os pares foram formados por uma amostra de dentina incluída em cilindro plástico com perfuração e, por outra parte, somente cerâmica, com entalhe no cilindro plástico.

As amostras cimentadas com o cimento resinoso Variolink II, foram colocadas no interior do posicionador (Figura 6) e submetidas a uma força de compressão de 500 gramas que foi mantida durante 1 minuto com auxílio de uma prensa pneumática desenvolvida na Disciplina de Materiais Dentários da FOP/UNICAMP. Os excessos do cimento resinoso foram removidos com um pincel, fotoativado por 40 segundos, com o aparelho XL 1500 (3M), com intensidade de luz de 600 mW/cm², em cada uma das quatro janelas laterais equidistantes existentes no posicionador plástico, totalizando 160 segundos de exposição à luz visível. As amostras fixadas com o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer foram colocadas no interior do

posicionador, submetidas a uma força de compressão de 500 gramas que foi mantida por 1 minuto com auxílio de uma prensa pneumática e removido os excessos.



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

Após o procedimento de fixação (Figura 7), os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada numa estufa (Fabem Ltda) a 37° C por 24 horas. Decorrido esse período, os corpos-de-prova foram submetidos a 500 ciclos térmicos na máquina MCTZ (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

4.2.7 – Ensaio de resistência à tração.

Decorridos os prazos de armazenagem, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de resistência à tração utilizando uma máquina de ensaio universal Instron (Modelo 4411) com velocidade de 1,0 mm/minuto, até ocorrer a falha. Para realização do ensaio, uma garra metálica possuindo um rolamento axial foi fixada ao corpo-de-prova através do entalhe confeccionado na extremidade do cilindro de resina acrílica com cerâmica. 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 de resina acrílica com o dente. Os valores de resistência à fratura foram registrados em kgf. Em seguida, foi calculado o valor de resistência à tração em kgf/cm², através da seguinte fórmula:

$$R=F/A$$

R= resistência à tração

F= carga necessária para fratura

A= área de união

Posteriormente, os valores de resistência à tração em kgf/cm² foram transformados em MPa. Um total de 10 corpos-de-prova foram confeccionados para cada tipo de tratamento e condição (cerâmica-cimento-dentina), perfazendo um total de 120 corpos-de-prova.

Após obtenção dos dados, os valores numéricos foram submetidos à análise de variância e as médias ao teste de Tukey (5%).

4.2.8 – Análise por microscopia eletrônica de varredura

Foram confeccionados três discos adicionais da cerâmica de infraestrutura 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 e 10.000 vezes.

5 - RESULTADOS

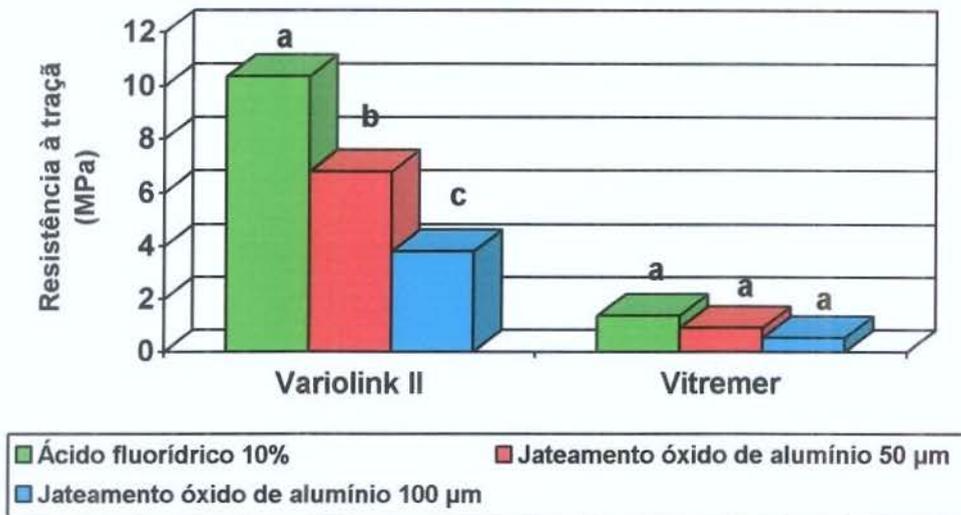
5.1 - Ensaio de resistência à tração cerâmica / cimento / dentina.

A Tabela 2 e Figura 8 mostram as médias de resistência à tração da união cerâmica/cimentos/dentina, submetidos a diferentes tratamentos superficiais, para cada material fixador, sem aplicação do silano. Os resultados de resistência à tração quando fixados com os cimentos Variolink II 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 Variolink II ($p < 0,05$). Para o Vitremer nenhuma diferença estatística foi observada entre os três tratamentos de superfície.

Tabela 2 – Valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica/cimento/dentina, com diferentes tratamentos superficiais, sem aplicação do silano.

TRATAMENTO SUPERFICIAL	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)	
	Variolink II	Vitremer
Ácido fluorídrico 10%	10,36 (0,44) a	1,36 (0,42) a
Jateamento óxido de alumínio 50 μm	6,78 (0,46) b	0,90 (0,40) a
Jateamento óxido de alumínio 100 μm	3,90 (0,55) c	0,78 (0,27) a

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

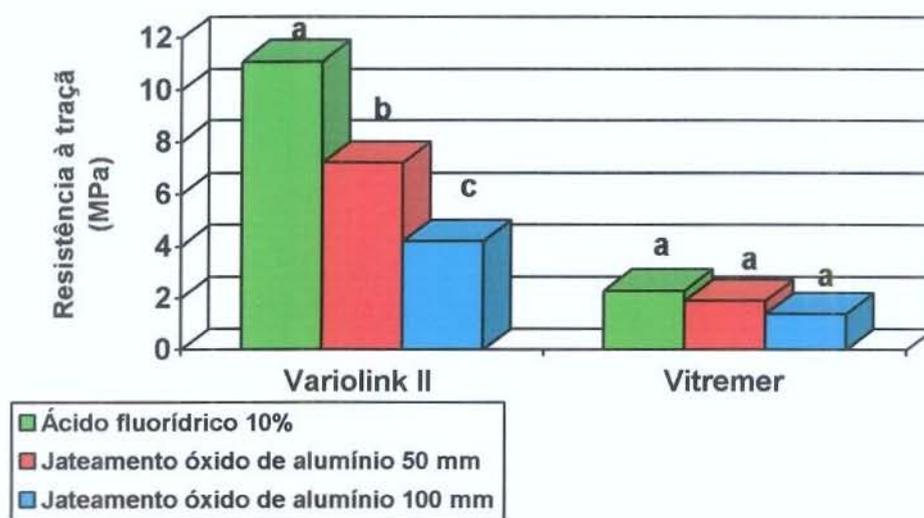
Figura 8 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica/cimento/dentina, com diferentes tratamentos superficiais, sem aplicação do silano.

Quando foi aplicado o silano (Tabela 3 e Figura 9), os maiores valores de resistência à tração para o cimento Variolink II foi obtido com o condicionamento com ácido fluorídrico 10%, sendo estatisticamente superior 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 Variolink II ($p < 0,05$). Para o Vitremer nenhuma diferença estatística foi observada entre os três tratamentos de superfície.

Tabela 3 – Valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica/cimento/dentina, com diferentes tratamentos superficiais, com aplicação do silano.

TRATAMENTO SUPERFICIAL	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)	
	Variolink II	Vitremer
Ácido fluorídrico 10%	11,10(1,14) a	2,30 (0,28) a
Jateamento óxido de alumínio 50 µm	7,20 (0,62) b	1,90 (0,17) a
Jateamento óxido de alumínio 100 µm	4,20 (0,33) c	1,40 (0,21) a

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

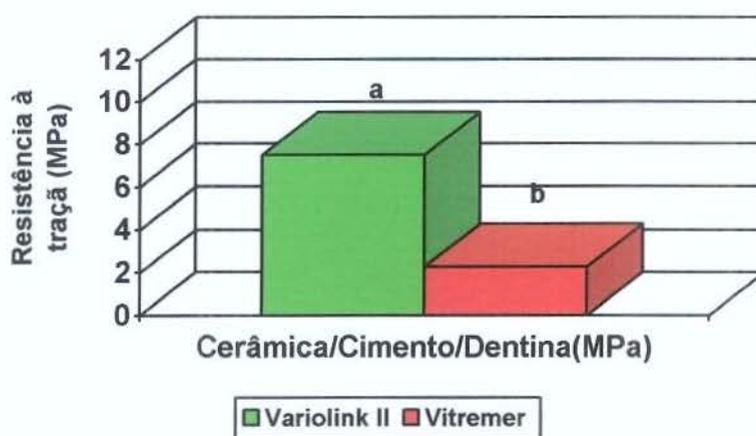
Figura 9 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica/cimento/dentina, com diferentes tratamentos superficiais, com aplicação do silano.

A Tabela 4 e a Figura 10 mostram as médias de resistência à tração entre cerâmica/cimento/dentina para cada material de fixação, independente da silanização e do tipo de tratamento superficial da cerâmica. O valor médio obtido com o cimento resinoso Variolink II foi estatisticamente superior em relação ao cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer ($p < 0,05$).

Tabela 4 – Valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica/cimentos/dentina, independente da silanização e do tipo de tratamento superficial.

Materiais de Fixação	Cerâmica/Cimento/Dentina(MPa)
Variolink II	7,51 (0,32) a
Vitremer	2,26 (0,27) b

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



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

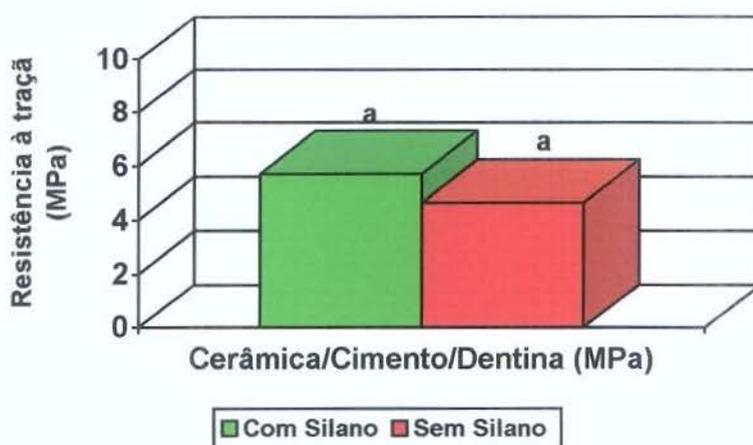
Figura 10 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica/cimento/dentina, independente da silanização e do tipo de tratamento superficial.

A Tabela 5 e a Figura 11 mostram os valores de resistência à tração da união cerâmica/cimento/dentina para as superfícies com e sem aplicação do silano, independente do material de fixação e tratamento superficial da cerâmica. Os resultados mostram que nenhuma diferença estatística foi observada para a união cerâmica/cimento/dentina, com e sem aplicação do silano ($p > 0,05$).

Tabela 5 – Valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica/cimentos/dentina, para superfícies com e sem aplicação do silano, independente do material de fixação e tratamento superficial.

Silano	Cerâmica/Cimento/Dentina (MPa)
Com Silano	5,71 (0,51) a
Sem Silano	4,65 (0,42) a

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



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

Figura 11 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração (MPa) da união cerâmica/cimentos/dentina, para superfícies com e sem aplicação do silano, independente do material de fixação e tratamento superficial.

As Figuras 12 A, 12B e 13A mostram o aspecto da cerâmica tratada com aumento de 2.000 vezes e, a Figura 13B, aumento de 10.000 vezes.

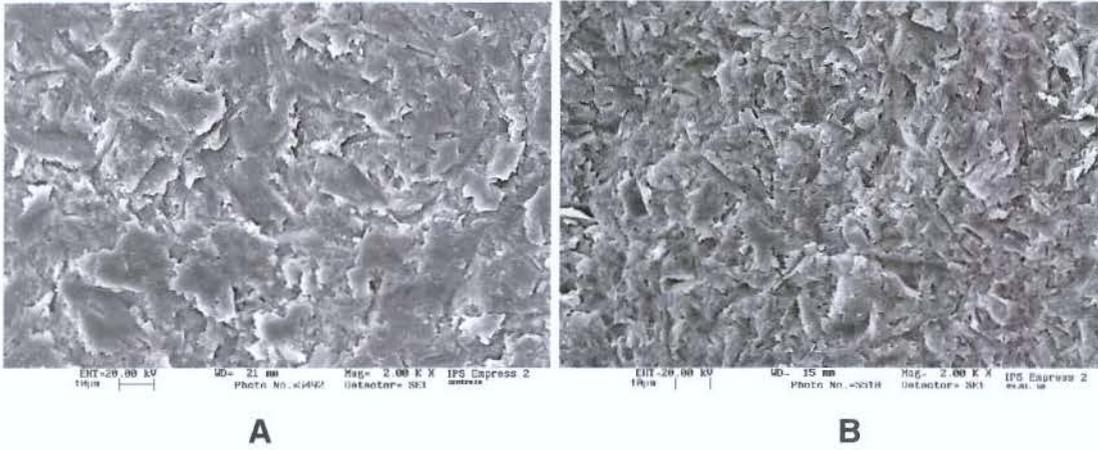


Figura 12: A – Aspecto morfológico da superfície da cerâmica após jateamento com óxido de alumínio de 100 μm por 5 segundos com pressão de 2 bars (X2000). B – Aspecto morfológico da superfície da cerâmica após jateamento com óxido de alumínio de 50 μm por 5 segundos com pressão de 4 bars (X2000).

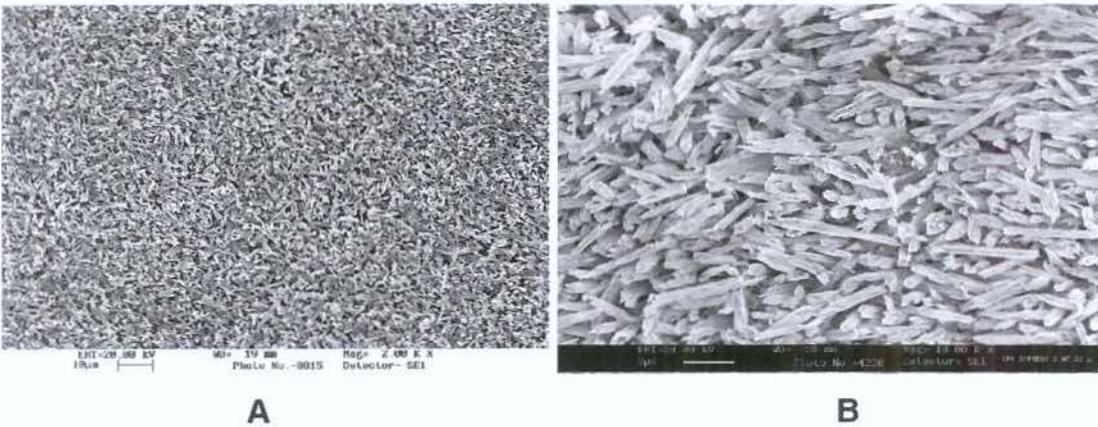


Figura 13: A – Aspecto morfológico da superfície da cerâmica após o condicionamento com ácido fluorídrico 10% por 20 segundos (X2000). B – Aspecto morfológico da superfície da cerâmica após o condicionamento com ácido fluorídrico 10% por 20 segundos, evidenciando os cristais de di-silicato de lítio (X10.000).

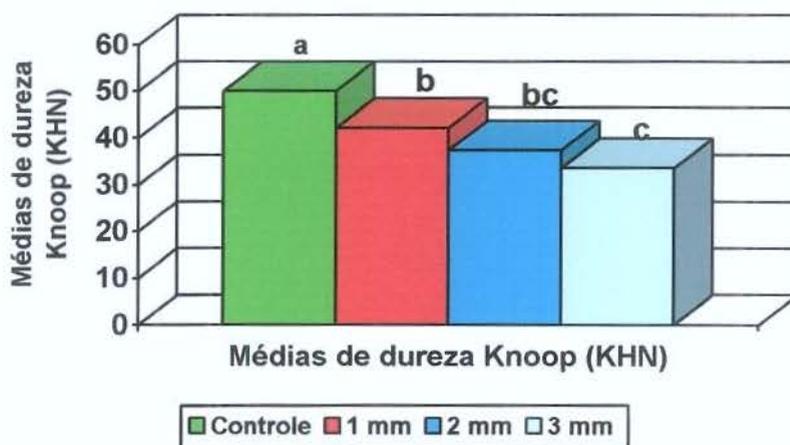
4.2 - Ensaio de dureza Knoop (KHN).

A Tabela 6 e a Figura 14 mostram que os maiores valores de dureza Knoop (KHN) para o cimento resinoso Rely X foram obtidos para o grupo controle (sem interferência da cerâmica), sendo estatisticamente superior em relação aos grupos onde foi colocado as cerâmicas com espessura de 1, 2 ou 3 mm ($p < 0,05$). O grupo com cerâmica de 1 mm de espessura foi estatisticamente superior ao grupo com 3 mm ($p < 0,05$). Nenhuma diferença estatística foi observada entre os grupos com 1 e 2 mm e entre 2 e 3 mm ($p > 0,05$).

Tabela 6– Valores médios de dureza Knoop (KHN) do cimento resinoso Rely X após polimerização sem uso da cerâmica (Controle) e com cerâmica feldspática nas espessuras de 1, 2 e 3 mm.

Espessura da cerâmica	Médias de dureza Knoop (KHN)
Controle	50,00 (1,10) a
1 mm	42,02 (1,40) b
2 mm	37,33 (1,22) bc
3 mm	33,51 (1,42) c

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



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

Figura 14 – Ilustração gráfica dos valores médios de dureza Knoop (KHN) do cimento resinoso Rely X após polimerização sem uso da cerâmica (Controle) e com cerâmica feldspática nas espessuras de 1, 2 e 3 mm.

6 - DISCUSSÃO

6.1 - Ensaio de resistência à tração cerâmica / cimento / dentina.

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 Excite DSC (Vivadent) associado com o cimento resinoso Variolink II (Vivadent) para a técnica adesiva, e o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer (3M), 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, por meio do ensaio de resistência à tração.

De acordo com as Tabelas 2 e 3 e Figuras 8 e 9, os resultados mostraram que o condicionamento com ácido fluorídrico 10% da cerâmica de infra-estrutura IPS Empress 2 fixadas com o cimento resinoso proporcionou a maior média de resistência de união cerâmica/cimento/dentina, com diferença estatística em relação ao jateamento com óxido de alumínio 50 μm e 100 μm ($p < 0,05$). A superfície jateada com óxido de alumínio 50 μm mostrou resultados estatisticamente superiores ao jateamento com óxido de alumínio 100 μm ($p < 0,05$). Já, para o cimento de ionômero de vidro, nenhuma diferença estatística foi observada entre os três tratamentos de superfície ($p > 0,05$). Isto mostra que os tratamentos de superfície da cerâmica não exerceram nenhuma influência na resistência de união quando fixadas com o cimento de ionômero de vidro Vitremer, devido provavelmente à baixa resistência adesiva desse cimento com a dentina.¹⁰⁴ De maneira similar, o emprego do ácido fluorídrico também tem sido relatado como outro meio de condicionamento eficiente para a cerâmica feldspática.^{20,38,59,71}

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 13A e 13B. HÖLAND *et al.*³² (2000) enfatizaram que os cristais de di-silicato de lítio, os quais têm formato alongado entre 0,5 a 4 μm de comprimento, estabelecem a 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 (óxido de silício), em relação ao jateamento com óxido de alumínio, favorecendo maior penetração e retenção dos materiais de fixação. A cerâmica IPS Empress 2, bem como as cerâmicas feldspáticas são materiais compostos de matriz vítrea quimicamente igual (SiO_2) a qual é passível de ser removida pelo tratamento com ácido fluorídrico. Essa remoção promove microirregularidades passíveis de serem preenchidas por agentes cimentantes.^{32,65} SIMONSEN & CALAMIA⁶⁵ (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.

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, 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 força de união encontra-se na imagem obtida pela microscopia eletrônica de varredura (Figura 12A), que evidencia topografia com padrão de irregularidade que não propicia superfície retentiva como a obtida com o condicionamento ácido (Figuras 13A e 13B). 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 12B). Tal tratamento promoveu aumento significativo na resistência de união para a fixação com Variolink II 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 Vitremer (Tabelas 2 e 3 e Figuras 8 e 9). Fato que pode ter contribuído para a

diferença entre os cimentos é o emprego do adesivo Excite antes do cimento resinoso Variolink II, o qual apresenta menor viscosidade e, portanto, maior capacidade de penetrar nas irregularidades da superfície da cerâmica. Já o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer é empregado sem adesivo e, devido à sua maior viscosidade, este cimento não apresentou a mesma capacidade de penetrar nas irregularidades obtidas pelos tratamentos superficiais.

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,^{8,42} o presente estudo não teve a intenção de comparar a eficiência de diferentes silanos. Portanto, optou-se pelo silano Monobond S (Vivadent), por ser recomendado para uso com o adesivo Excite DSC (3M) e cimento resinoso Variolink II (Vivadent), 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 cerâmica/cimento/dentina 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, as quais possuem SiO₂ como o IPS Empress 2, responsável pela união química entre a cerâmica e a resina,^{9,16,22} proporcionando aumento de 30% a 40% na resistência de união.^{19,53}

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 encontrado tanto no adesivo Excite, como no cimento resinoso Variolink II, assim como no cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer. 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 infra-estrutura IPS Empress 2. Outro fator importante no aumento da união é a capacidade do silano em promover melhor umedecimento da superfície,⁵⁸ 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.⁶⁶

STOKES & HOOD⁶⁸ (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 & AQUILINO²⁵ (1989), APPELDOORN *et al.*⁴ (1993), KATO *et al.*³⁷ (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.*⁴² (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.*⁶⁹ (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 Monobond S 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. Entretanto, quando o silano foi aplicado nas cerâmicas fixadas em dentina com o cimento de ionômero de vidro Vitremer, nenhuma diferença estatística foi observada.

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.

No caso da cerâmica feldspática, a associação do condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do silano também proporcionou maiores valores de resistência de união.^{21,35,40,63} 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,^{36,51} assim como superar a própria resistência coesiva da cerâmica.^{2,31} 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.

A média de resistência de união cerâmica/cimento/dentina com o cimento resinoso Variolink II foi estatisticamente superior em relação à fixação com o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer, independente do tratamento superficial e da aplicação ou não do silano (Tabela 4 e Figura 10). Uma das razões para esta diferença provavelmente é o emprego do adesivo Excite, que é menos viscoso em relação ao Vitremer, tendo maior capacidade de penetrar nas irregularidades da superfície da cerâmica e dentina, proporcionando maior retenção mecânica. O condicionamento da dentina seguido pela penetração de monômeros hidrófilos e hidrófobos em concentrações balanceadas e polimerizados resultam na formação de prolongamentos resinosos formando provavelmente a camada híbrida, semelhante a descrita por Nakabayashi⁴⁷ (1992) e Van Meerbeek et al.⁷⁴ (1993), que foi considerada por nós como um possível fator responsável pela maior resistência alcançada pelo cimento resinoso. Já, o cimento de ionômero de vidro apresentou pouca adesão a superfície da dentina, provavelmente em função da baixa resistência adesiva do cimento de ionômero de vidro na dentina.⁶⁰

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.^{14,29} 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.⁴¹ Além disso, VAN DIJKEN *et al.*⁷³, 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 Excite e o cimento resinoso Variolink II 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. Já, o uso do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer apresentou resultados baixos com relação a fixação em dentina, independente do tratamento de superfície realizado nas cerâmicas. Isso poderia comprometer a capacidade da cerâmica permanecerem no meio bucal por um tempo longo. 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.

6.2 - Influência da espessura da cerâmica na fotoativação do cimento resinoso.

Quando se discute sobre o modo de fotoativação do cimento através de diferentes espessuras da cerâmica, tem sido mostrado que a quantidade total de luz transmitida torna-se difusa pela dispersão da luz.¹⁵ Propriedades ópticas da cerâmica, como cor, tipo e espessura determinam a translucência da cerâmica dental. Assim, a luz emitida pelo aparelho fotoativador sofre atenuação quando espessuras de cerâmicas são usadas. No presente estudo isto pode ser claramente evidenciado quando a espessura da cerâmica aumentou ocorreu diminuição da dureza

Com a polimerização, este fator pode ser antecipado, pois a dureza do cimento reduz com aumento da profundidade do cimento, explicado pelo aumento do efeito da atenuação, de acordo com o aumento da espessura e opacidade da cerâmica.⁷² Como a intensidade de luz é atenuada pela cerâmica e cimento resinoso, menor quantidade de canforoquinona será ativada.^{39,45} Adicionalmente, com a dissipação da luz, provavelmente, ocorrerá perda de luz quando ela emerge no disco de cerâmica, de acordo com o espectro de irradiação. Entretanto, está hipótese necessita de futuras investigações.

A melhora no grau de conversão após diferentes condições de armazenagem tem sido mostrado em estudos com infravermelho.⁵² Alguns estudos tem demonstrado que os compósitos ativados por luz, apresentam aumento do seu valor de dureza nas primeiras horas, com valor máximo em 24 horas.^{56,57} De acordo com a ISO 4049, o tempo de presa dos cimentos resinosos duais deveriam ser superior a 10 minutos. O presente estudo mostrou que a profundidade de polimerização das camadas dos cimentos resinosos algumas vezes não são propriamente duros para receber uma carga imediata. Neste momento, os cimentos resinosos deveriam ter boas propriedades mecânicas, com satisfatório módulo de elasticidade e dureza, o qual será protegido pelo agente de união, aumentando a resistência à fratura das restaurações cerâmicas. O fabricante dos cimentos resinosos usam as propriedades reológicas, onde modificações pela adição do polímero de dimetacrilato permite aumentar o tempo de manipulação e facilitar a limpeza. O

tempo de presa é geralmente controlado pelos componentes inibidores,⁵ provavelmente a dureza em profundidades elevadas podem ser afetadas.

Baseado nos dados do presente estudo (Tabela 6 e Figura 14), o tempo de fotoativação foi insuficiente para polimerização do cimento quando interposto pela cerâmica. O tempo de exposição recomendado pelo fabricante foi insuficiente para compensar a atenuação da luz quando em passagem através da cerâmica.⁷⁶ O tempo de fotoativação recomendado pelo fabricante deveria ser observado com precaução, pois o tempo regular pode não ser suficiente para proporcionar dureza em diferentes profundidades do cimento.⁷⁰ Aumentando a espessura da cerâmica um tempo de exposição maior é recomendado para fotoativação do cimento. Assim, quando um cimento resinoso dual foi empregado, a resistência após 90 minutos foi menor do que a resistência máxima após 7 dias. Por essa razão, os pacientes deveriam ser informados para evitar aplicação de esforços elevados nas restaurações nas primeiras horas após a fixação.^{11,55,64}

A irradiação da luz, o tempo de exposição e a transmissão da luz no material são significativamente variáveis que afetam a dureza ou perfil de conversão.³⁰ Adicionalmente, a polimerização das resinas compostas é afetada pela composição química, tamanho de partícula, cor, intensidade de luz, tempo de exposição e espessura do material que está interferindo na passagem da luz como a cerâmica.⁵

Outro método para elevar o grau de polimerização do cimento resinoso é o aumento do tempo de irradiação.^{70,76} Os compósitos restauradores têm mostrado que há relação entre a energia de conversão, usada para mostrar o perfil de conversão do compósito sob condições variáveis de polimerização. Tem sido mostrado que a irradiação em diversas direções para um determinado tempo tem proporcionados melhores valores de dureza em determinadas espessuras de cerâmicas.²⁸

Baixos níveis de conversão do monômero de cimentos resinosos é acompanhado de diminuição das propriedades mecânicas e aumento na sorção de água.⁷² Entretanto, a presença de monômero residual na resina polimerizada deficientemente pode lixiviar-se do material, causando irritação dos tecidos²⁴, afetando a biocompatibilidade do sistema.³⁴ Outras possíveis

complicações da inadequada polimerização inclui risco de fratura marginal, cárie secundária e menor estabilidade de cor.

A fotoativação eficiente dos cimentos à base de resina é necessário para aumentar a resistência e rigidez.⁷ Os cimentos duais Rely X depende da fotoativação para conseguir valores de dureza altos.¹² Condições deficientes de fotoativação diminui a resistência flexural dos cimentos duais quando comparado com as condições a 24 horas e a 3 meses.⁷

Geralmente o grau de conversão correlaciona-se com a dureza,^{27,50,61} o qual não requer instrumentação complexa.⁶ O grau de conversão do monômero obtido pelo espectrofotometro FTIR, comumente usado para conhecer a reação cinética dos compósitos à base de polímero, a microdureza é útil para determinar as propriedades mecânicas durante o processo de polimerização.

Estudos iniciais do comportamento de dureza dos cimentos resinosos dual é crítica por causa das ativação química deste processo de reação. O presente estudo permitiu direcionar a profundidade inicial de polimerização do cimento usando a dureza Knoop. Entretanto, ensaios físicos devem ser realizados em conjunto com outras importantes propriedades, incluindo solubilidade, espessura de película, biocompatibilidade, manipulação e seleção do material.⁷ Devido os ensaios mecânicos não produzir resultados específicos e não promover polimerização adequada em diversas situações químicas¹⁸, é importante escolher um cimento dual baseado na intenção de uso. Assim, investigações adicionais ajudariam a otimizar o grau de conversão quando a fotoativação indireta sobre um material cerâmico é empregado.

7 – CONCLUSÃO

1 – O cimento resinoso Variolink II mostrou valores de resistência à tração superiores em relação ao cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer, independente do tratamento superficial da cerâmica, silanização ou substrato;

2 – O tratamento superficial da cerâmica com ácido fluorídrico 10% proporcionou valores de resistência à tração superiores em relação aos jateamentos com óxido de alumínio 50 μm e 100 μm , para o cimento Variolink II. Nenhuma diferença estatística foi observada para o cimento de ionômero de vidro Vitremer;

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

4 – Com relação a dureza Knoop do cimento resinoso Rely X, o grupo controle sem interferência da cerâmica apresentou valores de dureza Knoop estatisticamente superiores em relação a dureza quando foi empregado cerâmicas nas espessuras de 1, 2 e 3 mm.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - AGRA CM, GARÓFALO C, VIEIRA GF. Silano – análise da importância deste material na união química entre porcelana e resina composta. **Rev. Âmbito Odont.**, 1993; 3:326-331.
- 2 - VAIDA M, HAYAKAWA T, MIZUKAWA K. Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. **J. Prosthet. Dent.** 1995; 73(5):464-470.
- 3 -ANUSAVICE, K.J. **Skinner's science of dental materials.** 10th ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1996. Chap. 26.
- 4 - APPELDOORN RE, WILWERDING TM, BARKMEIER WW. Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair systems. **J. Prosthet. Dent**, 1993;70(1):6-11.
- 5 - Asmussen E. Setting time of composite restorative resins vs. content of amine, peroxide, and inhibitor. *Acta Odontol Scand* 1981; 39: 291-294.
- 6 - Asmussen E. Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers. *Scand J Dent Res* 1982; 90: 490-496.
- 7 - Attar N, Tam LE, McComb D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 127-134.
- 8 - BAILEY, J.H. Porcelain-to-composite bond strengths using four organosilane materials. **J. Prosthet. Dent.** , 1989;61(2):174-177.
- 9 - BARGHI N, BERRY T, CHUNG K. Effects of timing and heat treatment of silanated porcelain on the bond strength. **J. Oral Rehabil.**, 2000;27(5):407-412.
- 10 - BOWEN, R.L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. **J Am Dent Assoc**, 1963; 66 (1):57-64.
- 11 - Braga RR, Ballester RY, Carrilho MR. Pilot study on the early shear strength of porcelain-dentin bonding using dual-cure cements. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 285-289.
- 12 - Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 257-262.

- 13 - BRECKER, S.C. Porcelain baked to gold – a new medium in prosthodontics. **J Prosthet Dent.**, 1956; 6 (6):801-810.
- 14 - BURKE FJT. The effect of variations in bonding procedure on fracture resistance of dentin-bonded all-ceramic crowns. **Quintessence Int**,1995; 26(4):293-300.
- 15 - Brodbelt RH, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains. **J Dent Res** 1980; 59: 70-75.
- 16 - CALAMIA JR, SIMONSEN RJ. Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain. **J. Dent. Res.**,1984;63:179. [Abstract, 79]
- 17 - CARDISH, H.S.; BAHARAV, H.; PILO, R.; BEM-AMAR, A. The effect of porcelain color on the hardness of luting composite resin cement. **J. Prosthet. Dent.**, 1993; 69:620-623.
- 18 - Caughman W.F, Chan DC, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. **J Prosthet Dent** 2001; 86:101-106.
- 19 - 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.
- 20 - CHEN JH, MATSUMURA H, ATSUTA M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. **J. Dent**,1998;28(1): 53-58.
- 21 - CHEN JH, MATSUMURA H, ATSUTA M. Effect of etchant, etching period and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. **Oper. Dent.**, 1998;23(5):250-257
- 22 - CHUNG CH *et al.* Shear bond strength of two resin-modified glass ionomer cements to porcelain. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, 1999,115(5):533-535.
- 23 - DE LONG R, GOODKIND RJ, DOUGLAS WH. Corrosion fatigue of the bond between nickel-chrome casting alloys and porcelain. **J. Prosthet. Dent.** 1989; 52: 344-348.
- 24 - DeWald JP, Ferracane JL. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. **J Dent Res** 1987; 66: 727-730.

- 25 - DIAZ-ARNOLD AM, AQUILINO SA. An evaluation of the bond strength of four organosilane materials in response to thermal stress. **J. Prosthet. Dent.**, 1989;62(3):257-260.
- 26 - DONG, J.K. *et al.* Heat-pressed ceramics technology and strength. **Int J Prosthodont**, 1992; 1:9-16.
- 27 - Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. **Dent Mater** 1985; 1: 11-14.
- 28 - Foxtan RM, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Effect of light source direction and restoration thickness on tensile strength of a dual-curable resin cement to copy-milled ceramic. **Am J Dent** 2003; 16: 129-134.
- 29 - GROTEN M, GIRTHOFER S, PROBSTER L. Marginal fit consistency of copy-milled all ceramic crown during fabrication by light and scanning electron microscopic analysis in vitro. **J. Oral Rehabil**, 1997;24(12):871-881.
- 30 - Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. An energy conversion relationship predictive of conversion profiles and depth of cure for resin-based composite. **Oper Dent** 2003; 28: 307-314.
- 31 - HAYAKAWA T. *et al.* The influence of surface conditions and silane agents on the bond of resin to dental porcelain. **Dent. Mater.**, 1992;8(4):238-240.
- 32 - 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.**, 2000;53(4):297-303.
- 33 - HORNBROOK, D.S.; CULP, L. Características clínicas de un nuevo sistema cerámico. **Signature Int**, 1999; 4 (1):11-17.
- 34 - Jaffer F, Finer Y, Santerre JP. Interactions between resin monomers and commercial composite resins with human saliva derived esterases. **Biomaterials** 2002; 23: 1707-1719.
- 35 - JARDEL V. *et al.* Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. **Int. J. Prosthodont**, 1999;12(1):59-64.
- 36 - KAMADA K, YOSHIDA K, ATSUTA M. Effect of ceramic surface treatments on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. **J. Prosthet. Dent.**, 1998;79(5):508-513.
- 37 - KATO H. *et al.* Bond strength and durability of porcelain bonding systems. **J. Prosthet. Dent.**, 1996;75(2):163-168.

- 38 - KATO H, MATSUMURA H, ATSUTA M. Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. **J. Oral Rehabil.**, 2000;27(2):103-110.
- 39 - Knezevic A, Tarle Z, Meniga A, Sutalo J, Pichler G, Ristic M. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. **J Oral Rehabil** 2001; 28: 586-591.
- 40 - LACY AM. *et al.* Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. **J. Prosth. Dent.**, 1988;60(3):288-291.
- 41 - 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. Prosth. Dent.**, 1998;80(6):699-707.
- 42 - LU, R. *et al.* An investigation of the composite resin/porcelain interface. **Aust Dent J**, 1992; 37 (1):12-19.
- 43 - MADANI M. *et al.* Effects of surface treatments on the bond strengths between a resin cement and an alumina core. **J. Prosthet. Dent.**, 2000; 83:644-647.
- 44 - Mc LEAN, J.W.; HUGHES, T.H. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. **Br Dent J**, 1965; 119 (6):251-267.
- 45 - Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. **Br Dent J** 1999; 186: 388-391.
- 46 - MYERSON, R.L. Effects of silane bonding of acrylic resins to porcelain on porcelain structure. **J Am Dent Assoc**, v.78, n.1, p.113-119, 1969.
- 47 - NAKABAYASHI N. Adhesive bonding with 4-META. **Oper. Dent.**, Supplement 5, p.125-130, 1992.
- 48 - NEWBURG, R.; PAMEIJER, C.H. Composite resins bonded to porcelain with silane solution. **J Am Dent Assoc**, 1978; 96 (2):288-291.
- 49 - O'KEEFE, K.L.; PEASE, P.L.; HERRÍN, H.K. Variables affecting the spectral transmittance of light through porcelain veneer samples. **J.Prosthet. Dent.**, 1999; 66:434-438.
- 50 - Orefice RL, Discacciati JAC, Neves AD, Mansur HS, Jansen WC. In situ evaluation of the polymerization kinetics and corresponding evolution of the mechanical properties of dental composites. **Polymer Testing** 2003; 22: 77-81.

- 51 - OZDEN AN, AKALTAN F, CAN G. Effect of surface treatments of porcelain on the shear bond strength of applied dual-cured cement. **J. Prosth. Dent.** 1994;72: 85-88.
- 52 - Ozyesil AG, Usumez A, Gunduz B. The efficiency of different light sources to polymerize composite beneath a simulated ceramic restoration. **J Prosthet Dent** 2004; 91: 151-157.
- 53 - PACHECO JFM. **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.
- 54 - PAFFENBARGER, G.C.; SWEENEY, W.T.; BOWEN, R.L. Bonding porcelain teeth to acrylic resins denture bases. **J Am Dent Assoc**, 1967; 74 (5):1018-1023.
- 55 - Peters AD, Meiers JC. Effect of polymerization mode of a dual-cured resin cement on time-dependent shear bond strength to porcelain. **Am J Dent** 1996; 9: 264-268.
- 56 - Pilo R, Cardash HS. Post-irradiation polymerization of different anterior and posterior visible light-activated resin composites. **Dent Mater** 1992; 8: 299-304.
- 57 - Quance SC, Shortall AC, Harrington E, Lumley PJ. Effect of exposure intensity and post-cure temperature storage on hardness of contemporary photo-activated composites. **J Dent** 2001; 29: 553-560.
- 58 - ROSEN MR. From treating solution to filler surface and beyond. **JCT**, 1978;50(644):70-82.
- 59 - ROULET JF, SÖDERHOLM KJM, LONGMATE J. Effects of treatment and storage conditions on ceramic / composite bond strength. **J. Dent. Res.**, 1995;74(1):381-387.
- 60 - RYAN *et al.* (2002). Fracture mechanics analysis of the dentine-luting cement interface. **Proc Inst Mech Eng [H]**. 2002;216(4):271-276.
- 61 - Rueggeberg FA, Craig RG. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. **J Dent Res** 1988; 67: 932-937.
- 62 - SEVERANCE, G. Presentación de una nueva cerámica vítrea de disilicato de lítio: **Empress 2. Signature Int**, 1999; 4 (1):1-3.

- 63 - SHAHVERDI S. *et al.* Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. **J. Oral Rehabil.** 1998;25(9):699-705.
- 64 - Sheets CG, Taniguchi T. Advantages and limitations in the use of porcelain veneer restorations. **J Prosthet Dent** 1990; 64: 406-411.
- 65 - SIMONSEN, R.J.; CALAMIA, J.R. Tensile bond strength of etched porcelain. **J Dent Res**, 1983; 62: p.297, Abstract, 1154.
- 66 - SÖDERHOLM KM, REETZ EA. Factors affecting reliability of a resin-based cement joint. **Gen. Dent.**, 1996;44(4):296-302.
- 67 - 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**, 1999; 4 (1):4-10.
- 68 - STOKES AN, HOOD JAA. Thermocycling, silane priming and resin/porcelain interfaces – an electrical leakage study. **Dent. Mater.**, 1989;5(6):369-370.
- 69 - STOKES AN, HOOD JAA, TIDMARSH BG. Effect of 6-month water storage on silane-treated resin/porcelain bonds. **J. Dent.**, 1988;16(6):294-296.
- 70 - Strang R, McCrosson J, Muirhead GM, Richardson SA. The setting of visible-light-cured resins beneath etched porcelain veneers. **Br Dent J** 1987; 163: 149-151.
- 71 - SULIMAN AH, SWIFT EJ Jr, PERDIGÃO J. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. **J. Prosthet. Dent.** 1993;70(2):118-120.
- 72 - Uctasli S, Hasanreisoglu U, Wilson HJ. The attenuation of radiation by porcelain and its effect on polymerization of resin cements. **J Oral Rehabil** 1994; 21: 565-575.
- 73 - 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**, 1999;82(5):529-535.
- 74 - VAN MEERBEEK B. *et al.* Chemical characterization of the resin-dentin interface by micro-raman spectroscopy. **J. Dent. Res**, 1993;72(10):1423-1428.
- 75 - VAN NOORT, R. **Introduction to dental materials**. London: Mosby, 1994. chap. 1, 3, p.19-24, 201-224.

76 - WARREN, K. An investigation into the microhardness of a light cured composite when cured through varying thicknesses of porcelain. **J. Oral Rehab.**, 1990; 17:327- 332.

77 - YEN TW, BLACKMAN RB, BAES RJ. Effect of acid etching on the flexural strength of a feldspatic porcelain and castable glass ceramic. **J. Prosth. Dent.**,1993;70:224-233.