

MARCOS PAULO NAGAYASSU

**EFEITO DOS TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE NA RESISTÊNCIA DA
UNIÃO PORCELANA / CIMENTO RESINOSO**



Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Área de Concentração em Odontologia Restauradora.

Orientador: Prof. Titular José Eduardo Junho de Araújo

São José dos Campos

2003

LD15
N 1312
T 1582

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:

BELLINI, A.B.; SILVA, E.A. **Manual para elaboração de monografias: estrutura do trabalho científico.** São José dos Campos: FOSJC/UNESP, 2002. 82p.

NAGAYASSU, M.P. **Efeito dos tratamentos de superfície na resistência da união porcelana/cimento resinoso.** 2003. 124f. Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2003.

Dedico este trabalho a estas pessoas, sem as quais não trilharia este caminho que me trouxe até aqui.

Ao meu pai Yukio, por toda a dedicação e carinho na minha formação, obrigado pelo exemplo de disciplina, respeito, e principalmente, companheirismo.

À minha mãe Toshiko, por todo o amor que só uma mãe pode oferecer, pelo seu incentivo para os meus estudos, pela doação e sacrifício em toda a minha vida.

Às minhas irmãs, Christiane e Vanessa, por tudo que vivemos, crescemos e aprendemos juntos.

À Luciana, pelo amor que nos leva adiante, por toda a sua dedicação e compreensão. Agradeço por você estar do meu lado em todos os momentos, não só na vida profissional, mas principalmente, na vida pessoal.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Tit. José Eduardo Junho de Araújo, por sua orientação segura e precisa, e pela oportunidade de crescimento na carreira universitária.

Agradeço pela confiança em mim depositada.

Ao Prof. Dr. Eduardo Shigueyuki Uemura, por sua orientação desde os meus primeiros trabalhos, sempre mostrando muito interesse em ensinar, até mesmo nos finais de semana. Agradeço pela sua dedicação e contribuição para a minha formação acadêmica e profissional.

Ao Prof. Dr. Lafayette Nogueira Júnior, pela confiança e orientação desde o início de nossa convivência, pelo meu ingresso no estágio na disciplina de Prótese Parcial Removível, agradeço também pela colaboração na realização da parte experimental deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcos Yasunóri Maekawa, pelo apoio constante, pelo grande incentivo para o progresso de minha formação acadêmica, pelos conselhos sinceros, muito importantes para a formação de um jovem.

Ao Prof. Dr. Carlos Augusto Pavanelli, por estar sempre pronto a ajudar, pela confiança e alegria que transmite a todos nós.

Agradeço a vocês, principalmente, por acreditar em meu trabalho e pela amizade e convivência agradável em todos estes anos.

À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação.

À Diretora da Faculdade, Prof^a. Tit. Maria Amélia Máximo de Araújo, pelo incentivo e auxílio, que desde o início foram essenciais para a execução desta pesquisa.

Aos professores do Departamento de Odontologia Restauradora, e à coordenadora do curso Prof^a Adj^a Márcia Carneiro Valera, pela atenção e pelos conhecimentos transmitidos, que muito contribuíram durante a realização de todo o curso.

Aos colegas de curso, Ana Raquel, André, Caio, Carolina, Fabiana, Flávia, Karen, Márcia, Silvia e Viviane, por todos os momentos de dificuldades e alegrias que passamos juntos, e pelo grande aprendizado durante a nossa caminhada.

Aos colegas de estágio da Prótese Parcial Removível, e em especial ao Júlio, Alexandre e Wagner, que iniciaram a vida acadêmica ao meu lado, pela amizade e incentivo mútuo, sempre deixando tudo para a última hora, seguimos adiante.

À Luzia, pela amizade e pelo exemplo de dedicação, e à Carol, pelo estímulo constante e pela amizade desde os tempos de graduação.

À família Shintome, por ter me acolhido tão bem desde o início, pela convivência e apoio em todos os momentos.

Ao Prof. Ivan Balducci, pela realização da análise estatística, possibilitando que eu compreendesse esta parte indispensável do trabalho.

Ao Laboratório Vaiazzi, na pessoa do técnico Rômulo Gavazzi, onde foram confeccionados os discos de porcelana.

Ao SENAI – São José dos Campos, na pessoa do Sr. João Bosco, pela execução da matriz para a confecção da cerâmica.

Ao Célio José de Souza e Urbano Gonçalves de Oliveira, da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP, pelo auxílio na execução da fase piloto desta pesquisa.

Ao INPE, na pessoa da Sra. Maria Lucia, pela colaboração para a execução da microscopia eletrônica de varredura.

Aos funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora e do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pela prestatividade e colaboração sempre presente.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação, pela disposição em ajudar e atenção dispensada durante todo o curso.

Às funcionárias da Biblioteca e, em especial à Ângela Britto Bellini pela revisão bibliográfica e final deste trabalho.

À empresa J. Morita, pelo fornecimento de material utilizado nesta pesquisa.

À CAPES, pelo apoio ao curso de Pós-Graduação e pelo auxílio a mim concedido.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	9
RESUMO.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1 Restaurações cerâmicas.....	17
2.2 Tratamentos de superfícies cerâmicas.....	27
3 PROPOSIÇÃO.....	70
4 MATERIAL E MÉTODO.....	71
4.1 Materiais.....	71
4.2 Divisão dos grupos experimentais.....	74
4.3 Obtenção das amostras.....	74
4.4 Preparo das amostras.....	75
4.5 Procedimento de cimentação.....	76
4.6 Teste de resistência ao cisalhamento.....	80
4.7 Análise estatística.....	83
4.8 Análise das fraturas em estereomicroscópio.....	84
4.9 Análise em microscópio eletrônico de varredura.....	86
5 RESULTADOS.....	87
6 DISCUSSÃO.....	94
7 CONCLUSÃO.....	109
8 REFERÊNCIAS.....	110
APÊNDICE.....	123
ABSTRACT.....	124

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Materiais utilizados para a confecção dos.....	78
FIGURA 2	- Tratamentos de superfície: a) condicionamento.....	78
FIGURA 3	- Procedimento de cimentação: a) ponta plana.....	81
FIGURA 4	- Teste de resistência ao cisalhamento: a) fixação...	81
FIGURA 5	- Delineamento da metodologia.....	82
FIGURA 6	- Representação esquemática da classificação.....	85
FIGURA 7	- Média e desvio padrão dos dados de.....	88
FIGURA 8	- Esquema dos cinco números (<i>Box and Whisker</i>	88
FIGURA 9	- Figura representativa de fratura: a) adesiva.....	92
FIGURA 10	- Eletromicrografias obtidas após os seguintes.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BFA	Bifluoreto de amônia
Bis-GMA	Bisfenol A glicidil dimetacrilato
cm	Centímetros
FFA	Fluorofosfato acidulado
g	Gramas
h	Horas
HF	Ácido fluorídrico
H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico
KV	Kilovolts
lb/pol ²	Libras por polegada ao quadrado
MAC-10	Ácido 11-metacriloxi- 1,1 undecanodicarboxílico
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
min	Minutos
mm	Milímetros
MMA-TBB	Metil metacrilato tri-n-butil borano
MPa	Mega Pascal
MPTS	Metacriloxipropil trimetoxisilano
mW/cm ²	Miliwatt por centímetro quadrado
nm	Nanômetros
s	Segundos
TEGDMA	Trietileno glicol dimetacrilato
4-META	4-Metacriloxietil trimetacrilato anidrido
µm	Micrometros
°C	Grau Celsius
%	Por cento

NAGAYASSU, M.P. Efeito dos tratamentos de superfície na resistência da união porcelana/cimento resinoso. 2003. 124f. Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2003.

RESUMO

O objetivo deste estudo *in vitro* foi avaliar o efeito de diferentes tratamentos da superfície cerâmica, na resistência ao cisalhamento da união entre porcelana e cimento resinoso. Foram confeccionados sessenta pares de discos de porcelana aluminizada a 50% Vitadur Alpha (Vita), de tamanhos padronizados em 6mm de diâmetro por 3mm de espessura (A), e 3mm por 3mm (B). As amostras foram divididas aleatoriamente em seis grupos (n=10), de acordo com um dos seguintes tratamentos de superfície: condicionamento com ácido fluorídrico por 2 e 4min (G1 e G2), jateamento com óxido de alumínio (50µm) por 5s (G3), jateamento seguido de ácido fluorídrico por 2 e 4min (G4 e G5) e controle (G6). Em seguida, foi aplicado silano (Tokuso Ceramic Primer – Tokuyama) na superfície tratada de ambos os discos, e os discos B foram cimentados sobre os respectivos discos A, utilizando cimento resinoso dual (Bistite II DC - Tokuyama). Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24h, para posterior teste de cisalhamento em máquina de ensaio universal. Os resultados obtidos, expressos em MPa, foram submetidos aos testes de ANOVA fator único e Tukey ($p \leq 0,05$). O condicionamento com ácido fluorídrico por 2min apresentou resultados significativamente superiores ao condicionamento por 4min e ao grupo controle, porém não diferiu estatisticamente do jateamento, associado ou não ao ácido fluorídrico por 2 ou 4min.

PALAVRAS-CHAVE: Porcelana; cimento resinoso, tratamento de superfície; cimentação, cisalhamento.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a Odontologia Restauradora tem dado uma grande ênfase ao aspecto estético em seus procedimentos, isto ocorre devido à fascinação da sociedade pela aparência de uma maneira geral, em grande parte influenciada pela mídia.

Há um desejo de se eliminar as restaurações metálicas, aliado a propaganda dos fabricantes de novos materiais restauradores estéticos, desencadeando um aumento no seu emprego pelos dentistas. Somado ao fato de muitos ministradores de cursos e educadores, em alguns casos patrocinados pelos fabricantes, promoverem o uso destes materiais (CHRISTENSEN³⁰, 1998).

Portanto, há uma necessidade de atualização contínua frente a esta realidade, para que fatores primordiais num tratamento não sejam relegados a um segundo plano, compreendendo que a função e a estética devem caminhar juntas, para que se obtenha longevidade.

A realização destas restaurações tornou-se possível devido à evolução dos conhecimentos adquiridos sobre os mecanismos de adesão à estrutura dental. Buonocore¹⁵ (1955) desenvolveu uma técnica de condicionamento do esmalte com ácido fosfórico (H_3PO_4), que alterava a morfologia superficial criando microporosidades, obtendo retenções que uniam fortemente a resina acrílica ao esmalte, e a sua efetividade foi comprovada por estudos clínicos e laboratoriais ao longo dos anos subseqüentes.

Posteriormente, pesquisas foram conduzidas para investigar os mecanismos de adesão dos materiais restauradores à dentina. Fusayama et al.⁴³ (1979) constataram que a utilização do condicionamento ácido do esmalte e da dentina simultaneamente

aumentava significativamente a força de adesão. Estes autores foram os primeiros a indicar a utilização clínica do condicionamento ácido total, que é uma técnica amplamente utilizada atualmente.

Nakabayashi et al.⁶⁸ (1982) anunciaram um novo mecanismo de adesão, através do condicionamento ácido da dentina, que removia a camada de debris (*smear layer*), expondo a rede de fibras colágenas. Foi aplicado um *primer* resinoso hidrofílico, que penetrava pelos espaços entre as fibras colágenas em direção aos túbulos dentinários. Em seguida, foi aplicado um adesivo hidrofóbico, observando-se a formação de uma camada mista de dentina e resina adesiva, denominada camada híbrida.

O conceito de condicionamento ácido total, proposto por Fusayama et al.⁴³ (1979), aliado à hibridização da dentina, que se baseia no embricamento micromecânico do adesivo com o colágeno e túbulos, proposto por Nakabayashi et al.⁶⁸ (1982), constituem a base dos adesivos dentinários, fundamentando o emprego de restaurações diretas em resina composta e a cimentação adesiva de restaurações indiretas.

Nas situações em que o preparo cavitário excede os limites recomendados para o uso direto das resinas compostas, as restaurações indiretas de cobertura parcial ou total têm sido indicadas. A técnica indireta, utilizando materiais estéticos, foi sugerida na tentativa de reduzir os efeitos da contração de polimerização e a dificuldade na obtenção de contorno proximal adequado. A indicação desta técnica se deve a possibilidade de reforço da estrutura dental remanescente, devido aos mecanismos de adesão envolvidos (BURKE et al.¹⁷, 1998).

As resinas compostas e os polímeros processados em laboratório têm alcançado um elevado nível de desenvolvimento tecnológico, propiciando estética e propriedades físicas comparáveis às das cerâmicas dentais. Entretanto, apesar destes melhoramentos, tem sido relatado que as restaurações indiretas em cerâmica infiltram menos e

adaptam-se melhor às paredes cavitárias do que suas equivalentes em resina (BURKE & QUALTROUGH¹⁶, 1994; THORDRUP et al.⁹⁰, 1994).

A utilização de facetas laminadas, *inlays/onlays* e coroas puras de porcelana têm gerado extremo interesse nos últimos anos, devido à crescente demanda por materiais restauradores estéticos. Com a possibilidade de unir restaurações cerâmicas ao esmalte e à dentina, por meio de um sistema adesivo, tais restaurações voltaram a ganhar popularidade.

A cerâmica dental é caracterizada pelo seu excelente desempenho estético, pois apresenta cor, translucidez e luminosidade próximas do dente natural. A inércia química é uma importante característica, assegurando que a superfície das restaurações cerâmicas não libere elementos de potencial nocivo, reduzindo o risco de sua superfície se tornar mais rugosa, o que poderia levar a uma maior susceptibilidade a adesão bacteriana. Outros importantes atributos das cerâmicas dentais são suas propriedades isolantes (baixa condutibilidade térmica e elétrica), além de alta resistência à compressão e ao desgaste. Entretanto, devido à sua alta dureza, as cerâmicas dentais são friáveis e susceptíveis à fratura (KELLY et al.⁶⁰, 1996; ANUSAVICE³, 1998).

A porcelana tradicional é representada por uma estrutura vítrea composta basicamente por minerais como: feldspato (75-85%), quartzo (12-22%) e caolin (3-4%). O feldspato é fundido a óxidos metálicos durante a queima, formando um vidro e um produto cristalino denominado leucita, sendo responsável pela união dos componentes em uma massa sólida. O quartzo é a forma cristalina da sílica, permanece praticamente inalterado durante a queima e promove reforço à estrutura cerâmica. O caolin atua como um aglutinante, melhorando a modelagem da porcelana ainda não queimada, porém atualmente não é muito utilizado em porcelanas dentais. Estruturalmente, o processo de queima da porcelana produz uma fase cristalina, composta pelo quartzo, leucita,

pigmentos corantes, e uma fase vítrea constituída pelo feldspato (GARONE NETO & BURGER⁴⁴, 1998; CHAIN et al.²⁶, 2002).

Esta porcelana se apresenta comercialmente na forma de um pó e um líquido, que consiste basicamente de água destilada, e tem como função molhar o pó cerâmico, facilitando a manipulação, aplicação e condensação da porcelana sobre um troquel refratário, lâmina de platina ou sobre liga metálica.

A porcelana aluminizada apresenta de 40-50% a mais de cristais de óxido de alumínio em relação às porcelanas tradicionais, aumentando a dureza e diminuindo o coeficiente de expansão térmica. Quando um material cristalino como a alumina, na forma de partículas, é adicionada a um vidro, este se torna mais tenaz e resistente, porque a fratura não se propaga nas partículas de alumina tão facilmente como no vidro. Esta melhora nas propriedades é devida também à compatibilidade do módulo de elasticidade da alumina com o da massa cerâmica (McLEAN & HUGHES⁶⁶, 1965; ANUSAVICE³, 1998). Este tipo de material é indicado para a confecção de facetas laminadas, *inlays/onlays* e como material de cobertura para coroas puras de porcelana (GARONE NETO & BURGER⁴⁴, 1998; BARATIERI et al.⁶, 2001; GOMES⁴⁶, 2002).

A crescente utilização clínica de restaurações indiretas estéticas levou ao desenvolvimento de uma grande variedade de cimentos resinosos, visando uma melhor estética e união satisfatória à estrutura dental e ao material restaurador, ressaltando que o desempenho clínico destas restaurações depende das propriedades e do tipo de agente cimentante utilizado.

A composição da maioria dos cimentos resinosos modernos é semelhante à das resinas compostas, isto é, uma matriz resinosa com partículas de carga inorgânica. Estes cimentos são insolúveis na boca e o limite de fratura é maior do que para outros cimentos. Quanto à polimerização, os cimentos resinosos podem ser classificados em: quimicamente ativados; fotoativados e duplamente

ativados. Vários sistemas utilizam ambos os mecanismos e são também conhecidos como duais, de uma forma simplificada, podem ser considerados como materiais quimicamente ativados aos quais foi adicionado o iniciador fotossensível (CHRISTENSEN²⁹, 1998; GOMES⁴⁶, 2002; MIRANDA JUNIOR et al.⁶⁷, 2002).

Para a cimentação das restaurações indiretas, é necessária a adesão do cimento resinoso à estrutura dental, através dos sistemas adesivos, além da união deste cimento com a peça protética. Para se obter essa união de maneira satisfatória, diferentes tratamentos de superfície são utilizados na porcelana, como o jateamento com óxido de alumínio, condicionamento com diversos ácidos e abrasão com pontas diamantadas. Estes procedimentos visam aumentar a resistência adesiva, pela modificação da textura superficial da porcelana através de microretenções (STANGEL et al.⁸⁷, 1987).

Além deste embricamento mecânico, a utilização do silano promove uma interação química, devido ao seu caráter bifuncional e à elevada proporção de sílica da porcelana, que permite que os agentes de ligação do silano reajam tanto com as porções cristalinas da porcelana tratada, quanto com as porções orgânicas do cimento utilizado (BARGHI⁷, 2000).

O silano na interface entre compósito e cerâmica proporciona uma união química considerada efetiva (NEWBURG & PAMEIJER⁶⁹, 1978; LACY et al.⁶², 1988; AIDA et al.¹, 1995; CHEN et al.²⁸, 1998; SHAHVERDI et al.⁸⁰, 1998; PACHECO et al.⁷², 1999; BARGHI⁷, 2000), no entanto, muitos autores consideram o condicionamento ácido da superfície da porcelana como o ponto crítico na resistência adesiva da união porcelana/cimento resinoso (ROULET et al.⁷⁸, 1995; KUPIEC et al.⁶¹, 1996; PEREIRA & ISHIKIRIAMA⁷⁵, 1997; CHEN et al.²⁷, 1998; CANAY et al.²², 2001; KATO et al.⁵⁹, 2001).

Diante do exposto, achamos interessante desenvolver um estudo acerca dos efeitos dos diferentes tempos de condicionamento

ácido e uso do jato de óxido de alumínio na resistência ao cisalhamento da união porcelana/cimento resinoso. Somente através de uma maior disponibilidade de dados sobre o desempenho destes materiais, é que poderemos auxiliar os profissionais na escolha do tempo de condicionamento ácido mais adequado, e a necessidade ou não do uso de jateamento de óxido de alumínio para a cimentação adesiva de restaurações indiretas em porcelana.

Sabemos que na ausência de dados clínicos longitudinais, são os dados laboratoriais que nos auxiliam na previsão do desempenho dos diversos materiais na cavidade bucal, e na indicação da técnica mais adequada para cada caso.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para uma melhor distribuição do embasamento teórico apresentado, a revisão da literatura foi dividida em dois tópicos: restaurações cerâmicas, onde são revistos os estudos clínicos, materiais e técnicas para este tipo de restauração indireta; e tratamentos de superfícies cerâmicas, revelando os resultados obtidos em diversos estudos e a influência destes fatores na resistência adesiva.

2.1 Restaurações cerâmicas

McLean & Hughes⁶⁶ (1965) pesquisaram vários métodos de reforço de porcelanas odontológicas utilizando óxido de alumínio, considerando fatores como temperatura de fusão, resistência mecânica, coeficiente de expansão térmica, estética e compatibilidade com as porcelanas convencionais. Foram adicionados cristais de alumina de alta resistência e elasticidade, para reforço da fase vítrea, buscando uma melhoria nas propriedades mecânicas da porcelana. Os autores relataram que as porcelanas aluminizadas 40-50% obtiveram uma força transversa duas vezes maior que as porcelanas convencionais, além da diminuição da contração após a cocção. No entanto, à medida que se aumentava a quantidade de material cristalino, o material se tornava opaco.

Rochette⁷⁷ (1975) descreveu um relato clínico sobre a utilização de restaurações cerâmicas (VMK68 – Unitek) em fraturas de ângulo de incisivos superiores. A técnica era baseada no

condicionamento ácido do esmalte, aplicação de silano (*Fusion – George Taub*) na superfície interna da cerâmica e cimentação com resina composta (*Sevriton Simplified – Claudius Ash*). Após acompanhamento por três anos, não foi observada falha adesiva. O autor foi o primeiro a recomendar o uso de silano para aumentar a adesão da porcelana cimentada ao esmalte.

Horn⁵⁰ (1983) relatou considerações clínicas sobre facetas laminadas de porcelana cimentadas adesivamente em esmalte. A retenção mecânica era obtida entre o esmalte condicionado e uma resina composta fotopolimerizável, como agente de cimentação, que também aderiria à superfície da porcelana, condicionada por ácido fluorídrico (HF) a 10% por 15min, ou por um substituto do HF, *Stripit (J-Pin)*, por 20min. Este condicionamento resultava numa superfície rugosa, propiciando a retenção mecânica da resina composta. A retenção química era obtida através do silano ou agente de união, que reage com a matriz vítrea da cerâmica. Um exemplo típico de silano utilizado era o metacriloxipropil trimetoxissilano (MPTS), disponível comercialmente como A-174 (*Union Carbide*) ou Z-6030 (*Dow Chemical*), entretanto um dos problemas era a curta vida útil do silano e sua baixa resistência adesiva inicial.

O estágio de desenvolvimento das facetas laminadas de porcelana foi descrito por Calamia¹⁹ (1985), com o acompanhamento clínico de duzentas facetas por um período de dois anos, onde não houve nenhuma perda por deslocamento ou fratura. O autor ressaltou a importância do condicionamento ácido da porcelana e aplicação do silano para a cimentação destas restaurações, considerando as vantagens da resistência, longevidade e estética desta técnica conservadora de tratamento.

Jensen et al.⁵⁵ (1989) analisaram a resistência à fratura de coroas de porcelana anteriores e posteriores, comparando-as com dentes naturais. Foram selecionados quinze pares de dentes anteriores e quinze pares de dentes posteriores. Os pares foram formados a partir de dentes humanos hígidos e similares, comparando-se suas dimensões. Uma amostra de cada par foi preparada para coroa total de maneira padronizada, e enviada para laboratório para a confecção da coroa de porcelana, respeitando-se a anatomia de seu par. Foram utilizados um cimento de ionômero de vidro (*Ketac-Bond* – *ESPE*) e um cimento resinoso dual associado ao adesivo *Scotchbond* (3M) ou ao *Gluma Dentin Bond* (*Bayer*). A superfície interna de todas as coroas foi condicionada por ácido e o esmalte remanescente foi condicionado com H_3PO_4 37% por 1min para ambos os cimentos. Para o cimento de ionômero de vidro, foi aplicado ácido poliacrílico 10% por 20s na dentina. Para o cimento resinoso, foi aplicado um silano (*Bond Enhancer* – *Chameleon*) e uma camada de resina sem carga sobre a cerâmica condicionada, e sobre a dentina foi aplicado um dos dois adesivos testados. Após a cimentação, todas as amostras foram armazenadas em água a 37°C por uma semana e submetidas à ciclagem térmica (500 ciclos entre 5 e 55°C), para posterior realização do teste de resistência à fratura, em máquina de ensaio universal. Todas as coroas cimentadas com *Ketac-Bond* e as coroas posteriores com *Scotchbond* foram significativamente mais fracas do que os respectivos dentes hígidos. Os maiores valores de resistência foram obtidos pelas coroas cimentadas com cimento resinoso, utilizando *Gluma* como adesivo dentinário, seguido pelo *Scotchbond*. Os resultados sugerem que o uso de um cimento resinoso associado a um adesivo dentinário ajude a transferir a carga oclusal à estrutura dental subjacente, tornando estas coroas cerâmicas quase tão resistentes quanto o dente natural.

As opções para restaurações em dentes posteriores foram avaliadas por Donovan & Kahn³⁷ (1990), discutindo principalmente as vantagens e desvantagens das novas alternativas estéticas, sobre as mais tradicionais, como as restaurações em amálgama ou restaurações metálicas fundidas. Com relação às restaurações de porcelana, as vantagens residem na ótima condição estética, resistência ao desgaste comprovada e potencial para uso em casos de grande perda de estrutura dental. Já as desvantagens se manifestam no potencial de fratura e desgaste dos dentes antagonistas, e na ausência de documentos acerca do selamento cervical e desempenho clínico a longo prazo. A grande vantagem destas novas alternativas está no potencial de reforço do complexo dente/restauração.

Baseados em uma década de resultados bem sucedidos de restaurações cerâmicas em dentes anteriores, Donovan & Chee³⁶ (1993) discutiram as vantagens e desvantagens das porcelanas cimentadas adesivamente em dentes posteriores. Os autores citaram que as porcelanas devem ser empregadas em casos cuidadosamente selecionados, pois têm resistência à compressão limitada, podendo fraturar se sua espessura não for adequada. Apesar de existir um excelente potencial na obtenção de selamento marginal, isto estava na dependência das complexas interações entre os materiais e substratos, os quais ainda não eram totalmente compreendidos. A adaptação destas restaurações tem um papel importante, pois a sua precisão limita a espessura do agente cimentante, reduzindo a contração de polimerização. Caso contrário estes fatores poderiam em determinados locais como dentina, cimento, ou esmalte aprismático, superar a força de união criada entre estes cimentos e a estrutura dentária.

Christensen²⁹ (1998) analisou os tipos de cimentos resinosos disponíveis para a cimentação de coroas não metálicas,

considerando que a maioria destes cimentos são versões mais fluidas das resinas compostas para restaurações. Estes cimentos são insolúveis nos fluidos bucais e se unem bem à estrutura dental, à porcelana e aos polímeros. O autor relatou que os cimentos resinosos duais não atingidos pela luz, não são completamente polimerizados como os auto polimerizáveis, não devendo ser utilizados em regiões em que a luz não é capaz de atingir. Como características negativas dos cimentos resinosos, citou a ocorrência de uma camada externa de inibição da polimerização, acrescentando que agentes inibidores de oxigênio devem ser aplicados nos limites das restaurações indiretas para uma completa polimerização.

Van Dijken et al.⁹⁵ (1998) publicaram o resultado do acompanhamento clínico por seis anos de 118 *inlays* classe II de uma porcelana feldspática *Mirage (Chameleon)*, que foram cimentadas com um cimento resinoso dual (*Mirage Dual Composite Resin*) ou com um cimento de ionômero de vidro (*Fuji I - GC*). Das 115 restaurações avaliadas após seis anos, 12% do grupo cimentado com o cimento resinoso e 26% do grupo cimentado com cimento de ionômero de vidro, foram consideradas insatisfatórias. A principal razão em ambos os grupos foi fratura parcial da restauração. Após esta avaliação longitudinal, os autores puderam concluir que um índice progressivamente maior de fracassos foi observado ao longo do período de seis anos, principalmente no grupo cimentado com cimento de ionômero de vidro.

Sjögren et al.⁸⁴ (1998) publicaram uma avaliação clínica longitudinal de cinco anos de *inlays* cerâmicos confeccionados pelo sistema *Cerec*, cimentados com cimentos resinosos de polimerização dual ou química. Foram feitas 66 restaurações cerâmicas (*Vitablocs Mark II - Vita*) classe II, cimentadas em 27 pacientes com os cimentos: *Vita Cerec Duo Cement (Coltène)*, de ativação dual; e *Cavex Clearfil F2 (Cavex)*, quimicamente ativado. Após cinco anos, 89% das restaurações foram

consideradas satisfatórias. Durante este período três *inlays* fracassaram, todas do grupo do cimento dual. Integridade marginal excelente foi atribuída a 61% dos *inlays* cimentados com o cimento quimicamente ativado, e a 52% dos cimentados com o cimento dual, porém a diferença entre estes dois tipos de cimentos não foi considerada estatisticamente significativa.

Em um estudo *in vivo*, Hayashi et al.⁴⁸ (1998) avaliaram a qualidade de 49 restaurações indiretas (*inlays*) de porcelana feldspática (*G-Cera Cosmotech II*) por seis anos. Foram realizadas avaliações periódicas após um, dois, quatro e seis anos, através de moldagens e réplicas observadas em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Após seis anos, foi observado um índice de longevidade das restaurações de 92%, entretanto, foi observado em 13% dos casos, incidência de fratura marginal, e em 23% das restaurações, descoloração marginal. Esteticamente, as restaurações permaneceram em condições favoráveis após seis anos. Segundo os autores, estas restaurações cerâmicas são opções válidas como método de tratamento estético para dentes posteriores.

Braga et al.¹³ (1999) pesquisaram a resistência adesiva de uma porcelana cimentada à dentina, utilizando diferentes cimentos resinosos. Foram utilizados sessenta dentes humanos, divididos em três grupos, de acordo com o cimento utilizado: a) *Porcelite Dual-Cure* (*Sybron Kerr*); b) *Dual* (*Vivadent*); c) *C&B Luting Cement* (*Bisco*), quimicamente ativado. Amostras de porcelana *Ceramco II* (*Ceramco*) foram condicionadas por HF 9% por 5min, silanizadas e cimentadas à dentina. Em seguida, os espécimes foram imersos em água a 37°C, e subdivididos conforme o tempo de armazenamento para a realização do teste de cisalhamento: 10; 30; 90min e sete dias. Os resultados mostraram que os cimentos duais obtiveram desempenho similar no mesmo intervalo de

tempo. O material quimicamente ativado obteve valores de adesão significativamente inferiores, comparando-se com os cimentos duais, independente do tempo. Para os três cimentos testados, os valores de resistência adesiva após sete dias foram muito maiores do que após 90min. Segundo os autores, o componente químico tem papel importante no cimento dual, porém não é recomendável nenhum estresse à restauração até 90min após a cimentação.

Dumfahrt & Schäffer³⁸ (2000) acompanharam em um período de 14 a 127 meses o desempenho clínico de 191 facetas laminadas de porcelana. O exame clínico foi realizado por dois avaliadores calibrados, seguindo o critério da Associação Dental da Califórnia/Ryge modificado, além da análise da margem gengival, índice de sangramento, profundidade de sulco e recessão gengival. A probabilidade estimada de sucesso das restaurações foi de 97% após cinco anos e de 91% após dez anos e meio. Os autores concluíram que as facetas laminadas de porcelana oferecem uma opção confiável e segura de tratamento, preservando estrutura dental sadia. Um aumento no risco de insucesso ocorre apenas quando estas restaurações estão cimentadas à dentina.

O objetivo de Tinschert et al.⁹² (2000) foi avaliar a distribuição dos valores de resistência flexural de várias porcelanas, através de análise de *Weibull*. Foram confeccionadas barras de seis cerâmicas para infra-estrutura: *Cerec Mark II* (Vita); *Dicor* (Dentsply), *In-Ceram Alumina* (Vita); *IPS Empress* (Ivoclar); *Vitadur Alpha Core* (Vita) e *Zirconia-TZP* (Metoxit). E barras de duas porcelanas para cobertura: *VMK68* (Vita) e *Vitadur Alpha* (Vita). Após polimento, as barras foram submetidas ao teste de quatro pontos para medir a força necessária a fratura. O valor médio de resistência flexural obtido pela porcelana *Vitadur Alpha* (60,7MPa) não foi significativamente diferente da *Cerec Mark II*, *IPS*

Empress, *VMK68* e *Dicor*. Para os autores, o módulo *Weibull* é o parâmetro mais importante para caracterizar o potencial de fratura destes materiais cerâmicos, e a porcelana *Vitadur Alpha* obteve o quarto melhor desempenho, equiparada a *IPS Empress*, *VMK68* e *Vitadur Alpha Core*. Os autores concluíram que as cerâmicas produzidas por processos industriais são mais seguras estruturalmente, evidenciando a natureza crítica da confecção da porcelana em laboratório.

McLean⁶⁵ (2001) teceu considerações sobre a evolução das cerâmicas odontológicas ao longo do século XX. Dentre todos os avanços citados no artigo, o autor relatou o desenvolvimento da porcelana aluminizada, onde a presença de cristais de alto módulo de elasticidade e resistência, dispersos na matriz vítrea, aumentam sua resistência. As porcelanas aluminizadas para cobertura foram desenvolvidas com uma expansão térmica ligeiramente mais alta do que as utilizadas como infraestrutura. O desenvolvimento desses materiais chegou a um estágio em que era possível a confecção de restaurações cerâmicas muito semelhantes aos dentes naturais. *Vitadur* (Vita) foi a primeira porcelana aluminizada introduzida no mercado, comercializada a partir de 1966. Este material é muito resistente a alterações térmicas, podendo resistir a repetidas queimas, sem perder a translucência. Estes fatores contribuíram para sua permanência no mercado por mais de trinta anos, justificando sua aplicação combinada aos novos sistemas cerâmicos.

Thordrup et al.⁹¹ (2001) avaliaram o desempenho clínico por cinco anos de quatro tipos de *inlays* estéticos: 14 *inlays* cerâmicos *Vitadur N* (Vita), 15 *inlays* cerâmicos *Cerec* (Siemens), 15 *inlays* de resina composta *Brilliant Direct Inlay* (Coltène) e 14 *inlays* de resina composta *Estilux* (Kulzer), cimentados com um cimento resinoso dual (*Cerec Dual Cement* – Kulzer). As avaliações foram realizadas após uma semana, 6, 12, 36, 48 e 60 meses. Foi observado que a *Vitadur N* apresentou uma

estética superior aos demais materiais, e houve desgaste acentuado apenas na *Estilux*. Após cinco anos, 88% das restaurações permaneceram em função, sem diferença significativa entre os materiais. Segundo os autores, os quatro tipos de *inlays* testados são clinicamente aceitáveis.

Caughman et al.²⁴ (2001) conduziram este estudo para determinar a capacidade de polimerização de cimentos resinosos duais disponíveis comercialmente, sob diferentes condições de ativação. Foram avaliados seis cimentos resinosos duais: *Calibra* (*Dentsply-Caulk*); *Choice* (*Bisco*); *Insure* (*Cosmedent*); *Lute-It!* (*Jeneric/Pentron*); *Nexus* (*Kerr*) e *Variolink II* (*Vivadent*). Cada cimento foi submetido a diferentes métodos de polimerização, utilizando o modo de ativação dual (mistura da pasta base e catalisadora): grupo a) fotopolimerização por 40s, através de matriz de poliéster; grupo b) fotopolimerização por 40s, através de disco de porcelana com 3mm de espessura; grupo c) autopolimerização (total ausência de luz). E utilizando apenas o componente fotopolimerizável (uma pasta): grupo d) idem ao grupo A; grupo e) idem ao grupo B. Após sete dias de armazenamento em local escuro e temperatura ambiente, as amostras foram avaliadas quanto ao grau de conversão dos monômeros em polímeros (grau de polimerização). Todos os cimentos apresentaram o maior grau de polimerização no grupo A, seguido pelo grupo B, que obteve desempenho similar, com exceção do *Lute It!*. Quando apenas fotopolimerizados (grupos D e E), os cimentos apresentaram um menor grau de conversão, exceto o *Variolink II* e o *Choice*. Os cimentos no modo autopolimerizável apresentaram pelo menos 86% do grau de polimerização máximo, à exceção do *Variolink II*, que obteve 62%. Os autores concluíram que os cimentos resinosos no modo dual apresentaram um maior grau de polimerização do que no modo fotopolimerizável, e a capacidade de polimerização química foi diferente

para cada produto, sendo similar ao modo fotopolimerizável para a maioria dos cimentos.

Burke et al.¹⁸ (2002) realizaram uma revisão dos estudos clínicos e laboratoriais sobre restaurações cerâmicas cimentadas adesivamente. A vantagem das restaurações cerâmicas está no fato de promoverem ótima estética e possuírem biocompatibilidade com o periodonto, além de possibilitarem um condicionamento de sua superfície e aplicação de um agente silano, permitindo o uso de um agente cimentante resinoso dual e um sistema adesivo para união efetiva à superfície dental. No entanto, não são favoráveis em casos de margem intra-sulcular, a técnica de cimentação é sensível e o ajuste oclusal é realizado somente após a cimentação. Os autores confirmaram as evidências sobre a importância do uso de um cimento resinoso e sistema adesivo para aumentar a resistência à fratura e longevidade das restaurações cerâmicas.

Braga et al.¹⁴ (2002) avaliaram a influência do método de polimerização na resistência flexural e dureza de quatro cimentos resinosos. Os cimentos testados foram: *Enforce* (Dentsply) e *Variolink II* (Vivadent), ambos nos modos dual, foto e autopolimerizável; *RelyX* (3M), dual e autopolimerizável; *C&B* (Bisco), autopolimerizável. Após 24h de armazenamento, os espécimes foram submetidos ao teste de flexão dos três pontos, em máquina de ensaio universal. O cimento *RelyX* no modo dual apresentou a maior resistência flexural. A fotopolimerização foi necessária para o *Variolink II* e para o *RelyX* obterem maiores valores de dureza, e apenas o *Enforce* apresentou dureza similar no modo dual e autopolimerizável. Não houve correlação entre a resistência flexural e a dureza, indicando que outros fatores, além do grau de polimerização, afetam as propriedades mecânicas dos cimentos resinosos.

2.2 Tratamentos de superfícies cerâmicas

Na busca de um material restaurador estético com melhores propriedades, que pudesse ser aplicado diretamente às cavidades de dentes anteriores, Bowen¹¹ (1963) incorporou partículas de sílica tratadas com silano ao componente orgânico de uma resina à base de Bis-GMA, com a finalidade de reforço do material. Foram realizados testes para avaliar as propriedades físicas deste material, comparando-o com os materiais estéticos disponíveis na época e com a estrutura dental. Os resultados mostraram que este compósito apresentou um melhor desempenho que os demais materiais, levando o autor a concluir que, a aplicação do silano à sílica desempenhou um papel fundamental no reforço do material, melhorando suas propriedades físicas. O autor sugeriu que devido ao tratamento com silano, poderia ter ocorrido uma copolimerização entre os grupos vinílicos da sílica e os grupos metacrilato da resina, porém este fato não pôde ser comprovado por este estudo, ressaltando a necessidade de novas pesquisas.

Para a eliminação de retenções mecânicas (orifícios, pinos de metal) em dentes de estoque de porcelana, Paffenbarger et al.⁷³ (1967) pesquisaram a utilização de um agente silano, buscando uma melhoria na adesão destes dentes à resina acrílica para base de próteses. Os corpos-de-prova foram confeccionados através de enceramento e acrilização dos dentes de porcelana, tratados ou não com o agente silano. Foi utilizado o γ -MPTS (A-174 - *Union Carbide*), em uma solução aquosa de silano 0,5%, que era hidrolisada com ácido acético por 1h, anteriormente à imersão dos dentes nesta solução por 30min. Foi realizado teste de tração, e verificou-se que todas as amostras tratadas com o silano obtiveram um aumento significativo da força de adesão, comparadas com aquelas não tratadas. O modo de fratura nas amostras

tratadas com silano foi invariavelmente coesivo da porcelana. Como complemento, foram acrilizadas próteses totais com os dentes tratados ou não com silano, submetidas à teste de microinfiltração, utilizando uma solução de azul de metileno. O corante penetrou na interface porcelana/resina acrílica apenas nas amostras em que não foi aplicado o silano.

Eames et al.³⁹ (1977) avaliaram dois agentes de união utilizados para reparo de porcelana com resina composta. Dentes de porcelana para prótese (*Universal – Lactona*) foram desgastados com lixa d'água 240 e embutidos em resina acrílica. Os espécimes foram divididos de acordo com o produto utilizado: *Den-Mat*, *Fusion (George Taub)*; controle. Em seguida, aplicou-se resina composta, e os espécimes foram subdivididos conforme o armazenamento: a) temperatura ambiente (23°C) por 24h; b) água a 37°C por 24h; c) água a 37°C por uma semana; d) ciclagem térmica com banhos de 3s, entre 2 e 60°C por 24h. As amostras foram submetidas ao ensaio de cisalhamento, e verificou-se que o silano *Fusion (George Taub)* aumentou consideravelmente a adesão entre porcelana e resina composta, independentemente do armazenamento, obtendo fraturas coesivas da porcelana.

Newburg & Pameijer⁶⁹ (1978) avaliaram a resistência adesiva da resina composta à porcelana. Foram utilizados dentes de estoque de porcelana (*Myerson*) incluídos em resina acrílica com a face vestibular exposta, que foi desgastada para se obter uma superfície plana, e em seguida polida e condicionada com H₃PO₄ 33% por 1min. Foi preparada uma solução aquosa de silano 0,5%, à base de γ -MPTS (A-174 - *Union Carbide*), aplicada por 5min, evaporada (aproximadamente 5min) sob o calor de uma lâmpada incandescente, e em seguida foi aplicada resina sem carga (*Adaptic Bonding Agent – Johnson & Johnson*). Não foi aplicado silano no grupo controle. Após aplicação da resina composta

Nuva-Fil (Caulk) ou de *Adaptic (Johnson & Johnson)*, todas as amostras foram armazenadas em temperatura ambiente por uma semana. Metade da amostra foi submetida a termociclagem, anteriormente ao ensaio de cisalhamento. A utilização do silano aumentou significativamente a média de resistência adesiva, porém não houve diferença quanto à resina composta utilizada. Nos grupos que utilizaram silano, as falhas foram coesivas da porcelana. Após a termociclagem, houve uma diminuição da adesão, sendo que esta diferença foi significativa apenas para a *Adaptic (Johnson & Johnson)*.

O HF era comumente utilizado nos laboratórios com a finalidade de remover os resíduos da lâmina de platina na superfície interna das restaurações cerâmicas. Hussain et al.⁵¹ (1979) investigaram o efeito do HF na resistência da porcelana aluminizada. Foram produzidas trinta barras de porcelana aluminizada, divididas em 3 grupos: a) HF 20%, entre 10s e 12min; b) HF 2%, entre 2min e 1h; c) controle. A resistência transversal das barras foi testada em máquina de ensaio universal. Numa etapa seguinte, foram confeccionadas vinte coroas totais de porcelana aluminizada sobre modelos padrão em Co-Cr, e metade destas coroas recebeu HF 30%, entre 30s e 2min, em sua superfície interna. Estas coroas foram cimentadas nos modelos de Co-Cr, posicionadas para o ensaio mecânico com carga aplicada na incisal, num ângulo de 60º em relação ao seu longo eixo. O uso do HF provocou uma redução na resistência, de aproximadamente 24% para as barras e 21% para as coroas. Os autores concluíram que o HF não deve ser aplicado em coroas de porcelana aluminizada.

Simonsen & Calamia⁸³ (1983) estudaram o efeito do condicionamento ácido da porcelana na resistência adesiva à resina composta. Discos de porcelana foram condicionados por 0, 2.5, 5, 10 e 20min utilizando uma solução de ácido clorídrico 7,5%. Foi aplicada uma

camada de resina sem carga, e um cilindro de resina composta foi aderido à porcelana. Após o teste de tração verificou-se que, de acordo com o tempo de condicionamento, houve um aumento da adesão, variando de 0,6MPa (0min) a 7,5MPa (20min). A análise das fraturas mostrou que, nas amostras que receberam condicionamento ácido, as falhas foram coesivas na porcelana e resina composta. Os autores concluíram que os valores de resistência adesiva obtidos foram satisfatórios, ressaltando a necessidade de novos estudos para se determinar o tipo de ácido e o tempo de condicionamento mais adequado.

Calamia & Simonsen²⁰ (1984) avaliaram o efeito de dois agentes silanos na resistência à tração da união porcelana/resina composta. Para o condicionamento da porcelana foi utilizada uma solução contendo HF por 20min. Quarenta discos de porcelana foram divididos em quatro grupos, de acordo com o tratamento recebido: a) condicionamento ácido e resina sem carga; b) e c) condicionamento ácido e aplicação de um dos dois agentes silanos disponíveis comercialmente; d) silano. Cilindros de resina composta foram aderidos a todas as amostras, que foram submetidas ao ensaio de tração. As médias dos valores de resistência adesiva obtidos foram, respectivamente: a) 11,3; b) 11,2; c) 14,2 e d) 8,2MPa. Os resultados demonstraram que o condicionamento ácido teve maior importância do que o uso do silano. No entanto, os melhores resultados são obtidos através da combinação de uma superfície condicionada com um silano específico. Para os autores, a resistência adesiva obtida neste estudo indica a possibilidade do emprego clínico de restaurações cerâmicas com sucesso.

Calamia et al.²¹ (1985) avaliaram o efeito de três diferentes concentrações de HF em quatro porcelanas disponíveis comercialmente, utilizando dois tempos de condicionamento. Foram testadas três porcelanas feldspáticas (*Biobond*, *Ceramco* e *Vita*) e uma

porcelana aluminizada, condicionadas por HF com concentrações de 5%, 7,5% e 10%, pelo tempo de 2,5 ou 20min. Em seguida, foi aplicada resina composta e as amostras foram submetidas ao teste de cisalhamento. Os valores médios de resistência adesiva para o tempo de 2,5min foram significativamente maiores do que para 20min. As porcelanas feldspáticas apresentaram uma adesão significativamente maior do que a porcelana aluminizada. Os autores concluíram que para maximizar a resistência adesiva das cerâmicas, deve-se usar diferentes tempos e concentrações de ácidos para as diferentes porcelanas.

Diaz-Arnold et al.³⁵ (1987) investigaram a resistência ao cisalhamento de três sistemas de reparo de porcelana, com a superfície cerâmica rugosa ou glazeada. Foram confeccionados 192 cilindros de porcelana, sendo que metade recebeu acabamento com lixa d'água nº 220, e os demais permaneceram com a superfície glazeada. Em seguida, as amostras foram divididas em quatro grupos, de acordo com o sistema utilizado: a) *Fusion (George Taub)*; b) *Scotchprime (3M)*; c) *Ultra-Bond (Den-Mat)* e d) controle. Foi aplicado um cilindro de resina composta, e os espécimes armazenados por dois ou trinta dias, para serem submetidos ao ensaio mecânico. Houve diferença significante quanto ao sistema utilizado, bem como quanto à textura superficial da porcelana. Os autores concluíram que sistemas de reparo que contêm agente silano podem aumentar significativamente a resistência adesiva. O melhor resultado foi obtido pelo *Scotchprime (3M)*, combinado com uma superfície rugosa da porcelana.

Stangel et al.⁸⁷ (1987) conduziram um estudo para verificar a resistência adesiva da resina composta à porcelana. Numa fase inicial, foram confeccionados discos de porcelana feldspática (*Microbond Natural Ceramic – Austenal*) para avaliação micromorfológica em MEV de diferentes métodos de condicionamento ácido. Verificou-se que a

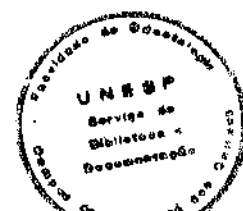
porcelana condicionada com HF 20% por 2,5min apresentava uma microestrutura propícia à penetração de resina, por isso, este modo de condicionamento foi selecionado para a confecção das amostras para o teste de cisalhamento. Nesta fase, 42 discos de porcelana foram confeccionados sobre revestimento e divididos em dois grupos: a) sem condicionamento; b) HF 20% por 2,5min. Em seguida, as amostras foram divididas em três subgrupos, de acordo com o tratamento recebido: a) resina sem carga (*Visar Seal – Den-Mat*); b) silano (*Porcelain Bonding Agent – Den-Mat*); c) silano e adesivo dentinário (*Creation Bond – Den-Mat*). Foi aplicada resina composta (*Ultra-Bond – Den-Mat*) sobre a cerâmica, e as amostras foram armazenadas em temperatura ambiente por uma semana. O uso do silano aumentou significativamente a adesão à porcelana condicionada ou não. Os maiores valores foram obtidos com a porcelana condicionada associada ao silano, ou ao silano com adesivo, sem diferença significativa entre esses dois grupos. A análise das fraturas destes dois grupos demonstrou que estas foram coesivas da porcelana. Segundo os autores, a retenção micromecânica obtida pelo condicionamento ácido é o mediador mais significativo da adesão da resina composta à porcelana.

Lacy et al.⁶² (1988) analisaram o efeito dos tratamentos da superfície cerâmica na resistência de união a uma resina composta. Foram utilizadas sessenta amostras de porcelana *Will-Ceram (Williams)*, que tiveram sua superfície asperizada por uma tira de lixa diamantada (*Premier*), e foram divididas em seis grupos, de acordo com os diferentes tratamentos de superfície: a) controle; b) silano (*Scotchprime – 3M*); c) fluorofosfato acidulado (FFA) 1,23% por 10min; d) FFA + silano; e) HF 9,5% por 4min; f) HF + silano. Em seguida, foram aplicados o adesivo *Scotchbond (3M)* e a resina composta P-30 (3M) sobre a porcelana tratada. Todas as amostras foram armazenadas em água a 37°C por 24h, para serem submetidas ao ensaio de cisalhamento em máquina de ensaio

universal. Os resultados mostraram que o condicionamento ácido da porcelana, sem a aplicação de silano, não difere significativamente da asperização com diamante, e a força de adesão é relativamente fraca. O melhor desempenho foi obtido pelo grupo F, porém sem diferença significativa para o grupo D, ambos com fraturas coesivas da porcelana. Os autores concluíram que o silano foi efetivo na união entre resina composta e porcelana, e quando associado ao HF ou ao FFA, foram obtidos os melhores resultados.

Sheth et al.⁸¹ (1988) pesquisaram o efeito do condicionamento ácido e aplicação do silano na resistência adesiva da porcelana aderida ao esmalte. Foram selecionados molares humanos hígidos, que tiveram o esmalte aplainado e polido. Em seguida, receberam condicionamento com H_3PO_4 37% por 60s e uma camada de adesivo (*Chameleon Bonding Kit – Chameleon*). Cilindros de porcelana *Mirage (Chameleon)* nas cores A2 e 65 (experimental), receberam HF (*Super Etch – Chameleon*) por 90s, aplicação do silano (*Bond Enhancer – Chameleon*) ou a combinação de ambos. Amostras de cada grupo foram analisadas em MEV, onde foi verificado que as microporosidades obtidas após o condicionamento ácido não foram obstruídas pela silanização. Em seguida, foi aplicado adesivo e resina composta para cimentação da porcelana ao esmalte, sob uma carga de 155g. As amostras foram armazenadas a 37°C por 24h, submetidas a termociclagem (600 ciclos entre 5 e 55°C), para realização de teste de cisalhamento em máquina de ensaio universal. Os maiores valores de resistência adesiva foram obtidos pela associação de condicionamento ácido e silano. As amostras na cor A2 obtiveram aproximadamente metade da resistência adesiva daquelas na cor experimental 65. Os autores concluíram que a contribuição individual do condicionamento ácido e do silano foi mínima, no entanto, a combinação de ambos foi decisiva para o aumento da resistência adesiva.

X 1582



Bertolotti et al.¹⁰ (1989) avaliaram a resistência adesiva entre resina composta e porcelana, após a utilização dos sistemas adesivos *Scotchbond* (3M), *Panavia* (Kuraray) e *Clearfil Porcelain Bond* (Kuraray). Foram confeccionados espécimes da porcelana *Will-Ceram* (Williams), para se avaliar a influência do jateamento com óxido de alumínio (50µm), abrasão com ponta diamantada, condicionamento com FFA 1,23% por 10min ou HF 9,5% por 4min e aplicação de silano (*Scotchprime* - 3M). Os melhores resultados foram obtidos pelo HF ou FFA associado ao silano, e jateamento associado ao *Clearfil Porcelain Bond* ou *Panavia*, sem diferenças significantes entre si, obtendo fraturas coesivas da porcelana nestes grupos.

Al Edris et al.² (1990) avaliaram a capacidade de criar retenções micromecânicas de três ácidos, aplicados sobre três porcelanas: *Mirage* (*Mirage Porcelain Systems*), VMK (*Vita*) e *Ceramco II* (*Johnson & Johnson*). Foram confeccionados 12 quadrados (12 x 12 x 1mm) de porcelana de cada um dos materiais, sendo que metade das amostras foi tratada com jato de óxido de alumínio e a outra metade permaneceu glazeada. As amostras foram subdivididas em três grupos, de acordo com o condicionamento ácido: a) *Super Etch* (*Mirage Porcelain Systems*), contendo os ácidos fluorídrico e nítrico, por 90s; b) *Stripit* (*National Keystone*), contendo os ácidos fluorídrico e sulfúrico, por 2min; c) FFA (*Oral B*) por 10min. A porcelana foi coberta por ouro e analisada em MEV com aumento de 2.000X. A análise morfológica das amostras condicionadas com o *Super Etch* mostrou uma série de porosidades e canais variando de 0,5 a 12µm, que pareciam mais largos e profundos na porcelana *Ceramco*, do que na *Vita*, e mais numerosos na *Mirage*. O condicionamento das três porcelanas produzido pelo *Stripit* foi semelhante ao *Super Etch*, porém com um padrão aparentemente mais pronunciado e agressivo. O FFA produziu as menores alterações na superfície da cerâmica, com a ausência dos poros e canais produzidos pelos outros

ácidos. O condicionamento das três porcelanas glazeadas resultou em padrões semelhantes, porém menos proeminentes do que na porcelana jateada. Os resultados deste estudo mostraram que o HF produziu uma superfície retentiva e propícia a uma adesão confiável para as três porcelanas pesquisadas.

Sorensen et al.⁸⁵ (1991) avaliaram o efeito dos tratamentos da superfície cerâmica na resistência adesiva a uma resina composta. Foram confeccionados quarenta discos de porcelana de cada um dos nove tipos de cerâmica, sobre revestimento ou lâmina de platina, de acordo com as recomendações de cada fabricante: VMK68, *Vitadur N*, *Hi-Ceram Core*, *Hi-Ceram Core Wash* (Vident); *Mirage* (Myron's Dental); *Optec* (Jeneric/Pentron); *Cerinate* (Den-Mat); *G-Cera* (GC International); *Ceramco II* (Johnson & Johnson). As cerâmicas confeccionadas sobre revestimento foram jateadas com óxido de alumínio (50µm). As amostras foram divididas em quatro grupos, de acordo com o tratamento de superfície recebido: a) controle (sem tratamento); b) silano; c) HF 20% (*Stripit* – National Keystone) por 3min; d) HF e silano. Cada silano e adesivo foi manipulado de acordo com as instruções do fabricante, assim como o respectivo agente cimentante foi aplicado à superfície da porcelana. Todas as amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C por sete dias, termocicladas (1.000 ciclos entre 5 e 50°C), e então submetidas ao ensaio de cisalhamento. Os resultados mostraram que o condicionamento com HF 20% por 3min aumentou significativamente a adesão de todas as porcelanas feldspáticas, exceto da *G-Cera*, e da *Hi-Ceram Core Wash*, uma porcelana aluminizada a 30%. As cerâmicas *Mirage* e *VMK* obtiveram um aumento significativo da adesão com a aplicação do silano. Nenhuma das cerâmicas sofreu aumento da adesão, após silanização da porcelana condicionada. As cerâmicas *Optec*, *Mirage* e *Cerinate* obtiveram os melhores resultados, considerando-se apenas o grupo que recebeu condicionamento ácido, com falhas

predominantemente coesivas da porcelana. O presente estudo não foi capaz de discernir se a silanização não foi efetiva em melhorar a adesão da resina composta à porcelana, ou se foi prejudicada pelo armazenamento e termociclagem.

Lu et al.⁶³ (1992) investigaram o efeito de tratamentos da superfície cerâmica na resistência ao cisalhamento da interface porcelana/resina composta, comparando dois agentes cimentantes e dois silanos. Foram confeccionados discos de porcelana aluminizada *Vitadur N* (Vita) em dois diâmetros diferentes, que receberam acabamento com lixa d'água de granulação 220. Inicialmente, as amostras foram divididas em quatro grupos, de acordo com o tratamento de superfície ao qual foram submetidas: a) controle; b) HF a 2% por 150s; c) aplicação do silano *Porcelain Repair Primer* (Kerr Sybron) ou *Scotchprime Ceramic Primer* (3M); d) HF + silano. Em seguida, as amostras de cada grupo foram subdivididas conforme o cimento utilizado: para o silano *Porcelain Repair Primer* (Kerr Sybron) foi utilizado o cimento resinoso *Porcelite* (Kerr Sybron); e para o *Scotchprime Ceramic Primer* (3M), foi utilizada a "Silux diluída" (resina composta de micropartículas *Silux*-3M diluída no adesivo *Scotchbond 2*-3M). Os discos de menor diâmetro foram cimentados aos discos de maior diâmetro, e em seguida, as amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C por sete dias. As amostras que receberam tratamento com HF e silano obtiveram resultados significativamente maiores, do que aquelas que receberam apenas condicionamento ácido. Quanto aos materiais, a resina composta diluída utilizada como cimento não diferiu do cimento resinoso, e o *Scotchprime Ceramic Primer* (3M) obteve valores maiores de adesão do que o *Porcelain Repair Primer* (Kerr Sybron). Além disso, pôde-se observar que a fratura das amostras ocorreu na porcelana, exceto no grupo controle.

Hayakawa et al.⁴⁷ (1992) estudaram a influência da condição superficial da porcelana e a aplicação de agente silano na adesão entre resina composta e porcelana. Foram confeccionados discos de porcelana (*Lamina Porcelain Masking - Shofu*), incluídos em resina acrílica e polidos com lixa d'água de granulação 1.000, divididos de acordo com o tratamento de superfície: superfície polida; H_3PO_4 por 1min; HF por 1min. Em seguida, foram subdivididos de acordo com o silano utilizado: a) controle (sem silano); b) *Cosmotech Porcelain Primer (GC)*; c) *Laminabond Porcelain Primer (Shofu)*; d) *Optec Silane Coupling Agent (Jeneric/Pentron)*. O silano foi aplicado por 30s, seco com jato de ar por 10s, e em seguida foi aplicada resina composta (*Laminabond Composite Paste - Shofu*) sobre a porcelana, sem a utilização de nenhum adesivo. Os espécimes foram armazenados em água a 37°C por 24h, e submetidos ao ensaio de cisalhamento. O condicionamento com HF aumentou significativamente a adesão dos espécimes dos grupos A e B. Os tratamentos superficiais da porcelana não tiveram influência significativa na resistência adesiva dos grupos C e D. Embora os componentes detalhados dos silanos sejam desconhecidos, acredita-se que o *Laminabond Porcelain Primer* e o *Optec Silane Coupling Agent* estejam num estado ativado para reagir com os radicais hidroxila da cerâmica, contribuindo decisivamente na adesão. Enquanto que o *Cosmotech Porcelain Primer* apenas melhorou o molhamento da resina composta à porcelana.

Wolf et al.⁹⁶ (1993) avaliaram a resistência à tração da resina composta aderida à porcelana, após condicionamento ácido ou jateamento com óxido de alumínio. Discos de porcelana (*Ceramco II - Ceramco*) foram incluídos em resina acrílica e receberam acabamento com lixas d'água 240, 320, 400 e 600. As amostras foram divididas em dois grupos, com diferentes tratamentos de superfície: grupo 1- HF 9,5 %; grupo 2- jateamento com óxido de alumínio. O grupo 1 foi subdividido de

acordo com os diferentes tempos de condicionamento: a) 30s; b) 1min; c) 2,5min; d) 5min. O grupo 2 foi subdividido de acordo com a granulação das partículas de óxido de alumínio: a) 33,5 μ m; b) 48 μ m; c) 78 μ m (*KC Abrasive*, todos aplicados a seco); d) 10,2 μ m (*KC Abrasive*, usando uma solução aquosa de álcool etílico a 25%) e e) 50 μ m (*Danville Engineering*, aplicado a seco). Após o jateamento, foi aplicado H_3PO_4 a 37% por 1min. Em seguida, foi aplicado silano (*Scotchprime Ceramic Primer – 3M*), adesivo (*Scotchbond 2 – 3M*) e a resina composta *Herculite XRV* (*Sybron/Kerr*). As amostras foram armazenadas a 37°C em umidade relativa 100% por 24h, para serem submetidas ao ensaio de tração. O maior valor de adesão foi obtido pelo condicionamento ácido por 2,5min (27MPa) com fraturas coesivas da porcelana, porém, não foi estatisticamente significante com relação aos tempos de 1 e 5min. As amostras condicionadas por 2,5 e 5min foram significativamente superiores a todas as amostras jateadas, exceto para o grupo que recebeu jateamento com partículas de 50 μ m (19MPa).

O estudo de Appeldoorn et al.⁴ (1993) objetivou avaliar a resistência ao cisalhamento de sistemas de reparo de porcelana e comparar suas habilidades na adesão de uma resina composta a uma porcelana (*Ceramic II – Ceramco*). Foram confeccionados 160 corpos-de-prova em porcelana, nos quais utilizaram-se oito sistemas de reparo de porcelana disponíveis comercialmente, seguindo os procedimentos orientados por cada fabricante. Em cada um dos oito grupos, dez amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C por 24h e as outras dez armazenadas em água destilada a 37°C por três meses e depois submetidas a termociclagem (2500 ciclos entre 5 e 55°C). Em seguida, foi realizado o teste de cisalhamento em uma máquina universal de ensaios. Os valores médios de adesão obtidos após 24h variaram de 12,0 a 23,5MPa e, após três meses, de 4,2 a 20,7MPa. A média de resistência adesiva do sistema *Crearfil Porcelain Bond* (*Kuraray*) foi

superior aos demais após três meses. Não houve diferença significativa entre os valores obtidos após 24h e três meses de armazenamento para os sistemas *Clearfil Porcelain Bond* (Kuraray), *Porcelite* (Kerr/Sybron) e *Scotchprime* (3M). Os sistemas que proporcionaram as maiores forças de adesão produziram, em geral, maior número de falhas coesivas da porcelana.

Suliman et al.⁸⁸ (1993) avaliaram a resistência adesiva entre resina composta e porcelana, usando quatro diferentes tratamentos de superfície na porcelana e três diferentes adesivos. Foram confeccionados sessenta discos de porcelana *Vita VMK 68* (Vident), polidos com lixas d'água de granulação 400 e 600. As amostras foram divididas aleatoriamente em quatro grupos, de acordo com o tratamento de superfície: a) abrasão com ponta diamantada; b) HF 9,6 % por 2min; c) jateamento com óxido de alumínio por 15s; d) ponta diamantada + HF. Foi aplicado silano à superfície da porcelana, e as amostras subdivididas de acordo com o sistema adesivo utilizado: *Amalgambond* (Parkell); *All Bond 2* (Bisco); *Clearfil Porcelain Bond* (Kuraray). Após o preparo da superfície cerâmica e aplicação do adesivo, foi inserida uma resina composta híbrida (Prisma APH – Caulk/Dentsply) sobre a porcelana. Após a fotopolimerização, aguardou-se 30min para o armazenamento em água destilada a 37°C por uma semana. Em seguida, as amostras foram submetidas a termociclagem (500 ciclos entre 5 e 55°C), para posterior realização do ensaio de cisalhamento. O tratamento de superfície mais efetivo foi o condicionamento com HF, associado ou não à abrasão com ponta diamantada, porém não houve diferença significativa para os demais métodos. Quanto ao sistema adesivo, o *Clearfil Porcelain Bond* obteve as maiores médias de resistência adesiva (17,78MPa), com diferença significativa apenas para o *Amalgambond* (13,40MPa). O *Clearfil Porcelain Bond* inclui silano em sua composição, então a silanização

prévia não é necessária, e o fabricante dispensa o HF, no entanto, estes tratamentos não afetaram o desempenho do material.

Yen et al.⁹⁷ (1993) avaliaram o efeito do condicionamento ácido na resistência flexural de uma porcelana feldspática (*Mirage – Myron*) e uma cerâmica vítrea (*Dicor – Dentsply*). Foram confeccionadas 50 amostras de cada cerâmica, que foram divididas em cinco grupos de acordo com o tempo de condicionamento: 0min; 0,5min; 1min; 2,5min e 5min. Os espécimes de porcelana feldspática receberam condicionamento com HF (*Stripit - National Keystone*) e a cerâmica *Dicor* recebeu condicionamento com bifluoreto de amônia (BFA). Em seguida, foi aplicado silano e uma camada de resina composta. Foi colocado um peso de 500g sobre os espécimes para padronizar a espessura do cimento, e após a fotopolimerização, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por uma semana. O teste de resistência flexural foi realizado em uma máquina de ensaios universal, com os espécimes mantidos em água a 37°C. Não houve diferença significativa para as médias de resistência flexural entre os diferentes tempos de condicionamento para cada material. Amostras foram analisadas em MEV evidenciando que há uma alteração topográfica após o condicionamento ácido de ambas as cerâmicas, e que a profundidade do condicionamento variou de acordo com o tempo. Os autores concluíram que a alteração topográfica obtida pelo condicionamento ácido não tem um efeito deletério sobre a resistência flexural da porcelana feldspática ou da cerâmica vítrea, podendo melhorar a retenção de restaurações cerâmicas.

Stacey⁸⁶ (1993) realizou um estudo com o objetivo de avaliar a resistência adesiva da interface esmalte/resina composta e resina composta/porcelana em condições similares, além de comparar com a combinação porcelana/resina composta/esmalte e avaliar a influência da utilização de silano e termociclagem. Foram selecionados

sessenta dentes humanos anteriores e estocados em solução salina de fosfato tamponada. Foi realizado um desgaste de 0,5mm no terço médio da face vestibular, para a obtenção de uma superfície plana, em seguida, cada dente foi cortado até a obtenção de um disco de 6mm de diâmetro e 2,04mm de espessura. Foram confeccionados oitenta discos de porcelana VMK68 (*Vita*) com dimensões similares. Um mini torno mecânico foi construído e utilizado para a obtenção de discos de esmalte e porcelana padronizados em 4,5mm de diâmetro. Os discos de porcelana foram imersos em uma solução de HF a 70% por 3min, e metade destes discos foi tratada com silano (*Luminbond Porcelain Primer – Vident*). Todos os discos de esmalte foram condicionados com H_3PO_4 por 60s. Estes discos foram utilizados para a confecção de cem espécimes, divididos em cinco grupos: a) cimento resinoso aderido à porcelana; b) cimento resinoso aderido à porcelana silanizada; c) cimento resinoso aderido a esmalte; d) porcelana aderida com cimento resinoso ao esmalte; e) porcelana silanizada aderida com cimento resinoso ao esmalte. Foi utilizado o cimento resinoso (*Luminbond Composite Resin Cement – Vident*), e para os grupos D e E, a cimentação da porcelana ao esmalte foi realizada com um peso de 100g. Quarenta e oito horas após o preparo, os espécimes foram novamente torneados para um alinhamento preciso e remoção dos excessos de cimento das bordas. Metade dos espécimes, de cada um dos grupos, foi submetida a termociclagem na mesma solução salina (500 ciclos entre 8 e 55°C), para posterior teste de cisalhamento em máquina universal de ensaios. De acordo com os resultados, a porcelana cimentada sobre esmalte (grupos D e E) obteve valores de adesão significativamente diferentes quando comparada com os grupos de cimento resinoso/esmalte (grupo C) e porcelana/cimento resinoso (grupos A e B). Após a termociclagem, o condicionamento ácido da porcelana não foi suficiente para se obter uma adesão confiável, porém, quando utilizado silano não houve uma redução significativa da adesão. O melhor

desempenho foi obtido pelo grupo E, seguido pelos grupos B e C, indicando que a silanização é um procedimento necessário.

Özden et al.⁷¹ (1994) avaliaram a influência dos diferentes tratamentos de superfície na resistência ao cisalhamento da união porcelana/cimento dual. Foram utilizados 77 botões de metal (10mm de diâmetro e 1mm espessura), aos quais foi aplicada porcelana feldspática (*Ivoclar*), com 1mm de espessura. As amostras foram divididas em sete grupos, de acordo com o tratamento de superfície aplicado: a) aplicação de silano Monobond S (*Vivadent*); b) HF 36% por 10min; c) asperização com ponta diamantada; d) asperização + HF + silano; e) asperização + silano; f) HF + silano; g) asperização + HF. Foi delimitada uma área de 8mm de diâmetro utilizando uma matriz de teflon, e aplicado o cimento resinoso dual (*Opaque Dual-Cured Cement – Vivadent*). Os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37°C por 24h, submetidos à ciclagem térmica (100 ciclos entre 6 e 60°C), para posterior realização do ensaio de cisalhamento. Os maiores valores de resistência adesiva foram obtidos pelo grupo E (11,55MPa), com diferença significativa para todos os outros grupos. O grupo A obteve o segundo melhor desempenho, porém sem diferença significativa para os grupos os grupos F, B e D. Os autores concluíram que o silano, utilizado isoladamente ou associado ao HF, contribui para a adesão. Contudo, o melhor desempenho é obtido pela asperização com ponta diamantada associada ao silano.

Tylka & Stewart⁹³ (1994) compararam o HF e o FFA, analisando o padrão morfológico de condicionamento da porcelana e a resistência adesiva da interface porcelana/resina composta. Na primeira etapa da pesquisa, foi realizada uma análise em MEV utilizando cilindros das porcelanas *Will-Ceram (Williams)* e *Biobond (Dentsply)*, que foram condicionados por FFA 1,23% por 10min ou HF 9,5% por 5min. Numa

segunda etapa, foram confeccionados 136 espécimes metalocerâmicos com as porcelanas Will-Ceram e Biobond. Cada superfície cerâmica foi regularizada com disco diamantado, e usinada para a obtenção de um cilindro, com eixo de rotação igual ao do cilindro metálico da subestrutura. Os 68 cilindros de cada porcelana foram pareados aleatoriamente, formando 34 pares, subdivididos de acordo com a aplicação de FFA ou HF. Foi aplicado silano (*Prilane – Cresco*), resina sem carga (*Command Bonding Resin – Kerr/Sybron*), e os pares foram alinhados para a cimentação com uma resina composta (*Command Ultrafine – Kerr/Sybron*). A concentricidade foi verificada e os espécimes foram armazenados em água deionizada a 37°C por uma semana. Posteriormente, os espécimes foram submetidos à teste de torção, utilizando um dispositivo próprio. As amostras de porcelana condicionadas com HF, analisadas em MEV, revelaram um entrelace de porosidades e canais, com diferenças sutis entre as duas porcelanas, e semelhanças com relação à profundidade de penetração e potencial para microrretenção, enquanto que as amostras condicionadas com FFA revelaram uma superfície relativamente lisa comparada com o HF. Após o ensaio mecânico, não houve diferença significativa entre os grupos, e todas as fraturas foram coesivas da porcelana. Os autores questionaram o conceito da correlação entre as irregularidades presentes na superfície da cerâmica e os valores de adesão produzidos, requerendo novas pesquisas.

Roulet et al.⁷⁸ (1995) objetivaram avaliar a influência da composição da cerâmica e os efeitos dos métodos de tratamento de superfície e de silanização na união porcelana/resina composta, identificando as variáveis que têm maior impacto sobre a resistência ao cisalhamento. Foram confeccionados discos de porcelana de dois diâmetros diferentes, para cada um dos três materiais testados: *Dicor* (*Dentsply*), *Mirage* (*Mirage*) e *Vitabloc* (*Vita*). Os discos foram incluídos

em resina epóxi e receberam polimento com lixas d'água 240, 400 e 600. Foram realizados três tratamentos de superfície em cada um dos materiais: a) controle (lixa d'água 600); b) jateamento com óxido de alumínio (50 μ m) por 3s; c) condicionamento ácido por 90s, com BFA 10% para o *Dicor* e HF 10% para o *Mirage* e *Vitabloc*. Foram utilizados três tipos de silano: a) solução 2,5% de γ -MPTS; b) solução 2,5% de MPTS e 0,5% de N,N dimetil-paratoluidina; c) solução 2,5% de viniltriclorosilano. Após a silanização, as amostras foram submetidas a dois tratamentos térmicos: a) armazenamento em temperatura ambiente por 60s, seguido da aplicação de uma resina à base de Bis-GMA e TEGDMA (*Experimental Enamel Bond – Dentsply*); b) secagem com uma corrente de ar quente a 100 $\pm$ 5°C por 60s, resfriamento à temperatura ambiente para aplicação da mesma resina. Os cilindros de menor diâmetro foram cimentados aos de maior diâmetro, utilizando um cimento resinoso dual (*Dual Cement Base – Vivadent*). As amostras foram subdivididas conforme o armazenamento: temperatura ambiente por 24h; água a 37°C por 12 meses. Foi realizado o teste de cisalhamento em máquina de ensaio universal, para cinco amostras de cada uma das 108 combinações descritas acima, totalizando 540 corpos-de-prova. Os resultados mostraram que todos os fatores tiveram efeito significativo na resistência adesiva, exceto o tipo de material. O condicionamento ácido foi o fator mais efetivo para aumentar a resistência adesiva e não foi deteriorado em função do armazenamento em água. A cerâmica jateada obteve bom desempenho somente quando armazenada em ambiente seco, e o pior desempenho foi obtido pela cerâmica polida, independente do armazenamento. A solução de viniltriclorosilano foi associada com os maiores valores de adesão, e o tratamento com calor a 100°C por 60s causou uma melhora significativa para a solução de γ -MPTS. Os autores concluíram que a textura superficial é um fator importante na adesão, e o embricamento mecânico é o fator chave na resistência adesiva entre resina composta e porcelana.

O ângulo de contato pode ser usado como um indicador da energia superficial de uma porcelana, relacionado com a capacidade de molhamento de sua superfície e embricamento mecânico. A hipótese de que os tratamentos superficiais da porcelana alteram sua topografia, contribuindo para a adesão, levaram Phoenix & Shen⁷⁶ (1995) a avaliar os efeitos dos tratamentos superficiais na porcelana feldspática através de análise dinâmica do ângulo de contato. Foram confeccionados 65 corpos-de-prova (14 x 6 x 3mm) de porcelana feldspática *Will-Ceram* (Williams), divididos em cinco grupos, de acordo com o tratamento de superfície: a) controle (sem tratamento); b) jateamento com óxido de alumínio (50µm), até que a cerâmica fique uniformemente opaca; c) condicionamento com BFA 10% por 1min; d) FFA por 10min; e) HF 9,5% por 4min. O ângulo de contato foi determinado por um Analisador Dinâmico de Ângulo de Contato (*Cahn*), e em seguida, os espécimes foram secos e cobertos por ouro para análise em MEV, para a obtenção de informações adicionais das características superficiais. Os resultados mostraram que as amostras que receberam condicionamento com HF obtiveram o menor ângulo de contato, seguido pelo tratamento com FFA, jateamento, BFA e controle, em ordem crescente e com diferença significativa entre todos os grupos. As imagens obtidas em MEV mostram apenas defeitos superficiais e sulcos do acabamento no grupo controle. O BFA produziu canais estreitos (aproximadamente 1µm de largura) na cerâmica, ao contrário do jateamento, que resultou numa superfície de aspecto angular com fragmentos de óxido de alumínio. A aplicação de FFA foi caracterizada por inúmeros canais estreitos, semelhantes ao BFA. O HF resultou numa superfície extremamente porosa, podendo ser descrita como de aparência dendrítica. Foi observado que o tratamento químico e mecânico da porcelana produziu uma superfície rugosa, apresentando uma energia superficial maior do que em uma superfície lisa de composição idêntica. Os autores relataram que as mudanças na morfologia superficial podem aumentar a resistência adesiva.

Aida et al.¹ (1995) avaliaram a força de adesão entre resina composta (*Laminabond Composite Paste - Shofu*) e discos de porcelana (*Laminabond Porcelain Masking - Shofu*) sob condições superficiais variadas. Inicialmente, os discos de porcelana receberam polimento com lixa d'água de granulação 1.000, e foram divididos em cinco grupos, de acordo com os tratamentos de superfície: a) controle (lixa d'água 1000); b) condicionamento com H_3PO_4 por 60s e lavagem por 10s; c) condicionamento com H_3PO_4 e banho em ultra-som por 20min; d) HF por 60s e lavagem por 10s; e) HF e banho em ultra-som por 20min. Em seguida, as amostras de cada grupo foram subdivididas segundo o agente silano utilizado: *Porcelain Liner M (Sunmedical)*; *Tokuso Ceramic Primer (Tokuyama)*; silano experimental composto por γ -MPTS. O silano foi aplicado sobre a superfície das amostras por 60s e seco com ar por 10s. Em seguida, foi aplicado resina composta, e as amostras imersas em água a 37°C por 24h, antes de serem submetidas ao teste de cisalhamento em uma máquina universal de ensaios. Os resultados mostraram que o HF promoveu maiores forças de adesão, considerando-se o subgrupo que recebeu o silano experimental. Com o uso dos agentes silanos comerciais, não houve diferenças significativas, levando os autores a concluir que o condicionamento da superfície não afetou a força de adesão para estes silanos. Além deste aspecto, pôde-se observar que a fratura de todas as amostras desses grupos ocorreu na porcelana. Neste estudo não houve diferença significativa com relação à utilização do ultra-som.

Desde que o modo de falha da união porcelana/resina composta tem sido freqüentemente relatado na literatura como fratura coesiva, ao invés de uma separação da interface adesiva, Della Bona & Van Noort³² (1995) questionaram a validade do teste de cisalhamento e tração. Os autores pesquisaram três diferentes métodos de cisalhamento

(convencional, reverso, somente com resina composta), e fizeram uma análise em elemento finito para determinar a distribuição qualitativa do stress para cada um dos três métodos. Um teste de tração foi desenvolvido e utilizado para avaliar dois métodos de tratamento superficial da porcelana: uso de HF 9,6% e FFA 4%. Segundo os autores, o teste de cisalhamento mede a resistência do material da base, ao invés de medir a resistência adesiva. Enquanto que no teste de tração a fratura invariavelmente ocorre na interface adesiva, relatando que ambos os tratamentos superficiais melhoraram a resistência adesiva.

Em busca de um sistema de cimentação efetivo, Kato et al.⁵⁸ (1996) pesquisaram a resistência ao cisalhamento e a durabilidade da adesão promovida por seis sistemas de cimentação para porcelana. Sobre revestimento refratário, foram confeccionados discos de porcelana feldspática *G-Cera Cosmotech II (GC)* de dois diâmetros distintos (10 e 8mm). A superfície a ser cimentada de todos os discos foi polida com lixa d'água 1.000 e recebeu jateamento com óxido de alumínio (50µm) por 10s. Foram preparadas dez amostras para cada um dos seis sistemas (silano e cimento resinoso): a) *Clearfil Porcelain Bond* e *Panavia 21* (Kuraray); b) *Clearfil Porcelain Bond* e *Panavia EX* (Kuraray); c) *G-Cera Cosmotech II Primer* e *G-Cera Cosmotech II Composite* (GC); d) *Imperva Porcelain Primer* e *Imperva Dual* (Shofu); e) *Porcelain Liner M* e *Super-Bond C&B* (Sun Medical); f) *Tokuso Ceramic Primer* e *Bistite Resin Cement* (Tokuyama). Os silanos foram aplicados a ambos os discos, e os discos de 8mm cimentados aos discos maiores, utilizando o cimento resinoso do respectivo sistema. Trinta minutos após a cimentação, os espécimes foram imersos em água a 37°C por 24h, quando metade dos espécimes foi levada ao ensaio mecânico. A outra metade foi termociclada por 20.000 ciclos, entre 4 e 60°C, para posteriormente ser submetida ao cisalhamento em máquina de ensaio universal. A redução da resistência adesiva após termociclagem não foi significativa apenas

para o *Porcelain Liner M*, embora este material tenha apresentado os valores mais baixos após 24h. Embora a redução após a ciclagem térmica tenha sido significativa, o *Tokuso Ceramic Primer* obteve o melhor desempenho após os 20.000 ciclos.

O objetivo de Kupiec et al.⁶¹ (1996) foi avaliar a influência de tratamentos de superfície, componentes do sistema adesivo *ProBond* (*Caulk/Dentsply*) e silano na resistência adesiva de resina composta à porcelana *Ceramco II* (*Ceramco*). Os espécimes foram divididos em três grupos com 160 espécimes cada, de acordo com o tratamento da superfície cerâmica: a) jateamento com óxido de alumínio (50µm); b) HF 8% por 4min; c) jateamento + HF. Em seguida, os espécimes foram subdivididos em oito grupos, de acordo com cada uma das combinações dos componentes do *Pro Bond*: silano (*Caulk*), *primer* e adesivo. A resina composta *Prisma TPH* (*Caulk/Dentsply*) foi aplicada à porcelana tratada, e os espécimes divididos em dois subgrupos, de acordo com o armazenamento: a) água destilada a 37°C por 24h e b) água destilada a 37°C por três meses e termociclagem (2500 ciclos entre 5 e 55°C), para posterior teste de cisalhamento em máquina de ensaio universal. Os maiores valores de adesão foram obtidos pelas amostras que receberam condicionamento ácido, associado ou não ao jateamento, sendo que não houve diferença significativa para os valores obtidos após 24h e três meses. Com relação ao adesivo, os subgrupos que receberam silano obtiveram melhor desempenho, com um padrão de falha após três meses predominantemente coesivo da porcelana, independente do tratamento de superfície.

Um crescente número de sistemas adesivos para cimentação de restaurações cerâmicas tem sido desenvolvido, levando Matsumura et al.⁶⁴ (1997) a avaliar a resistência adesiva de dois cimentos resinosos: *Claparl DC* (*Kuraray*) - dual e *Panavia 21* (*Kuraray*) -

quimicamente ativado. Foram confeccionados oitenta pares de discos de porcelana feldspática VMK68 (*Vita*) com 10 e 8mm de diâmetro. Uma das superfícies de ambos os discos foi aplainada com lixa d'água, jateada com óxido de alumínio por 10s e condicionada com H_3PO_4 por 5s. Os discos foram divididos em oito grupos, para cada cimento, conforme o silano utilizado: a) controle; b) *Clapearl Bonding Agent* (Kuraray) - silano com três frascos; c) *Clearfil Porcelain Bond* (Kuraray) - silano com três frascos; d) *Panavia Ceramic Primer* (Kuraray) - silano experimental de frasco único. Os discos de menor diâmetro foram cimentados aos discos de maior diâmetro, e após 30min, metade dos espécimes foi armazenada em água a 37°C por 24h e submetida ao ensaio de cisalhamento. A outra metade, após este período, foi submetida a termociclagem (20.000 ciclos, entre 4 e 60°C) anteriormente ao ensaio mecânico. Considerando o *Panavia 21*, após termociclagem, a associação com o *Clearfil Porcelain Bond* ou com o *Clapearl Bonding Agent* foi significativamente superior. Porém, os melhores resultados foram obtidos pelo cimento *Clapearl DC*, sem diferença significativa entre os silanos, com predominância de fraturas coesivas da porcelana, mesmo após termociclagem.

O objetivo do estudo de Assunção et al.⁵ (1997) foi comparar a resistência ao cisalhamento da união resina composta/cerâmica ante dois diferentes tratamentos de superfície e dois sistemas adesivos. Foram confeccionados quarenta cilindros cerâmicos (*Colorgic – Ceramco*) divididos em dois grupos de tratamento: a) abrasão com ponta diamantada; b) jateamento com óxido de alumínio, seguido de HF a 10% por 4min. Em seguida, os espécimes foram subdivididos, de acordo com o sistema (silano + adesivo) utilizado: *Optibond* (Kerr) e *Scotchbond Multi-Use Plus* (3M). Após a aplicação da resina composta, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24h, submetidos a termociclagem e armazenados no mesmo ambiente por mais 24h. Após o ensaio mecânico, não houve diferença significativa

entre os grupos, e uma análise das fraturas mostrou que as falhas foram predominantemente coesivas na cerâmica.

Para determinar a resistência adesiva da união resina composta/porcelana, Pereira & Ishikiriyama⁷⁵ (1997) confeccionaram cinquenta cilindros de porcelana (Excelco), divididos em cinco grupos, de acordo com o tratamento de superfície recebido: a) HF 9,5% por 1min; b) H_3PO_4 37% por 1min; c) jato de óxido de alumínio por 10s; d) abrasão com ponta diamantada por 15s; e) FFA 1,23% por 4min. Na sequência, todos os espécimes receberam aplicação de silano, adesivo e resina composta. Após 24h de armazenamento em água destilada, os espécimes foram submetidos a termociclagem (500 ciclos). Após teste de cisalhamento, o tratamento de superfície com HF apresentou resistência adesiva estatisticamente superior aos demais, e suas falhas foram predominantemente coesivas na cerâmica. Os tratamentos com H_3PO_4 , jateamento, abrasão com ponta diamantada e FFA não foram estatisticamente diferentes entre si. Os autores puderam verificar que, de modo geral, a adesão entre porcelana e resina composta ocorre mais por uma associação de retenções micromecânicas e químicas do que por fenômenos de natureza química isoladamente.

Chen et al.²⁷ (1998) avaliaram as mudanças na microestrutura da porcelana após condicionamento com HF a 5%, e examinaram o efeito de diferentes tempos de condicionamento na resistência adesiva entre porcelana e cimento resinoso dual. Foram usinados 54 retângulos e 48 quadrados da porcelana *Cerec 2 Vitablocs Mark II* (Vita), aplainados com lixa d'água 600, divididos em seis grupos, de acordo com o tempo de condicionamento com HF 5%: 0, 5, 30, 60, 120 e 180s. Um espécime retangular de cada grupo foi utilizado para análise em MEV, onde se observou um aumento da rugosidade superficial proporcional ao tempo de condicionamento ácido. A área de adesão nos

retângulos foi delimitada por uma fita com orifício circular de 5mm, para padronizar a espessura do agente cimentante. Para a cimentação não foi utilizado silano, e cada quadrado foi fixado ao respectivo retângulo, utilizando o cimento resinoso dual *Claparl DC (Kuraray)*. Os espécimes foram armazenados por 24h em água destilada a 37°C, para posterior realização do teste de cisalhamento. Os resultados mostraram que o cimento não aderiu à porcelana sem condicionamento ácido, e obteve valores de adesão acima de 30MPa após o condicionamento por 30s, sendo que os melhores resultados foram obtidos com o condicionamento por 120s (44,5MPa). O tempo de condicionamento entre 60 e 180s, produziu fraturas coesivas da porcelana. Os autores concluíram que os valores de adesão têm uma correlação direta com as alterações na microestrutura da superfície da porcelana após condicionamento ácido.

Com o desenvolvimento de sistemas *CAD/CAM* para a confecção de restaurações cerâmicas, houve uma necessidade de se avaliar a efetividade da união entre estas restaurações e os cimentos utilizados. Kamada et al.⁵⁶ (1998) avaliaram o efeito de diferentes tratamentos da superfície cerâmica na resistência adesiva de quatro cimentos resinosos à porcelana, utilizando o sistema *Cerec 2 (Siemens)*. Foram usinados espécimes de 10mm e 6mm de diâmetro a partir de blocos cerâmicos (*Cerec 2 Vitablocs Mark II – Vita*), que tem composição semelhante a porcelana feldspática. Todos os espécimes foram polidos com lixa d'água 600, imersos em ultra-som com acetona por 5min, e divididos em quatro grupos, de acordo com os tratamentos de superfície: a) controle; b) condicionamento com H_3PO_4 37% por 60s; c) aplicação de silano (*Clearfil Porcelain Bond – Kuraray*) por 30s; d) ácido + silano. Foram utilizados quatro cimentos resinosos para a cimentação dos espécimes: *Super-Bond C&B (Sun Medical)*; *Panavia 21 (Kuraray)*; *Claparl (Kuraray)*; *Vita Cerec Duo Cement (Vita)*. Os espécimes de menor diâmetro foram cimentados aos de maior diâmetro, de acordo com

as recomendações de cada fabricante. Trinta minutos após a cimentação, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24h, e subdivididos de acordo com o tratamento térmico: a) sem ciclagem térmica; b) termociclagem (20.000 ciclos entre 4 e 60°C). Os espécimes foram embutidos em resina acrílica e submetidos ao ensaio de cisalhamento. A resistência adesiva dos quatro cimentos testados não foi melhorada pelo condicionamento com H_3PO_4 , comparado com o tratamento controle, e após termociclagem, houve uma deterioração significativa da adesão para ambos os tratamentos. Para os quatro cimentos testados, a aplicação do silano associado ou não ao H_3PO_4 , produziu resultados significativamente superiores aos demais, e não houve diferença significativa na resistência adesiva após a termociclagem. Os espécimes tratados com uma combinação de ácido e silano obtiveram fraturas coesivas da cerâmica após termociclagem, exceto os que foram cimentados com *Super-Bond C&B*, talvez por ser o único cimento que não possui carga, dentre os cimentos resinosos utilizados nesta pesquisa.

Chadwick et al.²⁵ (1998) compararam a resistência ao cisalhamento entre uma resina composta (*Prisma TPH – Dentsply*) e uma porcelana (*Matchmaker Porcelain*) utilizando três sistemas adesivos: *Scotchbond Multipurpose Plus (3M)*, *One-Step (Bisco)* e *DenTASTIC (Pulpdent)*. Os testes foram realizados uma semana após o preparo e armazenamento em água destilada dos espécimes. O sistema *Scotchbond Multipurpose Plus (3M)* obteve os menores valores de resistência adesiva, comparado ao *One-Step (Bisco)* e ao *DenTASTIC (Pulpdent)*, e a maioria das falhas foi coesiva da porcelana, independente do sistema.

Shahverdi et al.⁸⁰ (1998) avaliaram o efeito dos tratamentos de superfície na resistência adesiva da interface porcelana/resina composta. Foram confeccionadas 110 amostras de

porcelana *VMK68 (Vita)*, divididas em cinco grupos, de acordo com o tratamento de superfície: a) jateamento com óxido de alumínio (50µm) por 60s, seguido de HF 5% por 60s; b) asperização com pontas específicas (*Silistor – Kulzer*), seguido de silanização (*Silicer – Kulzer*); c) jateamento, HF e aplicação de silano (*Monobond-S – Vivadent*); d) HF e silanização (*Monobond-S*); e) jateamento e silanização (*Monobond-S*). Após o preparo das superfícies, foi aplicado um adesivo (*Adhesive Bond II – Kulzer*) e uma resina composta (*Charisma – Kulzer*). Em seguida, metade da amostra foi armazenada em água destilada por 24h, e as demais mantidas em temperatura ambiente por trinta dias e termocicladas (200 ciclos entre 5 e 55°C). Após o teste de cisalhamento, a combinação de jateamento, HF e silano, produziu os melhores resultados, sendo o único grupo que não sofreu uma deterioração significativa após trinta dias e termociclagem. O silano foi um fator importante para uma união química, porém, somente quando houve um preparo mecânico da superfície, através do condicionamento ácido, a deterioração pela termociclagem foi menor. Os autores concluíram que a combinação de retenção mecânica e química deve ser obtida para uma adesão durável e estável.

Chen et al.²⁸ (1998) avaliaram o efeito de diferentes concentrações e tempos de condicionamento com HF na resistência adesiva de uma resina composta a uma porcelana feldspática. Foram confeccionados 208 discos de porcelana *VMK68 (Vita)*, que receberam polimento com lixa d'água 600, e foram divididos em três grupos, de acordo com o tipo de condicionamento: a) 16 discos - sem condicionamento; b) 96 discos - HF 2,5%; c) 96 discos - HF 5%. Os 96 discos de cada um dos grupos que receberam condicionamento ácido foram subdivididos em 6 grupos, de acordo com o tempo de condicionamento: 30, 60, 90, 120 e 150s. Após delimitação da área de adesão em 5mm, foi utilizado um silano de três frascos (*Clearfil Porcelain Bond – J Morita*) ou um agente adesivo autopolimerizável (*Clearfil New*

Bond – J Morita). Foi aplicada resina composta (*Clearfil APX - J Morita*) à porcelana, e após 30min, as amostras foram armazenadas em água por 24h, para posterior ensaio de cisalhamento. Os resultados revelaram que o condicionamento com HF aumentou significativamente a adesão da resina composta à porcelana. Independente do tempo e concentração do ácido, os melhores resultados foram obtidos pelas amostras que receberam silano, e desempenho similar foi obtido pelas amostras não silanizadas, que receberam condicionamento por 150s. Foram observadas fraturas coesivas da porcelana nas amostras que receberam condicionamento ácido e silano. Os autores relataram que o condicionamento com HF 2,5% por 30 até 150s, associado ao silano, produziram os maiores valores de resistência adesiva, porém não houve diferença significativa para o HF 5%, exceto nos tempos de 60 e 150s.

Della Bona & Van Noort³³ (1998) examinaram a interação do HF e FFA com a superfície da porcelana feldspática, visando determinar as diferenças no processo de condicionamento da superfície cerâmica. Foram confeccionados 16 discos de porcelana (*VMK68 – Vita*) que receberam acabamento com lixa d'água 600 e polimento com pasta diamantada de 6 e 1 μ m. Os discos foram divididos em oito grupos, de acordo com o tratamento: a) HF 9,6% por 10s, para revelar a microestrutura; b) HF por 2min; c) FFA 4% por 1min, para revelar a microestrutura; d) FFA por 2min; e) banho em ultra-som com água destilada, jateamento com óxido de alumínio e HF por 2min; f) ultra-som, jateamento e FFA por 2min; g) ultra-som, asperização com ponta diamantada e HF por 2min; h) ultra-som, asperização e FFA por 2min. Após banho em ultra-som, os espécimes foram cobertos por ouro para análise em MEV. O HF por 10s expôs claramente a leucita, sugerindo que este ácido reage mais prontamente com a fase cristalina da porcelana do que com a matriz vítrea. O tratamento por 2min revelou uma topografia com muitas retenções mecânicas, que consistia de poros decorrentes da

remoção da leucita e irregularidades devido à dissolução da matriz vítrea. Devido ao seu processo agressivo, aparentemente, o HF removeu toda a morfologia obtida pelos tratamentos prévios. O condicionamento com FFA por 2min apresentou inúmeros pequenos depósitos e áreas aparentemente não afetadas, sugerindo que este tratamento reage com os defeitos superficiais e com a leucita exposta, tendo pequeno efeito na matriz vítrea. O FFA preservou a morfologia dos tratamentos prévios, sendo possível a distinção entre as superfícies polidas, jateadas ou asperizadas.

O objetivo do estudo de Jardel et al.⁵² (1999) foi avaliar o efeito da modificação superficial produzida pelo HF 10% e pelo silano na resistência da união de duas porcelanas feldspáticas, cimentadas com uma resina sem carga (*Super-Bond - Sun Medical*). Foram confeccionados oitenta discos de cada uma das porcelanas feldspáticas GC (GC) e PVS (*SS White*), aplainados em politriz com disco de granulação 220, e divididos em quatro grupos, de acordo com o tratamento de superfície: a) controle; b) HF 10% por 5min; c) aplicação de silano com dois componentes, não hidrolisado (*Silicoup - Kulzer*); d) HF + silano. Em seguida, cada disco foi cimentado sobre outro, totalizando dez amostras por grupo para cada material. Após a cimentação, as amostras foram mantidas em incubadora a 37°C e umidade relativa 100% por 1h, para posterior realização de teste de tração. Para uma análise topográfica, foram confeccionadas dez amostras de cada cerâmica, onde metade da amostra foi condicionada com HF 10% por 5min. Os resultados mostraram que, após o condicionamento ácido, houve um aumento significativo da superfície e da rugosidade da porcelana PVS, porém não foi suficiente para a obtenção dos maiores valores de adesão. Após o teste de tração, os resultados variaram de 8,3 a 21,7MPa para a cerâmica GC, e os grupos que receberam silano, associado ou não ao HF, obtiveram o melhor desempenho. Para a cerâmica PVS, os resultados

variaram de 6,1 a 14,6MPa, e não houve diferença significativa entre o condicionamento ácido e a silanização. Os autores concluíram que uma combinação de HF e silano é a melhor maneira de se obter uma adesão adequada à porcelana.

Pacheco et al.⁷² (1999) pesquisaram a influência da aplicação de silano e condicionamento ácido na resistência ao cisalhamento de resina composta a discos de porcelana, que receberam acabamento com lixas d'água 400 e foram abrasionados com ponta diamantada por 5s. Foram utilizados três agentes de silanização, permitindo observar que, os silanos *Porcelain Repair Primer* (Kerr Sybron) e *Scotchprime Ceramic Primer* (3M) apresentaram aumento significativo da força de união, levando os autores a concluir que, face à similaridade das formulações dos agentes silanos, sua efetividade possa estar eventualmente comprometida pela forma de armazenamento em decorrência da instabilidade química do produto. Com relação ao condicionamento com ácido maleico ou fluorídrico, foi possível verificar a efetividade do segundo em detrimento do primeiro, obtendo falhas coesivas na maioria das amostras e um padrão morfológico bastante favorável ao embricamento micromecânico, independente do tempo de condicionamento por 2 ou 4min.

Berry et al.⁹ (1999) avaliaram a resistência adesiva entre resina composta e porcelana, após silanização e armazenamento prolongado em água. Cento e sessenta corpos-de-prova cerâmicos (VMK68 – Vita) foram confeccionados e planificados utilizando-se lixas d'água seqüenciais até a granulação 600. Em seguida, foram imersos em ultra-som contendo solução de metanol a 99,8% e água destilada por 15min, para remoção de resíduos. Os corpos-de-prova foram divididos em quatro grupos, e posteriormente subdivididos aleatoriamente em 16 subgrupos com dez amostras cada. Quatro sistemas de silano disponíveis

comercialmente foram avaliados: dois silanos pré-ativados (*Cerinate Prime – Den-Mat* e *Mirage one-mix – Chameleon*) e dois silanos com dois frascos (*Mirage two-mix – Chameleon* e *Fusion – George Taub*). Tubos de teflon foram preenchidos com uma resina composta dual (*Mirage FLC – Chameleon*), posicionados na superfície silanizada e fotopolimerizados por 120s. Os espécimes foram armazenados em água em temperatura ambiente, para serem submetidos ao ensaio de cisalhamento após períodos de 24h, uma semana, um mês e três meses. Os valores médios de adesão variaram de 4,38MPa (período de 24h) a 23,9MPa (período de três meses). Todos os grupos registraram um aumento significativo na força de adesão depois de uma semana, comparado ao período de 24h. Com exceção do *Cerinate Prime*, todos os sistemas mostraram uma maior força de adesão significativa após três meses, comparando-se com o período de 24h e uma semana de armazenamento. O tipo de fratura predominante foi coesivo da cerâmica e não houve correlação na resistência adesiva quanto ao sistema de silano em um ou dois frascos. Os autores concluíram que a resistência adesiva da interface resina composta/porcelana, resultante da silanização da porcelana, aumentou durante o período pesquisado e variou conforme os diferentes agentes silanos utilizados.

Sato et al.⁷⁹ (1999) pesquisaram a resistência ao cisalhamento de diferentes sistemas de adesão para porcelanas, com o objetivo de avaliar o efeito de um catalisador sobre o silano e de um iniciador sobre o adesivo. Foram usinados 72 retângulos (10 x 8 x 2,5mm) e 72 quadrados (8 x 8 x 2,5mm) da cerâmica *Vitablocs Mark II (Vita)*, utilizada no sistema *Cerec 2 (Siemens)*. Dois *primers* cerâmicos do mesmo fabricante (*Kuraray*) foram avaliados: *Clapearl Bonding Agent (CBA)* que é baseado em um adesivo dual composto por um líquido universal e um catalisador, além de um silano (*Activator*); *Clearfil Porcelain Bond (CPB)*, que é baseado em um adesivo quimicamente

ativado de dois frascos, além de um silano (*Activator*), que é o mesmo utilizado para ambos os *primers* cerâmicos. Os 72 pares de amostras foram divididos em nove grupos, de acordo com o tratamento da cerâmica: a) sem tratamento (controle); b) CBA, menos o silano; c) CBA; d) CBA, seguido de fotoativação por 20s; e) silano (*Activator*); f) CBA, menos o catalisador; g) CBA, menos o líquido universal; h) CPB, menos o silano; i) CPB. O cimento resinoso dual *Clapearl DC* (*Kuraray*) foi misturado e os espécimes foram cimentados aos seus respectivos pares. Trinta minutos após o preparo, os espécimes foram armazenados em água a 37°C por 24h, para serem submetidos ao ensaio de cisalhamento. Os maiores valores de resistência adesiva foram obtidos pelas amostras que receberam CBA e fotoativação por 20s, seguido pelo tratamento com CBA e CPB, sem diferença significativa entre os grupos C e I. O grupo G obteve desempenho intermediário. As fraturas dos grupos C, D, G e I foram coesivas da porcelana. Com relação ao modo de ativação do silano, os resultados demonstraram a importância do monômero ácido, presente no catalisador, para a melhoria da adesão. Os autores concluíram que o uso de um *primer* cerâmico dual ou autopolimerizável, com um monômero ácido e o silano separado, é recomendável para a adesão à porcelana, ressaltando a importância da reação de hidrólise na silanização.

Carneiro Junior et al.²³ (1999) avaliaram a resistência à tração da resina composta a porcelana feldspática, quando efetuados os seguintes tratamentos de superfície na porcelana: asperização com ponta diamantada ou jateamento com óxido de alumínio (50µm por 5s), em aplicação isolada ou associada a condicionamento com H₃PO₄ a 35% por 15s, ou HF a 10% por 1 ou 4min. Após os tratamentos superficiais, receberam aplicação de silano, adesivo e resina composta. Após a união, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 7 dias e termociclados (600 ciclos, entre 5 e 55°C), sendo então submetidos ao

teste de tração. Após os resultados, os autores concluíram que ocorreu melhora na adesão com todos os tratamentos propostos (em comparação com o grupo controle). O jateamento produziu maior resistência de união que a asperização com ponta diamantada, mas quando associados ao condicionamento com qualquer dos ácidos selecionados, não houve diferença significativa, independente do tempo de aplicação.

A adesão é uma combinação de fatores físicos, mecânicos e químicos, e o componente físico pode ser caracterizado pela energia superficial do substrato. Modificações na superfície, como condicionamento ácido e silanização, alteram a energia superficial, e conseqüentemente o potencial para adesão do material. Jardel et al.⁵³ (1999), avaliaram o efeito das modificações produzidas pelo HF na energia superficial de duas porcelanas feldspáticas. Foram confeccionadas trinta amostras da porcelana *GC (GC)* e trinta amostras da porcelana *PVS (SS White)*, polidas em politriz, utilizando um disco de granulação 220. Metade das amostras de cada cerâmica foi condicionada com HF 10% por 5min. A medida do ângulo de contato foi registrada por um aparelho *G1 Krüss (Zeiss)*, e utilizada para determinar as diferenças na energia de superfície, entre a porcelana polida e condicionada. O condicionamento ácido teve uma influência limitada na modificação da energia superficial, alterando ligeiramente o potencial para adesão, talvez por se tratar de duas cerâmicas com baixa densidade cristalina e uma fase vítrea ampla. Os autores concluíram que, aparentemente, este tratamento não é suficiente para a obtenção de uma adesão adequada às cerâmicas *GC* e *PVS*.

Kato et al.⁵⁷ (2000) avaliaram o efeito do condicionamento ácido e jateamento com óxido de alumínio na resistência adesiva de uma resina sem carga à porcelana feldspática. Foram confeccionados oitenta pares de discos de porcelana feldspática (*VMK68 – Vita*), com 10mm e

8mm de diâmetro. Os discos foram polidos com lixas d'água de granulações seqüenciais (320, 400, 600, 800 e 1.000), e divididos em oito grupos, de acordo com o tratamento superficial aplicado: a) controle (lixa d'água 1.000); b) jateamento com óxido de alumínio (50 μ m) por 5s; c) BFA 10% por 60s; d) FFA 0,9% por 60s; e) HF 5% por 60s; f) H₃PO₄ 40% por 60s; g) combinação de ácido sulfúrico e fluorídrico 6,25% (*Stripit – National Keystone*) por 60s; h) FFA 0,9% por 10min. A área de adesão foi delimitada em 5mm no disco de 10mm, que foi cimentado com o respectivo disco de 8mm. Foi utilizada uma resina sem carga, baseada no *Super-Bond C&B (Sun Medical)*, exceto pelo líquido que não continha nenhum monômero funcional, e era baseado em MMA-TBB, com a finalidade de eliminar a adesão química do cimento e avaliar apenas o efeito da retenção mecânica na superfície da porcelana. Todos os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37°C por 24h, e após este período, metade da amostra foi submetida a teste de cisalhamento, e a outra metade termociclada (5.000 ciclos entre 4 e 60°C), para posterior ensaio mecânico. Após 24h, os melhores resultados foram obtidos pelo HF e pelo *Stripit*, seguidos pelo BFA. Após termociclagem, os resultados foram os mesmos, porém houve uma redução significativa da resistência adesiva para todos os grupos. Os autores concluíram que o HF e o *Stripit* foram efetivos como condicionadores da porcelana, no entanto, a resistência adesiva foi afetada após termociclagem.

Estafan et al.⁴⁰ (2000) avaliaram métodos de tratamento de superfície em discos de porcelana prensável *OPC (Jeneric/Pentron)*, que foram jateados com óxido de alumínio (50 μ m) e limpos em aparelho de ultra-som com álcool por 10min. Os discos foram divididos aleatoriamente em três grupos de acordo com o tempo de condicionamento com HF a 9%: 0, 1 e 5min. Em seguida, cada grupo foi dividido em três subgrupos que receberam: a) aplicação de silano (*Jeneric/Pentron*); b) aplicação de silano e adesivo Bond-1

(*Jeneric/Pentron*); c) aplicação de adesivo. Discos de resina composta *Conquest Crystal (Jeneric/Pentron)* foram confeccionados e cimentados aos discos de cerâmica, utilizando um cimento resinoso dual *Lute-It (Jeneric/Pentron)*. Os espécimes foram armazenados a 37°C por 24h e submetidos ao ensaio de cisalhamento. De acordo com os resultados, o condicionamento com HF 9% por 1min, associado ao silano, produziu os maiores valores de resistência adesiva. O pior desempenho ocorreu em dois grupos que não receberam silano, independente do tempo de condicionamento de 0 e 5min. A análise das fraturas demonstrou que ocorreram falhas coesivas da porcelana, exceto nos dois grupos de menor resistência adesiva, onde ocorreram falhas mistas (adesiva e coesiva).

Em uma revisão de literatura, Barghi⁷ (2000) relatou considerações sobre a importância de uma correta silanização para a obtenção de uma adesão confiável e durável entre porcelana e resina composta. Segundo o autor, a força adesiva entre a resina composta e a porcelana, condicionada por ácido e silanizada, ultrapassa a força coesiva da cerâmica. Embora a adesão ao esmalte seja obtida apenas pelo condicionamento ácido da superfície, criando-se retenções micromecânicas, a adesão à porcelana é obtida tanto mecanicamente através do condicionamento ácido, quanto quimicamente através do uso de agente de ligação silano. A silanização propicia uma adesão mais confiável do que o condicionamento com HF isoladamente, embora a combinação de ambos seja recomendada. O autor conclui que a aplicação do silano na porcelana é um procedimento sensível e deve ser realizado de acordo com bases científicas estabelecidas, devendo-se respeitar o método de ativação, tempo e método de aplicação, armazenamento e prazo de validade do silano utilizado.

Canay et al.²² (2001) avaliaram a textura superficial de uma porcelana feldspática (*Ceramco II - Ceramco*), após o

condicionamento com FFA por 10min e HF 9,5% por 1 e 4min, através de análise em MEV. Após o condicionamento ácido, metade dos espécimes de cada grupo foi lavada com água destilada por 10s e a outra metade foi levada ao ultra-som por 1min. Foi observado que o HF produziu uma superfície mais retentiva do que o FFA. Após análise do espectro, foi verificado que há uma necessidade de limpeza em ultra-som, para eliminar os precipitados minerais que se formam após o condicionamento ácido. Os autores concluíram, baseados na qualidade da superfície condicionada, que o HF por 1min produziu uma rugosidade adequada e o condicionamento por 4min produziu irregularidades maiores, causando concentração de stress e podendo levar a diminuição da resistência.

Kato et al.⁵⁹ (2001) avaliaram a influência dos preparos da superfície cerâmica na durabilidade da adesão entre resina e porcelana. Numa primeira etapa, para avaliar a influência do silano e do cimento, foram confeccionados oitenta pares de discos (8 e 10mm de diâmetro) de porcelana feldspática VMK68 (Vita), polidos com lixas d'água de granulação seqüencial (320, 400, 600 e 1.000), divididos de acordo com a aplicação do *primer* para porcelana *Porcelain Liner M* (Sun Medical): grupos 1 e 5) controle; grupos 2 e 6) líquido A (4-META); grupos 3 e 7) líquido B (silano); grupos 4 e 8) líquidos A+B. Em seguida, os discos foram cimentados utilizando um dos cimentos testados: resina sem carga *Super-Bond C&B* (Sun Medical), composta por 4-META/MMA-TBB (grupos 5 a 8) e resina experimental, composta por MMA-TBB (grupos 1 a 4). Trinta minutos após o preparo, os espécimes foram armazenados em água a 37°C por 24h, e metade da amostra foi submetida ao teste de cisalhamento. A outra metade foi submetida à ciclagem térmica (20.000 ciclos, entre 4 e 60°C) para posterior ensaio mecânico. Numa segunda etapa, para avaliar a influência da retenção mecânica e silanização, foram confeccionados trinta pares de discos de porcelana, polidos com lixas d'água de granulação 320, 400 e 600, e divididos em seis grupos: grupo

9) condicionamento com HF 5% por 60s; grupo 10) ácido + líquido A do *primer*; grupo 11) ácido + líquido B do *primer*; grupo 12) ácido + *Porcelain Liner M*; grupo 13) jateamento com óxido de alumínio (50µm) por 5s + *Porcelain Liner M*; grupo 14) polimento com lixa d'água 800 e 1.000 + *Porcelain Liner M*. Os discos foram cimentados usando *Super-Bond C&B*, armazenados em água a 37°C por 24h, termociclados (100.000 ciclos entre 4 e 60°C) e submetidos ao cisalhamento. Não houve diferença significativa entre os dois cimentos, e os grupos que receberam o líquido B (grupos 3 e 7) ou A+B (grupos 4 e 8) obtiveram os melhores resultados, sendo que os grupos 4 e 8 não foram afetados negativamente pela termociclagem (20.000 ciclos), provavelmente devido à presença do monômero ácido (4-META) hidrolisando o silano. Após 100.000 ciclos, o condicionamento ácido associado ao silano (líquido B ou A+B) promoveu os melhores resultados (grupos 11 e 12). Os autores concluíram que as retenções mecânica e química são indispensáveis para uma adesão confiável e durável à porcelana.

A performance e a durabilidade das restaurações cerâmicas que utilizam a tecnologia CAD/CAM dependem da adesão entre a porcelana e o substrato dental. O processo de deposição de óxido de sílica foi desenvolvido inicialmente para a união de resinas a substratos metálicos, também podendo ser aplicado em cerâmicas. Jedynakiewicz & Martin⁵⁴ (2001) avaliaram os efeitos dos tratamentos de superfície na resistência adesiva de uma porcelana feldspática e uma cerâmica vítrea a um cimento resinoso. Foram utilizados 24 blocos da porcelana feldspática *Cerec Mark II (Vita)* e 24 blocos de cerâmica vítrea *Dicor (Dentsply)*, usinados em cilindros de 8mm de diâmetro. Metade da amostra foi condicionada com BFA 7% por 30s para o *Dicor*, e HF 5% por 30s para o *Cerec Mark II*, e a outra metade recebeu deposição de sílica. Duas amostras de cada grupo foram analisadas em MEV. Todas os espécimes receberam aplicação de silano (*Silicoup – Kulzer*), adesivo

(*Prime & Bond – Dentsply*), e cada cilindro foi aderido a outro com cimento resinoso (*Spectrum – Dentsply*). Após 24h, os espécimes foram submetidos a ensaio de cisalhamento. Os resultados mostraram que o melhor desempenho foi obtido pela cerâmica vítrea com deposição de sílica, e os demais grupos não tiveram diferença significativa entre si, com fraturas coesivas da cerâmica e do cimento em todos os espécimes. A análise micromorfológica sugeriu que a maior resistência adesiva pudesse ser obtida pelas amostras que receberam condicionamento ácido, especialmente a porcelana feldspática, no entanto, não foi levada em consideração a integridade superficial. A cerâmica vítrea tem uma resistência flexural maior do que a porcelana feldspática, portanto, é esperado que suas falhas ocorram sob cargas maiores, quando o modo de fratura for coesivo da cerâmica.

Hooshmand et al.⁴⁹ (2002) pesquisaram a resistência à tração entre uma porcelana feldspática (*Mirage – Myron*) e uma resina composta, utilizando diferentes métodos de silanização, além de avaliar a durabilidade da adesão. Foram confeccionados cilindros de metal, onde foi aplicada a porcelana, que recebeu polimento final com pasta diamantada de 1 μ m. Os grupos foram divididos de acordo com o método de aplicação do silano (solução de γ -MPTS 2,5%): a) imersão na solução de silano por 60s e secagem com jato de ar por 15s; b) semelhante ao grupo A, porém secagem em estufa a 100°C por 2min; c) aplicação do silano com pincel por 60s e secagem com jato de ar por 15s; d) semelhante ao grupo C, porém secagem em estufa a 100°C por 2min; e) semelhante ao grupo C, porém secagem com ar quente a 50 $\pm$ 5°C por 15s; f) idem ao grupo E, seguido de lavagem com água a 80°C por 15s e secagem com ar quente por 30s; g) idem ao grupo F, seguido de aplicação de uma fina camada de resina sem carga (*Variolink – Vivadent*). Para comparação com os resultados da cerâmica com a superfície polida

(grupos A a G), foram realizados tratamentos superficiais, divididos em três grupos: h) jateamento com óxido de alumínio (50 μ m); i) HF 10% por 2min; j) jateamento e condicionamento ácido. Em seguida, nos grupos H, I e J foi realizado o mesmo procedimento de silanização do grupo G. Todos os espécimes foram cimentados utilizando um cimento resinoso dual (*Variolink – Vivadent*) e armazenados em temperatura ambiente por 24h, para serem submetidos ao ensaio de tração. Os resultados mostraram que o grupo G obteve o melhor desempenho para as cerâmicas com a superfície polida, não diferindo significativamente do grupo E. Com relação ao tratamento superficial da cerâmica, não houve diferença significativa entre os grupos G, H, I e J. Foram confeccionados mais seis grupos de cada um dos quatro métodos de preparo descritos anteriormente (grupos G, H, I e J), que foram divididos de acordo com diferentes condições de armazenamento em água destilada: 37°C por 24h; uma semana; um mês; três meses; 24h e ciclagem térmica (3.000 ciclos, entre 5 e 55°C); 100°C por 24h. Todos os espécimes foram secos em temperatura ambiente por 30min, anteriormente ao ensaio mecânico. Não houve diferença para a cerâmica polida, após armazenamento em água até três meses ou ciclagem térmica. Para os grupos que receberam tratamento superficial, houve um aumento significativo da resistência à tração após armazenamento em água por três meses e também após a ciclagem térmica. Houve uma diminuição na resistência à tração, após armazenamento em água a 100°C, para todos os grupos. Segundo os autores, uma adesão confiável e durável entre resina composta e cerâmica pode ser obtida, pela melhoria do procedimento de silanização, sem a necessidade da retenção micromecânica obtida pelo condicionamento com HF.

Della Bona & Anusavice³¹ (2002) avaliaram as variações no padrão de condicionamento, de acordo com o tipo de ácido utilizado, composição e microestrutura da cerâmica. Foi realizada uma análise

quantitativa e qualitativa da microestrutura das porcelanas *VMK95*, *Omega*, *Vitadur Alpha*, *Vitadur N*, *Hi-Ceram (Vita)*; *Mirage*, *Mirage II Fiber*, *Fortress (Mirage)*; *Colorgic*, *Ceramco II (Ceramco)*; *IPS Classic (Ivoclar)*; *Duceram LFC (Ducera)*. Foram confeccionados quatro discos de cada cerâmica, que receberam acabamento com lixas d'água de granulação 240 a 1200, e polimento com pasta diamantada de 1µm. Um espécime de cada cerâmica foi utilizado para análise da composição química, e os demais divididos de acordo com o tipo de condicionamento: a) HF 9,6% por 2min; b) FFA 4% por 2min; c) BFA 10% por 1min. Em seguida, foi realizada uma análise da rugosidade superficial, e as mudanças na topografia superficial foram examinadas em MEV. Os resultados mostraram que as diferentes cerâmicas de um mesmo fabricante apresentam uma composição química similar. As irregularidades produzidas pelo HF foram predominantemente em forma de porosidades, tendo um padrão mais evidente em cerâmicas que continham leucita, com a fase cristalina e os defeitos superficiais atacados preferencialmente. Além disso, produziu uma maior rugosidade superficial, com relação aos demais ácidos. O condicionamento com BFA mostrou um padrão mais linear, com a presença de sulcos, e o FFA produziu precipitados superficiais. As cerâmicas para infra-estrutura apresentaram mudanças superficiais menores, independente do tipo de condicionamento. Os autores concluíram que os mecanismos de condicionamento são diferentes para os três ácidos, com o HF produzindo o padrão mais proeminente para todas as cerâmicas testadas.

Foxton et al.⁴² (2002) avaliaram os efeitos de diferentes métodos de polimerização na durabilidade da adesão entre cimento resinoso dual e cerâmica. Blocos de porcelana feldspática *Vita Celay Blank (Vita)* foram usinados em 24 retângulos (12 x 10 x 3mm), polidos com lixa d'água 600, e divididos em quatro grupos, variando-se o *primer* cerâmico (a e b) e o cimento resinoso dual (c e d) utilizado: a) *Tokuso*

Ceramic Primer (Tokuyama) - TCP; b) *Clearfil Liner Bond 2V Primer* associado a *Porcelain Bond Activator* (Kuraray) - LB2V; c) *Bistite II* (Tokuyama) – BisII; d) *Panavia F* (Kuraray) – PanF. Para a cimentação, os retângulos foram subdivididos em três grupos, de acordo com o método de polimerização do cimento: a) aplicação de agente inibidor de oxigênio (*Oxiguard II* – Kuraray) nas bordas expostas do cimento e armazenamento em ambiente escuro por 30min (sem fotopolimerização – controle); b) fotopolimerização por 20s em uma única direção (recomendação dos fabricantes); c) fotopolimerização por 20s em cada uma de seis diferentes direções (120s). Foi utilizado um aparelho fotopolimerizador convencional, calibrado com radiômetro. Os espécimes foram armazenados em água a 37°C por 24h, uma ou seis semanas, e preparados para a realização do teste de micro-tração. Após 24h, o TCP em conjunto com ambos os cimentos, apresentou uma resistência adesiva no subgrupo A significativamente menor do que no C, porém, o mesmo não ocorreu quando utilizado o LB2V. E após seis semanas, houve uma redução significativa da adesão para o subgrupo A, à exceção do TCP/PanF que obteve um aumento significativo. Considerando os subgrupos B e C, após seis semanas: não houve diferença significativa na adesão do TCP/PanF e do LB2V/BisII, porém houve uma redução significativa para o LB2V/PanF; enquanto que para o TCP/BisII, houve um aumento significativo da adesão. Os autores concluíram que os cimentos resinosos diferenciam-se na capacidade de polimerização química e na quantidade necessária de fotopolimerização, influenciando na durabilidade da adesão. Além disso, os resultados sugeriram que a composição do *primer* cerâmico influencia na resistência à degradação hidrolítica da adesão.

Della Bona et al.³⁴ (2002) avaliaram o efeito dos tratamentos de superfície na resistência à tração de várias cerâmicas, de composição e microestruturas diferentes, a um cimento resinoso. Foram

confeccionados quarenta discos de cada uma das seguintes porcelanas: *Vitadur Alpha*, *Vitadur N core*, *Omega (Vita)*; *Fortress*, *Mirage II Fiber (Mirage)*; *Duceram LFC (Ducera)*. Os discos foram incluídos, receberam acabamento com lixas d'água e polimento com pasta diamantada de 1 μ m, para serem divididos em quatro grupos, de acordo com o tratamento superficial da cerâmica: a) HF 9,6% por 2min; b) FFA 4% por 2min; c) BFA 10% por 1min; d) silano. Em seguida, foi aplicado adesivo e um cimento resinoso dual *Rely-X (3M)*, sobre a área de adesão delimitada na porcelana tratada. Todas as amostras foram armazenadas a 37°C por 24h, para posterior teste de tração em máquina de ensaio universal. Os resultados mostraram que a silanização produziu os maiores valores de resistência à tração para todas as cerâmicas testadas, seguido pelo condicionamento com HF, que produziu valores de adesão significativamente superiores aos tratamentos com FFA e BFA, sem diferença significativa entre si. As falhas ocorreram predominantemente na zona de adesão, mostrando que a ligação mais frágil na adesão da cerâmica, tanto à estrutura dental quanto ao cimento, é a interface cerâmica/resina. Os autores concluíram que o tratamento químico promovido pela silanização foi a principal contribuição para a adesão do cimento resinoso.

Shimada et al.⁸² (2002) avaliaram os efeitos dos tratamentos de superfície na resistência adesiva da interface entre cimento resinoso dual e cerâmica, através de teste de micro-cisalhamento. Foram confeccionadas placas retangulares (15 x 10 x 1mm) de cerâmica vítrea *Olympas Castable Ceramics (Olympus)*, que receberam jateamento com esferas de vidro (30 μ m) por 30s. As amostras foram divididas em seis grupos, de acordo com o tratamento: a) controle (jateamento); b) polimento seqüencial com lixas d'água e pasta diamantada até a granulação de 25 μ m; c) HF 16,8% por 5s; d) HF por 30s; e) polimento e H₃PO₄ 40% por 5s; f) polimento e H₃PO₄ por 60s. Em

seguida, foram subdivididas em dois grupos: aplicação de *primer* ácido (*Clearfil SE Bond primer – Kuraray*) por 20s; aplicação de mistura de *primer* ácido (*Clearfil SE Bond primer*) e silano (*Clearfil Porcelain Bond Activator – Kuraray*) por 20s. Foi aplicado adesivo (*Clearfil SE Bond – Kuraray*), e o cimento resinoso dual (*Panavia Fluoro Cement – Kuraray*) foi aplicado em um tubo de 0,75mm de diâmetro interno e 0,5mm de altura sobre a cerâmica. Desta forma, pequenos cilindros de resina foram aderidos em três ou quatro pontos em cada placa cerâmica. Os espécimes foram armazenados por 1h em temperatura ambiente e posteriormente em água a 37 °C por 24h. Após este período, foi realizado o teste de micro-cisalhamento. Foram selecionadas placas, não utilizadas no ensaio mecânico, para análise em MEV. A rugosidade da cerâmica jateada aparentemente aumentou sua área superficial, favorecendo a retenção micromecânica do cimento, enquanto o condicionamento com HF criou uma superfície rugosa com estruturas granulares, porém, em sua maioria sem suporte. Os resultados mostraram que o uso de silano aumentou significativamente a adesão, exceto para o grupo que recebeu HF por 30s. Sem a silanização, as cerâmicas condicionadas com HF por 5 ou 30s obtiveram os melhores desempenhos, porém sem diferença significativa para a cerâmica jateada. Após silanização, não houve diferença significativa entre a cerâmica jateada e polida, evidenciando a importância do silano.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo *in vitro* foi avaliar o efeito do uso de jateamento com óxido de alumínio e/ou dois tempos de condicionamento com ácido fluorídrico a 10%, na resistência ao cisalhamento da união entre porcelana e cimento resinoso.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Materiais

Nesta pesquisa foram utilizados discos de porcelana aluminizada a 50%, ácido fluorídrico 10%, silano e cimento resinoso, descritos no Quadro 1:

Quadro 1 - Materiais utilizados na pesquisa

Material	Lote	Fabricante
Porcelana aluminizada <i>Vitadur Alpha</i>	6183H	<i>Vita Zahnfabrik</i>
Condicionador de Porcelana Ácido Fluorídrico 10%	2728	<i>Dentsply Ind. e Com.</i>
Silano <i>Tokuso Ceramic Primer</i>	0072M	<i>Tokuyama Dental Corp.</i>
Cimento Resinoso <i>Bistite II DC</i>	70B.90Q	<i>Tokuyama Dental Corp.</i>

4.1.1 Porcelana aluminizada a 50%

Este tipo de porcelana possui como principais componentes químicos, minerais cristalinos, como o feldspato, quartzo, alumina (óxido de alumínio), e caolin em uma matriz vítrea. Encontra-se disponível comercialmente na forma de pó, e para sua utilização o pó é aglutinado a um líquido. Este material possui uma estrutura composta por

uma fase vítrea, formada pelo feldspato associado aos óxidos metálicos, enquanto o quartzo compõe a sua fase cristalina.

A porcelana aluminizada possui 50% a mais de cristais de óxido de alumínio em relação às porcelanas tradicionais, conferindo maior resistência estrutural e menor coeficiente de expansão térmica linear.

Neste experimento foram utilizados 66 discos de porcelana aluminizada a 50% *Vitadur Alpha*, de tamanho padronizado de 6mm de diâmetro e 3mm de altura (A), e 60 discos de porcelana de 3mm de diâmetro e 3mm de altura (B), totalizando 126 discos de porcelana. Os discos de menor diâmetro (B) foram cimentados aos discos de maior diâmetro (A), para a realização dos testes de cisalhamento. Seis discos (A) foram utilizados para análise em MEV.

4.1.2 Ácido fluorídrico 10%

Apresenta-se comercialmente na forma de gel, utilizado para o condicionamento da superfície da porcelana. É composto por ácido fluorídrico, água, espessante e corante.

4.1.3 Jato de óxido de alumínio

O aparelho de jato de óxido de alumínio utilizado foi o microjato (*Microetcher ERC – Danville Engineering*), com pó de óxido de alumínio com partículas de tamanho médio de 50µm, aplicado por 5s, a uma distância de aproximadamente 1cm e a uma pressão de 60lb/pol². É utilizado na superfície interna de peças protéticas para produzir microretenções.

4.1.4 Silano

É o agente de ligação que permite a união da porcelana com o cimento resinoso. O sistema de silanização utilizado *Tokuso Ceramic Primer*, possui dois frascos (*Primer A* e *B*) e é composto basicamente por um agente de ligação silano, monômero ácido e etanol. Segundo o fabricante, este silano não requer o condicionamento com HF para a cimentação adesiva de peças cerâmicas.

4.1.5 Cimento resinoso

Foi utilizado um cimento resinoso dual *Bistite II DC*, na cor *clear*, sendo a pasta base composta por uma carga de sílica/zircônia, representando 77% em peso, além de 2,2-Bis[4-(metacriloxi)fenil]propano, neopentildimetacrilato e ativadores. A pasta catalisadora é composta pela carga de sílica/zircônia, MAC-10, 2,2-Bis[4-(metacriloxi)fenil]propano, neopentildimetacrilato e iniciadores. Apresenta-se na forma de um dispensador único com dois tubos, contendo a pasta base e a catalisadora, permitindo proporcionar quantidades iguais do material para uma correta manipulação.

O material possui um agente inibidor de oxigênio - *Air Barrier (Tokuyama Dental Corp.)* a base de propilenoglicol, normalmente aplicado na linha de cimentação para complementar a polimerização do cimento resinoso, prevenindo a formação de uma camada superficial inibida pelo oxigênio.

4.2 Divisão dos grupos experimentais

Foram avaliados os diferentes tratamentos de superfície na porcelana, com dez amostras em cada grupo, descritos no Quadro 2:

Quadro 2 - Divisão dos grupos experimentais

Grupos	Tratamentos de superfície
I	Condicionamento com HF a 10% por 2min
II	Condicionamento com HF a 10% por 4min
III	Jateamento com óxido de alumínio (50µm) por 5 s
IV	Jateamento por 5s, seguido de HF a 10% por 2min
V	Jateamento por 5s, seguido de HF a 10% por 4min
VI	Nenhum tratamento (controle)

4.3 Obtenção das amostras

Os discos de porcelana foram obtidos a partir de uma matriz especialmente desenhada e confeccionada em alumínio para a padronização dos mesmos. Esta matriz metálica possui uma placa com 4,8cm de largura, 5,9cm de comprimento e 3mm de altura, onde há cinco orifícios circulares com 6mm de diâmetro e cinco orifícios com 3mm de diâmetro, para a confecção dos discos de maior e menor diâmetro, respectivamente. Esta porção da matriz tem dois guias em extremidades diagonalmente opostas, para se deslocar através dos pinos de sua porção inferior, possibilitando a retirada dos discos. A porção inferior da matriz

possibilita uma compactação da massa cerâmica, através de dois condensadores com diâmetros correspondentes aos orifícios da matriz, para se obter uma superfície regular (Figura 1a).

Para a confecção da cerâmica foi utilizada a porcelana em pó *Vitadur Alpha* na cor A1 Dentina, misturada ao líquido de modelar (*Vita Zahnfabrik*) sobre uma placa de ágata umidificada, com espátula de vidro. Após a manipulação da porcelana por 1min, esta foi inserida nos orifícios da matriz, com o cuidado de inibir a formação de bolhas de ar, mantendo-se a matriz sobre um vibrador ligado em mínima potência por 10s. Com um guardanapo de papel absorvente foi retirado o excesso de líquido da superfície. Em seguida, os condensadores foram utilizados para regularizar a massa cerâmica e remover os discos da matriz, depositando-os sobre um manto de lã de vidro, e o conjunto posicionado à porta do forno para a cocção da cerâmica.

A cocção foi realizada em forno a vácuo automático e programável *Wizard* (*Jelrus Technical Products Corp.*), pré-aquecido a 600°C. A temperatura interior do forno se eleva em 60°C por minuto até atingir a temperatura de 950°C, que é mantida por 1min. Após o processo de resfriamento rápido do forno, os discos foram colocados sobre tijolo refratário para atingir a temperatura ambiente. Devido à contração da cerâmica, os discos foram posicionados novamente na matriz para ajuste de suas dimensões, repetindo-se as etapas descritas anteriormente, realizando-se uma segunda queima e posteriormente uma terceira queima, para se obter discos cerâmicos com as dimensões planejadas.

4.4 Preparo das amostras

Após a obtenção das amostras (Figura 1b), sessenta discos de 6mm x 3mm (A) foram embutidos em blocos de resina acrílica

incolor de rápida polimerização (*Jet* – Clássico Artigos Odontológicos Ind. Bras.), por meio de um molde confeccionado em silicone industrial (*Rodhorsil* – Clássico Artigos Odontológicos Ind. Bras.), com caixas retangulares e padronizadas em 3cm de comprimento, por 2cm de largura e 1cm de profundidade, tomando-se o cuidado para que a superfície do disco de porcelana fique paralela ao plano horizontal e não seja coberta pela resina, para posterior realização dos procedimentos adesivos (Figura 1c).

As superfícies a serem tratadas, de todos os 126 discos de porcelana, receberam aplainamento utilizando discos de lixas d'água (3M do Brasil) de granulações 240, 400 e 600 montados em politriz (*Struers DP10* – Panambra), sempre em presença de água, mantendo-se uma pressão uniforme e constante, para a obtenção de uma superfície lisa e plana. Em seguida, todas as amostras foram levadas a um aparelho de ultra-som (*Ultra Sonic Cleaner T1440 Thornton* – Unique Ind. e Com. Ltda) por 5min em água destilada, para a limpeza dos debris decorrentes do polimento.

4.5 Procedimento de cimentação

Para uma padronização do procedimento de cimentação, com uma força estática e constante, foi utilizado um delineador (Bio-Art Equipamentos Odontológicos Ltda.) modificado, servindo como guia de cimentação. A este delineador foi adaptado um braço horizontal fixo e a mola da haste vertical móvel foi removida (UEMURA⁹⁴, 1999). O peso da haste vertical empregava força constante e padronizada de 300g no ato da cimentação (PAGANI⁷⁴, 2001). No mandril desta haste foi acoplada uma ponta plana para manter o disco a ser cimentado em posição (Figura 1d).

Os discos foram divididos aleatoriamente entre os 6 grupos experimentais, e as superfícies a serem cimentadas de cada um dos discos de maior (A) e menor diâmetro (B) receberam os seguintes tipos de tratamento de superfície (Figuras 2a e 2b), para posterior cimentação:

- a) grupo I: Condicionamento com HF a 10% por 2min;
- b) grupo II: Condicionamento com HF a 10% por 4min;
- c) grupo III: Jateamento com óxido de alumínio (50 μ m) por 5s, a uma distância de aproximadamente 1cm e a uma pressão de 60lb/pol²;
- d) grupo IV: Jateamento com óxido de alumínio (50 μ m) por 5s, a uma distância de aproximadamente 1cm e a uma pressão de 60lb/pol², em seguida, foi realizado condicionamento com HF a 10% por 2min;
- e) grupo V: Jateamento com óxido de alumínio (50 μ m) por 5s, a uma distância de aproximadamente 1cm e a uma pressão de 60lb/pol², em seguida, foi realizado condicionamento com HF a 10% por 4min;
- f) grupo VI: Nestas amostras não foi realizado nenhum tipo de tratamento da superfície cerâmica, sendo considerado como grupo controle.

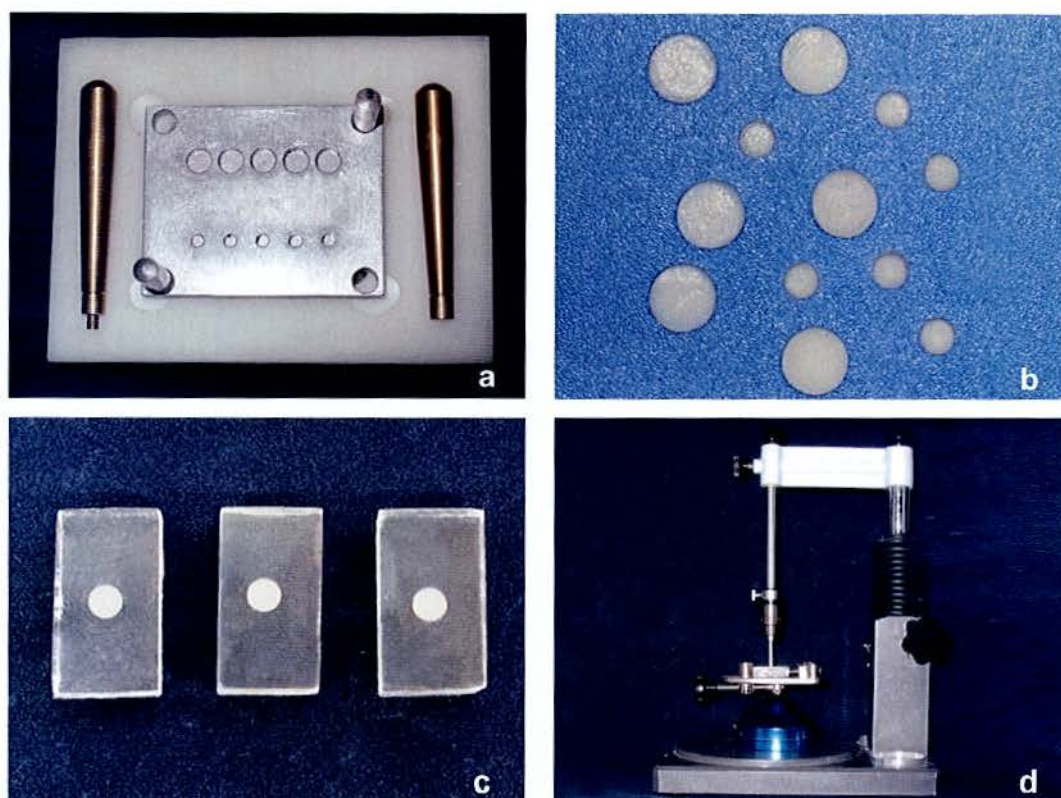


FIGURA 1 – Materiais utilizados para a confecção dos espécimes: a) matriz em alumínio e condensadores; b) discos de porcelana aluminizada a 50%; c) blocos de acrílico com inclusão de discos de porcelana; d) delineador modificado.

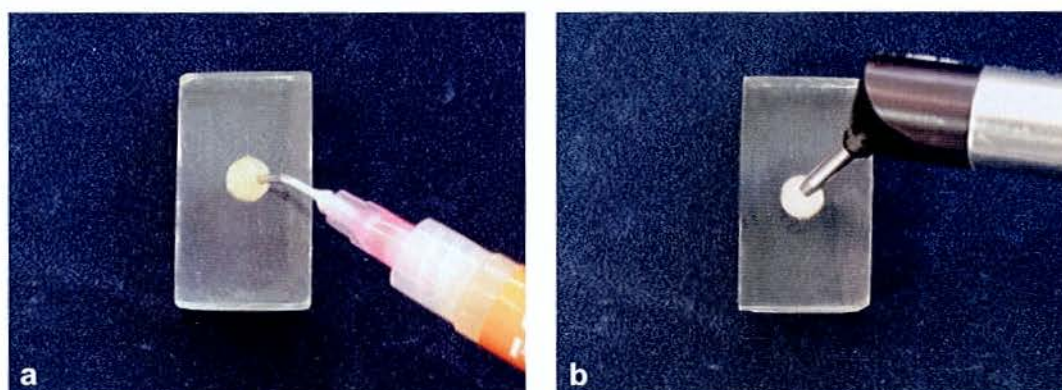


FIGURA 2 - Tratamentos de superfície: a) condicionamento com ácido fluorídrico a 10%; b) jateamento com óxido de alumínio.

Após os tratamentos de superfície, todos os espécimes foram lavados com água por 40s, colocados em aparelho de ultra-som por 1min com água destilada e secos com jato de ar; exceto os espécimes do grupo VI que não receberam tratamento de superfície.

Após a secagem, o processo de silanização foi executado na superfície dos 120 discos que foram cimentados. O agente silano *Tokuso Ceramic Primer* foi misturado em proporções iguais do *Primer A* e *Primer B* em casulo próprio, deixando-se descansar por 3min. Foi aplicada uma fina camada do silano, após 10s aplicou-se um suave jato de ar. Em seguida, foi aplicada uma nova camada, após aguardar-se 10s foi feita a secagem com jato de ar.

Para a cimentação, foi realizada a mistura em proporções iguais, por 10s, das pastas A e B do cimento resinoso dual *Bistite II DC* e aplicada uma fina camada do cimento, na superfície a ser cimentada de ambos os discos (A e B).

O disco B foi posicionado e estabilizado sobre o disco A utilizando-se o delineador modificado (Figura 3a), em seguida, foram removidos os excessos do agente cimentante (Figura 3b) com o auxílio de um pincel (*Microbrush – Microbrush Corp.*). A fotopolimerização foi realizada por 40s em quatro direções, de acordo com cada um dos lados do bloco de resina acrílica, totalizando 160s (Figura 3c). Para assegurar uma completa polimerização foi aplicado o *Air Barrier* ao longo das margens (Figura 3d). Os discos foram mantidos em posição por 5min, em seguida foi feita a remoção do *Air Barrier* e lavagem com água.

Foi utilizado o aparelho fotopolimerizador *Optilux* (*Demetron Research Corp.*) que teve a sua intensidade de luz medida a cada grupo, através de um radiômetro modelo 100 (*Demetron Research Corp.*), assegurando uma intensidade de luz padronizada em 500mW/cm^2 . A ponta do aparelho foi mantida a uma distância aproximada de 5mm da interface da cimentação, e posicionada nos quatro pontos, onde foi colocada para a polimerização do cimento.

Realizando dez amostras de cada grupo, foi obtido um total de 60 corpos-de-prova, que foram armazenados em água destilada em estufa bacteriológica (MA 032 – Marconi Equipamentos para Laboratórios Ltda.) a 37°C por 24h.

4.6 Teste de resistência ao cisalhamento

Após a armazenagem, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste mecânico laboratorial, para avaliação da resistência da união às tensões de cisalhamento. Este teste foi realizado em uma máquina de ensaios universal EMIC DL2000* (FOSJC-UNESP) com uma célula de carga de 1000kg. Esta máquina possui um terminal de computador acoplado, preparado para efetuar a leitura dos dados transmitidos pelo ensaio mecânico, através de um programa próprio.

Foi utilizada uma base metálica que possibilitou o posicionamento correto dos corpos-de-prova e movimentação da plataforma apenas no plano horizontal, e uma ponta em forma de lâmina de faca biselada fixada na extremidade superior móvel da máquina (Figura 4a). Na realização do teste, esta ponta foi posicionada, com a sua secção plana paralela ao longo eixo do plano de cimentação e perpendicular ao disco de porcelana cimentado (Figura 4b). A velocidade utilizada foi de 0,5mm/min.

O valor da resistência ao cisalhamento foi determinado pelo quociente da força máxima aplicada durante o teste, pela área utilizada para a adesão. Esse valor determinou a carga necessária para o rompimento da união adesiva, estabelecida na interface porcelana/cimento resinoso.

* Processo FAPESP nº 01/13978-1

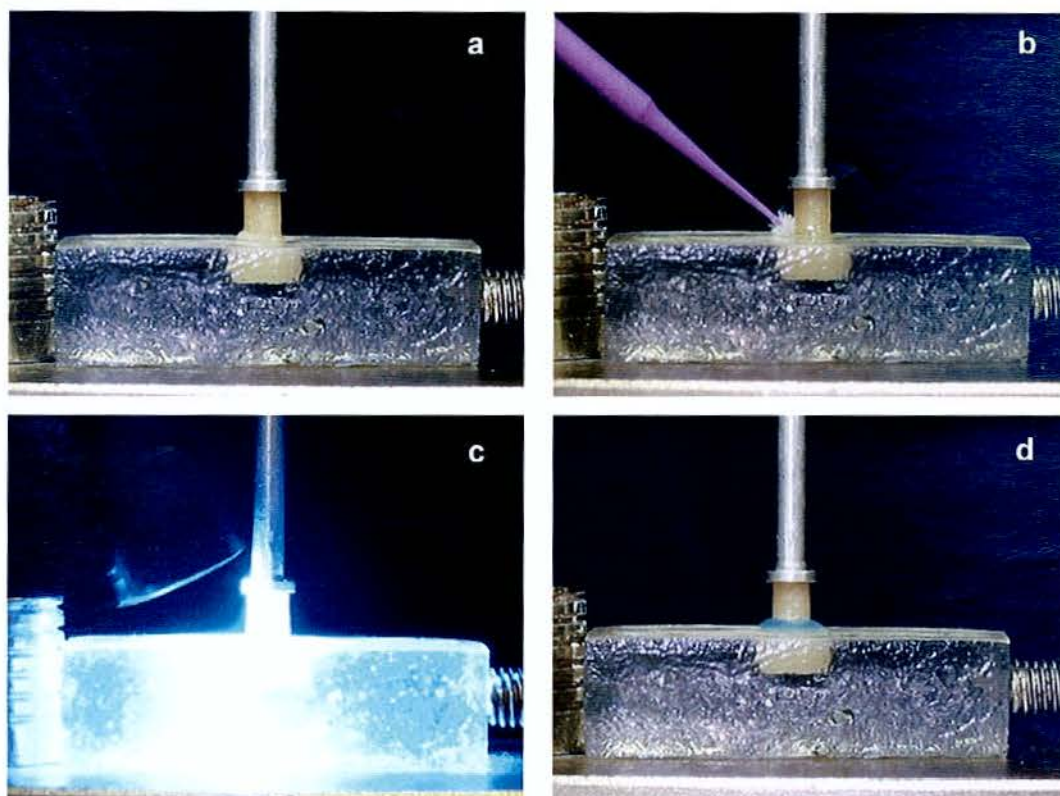


FIGURA 3 – Procedimento de cimentação: a) ponta plana mantendo disco em posição para cimentação; b) remoção do excesso de cimento; c) fotopolimerização do cimento; d) disco em posição com Air Barrier.

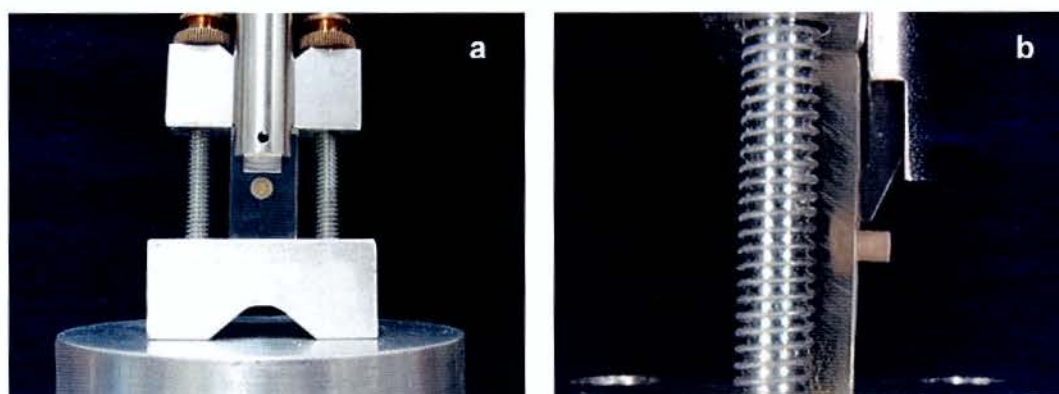


FIGURA 4 – Teste de resistência ao cisalhamento: a) fixação do corpo-de-prova em base metálica; b) ponta tangenciando superfície para teste de cisalhamento.

O esquema do delineamento da metodologia está ilustrado na Figura 5.

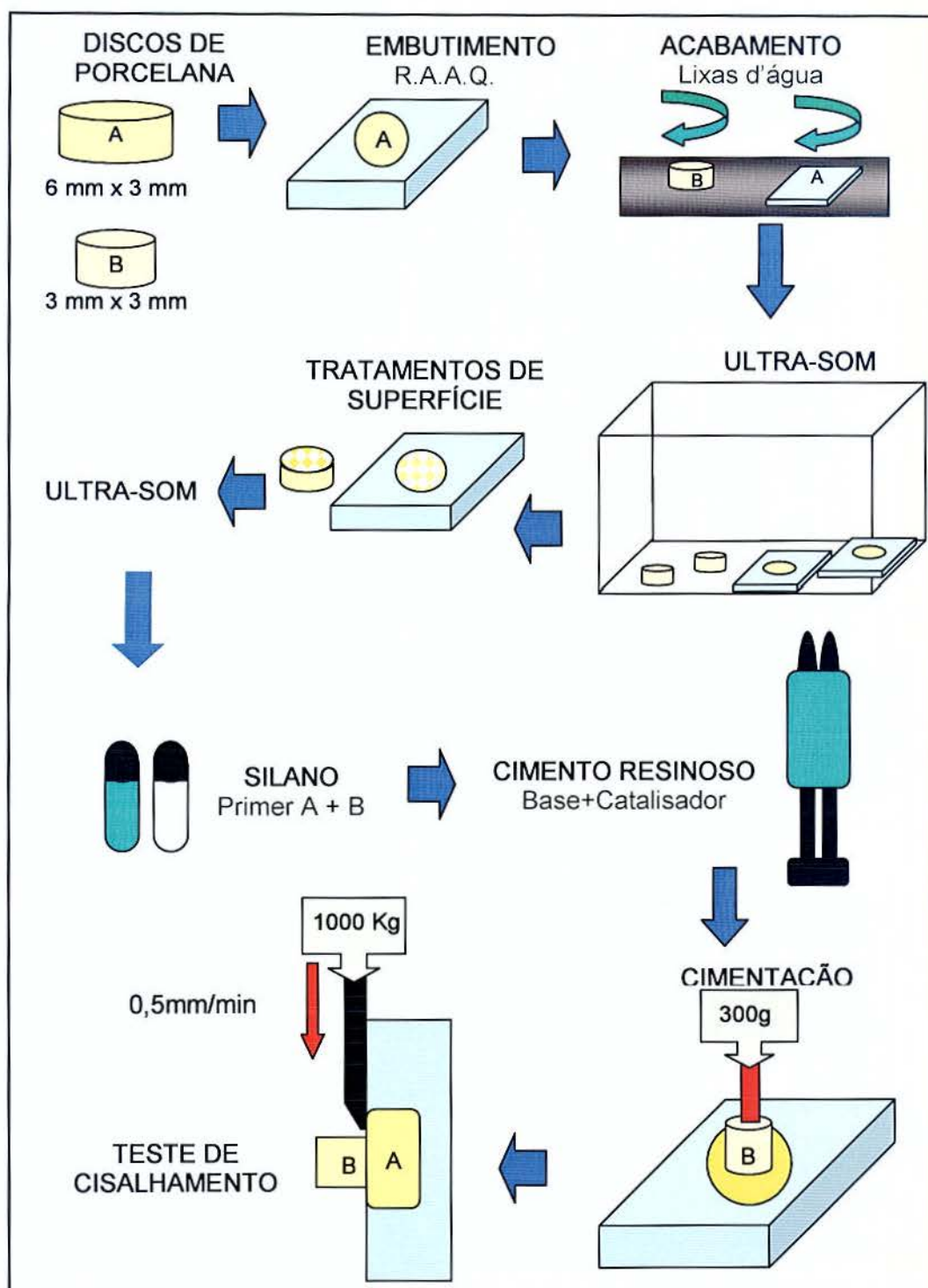


FIGURA 5 – Delineamento da metodologia.

4.7 Análise estatística

A resistência adesiva foi medida operacionalmente pelos valores de tensão de ruptura obtidos nos ensaios de cisalhamento. A estatística descritiva dos dados foi apresentada com os valores de tendência central (média e mediana), e ainda com os valores de dispersão: desvio padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo e a faixa interquartil.

Foi verificada a hipótese de que os diferentes tipos de tratamento de superfície na porcelana (6 grupos) produzam efeitos iguais sobre os esforços de cisalhamento. Para tanto, os dados foram analisados utilizando um modelo estatístico paramétrico, a análise de variância (ANOVA) - fator único, considerando apenas uma variável (tipos de tratamento de superfície).

O teste estatístico foi realizado para verificar a possibilidade de rejeitar a hipótese de igualdade entre os valores médios de resistência adesiva, em relação a variável empregada neste experimento. O nível de significância adotado foi o valor convencional de 5%. Foram efetuados testes de comparação múltipla (*Tukey*), para verificar em quais níveis ocorre a diferença entre os grupos, e qual destes produziu, em média, os maiores valores de resistência adesiva.

Os dados tiveram representação gráfica (gráfico de colunas e *Box-Plot*) e foram submetidos à análise estatística inferencial com os programas computacionais *Statistica*^{*} e *Statistix*^{**}, respectivamente.

^{*} versão 5.0, 1995, StatSoft Inc.

^{**} versão 7.0, 2000, *Analytical Software Inc.*

4.8 Análise das fraturas em estereomicroscópio

Após os testes de resistência ao cisalhamento, as superfícies das amostras foram examinadas em estereomicroscópio *Stemi 2000C* (*Carl Zeiss*), com aumento de 16X, para determinar o tipo de fratura ocorrido na região de ruptura entre a porcelana e o cimento resinoso em cada amostra. As fraturas receberam a seguinte classificação (Figura 6):

- a) fratura adesiva: todo o cimento se desloca da porcelana;
- b) fratura coesiva do cimento: fratura dentro da camada de cimento, com uma fina camada de cimento aderida a porcelana;
- c) fratura coesiva da porcelana: a porcelana se fratura, permanecendo aderida ao cimento;
- d) fratura mista: combinação de fratura adesiva e coesiva, parte do cimento permanece aderido à porcelana.

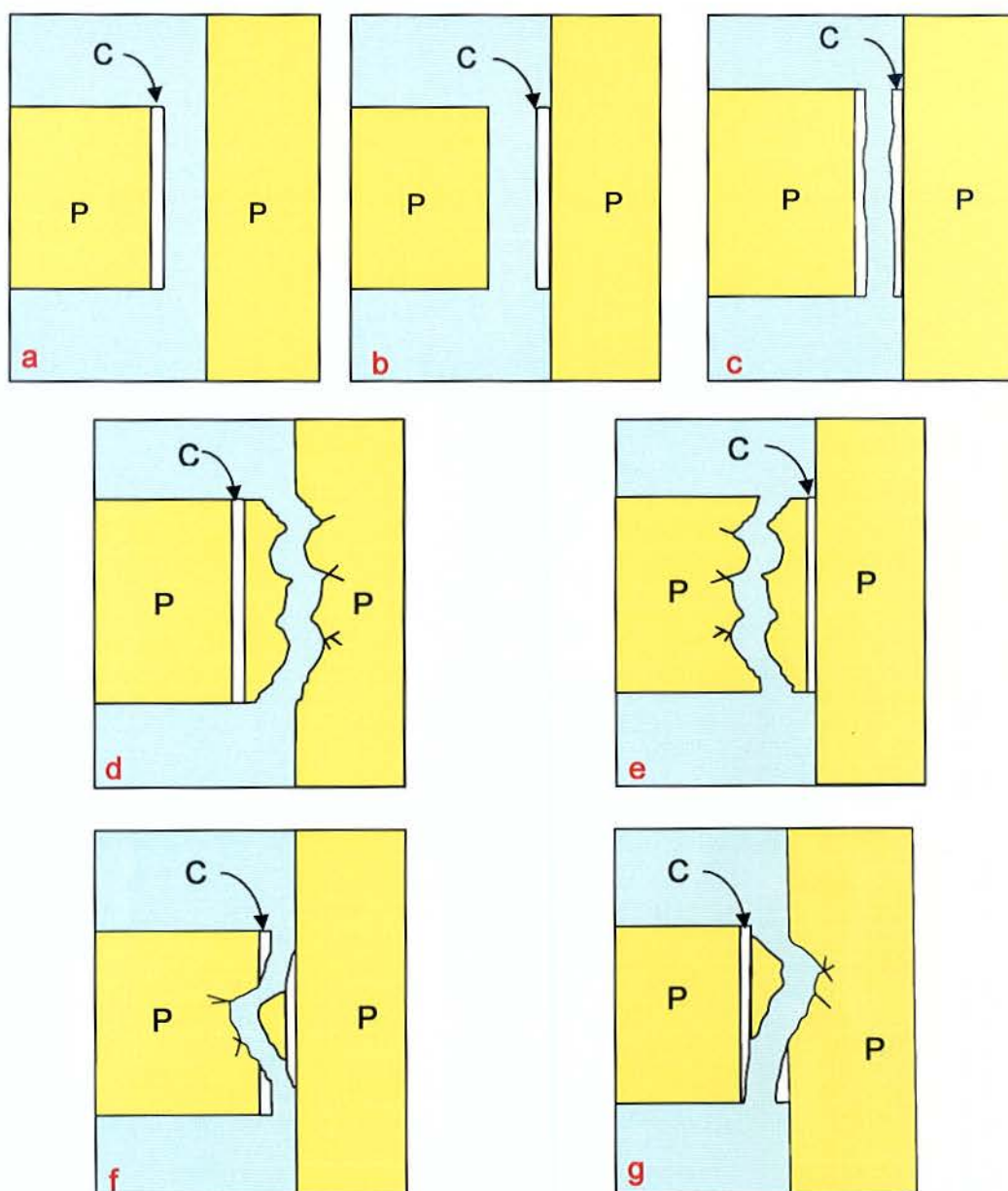


FIGURA 6 - Representação esquemática da classificação dos tipos de fraturas:
 a) e b) fratura adesiva; c) fratura coesiva do cimento; d) e e) fratura coesiva da porcelana; f) e g) fratura mista.

4.9 Análise em microscópio eletrônico de varredura

Tendo em vista a grande contribuição obtida, com a utilização de MEV na observação da superfície de cerâmicas submetidas aos tratamentos superficiais, adicionou-se neste estudo, eletromicrografias dos discos de porcelana, com o objetivo de se realizar uma análise micromorfológica qualitativa.

De cada grupo experimental, um disco (6 x 3mm) foi montado em base metálica, e foi posicionado em aparelho para metalização (*Desk II - Denton Vacuum*), permanecendo no vácuo por 3min, recebendo uma cobertura de ouro de 0,3nm de espessura, por se tratar de material cerâmico. Em seguida, as amostras foram observadas em MEV JSM-5310 (*JEOL*), utilizando 15KV em aumento de 500X, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos - SP.

Esta análise teve como finalidade ilustrar a alteração morfológica resultante de cada um dos seis tipos de tratamento de superfície analisados no experimento.

5 RESULTADOS

Neste item os dados originais (Apêndice A), obtidos no ensaio de cisalhamento, serão submetidos à análise estatística descritiva e inferencial.

5.1 Análise estatística descritiva

A estatística descritiva é apresentada na Tabela 1, e a seguir, têm-se as representações gráficas: (i) colunas, médias e desvio padrão (Figura 7); (ii) esquema dos cinco números - *Box and Whisker Plot* (Figura 8).

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados (MPa) obtidos no ensaio de cisalhamento

Estatística	I	II	III	IV	V	VI
n	10	10	10	10	10	10
Média	14,21	8,92	10,04	12,74	10,99	6,09
Desvio Padrão	4,6847	3,0267	2,3781	5,1538	3,3544	1,8412
C.V. (%)	32,97	33,92	23,68	40,44	30,51	30,22
Mínimo	9,54	4,17	7,37	6,84	6,05	3,03
Percentil (25º)	10,18	5,81	8,35	8,11	8,71	4,80
Mediana	12,90	9,56	9,31	11,33	10,15	5,91
Percentil (75º)	19,06	11,13	12,39	18,08	13,77	7,58
Máximo	21,83	13,62	14,13	21,24	16,01	9,36

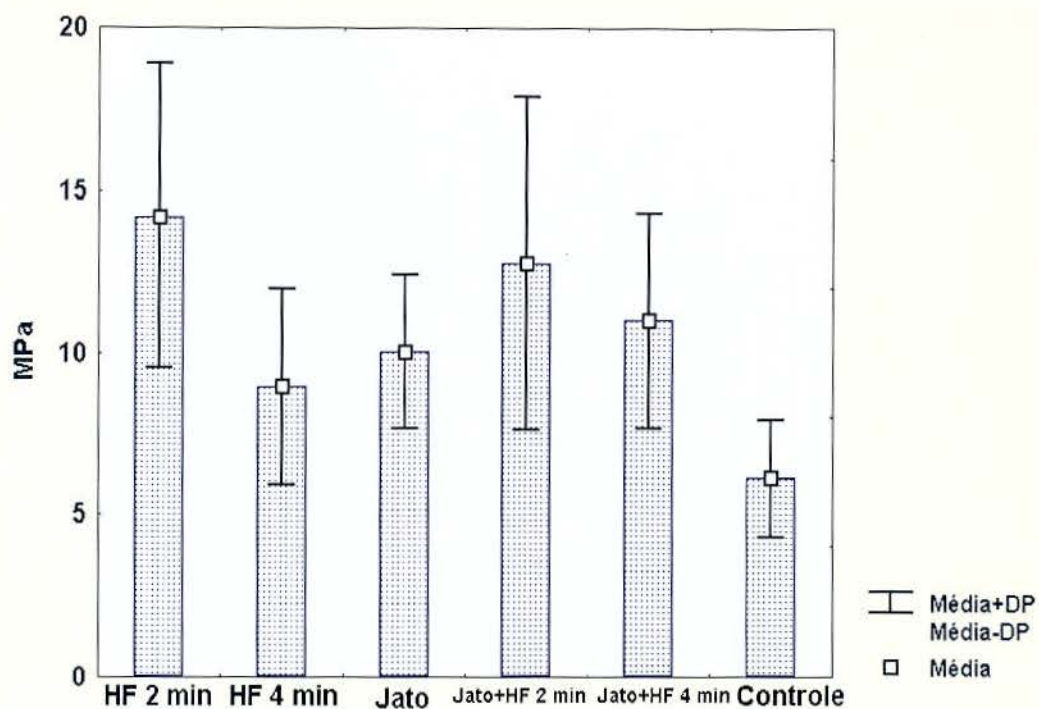


FIGURA 7 - Média e desvio padrão dos dados de cisalhamento (em MPa), segundo os grupos.

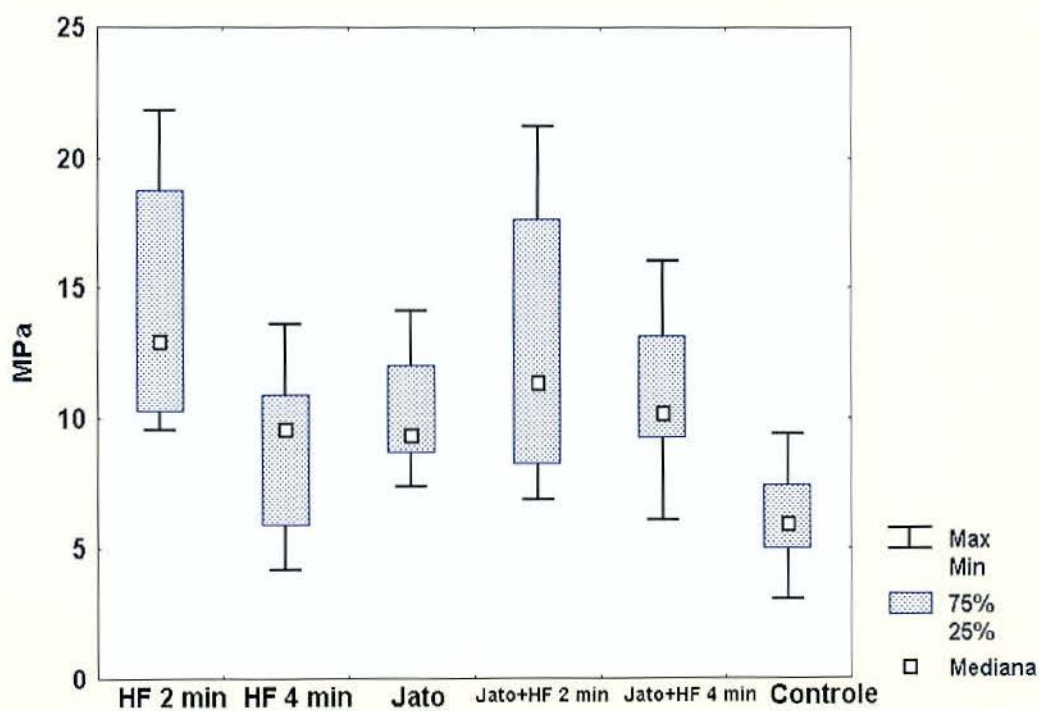


FIGURA 8 - Esquema dos cinco números (*Box and Whisker Plot*) dos dados de cisalhamento (em MPa) segundo os grupos.

Diante do apresentado acima se verifica quanto à medida de tendência central: (i) mediana, vide Figura 8, que o grupo I apresenta o maior valor mediano (12,90MPa), o VI o menor (5,91MPa) e os demais apresentam comportamento intermediário; (ii) média, vide Figura 7, que os grupos II ($8,92 \pm 3,0267$)* e VI ($6,09 \pm 1,8412$) apresentam inferioridade frente aos demais.

Quanto à variabilidade dos dados pode-se observar em relação à Figura 7: (i) há maior dispersão relativa (coeficiente de variação**) de resistência adesiva do grupo IV ($cv = 40,44 \%$), enquanto a menor para o grupo III ($cv = 23,68\%$); (ii) em relação à Figura 8, não há sobreposição entre os valores correspondentes à faixa interquartil (dados mais estáveis e importantes) entre o grupo VI e os demais, exceto o grupo II.

5.2 Análise estatística inferencial

Neste item pretende-se testar a hipótese de igualdade entre os grupos, quanto à resistência ao cisalhamento após diferentes tratamentos de superfície. Para testar essa hipótese, proposição de nosso estudo, foi efetuado o teste da análise de variância (ANOVA).

Os dados antes de serem submetidos ao teste estatístico ANOVA, foram submetidos ao teste de homogeneidade de variância. Verificou-se que os valores de dispersão absoluta (desvio padrão) diferem estatisticamente (teste de Levene, $F_{5;54} = 4,381$; $p = 0,002$), atestando que as variâncias não são homogêneas.

* média $\pm$ desvio padrão

** $cv = (\text{desvio padrão} / \text{média}) \times 100$

Considerando-se que o teste ANOVA exige homogeneidade de variâncias, e que essa condição não é satisfeita, indica-se a usual transformação logarítmica dos valores de dispersão absoluta (BOX et al.¹², 1978), verificando-se que atendem o requisito de mesma variabilidade (teste de Levene, $F_{5;54} = 1,186$; $p = 0,328$).

O resultado do teste ANOVA (fator único) é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - ANOVA para os dados (MPa) transformados (via log) obtidos no ensaio de cisalhamento

Efeito	Gl	SQ	QM	Razão F	p-valor
Tratamento	5	0,8262	0,1652	7,90	0,001
Resíduo	54	1,1296	0,0209		
Total	59	1,9558			

Da análise da Tabela 2 constata-se que a hipótese de igualdade foi rejeitada. Por meio do teste de comparação múltipla de Tukey (5%), são estabelecidos três grupos homogêneos (denotados pelas letras A, B e C) de mesmo desempenho em termos de resistência adesiva. A Tabela 3 mostra a formação de grupos homogêneos (de mesmo desempenho) quanto a valores (MPa) medianos de cisalhamento de cerâmicas que receberam tratamento superficial, de acordo com o grupo.

Tabela 3 - Resultados do Teste de Comparação Múltipla de Tukey (5%)

Tratamento de Superfície		Média	Grupos homogêneos*		
I	HF 2min	14,21	A		
IV	Jato + HF 2min	12,74	A	B	
V	Jato + HF 4min	10,99	A	B	
III	Jato	10,04	A	B	
II	HF 4min	8,92	B		C
VI	Controle	6,09	C		

* conjuntos que apresentam letras iguais indicam diferença estatisticamente não significativa

Pode-se verificar, mediante a Tabela 3, que os grupos II e VI diferem estatisticamente do grupo I; enquanto os grupos III, IV e V não apresentam diferença estatisticamente significativa.

5.3 Resultados da análise de fratura

Após os ensaios mecânicos de cisalhamento, os corpos-de-prova foram analisados em lupa estereoscópica, e classificados conforme os tipos de fratura:

- a) A - fratura adesiva;
- b) CC – fratura coesiva do cimento;
- c) CP – fratura coesiva da porcelana;
- d) M – fratura mista.

O Quadro 3 apresenta o número de ocorrências para cada tipo de fratura para as seis condições experimentais.

Quadro 3 – Tipos de fratura de acordo com a condição experimental

Condições experimentais		Fratura			
		A	CC	CP	M
I	HF 2min			9	1
II	HF 4min			6	4
III	Jato			7	3
IV	Jato + HF 2min			8	2
V	Jato + HF 4min			6	4
VI	Controle	2		5	3

A seguir, apresentaremos a Figura 9, ilustrando os tipos de fraturas encontrados nos espécimes avaliados.

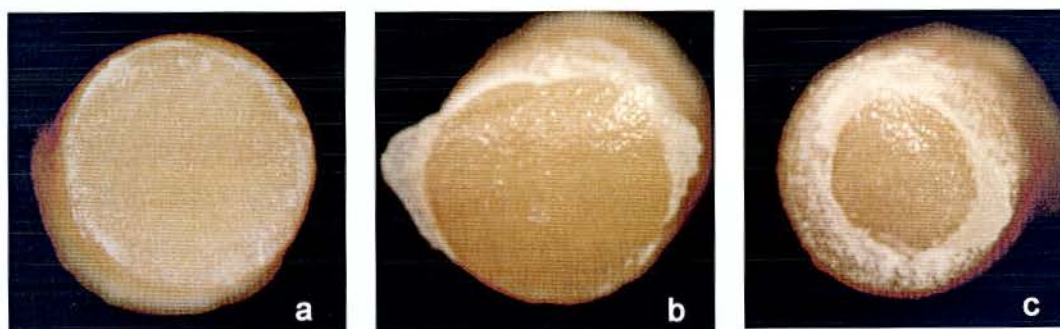


FIGURA 9 - Figura representativa de fratura: a) adesiva; b) coesiva da cerâmica; c) mista.

5.4 Microscopia eletrônica de varredura

Foram selecionadas amostras, preparadas conforme a proposta da pesquisa, para as eletromicrografias (aumento original 500X) que se encontram representadas na Figura 10.

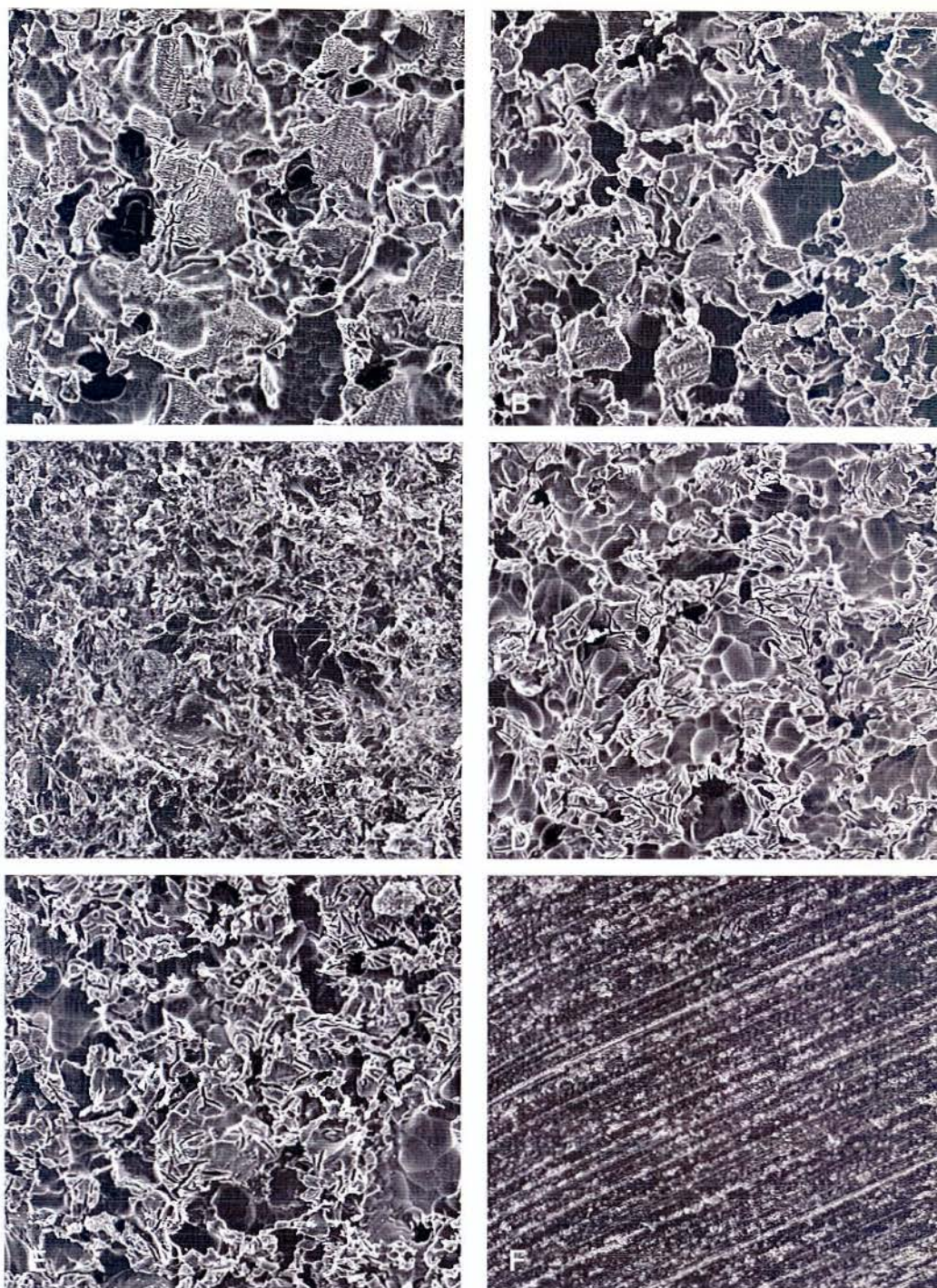


FIGURA 10 – Eletromicrografias obtidas após os seguintes tratamentos de superfície:
 a) grupo I- condicionamento com HF a 10% por 2min; b) grupo II- condicionamento com HF a 10% por 4min; c) grupo III- jateamento com óxido de alumínio (50 μ m) por 5s; d) grupo IV- jateamento, seguido de HF a 10% por 2min; e) grupo V- jateamento, seguido de HF a 10% por 4min; f) grupo VI (controle)- acabamento com lixa d'água 600.

6 DISCUSSÃO

O desenvolvimento e aprimoramento dos sistemas cerâmicos resultaram em uma grande quantidade de produtos disponíveis comercialmente para a confecção de restaurações indiretas. Os sistemas compostos por uma infra-estrutura cerâmica, associada à porcelana de cobertura, são comumente utilizados em coroas totais. Com relação às facetas laminadas e *inlays/onlays* cerâmicos, nem sempre é possível o emprego destes sistemas, pois freqüentemente não há espaço interoclusal suficiente ou possibilidade de desgaste adequado da estrutura dental. Nestes casos, podemos utilizar as porcelanas feldspáticas tradicionais ou as porcelanas aluminizadas, cimentadas adesivamente (KELLY et al.⁶⁰, 1996; McLEAN⁶⁵, 2001; BURKE et al.¹⁸, 2002).

Relatos clínicos encontrados na literatura mostram o desempenho satisfatório a longo prazo destas restaurações cerâmicas, ressaltando a importância da cimentação adesiva para o sucesso deste tipo de tratamento (CALAMIA¹⁹, 1985; HAYASHI et al.⁴⁸, 1998; SJÖGREN et al.⁸⁴, 1998; VAN DIJKEN et al.⁹⁵, 1998; DUMFAHRT & SCHÄFFER³⁸, 2000; THORDRUP et al.⁹¹, 2001).

Embora os estudos *in vivo* sejam decisivos para se estabelecer a eficácia e confiabilidade das restaurações cerâmicas, as simulações laboratoriais são de grande importância para se testar e qualificar diferentes técnicas e novos materiais, senão na determinação precisa do desempenho clínico do material, pelo menos como um comparativo entre condições experimentais semelhantes ou mesmo entre os dados pertinentes ao mesmo estudo (BARKMEIER & COOLEY⁸, 1992).

A cerâmica Vitadur Alpha, pesquisada no presente estudo, é uma porcelana aluminizada a 50%, apresentando melhores propriedades mecânicas do que a porcelana feldspática convencional. De acordo com McLean & Hughes⁶⁶ (1965), a adição de cristais de alumina proporciona uma força transversa duas vezes maior do que a encontrada nas porcelanas convencionais, além de diminuir a contração após a queima e aumentar a resistência ao choque térmico durante o resfriamento.

Uma característica inerente às cerâmicas é a sua natureza frágil. Pequenos defeitos estruturais presentes em sua superfície, como trincas e bolhas, decorrentes do processamento laboratorial, aumentam a concentração de tensão e reduzem a resistência do material. Sítios de fratura podem se iniciar mesmo em áreas de pequeno estresse (HUSSAIN et al.⁵¹, 1979; TINSCHERT et al.⁹², 2000). Entretanto, o polimento seqüencial aumenta significativamente a resistência flexural da porcelana, provavelmente devido à remoção dos defeitos superficiais (GIORDANO et al.⁴⁵, 1995).

Além disso, a cimentação adesiva torna as restaurações cerâmicas quase tão resistentes à fratura quanto o dente hígido, favorecendo uma transferência de cargas mais efetiva para a estrutura dental, devido à união entre cimento resinoso e estrutura dental, obtida através dos sistemas adesivos (JENSEN et al.⁵⁵, 1989).

No entanto, é imprescindível que haja uma união confiável e satisfatória entre a porcelana e o cimento resinoso. Para que isso ocorra, deve haver uma combinação de retenção química e mecânica. Os tratamentos da superfície cerâmica modificam sua textura, propiciando a retenção mecânica do cimento resinoso. A retenção química é obtida através do silano ou agente de união, que reage com os componentes vítreos da cerâmica e com a matriz orgânica do cimento (HORN⁵⁰, 1983; PEREIRA & ISHIKIRIAMA⁷⁵, 1997; JARDEL et al.⁵², 1999; BARGHI⁷, 2000).

O uso do silano na Odontologia foi introduzido por Bowen¹¹ (1963), que relatou a incorporação de partículas de sílica, tratadas com silano, à matriz orgânica da resina composta, verificando que a silanização melhorava as propriedades físicas deste material. Rochette⁷⁷ (1975) foi o primeiro autor a preconizar o uso de silano em restaurações cerâmicas cimentadas sobre esmalte. Estudos demonstraram que a aplicação do silano aumentava a adesão de dentes de porcelana à resina acrílica (PAFFENBARGER et al.⁷³, 1967) e à resina composta (EAMES et al.³⁹, 1977; NEWBURG & PAMEIJER⁶⁹, 1978).

Posteriormente, o conceito de condicionamento ácido da porcelana foi introduzido por Simonsen & Calamia⁸³ (1983), e a cimentação adesiva de facetas laminadas de porcelana utilizando esta técnica foi relatada por Horn⁵⁰ (1983). Estes relatos impulsionaram outros estudos, onde os autores verificaram que diferentes concentrações e tempos de condicionamento ácido devem ser ajustados para cada tipo específico de porcelana, com a finalidade de se otimizar a resistência adesiva (CALAMIA et al.²¹, 1985; STANGEL et al.⁸⁷, 1987; SHETH et al.⁸¹, 1988; SORENSEN et al.⁸⁵, 1991; STACEY⁸⁶, 1993; WOLF et al.⁹⁶, 1993; TYLKA & STEWART⁹³, 1994; CHEN et al.²⁷⁻⁸, 1998; ESTAFAN et al.⁴⁰, 2000; KATO et al.⁵⁷, 2000; CANAY et al.²², 2001; DELLA BONA & ANUSAVICE³¹, 2002; SHIMADA et al.⁸², 2002).

Uma alternativa para a criação de retenção mecânica é o jateamento com óxido de alumínio, que foi incluído neste estudo por se tratar de um procedimento comumente utilizado em laboratório, para se eliminar o material de revestimento após a queima da cerâmica, e devido à sua adaptação para uso em consultório dentário através de aparelhos miniaturizados, proporcionando facilidade no emprego desta técnica (BERTOLOTTI et al.¹⁰, 1989; WOLF et al.⁹⁶, 1993; KATO et al.⁵⁸, 1996; SHAHVERDI et al.⁸⁰, 1998; UEMURA⁹⁴, 1999; ESTAFAN et al.⁴⁰, 2000; KATO et al.⁵⁷, 2000; HOOSHMAND et al.⁴⁹, 2002; SHIMADA et al.⁸², 2002).

A topografia da superfície cerâmica exerce influência significativa na formação e manutenção da adesão química e mecânica ao cimento resinoso. Os diversos tratamentos de superfície podem melhorar a capacidade de molhamento da cerâmica e criar microporosidades, facilitando o embricamento mecânico do compósito (PHOENIX & SHEN⁷⁶, 1995; JARDEL et al.⁵²⁻³, 1999; KATO et al.⁵⁷, 2000). Devido a este fator, foi realizada uma análise das amostras em MEV com finalidade ilustrativa, revelando as diferenças no padrão morfológico após cada um dos diferentes tratamentos de superfície (Figura 10).

Neste estudo, após os tratamentos de superfície, todas as amostras foram levadas a um aparelho de ultra-som por 1min, pois de acordo com Canay et al.²² (2001), precipitados cristalinos pobremente aderidos permanecem na superfície após o condicionamento ácido, podendo afetar a adesão, e o ultra-som é efetivo na remoção destes depósitos. Embora, Aida et al.¹ (1995) tenham verificado que a utilização ou não de limpeza em ultra-som não interferiu na resistência adesiva.

Foi observado por Calamia & Simonsen²⁰ (1984), que a retenção mecânica proporcionada pelos tratamentos de superfície tem importância fundamental para uma adesão adequada, porém é necessária uma associação à retenção química, obtida pela aplicação de silano, para a obtenção dos melhores resultados. Vários autores como Diaz-Arnold et al.³⁵ (1987), Stangel et al.⁸⁷ (1987), Lacy et al.⁶² (1988), Sheth et al.⁸¹ (1988), Bertolotti et al.¹⁰ (1989), Hayakawa et al.⁴⁷ (1992), Lu et al.⁶³ (1992), Stacey⁸⁶ (1993), Suliman et al.⁸⁸ (1993), Özden et al.⁷¹ (1994), Tylka & Stewart⁹³ (1994), Roulet et al.⁷⁸ (1995), Kato et al.⁵⁸ (1996), Kupiec et al.⁶¹ (1996), Assunção et al.⁵ (1997), Pereira & Ishikiriyama⁷⁵ (1997), Chen et al.²⁷ (1998), Shahverdi et al.⁸⁰ (1998), Jardel et al.⁵² (1999), Pacheco et al.⁷² (1999), Estafan et al.⁴⁰ (2000), Kato et al.⁵⁹ (2001) e Shimada et al.⁸² (2002) comprovaram este fato, por isso em nosso estudo, o silano foi utilizado em todas as amostras anteriormente à cimentação.

A elevada proporção de sílica da porcelana permite que os agentes de ligação do silano unam quimicamente o cimento resinoso à cerâmica, devido à hidrólise e adsorção do silano na superfície cerâmica, e à ligação covalente com a matriz resinosa. Além disso, a silanização aumenta o molhamento da cerâmica, facilitando o escoamento do cimento resinoso, que preenche as irregularidades superficiais (LU et al.⁶³, 1992).

Uma maior eficácia do silano está diretamente relacionada ao seu grau de hidrólise, por isso os agentes de união mais utilizados atualmente não são pré-hidrolisados, possuindo dois ou três componentes, normalmente um silano e um monômero ácido. Este tipo de *primer* não usa uma solução aquosa durante a silanização, possuindo vida útil prolongada, e os ativadores ácidos presentes em sua composição possuem estruturas hidrofóbicas, contribuindo para a adesão (KATO et al.⁵⁸, 1996; MATSUMURA et al.⁶⁴, 1997; CHEN et al.²⁸, 1998; SATO et al.⁷⁹, 1999; BARGHI⁷, 2000; KATO et al.⁵⁹, 2001; FOXTON et al.⁴², 2002).

O *primer* cerâmico utilizado neste estudo foi o Tokuso Ceramic Primer, composto por dois frascos, que contêm um silano à base de γ -MPTS e um ácido carboxílico alifático que catalisa a reação do silano, tendo etanol como solvente. Quando proporcionamos a acidificação da superfície cerâmica, ocorre a formação de grupos hidroxílicos (OH⁻), que se unem ao silano, facilitando a formação de siloxano e promovendo a união entre compósito e porcelana (LU et al.⁶³, 1992; CHEN et al.²⁸, 1998; BERRY et al.⁹, 1999; BARGHI⁷, 2000; FOXTON et al.⁴², 2002; SHIMADA et al.⁸², 2002).

De acordo com Hayakawa et al.⁴⁷ (1992) e Aida et al.¹ (1995), não há necessidade de nenhum tratamento prévio da superfície cerâmica quando é utilizado este tipo de *primer* cerâmico.

Após a aplicação do silano não foram realizadas eletromicrografias, pois de acordo com os resultados obtidos por Sheth et al.⁸¹ (1988), as alterações morfológicas presentes após os tratamentos superficiais não são visivelmente alteradas após a silanização.

De acordo com Stangel et al.⁸⁷ (1987), Hayakawa et al.⁴⁷ (1992), Stacey⁸⁶ (1993), Özden et al.⁷¹ (1994), Aida et al.¹ (1995), Kato et al.⁵⁸ (1996), Berry et al.⁹ (1999), Jardel et al.⁵² (1999), Estafan et al.⁴⁰ (2000) e Foxton et al.⁴² (2002) a aplicação de adesivo sobre a cerâmica condicionada e silanizada não é necessária, pois o cimento resinoso é capaz de penetrar nas microporosidades existentes na superfície tratada.

Foi selecionado para este estudo o cimento resinoso dual Bistite II DC, indicado para a cimentação de restaurações cerâmicas e com uma composição semelhante ao seu antecessor quimicamente ativado, porém por se tratar de um produto novo, existem poucos relatos disponíveis, havendo o interesse em testá-lo.

Kato et al.⁵⁸ (1996) analisaram diversos sistemas indicados para cimentação de restaurações cerâmicas, e verificaram que a adesão mais durável foi obtida pelo Tokuso Ceramic Primer associado ao Bistite, sugerindo que isto tenha ocorrido devido à interação entre o monômero carboxílico MAC-10 do cimento e o silano deste *primer*. Segundo Matsumura et al.⁶⁴ (1997), é importante que haja compatibilidade na associação entre o *primer* cerâmico e o cimento resinoso, para um melhor desempenho destes materiais.

A cimentação é um dos passos mais críticos das restaurações cerâmicas, pois quando há estresse mecânico antes que o cimento resinoso atinja um certo grau de polimerização, podem ocorrer trincas no cimento ou até mesmo deslocamento da restauração. O cimento dual tem como objetivo ser efetivo desde os estágios iniciais de polimerização, pois contém um foto iniciador, além de componentes para a reação de presa química (ÖZDEN et al.⁷¹, 1994; BRAGA et al.¹³, 1999).

Idealmente, um cimento resinoso dual deveria atingir o mesmo grau de polimerização quando fotoativado ou quando utilizado na total ausência de luz. De acordo com Caughman et al.²⁴ (2001), quando os cimentos de ativação dupla são quimicamente ativados, estes não atingem o mesmo grau de polimerização que é obtido após

fotopolimerização. Contudo, Braga et al.¹⁴ (2002) afirmou que pequenas diferenças no grau de polimerização não chegam a afetar as propriedades físicas dos cimentos resinosos de forma significativa.

Quando utilizado o Bistite associado ao Tokuso Ceramic Primer, Foxton et al.⁴² (2002) observaram que a resistência e a durabilidade da adesão à porcelana estava diretamente relacionada a uma fotopolimerização adequada, para que este cimento obtivesse suas melhores propriedades mecânicas. Por isso, na presente pesquisa, optamos por realizar a fotopolimerização por 40s em quatro direções diferentes, totalizando 160s.

Foi realizada a cimentação de cerâmica sobre cerâmica conforme os estudos de Lu et al.⁶³ (1992), Tylka & Stewart⁹³ (1994), Roulet et al.⁷⁸ (1995), Kato et al.⁵⁸ (1996), Matsumura et al.⁶⁴ (1997), Kamada et al.⁵⁶ (1998), Chen et al.²⁷ (1998), Jardel et al.⁵² (1999), Sato et al.⁷⁹ (1999), Kato et al.⁵⁷ (2000), Jedynakiewicz & Martin⁵⁴ (2001), Kato et al.⁵⁹ (2001), Foxton et al.⁴² (2002) e Hooshmand et al.⁴⁹ (2002) para se avaliar apenas a resistência adesiva entre cimento resinoso e porcelana, eliminando-se outras variáveis, como a adesão à estrutura dental.

Para a avaliação da resistência da união entre porcelana e cimento resinoso foi empregado o teste de cisalhamento. Segundo Fowler et al.⁴¹ (1992), Öilo & Austrheim⁷⁰ (1993), Takemori et al.⁸⁹ (1993), Braga et al.¹³ (1999) e Shimada et al.⁸² (2002), os testes de cisalhamento são efetivos para a determinação da resistência adesiva e para a comparação entre os dados de um mesmo trabalho.

Optamos por este tipo de teste por possibilitar a comparação com diversos trabalhos de autores como Stangel et al.⁸⁷ (1987), Lacy et al.⁶² (1988), Bertolotti et al.¹⁰ (1989), Sorensen et al.⁸⁵ (1991), Hayakawa et al.⁴⁷ (1992), Lu et al.⁶³ (1992), Appeldoorn et al.⁴ (1993), Stacey⁸⁶ (1993), Suliman et al.⁸⁸ (1993), Özden et al.⁷¹ (1994), Roulet et al.⁷⁸ (1995), Aida et al.¹ (1995), Kato et al.⁵⁸ (1996), Kupiec et al.⁶¹ (1996), Assunção et al.⁵ (1997), Matsumura et al.⁶⁴ (1997), Pereira &

Ishikirama⁷⁵ (1997), Chadwick et al.²⁵ (1998), Chen et al.²⁷⁻⁸ (1998), Kamada et al.⁵⁶ (1998), Shahverdi et al.⁸⁰ (1998), Berry et al.⁹ (1999), Pacheco et al.⁷² (1999), Sato et al.⁷⁹ (1999), Estafan et al.⁴⁰ (2000), Kato et al.⁵⁷ (2000), Jedynakiewicz & Martin⁵⁴ (2001), Kato et al.⁵⁹ (2001).

Alguns autores questionaram a validade do teste de cisalhamento, sugerindo o emprego do teste de torção (TYLKA & STEWART⁹³, 1994), tração (DELLA BONA & VAN NOORT³², 1995; HOOSHMAND et al.⁴⁹, 2002) e micro-tração (FOXTON et al.⁴², 2002). Segundo Chadwick et al.²⁵ (1998), o teste de cisalhamento não reflete a resistência adesiva da interface porcelana/compósito, enquanto que o teste de tração não reflete as condições encontradas clinicamente, sugerindo o desenvolvimento de um novo tipo de teste.

Shimada et al.⁸² (2002) fizeram considerações sobre os diferentes testes de resistência adesiva, e concluíram que nenhum método é ideal, ressaltando a importância da interpretação cautelosa dos dados para a comparação de resultados.

Esta diferença entre as várias metodologias torna mais complexa uma comparação entre os estudos, pois resultados discrepantes entre os vários autores podem também estar relacionados aos vários materiais utilizados, no entanto, cada um deles contribui para a evolução e os avanços das pesquisas.

No presente trabalho, o condicionamento com HF (Figura 10a) produziu alterações morfológicas acentuadas na porcelana, na forma de porosidades e canais de aparência dendrítica, produzindo uma superfície propícia à retenção micromecânica, concordando com os resultados obtidos por Stangel et al.⁸⁷ (1987), Sheth et al.⁸¹ (1988), Hayakawa et al.⁴⁷ (1992), Lu et al.⁶³ (1992), Tylka & Stewart⁹³ (1994), Aida et al.¹ (1995), Phoenix & Shen⁷⁶ (1995), Roulet et al.⁷⁸ (1995), Chen et al.²⁷⁻⁸ (1998), Della Bona & Van Noort³³ (1998), Pacheco et al.⁷² (1999), Estafan et al.⁴⁰ (2000), Kato et al.⁵⁷ (2000), Canay et al.²² (2001),

Jedynakiewicz & Martin⁵⁴ (2001), Della Bona & Anusavice³¹ (2002), Hooshmand et al.⁴⁹ (2002) e Shimada et al.⁸² (2002).

Embora seja difícil visualizar, provavelmente a fase cristalina seja dissolvida inicialmente pelo condicionamento ácido, devido à reação do HF com a leucita, enquanto que a alumina permanece praticamente inalterada (YEN et al.⁹⁷, 1993; CHEN et al.²⁷, 1998; DELLA BONA & VAN NOORT³³, 1998; CANAY et al.²², 2001; DELLA BONA & ANUSAVICE³¹, 2002).

Phoenix & Shen⁷⁶ (1995) verificaram que o HF aumentou a energia superficial da cerâmica, melhorando a capacidade de molhamento. Entretanto, Jardel et al.⁵³ (1999) observaram que este tipo de tratamento teve uma influência limitada na modificação da energia superficial, alterando ligeiramente o potencial para adesão.

Estudando o efeito do condicionamento ácido nas propriedades mecânicas das porcelanas aluminizadas, Hussain et al.⁵¹ (1979) verificaram uma diminuição da resistência flexural após o condicionamento com HF, não recomendando a sua utilização para este tipo de material. No entanto, Yen et al.⁹⁷ (1993) verificaram que não houve um efeito deletério na resistência flexural da porcelana após aplicação deste ácido, independente do tempo de condicionamento. Além disso, de acordo com Della Bona et al.³⁴ (2002), o possível efeito do enfraquecimento causado pelo condicionamento ácido da porcelana é minimizado pela superfície retentiva produzida, propícia à adesão do cimento resinoso.

Outros tipos de ácidos podem ser utilizados para o condicionamento da superfície cerâmica, como o H_3PO_4 , FFA e BFA, porém estes produzem alterações morfológicas menos pronunciadas, como foi evidenciado nos estudos de Al Edris et al.² (1990), Hayakawa et al.⁴⁷ (1992), Tylka & Stewart⁹³ (1994), Aida et al.¹ (1995), Phoenix & Shen⁷⁶ (1995), Della Bona & Van Noort³³ (1998), Kato et al.⁵⁷ (2000), Canay et al.²² (2001) e Della Bona & Anusavice³¹ (2002).

Neste trabalho, pudemos constatar que os maiores valores de resistência ao cisalhamento da porcelana ao cimento resinoso foram obtidos pelo condicionamento ácido por 2min (grupo I), com uma média de 14,21MPa, com diferença significativa apenas para o grupo II (condicionamento por 4min) e grupo VI (controle).

Embora Calamia et al.²¹ (1985), Sheth et al.⁸¹ (1988) e Sorensen et al.⁸⁵ (1991) afirmassem que há uma maior dificuldade de condicionamento das porcelanas aluminizadas, devido à resistência da alumina ao ataque químico, neste estudo, o tempo de 2min foi suficiente para a obtenção dos maiores valores de adesão.

O maior tempo de condicionamento no grupo II (Figura 10b) produziu uma superfície mais irregular e rugosa do que a observada no grupo I (Figura 10a), resultado também observado por Stangel et al.⁸⁷ (1987), Wolf et al.⁹⁶ (1993), Chen et al.²⁷⁻⁸ (1998), Pacheco et al.⁷² (1999), Estafan et al.⁴⁰ (2000) e Canay et al.²² (2001).

O jateamento produziu uma superfície rugosa com aparência angular, evidenciando os fragmentos de óxido de alumínio na Figura 10c (grupo III). Esta aparência é decorrente de microfraturas resultantes do impacto das partículas de alumina no substrato cerâmico (WOLF et al.⁹⁶, 1993; PHOENIX & SHEN⁷⁶, 1995; KATO et al.⁵⁸, 1996; ESTAFAN et al.⁴⁰, 2000; KATO et al.⁵⁷, 2000; HOOSHMAND et al.⁴⁹, 2002).

De acordo com Della Bona & Van Noort³³ (1998), a aplicação de HF, devido ao seu processo agressivo, remove a morfologia criada pelos tratamentos prévios ao condicionamento, como o polimento, abrasão com pontas diamantadas ou jateamento. Entretanto, nas eletromicrografias dos grupos IV e V (Figuras 10d e 10e) podemos observar a morfologia criada previamente pelo jateamento, mesmo após o condicionamento ácido, assim como nos resultados encontrados por Stangel et al.⁸⁷ (1987), Al Edris et al.², (1990), Estafan et al.⁴⁰ (2000) e Hooshmand et al.⁴⁹ (2002).

A resistência adesiva obtida pelas amostras que receberam jateamento (grupo III), com uma média de 10,04MPa, não apresentou diferença estatisticamente significativa, com relação aos valores obtidos pela associação do jateamento com o condicionamento ácido por 2 ou 4min (grupos IV e V), com médias de 12,74MPa e 10,99MPa, respectivamente.

Apesar dos maiores valores médios de resistência adesiva obtida pelo HF, Bertolotti et al.¹⁰ (1989), Suliman et al.⁸⁸ (1993), Wolf et al.⁹⁶ (1993), Carneiro Junior et al.²³ (1999) e Hooshmand et al.⁴⁹ (2002) não encontraram diferença significativa com relação ao jateamento com óxido de alumínio (50µm), concordando com os resultados obtidos em nosso estudo. Enquanto que, Kupiec et al.⁶¹ (1996), Assunção et al.⁵ (1997), Shahverdi et al.⁸⁰ (1998) verificaram os melhores resultados após a associação do jateamento ao condicionamento ácido.

Com resultados semelhantes ao nosso estudo, Carneiro Junior et al.²³ (1999) não obtiveram diferença significativa na resistência adesiva, comparando diferentes tempos de condicionamento com HF associado ao jateamento. Por outro lado, Estafan et al.⁴⁰ (2000) encontraram um melhor desempenho quando utilizado o menor tempo de condicionamento ácido.

No entanto, Chen et al.²⁷ (1998) sugeriram que o jateamento não é necessário para o tratamento da superfície cerâmica, devido ao risco de alteração morfológica demasiada, e que o HF deve ser o único meio para a obtenção de retenção micromecânica.

Na eletromicrografia representativa do grupo VI (Figura 10f) observa-se uma superfície plana, onde se tornam evidentes os sulcos decorrentes do polimento, e os defeitos superficiais decorrentes de seu processamento laboratorial.

A resistência adesiva obtida apenas com a aplicação do silano (grupo VI), com uma média de 6,09MPa, foi inferior à obtida pelos

demais grupos, com exceção do condicionamento ácido por 4min (grupo II), com média de 8,92MPa.

Della Bona et al.³⁴ (2002) sugeriram que a silanização é o mediador mais importante na adesão de um cimento resinoso à porcelana Vitadur Alpha, comparando com o HF por 2min, no entanto, a combinação de ambos não foi avaliada por estes autores.

Aida et al.¹ (1995) avaliando a resistência adesiva após a aplicação do Tokuso Ceramic Primer, não encontraram diferença significativa entre a cerâmica polida ou condicionada por HF, pois segundo os autores, a formação de siloxano foi mais importante para a adesão do que o embricamento micromecânico promovido após o condicionamento ácido. Da mesma maneira, utilizando um *primer* cerâmico com monômero ácido, Hayakawa et al.⁴⁷ (1992), Kamada et al.⁵⁶ (1998), Sato et al.⁷⁹ (1999), Foxton et al.⁴² (2002) e Shimada et al.⁸² (2002) obtiveram uma adesão adequada, independente de tratamento prévio da superfície cerâmica.

Contudo, concordando com nossos resultados, Chen et al.²⁸ (1998) e Kato et al.⁵⁹ (2001) ao utilizar silano semelhante, verificaram um aumento significativo na resistência adesiva após condicionamento com HF anteriormente à silanização.

Por outro lado, verificamos que o condicionamento por 4min foi significativamente inferior ao tempo de 2min, sugerindo um sobre condicionamento, o que poderia ter levado a uma concentração de estresse na interface adesiva e enfraquecimento da superfície cerâmica (CALAMIA et al.²¹, 1985; CHEN et al.²⁷, 1998; CANAY et al.²², 2001; DELLA BONA et al.³⁴, 2002; SHIMADA et al.⁸², 2002).

Estes resultados sugeriram que um maior grau de irregularidades presentes na superfície cerâmica, não foi suficiente para garantir os maiores valores de resistência adesiva, como foi observado por Özden et al.⁷¹ (1994), Tylka & Stewart⁹³ (1994), Chen et al.²⁷ (1998),

Pacheco et al.⁷² (1999), Estafan et al.⁴⁰ (2000), Jedynakiewicz & Martin⁵⁴ (2001) e Shimada et al.⁸² (2002).

Pudemos constatar que os tratamentos de superfície apresentaram efeitos significantes sobre a resistência ao cisalhamento, porém, baseado no teste de Tukey (Tabela 3), os grupos I (HF 2min), III (jateamento), IV (jateamento + HF 2min) e V (jateamento + HF 4min) foram estatisticamente semelhantes entre si; enquanto que os grupos II (HF 4min) e VI (controle) foram estatisticamente inferiores ao grupo I.

Na presente pesquisa optamos também por uma representação gráfica, por meio do diagrama do tipo Box and Whisker Plot (Figura 8), que coloca em evidência os 50% dos valores mais importantes da amostra analisada e sua distribuição. Nesta Figura podemos observar que as amostras que receberam condicionamento ácido por 2min, associado ou não ao jateamento (grupos I e IV), agrupam valores semelhantes de resistência ao cisalhamento e situam-se acima dos valores obtidos para os demais grupos. Verificamos também que o grupo I compacta seus valores entre 9,54MPa a 21,83MPa, mostrando uma tendência a superioridade em relação aos demais.

Os resultados sugerem que o condicionamento com HF por 2min proporciona uma retenção micromecânica mais favorável dentre os tratamentos de superfície testados, e mesmo quando associado ao jateamento, apresenta desempenho superior ao tempo de 4min. O presente estudo evidencia a importância da retenção micromecânica, obtida pelo condicionamento com HF, como um mediador fundamental da adesão do cimento resinoso à porcelana, concordando com Stangel et al.⁸⁷ (1987), Lacy et al.⁶² (1988), Sorensen et al.⁸⁵ (1991), Wolf et al.⁹⁶ (1993), Roulet et al.⁷⁸ (1995), Pereira & Ishikiriyama⁷⁵ (1997), Chen et al.²⁷⁻⁸ (1998), Shahverdi et al.⁸⁰ (1998), Estafan et al.⁴⁰ (2000), Kato et al.⁵⁷ (2000) e Kato et al.⁵⁹ (2001).

Após o rompimento da união entre a porcelana e o cimento resinoso, o modo de fratura foi avaliado em lupa estereoscópica,

onde se verificou uma predominância de fraturas coesivas da porcelana em todas as condições experimentais (Quadro 3).

Em diversos estudos, ao se avaliar a resistência adesiva da interface cerâmica/compósito, após o condicionamento ácido e/ou silanização, foram obtidos resultados semelhantes de predominância de fraturas coesivas da porcelana, por autores como Eames et al.³⁹ (1977), Newburg & Pameijer⁶⁹ (1978), Simonsen & Calamia⁸³ (1983), Stangel et al.⁸⁷ (1987), Lacy et al.⁶² (1988), Bertolotti et al.¹⁰ (1989), Sorensen et al.⁸⁵ (1991), Hayakawa et al.⁴⁷ (1992), Lu et al.⁶³ (1992), Appeldoorn et al.⁴ (1993), Stacey⁸⁶ (1993), Suliman et al.⁸⁸ (1993), Wolf et al.⁹⁶ (1993), Tylka & Stewart⁹³ (1994), Aida et al.¹ (1995), Kato et al.⁵⁸ (1996), Kupiec et al.⁶¹ (1996), Assunção et al.⁵ (1997), Matsumura et al.⁶⁴ (1997), Pereira & Ishikiriyama⁷⁵ (1997), Chadwick et al.²⁵ (1998), Chen et al.²⁷⁻⁸ (1998), Kamada et al.⁵⁶ (1998), Berry et al.⁹ (1999), Pacheco et al.⁷² (1999), Sato et al.⁷⁹ (1999), Estafan et al.⁴⁰ (2000), Jedynakiewicz & Martin⁵⁴ (2001).

Della Bona & Van Noort³² (1995) creditaram este fato à geometria do teste de cisalhamento empregado, sugerindo a hipótese de que os valores obtidos não avaliaram a resistência da união porcelana/cimento resinoso, e apenas refletiram a qualidade da porcelana.

Dessa forma, no presente estudo, seria esperado que os valores de resistência adesiva fossem semelhantes em todos os grupos. No entanto, a análise estatística não comprova esta hipótese, pois houve diferença significativa entre os tratamentos de superfície avaliados. Este paradoxo pode ser explicado pelos efeitos dos diferentes tratamentos na resistência à fratura da porcelana, alterando a sua energia superficial, que é um fator importante na propagação de fraturas (CHEN et al.²⁷, 1998; CHADWICK et al.²⁵, 1998; CANAY et al.²², 2001; JEDYNAKIEWICZ & MARTIN⁵⁴, 2001).

No presente estudo, foi avaliada a resistência adesiva de um cimento resinoso a um tipo de porcelana, possibilitando a

determinação dos tratamentos de superfície mais indicados para a realização de uma cimentação adesiva, o que vai de encontro com a nossa proposição inicial. Acreditamos que a resistência adesiva inicial seja importante para se evitar as falhas adesivas e fraturas após a cimentação das restaurações cerâmicas. Entretanto, a durabilidade da adesão é fundamental, devendo ser levada em consideração e futuramente investigada em novas pesquisas.

Ressaltamos que a comparação entre estudos distintos deva ser realizada com cautela, observando-se as diferenças relacionadas às técnicas ou ao material utilizado, levando-se em consideração a importância da padronização dos parâmetros que podem afetar os estudos laboratoriais.

Sugerimos que novos estudos devam ser efetuados, abrangendo outros substratos e métodos de tratamentos de superfície, para que se minimizem as dúvidas existentes e se fundamentem conclusões acerca da resistência da união aos cimentos resinosos e à estrutura dental. Dessa forma, possibilitando a aplicação com segurança da cimentação adesiva da cerâmica, produzindo restaurações estéticas e biologicamente compatíveis, com perfeito selamento e máxima longevidade.

7 CONCLUSÃO

Com base nas condições experimentais em que o presente estudo foi realizado, no método de avaliação empregado e em conformidade com a proposição da nossa pesquisa, podemos concluir que:

- a) os tratamentos de superfície empregados neste estudo promoveram melhora na resistência ao cisalhamento da interface porcelana/cimento resinoso, quando comparados ao grupo controle;
- b) o condicionamento com ácido fluorídrico a 10% por 2min produziu os maiores valores de resistência adesiva, significativamente superiores ao tempo de 4min;
- c) quando do uso de jateamento com óxido de alumínio, não houve diferença significativa com relação à sua aplicação isolada, ou associada ao ácido fluorídrico por 2 e 4min.

8 REFERÊNCIAS*

- 1 AIDA, M.; HAYAKAWA, T.; MIZUKAWA, K. Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. **J Prosthet Dent**, v.73, n.5, p.464-70, May 1995.
- 2 AL EDRIS, A. et al. SEM evaluation of etch patterns by three etchants on three porcelains. **J Prosthet Dent**, v.64, n.6, p.734-9, Dec. 1990.
- 3 ANUSAVICE, K.J. Cerâmicas odontológicas. In: _____. **Phillips materiais dentários**. Trad. E.J.L. Moreira et al. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. Cap. 26, p.345-66.
- 4 APPELDOORN, R.E.; WILWERDING, T.M.; BARKMEIER, W.W. Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair systems. **J Prosthet Dent**, v.70, n.1, p.6-11, July 1993.
- 5 ASSUNÇÃO, W.G. et al. Efeito do tratamento superficial e sistema adesivo na resistência da união de reparos de cerâmica. **Rev Odontol UNESP**, v.26, n.2, p.533-47, jul./dez. 1997.
- 6 BARATIERI, L.N. Restaurações cerâmicas do tipo inlay/onlay. In: BARATIERI, L.N. et al. **Odontologia restauradora: fundamentos e possibilidades**. São Paulo: Ed. Santos, 2001. Cap.14, p.545-87.

* Baseado em:
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação: referências, elaboração**, NBR 6023. Rio de Janeiro, 2002. 23p.

- 7 BARGHI, N. To silanate or not to silanate: making a clinical decision. **Compend Contin Educ Dent**, v.21, n.8, p.659-66, Aug. 2000.
- 8 BARKMEIER, W.W.; COOLEY, R.L. Laboratory evaluation of adhesive systems. **Oper Dent**, v.17, suppl.5, p.50-61, 1992.
- 9 BERRY, T.; BARGHI, N.; CHUNG, K. Effect of water storage on the silanization in porcelain repair strength. **J Oral Rehabil**, v.26, n.6, p.459-63, June 1999.
- 10 BERTOLOTTI, R.L.; LACY, A.M; WATANABE, L.G. Adhesive monomers for porcelain repair. **Int J Prosthodont**, v.2, n.5, p.483-9, Sept./Oct. 1989.
- 11 BOWEN, R.L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. **J Am Dent Assoc**, v.66, n.1, p.57-64, Jan. 1963.
- 12 BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER, J.S. **Statistics for experimenters**. New York: John Wiley & Sons, 1978. 653p.
- 13 BRAGA, R.R.; BALLESTER, R.Y; CARRILHO, M.R.O. Pilot study on the early shear strength of porcelain-dentin bonding using dual-cure cements. **J Prosthet Dent**, v.81, n.3, p.285-9, Mar. 1999.
- 14 BRAGA, R.R.; CESAR, P.F.; GONZAGA, C.C. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. **J Oral Rehabil**, v.29, n.3, p.257-62, Mar. 2002.
- 15 BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J Dent Res**, v.34, n.6, p.849-53, Dec. 1955.

- 16 BURKE, F.J.T.; QUALTROUGH, A.J.E. Aesthetic inlays: composite or ceramic? **Br Dent J**, v.176, n.2, p.53-60, Jan. 1994.
- 17 BURKE, F.J.T.; QUALTROUGH, A.J.E.; HALE, R.W. Dentin-bonded all-ceramic crowns: current status. **J Am Dent Assoc**, v.129, n.4, p.455-60, Apr. 1998.
- 18 BURKE, F.J.T. et al. Are adhesive technologies needed to support ceramics? An assessment of the current evidence. **J Adhes Dent**, v.4, n.1, p.7-22, Spring 2002.
- 19 CALAMIA, J.R. Etched porcelain veneers: the current state of the art. **Quintessence Int**, v.16, n.1, p.5-12, Jan. 1985.
- 20 CALAMIA, J.R.; SIMONSEN, R.J. Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain. **J Dent Res**, v.63, sp. iss., p.179, 1984. (Abstract 79).
- 21 CALAMIA, J.R. et al. Shear bond strength of etched porcelains. **J Dent Res**, v.64, sp.iss., p.296, 1985. (Abstract 1096).
- 22 CANAY, S.; HERSEK, N.; ERTAN, A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface. **J Oral Rehabil**, v.28, n.1, p.95-101, Jan. 2001.
- 23 CARNEIRO JUNIOR, A.M.; CARVALHO, R.C.L.; TURBINO, M.L. Avaliação *in vitro* da força de união, através de teste de tração, de porcelana feldspática com diversos tratamentos superficiais à resina composta. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v.13, n.3, p.257-62, jul./set. 1999.

- 24 CAUGHMAN, W.F.; CHAN, D.C.N.; RUEGGEBERG, F.A. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical conditions. **J Prosthet Dent**, v.86, n.1, p.101-6, July 2001.
- 25 CHADWICK, R.G.; MASON, A.G.; SHARP, W. Attempted evaluation of three porcelain repair systems- what are we really testing? **J Oral Rehabil**, v.25, n.8, p.610-5, Aug. 1998.
- 26 CHAIN, M.C.; RODRIGUES, C.C.; ANDRIANI, O. Estética: dominando os desejos e controlando as expectativas. In: CARDOSO, R.J.A.; GONÇALVES, E.A.N. **Estética**. São Paulo: Artes Médicas, 2002. v.3, cap. 4, p.43-78.
- 27 CHEN, J.H.; MATSUMURA, H.; ATSUTA, M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. **J Dent**, v.28, n.1, p.53-8, Jan. 1998.
- 28 CHEN, J.H.; MATSUMURA, H.; ATSUTA, M. Effect of etchant, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. **Oper Dent**, v.23, n.5, p.250-7, Sept./Oct. 1998.
- 29 CHRISTENSEN, G.J. Seating nonmetal crowns or fixed partial dentures with resin cement. **J Am Dent Assoc**, v.129, n.2, p.239-41, Feb. 1998.
- 30 CHRISTENSEN, G.J. Longevity vs. esthetics in restorative dentistry. **J Am Dent Assoc**, v.129, n.7, p.1023-4, July 1998.
- 31 DELLA BONA, A.; ANUSAVICE, K.J. Microstructure, composition, and etching topography of dental ceramics. **Int J Prosthodont**, v.15, n.2, p.159-67, Mar./Apr. 2002.

- 32 DELLA BONA, A.; VAN NOORT, R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. **J Dent Res**, v.74, n.9, p.1591-6, Sept. 1995.
- 33 DELLA BONA, A.; VAN NOORT, R. Ceramic surface preparations for resin bonding. **Am J Dent**, v.11, n.6, p.276-80, Dec. 1998.
- 34 DELLA BONA, A.; ANUSAVICE, K.J.; HOOD, J.A.A. Effect of ceramic surface treatment on tensile bond strength to a resin cement. **Int J Prosthodont**, v.15, n.3, 248-53, May/June 2002.
- 35 DIAZ-ARNOLD, A.M.; SCHNEIDER, R.L.; AQUILINO, S.A. Porcelain repairs: an evaluation of the shear strength of three porcelain repair systems. **J Dent Res**, v.66, sp. iss., p.207, 1987. (Abstract 806).
- 36 DONOVAN, T.E.; CHEE, W.W.L. Conservative indirect restorations for posterior teeth. Cast versus bonded ceramic. **Dent Clin North Am**, v.37, n.3, p.433-43, July 1993.
- 37 DONOVAN, T.E.; KAHN, R.L. Restorative options for posterior teeth. **J Calif Dent Assoc**, v.18, n.1, p.39-44, Jan. 1990.
- 38 DUMFAHRT, H.; SCHÄFFER, H. Porcelain laminate veneers. A retrospective evaluation after 1 to 10 years of service. Part II - Clinical results. **Int J Prosthodont**, v.13, n.1, p.9-18, Jan./Feb. 2000.
- 39 EAMES, W.B. et al. Bonding agents for repairing porcelain and gold: an evaluation. **Oper Dent**, v.2, n.3, p.118-24, Summer 1977.

- 40 ESTAFAN, D. et al. Effect of prebonding procedures on shear bond strength of resin composite to pressable ceramic. **Gen Dent**, v.48, n.4, p.412-16, July/Aug. 2000.
- 41 FOWLER, C.S. et al. Influence of selected variables on adhesion testing. **Dent Mater**, v.8, n.4, p.265-9, July 1992.
- 42 FOXTON, R.M. et al. Durability of the dual-cure resin cement/ceramic bond with different curing strategies. **J Adhes Dent**, v.4, n.1, p.49-59, Spring 2002.
- 43 FUSAYAMA, T. et al. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. **J Dent Res**, v.58, n.4, p.1364-70, Apr. 1979.
- 44 GARONE NETTO, N.; BURGER, R.C. Inlay e onlay de porcelana. In:_. **Inlay e Onlay: metálica e estética**. São Paulo: Ed. Santos, 1998. Cap.9, p.233-74.
- 45 GIORDANO, R.; CIMA, M.; POBER, R. Effect of surface finish on the flexural strength of feldspathic and aluminous dental ceramics. **Int J Prosthodont**, v.8, n.4, p.311-9, July/Aug. 1995.
- 46 GOMES, J.C. Cerâmicas metal-free: a tendência da odontologia estética atual. In: CARDOSO, R.J.A.; GONÇALVES, E.A.N. **Estética**. São Paulo: Artes Médicas, 2002. v.3, cap.11, p.205-24.
- 47 HAYAKAWA, T. et al. The influence of surface conditions and silane agents on the bond of resin to dental porcelain. **Dent Mater**, v.8, n.4, p.238-40, July 1992.

- 48 HAYASHI, M. et al. 6-year clinical evaluation of fired ceramic inlays. **Oper Dent**, v.23, n.6, p.318-26, Nov./Dec. 1998.
- 49 HOOSHMAND, T.; VAN NOORT, R.; KESHVAD, A. Bond durability of the resin-bonded and silane treated ceramic surface. **Dent Mater**, v.18, n.2, p.179-88, Mar. 2002.
- 50 HORN, H.R. Porcelain laminate veneers bonded to etched enamel. **Dent Clin North Am**, v.27, n.4, p.671-84, Oct. 1983.
- 51 HUSSAIN, M.A.; BRADFORD, E.W.; CHARLTON, G. Effect of etching on the strength of aluminous porcelain jacket crowns. **Br Dent J**, v.147, n.4, p.89-90, Aug. 1979.
- 52 JARDEL, V. et al. Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. **Int J Prosthodont**, v.12, n.1, p.59-64, Jan./Feb. 1999.
- 53 JARDEL, V. et al. Surface energy of etched ceramic. **Int J Prosthodont**, v.12, n.5, p.415-8, Sept./Oct. 1999.
- 54 JEDYNAKIEWICZ, N.M.; MARTIN, N. The effect of surface coating on the bond strength of machinable ceramics. **Biomaterials**, v.22, n.7, p.749-52, Apr. 2001.
- 55 JENSEN, M.E.; SHETH, J.J.; TOLLIVER, D. Etched-porcelain resin-bonded full-veneer crowns: in vitro fracture resistance. **Compend Contin Educ Dent**, v.10, n.6, p.336-47, June 1989.
- 56 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**, v.79, n.5, p.508-13, May 1998.

- 57 KATO, H.; MATSUMURA, H.; ATSUTA, M. Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. **J Oral Rehabil**, v.27, n.2, p.103-10, Feb. 2000.
- 58 KATO, H. et al. Bond strength and durability of porcelain bonding systems. **J Prosthet Dent**, v.75, n.2, p.163-8, Feb. 1996.
- 59 KATO, H. et al. Improved bonding of adhesive resin to sintered porcelain with the combination of acid etching and a two-liquid silane conditioner. **J Oral Rehabil**, v.28, n.1, p.102-8, Jan. 2001.
- 60 KELLY, J.R.; NISHIMURA, I.; CAMPBELL, S.D. Ceramics in dentistry: Historical roots and current perspectives. **J Prosthet Dent**, v.75, n.1, p.18-32, Jan. 1996.
- 61 KUPIEC, K.A. et al. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. **J Prosthet Dent**, v.76, n.2, p.119-24, Aug. 1996.
- 62 LACY, A.M. et al. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. **J Prosthet Dent**, v.60, n.3, p.288-91, Sept. 1988.
- 63 LU, R. et al. An investigation of the composite resin/porcelain interface. **Aust Dent J**, v.37, n.1, p.12-9, Feb. 1992.
- 64 MATSUMURA, H.; KATO, H.; ATSUTA, M. Shear bond strength to feldspathic porcelain of two luting cements in combination with three surface treatments. **J Prosthet Dent**, v.78, n.5, p.511-7, Nov. 1997.
- 65 McLEAN, J.W. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. **J Prosthet Dent**, v.85, n.1, p.61-6, Jan. 2001.

- 66 McLEAN, J.W.; HUGHES, T.H. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. **Br Dent J**, v.119, n.6, p.251-67, Sept. 1965.
- 67 MIRANDA JUNIOR, W.G.; BALLESTER, R.Y.; BRAGA, R.R. O problema da polimerização de resinas compostas. In: CARDOSO, R.J.A.; GONÇALVES, E.A.N. **Estética**. São Paulo: Artes Médicas, 2002. v.3, cap.3, p.31-42.
- 68 NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by infiltration of monomers into tooth substrates. **J Biomed Mater Res**, v.16, n.3, p.265-73, May 1982.
- 69 NEWBURG, R.; PAMEIJER, C.H. Composite resins bonded to porcelain with silane solution. **J Am Dent Assoc**, v.96, n.2, p.288-91, Feb. 1978.
- 70 ÖILO, G.; AUSTRHEIM, E.K. In vitro quality testing of dentin adhesives. **Acta Odontol Scand**, v.51, n.4, p.263-9, Aug. 1993.
- 71 ÖZDEN, A.N.; AKALTAN, F.; CAN, G. Effect of surface treatments of porcelain on the shear bond strength of applied dual-cured cement. **J Prosthet Dent**, v.72, n.1, p.85-8, July 1994.
- 72 PACHECO, J.F.M.; GÓES, M.F.; CONSANI, S. Influência do condicionamento e da aplicação de silano na resistência da união porcelana-resina composta. **Rev Assoc Bras Odontol**, v.7, n.2, p.81-5, abr./maio 1999.
- 73 PAFFENBARGER, G.C.; SWEENEY, W.T.; BOWEN, R.L. Bonding porcelain teeth to acrylic resin denture bases. **J Am Dent Assoc**, v.74, n.5, p.1018-23, Apr. 1967.

- 74 PAGANI, C. **Avaliação *in vitro* da resistência adesiva ao cisalhamento entre a dentina bovina, cimentos resinosos e materiais restauradores indiretos, tratados ou não com jato de óxido de alumínio, ácido fluorídrico e silano.** 2001. 163f. Tese (Livre-Docência em Odontologia) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2001.
- 75 PEREIRA, G.M.; ISHIKIRIAMA, A. Avaliação da resistência ao cisalhamento da união resina composta/porcelana, em função de diferentes formas de tratamento da superfície da porcelana. **Rev FOB**, v.5, n.3/4, p.13-9, jul./dez. 1997.
- 76 PHOENIX, R.D.; SHEN, C. Characterization of treated porcelain surfaces via dynamic contact angle analysis. **Int J Prosthodont**, v.8, n.2, p.187-94, Mar./Apr. 1995.
- 77 ROCHETTE, A.L. A ceramic restoration bonded by etched enamel and resin for fractured incisors. **J Prosthet Dent**, v.33, n.3, p.287-93, Mar. 1975.
- 78 ROULET, J.F., SÖDERHOLM, K.J.M.; LONGMATE, J. Effects of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. **J Dent Res**, v.74, n.1, p.381-7, Jan. 1995.
- 79 SATO, K.; MATSUMURA, H.; ATSUTA, M. Effect of three-liquid bonding agents on bond strength to a machine milled ceramic material. **J Oral Rehabil**, v.26, n.7, p.570-4, July 1999.

- 80 SHAHVERDI, S. et al. Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. **J Oral Rehabil**, v.25, n.9, p.699-705, Sept. 1998.
- 81 SHETH, J.; JENSEN, M.; TOLLIVER, D. Effect of surface treatment on etched porcelain bond strength to enamel. **Dent Mater**, v.4, n.6, p.328-37, Dec. 1988.
- 82 SHIMADA, Y.; YAMAGUCHI, S.; TAGAMI, J. Micro-shear bond strength of dual-cured resin cement to glass ceramics. **Dent Mater**, v.18, n.5, p.380-8, July 2002.
- 83 SIMONSEN, R.J.; CALAMIA, J.R. Tensile bond strength of etched porcelain. **J Dent Res**, v.62, sp. iss., p.297, Mar. 1983. (Abstract 1154).
- 84 SJÖGREN, G.; MOLIN, M.; VAN DIJKEN, J.W.V. A 5-year clinical evaluation of ceramic inlays (Cerec) cemented with a dual-cured or chemically cured resin composite luting agent. **Acta Odontol Scand**, v.56, n.5, p.263-7, Oct. 1998.
- 85 SORENSEN, J.A. et al. Shear bond strength of composite resin to porcelain. **Int J Prosthodont**, v.4, n.1, p.17-23, Jan./Feb. 1991.
- 86 STACEY, G.D. A shear stress analysis of the bonding of porcelain veneers to enamel. **J Prosthet Dent**, v.70, n.5, p.395-402, Nov. 1993.
- 87 STANGEL, I.; NATHANSON, D.; HSU, C.S. Shear strength of composite bond to etched porcelain. **J Dent Res**, v.66, n.9, p.1460-5, Sept. 1987.

- 88 SULIMAN, A.A.; SWIFT JUNIOR, E.J.; PERDIGÃO, J. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. **J Prosthet Dent**, v.70, n.2, p.118-20, Aug. 1993.
- 89 TAKEMORI, T. et al. Factors affecting tensile bond strength of composite to dentin. **Dent Mater**, v.9, n.2, p.136-8, Mar. 1993.
- 90 THORDRUP, M.; ISIDOR, F.; HÖRSTED-BINDSLEV, P. Comparison of marginal fit and microleakage of ceramic and composite inlays: an in vitro study. **J Dent**, v.22, n.3, p.147-53, June 1994.
- 91 THORDRUP, M.; ISIDOR, F.; HÖRSTED-BINDSLEV, P. A 5-year clinical study of indirect and direct resin composite and ceramic inlays. **Quintessence Int**, v.32, n.3, p.199-205, Mar. 2001.
- 92 TINSCHERT, J. et al. Structural reliability of alumina-, feldspar-, leucite-, mica- and zirconia-based ceramics. **J Dent**, v.28, n.7, p.529-35, Sept. 2000.
- 93 TYLKA, D.F.; STEWART, G.P. Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. **J Prosthet Dent**, v.72, n.2, p.121-7, Aug. 1994.
- 94 UEMURA, E.S. **Estudo comparativo *in vitro* da resistência ao cisalhamento de discos metálicos de níquel-cromo, com ou sem tratamento de superfície, unidos à dentina bovina com quatro cimentos.** 1999. 136f. Tese (Doutorado em Odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 1999.

- 95 VAN DIJKEN J.W.V.; HÖGLUND-ÅBERG, C.; OLOFSSON, A-L. Fired ceramic inlays: a 6-year follow up. **J Dent**, v.26, n.3, p.219-25, Mar. 1998.
- 96 WOLF, D.M.; POWERS, J.M.; O'KEEFE, K.L. Bond strength of composite to etched and sandblasted porcelain. **Am J Dent**, v.6, n.3, p.155-8, June 1993.
- 97 YEN, T.W.; BLACKMAN, R.B.; BAEZ, R.J. Effect of acid etching on the flexural strength of a feldspathic porcelain and a castable glass ceramic. **J Prosthet Dent**, v.70, n.3, p.224-33, Sept. 1993.

Apêndice A – Resistência adesiva por grupo experimental

Tabela 4 – Valores de resistência ao cisalhamento (MPa) de todos os corpos-de-prova

Corpos-de-prova	Grupos Experimentais					
	HF 2min	HF 4min	Jato	Jato+HF 2min	Jato+HF 4min	Controle
1	14,84	10,02	9,91	9,69	13,15	5,65
2	9,54	5,82	7,37	6,84	9,29	8,14
3	10,20	7,46	9,44	17,63	6,05	6,20
4	9,95	4,17	7,51	12,56	9,19	4,38
5	15,81	10,90	13,48	7,74	10,04	7,39
6	10,97	10,52	14,13	13,95	10,26	5,76
7	18,76	13,62	9,18	10,11	15,64	6,07
8	19,97	5,78	8,72	21,24	16,01	4,94
9	21,83	11,83	12,03	8,23	13,02	9,36
10	10,20	9,11	8,63	19,45	7,29	3,03

NAGAYASSU, M.P. *Effect of surface treatment on the shear bond strength of resin cement to porcelain*. 2003. 124f. Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2003.

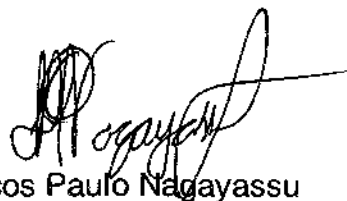
ABSTRACT

The aim of this in vitro study was to evaluate the effect of different surface treatments on the shear bond strength between porcelain and resin cement. Sixty pairs of 50% aluminous porcelain (Vitadur Alpha - Vita) discs were fabricated, each with 6mm in diameter by 3mm in thickness (A), and 3 by 3mm (B). Samples were randomly divided into six groups (n=10), according to one of the following surface treatments: etching with 10% hydrofluoric acid for 2 or 4min (G1 and G2); sandblasting with aluminum oxide (50µm) for 5s (G3); sandblasting followed by etching for 2 or 4min (G4 e G5) and control (G6). Then, silane was applied (Tokuso Ceramic Primer – Tokuyama) on the treated surface of both discs, and using a dual-cure resin cement (Bistite II DC – Tokuyama), B discs were bonded together with their respective A discs. Specimens were stored in distilled water at 37°C for 24h before shear bond strength were determined on a universal testing machine. The results, in MPa, were compared by one-way ANOVA and Tukey test ($p \leq 0,05$). Bond strength produced after etching with 10% hydrofluoric acid for 2min was significantly higher than etching for 4min and control, but there was no statistical difference to sandblasting alone, or followed by etching for 2 or 4min.

KEYWORDS: *Porcelain; resin cement, surface treatments; cementation, shear bond strength.*

Autorizo a reprodução xerográfica deste trabalho

São José dos Campos, 7 de agosto de 2003

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Nagayassu', with a long horizontal flourish extending to the right.

Marcos Paulo Nagayassu