

OSVALDO DANIEL ANDREATTA FILHO

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA ADESIVA ENTRE A SUPERFÍCIE DE
UMA CERÂMICA ALUMINIZADA E UM CIMENTO RESINOSO**



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

Orientadora: Profª Titular Maria Auxiliadora Junho de Araújo

São José dos Campos

2003

LD15
A25a
1571

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. 81f.

ANDREATTI FILHO, O.D. **Avaliação da resistência adesiva entre a superfície de uma cerâmica aluminizada e um cimento resinoso.** 2003. 116f. Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora, Área de Concentração em Prótese) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2003.

DEDICATÓRIA

A Deus,

que me presenteou com a vida, em Tuas mãos me entrego todos os dias,
pois Sois minha força, sabedoria e esperança.

Aos meus pais, **Osvaldo e Maria Lygia**, cuja dedicação e apoio, sempre compartilhados com amor, caráter e honestidade, direcionaram os passos de minha vida e formação, dedico este trabalho e meu eterno amor, meu orgulho e minha admiração.

À minha namorada, **Marcia Maciel Menezes**,
que com o seu carinho, compreensão e incentivo tornaram mais fáceis a
realização deste trabalho. Obrigado por estar sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Professora Titular **Maria Auxiliadora Junho de Araújo**

Orientadora que soube mostrar com precisão os caminhos a serem seguidos neste trabalho, com exemplos de sabedoria, ética, honestidade e humildade. Como amiga que soube, com paciência e tranquilidade, entender minhas preocupações e passar seus conhecimentos de vida, meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Adjunto **Marco Antonio Bottino**

Seu papel de professor mostra-se impecável no dia-a-dia de nosso convívio e na maneira séria como conduz o curso de Pós-Graduação. Seus ensinamentos profissionais e de vida são conselhos preciosos que motivam aqueles que buscam a realização profissional na vida acadêmica. Com respeito e admiração, meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Doutor **Renato Sussumu Nishioka**

Sua ajuda, conhecimento, dedicação e amizade são indispensáveis no desenvolvimento de minha formação acadêmica. Agradeço com muita sinceridade tudo o que fez por mim, tanto nas horas de alegria, como naquelas de ansiedade e tristeza. Seus conselhos e palavras de conforto, na vida pessoal e profissional, sempre foram de muito valor. Seu profissionalismo e sua maneira de ensinar são, para mim, um grande exemplo.

Ao amigo e professor, minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, através de sua digníssima Diretora, Prof^a. Titular **Maria Amélia Máximo de Araújo**.

À **Professora Adjunta Marcia Carneiro Valera**, Coordenadora do Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – Unesp.

Aos meus colegas de curso, **Ângela Guidini Lopes, Luiz Felipe Valandro, Fabíola Pessoa Pereira Leite** pelo convívio, companheirismo e amizade que se estabeleceram durante o nosso curso.

A todos os **docentes e funcionários** do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pelo carinho, amizade e contribuição no aprendizado durante estes anos de convivência.

Ao **Professor Dr. Maximiliano Piero Neisser**, que soube em todos os momentos do curso ensinar e aconselhar não apenas como excelente professor, mas principalmente como amigo verdadeiro.

Ao **Professor Dr. Fernando Eidi Takahashi**, sua forma e habilidade em ensinar com sabedoria e paciência, serão sempre exemplos a serem seguidos em minha formação acadêmica.

Ao **Professor Dr. Aldari Raimundo Figueiredo**, amigo que com sua alegria e simpatia inconfundíveis, acreditou e convidou um recém-formado para estagiar na disciplina de Prótese Parcial Fixa, em que iniciei os primeiros passos da carreira acadêmica.

Às secretárias **Suzana Cristina de Oliveira e Eliane Wenzel**, do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Às secretárias de seção de pós-graduação, **Rosemary de Fátima Salgado Pereira, Erena Michie Hasegawa e Maria Aparecida Consiglio de Souza**, pelas orientações prestadas e atenção dispensada.

Ao amigo e Engenheiro **Urbano Cícero de Fleury Araújo**, pelo auxílio na elaboração e construção do dispositivo de corte, utilizado para obtenção dos corpos-de-prova.

À minha irmã **Mônica Andreatta de Fleury Araújo**, pela revisão textual deste trabalho.

À **Nobel Biocare**, pelo auxílio na elaboração dos blocos de Procera AllCeram.

Ao **laboratório de Prótese Luis Kiyan**, na pessoa do Sr. Luis Kiyan e equipe, pelo inestimável auxílio na realização do tratamento de superfície das cerâmicas e pela grande atenção e simpatia.

Ao Engenheiro **Professor Dr. Antonio Carlos Guastaldi** da Faculdade de Química de Araraquara - UNESP, pela análise da microscopia eletrônica de varredura.

À Diretora do Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação, **Ângela de Brito Bellini**, pela colaboração e apoio na revisão das normas de apresentação e redação deste trabalho.

Às funcionárias do Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação, **Renata Aparecida de Oliveira Couto, Neide Nascimento, Silvana Alvarez e Maria das Dores Nogueira**, pela disponibilidade e colaboração diante os serviços de biblioteca.

À técnica de laboratório **Sra. Lea Villela Nogueira**, que desde a graduação, foi muito prestativa e amiga, contribuindo para meu desenvolvimento e aprendizado.

Ao Prof. **Ivan Balducci**, pelo incentivo e realização da análise estatística dos dados deste trabalho.

A todas as pessoas e profissionais que participaram de minha formação acadêmica e profissional, as quais eu jamais esquecerei e que aqui quero agradecer-lhes.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS E QUADROS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	12
RESUMO.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
3 PROPOSIÇÃO.....	64
4 MATERIAL E MÉTODO.....	65
4.1 Materiais e equipamentos utilizados no experimento.....	65
4.2 Obtenção dos blocos de cerâmica.....	66
4.3 Obtenção dos blocos de resina composta.....	69
4.4 Tratamento da superfície dos blocos cerâmicos.....	70
4.5 Cimentação dos blocos cerâmicos aos de resina composta.....	73
4.6 Obtenção dos corpos-de-prova.....	74
4.7 Armazenamento e tempos de ciclagem térmica.....	77
4.8 Ensaio de microtração.....	78
4.9 Análise estatística.....	81
5 RESULTADO.....	82
6 DISCUSSÃO.....	89
7 CONCLUSÃO.....	101
8 REFERÊNCIAS.....	102
APÊNDICES.....	113
ABSTRACT.....	116

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Fórmula equacional do coeficiente de expansão térmica linear.....	19
FIGURA 2	- Obtenção dos blocos: a) bloco de acrílico; b) blocos de Procera AllCeram.....	67
FIGURA 3	- Torno mecânico adaptado para realização dos cortes: a) conjunto peça reta e disco fixado sobre mesa de coordenadas; b) mandril de fixação dos materiais a serem cortados.....	68
FIGURA 4	- Corte dos blocos de Procera AllCeram: a) bloco posicionado no mandril para realização dos cortes; b) blocos cerâmicos segmentados.....	68
FIGURA 5	- Confeção dos blocos de resina composta: a) moldagem do bloco de acrílico; b) molde; c) bloco cerâmico posicionado no interior do molde; d) aplicação do incremento de resina composta sobre o bloco de cerâmica; e) blocos de resina confeccionados.....	70
FIGURA 6	- Aspecto da superfície da cerâmica Procera AllCeram sem condicionamento.....	72
FIGURA 7	- Aspecto da superfície da cerâmica Procera AllCeram condicionada com sistema Rocatec.....	72
FIGURA 8	- Procedimento de cimentação: a) finalização da cimentação entre os blocos de cerâmica e de resina; b) bloco de Procera AllCeram cimentado ao bloco de resina composta.....	73
FIGURA 9	- Obtenção das fatias: a) corte da primeira fatia dos	74

	conjunto CCR; b) aspecto das fatias obtidas após os cortes.....	
FIGURA 10	- Obtenção dos corpos-de-prova: a) realização dos cortes; b) corpos-de-prova obtidos após os cortes.....	75
FIGURA 11	- Esquema da obtenção dos corpos-de-prova e divisão dos grupos experimentais.....	75
FIGURA 12	- Máquina de ciclagem térmica.....	78
FIGURA 13	- Paquímetro modificado.....	79
FIGURA 14	- Corpo-de-prova colado ao paquímetro.....	80
FIGURA 15	- Conjunto paquímetro e corpo-de-prova posicionado na máquina de ensaio.....	80
FIGURA 16	- Média e desvio padrão dos dados de microtração, segundo os níveis de ciclagem.....	83
FIGURA 17	- Tendência linear entre o número de ciclos térmicos e a resistência adesiva.....	85
FIGURA 18	- Superfície adesiva de amostra do grupo sem ciclagem térmica.....	86
FIGURA 19	- Superfície adesiva de amostra do grupo sem ciclagem térmica.....	86
FIGURA 20	- Superfície adesiva de amostra do grupo com 6000 ciclos térmicos.....	87
FIGURA 21	- Superfície adesiva de amostra do grupo com 6000 ciclos térmicos.....	87
FIGURA 22	- Superfície adesiva de amostra do grupo com 12000 ciclos térmicos.....	88
FIGURA 23	- Superfície adesiva de amostra do grupo com 12000 ciclos térmicos.....	88

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 -	Condicionamento das superfícies cerâmicas com Sistema Rocatec.....	71
Quadro 2 -	Condicionamentos estabelecidos para os grupos experimentais.....	78
Tabela 1 -	Estatística descritiva dos dados da resistência de microtração (MPa), segundo a ciclagem (N: número de amostras; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação).....	82
Tabela 2 -	Anova dos dados de resistência de união adesiva obtidos nas condições experimentais.....	84
Tabela 3 -	Grupo Procera AllCeram sem ciclagem térmica.....	113
Tabela 4 -	Grupo Procera AllCeram com ciclagem térmica (6000 ciclos).....	114
Tabela 5 -	Grupo Procera AllCeram com ciclagem térmica (12000 ciclos).....	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EDTA	= ácido etilenodiaminotetracético
I.S.O.	= International Organization for Standardization
MEV	= microscopia eletrônica de varredura
Al	= alumínio
Al ₂ O ₃	= óxido de alumínio
bar	= unidade de pressão
g	= grama
M	= Mol
min	= minuto
mm	= milímetro
MPa	= Megapascal
N	= Newton
nº	= número
s	= segundo
Si	= sílica
°	= grau
°C	= grau Celsius
µm	= micrometro
%	= porcentagem

ANDREATTA FILHO, O. D. **Avaliação da resistência adesiva entre a superfície de uma cerâmica aluminizada e um cimento resinoso.** 2003. 116f. Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora, Área de Concentração em Prótese) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2003.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da ciclagem térmica sobre a resistência adesiva entre a superfície de uma cerâmica aluminizada (Procera AllCeram, Nobel-Biocare) e um cimento resinoso (Panavia F, Kuraray CO). Foram confeccionados nove blocos de cerâmica, com dimensões de 5x6x6mm, sendo que uma das faces, com dimensões de 5x6mm de cada bloco, foi condicionada com uma cobertura triboquímica de sílica (Sistema Rocatec, ESPE). A seguir foram cimentados a blocos de resina composta (Clearfil AP-X, Kuraray CO), obtidos a partir da duplicação dos blocos cerâmicos moldados com silicona de adição (Express, 3M). Em seguida, os conjuntos cerâmica-cimento-resina foram cortados obtendo-se 75 corpos-de-prova com formato retangular com dimensões de 12x1x1mm e superfície adesiva apresentando $1\text{mm}^2 \pm 0,1\text{mm}^2$. Os corpos-de-prova foram divididos em três grupos (n=25): G1 - armazenagem por 14 dias em água destilada a 37°C, G2 - 6000 ciclos térmicos em água (5°C e 55°C) e G3 - ciclagem térmica a 12000 ciclos em água (5°C e 55°C). Após os períodos de armazenagem e ciclagem os corpos-de-prova foram fixados com adesivo de cianoacrilato ao dispositivo de microtração e ensaiados sob velocidade de 1mm/min em máquina de ensaio universal (EMIC). Os dados foram tratados estatisticamente pela Anova e pelo teste de Tukey e indicaram que os valores médios de tensão de rupturas (MPa) de G1 ($10,710 \pm 3,54$) não diferiram estatisticamente ($p < 5\%$) de G2 ($9,019 \pm 3,90$), porém houve diferença significativa entre G1 e G3 ($7,280 \pm 3,00$). Concluiu-se que a ciclagem térmica diminuiu os valores de resistência adesiva significativamente quando os corpos-de-prova foram submetidos a 12000 ciclos.

PALAVRAS-CHAVE: Cerâmica; resistência adesiva; cimentos resinosos; termociclagem.

1 INTRODUÇÃO

O século vinte, após o período da Segunda Guerra Mundial, foi marcado pelo desenvolvimento técnico e científico em setores da pesquisa e indústria criando a cada dia inovações que visam o bem estar do homem. Da mesma forma, a Odontologia Restauradora vem passando por uma era de transição em que o desenvolvimento de novos materiais e técnicas modifica os conceitos tradicionais de tratamentos reabilitadores, de modo que não apenas os requisitos funcionais sejam devolvidos aos pacientes, mas também a estética.

O aparecimento destes novos valores fez com que a sociedade passasse a dar grande importância ao fator estético, recusando reabilitações convencionais com restaurações metálicas em ligas de ouro e amálgama de prata e exigindo tratamentos com materiais estéticos como as porcelanas.

As próteses parciais fixas (PPF) com infra-estrutura metálica e recobrimento estético com porcelana têm sido por muitos anos utilizadas com resultados clínicos satisfatórios, porém alguns fatores podem comprometer e limitar sua indicação funcional e estética. A presença da infra-estrutura metálica exige a aplicação sob a porcelana de um material opaco que retira o aspecto de vitalidade da prótese, além disso, as margens cervicais metálicas podem promover uma região com coloração acinzentada aos tecidos periodontais adjacentes. Um fator, mais raro, porém não menos preocupante, é em relação a biocompatibilidade das ligas tradicionalmente utilizadas. Estudos de Jones et al.²⁵ (1986) verificaram sensibilidade alérgica ao níquel em 20% das mulheres e 2% dos homens avaliados.

Em vista desses fatos, a busca por materiais estéticos e funcionais levou, por parte de pesquisadores, clínicos, desenvolvimento

tecnológico e interesse de fabricantes a criação de novas alternativas como as cerâmicas feldspáticas conhecidas como jaquetas de porcelana, porém apesar de promoverem resultados estéticos altamente favoráveis sua indicação restringia-se a restaurações em dentes anteriores devido a sua baixa resistência mecânica às exigências do processo mastigatório.

Tal problema começou a ser solucionado quando McLean & Hughes⁴¹ (1965) introduziram a técnica de reforço das porcelanas, adicionando às cerâmicas feldspáticas óxido de alumínio (alumina), melhorando suas propriedades mecânicas. Desde então, iniciou-se um grande avanço em pesquisas que promoveram o desenvolvimento de próteses em cerâmica, que dispensam as ligas metálicas como infra-estrutura, pois apresentam valores de resistência mecânica maiores que os das cerâmicas feldspáticas convencionais, oferecendo reabilitações funcionais aliadas à reprodução natural dos tecidos dentais.

Atualmente um dos sistemas cerâmicos que permite a confecção de PPF sem base metálica é o Procera AllCeram (Nobel Biocare) que utiliza a tecnologia CAD-CAM (Computer Assisted Design – Computer Assisted Machining) para produzir uma infra-estrutura constituída por óxido de alumínio sinterizado e densamente compactado com 99,5% de pureza. Esse sistema oferece uma estrutura caracterizada como uma biocerâmica que apresenta valores de resistência flexural próximos a 687MPa, proporcionando condições mecânicas favoráveis para confecção de próteses unitárias e parciais fixas (ZENG et al.⁷⁵, 1996; BOTTINO et al.¹¹, 2001; ITINOCHE²⁴ 2002). Outra característica favorável deste sistema cerâmico é sua qualidade de justeza de adaptação marginal que se apresenta dentro de valores clinicamente favoráveis (SULAIMAN et al.⁶⁵, 1997; MAY et al.³⁹, 1998).

Além dessas características mecânicas favoráveis, outras vantagens clínicas como estética, biocompatibilidade, estabilidade de cor foram avaliadas clinicamente, apresentando resultados que justificam sua indicação como procedimento reabilitador com coroas unitárias anteriores

e posteriores (ANDERSSON & ÓDEN ¹, 1993; ANDERSSON et al.², 1998; ÓDEN et al.⁴⁵, 1998; PRESTIPINO et al.⁵⁵, 1998; BRUNTON et al.¹², 1999; ÖDMAN & ANDERSSON ⁴⁶, 2001).

A resistência adesiva entre as cerâmicas feldspáticas convencionais e os agentes cimentantes, principalmente os cimentos resinosos, é aumentada quando a superfície interna das peças protéticas é condicionada previamente por meio de ataque ácido seguido da aplicação do agente de silanização. O condicionamento ácido dessas superfícies promove a formação de micro-rugosidades e exposição de cristais de sílica que associados à aplicação do agente de silanização favorecem a união química com os cimentos resinosos, resultando em valores de união adesiva elevados e estáveis (STANGEL et al.⁶⁴, 1987; MADANI et al.³⁸, 2000).

Entretanto o aumento da concentração de alumina na composição dessas cerâmicas reduz significativamente o conteúdo de sílica levando à contra-indicação dos procedimentos de condicionamento com substâncias ácidas, pois tal procedimento não é capaz de criar micro-retenções comparadas às criadas sobre as porcelanas feldspáticas (KRAIVIXIEN et al.³⁴, 1992; AWLIYA et al.⁷, 1998; ÖZCAN et al.⁴⁸, 2001).

Kern & Thompson ²⁸⁻³⁰, 1994 e 1995, relataram que o ataque ácido sobre a superfície da cerâmica aluminizada In-Ceram promove a degradação de sua matriz vítrea, expondo apenas partículas de alumina que não oferecem, mesmo com associação de silanos, uma união adesiva estável.

Dessa forma, alguns autores procuraram desenvolver métodos alternativos de condicionamento das superfícies das cerâmicas aluminizadas, a fim de promover valores de união adesiva maiores e estáveis. Guggenberger ²¹, (1989), pesquisou a união entre metais e resinas utilizando um condicionamento com sistemas de cobertura de sílica sobre superfícies metálicas com o intuito de melhorar a ligação com os agentes silanizadores. Um desses sistemas é o Rocatec (ESPE), que

utiliza inicialmente um pré-tratamento com jateamento de óxido de alumínio (Rocatec Pré) seguido de um segundo jateamento com partículas de óxido de sílica (Rocatec Plus), finalizando-se o condicionamento com a aplicação de um silano sobre a superfície metálica jateada (Rocatec Sil). Por esse sistema, a energia cinética das partículas de sílica jateadas é transformada em energia térmica que chega a atingir o ponto de fusão da liga entre 1 e 2 μm da superfície. Com isso, as partículas jateadas ficam unidas à superfície da liga, formando-se uma camada superficial de sílica.

Em 1995 Kern & Thompson³⁰ utilizaram pela primeira vez o sistema Rocatec como alternativa para condicionar superfícies cerâmicas com altas concentrações de alumina, como o sistema In-Ceram, procurando criar uma camada de sílica capaz de apresentar maior afinidade de ligação entre a superfície da estrutura cerâmica, os silanos e os cimentos resinosos à base de Bis-GMA. Os autores verificaram que o jateamento com óxido de alumínio do In-Ceram associado com cimentos resinosos contendo monômero fosfato (10 metacrilóiloxidecil - dihidrogênio - fosfato MDP) também promove valores de resistência adesiva altos e estáveis sob armazenagem em água e simulações de flutuações térmicas. Kern & Strub²⁶, (1998), em um estudo clínico de cinco anos cimentaram coroas de cerâmica aluminizada In-Ceram, jateadas com sistema Rocatec, com o cimento Panavia EX, não verificando, após este período, falha adesiva de nenhuma coroa. Na literatura são poucos os métodos definidos para tratamento da superfície cerâmica do sistema Procera AllCeram que seguramente garantem valores de resistência adesiva estáveis clinicamente. Alguns resultados positivos de resistência adesiva encontrados para o sistema In-Ceram não se repetiram para o sistema Procera AllCeram quando foram realizados ensaios de ciclagem térmica e armazenagem em água (FRIEDERICH & KERN¹⁸, 2002).

Fundamentados nas informações encontradas na literatura, procuramos avaliar, utilizando a metodologia de ensaio por

microtração, os efeitos causados pelo processo de ciclagem térmica sobre a resistência de união adesiva entre um cimento resinoso, contendo monômero fosfato, e a superfície de uma cerâmica aluminizada condicionada com o sistema de cobertura por sílica.

2 REVISÃO DA LITERATURA

McLean & Hughes⁴¹ (1965) realizaram um trabalho com o objetivo de desenvolver uma nova cerâmica dental e técnicas de aplicação que poderiam melhorar as propriedades mecânicas de resistência à fratura em relação às cerâmicas utilizadas normalmente. Os autores verificaram que a utilização da alumina (Al_2O_3) na composição das cerâmicas é o mais apropriado para esse fim, proporcionando valores de resistência 5 vezes maiores do que nas cerâmicas convencionais e sem comprometer suas qualidades estéticas. Neste trabalho foram avaliadas as propriedades mecânicas e físicas das cerâmicas aluminizadas, confirmando suas qualidades e comparando essas propriedades com as cerâmicas convencionais.

Craig & Peyton¹⁴ (1975) descreveram o coeficiente de expansão térmica linear (α) como a variação em comprimento ($L_{\text{final}} - L_{\text{inicial}}$) por unidade de comprimento (L_{inicial}) de um material, pela variação a cada grau de temperatura, sendo calculado pela equação (Figura 1):

$$\alpha = \frac{L_{\text{final}} - L_{\text{inicial}}}{L_{\text{inicial}} \times (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})}$$

FIGURA 1 – Fórmula equacional do coeficiente de expansão térmica linear.

L_{final} = comprimento final, L_{inicial} = comprimento inicial, T_{final} = temperatura final ($^{\circ}\text{C}$) e T_{inicial} = temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$).

Como os valores são numericamente baixos, objetiva-se expressá-los de forma exponencial, do tipo $22 \times 10^{-6} \times ^{\circ}\text{C}$. Uma prática não trivial é expressar a variação em partes por milhão (ppm) e, a título de ilustração,

o valor seria 22 ppm. Tanto o coeficiente de expansão térmica linear quanto o volumétrico podem ser medidos e, para materiais que funcionam como sólidos isotrópicos, o coeficiente volumétrico pode ser considerado três vezes o coeficiente linear. Finalizaram apresentando tabela do coeficiente de expansão térmica linear (entre 20 °C e 50 °C) de alguns materiais, entre os quais as resinas compostas ($23 \text{ a } 41 \times 10^{-6} \times ^\circ\text{C}^{-1}$) e a coroa dental ($11,4 \times 10^{-6} \times ^\circ\text{C}^{-1}$).

Stangel et al.⁶⁴ (1987) avaliaram a resistência de união adesiva ao cisalhamento entre uma resina composta e a superfície de uma cerâmica feldspática convencional. Foram avaliadas superfícies cerâmicas condicionadas com e sem ataque ácido (ácido hidro-fluorídrico 20%) utilizando-se três métodos de adesão: a) resina composta diretamente aplicada sobre a cerâmica; b) aplicação de silano e resina composta; c) aplicação de silano, adesivo dentinário e resina composta. Os resultados indicaram diferenças significativas na resistência adesiva ao cisalhamento para os três métodos adesivos, dependendo do condicionamento da superfície cerâmica. Para os grupos não condicionados com ataque ácido foram obtidos valores de resistência adesiva significativamente diferentes entre eles e menores em relação aos grupos condicionados. Entretanto para os grupos condicionados com ataque ácido não houve diferença entre o grupo com aplicação de silano e o grupo com aplicação de silano mais adesivo dentinário. Os autores concluíram que porcelanas feldspáticas condicionadas com ácido hidro-fluorídrico 20% aumentam de maneira significativa os valores de resistência adesiva entre resina composta e cerâmica, principalmente com associação de um agente silanização.

Guggenberger²¹ (1989) utilizou pela primeira vez o sistema de cobertura triboquímica com sílica para promover uma maior resistência de união química entre ligas metálicas e resinas com Bis-GMA. O sistema conhecido como Rocatec system (Espe, Seefeld, Alemanha) é prescrito como dois jateamentos iniciais, seguidos da aplicação de um agente



silanizador previamente à aplicação da resina. Os passos do processo de cobertura triboquímica de sílica são: a) jateamento da superfície metálica com óxido de alumínio (Al_2O_3) com partículas de $110\mu\text{m}$ (Rocatec – Pré); b) jateamento com partículas de $30\mu\text{m}$ à base de sílica (Rocatec – Plus) e c) aplicação de silano (Rocatec – Sil). A energia cinética promovida pelo jateamento promove a união das partículas de sílica à superfície do metal criando-se uma camada que servirá de base para união entre agentes silanizadores e materiais resinosos. O autor obteve maiores valores de resistência adesiva entre metais e materiais resinosos com a utilização do sistema Rocatec do que com a criação convencional de retenções mecânicas, mesmo após armazenagem em água e ciclagem térmica.

Van Noort et al.⁶⁶ (1989) verificaram que há grande divergência entre os resultados de resistência de união à dentina obtidos por testes de tração e cisalhamento, sendo tal fato justificado normalmente pelo desempenho dos diferentes tipos de sistemas adesivos. Entretanto, não se têm considerado as características das metodologias no que se refere à aplicação dos ensaios mecânicos. Em vista desses fatos, os autores avaliaram as distribuições de tensões entre um bloco de resina composta unido a uma superfície de dentina usando o método de elementos finitos. O estudo mostrou que a resistência da união adesiva depende da geometria dos corpos-de-prova e das características mecânicas dos materiais envolvidos. Outro fato evidenciado é que a carga realmente suportada pela união adesiva tem pouca relação com a carga média calculada (carga da fratura dividida pela área de união) para os testes, e que é necessário estabelecer todos os parâmetros de ensaios para que possam ser universalmente válidas as comparações entre diferentes sistemas adesivos. Os resultados evidenciaram também que a distribuição de tensões na interface de uma resina unida à dentina é altamente não-uniforme e dependente da geometria (especialmente nos testes de cisalhamento), forma e tamanho do aderente, bem como, da relação entre os módulos de elasticidade dos materiais unidos. Por fim, os

autores explicaram que a carga crítica localiza-se na região mais sensível (normalmente as bordas) da união colada, e que não é possível estabelecer uma relação entre duas medidas de resistência obtidas por métodos diferentes.

Söderholm & Roberts⁶³ (1990) avaliaram se armazenagem em água causava degradação permanente sobre a composição de nove diferentes resinas compostas. Foi verificada a resistência dos materiais submetidos a três formas de armazenagem durante seis meses: a) armazenagem sem umidade a 60°C; b) armazenagem em água destilada a 60°C; c) armazenagem em água destilada a 60°C e desidratação em ambiente seco por duas semanas a 60°C. Os resultados mostraram que os grupos sob armazenagem em água destilada apresentaram valores significativamente menores que o grupo sem armazenagem em água, concluindo-se que a água tem um efeito irreversível sobre as propriedades dos materiais resinosos.

Van Noort et al.⁶⁷ (1991) avaliaram o efeito da geometria interfacial local sobre os valores de resistência à tração entre sistemas adesivos e dentina. Foram utilizados 24 dentes humanos, o sistema Scotchbond 2 e a resina composta P50. Dois grupos (A) e (B) foram estabelecidos com 12 corpos-de-prova cada: (A) superfície de dentina foi tratada com *primer*, o adesivo aplicado por toda a superfície, removendo os excessos grosseiros, de modo que uma camada de 50µm de espessura fosse criada. Sobre o adesivo um molde foi preenchido com resina, deixando ao seu redor o excedente de adesivo; (B) neste grupo, após aplicação do *primer*, o molde foi colocado sobre a dentina com o adesivo aplicado restritamente no interior do molde, ou seja, sem excedente de adesivo ao seu redor. Os resultados mostraram que a forma como o adesivo foi aplicado influenciou significativamente sobre os valores de resistência obtidos no teste de tração (A: 6,90 MPa; B: 3,10 MPa). As divergências nos resultados, segundo os autores, deveu-se à diferença da metodologia de aplicação dos adesivos, pois a distribuição

de tensões pela análise de elementos finitos detectou, para o grupo A, concentração de tensões na interface adesivo/resina, não refletindo o real valor da resistência adesivo/dentina. Para o grupo B, pela análise, a concentração das tensões ocorreu na interface adesivo/dentina, sendo neste caso, segundo os autores, uma medida mais representativa da real resistência da união.

Kraivixien-Vongphantuset et al.³⁴ (1992) avaliaram sistemas de adesão do In-Ceram a um cimento resinoso. Quarenta amostras em In-Ceram foram confeccionadas e divididas em quatro grupos conforme o tratamento de superfície: a) condicionamento com ácido fluorídrico por 5 min + silano (Rocatec Sil); b) condicionamento com ácido fluorídrico por 5 min + silano (Caulk); c) jateamento com óxido de alumínio + cobertura com sílica ± silano (Rocatec Pre, Rocatec Plus, Rocatec Sil); d) jateamento com óxido de alumínio + silano (Rocatec Pre, Rocatec Sil). As amostras foram cimentadas com cimento resinoso (Dicor MGC) e submetidas a 200 ciclos térmicos entre 5 e 55°C. Os testes de resistência adesiva nos proporcionaram, respectivamente, os seguintes valores médios em MPa: a) 6,99MPa b) 7,75MPa c) 12,31MPa d) todas as amostras falharam antes de serem submetidas à carga. Os autores concluíram que o sistema Rocatec, utilizado no grupo 3, produziu os maiores valores de adesão para a cerâmica In-Ceram, com diferenças estatisticamente significativas em relação aos outros grupos.

Lu et al.³⁶ (1992) avaliaram o efeito de vários tratamentos de superfície na resistência ao cisalhamento, de colagens entre porcelana e cimentos resinosos. Foram também examinadas no MEV as características das fraturas obtidas após os testes. Os tratamentos avaliados foram com: ácido fluorídrico, silano, ácido fluorídrico mais silano e controle. O grupo tratado com ácido fluorídrico mais silano apresentou maior resistência (16,4MPa). No estudo ao MEV, observaram fratura adesiva apenas no grupo controle e fratura coesiva do corpo da porcelana nos demais grupos.

Neikes et al.⁴⁴ (1992) realizaram um estudo com o propósito de avaliar se a cobertura por sílica do In-Ceram com o sistema Rocatec (ESPE) ou Silicoater MD (Kulzer) propicia união estável à resinas BIS-GMA convencionais. Para tal, sessenta hastes de In-Ceram de 5,8mm de diâmetro foram cimentadas em cada grupo utilizando os seguintes tratamentos de superfície e materiais de cimentação: SbN: jateamento com óxido de alumínio (110 μ m) / Nimetic Grip (ESPE); RN: Rocatec / Nimetic Grip; SbM: jateamento com óxido de alumínio (110 μ m) / Microfill Pontic (Kulzer); SiIM: Silicoater MD / Microfill Pontic. Subgrupos de dez amostras foram armazenadas por 1, 30 e 150 dias em saliva artificial (37°C) e termociclados dia sim dia não com 250 ciclos de 37°C/ 5°C. A resistência adesiva à tensão foi testada a 2mm/min em máquina de ensaios universal (Zwick). As médias de resistência adesiva em MPa foram : SbN 3,4 $\pm$ 1,1 (um dia), todas as outras amostras se separaram dentro de 29 dias; RN: 34,1 $\pm$ 7,1 (um dia), 32,4 $\pm$ 6 (30 dias), 38,7 $\pm$ 6,3 (150 dias); SbM: 6,1 $\pm$ 1 (um dia), 9,4 $\pm$ 3 (30dias), 2,0 $\pm$ 2,4 (150 dias) e SiIM: 28,3 $\pm$ 5,2 (1 dia), 22,1 $\pm$ 3,5 (30 dias), 15,0 $\pm$ 3,9 (150 dias). Nos grupos SbN, SbM e SiIM houve diferenças estatisticamente significantes na resistência adesiva entre as séries de tempo, enquanto que no grupo RN essas diferenças não foram observadas. Apenas o sistema Rocatec manteve adesão estável após 150 dias sob armazenagem em água e termociclagem.

Palmer et al.⁴⁹ (1992) avaliaram *in vivo* as temperaturas extremas (máxima e mínima) a que é submetida a cavidade bucal, quando da ingestão de alimentos ou bebidas quentes e frios. Os autores concluíram que os testes de termociclagem dos materiais odontológicos sejam realizados numa faixa de temperatura entre 0 e 67°C.

Andersson & Odén¹ (1993) descreveram a técnica de manufatura do sistema cerâmico Procera AllCeram e avaliaram as propriedades mecânicas e físicas das infra-estruturas (coping) confeccionados em alumina densamente sinterizada de alta pureza (Al₂O₃

>99,9%). A confecção dos copings foi realizada compactando-se o pó de alumina sob pressão e sinterização a 1550°C durante uma hora. A resistência flexural foi realizada com o teste de três pontos segundo a norma I.S.O – 6474-1981, tendo como resultado valores de 601 ± 73 MPa, determinou-se também sua densidade (peso específico) de $3,94 \pm 0,01$ g/cm³ e o valor médio do tamanho dos grãos que compõem a superfície aluminizada (4µm). Sua temperatura de fusão (2050°C) permite a aplicação das cerâmicas de cobertura cuja temperatura de fusão giram em torno de 1000°C, não alterando dessa forma as dimensões e forma do coping de alumina. Os autores concluíram que as características físicas e mecânicas desse material conferem-lhe condições de ser aplicado clinicamente na prática odontológica, pois seus valores de densidade, tamanho dos grãos e resistência flexural enquadram-se nas exigências da norma ISO – 6474-1981.

Oilo⁴⁷ (1993) relatou a importância da padronização da metodologia empregada na determinação dos valores de resistência adesiva entre os materiais odontológicos e o substrato dental. Nesse trabalho o autor destacou que os três principais fatores que têm influência nos resultados da resistência adesiva, além do próprio material, são: o método de teste, as condições de armazenamento e a qualidade do substrato que é um parâmetro impossível de ser padronizado completamente. Segundo o autor, testes de tração apresentam como maior problema a dificuldade de posicionamento da superfície aderida com ângulo de 90° em relação à direção da força de tracionamento aplicada, pois, caso isso não ocorra, forças de tensões laterais podem alterar os reais valores de resistência adesiva. Nos testes de cisalhamento fato semelhante ocorre, pois a direção da força de cisalhamento aplicada paralelamente à superfície aderida irá também promover tensões nessa área, fornecendo valores de resistência não correspondentes aos valores reais de união adesiva. O autor relatou que segundo o documento da ISO - CD TR 11405 (Materiais Dentários) a

temperatura utilizada em simulações de termociclagem para materiais odontológicos deve variar entre 5 e 55°C.

Yen et al.⁷³ (1993) estudaram o efeito do condicionamento pelo ácido fluorídrico na superfície da porcelana feldspática, Mirage, e da injetável, Dicor, no MEV. A resistência flexural dos corpos-de-prova, obtida pela colagem de duas peças de porcelana com resina composta também foi estudada, tendo como variáveis quatro tempos diferentes de condicionamento ácido: 30s, 1, 2,5 e 5 mins. Diferenças foram mostradas na análise ao MEV, sobre a superfície dos materiais após o condicionamento. A porcelana feldspática mostrou-se rugosa, a porcelana injetada expôs na sua superfície inúmeros cristais com terminações arredondadas. Quanto à resistência das colagens, os autores verificaram que o tempo de condicionamento não interferiu no desempenho das uniões, com nenhuma das cerâmicas utilizadas no estudo.

Kern & Thompson²⁷ (1994) avaliaram o efeito da armazenagem em água associada à ciclagem térmica sobre a resistência adesiva entre cimentos resinosos e a superfície de discos de liga de níquel-cromo (NiCr), condicionadas com diferentes tratamentos de superfície. Foram estabelecidos seis grupos sendo cada um constituído por 24 discos de NiCr unidos a seis diferentes sistemas adesivos. Os discos foram cimentados à resina composta contida em tubos com abertura em sua extremidade de 3.3mm de diâmetro com os seguintes tratamentos de superfície e o sistema de cimentação adesivo correspondente: grupo SAND: Jateamento com Al_2O_3 (110 μ m) + cimento resinoso dual a base de BisGMA (AdhesiveBond/Twinlook); grupo SIL: jateamento com Al_2O_3 + silanização (Espe/Sil) + cimento resinoso (BisGMA); grupo ROC: jateamento com Al_2O_3 + jateamento com sílica – Sistema Rocatec + silanização (Espe-Sil) + cimento resinoso (BisGMA); grupo SMD: Jateamento com Al_2O_3 + cobertura térmica de sílica – Silicoater MD + silanização (Siliseal) + cimento resinoso (BisGMA); grupo PEX: jateamento com Al_2O_3 + cimento resinoso com monômero de

fosfato modificado (Panavia-EX); grupo PNS: jateamento com Al_2O_3 + cimento resinoso experimental MDP-modificado (Panavia TPN-S). Três subgrupos de 8 amostras foram armazenados em saliva artificial a 37°C e termociclados com temperatura variando entre 5 e 55°C a cada 30 segundos da seguinte maneira: primeiro dia sem ciclagem; trinta dias com 7500 ciclos térmicos e 150 dias com 37500 ciclos térmicos. Após os períodos de armazenagem e ciclagem a resistência adesiva à tração foi realizada a 2mm/min em máquina de ensaio universal. Os resultados evidenciaram que os efeitos da armazenagem e ciclagem térmica não alteraram os valores de resistência adesiva para os grupo SMD, PEX e principalmente para o grupo ROC tratado com o sistema de cobertura de sílica – sistema Rocatec.

Kern & Thompson²⁸ (1994) baseando-se na hipótese de que coberturas com óxidos de sílica promovem melhora na união adesiva entre cerâmicas aluminizadas e cimentos resinosos, avaliaram os efeitos do jateamento com óxido de alumínio e técnicas de cobertura com sílica na perda de volume, composição e morfologia de superfície da cerâmica In-Ceram. Discos de In-Ceram e cerâmica de vidro feldspático (IPS Empress) foram jateados inicialmente com óxido de alumínio (110µm) verificando-se perda de volume 36 vezes menor para o In-Ceram do que para o sistema IPS Empress. O jateamento do In-Ceram com óxido de alumínio não modificou sua composição superficial, em compensação, a cobertura triboquímica com o sistema Rocatec (ESPE) elevou o conteúdo de sílica a 19,7% em peso (espectroscopia de energia dispersiva - EDS). A limpeza com ultra-som removeu as partículas de sílica soltas na superfície e diminuiu o seu conteúdo a 15,8% em peso, o que sugere união estável da maior parte da camada de sílica à superfície. Após o tratamento com o sistema Silicoater MD, o conteúdo de sílica aumentou apenas ligeiramente em relação às amostras jateadas com o sistema Rocatec. As camadas de sílica criadas por esses sistemas diferem muito em morfologia e espessura, que podem resultar em diferentes valores de

resistência adesiva. Jateamentos de restaurações totalmente cerâmicas de vidro feldspático devem ser evitados devido à grande abrasão promovida, mas para a cerâmica aluminizada In-Ceram a perda de volume se situa em uma faixa aceitável e similar aos metais nobres.

Kern & Thompson²⁹ (1994) utilizaram espectroscopia eletrônica para análise química (ESCA) com a finalidade de caracterizar a camada superficial do In-Ceram (5-10nm), após diferentes tratamentos de superfície com sistemas de adesão químico-mecânica. Amostras de In-Ceram foram analisadas após os seguintes tratamentos: abrasão com uma roda diamantada com granulação 1200 (POL); jateamento com óxido de alumínio 110 μ m (SB); cobertura triboquímica de sílica (RO, Rocatec, ESPE); cobertura térmica de sílica (MD, Silicoater MD, Kulzer); e após silanização das superfícies (S) com os sistemas metacriloxipropiltrimetoxisilanos (MPS). Foram feitos a avaliação ESCA e o scaneamento de alta resolução em pontos de 1000 μ m em duas amostras de cada grupo. As taxas superficiais dos elementos detectados mudaram significativamente com os tratamentos, e são apresentadas pela razão Si/Al: POL=0,17; SB=0,07; RO=4,28; MD=5,61; SB-S=0,13; RO-S=2,66; MD-S=não foi detectado Al. A taxa decrescente Si/Al no grupo RO-S sugere que o MPS não se une à alumina, mas se concentra na camada de sílica aplicada com a porção orgânica das moléculas de MPS orientadas sobre a sílica e assim reduz a quantidade de Si superficial. No grupo MD-S a silanização resultou em uma multi-camada de espessura uniforme excedendo a profundidade de análise do ESCA. Os autores concluíram que esses achados explicam os resultados *in-vitro*, mostrando que a silanização das amostras In-Ceram jateadas não proporciona uma união alta e estável à resina BIS-GMA, porém a mesma é atingida pela cobertura triboquímica de sílica do In-Ceram (RO).

Sano et al.⁵⁶ (1994) avaliaram a resistência à tração e o módulo de elasticidade de dentina mineralizada e desmineralizada humana e bovina, por meio de ensaios de microtração. A partir de dentes

humanos e bovinos foram obtidas amostras de dentina com dimensões de 4x0,5x0,5mm, com área adesiva de 0,25mm², que foram divididas em um grupo de dentina mineralizada e em outro que, após quatro dias de imersão em solução de EDTA (0,5M), tornou-se o grupo de dentina desmineralizada. As amostras foram aderidas ao dispositivo de ensaio mecânico de tração (Bencor-Multi-T, Danville Engineering Co. Danville, CA, USA) com adesivo de cianoacrilato para realização do teste de microtração com velocidade de 1mm/min. Os valores obtidos em tração com dentina mineralizada humana e bovina foram estatisticamente semelhantes (104 ± 27 MPa e 91 ± 19 MPa, respectivamente). Os módulos de elasticidade de dentina mineralizada, humana e bovina, foram semelhantes, variando entre 13 e 15 GPa. Com a dentina desmineralizada, na resistência à tração não ocorreram diferenças significantes entre a humana ($32 \pm 7,5$ MPa) e a bovina (26 ± 11 MPa), e tão pouco com os módulos de elasticidade (0,25 e 0,26 GPa). Os resultados indicaram que a contribuição do colágeno para a resistência à tração da dentina mineralizada é de aproximadamente 30%. Com relação à metodologia de microtração o autor justifica sua utilização como apropriada, pois nesse trabalho foram testadas, como grupo controle, amostras de alumínio com mesmas dimensões obtendo-se valores semelhantes aos já existentes como padrão em metalurgia.

Testes de cisalhamento são largamente utilizados para obtenção de valores de resistência adesiva entre dentina e sistemas adesivos. O teste de cisalhamento seria de fácil aplicação prática, porém tem sido desqualificado por ser incapaz de avaliar apropriadamente a interface adesiva, haja vista que a distribuição de tensões internas solicitaria principalmente o substrato e não a área de união. O teste de tração pura é de execução criteriosa pela dificuldade de conformação e apreensão da amostra para manter um alinhamento correto de forças. Devido a isso, Sano et al.⁵⁷ (1994) avaliaram por meio da metodologia de microtração a relação entre a área da superfície de colagem e a

resistência à tração de materiais adesivos. Foram utilizados molares não irrompidos. O esmalte oclusal foi removido por um corte transversal ao longo eixo; os materiais aplicados (Clearfil Liner Bond 2, ScotchBond Multi Purpose e Vitremer) receberam uma cobertura de resina composta ou ionômero de vidro de 3 a 5mm de altura. Foram obtidas fatias de cortes paralelos ao longo eixo com espessura variando de 0,5 a 3,0mm que, desgastadas lateralmente, formaram uma curva com a parte mais estreita coincidindo com a junta adesiva. As áreas de colagem foram calculadas pela largura e espessura das amostras que apresentaram aproximadamente 0,5 por 0,5mm a 3 por 3mm. As fatias assim preparadas foram coladas com adesivo de cianoacrilato ao dispositivo de tração (Bencor-Multi-T, Danville Engineering Co. Danville, CA, USA) apenas por um dos lados. Os resultados apresentaram uma relação inversa entre área de colagem e resistência à tração. Para áreas de superfície de colagem abaixo de 0,4mm² os valores foram: Clearfil Liner Bond 2 - 55 MPa; ScotchBond Multi Purpose - 38 MPa; Vitremer - 20 MPa. As áreas para o Clearfil Liner Bond 2 variaram de 0,25mm² a 11,65mm² e fraturas coesivas em dentina aconteceram em todas as amostras com área maior do que 7,17mm²; entre 2,31 e 7,17mm² encontraram fraturas coesivas na dentina e falhas adesivas; em áreas menores que 2,31mm², apenas falhas adesivas. Para o ScotchBond Multi Purpose as áreas variaram de 0,45 a 4,95mm² e todas as falhas foram adesivas. Com o Vitremer ocorreram muitas falhas coesivas no material. Os autores creditaram o fato das áreas menores produzirem valores maiores de resistência à tração à menor incidência de defeitos e recomendaram que, para ensaios utilizando a mesma metodologia, áreas de 1,6 a 1,8mm² sejam usadas, por terem apresentado pouca dispersão nos resultados e produzido falhas adesivas na maioria das amostras.

Watanabe & Nakabayashi⁶⁹ (1994) revisaram a literatura a fim de avaliar os métodos mais utilizados para obtenção dos valores de resistência adesiva à dentina. As metodologias de tração e cisalhamento

foram estudadas e verificou-se que nos testes de tração o ponto mais frágil rompe primeiramente, tornando-se um teste útil no estudo do mecanismo de adesão. Nos testes de cisalhamento, embora mais usados, a ruptura nem sempre ocorre no ponto mais frágil, pois começa no ponto em que a lâmina produz um esforço de cisalhamento perpendicular. Além dos tipos de testes utilizados, foram abordados outros fatores que podem afetar a resistência de união, tais como: substrato dentinário, condições de armazenagem e ciclagem térmica. Concluíram também que é muito difícil explicar e discutir a adesão à dentina e às áreas com diferentes métodos de condicionamento superficial baseando-se somente nos valores de resistência, fazendo-se necessária uma análise por microscopia eletrônica.

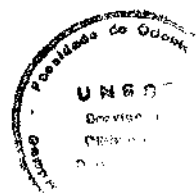
Della Bona & Van Noort¹⁵ (1995) questionaram a validade do teste de resistência ao cisalhamento devido às várias pesquisas realizadas sobre a união entre resina composta e cerâmica relatarem uma incidência de fraturas coesivas maior do que na interface adesiva. Dessa forma realizaram um trabalho no qual as amostras apresentavam geometria e áreas superficiais idênticas. No grupo A um cilindro de resina foi aderido sobre uma base de cerâmica; no grupo B realizou-se o inverso, ou seja, um cilindro de cerâmica foi aderido sobre uma base de resina. Sobre a cerâmica foram aplicados ácido fluorídrico, silano, adesivo e resina composta. No grupo C, confeccionou-se um cilindro de resina composta que foi ensaiado como um corpo-de-prova inteiro. O teste de cisalhamento foi realizado, e também uma análise por elementos finitos, para verificar a distribuição de tensões. Os valores obtidos no grupo A foram significativamente menores que os dos grupos B e C (semelhantes entre si). No grupo A, ocorreram falhas adesivas na interface e fraturas coesivas na base de cerâmica. No grupo B, 80% das falhas foram coesivas na base de resina, e no grupo C, todas as falhas foram coesivas na base de resina. O padrão de tensões para a geometria do corpo-de-prova foi altamente não uniforme, ocorrendo um máximo de tensões de

tração próximo do ponto de aplicação da carga. Ensaio de resistência à tração foram realizados com finalidade comparativa. Utilizaram bastões de níquel-cromo e em uma das extremidades foi aplicada porcelana (2mm altura por 3,45mm de diâmetro). Os bastões foram fixados e alinhados para a colagem entre as pontas: ácido fluorídrico (grupo 1) ou fluorfosfato acidulado (grupo 2); silano, adesivo e resina composta. Os grupos não apresentaram diferenças significantes. Todas as amostras, em ambos os grupos, fraturaram na interface adesiva. O estudo mostrou que ocorreram diferenças significantes frente a esforços de cisalhamento, atribuídas exclusivamente à distribuição interna de tensões, determinada pela natureza e posicionamento dos materiais envolvidos, pois a geometria e interfaces eram idênticas. Pelas fraturas, predominantemente coesivas na base do material, os autores consideraram que o referido teste não avalia a real capacidade adesiva, sendo o teste de tração mais representativo para mensurar a resistência da união colada.

Isidor et al.²³ (1995) avaliaram a resistência adesiva entre 12 combinações de tratamentos de superfície da cerâmica infiltrada por vidro In-Ceram e dois cimentos resinosos (Bis-GMA - Twinlook e monômero fosfato - Panavia EX). Pares de amostras de In-Ceram foram cimentadas entre si após terem uma de suas faces condicionadas com os seguintes tratamentos: (A) - jateamento com Al_2O_3 (50 μ m) / Twinlook; (B) - jateamento com Al_2O_3 (250 μ m) / Twinlook; (C) - jateamento com Al_2O_3 (250 μ m) / Panavia EX; (D) irregularidades superficiais / condicionamento com ácido sulfúrico 70% por 2mins / Twinlook; (E) - condicionamento com ácido sulfúrico 70% por 2mins / Twinlook; (F) - condicionamento com ácido sulfúrico 70% por 2mins / Silicoup / Twinlook; (G) - jateamento com Al_2O_3 (50 μ m) / Silicoup / Twinlook; (H) - jateamento com Al_2O_3 (250 μ m) / Silicoup / Twinlook; (I) - jateamento com Al_2O_3 (50 μ m) / Método Silicoater MD / Twinlook; (J) - jateamento com Al_2O_3 (250 μ m) / Método Silicoater MD / Twinlook; (K) - jateamento com Al_2O_3 (250 μ m) / Método Silicoater MD /

Opaco / Twinlook; (L) - jateamento com Al_2O_3 ($250\mu\text{m}$) / Método Silicoater MD / Opaco / contaminação com vaselina / Twinlook. Após a cimentação as amostras foram armazenadas em água a 37°C por uma semana e em seguida submetidas a 1000 ciclos térmicos entre 15 e 60°C . Os ensaios de tração foram realizados em máquina de ensaio universal com velocidade de 10mm/min. Os maiores valores de resistência adesiva foram obtidos pelos grupos C e J (22MPa e 23.9MPa, respectivamente). Segundo os autores, os condicionamentos com ácidos e criação de irregularidades não promovem valores de resistência adesiva clinicamente aceitáveis. A associação de jateamento com Al_2O_3 com ou sem agente silanizador mais cimento resinoso com Bis-GMA promoveu valores de resistência adesiva significativamente menores que os do grupo C e J.

O fato de condicionamentos ácidos não serem indicados para promover uma união estável entre a superfície de cerâmicas aluminizadas e cimentos resinosos levaram Kern & Thompson³⁰ (1995) a avaliar a durabilidade de métodos alternativos de união adesiva ao sistema cerâmico In-Ceram. Para isso discos de cerâmica In-Ceram foram condicionados com seis sistemas de adesão e cimentados, sob carga constante de 750g, à superfícies de resina composta contida no interior de tubos de plástico. Os corpos-de-prova foram armazenados em solução de saliva artificial isotônica e termociclados. Cada um dos seis grupos formados foi dividido em três subgrupos de acordo com os períodos de armazenagem em água destilada e ciclagem térmica que variaram da seguinte maneira: um dia sem ciclagem térmica, trinta dias associados a 7500 ciclos térmicos (5 e 55°C – 30 segundos cada banho) e 150 dias associados a 37500 ciclos térmicos (5 e 55°C – 30 segundos cada banho). Testes de tração foram realizados em máquina de ensaio universal com velocidade constante de 2mm/min. Os resultados mostraram que jateamento com óxido de alumínio ou o uso adicional de silano isoladamente não resultaram em união duradoura de uma resina convencional, à base de BIS-GMA, à cerâmica estudada. Após 150 dias



de armazenagem, uma adesão durável ao In-Ceram foi alcançada com a combinação da cobertura triboquímica de sílica (Rocatec) e resina composta BIS-GMA convencional ou de jateamento com óxido de alumínio à utilização de resina composta modificada por monômero de fosfato (Panavia Ex). Esses dois métodos de adesão mecânico-química mostraram-se adequados para a realização da adesão às restaurações de In-Ceram na clínica diária, sendo os únicos grupos que não registraram decréscimo substancial na resistência adesiva em longo prazo.

Kitasako et al.³² (1995) compararam os métodos de tração e cisalhamento avaliando cinco tipos de cimentos resinosos. Os testes foram realizados usando esmalte e dentina bovina como substrato para cada cimento avaliado. Cilindros de resina composta foram cimentados às superfícies dentárias preparadas. Os testes de resistência adesiva foram realizados 24 horas após a cimentação. Os resultados foram significativamente diferentes entre os dois métodos para todos os cimentos e esmalte e três dos cinco cimentos quando unidos à dentina. Os maiores valores de resistência adesiva foram obtidos quando utilizou-se o teste de cisalhamento. Os autores concluíram que são necessários mais estudos, a fim de estabelecer um método para avaliação de resistência adesiva mais apropriado.

Pashley et al.⁵⁰ (1995) discutiram em uma revisão da literatura os fatores que influenciam sobre os valores obtidos em testes de união de adesivos dentinários. Estes fatores são: substrato dental, variáveis de condicionamento da dentina, armazenagem e metodologias de ensaios mecânicos. Sobre cada fator foram discutidos alguns detalhes que podem influenciar nos resultados. Assim, quando molares inclusos forem usados no teste, tal condição deve ser especificada, pois são altamente permeáveis, ao contrário do que ocorre clinicamente, onde a maioria das adesões realiza-se em dentes previamente restaurados ou cariados, e apresentam uma dentina esclerosada. Quanto aos testes,

foram mencionados os qualitativos (para estudar se ocorreu ou não colagem e o tipo de fratura) e os quantitativos (que visam a determinação da resistência à fratura). Os testes de mais fácil realização são os de cisalhamento com grande tendência a desenvolver componentes de dobramento e com uma distribuição não uniforme de tensões. Os de tração desenvolvem, teoricamente, tensões mais uniformes se houver um alinhamento correto entre as partes. Baseados nesses fatos, os autores analisam o teste de microtração desenvolvido por Sano et al. (1994) citando suas vantagens e desvantagens em relação a outras metodologias empregadas em ensaios mecânicos. Enfim, chamaram a atenção para a necessidade de padronização (que só não é possível no substrato) de vários passos do processo e dos testes.

Awliya et al.⁶ (1996) avaliaram a resistência adesiva ao cisalhamento de quatro agentes cimentantes à superfície da cerâmica Procera AllCeram tratada com jateamento de Al_2O_3 ($50\mu\text{m}$). Quarenta corpos-de-prova de Procera foram jateados com Al_2O_3 ($50\mu\text{m}$) sob pressão de 80psi. Os corpos-de-prova foram divididos em quatro grupos de dez amostras e cimentados com os seguintes cimentos: Empress; C&B Metabond; Enforce e Panavia 21. Os agentes cimentantes foram aplicados de acordo com as recomendações do fabricante. Após armazenagem em água à temperatura ambiente, os corpos-de-prova foram ensaiados em máquina de ensaios Instron com velocidade de 0.5mm/min. As médias de resistência adesiva ao cisalhamento (MPa) e desvios padrões para cada grupo foram: a) Empress: 8.8 ± 2.9 ; b) C&B Metabond: 10.7 ± 1.5 ; c) Enforce: 11.9 ± 3.1 ; d) Panavia 21: 16.8 ± 4.0 . Os resultados mostraram que o cimento Panavia 21 apresentou valores maiores de resistência ao cisalhamento, com diferença estatística significativa em relação aos outros três cimentos. Não houve diferença estatística entre os valores dos outros três cimentos.

Blixt et al.⁹ (1996) avaliaram a resistência adesiva ao cisalhamento de quatro cimentos à superfície da cerâmica aluminizada

Procera Allceram, submetida a três métodos de tratamento superficial: a) sem tratamento; b) jateada com óxido de alumínio; c) cobertura com sílica – Sistema Rocatec. Cilindros de Procera AllCeram, tratados com os três métodos de condicionamento, foram cimentados às superfícies em dispositivo para cisalhamento com cimento de fosfato de zinco, dois cimentos de ionômero de vidro e um cimento resinoso dual. As superfícies cerâmicas foram avaliadas em microscopia eletrônica de varredura antes e após a cimentação, verificando-se diferenças na textura superficial entre os tipos de condicionamentos aplicados. Os resultados indicaram que a associação entre a cerâmica condicionada com o sistema Rocatec e cimento resinoso dual apresenta valores de resistência adesiva significativamente maiores que os apresentados pelos outros dois tipos de condicionamento e os outros cimentos utilizados. Os autores concluem que os métodos de condicionamento superficiais utilizados podem ser os responsáveis pelas diferenças entre os valores de resistência adesiva.

Yoshiyama et al.⁷⁴ (1996) utilizaram o método de microtração para mensurar a resistência da união adesiva, em diferentes regiões do dente, de dois adesivos (All Bond 2 e Imperva Bond). Foram removidos o esmalte e cimento da face vestibular de dentes caninos, expondo várias regiões da dentina: coronária, cervical, mediana da raiz e apical. Os adesivos foram aplicados e, sobre eles, uma camada de resina composta. Os dentes foram seccionados em ângulo reto ao longo eixo, em 16 fatias com espessura média de 0,75mm. A região correspondente à junta adesiva foi desgastada para fornecer áreas de colagem com 0,95 a 1,05mm². As fatias foram coladas com adesivo de cianoacrilato ao dispositivo de tração (Bencor-Multi-T, Danville Engineering Co. Danville, CA, USA) e ensaiadas em uma máquina de teste Instron com velocidade de 1mm/min. O All Bond 2 apresentou o maior valor 23,5 MPa em dentina coronária e apical mas a resistência foi menor na região cervical radicular. Imperva Bond produziu colagens de resistências semelhantes e relativamente altas em todas as regiões.

Zeng et al.⁷⁵ (1996) avaliaram a resistência flexural da cerâmica aluminizada densamente sinterizada de alta pureza (Procera AllCeram), utilizando três metodologias diferentes, porém todas seguindo as recomendações da International Organization for Standardization (ISO) nº 6872: a) teste dos três pontos; b) teste do anel sobre anel; c) teste biaxial com ponta esférica e três esferas. Também foram avaliadas as resistências flexurais da cerâmica aluminizada infiltrada por vidro In-Ceram e da cerâmica reforçada por leucita IPS-Empress. O sistema cerâmico Procera AllCeram apresentou valores médios de resistência flexural (600MPa) maiores em relação às cerâmicas In-Ceram (440MPa) e IPS-Empress (120MPa).

Shono et al.⁵⁹ (1997) investigaram a hipótese de haver uma relação inversa entre o valor da resistência adesiva de esmalte-resina e a dimensão da área de união e se existiam diferenças nesses valores de adesão em diferentes regiões da coroa dental (terço oclusal, terço médio e terço cervical). Terceiros molares humanos hígidos tiveram suas faces vestibulares e linguais de oclusal à cervical condicionadas com os sistemas adesivos Clearfil Liner Bond 2 ou Scotchbond Multi-Purpose Plus. Incrementos de resina composta de 1mm de espessura foram aderidos sobre os adesivos até obter-se 4mm de altura. Após armazenagem em água por 24 horas, cortes foram realizados obtendo-se fatias de 1mm de espessura. Essas fatias foram novamente seccionadas em corpos-de-prova que apresentavam áreas adesivas de 0.5 a 3.0mm². Para avaliar as resistências adesivas nas diferentes áreas foram utilizados corpos-de-prova com 1mm² de área adesiva. Para verificar a relação entre dimensão da área adesiva e valor de resistência adesiva foram ensaiados corpos-de-prova obtidos a partir do terço oclusal com áreas adesivas variando entre 0.5 e 3.0mm². Todos os corpos-de-prova foram colados com adesivo de cianoacrilato ao dispositivo de tração (Bencor-Multi-T, Danville Engineering Co. Danville, CA, USA) e ensaiados em máquina de ensaio Instron com velocidade de 1mm/min. Os resultados

evidenciaram que há uma relação inversa entre a dimensão da área adesiva e os valores de adesão, ou seja, verificou-se que áreas de união menores apresentaram maiores valores de resistência adesiva. Por fim, os corpos-de-prova obtidos do terço oclusal apresentaram os maiores valores de resistência adesiva entre esmalte e resina.

Sulaiman et al.⁶⁵ (1997) avaliaram *in vitro* a adaptação marginal de coroas totais fabricadas a partir de três sistemas totalmente cerâmicos (In-Ceram, Procera AllCeram e IPS Empress). Um modelo mestre simulando o preparo para receber uma coroa total em um incisivo central superior foi confeccionado em liga metálica (Rexillium, Jeneric Pentron). Trinta modelos em gesso tipo IV foram obtidos a partir desse modelo mestre e dez coroas de cada sistema foram confeccionadas segundo as normas técnicas de cada fabricante. A adaptação marginal de cada restauração foi avaliada sob microscópio digital com aumento de 225x (Nikon SMZ-U, Nikon). Os resultados mostraram médias de desadaptação de 62,77µm para IPS Empress, 82,88µm para Procera e 161µm para In-Ceram. Concluiu-se que os sistemas Procera AllCeram e IPS Empress encontram-se dentro dos limites de aceitação clínica de discrepâncias marginais (120µm).

Versluis et al.⁶⁸ (1997) desenvolveram um programa simulador para determinar falhas localizadas e confrontaram os resultados da simulação com os de um experimento paralelo, no qual foi usado o adesivo ScotchBond Multi Purpose. Todas as variáveis usadas em testes de adesão à dentina foram incluídas na simulação. Nos resultados confrontados, a simulação confirmou que as fraturas coesivas observadas em dentina são devidas, em parte, à mecânica do teste e não necessariamente um indicativo de que a resistência adesiva seja maior do que a resistência coesiva da dentina.

Andersson et al.² (1998) elaboraram uma revisão da literatura avaliando dados de vários estudos clínicos e laboratoriais sobre o sistema de coroas totais Procera AllCeram. Dentre os temas abordados

descreveram aspectos clínicos e laboratoriais da confecção das coroas Procera, avaliaram aspectos como resistência à fratura, estabilidade de cor, estética, resistência ao desgaste, precisão de adaptação marginal, cimentação e biocompatibilidade. Embora sua indicação apresente prognóstico favorável para reabilitações com coroas unitárias para dentes anteriores e posteriores, os autores sugerem que pesquisas promovam melhora em suas propriedades mecânicas para que o sistema seja indicado em reabilitações com próteses parciais fixas anteriores e posteriores.

Armstrong et al.⁵ (1998) avaliaram por meio do teste de microtração a resistência adesiva de dois sistemas adesivos. Foram contruídas sobre superfícies de dentina blocos de resina composta Prodigy associado aos sistemas adesivos All Bond 2 e Optibond FL. O conjunto resina/dente foi seccionado perpendicularmente à área adesiva obtendo-se fatias. Essas foram desgastadas em forma de ampulheta até se conseguir uma área quadrangular na região adesiva com $0,5\text{mm}^2$. As amostras foram coladas com adesivo de cianoacrilato ao dispositivo de tração e ensaiadas com velocidade de 1mm/min em máquina de teste universal. Os resultados apresentaram média de resistência adesiva de $40,7 \pm 9$ MPa e $34 \pm 7,7$ MPa respectivamente para o sistema adesivo All Bond 2 e OptiBond FL. Concluiu-se que não houve diferença estatística significativa entre os dois sistemas adesivos quanto à resistência a tração.

Awliya et al.⁷ (1998) avaliaram a resistência adesiva entre um cimento resinoso e a superfície da cerâmica aluminizada densamente sinterizada Procera AllCeram após quatro diferentes tratamentos de superfície. Quarenta cilindros de cerâmica Procera com 6mm de diâmetro e 8mm de comprimento foram envolvidos com gesso dentro de uma matriz metálica para realização de ensaios de cisalhamento. Os corpos-de-prova foram divididos em quatro grupos. Em cada grupo uma das superfícies de 6mm de diâmetro, que ficou exposta, foi condicionada da seguinte maneira: a) ácido hidrofúorídrico 9.6% por 2 min; b) jateamento

com Al_2O_3 ($50\mu\text{m}$) por 15 segundos; c) asperização com ponta diamantada e condicionamento com ácido fosfórico 37% por 2 min; d) sem condicionamento (grupo controle). Moldes de alumínio com 4mm de diâmetro, após a silanização das superfícies cerâmicas com silano do sistema Enforce (Dentsply Caulk, USA) foram aderidos a elas com o cimento resinoso do mesmo sistema. Após armazenagem em água por sete dias, os testes de cisalhamento foram realizados em máquina de ensaios Instron com velocidade de 0.5mm/min. Os resultados mostraram que o grupo jateado com Al_2O_3 ($50\mu\text{m}$) foi significativamente melhor que os outros grupos. Os autores concluíram que condicionamentos ácidos de superfícies de cerâmicas aluminizadas não melhoram os valores de resistência adesiva.

Cardoso et al.¹³ (1998) avaliaram e compararam a resistência de união de três sistemas adesivos (Single Bond; Scotchbond MP; Etch & Prime 3,0), utilizando as seguintes metodologias: microtração, cisalhamento e tração convencional. Com o ensaio de microtração (área de $0,25\text{mm}^2$), obtiveram uma resistência de união média de 31,69 MPa, com o de cisalhamento (área circular com 3mm de diâmetro) alcançaram uma média de 9,68MPa e finalmente, com o ensaio de tração convencional com área semelhante a do ensaio de cisalhamento, obtiveram uma resistência de união de 6,85MPa. Os valores de resistência obtidos pelo método de microtração foram significativamente diferentes dos obtidos pelos outros dois métodos. Não ocorreram diferenças significantes entre as médias dos grupos ensaiados por cisalhamento e tração convencional.

Kern & Strub²⁶ (1998) avaliaram clinicamente 17 próteses parciais fixas adesivas e contenções em cerâmica aluminizada In-Ceram que previamente à cimentação com cimento resinoso Panavia EX ou TC tiveram suas áreas de colagem tratadas com cobertura triboquímica de sílica (Rocatec). Os pacientes retornaram a cada 6 meses para avaliação das restaurações em relação à função ou possíveis falhas. Em um

período de observação de $3,8 \pm 1,6$ anos algumas fraturas ocorreram. Entretanto, a união adesiva entre o dente e a cerâmica aluminizada sempre permaneceu estável. Foi observado que o tratamento com cobertura de sílica sobre a cerâmica aluminizada In-Ceram resultou em união adesiva durável com o cimento resinoso de até 5 anos.

Kern & Wegner³¹ (1998) avaliaram a efetividade de sete métodos de adesão (condicionamento de superfície/agente cimentante) à superfície da cerâmica de zircônia sob os efeitos de armazenagem em água destilada e ciclagem térmica. Discos de zircônia estabilizada com óxido de ítrio foram unidos à resina composta contida em tubos com 3.3mm de diâmetro de abertura após os seguintes tratamentos de adesão de sua superfície: Sand: jateamento com Al_2O_3 + cimento resinoso (BisGMA); SIL: jateamento com Al_2O_3 + silano + cimento resinoso (BisGMA); ROC: sistema Rocatec + cimento resinoso (BisGMA); KEV: Kevloc primer + Kevloc bond + resina composta; PAN: jateamento com Al_2O_3 + Panavia EX (monômero modificado); PAN 21: jateamento com Al_2O_3 + Panavia 21 (Panavia EX – MDP); DYR: jateamento com Al_2O_3 + Dyract Cem. Todos os grupos, previamente à realização dos ensaios de tração, foram armazenados e termociclados com períodos de três e 150 dias e 37500 ciclos térmicos entre 5 e 55°C com banhos intercalados a cada 30 segundos. Os resultados indicaram que somente os grupos PAN e PAN 21 mantiveram seus valores de resistência adesiva elevados após 150 dias de armazenagem em água e de ciclagem térmica. O tratamento com cobertura de sílica (grupo ROC) não apresentou estabilidade de união adesiva, diminuindo de 29.2MPa para 12.8MPa.

May et al.³⁹ (1998) avaliaram a precisão de adaptação de coroas totais do sistema Procera AllCeram. Para isso, simularam em modelos de resina, cinco preparos para coroas totais com 10 graus de ângulo de convergência, terminação em chanfro com 1,5mm e redução oclusal de 2mm. As coroas foram cimentadas sobre os modelos com silicone de adição (Extrude light-bodied, Kerr). Após a polimerização do

material, as coroas foram removidas dos preparos e a área coberta pelo silicone, representando a topografia interna da superfície da coroa, foi mensurada por meio de um digitalizador a laser. Os dados obtidos mensuravam em três dimensões o espaço entre a coroa e o modelo. A média das distâncias dos vários pontos medidos entre as coroas e os preparos foi menor que 70 μ m. A partir desses dados, concluiu-se que a adaptação marginal do sistema Procera AllCeram encontra-se dentro de padrões aceitáveis clinicamente.

Nakabayashi et al.⁴³ (1998) propuseram um teste de tração com corpos-de-prova de dimensões reduzidas para avaliar a resistência de união adesiva em dentina e verificar sua influência sobre o tipo de falha de união. Utilizaram terceiros molares não irrompidos; a porção oclusal da coroa foi removida por um corte transversal e a superfície dentinária condicionada com ácido (solução 10-3) durante 10, 30 e 60s. Aplicou-se o adesivo (4-META/MMA-TBB), sobre o qual foi unida uma barra de resina acrílica de 12 por 12 por 15mm de altura. As peças foram seccionadas verticalmente à interface, em fatias de 2mm de espessura. As melhores fatias foram escolhidas e desgastadas em curvas suaves na região central até adquirirem o formato de halteres, com 7mm por 2mm na interface adesiva. As amostras foram coladas com adesivo de cianoacrilato pelos dois lados a um dispositivo especialmente confeccionado para realizar os testes de tração, deixando livre a região da interface com uma abertura de 2,7mm. Uma perfuração na resina e outra na região do dente permitiram a introdução de pinos para apreensão do dispositivo à máquina de ensaio universal de tração a fim de serem ensaiadas com velocidade de 1mm/min. As amostras condicionadas por 10s apresentaram, em média 24MPa, resultados significativamente maiores do que com 30s (14MPa) e 60s (12MPa). No grupo dos 10seg as fraturas foram coesivas no adesivo. No grupo dos 30s, coesivas no adesivo e na dentina desmineralizada e, no grupo dos 60s, coesivas na dentina desmineralizada. Os autores ressaltaram a importância da

geometria das amostras, pois orientaram as tensões para a região mais estreita (interface), onde as fraturas se iniciam. Tal situação foi detectada por microscopia eletrônica de varredura e de transmissão. Consideraram o método vantajoso por eliminar grande parte das fraturas coesivas na resina ou dentina, observadas na maioria dos testes de tração convencionais. Consideraram interessantes as amostras com secção transversal de (7mm/2mm) por fornecerem valores representativos de grandes áreas de dentina; entretanto, pela dificuldade de obtenção, sugeriram amostras menores (3mm/2mm).

Oden et al.⁴⁵ (1998) avaliaram clinicamente, por um período de cinco anos, cem coroas totais confeccionadas com Procera AllCeram em 58 pacientes. Essa avaliação baseou-se nas normas de qualidade da Associação Dental da Califórnia. Após esse período apenas três coroas posteriores apresentaram fratura tanto da infra-estrutura como da cerâmica de cobertura. Todas as coroas remanescentes apresentavam-se com excelentes ou aceitáveis condições clínicas de desgaste superficial, estabilidade de cor, forma anatômica e adaptação marginal. Esses resultados indicam que o sistema Procera AllCeram pode ser utilizado com segurança em todos os quadrantes da boca por períodos de cinco anos ou mais.

Phrukkanon et al.⁵³ (1998) estudaram a influência da área de colagem sobre a resistência de união à dentina de quatro sistemas adesivos utilizando os métodos de microtração e microcisalhamento. Dentes molares humanos tiveram sua porção oclusal removida para, em seguida, serem seccionados longitudinalmente: metade do dente para os testes de tração e a outra para os de cisalhamento. Sobre a dentina preparada com lixa nº 600, foram aplicados os adesivos: ScotchBond Multi Purpose, OptiBond FI, OptiBond Solo e One-Step. A resina composta (Silux Plus) foi aderida formando um bloco de 3mm de largura por 5mm de altura e 9mm de comprimento. Os blocos compósito/dentina foram cortados verticalmente obtendo-se barras com secção transversal

quadrada que, desgastadas, atingiram a conformação cilíndrica, para os ensaios de cisalhamento, e de conformação em ampulheta, para os de tração, com diâmetros de 1,2, 1,4 e 2mm para ambas situações. Com dispositivos especificamente desenvolvidos (Bencor-Multi-T, Danville Engineering Co. Danville, CA, USA), realizaram os ensaios mecânicos. Com relação à área, as médias de retentividade, obtidas com o grupo de 1,2mm de diâmetro foram significativamente maiores que as do grupo com 2mm e semelhantes às do grupo com 1,4mm. Com relação ao tipo de teste, o de cisalhamento apresentou valores significativamente maiores apenas entre 1,2 e 2mm, e somente com o OptiBond Solo. A maioria das amostras de 1,2 e 1,4mm apresentou falhas adesivas entre dentina e adesivo.

Phrukkanon et al.⁶⁴ (1998) avaliaram a influência do formato (cilíndrico ou retangular) e do tamanho da superfície de colagem sobre a resistência à microtração e a distribuição de tensões de quatro sistemas adesivos (ScotchBond Multi Purpose Plus, OptiBond Fl, OptiBond Solo e One-Step). Foram cortados molares humanos no sentido longitudinal. Uma das metades foi usada para preparar as amostras retangulares, a outra para as cilíndricas. O esmalte foi removido, os adesivos aplicados e cobertos por uma camada de resina (9 x 3mm de área e 5mm de altura). Os conjuntos foram novamente seccionados longitudinalmente e usinados até atingirem o formato de ampulheta, com áreas $1,1\text{mm}^2$, $1,5\text{mm}^2$ e $3,1\text{mm}^2$ na interface. As amostras foram montadas em dispositivo de tração (Bencor-Multi-T, Danville Engineering Co. Danville, CA, USA) e levadas à máquina de ensaios. Com relação ao formato, os resultados obtidos não mostraram diferença estatística em qualquer grupo. Análise de elementos finitos foi realizada comparando-se a influência do formato das áreas adesivas das amostras (cilíndrica e retangular), sendo que não se encontrou diferença estatística entre elas. Com relação às dimensões das áreas, os valores obtidos com $1,1\text{mm}^2$

foram maiores que aqueles $3,1\text{mm}^2$. Os valores de resistência obtidos com áreas de $1,1\text{mm}^2$ e $1,5\text{mm}^2$ não foram diferentes significativamente.

Prestipino et al.⁵⁵ (1998) descreveram o sistema de coroas totais Procera AllCeram, apresentando suas características físicas e estruturais bem como os passos clínicos e laboratoriais de sua confecção. Baseados em estudos que avaliaram clinicamente o sistema Procera AllCeram, os autores concluíram que se trata de um sistema cerâmico que pode ser indicado com êxito em restaurações unitárias anteriores e posteriores.

Schreiner et al.⁵⁶ (1998) compararam os resultados de resistência de união à dentina de cinco sistemas adesivos obtidos pelo método da microtração e cisalhamento. Após a aplicação do adesivo e da resina composta os dentes foram cortados no sentido longitudinal, em fatias com 1mm de espessura. As laterais das fatias, na região da interface, foram desgastadas, ficando paralelas entre si até o corpo-de-prova alcançar a área de $1,7\text{mm}^2$. Para o teste de cisalhamento foi utilizado um cilindro com 3,4mm de diâmetro. Na análise de variância, os valores de resistência obtidos pela microtração foram significativamente maiores do que os obtidos por cisalhamento. Os tipos de fratura foram observados por microscopia eletrônica de varredura. Com a microtração ocorreram falhas no próprio adesivo e falhas adesivas entre o adesivo e a resina composta, e apenas em uma amostra, entre dentina e adesivo. Nos testes de cisalhamento foi verificado um número significativamente maior de falhas coesivas em dentina e resina composta do que no método de microtração.

Bianchi⁸ (1999), consultando a literatura, mostrou que ainda não foi significativamente estudado o efeito da geometria do corpo-de-prova na metodologia de microtração, motivo que levou à proposição de avaliar a resistência à fratura de corpos-de-prova freqüentemente usados em testes de microtração, em função: da espessura (cinco espessuras); da forma do entalhe do pescoço (agudo ou arredondado), da

largura do pescoço (duas larguras), do modo de apreensão do corpo-de-prova na garra tracionadora (fixação por um ou dois lados). O dispositivo utilizado para os testes de microtração foi um paquímetro modificado que permitiu um alinhamento adequado dos corpos-de-prova em relação ao eixo de aplicação da força de tração. Os resultados permitiram concluir que corpos-de-prova com formato simétrico e áreas de união menores ou iguais a 1mm^2 fornecem valores de resistência adesiva mais representativos.

Brunton et al.¹² (1999) avaliaram clinicamente as qualidades e vantagens do sistema Procera Allceram e afirmaram que esse sistema é indicado para ser usado em dentes anteriores e posteriores. Eles descreveram o processo de fabricação do Procera e afirmaram que a subestrutura desse material possui uma ótima adaptação marginal (menor que $70\mu\text{m}$) e promove o mínimo desgaste dos dentes antagonistas, mesmo quando o material do coping for exposto, pois esse é passível de ser polido. Além disso os autores enfatizaram uma excelente estabilidade de cor e efeito de "mascaramento" desse material restaurador. Para a cimentação das coroas de Procera, os mesmos sugeriram o uso de: cimentos de fosfato de zinco, cimento de ionômero de vidro e cimentos resinosos. Descreveram a superfície interna de alumina como sendo microscopicamente rugosa e comentam que o condicionamento ácido não promoveria ganho de adesão a essa superfície. Eles recomendaram o uso de jateamento interno das peças e aplicação de agente de ligação silano para otimizar a adesão. Os autores sugeriram que o cimento Panavia 21 seria o cimento de eleição para a cimentação de coroas de Procera e que mais estudos sejam feitos com a finalidade de explorar todas as possibilidades de uso desse sistema cerâmico livre de metal.

Leibrock et al.³⁵ (1999), apresentando um estudo em que foi avaliada a resistência ao cisalhamento de sistemas de reparo em porcelana sob ciclagem térmica e mecânica, sugeriram, como

metodologia de ciclagem térmica, 2400 ciclos em água entre 5 e 55°C com intervalos de 30s em cada banho, que clinicamente, segundo os autores, simularia o tempo clínico de dois anos em cavidade oral.

Pashley et al.⁵¹ (1999) revisaram a literatura a respeito da utilização da metodologia de microtração, fazendo uma análise de suas vantagens técnicas e das modificações que surgiram desde sua preconização por Sano et al.⁵⁷ em 1994. Dentre as vantagens sugeridas no princípio de sua utilização, os autores citaram: melhor distribuição de tensões sobre as áreas de união dos corpos-de-prova, maior ocorrência de falhas adesivas em áreas com dimensões médias de 1mm², padronização dos substratos avaliados, facilidade de estudo ao microscópio eletrônico e avaliação de substratos de dimensões reduzidas. Além dessas vantagens, os autores descreveram novos testes que podem avaliar: resistências adesivas entre diferentes regiões de um mesmo dente (oclusal, paredes proximais, e raiz), resistências adesivas de retentores intra-radiculares às paredes dentais no interior das raízes e resistências adesivas de uma mesma restauração às diferentes paredes que compõem um preparo cavitário. Dessa forma, os autores concluíram que a metodologia da microtração oferece uma versatilidade que não pode ser obtida por metodologias convencionais de cisalhamento e tração e que, embora seja mais trabalhosa em sua realização, é a metodologia que tende a oferecer valores mais confiáveis de resistência adesiva.

Shono et al.⁶⁰ (1999) desenvolveram uma versão alternativa para a metodologia de microtração proposta por Sano et al.⁵⁷ em 1994 (amostras em formato de ampulheta). Nessa nova técnica, o esmalte oclusal dos dentes foi removido e o sistema adesivo e a resina composta foram aplicados sobre a dentina exposta. Com disco especial, cada dente foi seccionado verticalmente obtendo-se uma fatia da porção mediana com espessura de 1mm, a qual era novamente recortada em cortes de 1mm, resultando em amostras retangulares com dimensões de 1mmx1mmx8mm (área adesiva de $\pm 1\text{mm}^2$). Para o ensaio, cada uma das

extremidades da amostra foi fixada com adesivo de cianoacrilato em dispositivo, considerando que permanecia livre apenas a porção média da amostra correspondente à zona adesiva. Finalmente esse dispositivo era acoplado à máquina de ensaio universal para submeter a amostra à força de tração. Imediatamente depois de realizado o ensaio, a área adesiva foi medida com paquímetro digital. Conforme a análise estatística e discussão dos resultados, os autores advogaram que essa nova proposta de microtração resultou em valores de resistência semelhante aos trabalhos de Sano et al.⁵⁷. (1994).

Shono et al.⁶¹ (1999) avaliaram a durabilidade da união adesiva entre três sistemas de adesivos dentinários (Macbond, One Step e Clearfil Liner Bond 2) e superfícies de dentina. Para cada sistema foram obtidos corpos-de-prova com formato retangular com dimensões de 1 x 1 x 8mm, sendo a área adesiva de 1mm². Vinte corpos-de-prova de cada sistema foram divididos em dois grupos sendo um armazenado por 24 horas e outro por noventa dias, todos em solução salina a 37°C. Os corpos-de-prova foram fixados com adesivo de cianoacrilato ao dispositivo para ensaio de microtração (Bencor Multi-T – Danville Engineering, Danville, CA, USA) e tracionados com velocidade de 1mm/min. Os resultados mostraram que o tempo de armazenagem influenciou negativamente sobre a resistência adesiva reduzindo seus valores. Os autores acreditam que amostras com áreas adesivas menores são mais susceptíveis à ação da armazenagem em soluções aquosas.

Andreatta Filho et al.³ (2000) verificando a necessidade de padronizar o preparo dos corpos-de-prova para vários tipos de ensaios mecânicos como: tração, análise de justeza de adaptação e testes de resistência de união, elaboraram e construíram um torno mecânico que permite a padronização desses preparos com precisão milimétrica. O torno é composto por um suporte, que possibilita a apreensão de uma turbina de alta rotação ou uma peça de mão (micro-motor), fixado sobre uma mesa de coordenadas onde podem ser realizados deslocamentos

transversais e longitudinais com precisão de 0,1mm. A mesa também proporciona angulações a cada 1 grau da ferramenta de desgaste. As adaptações permitem que cortes de precisão também sejam realizados, além dos desgastes com pontas diamantadas. Os autores consideraram que a idealização desse torno foi muito útil no sentido de permitir que se façam preparos padronizados de estruturas dentais para serem utilizados como corpos-de-prova.

Blixt et al.¹⁰ (2000) avaliaram a resistência adesiva ao cisalhamento entre superfícies de Procera AllCeram sem condicionamento, jateadas com óxido de alumínio (110 μ m) e condicionadas com cobertura triboquímica de sílica (Sistema Rocatec - ESPE) e quatro tipos de agentes de cimentação: cimento de fosfato de zinco (CFZ), cimento de ionômero de vidro (CIV), cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIV-M) e cimento resinoso (CR). Após os tratamentos de superfície cilindros e cubos de Procera foram cimentados entre si com os quatro tipos de cimentos e armazenados em saliva artificial a 37°C por 48 horas, antes de serem submetidos aos testes de cisalhamento em máquina de ensaio universal (Alwetron Testing Machine) com velocidade de 1mm/min. Os resultados mostraram que não houve diferenças significantes entre os cimentos testados e as superfícies cerâmicas sem tratamento (CFZ: 3,2 $\pm$ 1MPa / CIV: 4,2 $\pm$ 2,5MPa / CIV-M: 4,3 $\pm$ 1,9MPa / CR: 3,3 $\pm$ 2,3MPa). Sob tratamento com óxido de alumínio, apenas cimento de ionômero foi significativamente maior (12,9 $\pm$ 2,4MPa). Dos quatro agentes de cimentação, os maiores valores de resistência adesiva ao cisalhamento foram verificadas quando o condicionamento de superfícies com Rocatec foi associado à cimentação com cimento resinoso (36,2 $\pm$ 7,8MPa).

Della Bona et al.¹⁷ (2000) avaliaram, através do teste de microtração, a resistência adesiva à tração entre blocos de cerâmica IPS Empress (E1) e resina composta Z100 (3M) e IPS Empress 2 (E2) e resina composta Z100 (3M). As superfícies dos blocos de cada sistema

cerâmico (E1 e E2) foram submetidos a cinco tratamentos de superfície: a) ácido hidrofúorídrico a 9,6% (HF) por 2 min; b) fosfatofúorídrico acidulado a 4% (APF) por 2 min; c) aplicação de silano adesivo (S) por 5 min; d) (HF) por 2 min mais (S); e) (APF) por 2 min mais (S) antes da colagem da resina Z100 mais adesivo Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M). Corpos-de-prova com área adesiva de $0,85\text{mm}^2$ foram obtidos e armazenados por trinta dias em água destilada a 37°C , sendo, a seguir, colados ao dispositivo de tração (Bencor-Multi-T, Danville Engineering Co. Danville, CA, USA) e submetidos ao ensaio com velocidade de $0,5\text{mm/min}$. Os resultados mostraram maior resistência adesiva para os blocos de cerâmica IPS Empress 2. Todas as fraturas ocorreram dentro da zona de adesão. Os autores concluíram que a resistência de união entre resina e cerâmica é controlada pela microestrutura da cerâmica e seu tratamento de superfície.

Madani et al.³⁸ (2000) avaliaram a resistência ao cisalhamento entre o cimento resinoso contendo monômero fosfato Panavia 21 e a estrutura da cerâmica aluminizada In-Ceram submetida a três tratamentos superficiais. Quarenta e cinco cilindros de In-Ceram foram divididos em três grupos: grupo I - tratamento superficial com ácido hidrofúorídrico (HF) 9.5% por 120 segundos; grupo II - tratamento com HF 5% por 120 segundos; grupo III - jateamento com óxido de alumínio $50\mu\text{m}$ por 30s. Sobre as superfícies tratadas aplicou-se o agente de silanização (Cavex Clearfil Photobond and Activator) e procedeu-se a cimentação com Panavia 21 à superfície de cilindros de níquel cromo jateados. Um quarto grupo formado por cilindros de porcelana Vitadur Alpha tratada com ácido hidrofúorídrico 5% e agente de silanização serviu como controle do estudo. Após armazenagem em água por 36 horas todos os corpos-de-prova foram submetidos aos ensaios de cisalhamento em máquina de ensaio universal sob velocidade de $0,5\text{mm/min}$. Os resultados mostraram os seguintes valores em MPa: grupo I - 14.65 ± 4.64 ; grupo II - 18.03 ± 6.13 ; grupo III - 22.35 ± 5.98 ; grupo

IV - (controle) 18.05 ± 8.46 . Os autores concluíram que o cimento Panavia 21 mais o agente de silanização clearfil, associados a superfícies de In-Ceram jateadas com óxido de alumínio ou condicionadas com HF 5% promovem altos valores de resistência ao cisalhamento. Verificou-se que o aumento da concentração do HF diminui os valores de resistência ao cisalhamento.

Moreira Júnior⁴² (2000) abordou aspectos importantes relacionados com os procedimentos clínicos realizados em cimentações de próteses parciais fixas, tanto critérios para seleção do agente cimentante como a importância do tratamento interno das próteses, a fim de promover durabilidade do procedimento de cimentação. Com relação aos cimentos resinosos, relatou que os mesmos são provenientes das resinas compostas restauradoras, com modificações de peso e tamanho das partículas de carga. Têm sua composição básica formada por monômeros de BISGMA (bisfenol-A glicidilmetacrilato) ou UEDMA (uretanodimetacrilato) que podem ser associados a sistemas monoméricos, como TEGDMA (trietailenoglicolmetacrilato), um agente de união (silano), e às partículas de carga inorgânica. Para permitir que o material exerça as funções propostas por um agente cimentante, foram feitas modificações em relação à carga inorgânica, reduzindo o percentual volumétrico das partículas, para melhorar o escoamento. Também foram incorporados grupos funcionais hidrofílicos HEMA (hidroxietilmetacrilato) associados a moléculas hidrofóbicas que executam a função de elevar a adesão e também de hibridizar a dentina remanescente, na tentativa de reduzir os riscos de infiltração marginal. Ainda como expectativa de aperfeiçoamento desses materiais, foram acrescentados sistemas fosfato-orgânicos do tipo 4- META (metacriloxietil trimetilato anidro) ou do tipo 10 - MDP (metacrililoxidecil - dihidrogeno - fosfato), caracterizando os materiais que possuem em sua composição esses sistemas, como cimentos resinosos adesivos. Esses adesivos atuam ligando resinas aos metais e aos dentes.

Yano et al.⁷² (2000) avaliaram a força de adesão regional em dentina íntegra e cariada de um mesmo dente a dois diferentes sistemas adesivos dentinários, Single Bond e Clearfil Liner Bond II SIGMA, utilizando a metodologia de microtração com corpos-de-prova com formato retangular (palitos), cortados de forma a se obter área adesiva de 1mmx1mm. As superfícies dos dentes foram unidas aos adesivos dentinários de acordo com a orientação dos fabricantes. Após a colagem, os dentes foram armazenados a 37°C por 24 horas e em seguida cortados, sob refrigeração, em pequenos palitos com superfície de área adesiva de 1mmx1mm os quais foram aderidos ao dispositivo de tração e ensaiados em máquina de ensaio universal Instron a uma velocidade de 1mm/min. Os autores afirmaram que essa modificação do teste de microtração no sentido de se criar corpos-de-prova em forma de palitos seria muito útil no sentido de se estudar melhor a adesão mesmo em substratos tão sensíveis quanto os sistemas adesivos. Eles consideraram que as informações obtidas por esse ensaio são muito mais significativas do que aquelas que se conseguem em ensaios convencionais de resistência adesiva.

Wegner & Kern⁷⁰ (2000) avaliaram a resistência adesiva à tração entre a superfície de cerâmica de óxido de zircônia e sete sistemas de união, submetidos a dois modos de armazenagem: três dias em água destilada a 37°C e 37500 ciclos térmicos entre 5 e 55°C, realizados durante período de dois anos. Discos de cerâmica de óxido de zircônia jateados com Al_2O_3 (110 μ m) foram cimentados às superfícies de resina composta contida em matrizes plásticas, utilizando-se os sete sistemas de união. Os grupos foram compostos da seguinte maneira: grupo T – adesivo e cimento resinoso Bis-GMA (Clearfil/Twinlook); grupo ST – silano e cimento resinoso Bis-GMA (Espe-Sil/Twinlook); grupo RT – (Rocatec/Espe-Sil/Twinlook); grupo KT – (Kevloc/Twinlook); grupo P – (Panavia EX); grupo P21 – (Panavia 21); grupo D – (Dyract Cem). Os resultados mostraram que, após dois anos armazenados em água

destilada sob 37500 ciclos térmicos, apenas os grupos P e P21 apresentaram valores de resistência adesiva sem diferenças estatísticas em relação aos valores apresentados com três dias de armazenagem. O grupo RT apresentou, com três dias de armazenagem, resistência adesiva de 37,9MPa e, após dois anos, diminuição para 15,8MPa. Os outros grupos, após armazenagem por dois anos tiveram rompimento espontâneo da união adesiva.

Kiyan³³ (2001) realizou um trabalho com o objetivo de avaliar *in vitro* a resistência adesiva à tração promovida por diferentes tratamentos de superfície entre os sistemas In-Ceram e IPS Empress 2 e o cimento resinoso. Trinta amostras de cada sistema cerâmico foram confeccionadas conforme as instruções dos fabricantes e divididas em três grupos de dez para cada tipo de cerâmica. Para cada grupo foi realizado um dos seguintes tratamentos de superfície: jateamento com óxido de alumínio de 50 μ m; jateamento com óxido de alumínio de 50 μ m e jateamento com partículas de sílica do sistema Rocatec (ESPE); e a associação do jateamento com óxido de alumínio de 50 μ m e o condicionamento com ácido fluorídrico a 10% (por 2min no In-Ceram e por 20s no IPS Empress 2). Após a realização dos tratamentos de superfície, todas as amostras foram silanizadas com Rely Ex Ceramic Primer e cimentadas com cimento resinoso Rely Ex. As amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C por 24 horas e submetidas a 1000 ciclos térmicos entre 5 e 55°C. Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência à tração em máquina de ensaios universal Instron com velocidade de 0.5mm/min. Os valores médios encontrados nos ensaios (MPa) foram: grupo Empress 2 / padrão 12,01 $\pm$ 5,93; Empress 2 / Rocatec 10,34 $\pm$ 1,77; Empress 2 / ácido 14,49 $\pm$ 3,04; InCeram / padrão 9,87 $\pm$ 2,40; In-Ceram / Rocatec 20,40 $\pm$ 6,27. Todas as amostras do grupo ácido do In-Ceram falharam durante a termociclagem, com a ocorrência de falhas adesivas. Os resultados mostraram que o grupo padrão do IPS Empress 2 foi significativamente diferente do grupo

padrão do In-Ceram e do grupo ácido do IPS Empress 2. O grupo Rocatec do In-Ceram apresentou diferença estatística significativa em relação ao grupo padrão, apresentando os maiores valores de resistência adesiva para esse material.

Lu et al.³⁷ (2001) avaliaram os efeitos de tratamentos de superfície e ciclagem térmica sobre a resistência adesiva ao cisalhamento entre a cerâmica In-Ceram e o cimento resinoso Panavia 21. Noventa e oito superfícies de In-Ceram foram divididos em sete grupos que foram expostos aos seguintes tratamentos de superfície: a) grupo controle jateado com Al_2O_3 (50 μm); b) grupo contaminado com saliva artificial; c) grupo contaminado com saliva artificial + jateamento com Al_2O_3 (50 μm); d) grupo contaminado por pó de luva de látex; e) grupo contaminado por pó de luva de látex + jateamento com Al_2O_3 (50 μm); f) grupo jateado com Al_2O_3 (150 μm); g) grupo com excesso de vidro após infiltração. Cilindros de resina composta foram cimentados às superfícies tratadas com cimento resinoso Panavia 21 sob carga de 3Kg. Metade dos corpos-de-prova de cada grupo foram armazenados em água por 24 horas e a outra metade submetida a 2000 ciclos térmicos entre 5 e 55°C em água por duas semanas. Os testes de cisalhamento foram realizados em máquina de teste universal sob velocidade de 5mm/min. Os resultados mostraram que os grupos A E e G apresentaram valores significativamente maiores de resistência adesiva do que os grupos B C D e F quando armazenados por 24 horas em água. Entre os grupos ciclados termicamente não houve diferenças estatisticamente significativas entre seus valores de resistência adesiva.

McLean⁴⁰ (2001) revisou a literatura enfoca a evolução das cerâmicas dentais no século vinte. Ele discorreu sobre todos os tipos de cerâmicas dentais e seu desenvolvimento no último século enfatizando o aparecimento dos sistemas cerâmicos livres de metal. O autor iniciou seu levantamento histórico com as porcelanas queimadas a vácuo, passando pelas coroas metalo-cerâmicas e comentando que uma das dificuldades

do uso desses materiais seriam as diferentes temperaturas de fusão entre metal e porcelana, afirmando que uma maneira de se produzir uma cerâmica que possuísse uma expansão térmica compatível com as ligas metálicas seria aumentando a quantidade de K_2O em sua fórmula. Foram citadas as coroas ocas de porcelana, as cerâmicas de ombro (a partir de 1970) e as cerâmicas aluminizadas, que surgiram a partir a 1965 com a grande vantagem de possuírem resistência muito superior às cerâmicas convencionais por apresentarem 50% em volume de alumina em sua composição. Ele citou o aparecimento das cerâmicas de recobrimento opalescentes e aluminizadas a partir de 1996 e, a partir de 1998, falou sobre o surgimento das cerâmicas vítreas que apesar de possuírem uma excelente estética, seriam muito frágeis e fraturariam com facilidade. Quando comentou sobre as cerâmicas com alto teor de alumina (mínimo de 95% de alumina de alta pureza em sua composição), ele afirmou que elas são altamente resistentes, capazes de substituir perfeitamente as infra-estruturas metálicas usadas nas coroas metalo-cerâmicas, valoriza sua translucidez e estética. Afirmou que sistemas cerâmicos livres de metal são um estudo de vanguarda para o século 21. Enfocou ainda a cimentação adesiva, descrevendo-a como um dos avanços mais importantes da odontologia do século vinte e afirmando que vários sistemas cerâmicos estão sendo desenvolvidos porque os sistemas adesivos estão em plena evolução.

Ödman & Andersson⁴⁶ (2001) realizaram um estudo cujo objetivo foi avaliar coroas Procera All Ceram na prática clínica diária por um período de cinco a dez anos e meio. As coroas foram instaladas entre 1989 e 1995. Doze clínicos, de nove clínicas odontológicas, instalaram 87 coroas Procera All Ceram em cinquenta pacientes. A Associação dental da Califórnia avaliou a qualidade do sistema cerâmico usado com relação à integridade marginal e à estética. Setenta e uma coroas (82%) em quarenta e um pacientes foram examinadas, pois três pacientes mudaram da cidade onde a pesquisa estava sendo realizada, três pacientes tiveram

suas coroas refeitas, pois as instaladas haviam fraturado, e três não retornaram para a consulta do exame clínico. Do total de coroas examinadas, seis foram consideradas falhas e cinco tiveram que ser refeitas. A integridade marginal foi considerada excelente ou aceitável em 92% dos casos. Com relação à estética, 92% dos pacientes e 52% dos examinadores se mostraram satisfeitos com o resultado final. Os resultados da pesquisa mostraram que as coroas Procera AllCeram tiveram um bom prognóstico, podendo ser usadas também para dentes posteriores.

Ozcan et al.⁴⁸ (2001) avaliaram a resistência adesiva ao cisalhamento entre superfícies de cerâmica aluminizada In-Ceram tratadas com três modos de condicionamento: ácido hidro-fluorídrico 5% (gel) por 90s, jateamento com óxido de alumínio (110 μ m) e cobertura triboquímica de sílica (sistema Rocatec-ESPE), três cimentos resinosos (Panavia21 / Variolink / Sonocem) e um agente cimentante de compômero (Dyract Cem). Após os tratamentos de superfície, as amostras de In-Ceram foram cimentadas a tubos de teflon preenchidos com os cimentos, sob carga constante de 750g. Os corpos-de-prova foram termociclados em água destilada 5000 vezes, com temperaturas entre 5 e 55°C, alternando-se cada uma por 30s. Os testes de cisalhamento foram realizados em uma máquina de ensaio universal sob velocidade de 1mm/min. Os resultados obtidos mostraram que a associação entre cimentos resinosos à base de Bis-GMA e condicionamento de superfícies com sistema Rocatec aumentam significativamente a resistência de união adesiva entre esses e a cerâmica aluminizada In-Ceram. Os valores de resistência à união adesiva com cimento de compômero foram significativamente menores que os obtidos com cimentos resinosos.

Andreatta Filho et al.⁴ (2002) avaliaram o efeito da ciclagem térmica sobre a resistência adesiva entre a superfície da cerâmica In-Ceram (Vita) e o cimento resinoso Panavia F (kuraray). Foram confeccionados dois blocos de cerâmica e dois blocos de resina

composta Clearfil AP-X (kuraray) com dimensões de 6x6x5mm. Uma das faces dos blocos cerâmicos foi condicionada com o sistema Cojet - Espe-3M (jateamento com Al_2O_3 110 μm ; jateamento com óxido de sílica 30 μm ; silanização) e cimentadas aos de resina composta com Panavia F, sob carga de 750g. As amostras foram seccionadas longitudinalmente em relação à superfície de união adesiva com discos diamantados em um torno adaptado, obtendo-se vinte corpos-de-prova com dimensões de 10x1x1mm, de modo que a região adesiva apresentasse $\pm 1\text{mm}^2$ de área. Dois grupos (n=10) foram constituídos: G1 – armazenagem em água destilada por sete dias a 37°C; G2 – 1500 ciclos entre 5 e 55°C em água destilada. Os corpos-de-prova foram tracionados em máquina de ensaio universal (EMIC) com velocidade de 0.5mm/min. Os valores médios de tensão de ruptura foram em MPa: G1: $25,628 \pm 3,353$ e G2: $22,815 \pm 5,254$ e não diferem estatisticamente. Concluiu-se que 1500 ciclos térmicos não alteraram significativamente os valores de resistência adesiva.

Della Bona et al.¹⁶ (2002) realizaram um estudo que avaliou duas hipóteses: a) o tratamento de superfície com ácido fluorídrico produz uma maior resistência de união entre um substrato cerâmico e um cimento resinoso; b) o teste de tração é eficiente para análise de resistência adesiva. As amostras cerâmicas foram divididas em quatro grupos de dez amostras diferentes, de acordo com o tratamento de superfície realizado: grupo 1 – bifluoreto de amônio a 10% por um min; grupo 2 – ácido fluorídrico a 9,6%; grupo 3 – ácido fluorídrico fosfatado a 4% por 2min; grupo 4 – aplicação de silano. Em seguida foi aplicado, sobre a superfície de união tratada, o sistema adesivo e o cimento resinoso RelyX (3M). Os resultados obtidos mostraram que as superfícies cerâmicas que foram silanizadas obtiveram a maior média de resistência à tração quando comparadas com as superfícies tratadas pelos outros materiais. Entre os grupos 1,2 e 3 os maiores valores de média de resistência foram os do grupo 2. Pela análise do modo de falha, verificou-

se que todas ocorreram na interface adesiva. Os autores concluíram que o teste de tração foi adequado à análise da interface adesiva cerâmica / resina e que a silanização foi o tratamento de superfície mais eficiente, já que proporcionou os maiores valores de resistência à tração.

Friederich & Kern¹⁸ (2002) avaliaram o efeito da armazenagem em água e ciclagem térmica sobre a resistência adesiva entre cimentos resinosos e a superfície da cerâmica Procera condicionada com cinco métodos adesivos. Cem discos de Procera foram divididos em cinco grupos com vinte corpos-de-prova e submetidos aos tratamentos adesivos para, em seguida, serem cimentados a superfícies de resina composta contida dentro de tubos plásticos sob carga de 750g. Os métodos de adesão foram: (ST) jateamento com Al₂O₃ 110µm / Adhesive Bond II – cimento resinoso de Bis-GMA Twinlook; (SST) jateamento com Al₂O₃ 110µm / silano Espe-Sil / Adhesive Bond II – Twinlook; (SRST) sistema Rocatec / Adhesive Bond II – Twinlook; (SP) jateamento com Al₂O₃ 110µm / cimento resinoso com monômero fosfato Panavia 21 EX; (OP) Panavia 21 EX. As amostras de cada grupo foram subdivididas em dois subgrupos com dez amostras, sendo que metade foi armazenada em água por três dias e a outra armazenada por 150 dias sob 37500 ciclos térmicos entre 5 e 55°C. Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de tração em uma máquina de ensaio universal (Zwick 1445) com velocidade de 2mm/min. Os resultados mostraram que apenas o grupo (SP) manteve valores de união estável após 150 dias de ciclagem térmica e armazenamento (50.3MPa após três dias e 45.9MPa após 150 dias). Os grupos (ST), (SST), (SRST) e (OP) apresentaram valores de adesão razoáveis nos três dias de armazenamento, porém após armazenamento por 150 dias e ciclagem térmica todas as amostras tiveram rompimento da união adesiva espontaneamente. Os autores concluíram que cimentos resinosos à base de Bis-GMA não promovem união estável à cerâmica aluminizada Procera e que a utilização de cimentos resinosos com

monômero fosfato (Panavia EX) deve ser precedida de jateamento com Al_2O_3 .

Galhano et al.¹⁹ (2002) avaliaram o efeito da ciclagem térmica sobre a resistência adesiva entre o cimento resinoso, com monômero modificado (Panavia F), e a superfície da cerâmica aluminizada In-Ceram condicionada com o sistema Rocatec. Foi utilizada a metodologia de microtração, em que corpos-de-prova com formato retangular e dimensões de 1 x 1 x 10mm foram obtidos de blocos de cerâmica cimentados a blocos de resina composta, após realização de cortes em uma máquina adaptada para essa finalidade. Vinte corpos-de-prova foram divididos em dois grupos, sendo um grupo G1 armazenado a 37°C e outro grupo G2 submetido a 1500 ciclos térmicos entre 5 e 55°C. Após os períodos de armazenagem e ciclagem os corpos-de-prova foram fixados com adesivo de cianoacrilato ao dispositivo para ensaio de tração e tensionados sob velocidade de 0,5mm/min em máquina de ensaio universal (EMIC). Os resultados de resistência adesiva (MPa) obtidos para os grupos sem ciclagem e ciclagem foram respectivamente: G1(28,606±5,708) e G2(31,582±4,994). Os autores concluíram que 1500 ciclos térmicos não influenciaram os valores de resistência adesiva.

Garcia et al.²⁰ (2002) estudaram as diversas modalidades científicas de avaliação da interface adesiva entre dente e restauração, sendo descritas e comentadas as características mecânicas das metodologias convencionais dos ensaios de tração e cisalhamento, bem como microtração e microcisalhamento. Os autores concordam que, embora os testes laboratoriais não reproduzam fielmente as condições que ocorrem clinicamente, eles representam um importante parâmetro de análise, uma vez que apresentando um eficiente desempenho *in vitro*, provavelmente resultará também em uma performance clínica aceitável. Concluíram com essa revisão, que devido às imperfeições decorrentes das limitações dos testes de cisalhamento, é admissível assumir que os valores de resistência adesiva podem ser mais precisamente calculados

em testes de tração e ou microtração. Outro consenso é que o emprego de dados tradicionais de resistência adesiva deveria ser restrito a comparações dos efeitos relativos às propriedades, microestrutura dos materiais e a condições de tratamento que poderiam melhorar a resistência adesiva, e não para fazer interpretações clínicas sobre resistência de união.

Hummel et al.²² (2002) avaliaram o efeito de armazenagem e ciclagem térmica sobre a resistência de união à tração entre oito sistemas de adesão e a cerâmica Procera (Nobel Biocare). Tubos preenchidos com resina composta Clearfil F2 foram cimentados à superfície de discos da cerâmica Procera após os seguintes condicionamentos superficiais: (SV) jateamento com Al_2O_3 / Variolink II (Vivadent, FL); (SRV) sistema Rocatec / Variolink II; (UAV) sem jateamento / Alloy Primer (Kuraray)/ Variolink II; (SAV) jateamento / Alloy Primer (Kuraray)/ Variolink II; (USB) sem jateamento / Superbond C&B (Sun Medical, J); (SSB) jateamento / Superbond C&B; (UP) sem jateamento / Panavia 21; (SP) jateamento / Panavia 21. Foram cimentados vinte corpos-de-prova para cada grupo, sendo que dez foram armazenados em água por três dias (A) e a outra metade armazenada por 150 dias sob 37500 ciclos térmicos entre 5 e 55°C (B). Os valores, após os ensaios em MPa, foram: (SV/A) 18.2 ± 3.0 ; (SV/B) zero; (SRV/A) 33.3 ± 2.6 ; (SRV/B) 25.4 ± 5.5 ; (UAV/A) 9.7 ± 3 ; (UAV/B) zero; (SAV/A) 32.5 ± 3.4 ; (SAV/B) 30.3 ± 4.5 ; (USB/A) 5.6 ± 7.6 ; (USB/B) zero; (SSB/A) 32.1 ± 5.3 ; (SSB/B) 16.4 ± 4.5 ; (UP/A) 3.9 ± 5.4 ; (UP/B) zero; (SP/A) 45.1 ± 1.0 ; (SP/B) 37.1 ± 6.2 . Os resultados mostraram que o efeito da ciclagem térmica alterou significativamente a união adesiva entre os grupos (SV), (UAV), (USV), (USB) e (UP), pois esses tiveram rompimento espontâneo da união adesiva. Os grupos (SAV) e (SP) foram os únicos que apresentaram valores de união estáveis após ciclagem térmica. No grupo (SRV) jateado com sistema Rocatec, embora os resultados tenham

apresentado menores valores de resistência adesiva após a ciclagem térmica, esses ainda proporcionam uma união adesiva estável.

Itinchoe²⁴ (2002) avaliou a influência da utilização de uma máquina de ciclagem mecânica, em materiais cerâmicos, utilizando o método biaxial para determinar a resistência à flexão. Vinte e quatro corpos-de-prova, em forma de disco, foram confeccionados com dimensões de aproximadamente 15mm de diâmetro e 1,2mm de espessura para cada material constituídos por diferentes composições: a) Procera AllCeram; b) In-Ceram Zircônia; c) In-Ceram Alumina e d) IPS Empress 2. O número total de corpos-de-prova de cada material foi dividido em dois sub-grupos, de acordo com a presença ou ausência da ciclagem mecânica (20000 ciclos, carga de 50N e imersão em água destilada a 37°C), antes do teste de resistência à flexão em uma máquina de ensaio Instron. Após a fratura, os corpos-de-prova foram analisados pela microscopia eletrônica de varredura nos sítios de fratura, em corpos-de-prova com ciclagem mecânica, e sem fratura, e em corpos-de-prova intactos. Os resultados indicaram que: a) a ciclagem mecânica induziu a um decréscimo significativo na resistência à flexão; b) as médias de resistência à flexão das cerâmicas Procera AllCeram, In-Ceram Zircônia, In-Ceram Alumina e IPS Empress 2 foram: 638,77; 477,14; 403,00; 337,85, em MPa, respectivamente; c) a análise, pela microscopia eletrônica de varredura apresentou alterações nas superfícies e d) a máquina de ciclagem mecânica foi eficiente para o teste proposto. Concluiu-se que a ciclagem mecânica diminuiu a resistência à flexão e foi responsável pelas alterações microscópicas nas áreas de impactos da ciclagem mecânica.

Soares et al.⁶² (2002) avaliaram a resistência à microtração de um cimento resinoso a um substrato cerâmico em três condições de tratamento de superfície. Foram confeccionados seis blocos da cerâmica In-Ceram (Vita) e 6 blocos de resina composta Clearfil AP-X (Kuraray) com dimensões de 6x6x5mm. Os blocos foram divididos em 3

grupos conforme o tratamento superficial: Grupo 1 – jateamento com Al_2O_3 (110 μm); Grupo 2 – condicionamento com sistema Rocatec; Grupo 3 – condicionamento com sistema Cojet (Espe-3M). Os blocos cerâmicos foram cimentados aos de resina composta com o cimento resinoso Panavia F (Kuraray) conforme instruções do fabricante, sob carga de 750g. As amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C por sete dias e seccionadas em dois eixos, x e y, com disco diamantado sob refrigeração, a fim de obter corpos-de-prova com $\pm 0,8\text{mm}^2$ de área adesiva. Para cada grupo foram obtidos vinte corpos-de-prova que foram fixados em dispositivo adaptado para o teste de microtração e tracionados em máquina de ensaio universal (EMIC) com velocidade de 1mm/min. Os resultados mostraram que os grupos 2 e 3 apresentaram maior resistência adesiva que o grupo 1. Entre os grupos 2 e 3 não houve diferença estatística entre seus valores.

Wegner et al.⁷¹ (2002) avaliaram a resistência de união adesiva entre uma cerâmica de zircônia estabilizada com óxido de ytrio e cimentos resinosos, frente a cinco métodos de condicionamento de superfície e termociclagem / armazenagem em água. Amostras da cerâmica (discos com 7,5mm de diâmetro) foram submetidos aos seguintes tratamentos após terem sido jateadas (JAT) com partículas de Al_2O_3 110 μm (Rocatec pre): (PF) - cimento resinoso Panavia F; (C) - sistema adesivo EBS + cimento resinoso Compolute; (CR1)- sistema Rocatec + silano + sistema adesivo EBS + cimento resinoso Compolute; (CR2)- sistema Rocatec zircônia + silano + sistema adesivo EBS + cimento resinoso Compolute; (CT) - targis Link + sistema adesivo EBS + cimento resinoso. Um cilindro de acrílico de 3,2mm de diâmetro e 15,5mm de altura foi preenchido com resina composta auto-polimerizável. Passados 8 min, esse conjunto foi unido à cerâmica pré-tratada pelos cimentos citados, sob carga de 750g, seguindo remoção dos excessos e fotopolimerização. Posteriormente, as amostras de cada grupo foram dispostas em cinco subgrupos, conforme o tempo de armazenagem (37°C)

e termociclagem (TC) entre 5°C e 55°C: três dias sem TC; 31 dias sem TC; 31 dias com 37500 TC; 150 dias sem TC; 150 dias com 37500 TC e submetidos ao ensaio de tração com velocidade de 2mm/min. Os valores médios de resistência de união variaram de 7,7MPa a 41,49MPa. As condições de estocagem influenciaram estatisticamente nos valores de resistência de união. Como conclusão, os autores afirmaram que a termociclagem causou um maior impacto na durabilidade da união do que na armazenagem em água à temperatura constante.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de união adesiva entre um cimento resinoso e a superfície de um material cerâmico condicionada com um sistema de jateamento com sílica, após ciclagem térmica com 6000 e 12000 ciclos e analisar no MEV o aspecto morfológico dos nichos de fratura.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Materiais e equipamentos utilizados no experimento:

- a) três blocos de cerâmica Procera AllCeram com dimensões de 15x6x6mm (Nobel Biocare, Estocolmo – Suécia);
- b) resina composta Clearfil™ AP-X, cor A 3,5 (Kuraray Co., Osaka-Japão);
- c) cimento resinoso Panavia F (Kuraray Co., Osaka-Japão);
- d) silicona de adição – Express (3M Co., St. Paul, MN-EUA);
- e) adesivo de cianoacrilato – Super-Bonder (Loctite, Piracicaba-SP-Brasil);
- f) Sistema Rocatec de condicionamento: partículas de óxido de alumínio 110µm (Rocatec pre-powder), partículas especiais de sílica 30µm (Rocatec plus) e agente silano (Rocatec-Sil) - (ESPE, Seefeld-Alemanha);
- g) unidade Fotopolimerizadora XL 3000 (3M Co., St. Paul, MN-USA);
- h) aparelho adaptado para realização de cortes de precisão;
- i) disco diamantado (nº 6924) para peça reta (Komet – Brasseler, Alemanha);
- j) equipamento de ciclagem térmica (modelo 521-4b) - Nova Ética Ind. Com e Serv. Ltda – Vargem Grande Paulista – SP, Brasil);
- k) cinco paquímetros;
- l) paquímetro digital;
- m) Máquina de Ensaio Universal (DL-1000 – EMIC – Equipamentos e Sistemas Ltda. – São José dos Pinhais – PR – Brasil) equipada com célula de carga para 10kgf.

Neste trabalho foi avaliada a resistência adesiva entre uma superfície cerâmica e um cimento resinoso utilizando-se a metodologia de ensaio por microtração. Para isso, blocos de cerâmica aluminizada Procera AllCeram foram cimentados com cimento resinoso Panavia F a blocos de mesmas dimensões confeccionados previamente em resina composta Clearfil™ AP-X. Esses conjuntos constituídos de cerâmica, cimento e resina composta foram seccionados de modo a obter corpos-de-prova com áreas adesivas retangulares com aproximadamente 1mm^2 .

4.2 Obtenção dos blocos de cerâmica

Para obtenção dos blocos cerâmicos de Procera AllCeram, utilizou-se a tecnologia CAD-CAM (Computer Assisted Design – Computer Assited Machining) que elabora infra-estruturas constituídas de óxido de alumínio sinterizado compactado. O processo de fabricação desse material cerâmico consiste na leitura por um *scanner* acoplado a um micro-computador (*Personal Computer*), que realiza o mapeamento da superfície de uma matriz e desenvolve o desenho em três dimensões. As imagens captadas são enviadas “via modem” para sede Procera Sandvik AB, em Estocolmo, Suécia, onde o material é confeccionado.

Um bloco de acrílico usinado com dimensões de 15mm de comprimento, 6mm de altura e 6mm de espessura (Figura 2a), foi utilizado como matriz para obtenção das imagens escaneada pelo Procera Scanner (Nobel Biocare).

Após os procedimentos técnicos realizados para captar as imagens tridimensionais, essas foram enviadas ao Procera Sandvik AB onde o processo de confecção dos blocos cerâmicos foi realizado. O processo consiste em compactar pó de óxido de alumínio sobre um

modelo refratário, em seguida realiza-se, por meio de sistema de fresas, o contorno final da estrutura, sendo por fim realizada a sinterização à temperatura entre 1550°C e 1650°C durante uma hora.

Foram confeccionados três blocos de cerâmica (15x6x6mm) (Figura 2b).

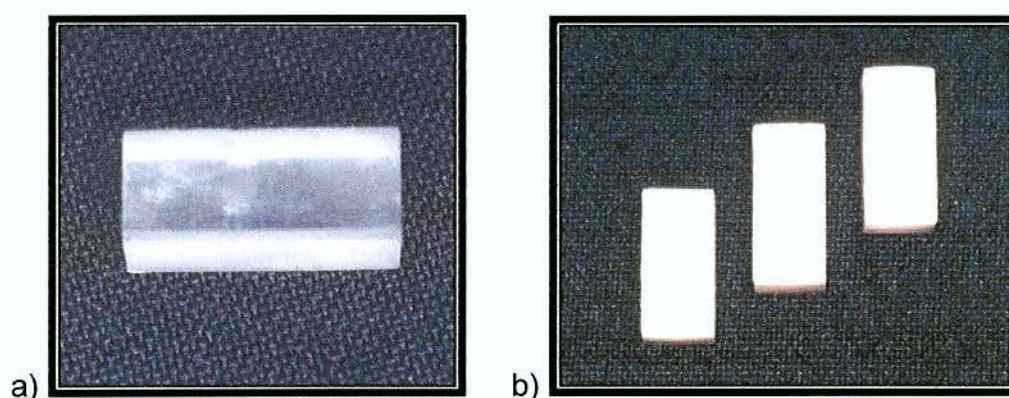


FIGURA 2 – Obtenção dos blocos: a) bloco de acrílico; b) blocos de Procera AllCeram.

Em seguida, esses blocos cerâmicos passaram por uma análise radiográfica para verificar se possíveis falhas internas, como bolhas, podiam existir. A presença de defeitos excluiria a amostra do estudo.

Para realização dos cortes dos materiais envolvidos no trabalho foi utilizado um aparelho adaptado por Andreatta et al.³ (2000) que permite a fixação de uma peça reta com disco diamantado (nº 6924, Komet – Brasseler, Alemanha) sobre uma mesa de coordenadas, possibilitando movimentos transversais e longitudinais (Figura 3).

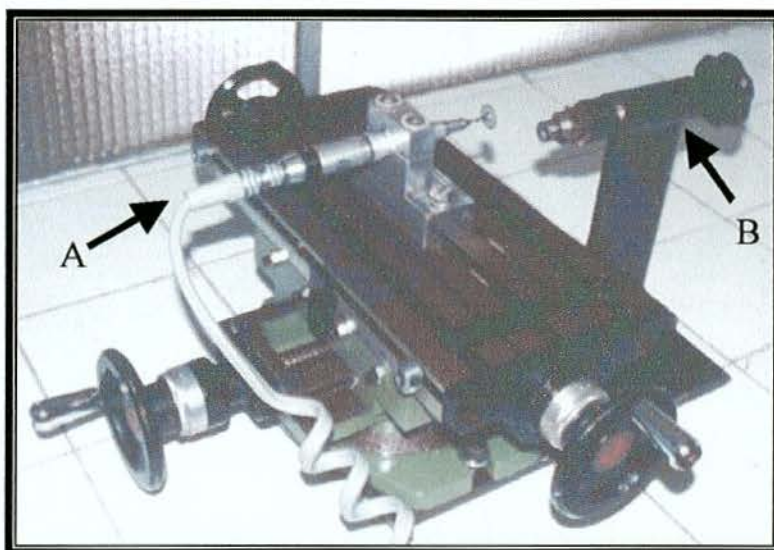


FIGURA 3 – Aparelho adaptado para realização dos cortes: a) conjunto peça reta e disco fixado sobre mesa de coordenadas; b) mandril de fixação dos materiais a serem cortados.

Assim, foram realizados cortes com precisão de 0,1mm em baixa rotação e sob refrigeração. Os materiais a serem cortados foram colados com adesivo de cianoacrilato (Super Bonder - Loctite, Piracicaba-SP- Brasil) a um dispositivo que era fixado a um mandril presente no aparelho de corte. Dessa forma os materiais mantinham-se estáveis durante a realização dos cortes.

Inicialmente cada bloco cerâmico foi colado ao dispositivo de fixação do aparelho e seccionado em três segmentos simétricos de 5x6x6mm obtendo-se um total de nove blocos (Figura 4 - a e b).

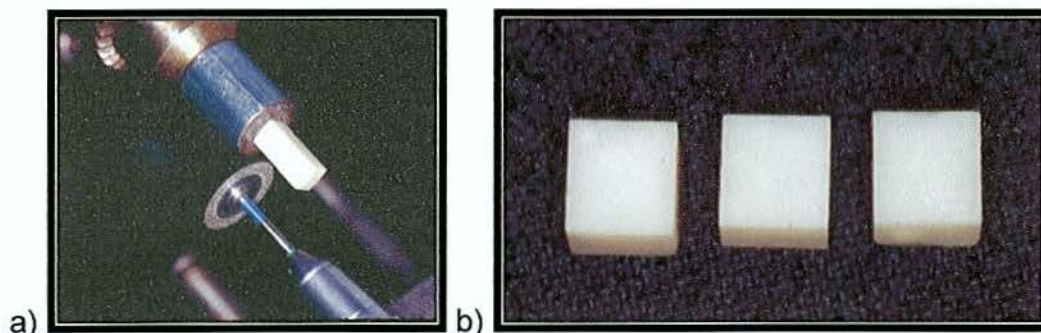


FIGURA 4 – Corte dos blocos de Procera AllCeram: a) bloco posicionado no mandril para realização dos cortes; b) blocos cerâmicos segmentados.

Esses foram divididos em três grupos de três blocos, sendo que cada grupo foi formado por segmentos a partir de blocos maiores diferentes. O objetivo desse modo de seleção foi evitar variações que pudessem ocorrer durante o processo de fabricação das amostras, e assim garantir a padronização dos grupos.

4.3 Obtenção dos blocos de resina composta

Para viabilizar o ensaio mecânico foram confeccionados 9 blocos em resina composta Clearfil APTM-X com as mesmas dimensões dos blocos segmentados (5x6x6mm). O bloco acrílico foi moldado utilizando-se silicona de adição (Express-3M) contida em um pequeno recipiente (Figura 5 a e b).

Sobre o molde obtido, cada bloco de cerâmica foi posicionado por vez de maneira que a superfície para cimentação (5x6mm) ficasse exposta para que sobre ela fossem aplicados incrementos de 1mm da resina composta que foram polimerizados por 40 segundos com aparelho de fotopolimerização (XL 3000 – 3M Co, St. Paul, MN – EUA) até a confecção final do bloco de resina (Figura 5 c, d e e). Após esse processo, os blocos de cerâmica e resina composta foram removidos do molde e realizava-se a identificação das faces coincidentes para futura cimentação entre elas. Esse procedimento permitiu contato mais uniforme entre as superfícies dos blocos de cerâmica e os de resina composta.

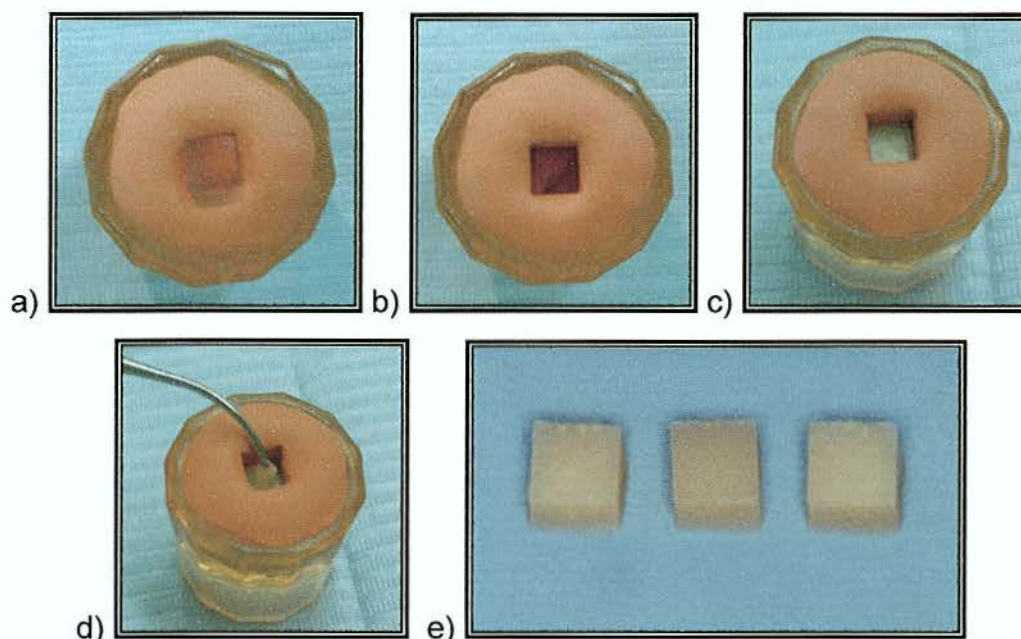


FIGURA 5 – Confeção dos blocos de resina composta: a) moldagem do bloco de acrílico; b) molde; c) bloco cerâmico posicionado no interior do molde; d) aplicação do incremento de resina composta sobre o bloco de cerâmica; e) blocos de resina confeccionados.

4.4 Tratamento da superfície dos blocos cerâmicos

Sobre uma das superfícies de cada bloco cerâmico com 6mm por 5mm, previamente escolhida, foi realizado acabamento com lixas de granulação número 220, 360, 600, 1000 e 1200 e limpeza final com jatos de ar/água. Esse procedimento permitiu criar superfícies uniformes para todos os blocos antes do condicionamento final.

As superfícies polidas foram condicionadas com o Sistema Rocatec (3M-ESPE, Seefeld – Alemanha) que é realizado utilizando-se dois jateamentos iniciais, seguidos da aplicação de um agente silanizador. Cada passo do condicionamento está descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Condicionamento das superfícies cerâmicas com Sistema Rocatec

Passos do condicionamento	Descrição do condicionamento
1º jateamento (Rocatec pre-powder)	Jateamento com partículas de óxido de alumínio (110 μ m), com pressão de 2,5bar a 10mm de distância da superfície, durante 14 segundos.
2º jateamento (Rocatec plus-powder)	Jateamento com partículas de óxido de sílica (30 μ m), com pressão de 2,5bar a 10mm de distância da superfície, durante 14 segundos.
Silanização (Rocatec Sil)	Aplicação do silano sobre a superfície, aguardando-se 5 minutos para os procedimentos de cimentação.

Os blocos de resina composta não foram submetidos a nenhum tratamento de superfície, porém foram armazenados em recipientes de modo que suas superfícies de cimentação não fossem contaminadas.

As superfícies cerâmicas foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV) antes e depois do condicionamento com o sistema Rocatec, para análise das características morfológicas superficiais.

Em avaliação com aumento de 2000 vezes (MEV) foi observado que a superfície da cerâmica Procera AllCeram, sem condicionamento com o sistema Rocatec, apresenta-se constituída morfolologicamente por estruturas de óxido de alumínio compactado, com aparência de pequenos blocos poligonais intimamente relacionados entre si (Figura 6).

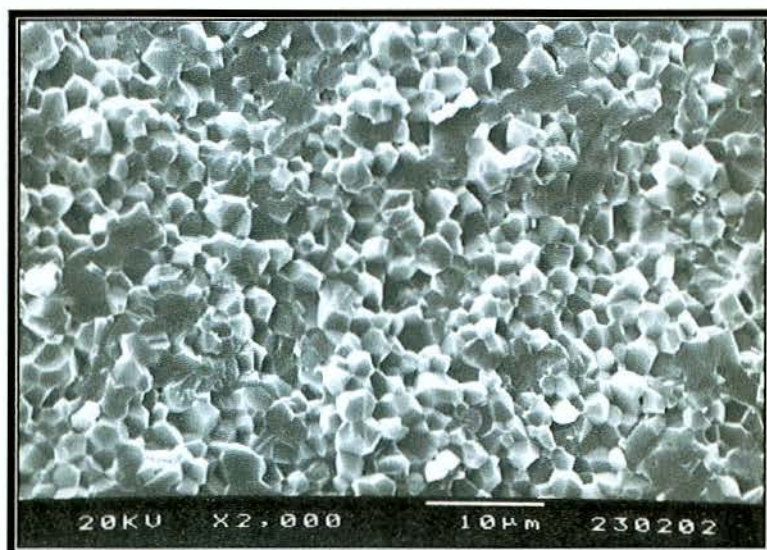


FIGURA 6 – Aspecto da superfície da cerâmica Procera AllCeram sem condicionamento.

Após o condicionamento da superfície da cerâmica com o sistema Rocatec, verificou-se que houve a formação de uma camada de cobertura com as partículas de óxido de alumínio e sílica jateadas sobre as estruturas poligonais do Procera AllCeram que estavam visíveis anteriormente (Figura 7).

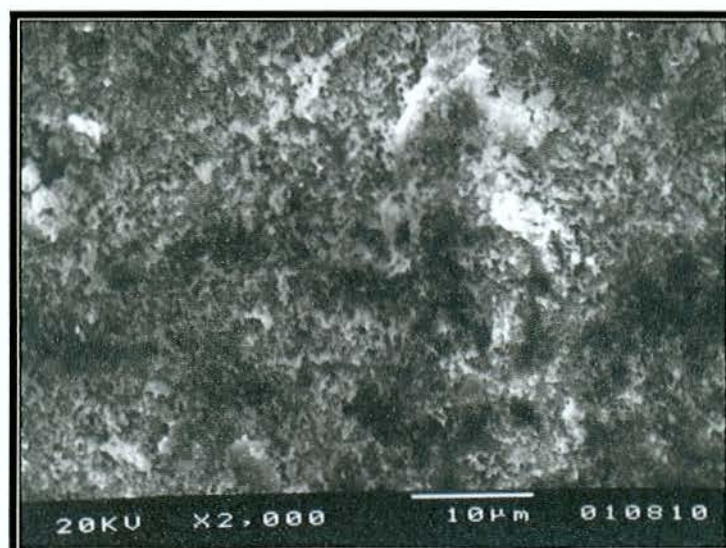


FIGURA 7 – Aspecto da superfície da cerâmica Procera AllCeram condicionada com sistema Rocatec.

4.5 Cimentação dos blocos cerâmicos aos de resina composta

Os blocos de cerâmica foram unidos aos blocos de resina composta com o cimento resinoso Panavia F (Kuraray Co., Osaka-Japão), que foi manipulado segundo as recomendações do fabricante e aplicado sobre a superfície dos dois blocos. Esse conjunto foi posicionado em um delineador que teve sua haste vertical modificada de maneira a permitir a aplicação de uma carga de 750g perpendicular à superfície de cimentação (KERN & THOMPSON ³⁰, 1995). Após posicioná-los, foram removidos os excessos de cimento e realizou-se a sua polimerização por 40 segundos em cada margem utilizando o aparelho fotopolimerizador. O procedimento de cimentação foi finalizado com a aplicação do bloqueador de oxigênio Oxyguard (kit Panavia F – Kuraray CO), por 5 minutos, em todas as interfaces (Figura 8a). Os blocos cimentados foram armazenados em água destilada durante sete dias.

No total, foram cimentados nove blocos de cerâmica aluminizada a nove blocos de resina composta formando-se nove conjuntos cerâmica, cimento e resina (CCR) (Figura 8b).

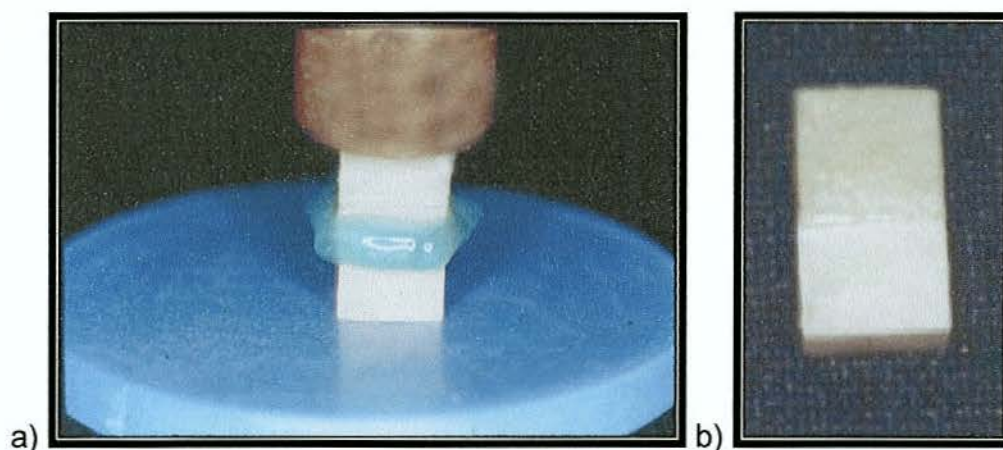


FIGURA 8 – Procedimento de cimentação: a) finalização da cimentação entre os blocos de cerâmica e de resina; b) bloco de Procera AllCeram cimentado ao bloco de resina composta.

4.6 Obtenção dos corpos-de-prova

Para obtenção dos corpos-de-prova cada conjunto CCR foi colado com adesivo de cianoacrilato ao dispositivo de fixação do aparelho de corte com a união adesiva posicionada perpendicularmente ao disco diamantado. O primeiro corte eliminou uma fatia da extremidade do CCR com aproximadamente 0,3mm de espessura, pois nessa região havia excessos de cimento resinoso que poderiam influenciar diretamente sobre os valores de resistência adesiva (Figura 9a). Em seguida, novos cortes foram realizados, obtendo-se quatro fatias com dimensões de 12x5x1mm para cada conjunto CCR, somando-se ao final um total de 36 fatias (Figuras 9b).



FIGURA 9 – Obtenção das fatias: a) corte da primeira fatia dos conjunto CCR; b) aspecto das fatias obtidas após os cortes.

Cada fatia teve uma de suas menores faces (5x1mm) colada com adesivo de cianoacrilato ao dispositivo de fixação do aparelho de corte, com a superfície adesiva perpendicular ao disco diamantado. Da mesma forma que, com as fatias, o primeiro corpo-de-prova a ser cortado com espessura de $\pm 0,2\text{mm}$ também foi eliminado, devido à presença de excessos de cimento resinoso nas laterais das paredes (Figura 10a).

A partir de cada fatia foram obtidos em média três corpos-de-prova com formato retangular e dimensões aproximadas de 12mm de comprimento, por 1mm de altura e 1mm de espessura, apresentando área adesiva de $\pm 1\text{mm}^2$ (Figura 10b). Alguns corpos-de-prova fraturaram-se durante a realização dos cortes e foram eliminados. Dessa forma foram obtidos 75 corpos-de-prova para realização dos testes de resistência adesiva à microtração.

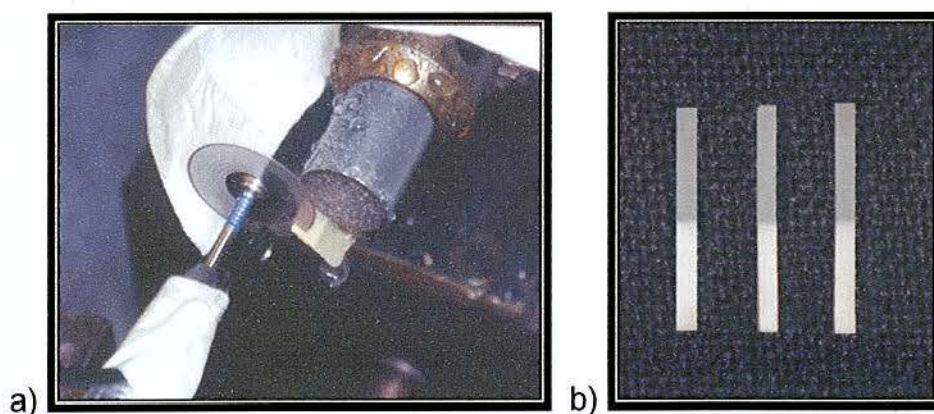


FIGURA 10 - Obtenção dos corpos-de-prova: a) realização dos cortes; b) corpos-de-prova obtidos após os cortes.

A Figura 11 esquematiza o processo de obtenção dos corpos-de-prova e a divisão dos grupos experimentais.

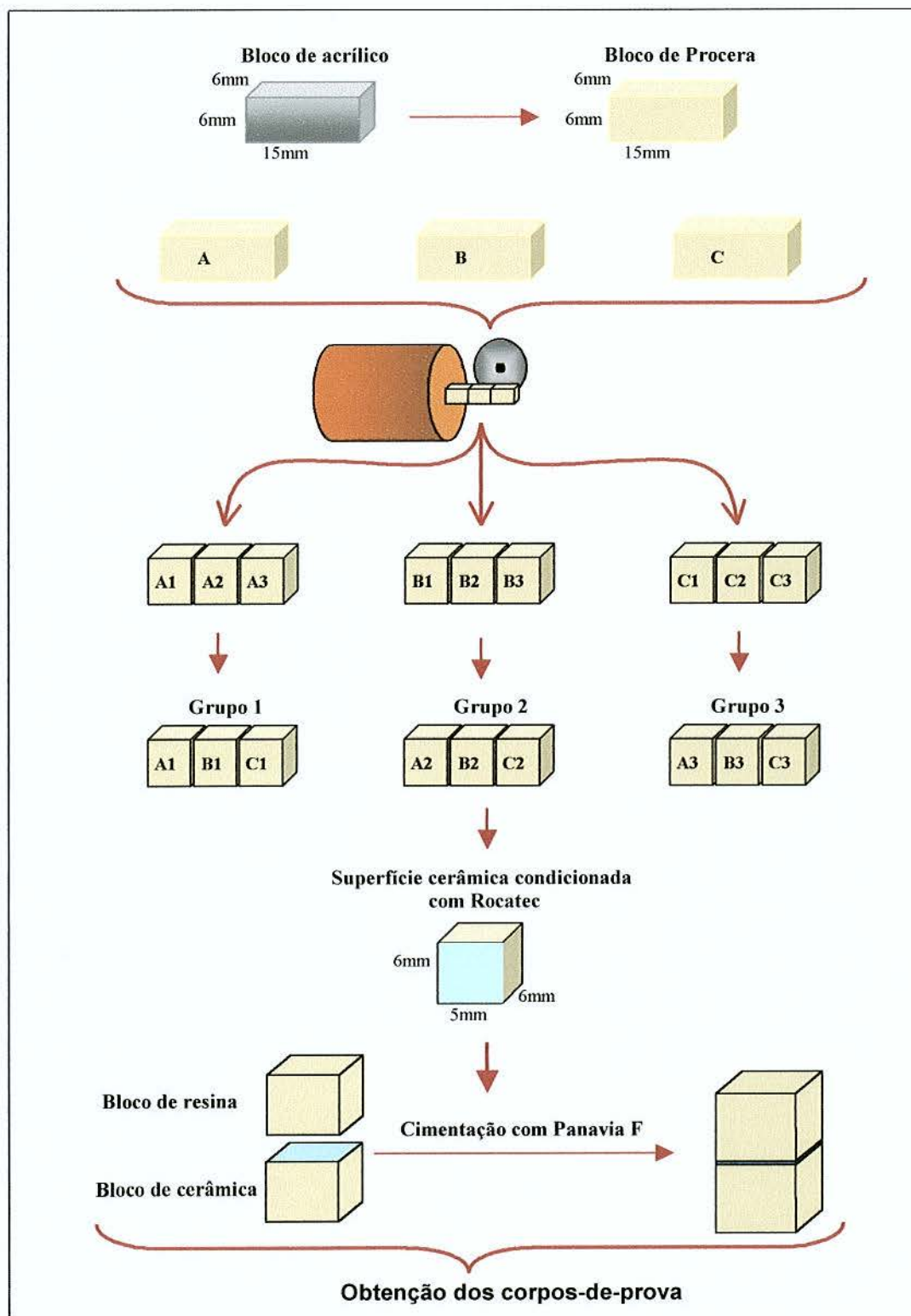


FIGURA 11 - Esquema da obtenção dos corpos-de-prova e divisão dos grupos experimentais (continua).

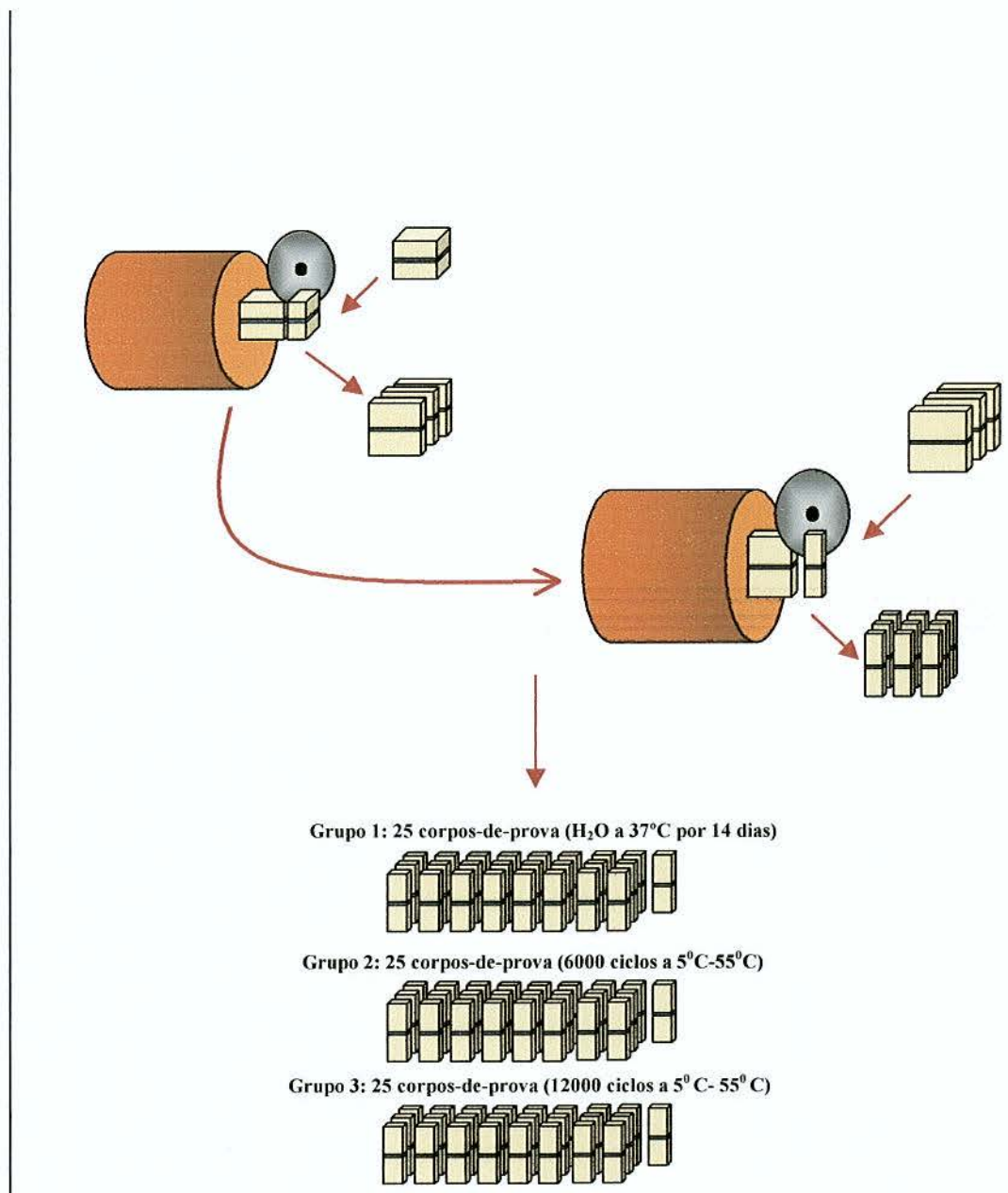


FIGURA 11 - Esquema da obtenção dos corpos-de-prova e divisão dos grupos experimentais (conclusão).

4.7 Armazenamento e tempos de ciclagem térmica

A partir dos 75 corpos-de-prova foram estabelecidos três grupos com 25 amostras cada. Por serem estruturas frágeis, os corpos-

de-prova de cada grupo foram dispostos em pequenas bolsas de pano que foram amarradas ao cesto da máquina de ciclagem para que os processos de armazenagem e ciclagem térmica fossem realizados sem danificá-los (Figura 12).

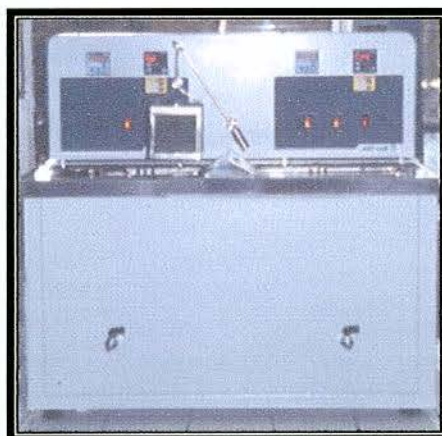


FIGURA 12 – Máquina de ciclagem térmica.

Cada grupo foi submetido aos processos de ciclagem térmica de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 - Condicionamentos estabelecidos para os grupos experimentais

Grupos	Condições de armazenamento
Grupo I (GI)	Armazenagem em água destilada a 37°C durante 14 dias.
Grupo II (GII)	6000 ciclos em água entre 5 e 55°C com 30 segundos em cada banho.
Grupo III (GIII)	12000 ciclos em água entre 5 e 55°C com 30 segundos em cada banho.

4.8 Ensaio de microtração

Baseado na metodologia de Bianchi⁸ (1999) foi utilizado um paquímetro no qual foram feitas algumas modificações que permitiram

utilizá-lo para realização dos ensaios de microtração e obtenção dos valores de resistência adesiva de cada corpo-de-prova.

Inicialmente, foram diminuídas as tensões das molas de regulagem de folga, presentes nas laterais do paquímetro, permitindo que a vareta guia e o cursor se movimentassem com menor atrito possível. Outra modificação realizada foi remover a porção final da escala de mensuração do paquímetro por meio de um corte permitindo que a vareta guia ficasse livre na extremidade do paquímetro e sem nenhum contato lateral que, conseqüentemente, proporcionou menor atrito em seus movimentos. Por fim, foi feito um orifício na extremidade superior da vareta guia para sua fixação à célula de carga presente na máquina de ensaio universal (Figura 13).



FIGURA 13 – Paquímetro modificado.

Sobre as garras do paquímetro cada corpo-de-prova foi fixado perpendicularmente à força aplicada, a fim de evitar forças de torção sobre a área adesiva. Antes da fixação dos corpos-de-prova, cada área foi mensurada com paquímetro digital para permitir o cálculo final da resistência de união adesiva. Os corpos-de-prova foram fixados com adesivo de cianoacrilato somente por suas extremidades, de forma que a área adesiva permanecesse localizada entre as duas garras do paquímetro (Figura 14).

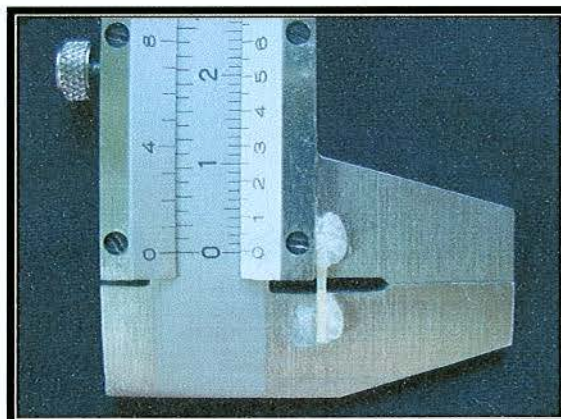


FIGURA 14 – Corpo-de-prova colado ao paquímetro.

O conjunto formado por corpo-de-prova e paquímetro era fixado à máquina de ensaios universal (EMIC) e submetido à tração com velocidade de 1mm/min até o rompimento da área adesiva (Figura 15).



FIGURA 15 – Conjunto paquímetro e corpo-de-prova posicionado na máquina de ensaio.

Após a realização dos ensaios, os valores de resistência adesiva obtidos a partir dos 75 corpos-de-prova foram submetidos à análise estatística. Com finalidade de avaliar o modo de falha (adesiva, coesiva ou mista) foi realizada uma análise morfológica das áreas de

rompimento da união ao microscópio eletrônico de varredura (JEOL-JSM-T330A) e as imagens foram registradas utilizando-se câmera fotográfica com filme Acros 100 (Fuji).

4.9 Análise estatística

A estatística descritiva dos dados de microtração consistiu na medição do valor da média, desvio padrão, coeficiente de variação e representação gráfica.

A estatística inferencial consistiu na aplicação da análise de variância paramétrica (ANOVA, 1 fator) e teste de tendência linear. O nível de significância adotado foi o valor convencional de 5%.

Os programas computacionais para a análise dos dados foram: Instat (versão 3, GraphPad Inc., 1997), Statistix (versão 7.0, Analytical Software, Inc., 2000) Statistica (versão 5.0, StatSoft, Inc., 1995).

5 RESULTADOS

Os dados de resistência adesiva obtidos (Apêndice 1) foram submetidos à análise estatística a fim de serem obtidas informações relevantes para verificação das proposições.

A estatística descritiva dos dados de microtração é apresentada na Tabela 1 e representada na Figura 16.

Tabela 1- Estatística descritiva dos dados da resistência de microtração (MPa), segundo a ciclagem (N: número de amostras; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação).

Estatística	Ciclagem		
	Sem	6000	12000
N	25	25	25
Média	10,710	9,0192	7,2804
DP	3,5401	3,9085	3,0063
CV (%)	33,053	43,336	41,293
Mínimo	4,2000	3,0600	2,2400
Mediana	11,210	9,4000	7,3200
Máximo	17,590	16,670	14,000

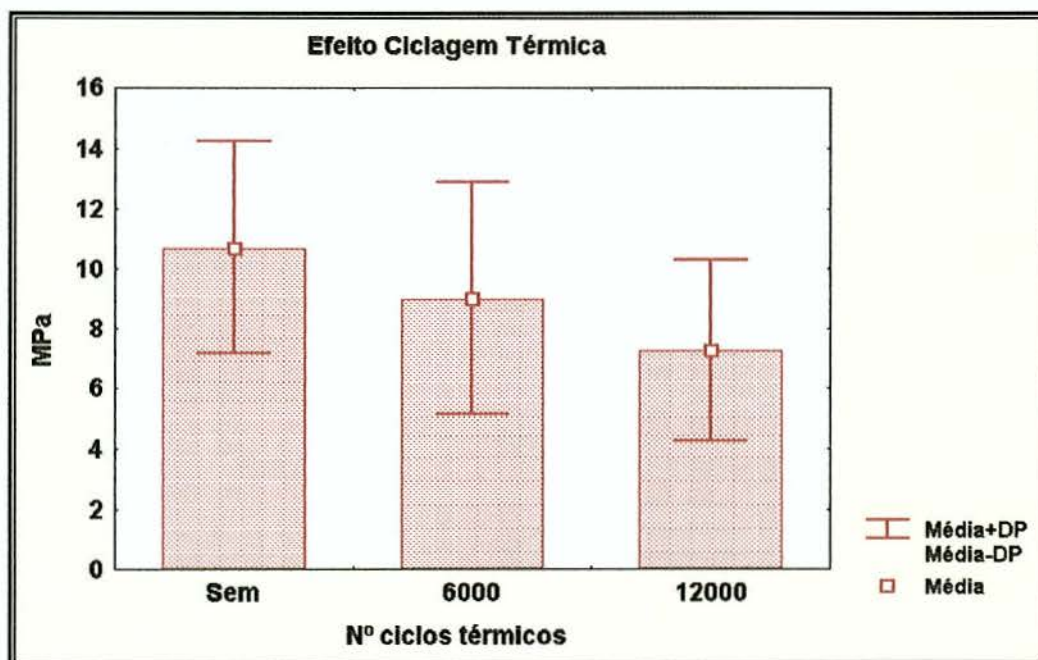


FIGURA 16 – Média e Desvio padrão dos dados de microtração, segundo os níveis de ciclagem.

Pode-se verificar através das informações contidas na Tabela 1 e na Figura 16 que: a) os valores de desvios padrões são próximos e não diferiram estatisticamente (teste de Bartlett, $\chi^2 = 1,61$; gl = 2; $p = 0,446$), e assim, pode-se atender ao requisito de homogeneidade de variância para a aplicação do teste de comparação de médias; b) a dispersão relativa indicada pelos valores de coeficiente de variação (CV) são inferiores a 50%, denotando que podemos considerar a média como a medida de tendência central, representante dos dados obtidos em cada grupo considerado.

Os dados foram submetidos ao teste paramétrico ANOVA (análise de variância, 1 fator) a fim de comparar o efeito médio entre os grupos experimentais (níveis de ciclagem) (Tabela 2).

Tabela 2 - Anova dos dados de resistência de união adesiva obtidos nas condições experimentais

Efeito	gl	SQ	QM	Razão F	p-valor
Ciclagem	2	147,071	73,5353		
Resíduo	72	884,319	12,2822	5,99	0,0039
Total	74	1031,39			

Pode-se verificar, portanto, a possibilidade de rejeitarmos a hipótese de igualdade entre os valores médios de microtração. Os três níveis de ciclagem diferiram estatisticamente (ANOVA, $F_{2,74} = 5,99$; $p = 0,0039 < 0,05$). Segundo o teste de comparação múltipla de Tukey (5%). O grupo sem ciclagem (média±desvio padrão: $10,710 \pm 3,540$) diferiu estatisticamente do grupo submetido a 12000 ciclos ($7,280 \pm 3,006$), enquanto o grupo submetido a 6000 ciclos ($9,019 \pm 3,908$) ocupou uma posição intermediária. Verificou-se que ocorre uma diminuição da resistência adesiva com o aumento do número de ciclos térmicos e que houve uma tendência linear (teste de contraste linear, $F_{1,72} = 11,973$; $p = 0,001$) do efeito da ciclagem sobre a resistência adesiva (Figura 17).

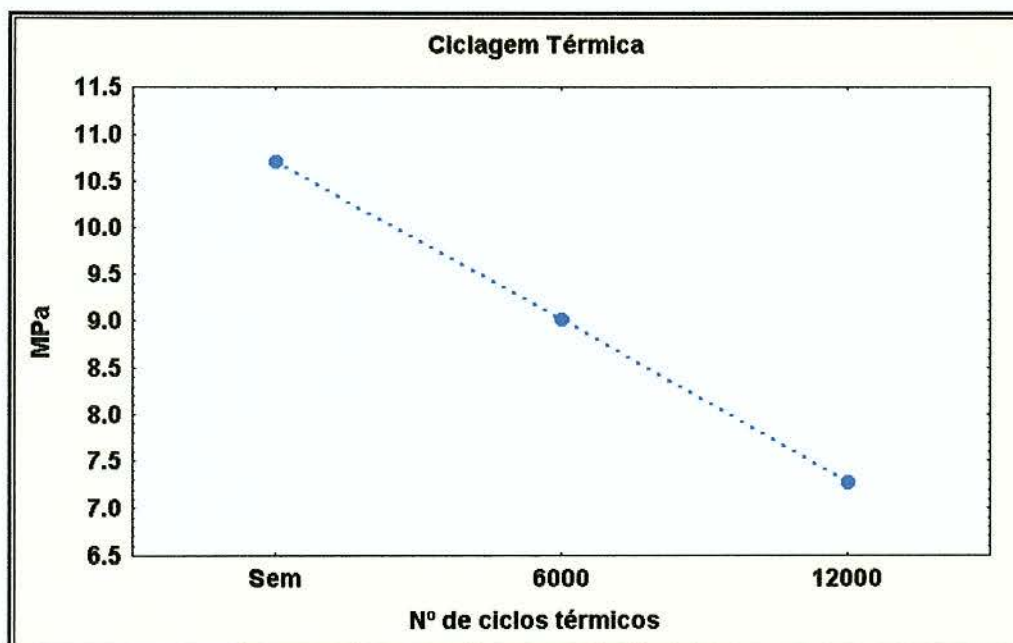


FIGURA 17 – Tendência linear entre o número de ciclos térmicos e a resistência adesiva.

As Figuras 18 a 23 ilustram as superfícies das regiões adesivas dos corpos-de-prova, avaliadas em microscopia eletrônica de varredura com aumentos de 150 e 5000 vezes, após a realização dos ensaios de microtração dos grupos sem e com ciclagem térmica. A análise das superfícies adesivas dos grupos sem e com ciclagem térmica apresentaram morfologia semelhante com aumentos de 150 e 5000 vezes. Entretanto, apenas com as imagens com aumento de 5000 vezes, verificaram-se características topográficas capazes de indicar o modo de falha ocorrido. Assim, foram visualizados resíduos de material resinoso em grande parte da extensão da área adesiva, porém em alguns locais foram visualizadas as estruturas poligonais características da superfície do Procera AllCeram. Portanto, as amostras avaliadas sugerem que tanto para o grupo sem ciclagem térmica como para os grupos com ciclagem o tipo de falha ocorreu predominantemente de maneira coesiva na estrutura do cimento resinoso.

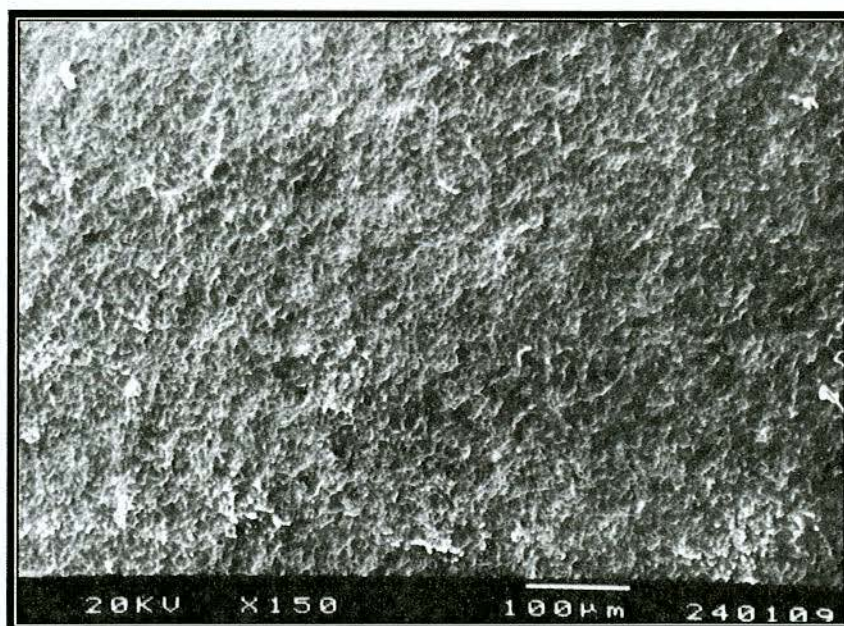


FIGURA 18 – Superfície adesiva de amostra do grupo sem ciclagem térmica.

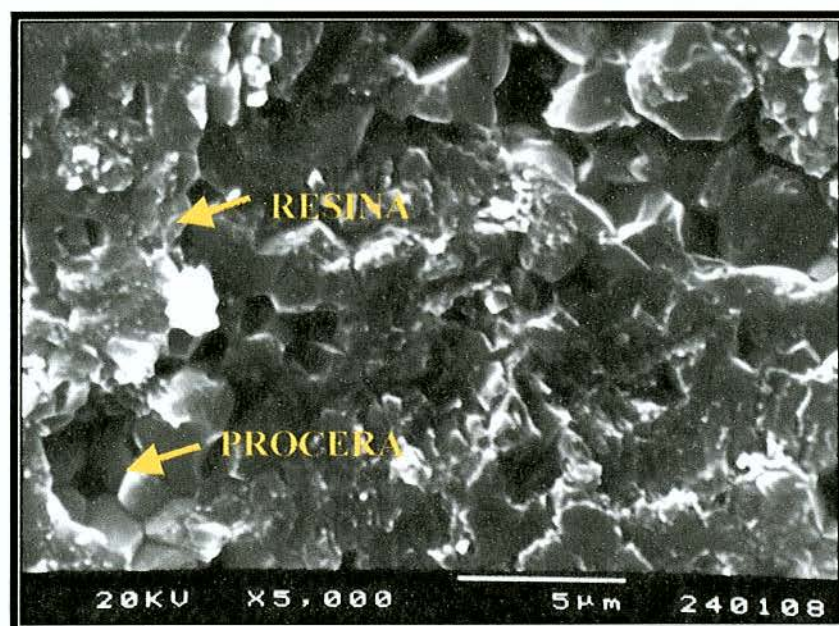


FIGURA 19 – Superfície adesiva de amostra do grupo sem ciclagem térmica.

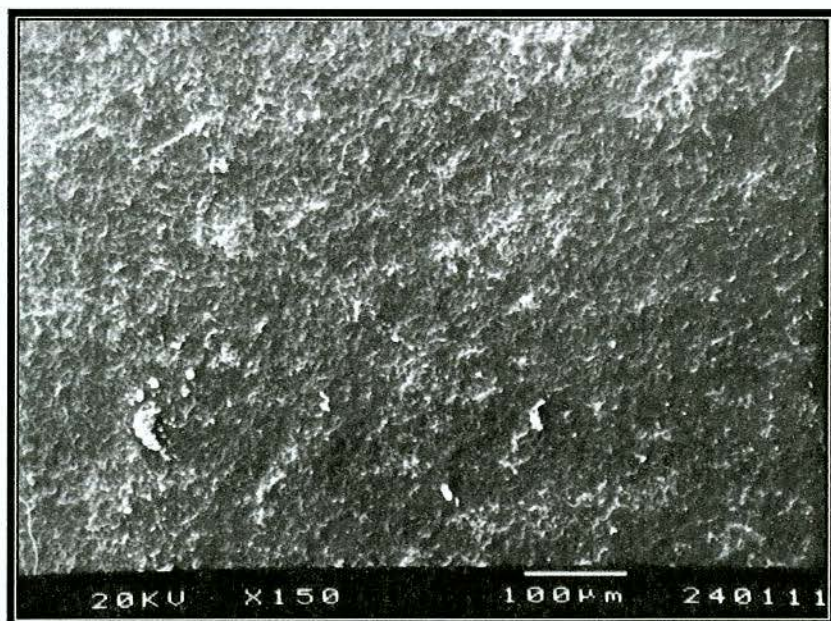


FIGURA 20 – Superfície adesiva de amostra do grupo com 6000 ciclos térmicos.

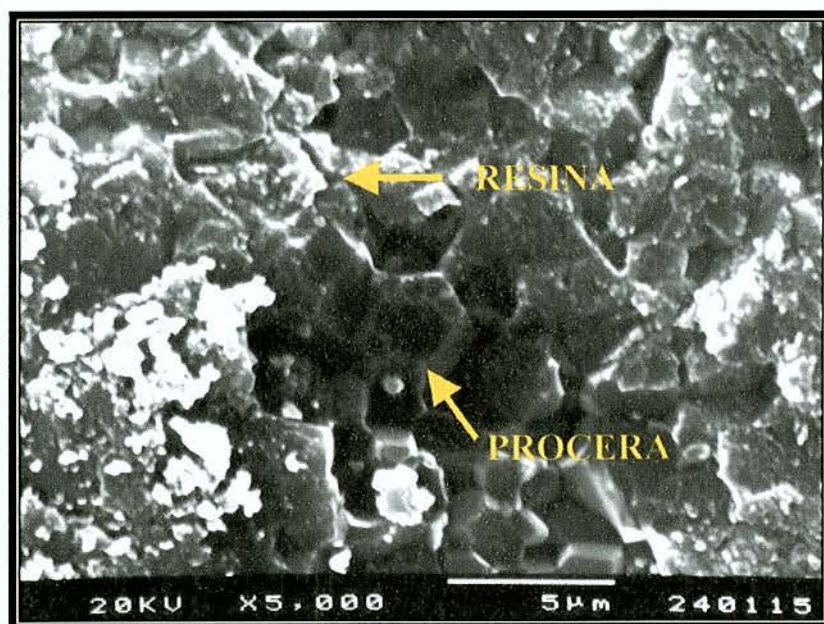


FIGURA 21 – Superfície adesiva de amostra do grupo com 6000 ciclos térmicos.

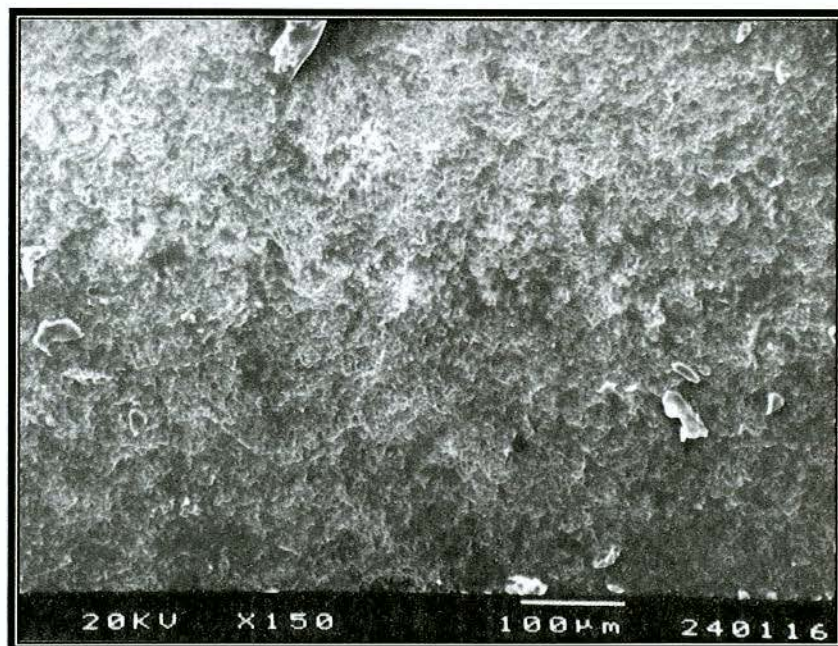


FIGURA 22 – Superfície adesiva de amostra do grupo com 12000 ciclos térmicos

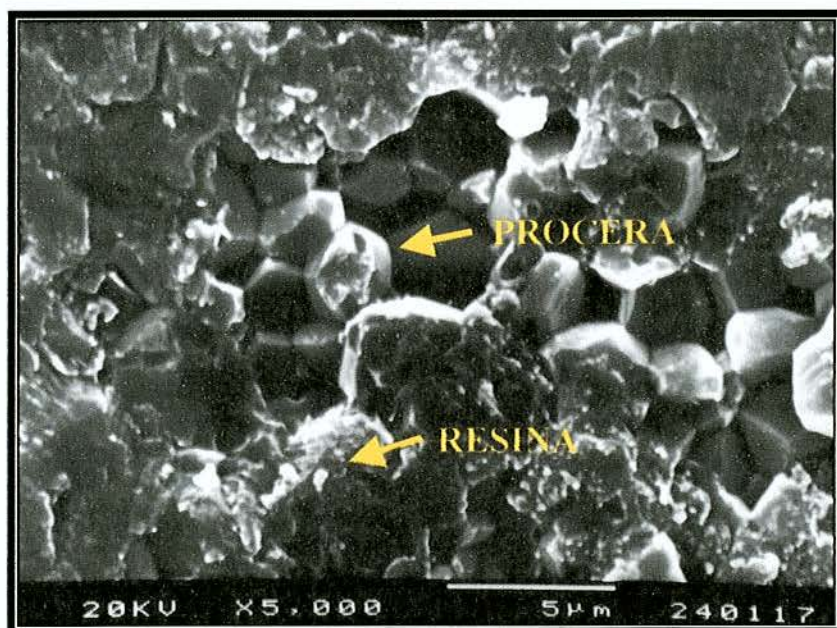


FIGURA 23 – Superfície adesiva de amostra do grupo com 12000 ciclos térmicos

6 DISCUSSÃO

A exigência de reabilitações estéticas por parte dos pacientes e profissionais fez com que nas últimas décadas diversos trabalhos de pesquisa buscassem o desenvolvimento das propriedades mecânicas dos materiais restauradores, principalmente as porcelanas. Entretanto, são muitos os fatores necessários para que se desenvolvam materiais que permaneçam totalmente estáveis frente às condições físico-químicas impostas pelo ambiente bucal. Além de esforços mecânicos durante o ciclo mastigatório, a presença de umidade e flutuações térmicas fornecem condições propícias para a ocorrência de fenômenos de degradação dos materiais utilizados nas reabilitações, principalmente nas regiões onde se estabelecem uniões adesivas entre superfícies de materiais restauradores e agentes de cimentação (CRAIG & PEYTON¹⁴, 1975; PALMER et al.⁴⁹, 1992).

Verificou-se que na literatura inúmeros trabalhos procuraram relacionar a interação entre a união adesiva entre agentes cimentantes e superfícies cerâmicas condicionadas por ataque ácido, jateamentos e silanos, sob várias condições de armazenagem e ciclagem térmica. Porém esses trabalhos verificaram apenas se um certo número de ciclos térmicos ou armazenagem em soluções aquosas influenciaram sobre a resistência de união adesiva, não relacionando com uma previsão de tempo clínico.

Assim, esta pesquisa foi conduzida de forma a correlacionar o efeito da ciclagem térmica sobre a resistência à microtração da união adesiva entre o cimento resinoso Panavia F e a superfície da cerâmica aluminizada Procera AllCeram, condicionada com o sistema Rocatec, simulando tempo clínico de cinco e dez anos.

A escolha pelo método de ensaio por microtração foi determinada após uma revisão da literatura em que suas características

foram comparadas a estudos que analisaram e comentaram a respeito das características dos testes mecânicos convencionais (cisalhamento e tração) mais utilizados na avaliação de valores de resistência adesiva (CARDOSO et al.¹³, 1998; PHRUKKANON et al.⁵³, 1998; SCHREINER et al.⁵⁸, 1998). Segundo Garcia et al.²⁰, 2002, os testes mecânicos laboratoriais empregados para a avaliação da união adesiva entre dois substratos diferentes, geralmente, fundamentaram-se na aplicação de forças de deslocamento sobre a união, na tentativa de simular os mesmos esforços sofridos pela restauração durante a função mastigatória. Porém as forças e tensões exercidas na clínica são de natureza complexa, de forma que nenhum teste simula adequadamente as forças intrabuciais. O teste de cisalhamento é um dos mais simples e amplamente utilizado. Seu princípio mecânico baseia-se no rompimento da união por meio de uma força aplicada paralelamente à interface adesiva. Geralmente um cilindro com 3 a 5mm de diâmetro é unido a um substrato plano por meio de um agente adesivo ou cimentante. Uma carga é aplicada sobre a interface, sendo seu valor (força) dividido pelo valor da área adesiva (unidade de área), obtendo-se a resistência de união.

Embora o teste de cisalhamento seja largamente utilizado, autores como Van Noort et al.⁶⁶⁻⁶⁷, 1989; 1991; Della Bona & Van Noort¹⁵, 1995; Versluis et al.⁶⁸, 1997, usando a análise de elementos finitos sobre modelos experimentais, que simulam as características de um determinado teste (tração ou cisalhamento), demonstraram que os valores de união são altamente dependentes da geometria dos corpos-de-prova, da direção das forças aplicadas, da presença ou não de excessos de agentes de união sobre as interfaces adesivas e dos substratos envolvidos. Nesses trabalhos os autores verificaram que, nos testes de cisalhamento, a distância entre o local de aplicação da carga e a interface adesiva influenciou diretamente sobre os valores de resistência, pois quando essa distância aumenta, origina-se o "momento de dobramento", causando alterações significativas sobre os resultados (KITASAKO et

al.³²,1995). Esse fato é responsável pela criação de tensões não-uniformes sobre a interface adesiva e dependente da geometria, forma e tamanho do aderente, bem como, da relação entre os módulos de elasticidade dos materiais unidos. Verificou-se nesses trabalhos que sob forças de cisalhamento muitas vezes os substratos, aderente ou aderido, sofrem mais tensões que a interface adesiva, não avaliando a real resistência de adesão.

Sano et al.⁵⁷, 1994 discordaram da metodologia do teste de cisalhamento por esse ser incapaz de avaliar apropriadamente a interface adesiva, haja vista que a distribuição de tensões internas solicitaria principalmente o substrato e não a área de união.

Watanabe & Nakabayashi⁶⁹, 1994, verificaram que nos testes de tração o ponto mais frágil rompe primeiramente, tornando-se um teste útil no estudo do mecanismo de adesão. Nos testes de cisalhamento, embora mais usados, a ruptura nem sempre ocorre no ponto mais frágil, pois começa no ponto onde a lâmina produz um esforço de cisalhamento, geralmente na porção periférica da interface adesiva.

Quanto ao método de tração convencional, a união é rompida por uma força aplicada perpendicularmente à interface adesiva. O principal problema desse método é promover o correto alinhamento do corpo-de-prova em relação à força de tração aplicada durante o ensaio, de maneira que se evitem ou pelo menos sejam minimizados os efeitos de tensões indesejáveis por um posicionamento incorreto da geometria interfacial (OILO⁴⁷, 1993; SANO et al.⁵⁷, 1994; DELLA BONA & VAN NOORT¹⁵, 1995; GARCIA et al.²⁰, 2002). Outro fator a avaliar-se na execução dos testes de tração é a dificuldade de conformação e apreensão das amostras em dispositivos para realização dos ensaios.

Assim, em busca de um método mais apropriado para avaliação de resistência adesiva, Sano et al.⁵⁷, 1994, desenvolveram a metodologia denominada da microtração. Essa técnica permite avaliar a resistência adesiva em corpos-de-prova com regiões adesivas de

dimensões reduzidas que variam de 0,3 a 15mm². Com a utilização dessa técnica foi verificado que a redução da área de teste (< 2mm²) resulta proporcionalmente em valores de resistência adesiva maiores e o modo de fratura dos corpos-de-prova ocorria quase que na sua totalidade de forma adesiva, não se observando fraturas coesivas nos substratos testados. Os autores acreditam que tal fato ocorre devido às amostras com dimensões maiores conterem mais defeitos estruturais do que amostras menores, por apresentarem uma área de união menos uniforme, com irregularidades de superfície, presença de bolhas e variações decorrentes dos procedimentos de aplicação dos agentes de união e de cimentação.

Em outro estudo, Sano et al.⁵⁶, 1994, utilizaram o método de microtração para avaliar a resistência à tração e o módulo de elasticidade de dentina mineralizada e desmineralizada humana e bovina, por meio de ensaios de microtração. Os autores utilizaram amostras de dentina com dimensões de 4 x 0,5 x 0,5mm, com área adesiva de 0,25mm². Os resultados obtidos foram comparados com um grupo controle em que amostras de alumínio com mesmas dimensões foram testadas. Os valores obtidos para o grupo controle foram semelhantes aos já existentes como padrão em metalurgia, evidenciando a precisão da metodologia.

Pashley et al.⁵⁰, 1995, avaliaram as principais vantagens do teste de microtração, citando entre elas a possibilidade de determinação do local de falhas quase que exclusivamente de modo adesivo na interface, permitindo uma análise da real resistência de união entre o material e a estrutura dentária. Outra vantagem, segundo o autor, é a possibilidade de obtenção de várias amostras a partir de um único substrato, mantendo-se assim uma padronização do material avaliado. Por fim, o tamanho reduzido das amostras facilita a análise completa das superfícies em microscopia eletrônica de varredura.

Em um trabalho de revisão, Pashley et al.⁵¹, 1999, descreveram os tipos de testes de microtração e suas modificações, concluindo que esses fornecem resultados que não podem ser obtidos com os métodos convencionais de ensaio. Os autores concluíram que, apesar de ser uma metodologia mais elaborada, representa um método muito eficaz para análise da resistência adesiva entre dois materiais.

A metodologia de microtração, há quase uma década de seu desenvolvimento, ainda é pesquisada com finalidade de determinar um padrão das dimensões dos corpos-de-prova. Dessa forma, baseados em trabalhos de Sano et al.⁵⁷, 1994; Yoshiyama et al.⁷⁴, 1996; Shono et al.⁵⁹, 1997; Cardoso et al.¹³, 1998; Phrukkanon et al.⁵⁴, 1998; Bianchi⁸, 1999; Pashley et al.⁵¹, 1999; Shono et al.⁶⁰⁻¹, 1999; Della Bona et al.¹⁷, 2000, utilizou-se a metodologia de microtração confeccionando corpos-de-prova com áreas de secção transversal com aproximadamente 1mm², fixados ao dispositivo de tração por meio de adesivo de cianoacrilato.

Phrukkanon et al.⁵⁴, 1998, avaliaram a influência do formato (retangular e cilíndrico) das áreas de união adesiva de corpos-de-prova quando submetidos ao teste de microtração. Os resultados mostraram que não houve diferença estatística entre os valores obtidos para os dois formatos de área adesiva. Shono et al.⁶⁰⁻¹, 1999; Della Bona et al.¹⁷, 2000; Yano et al.⁷², 2000 utilizaram em seus trabalhos corpos-de-prova com formato retangular e área de união adesiva com 1mm². Desse modo, nos embasamos nesses trabalhos, confeccionando corpos-de-prova com as mesmas características.

O dispositivo para ensaio de microtração utilizado neste trabalho, baseou-se em Bianchi⁸, 1999, que desenvolveu um suporte para fixação do corpo-de-prova utilizando um paquímetro que foi modificado em sua estrutura, a fim de permitir o posicionamento adequado de corpos-de-prova para serem submetidos às cargas de tração, evitando-se o máximo de tensões laterais não-uniformes sobre a região adesiva. Em seu estudo, avaliando dimensões e configurações

geométricas dos corpos-de-prova para microtração, o autor concluiu que as amostras com menores áreas adesivas e conformação simétrica (1mm de espessura x 1mm de largura) tendem a apresentar resultados próximos dos reais valores de resistência adesiva. O autor verificou que corpos-de-prova com áreas de união assimétricas, ou seja, espessura maior do que largura, quando submetidas aos ensaios, podem sofrer um dobramento, promovendo tensões não-uniformes que levariam ao rompimento prematuro da união adesiva.

Nesta pesquisa não foram comparados métodos de condicionamento superficial, pois baseou-se em trabalhos que relataram resultados mais eficientes com o condicionamento da superfície aluminizada por meio de jateamentos, principalmente com óxidos de alumínio e sílica, pois esses promoveram maiores valores de resistência adesiva do que o condicionamento ácido utilizado em cerâmicas feldspáticas convencionais.

Kraivixien-Vongphantuest et al.³⁴, 1992; Kern & Thompson²⁸⁻⁹, 1994 e Lu et al.³⁷, 2001, relataram que a união adesiva dos cimentos resinosos à superfície de In-Ceram não foi adequadamente suficiente, quando foram utilizados procedimentos para condicionar cerâmicas feldspáticas, tais como, ataque ácido e silanização, pois com os ácidos não se criou microretenções semelhantes às criadas em cerâmicas convencionais (STANGEL et al.⁶⁴, 1987; LU et al.³⁶, 1992; YEN et al.⁷³, 1993; DELLA BONA et al.¹⁶, 2002).

Alguns autores (ISIDOR et al.²³, 1995; KERN & THOMPSON³⁰, 1995; OZCAN et al.⁴⁸, 2001) sugeriram o condicionamento com jateamento de óxido de alumínio 110 μ m (Al₂O₃) para criar microretenções na superfície das cerâmicas aluminizadas, porém foi verificado que apenas com esse condicionamento não se promove efetiva união química com os agentes de silanização, devido a pouca quantidade de sílica presente na matriz vítrea da cerâmica In-Ceram (KERN & THOMPSON²⁸⁻⁹, 1994).

Apesar desses métodos de condicionamento terem apresentado um valor alto de resistência adesiva, imediatamente após os procedimentos de cimentação, quando submetidos a tratamentos de ciclagem térmica ou mesmo sob armazenamento em períodos maiores que trinta dias em água destilada à 37 °C, os valores de resistência adesiva diminuíram a níveis muito baixos, não promovendo uma estabilidade de união entre cerâmica e cimento.

O sistema Rocatec-ESPE, introduzido por Guggenberger²¹ (1989) para condicionar superfícies metálicas com bons resultados de união adesiva (KERN & THOMPSON²⁷, 1994), foi utilizado inicialmente por Kraivixien-Vongphantuset et al.³⁴, (1992); Neikes et al.⁴⁴, (1992) e posteriormente por Kern & Thompson²⁸⁻³⁰ (1994 e 1995) e Kyian³³ 2001 para condicionar as superfícies de cerâmicas aluminizadas (In-Ceram), promovendo o aumento do conteúdo de sílica a 19,7% em peso, por meio da cobertura triboquímica, sobre a superfície cerâmica. Esse método de condicionamento, segundo os resultados desses autores, apresentaram valores de união adesiva maiores que outros métodos de condicionamentos superficiais já citados, além de uma estável união adesiva entre cerâmica e cimentos resinosos a base de BIS-GMA.

A resistência adesiva promovida pela associação entre cimentos resinosos, contendo em sua composição monômero-fosfato, e superfícies aluminizadas do sistema In-Ceram, condicionadas com óxido de alumínio, também foi avaliada por autores que obtiveram resultados satisfatórios, mesmo após períodos de armazenagem em soluções aquosas e ou períodos de ciclagem térmica (KERN & THOMPSON³⁰, 1995;).

A união adesiva entre o cimento resinoso com monômero fosfato (Panavia F) e a superfície da cerâmica In-Ceram condicionada com o sistema Rocatec foi avaliada por Soares et al.⁶², 2002, e apresentou valores significativamente maiores do que a associação desse cimento com superfície jateada apenas com óxido de alumínio (110µm),

porém não foi avaliada sob efeito de ciclagem térmica. Andreatta et al.⁴, 2002; Galhano et al.¹⁹, 2002, avaliando o efeito de 1500 ciclos térmicos sobre a união adesiva entre superfícies de In-Ceram condicionadas com coberturas de sílica (Sistema Cojet e Rocatec) e o cimento resinoso Panavia F, obtiveram resultados semelhantes, em que a união adesiva manteve-se estável.

Embora para a cerâmica aluminizada In-Ceram a combinação entre tratamento superficial com cobertura de sílica (Rocatec) e cimento resinoso à base de Bis-GMA tenha promovido uma satisfatória e durável união adesiva, Friederich & Kern¹⁸, 2002 relataram que sob efeito de ciclagem térmica a união adesiva entre a superfície do Procera AllCeram condicionada com sistema Rocatec e um cimento resinoso à base de Bis-GMA não se manteve estável. Nesse mesmo trabalho, o melhor resultado de resistência adesiva foi obtido associando cimento resinoso, contendo monômero fosfato (Panavia 21 EX), à superfície do Procera AllCeram condicionada com jateamento de óxido de alumínio (110 μ m). Os autores atribuíram tal fato às diferenças nos processos de confecção da cerâmica, pois no sistema Procera AllCeram não há a fase de infiltração de vidro como no sistema In-Ceram, o que possivelmente possa ser necessário para a formação da camada de sílica pelo jateamento do sistema Rocatec.

Awliya et al.⁶, 1996, verificaram que para cerâmica Procera AllCeram jateada com óxido de alumínio (50 μ m) a melhor união adesiva foi alcançada com o cimento resinoso contendo monômero fosfato (Panavia 21) em relação aos cimentos resinosos à base de Bis-GMA.

Blixt et al.⁹⁻¹⁰, 1996 e 2000, obtiveram resultados favoráveis de união adesiva associando condicionamento com sistema Rocatec da superfície do Procera AllCeram e cimento resinoso à base de Bis-GMA, porém não foi verificado o efeito de armazenamento em solução aquosa e ou ciclagem térmica sobre a união adesiva.

Quanto ao condicionamento da superfície da cerâmica Procera AllCeram com ataques ácidos Awliya et al.⁷, 1998 verificaram que esse método, em acordo com trabalhos de Isidor et al.²³, 1995; Madani et al.³⁸, 2000, não aumentam os valores de união adesiva. Sob microscopia eletrônica de varredura os autores verificaram que a superfície do Procera AllCeram, após condicionamento com ácido hidro-fluorídrico (9,6%) mantinha-se morfologicamente igual à superfície sem tratamento.

A ciclagem térmica em laboratório é a simulação do processo físico existente no meio ambiente oral que mais freqüentemente influencia a integridade da união adesiva entre materiais restauradores e agentes de cimentação. Oilo⁴⁷, 1993; Watanabe & Nakabayashi⁶⁹, 1994; Kern & Wegner³¹, 1998; Leibrock et al.³⁵, 1999; Wegner et al.⁷⁰, 2000; Friederich & Kern¹⁸, 2002; Hummel et al.²², 2002; Wegner et al.⁷¹, 2002, relataram que vários sistemas de união são influenciados por variações cíclicas de temperatura.

Entretanto não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliassem o efeito da ciclagem térmica sobre a união adesiva entre o cimento resinoso, contendo monômero fosfato (Panavia F), e a superfície da cerâmica Procera AllCeram condicionada com o sistema Rocatec.

Nos trabalhos acima citados, a manutenção da integridade da união adesiva entre as cerâmicas aluminizadas e os cimentos resinosos foi submetida a ciclos térmicos em água que variaram de 200 a 37500 ciclos entre 5 e 55°C com 30 segundos de imersão em cada banho. Verificou-se nesses estudos, porém, que mesmo em testes térmicos com grandes quantidades de ciclos, a união adesiva entre cerâmicas aluminizadas e cimentos resinosos com BIS-GMA em sua composição não foi significativamente alterada.

Um fato a ser considerado nesses trabalhos é que não foram relacionados valores comparativos entre números de ciclos térmicos e tempo em meio oral, dessa forma, nosso trabalho baseou-se

em Leibrock et al.³⁶, (1999), que estabeleceu aproximadamente uma relação destes valores. Dessa maneira, segundo esses autores, a utilização de 6000 e 12000 ciclos térmicos, entre 5 e 55°C, equivaleria em condições normais fisiológicas aproximadamente ao período de cinco e dez anos respectivamente, sendo assim, nossa avaliação considerou esses números razoáveis para utilização na metodologia empregada.

Os resultados obtidos demonstraram que o efeito da ciclagem térmica influenciou negativamente sobre a qualidade da resistência adesiva, promovendo a diminuição dos valores de união à medida que se aumentava o número de ciclos térmicos, verificando-se que houve uma tendência linear entre o efeito da ciclagem sobre a resistência adesiva (Figura 17).

O efeito negativo da ciclagem térmica sobre uniões adesivas pode ser esclarecido pelo fato de que materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica linear (CETL) sofrem contrações e dilatações de dimensão em graus também diferentes. Esse processo promove o fenômeno de fadiga dos materiais levando ao rompimento das uniões entre eles (CRAIG & PEYTON¹⁴, 1975). Enquanto que o CETL das resinas compostas convencionais varia de 25 a 35 x 10⁻⁶ K⁻¹, para as cerâmicas aluminizadas esse valor é de aproximadamente 6,6 x 10⁻⁶ K⁻¹ (PHILLIPS⁵², 1993), portanto os efeitos promovidos por variações de temperatura quando esses dois materiais estão associados podem levar a uma fadiga da união adesiva entre eles.

As Figuras 19, 21 e 23 representam as imagens dos corpos-de-prova dos grupos sem ciclagem térmica e com 6000 e 12000 ciclos respectivamente, que foram avaliados sob microscopia eletrônica de varredura (MEV). A análise morfológica indicou que houve uma predominância de falhas coesivas do materiais resinosos, devido à maior presença de remanescentes desses materiais aderidos à superfície da cerâmica. Apenas em algumas regiões verificou-se rompimento adesivo entre material resinoso e a cerâmica, fato que foi verificado pela

visualização das estruturas poligonais características da cerâmica Procera AllCeram. Segundo Söderholm & Roberts ⁶³, 1990; Wegner et al.⁷¹, (2002), armazenagem em água e ciclagem térmica podem alterar as propriedades de materiais resinosos, pois esses contêm componentes (matriz e partículas de carga) com diferentes CETL, e portanto podem sofrer processos de fadiga por variações térmicas que aceleram o seu enfraquecimento estrutural, justificando possivelmente as falhas coesivas dos materiais resinosos nesta pesquisa. De certa forma, baseados em estudos de Garcia et al.²⁰, 2002, a análise das superfícies fraturadas foram responsáveis para justificar nossos resultados e conclusões.

Embora o processo de ciclagem térmica tenha alterado os valores de união, a análise sob MEV revelou que os materiais resinosos permaneceram aderidos à superfície da cerâmica, o que nos fez crer que o condicionamento com o sistema Rocatec apresentou-se efetivo quando associado ao cimento resinoso com monômero fosfato, mesmo após os períodos de ciclagem térmica.

Outro fator que pode ter contribuído para a diminuição dos valores de resistência adesiva foi a dimensão dos corpos-de-prova que apresentavam área adesiva reduzida, recebendo maior influência dos efeitos da ciclagem térmica sobre sua superfície. Shono et al.⁶¹ (1999) relataram que uniões adesivas em corpos-de-prova com dimensões diferentes tiveram reduções maiores de valores de união adesiva para corpos-de-prova com áreas menores, após períodos iguais de armazenagem e ciclagem térmica.

Deve-se considerar que a metodologia e as variáveis avaliadas neste estudo não simularam todas as condições clínicas que ocorrem nos processos fisiológicos da mastigação. Acredita-se que o emprego de dados tradicionais de resistência adesiva deveria ser restrito a comparações dos efeitos relativos das propriedades e da microestrutura dos materiais e das condições de tratamento que poderiam melhorar a

resistência à fratura, e não para realizar interpretações clínicas categóricas sobre resistência de união.

7 CONCLUSÕES

Baseados nos resultados analisados e discutidos neste trabalho, foi possível concluir que:

- a) a ciclagem térmica diminuiu a resistência adesiva entre o cimento resinoso Panavia F e a superfície da cerâmica Procera AllCeram condicionada com o sistema Rocatec, com diferenças estatisticamente significantes;
- b) a análise sob microscopia eletrônica de varredura (MEV) indicou que houve predominância de falhas coesivas com rompimento do material resinoso. Desse modo, consideramos que o método de condicionamento com o sistema Rocatec mostrou-se efetivo sobre a cerâmica Procera AllCeram.

8 REFERÊNCIAS*

- 1 ANDERSSON, M.; ODÉN, A. A new all-ceramic crown. A dense-sintered, high-purity alumina coping with porcelain. **Acta Odontol Scand**, v.51, n.1, p.59-64, Feb 1993.
- 2 ANDERSSON, M. et al. Procera: a new way to achieve an all-ceramic crown. **Quintessence Int**, v.29, n.5, p.285-96, May 1998.
- 3 ANDREATTA FILHO, O.D.; NISHIOKA, R.S.; ALMEIDA, E. E.S. Construção de um torno mecânico para realizar preparos dentais padronizados. **Pesqui Odontol Bras**, v.14, supl. 2000, p. 17, 2000 (Trabalho apresentado à 17ª Reunião SBPqO – Resumo IO47).
- 4 ANDREATTA FILHO, O.D. et al. Efeito da ciclagem térmica sobre a resistência adesiva entre uma cerâmica aluminizada e um cimento resinoso. **Pesqui Odontol Bras**, v.16, supl. 2002, p. 201, 2002 (Trabalho apresentado à 19ª Reunião SBPqO – Resumo Pb250).
- 5 ARMSTRONG, S.R.; BOYER, D.B.; KELLER, J.C. Microtensile bond strength testing and failure analysis of two dentin adhesives. **Dent Mater**, v.14, n.1, p.44-50, Jan. 1998.

*Baseado em:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **Informação e documentação: referências, elaboração**, NBR6023. Rio de Janeiro, 2002. 23p.

- 6 AWLIYA, W. et al. Bond strength of four resin cements to an alumina core. **J Dent Res**, v.75, sp. iss., p.378,1996. (Abstract 2885).
- 7 AWLIYA, W. et al. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high-purity alumina with various surface conditions. **Acta Odontol Scand**, v. 56, n.1, p.9-13, Feb. 1998.
- 8 BIANCHI, J. **Estudo sobre a resistência à microtração em função das dimensões, módulo de prensão e formato do corpo de prova**. 1999. 112f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- 9 BLIXT, M. et al. Shear bond strength of luting cements to procera allceram. **J Dent Res**, v.75, sp. iss., p.71, 1996. (Abstract 427).
- 10 BLIXT, M. et al. Bonding to densely sintered alumina surfaces: effect of sandblasting and silica coating on shear bond strength of luting cements. **Int J Prosthodont**, v.13, n.3, p.221-6, May/June 2000.
- 11 BOTTINO, M.A. et al. **Estética em reabilitação oral metal free**. São Paulo: Artes Médicas, 2001. 496p.
- 12 BRUNTON, P.A. et al. Procera all-ceramic crowns: a new approach to an old problem? **Br Dent J**, v. 186, n.9, p.430-4, May 1999.
- 13 CARDOSO, P.E.; BRAGA, R.R.; CARRILLO, M.R. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength

of three adhesive systems. **Dent Mater**, v.14, n.6, p.394-8, Nov. 1998.

14 CRAIG, R.G.; PEYTON, F.A. Physical and mechanical properties. *In: _____*. **Restorative dental materials**, 5. ed. St. Louis: Mosby, 1975. cap3, p.48.

15 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.

16 DELLA BONA, A.; ANUSAVICE, K. J.; HOOD, J.A. Effect of ceramic surface treatment on tensile bond strength to a resin cement. **Int J Prosthodont**, v.15, n.3, p.248-53, May/June 2002.

17 DELLA BONA, A.; ANUSAVICE, K.; SHEN, C. Microtensile strength of composite bonded to hot-pressed ceramics. **J Adhes Dent**, v.2, n.4, p.305-13, Winter 2000.

18 FRIEDERICH, R.; KERN, M. Resin bond strength to densely sintered alumina ceramic. **Int J Prosthodont**, v.15, n.4, p.333-8, July/Aug. 2002.

19 GALHANO, G.A.P. et al. Avaliação da resistência adesiva entre uma cerâmica aluminizada e um cimento resinoso submetidos à ciclagem térmica. **Pesqui Odontol Bras**, v.16, supl. 2002, p. 83, 2002 (Trabalho apresentado à 19ª Reunião SBPqO – Resumo Ib176).

- 20 GARCIA, F.C.P. et al. Testes mecânicos para avaliação laboratorial da união resina-dentina. **Rev Fac Odontol Bauru**, v.10, n.3, p.118-27, Jul./Set. 2002.
- 21 GUGGENBERGER, R. Rocatec system-adhesion by tribochemical coating. **Dtsch Zahnarzt Z**, v.44, n.11, p.874-6, Nov. 1989.
- 22 HUMMEL, M.; WEGNER, S.M.; KERN, M. Long-term resin bond strength to Procera ceramic. **J Dent Res**, v.81, sp. iss. A, p.A-35, 2002. (Abstract 52).
- 23 ISIDOR, F.; STOKHOLM, R; RAVNHOLT, G. Tensile bond strength of resin luting cement to glass infiltrated porous aluminium oxide cores (In Ceram). **Eur J Prosthodont Restor Dent**, v.3, n.4, p.199-202, Sept. 1995.
- 24 ITINOCHE, M.K. **Estudo da influência da ciclagem mecânica na resistência à flexão de cerâmicas**. 2002. 110f. Tese (Doutorado em Odontologia, Área de Concentração em Prótese) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2002.
- 25 JONES, T.K. et al. Dental implications of nickel hypersensitivity. **J Prosthet Dent**, v.56, n.4, p.507-9, Oct. 1986. (Abstract).
- 26 KERN, M.; STRUB, J.R. Bonding to alumina ceramic in restorative dentistry: clinical results over up to 5 years. **J Dent**, v.26,3, p.245-9, Mar. 1998.

- 27 KERN, M.; THOMPSON, V.P. Influence of prolonged thermal cycling and water storage on the tensile bond strength of composite to NiCr alloy. **Dent Mater**, v.10, n.1, p.19-25, Jan. 1994.
- 28 KERN, M.; THOMPSON, V.P. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. **J Prosthet Dent**, v.71, n.5, p.453-61, May 1994.
- 29 KERN, M.; THOMPSON, V.P. ESCA surface characterization of the alumina ceramic In-Ceram after various conditioning methods for resin bonding. **J Dent Res**, v.73, sp. iss., p.197, 1994. (Abstract 763).
- 30 KERN, M.; THOMPSON, V.P. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. **Prosthet Dent**, v.73, n.3, p.240-9, Mar. 1995.
- 31 KERN, M.; WEGNER, S.M. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. **Dent Mater**, v.14, n.1, p.64-71, Jan.1998.
- 32 KITASAKO, Y. et al. Shear and tensile bond testing for resin cement evaluation. **Dent Mater**, v.11, n.5, p.298-304, Sept. 1995.
- 33 KIYAN, V.H. **Influência do tratamento das superfícies internas de dois tipos de cerâmicas na resistência adesiva à tração**. 2001. 98f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

- 34 KRAIVIXIEN-VONGPHANTUSET, R. Bond strength no resin cement to In-Ceram core material. **J Dent Res**, v.71, sp. iss., p.533, 1992. (Abstract 141).
- 35 LEIBROCK, A. et al. In vitro study of the effect of thermo- and load-cycling on the bond strength of porcelain repair systems. **J Oral Rehabil**, v.26, n.2, p.130-7, Feb. 1999.
- 36 LU, R. et al. An investigation of the composite resin/porcelain interface. **Aust Dent J**, v.37, n.1, p.12-9, Feb. 1992.
- 37 LU, Y.C. et al. Effects of surface treatments on bond strength of glass-infiltrated ceramic. **J Oral Rehabil**, v.28, n.9, p.805-13, Sept. 2001.
- 38 MADANI, M. et al. Effects of surface treatments on shear bond strengths between a resin cement and an alumina core. **J Prosthet Dent**, v.83, n.6, p.644-7, June 2000.
- 39 MAY, K. B. et al. Precision of fit: the Procera AllCeram crown. **J Prosthet Dent**, v.80, n.4, p.394-404, Oct. 1998.
- 40 McLEAN, J.W. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. **J Prosthet Dent**, v.85, n.1, p.61-6, Jan. 2001.
- 41 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.
- 42 MOREIRA JÚNIOR, M.T. Procedimentos de cimentação de próteses fixas. In:_____. ROCHA, M.P.C. **Odontologia**

reabilitadora: noções básicas para o clínico. São Paulo: Ed. Santos, 2000. cap.15, p.205-29.

- 43 NAKABAYASHI, N.; WATANABE, A.; ARAO, T. A tensile test to facilitate identification of defects in dentine bonded specimens. **J Dent**, v.26, n.4, p.379-85, May 1998.
- 44 NEIKES, M.J.; KERN, M.; STRUB, J.R. Tensile bond strength of two silicoating (silicate/silanization) systems on the AL_2O_3 -Ceramic In-Ceram. **J Dent Res**, v.71, sp. Iss., p.533, 1992. (Abstract 144).
- 45 ODÉN, A. et al. Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. **J Prosthet Dent**, v.80, n.4, p.450-6, Oct. 1998.
- 46 ÖDMAN, P.; ANDERSSON, B. Procera AllCeram crowns followed for 5 to 10.5 years: a prospective clinical study. **Int J Prosthodont**, v.14, n.6, p.504-9, Nov./Dec. 2001.
- 47 OILO, G. Bond strength testing--what does it mean? **Int Dent J**, v.43, n.5, p.492-8, Oct.1993.
- 48 OZCAN, M.; ALKUMRU, H. N.; GEMALNAZ, D. The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. **Int J Prosthodont**, v.14, n.4, p.335-9, July/Aug. 2001.
- 49 PALMER, D.S.; BARCO, M.T.; BILLY, E.J. Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. **J Prosthet Dent**, v.67, n.3, p.325-7, Mar. 1992.

- 50 PASHLEY, D.H. et al. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. **Dent Mater**, v.11, n.2, p.117-25, Mar. 1995.
- 51 PASHLEY, D.H. et al. The microtensile bond test: a review. **J Adhes Dent**, v.1, n.4, p.299-309, 1999.
- 52 PHILLIPS, R.W. **Skinner materiais dentários**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 334p.
- 53 PHRUKKANON, S.; BURROW, M.F.; TYAS, M.J. Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. **Dent Mater**, v.14, n.2, p.120-8, Mar. 1998.
- 54 PHRUKKANON, S.; BURROW, M.F.; TYAS, M.J. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. **Dent Mater**, v.14, n.3, p.212-21, June 1998.
- 55 PRESTIPINO, V.; INGBER, A.; KRAVITZ, J. Clinical and laboratory considerations in the use of a new all-ceramic restorative system. **Pract Periodontics Aesthet Dent**, v.10, n.5, p.567-75, June/July 1998.
- 56 SANO, H. et al. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. **J Dent Res**, v.73, n.6, p.1205-11, June 1994.
- 57 SANO, H. et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile bond test. **Dent Mater**, v.10, n4, p.236-40, July 1994.

- 58 SCHREINER, R.F. et al. Microtensile testing of dentin adhesives. **Dent Mater**, v.14, n.3, p.194-201, June 1998.
- 59 SHONO, Y. et al. Effects of cross-sectional area on resin-enamel tensile bond strength. **Dent Mater**, v.13, n.5, p.290-6, Sept. 1997.
- 60 SHONO, Y. et al. Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. **J Dent Res**, v.78, n.2, p.699-705, Feb. 1999.
- 61 SHONO, Y. et al. Durability of resin-dentin bonds. **J Adhes Dent**, v.1, n. 3, p.211-8, May 1999.
- 62 SOARES, L. F. et al. Microtração de cerâmica aluminizada e cimento resinoso: efeito do tratamento da superfície cerâmica. **Pesqui Odontol Bras**, v.16, supl. 2002, p.149, 2002 (Trabalho apresentado à 19ª Reunião SBPqO – Resumo Pa217).
- 63 SÖDERHOLM, K.J.; ROBERTS, M.J. Influence of water exposure on the tensile strength of composites. **J Dent Res**, v.69, n.12, p.1812-6, Dec. 1990.
- 64 STANGEL, I.; NATHANSON, D.; HSU, C.S. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. **J Dent Res**, v.66, n.9, p.1460-5, Sept. 1987.
- 65 SULAIMAN, F. et al. A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress, and Procera crowns. **Int J Prosthodont**, v.10, n.5, p.478-84, Sept/Oct. 1997.
- 66 VAN NOORT, R. et al. A critique of bond strength measurements. **J Dent**, v.17, n.2, p.61-7, Apr. 1989.

- 67 VAN NOORT, R. et al. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. **J Dent Res**, v.70, n.5, p.889-93, May 1991.
- 68 VERSLUIS, A.; TANTBIROIN, D.; DOUGLAS, W.H. Why do shear bond tests pull out dentin? **J Dent Res**, v.76, n.6, p.1298-307, June 1997.
- 69 WATANABE, I.; NAKABAYASHI, N. Measurement methods for adhesion to dentine: the current status in Japan. **J Dent**, v.22, n.2, p.67-72, Apr. 1994.
- 70 WEGNER, S.M.; KERN, M. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. **J Adhes Dent**, v.2, n.2, p.139-47, Summer 2000.
- 71 WEGNER, S.M.; GERDES, W.; KERN, M. Effect of different artificial aging conditions on ceramic-composite bond strength. **Int J Prosthodont**, v. 15, n.3, p. 267-72, May/June 2002.
- 72 YANO, J. et al. Regional bond strength of adhesive resins to caries-affected dentin. **J Dent Res**, v.79, sp. iss., p., 2000. (Abstract 1833).
- 73 YEN, T.; 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.
- 74 YOSHIYAMA, M. et al. Regional bond strengths of resins to human root dentine. **J Dent**, v.24, n.6, p.435-42, Nov. 1996.

- 75 ZENG, K.; ODÉN, A.; ROWCLIFFE, D. Flexure tests on dental ceramics. **Int J Prosthodont**, v.9, n.5, p.434-9, Sept./Oct. 1996.

Apêndice A - Os valores obtidos nos ensaios de microtração dos corpos-de-prova estão representados nas Tabelas 3, 4 e 5, com unidade em MPa.

Tabela 3- Grupo Procera AllCeram sem ciclagem térmica

Corpo-de-prova	Resistência adesiva (MPa)
1	8,51
2	12,35
3	11,21
4	13,72
5	11,85
6	11,45
7	15,14
8	10,92
9	4,2
10	13,62
11	13,80
12	9,43
13	10,15
14	8,65
15	6,14
16	14,81
17	13,62
18	5,84
19	4,96
20	15,04
21	11,50
22	7,58
23	7,70
24	8,00
25	17,59

Tabela 4- Grupo Procera AllCeram com ciclagem térmica (6000 ciclos)

Corpo-de-prova	Resistência adesiva (MPa)
1	10,09
2	9,28
3	5,71
4	7,83
5	6,48
6	3,21
7	3,11
8	16,68
9	12,13
10	8,94
11	10,16
12	9,69
13	10,12
14	10,65
15	9,14
16	10,85
17	15,47
18	10,07
19	3,41
20	13,63
21	9,40
22	15,15
23	3,06
24	5,50
25	4,89

Tabela 5- Grupo Procera AllCeram com ciclagem térmica (12000 ciclos)

Corpo-de-prova	Resistência adesiva (MPa)
1	9,30
2	8,03
3	14,00
4	10,52
5	6,14
6	6,60
7	7,32
8	8,17
9	6,40
10	7,18
11	10,92
12	7,72
13	2,32
14	5,21
15	6,02
16	6,40
17	2,24
18	2,25
19	8,97
20	9,92
21	9,25
22	9,03
23	3,27
24	3,88
25	10,95

ANDREATTA FILHO, O. D. **Evaluation of the bond strength between the surface of an aluminous ceramic and a resin cement.** 2003. 116f. Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora, Área de Concentração em Prótese) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos.

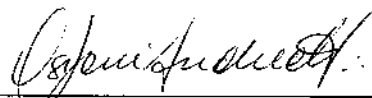
ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of thermocycling on the bond strength between the surface of Procera AllCeram (Nobel-Biocare) and the resin cement (Panavia F, Kuraray CO). Nine ceramic blocks were fabricated with dimensions of 5x6x6mm. One of the faces with 5x6mm of each ceramic block was conditioned with a tribochemical silica coating (Rocatec system, Espe) and after it was luted with Panavia F to another identical block made from composite resin (Clearfil AP-X, Kuraray CO) obtained through duplication of the ceramic blocks with addition silica impression material (Express, 3M). The nine groups formed by ceramic, cement and composite resin were split up obtained 75 samples with dimensions of 12x1x1mm and adhesive surface presenting $1\text{mm}^2 \pm 0,1\text{mm}^2$ of area. The samples were divided into 3 groups (n=25): G1 - stored for 14 days in distilled water at 37°C; G2 - thermocycling for a total of 6000 cycles (5°C - 55°C); G3 - thermocycling for a total of 12000 cycles (5°C - 55°C). After conditioned times the samples were fixed with cianoacrilate adhesive at microtensile device and tested in a universal testing machine (EMIC) at a crosshead speed of 1 mm/min. Data were analysed by ANOVA and Tukey test. The results indicated that the mean values of rupture tension (MPa) of G1 (10.710 ± 3.54) they didn't differ estatisticaly ($p < 5\%$) of G2 (9.019 ± 3.90), however there was significant difference between G1 and G3 (7.280 ± 3.00). It was possible to conclude that the thermocycling reduced the values of bond strength significantly when samples were submitted to 12000 cycles.

KEYWORDS: Ceramic; bond strength; resin cement; termocycling.

Autorizo a reprodução xerográfica deste trabalho

São José dos Campos, 16 de junho de 2003.



Osvaldo Daniel Andreatta Filho