

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA

LETÍCIA MONTEIRO PEIXOTO

**EFEITO DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE NA RESISTÊNCIA DE
UNIÃO À MICROTRAÇÃO DE CIMENTOS RESINOSOS À
CERÂMICA IN CERAM ALUMINA**

VITÓRIA
2009

LETÍCIA MONTEIRO PEIXOTO

**EFEITO DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE NA RESISTÊNCIA DE
UNIÃO À MICROTRAÇÃO DE CIMENTOS RESINOSOS À
CERÂMICA IN CERAM ALUMINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Clínica Odontológica, na área de concentração em Dentística.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Hermenegilda
Grasselli Batitucci
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Batitucci

VITÓRIA
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

P379e Peixoto, Letícia Monteiro, 1979-
Efeito do tratamento de superfície na resistência de união à microtração de cimentos resinosos à cerâmica In Ceram Alumina / Letícia Monteiro Peixoto. – 2009.
115 f. : il.

Orientadora: Maria Hermenegilda Grasselli Batitucci.
Co-Orientador: Eduardo Batitucci.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências da Saúde.

1. Cerâmica odontológica. 2. Cimentos dentários. 3. Resinas dentárias. I. Batitucci, Maria Hermenegilda Grasselli. II. Batitucci, Eduardo. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências da Saúde. IV. Título.

CDU: 616.314

LETÍCIA MONTEIRO PEIXOTO

**EFEITO DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE NA RESISTÊNCIA DE
UNIÃO À MICROTRAÇÃO DE CIMENTOS RESINOSOS À
CERÂMICA IN CERAM ALUMINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Clínica Odontológica, na área de concentração em Dentística

Aprovada em _____ de _____ de 2009.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Maria Hermenegilda Grasselli Batitucci
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof. Dr.^a Luciana Faria Sanglard
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Raphael Vieira Monte Alto
Universidade Federal Fluminense

Dedico,

Ao meu marido, Ricardo, que, com amor e companheirismo, soube incentivar e respeitar os inúmeros momentos de estudo nesta batalha.

Aos meus pais, Osmar Peixoto Filho e Dalila Maria Grandi Monteiro Peixoto, que sempre me ensinaram a batalhar pela concretização dos meus sonhos.

Agradeço,

Primeiramente a Deus, fonte de sabedoria, perseverança, saúde e oportunidades.

Aos meus irmãos Breno e Daniel pelo incentivo nesta jornada.

A Prof.^a Dr.^a Maria Hermenegilda Grasselli Batitucci, minha querida orientadora, pelo apoio incondicional prestado em todos os momentos, pela confiança em mim depositada e pela sincera amizade.

Ao Prof. Dr. Eduardo Batitucci, pela sábia ajuda como coorientador, acompanhando de perto todas as etapas desta pesquisa.

À Prof.^a Dr.^a Selva Maria Guerra, coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica da UFES.

Ao Prof. Dr. Paulo Amarante, por permitir a utilização dos equipamentos na FOB/USP, por se disponibilizar a ajudar com o que fosse preciso.

Ao Prof. Dr. Luís Alexandre M. S. Paullillo, por viabilizar a utilização de equipamentos na FOP/UNICAMP.

Ao Dr. Miguel Angelo Schettino Júnior, do Departamento de Física da UFES, por me ensinar a utilizar o microscópio eletrônico de varredura.

Ao Departamento de Física da UFES pela utilização microscópio eletrônico de varredura.

A FAPES por concessão de bolsa de estudos.

Ao Dr. Renato Cilli, aluno de pós-doutorado da FOB/USP, pelos ensinamentos prestados durante esse período.

Aos colegas de caminhada do mestrado, Tereza J. da S. Almeida, Lília M. A. C. de Freitas, Nílton D. Neto, Roberto S. Barbosa, Carolini C. Azevedo, Cíntia D. Morgan, Rochana G. Rosa, Bruno Daleprane, Priscilla P. Coppo, Júlia R. Moraes, Gabriel P. S. Barbosa.

A todos os professores do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, pela participação e dedicação.

Ao laboratório Scárdua, pela ajuda na confecção dos espécimes de cerâmica.

Aos grandes amigos por entenderem minhas ausências e momentos de cansaço.

A todos que de alguma maneira me ajudaram ou se fizeram presentes no decorrer deste estudo.

“Quando a gente acha que tem todas as respostas,
vem a vida e muda todas as perguntas”
Luis Fernando Verissimo

RESUMO

PEIXOTO, L.M. **Efeito do tratamento de superfície na resistência de união à microtração de cimentos resinosos à cerâmica In Ceram Alumina.** 2009. 115 f. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, Vitória, 2009.

Este estudo *in vitro* avaliou a resistência de união através de teste de microtração e análise de modo de fratura da In Ceram Alumina (Vita Zahnfabrik) submetida à cimentação resinosa com diferentes tratamentos de superfície. Foram confeccionados vinte blocos de cerâmica In Ceram Alumina e de resina composta Filtek Z350 (3M/ESPE), com dimensões de 7mm x 7mm x 5mm. Os blocos de cerâmica foram divididos em quatro grupos conforme o tratamento superficial e o cimento empregado: grupo 1) jateamento com óxido de alumínio a 110µm e cimentação com Rely X ARC (3M ESPE), grupo 2) jateamento com o sistema Rocatec (3M ESPE) e cimentação com Rely X ARC, grupo 3) jateamento com óxido de alumínio a 110µm e cimentação com Panavia F (Kuraray), grupo 4) jateamento com o sistema Rocatec e cimentação com Panavia F. As amostras de cerâmica/cimento/resina foram seccionadas em uma máquina de corte Labcut 1010 a fim de obter corpos de prova de $\pm 0,1\text{mm}^2$ de área adesiva, foram armazenadas em água destilada/37°C/7 dias, e submetidas ao teste de microtração em máquina de ensaio universal Emic a velocidade de 0,5mm/min. As superfícies fraturadas foram avaliadas quanto ao modo de fratura em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados (MPa) foram submetidos à análise estatística através dos testes ANOVA e de Tukey ($p < 0,05$): grupo 1 - 15,71; grupo 2 - 24,64; grupo 3 - 21,86; grupo 4 - 28,19. Constatou-se que não houve diferença estatística apenas entre o grupo 2 e o grupo 3. Todas as falhas foram mistas. Concluiu-se que o revestimento de sílica triboquímico aumenta a resistência de união entre cimentos resinosos (Panavia F e Rely X ARC) e a cerâmica In Ceram Alumina.

Palavras-chave: cerâmicas; cimentos resinosos; tratamento de superfície; resistência à microtração.

ABSTRACT

PEIXOTO, L.M. **Effect of surface treatment on the microtensile bond strength of the resin cements to the In Ceram Alumina** 2009. 115 f. Dissertation (Master in Dental Clinics) – Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, Vitória, 2009

The aim of this *in Vitro* study was to evaluate the microtensile bond strength and the fracture mode of In Ceram Alumina (Vita Zahnfabrik) subjected to resin bonding with different surface treatments. Twenty blocks of ceramic In Ceram Alumina and resin composite Filtek Z350 (3M/ESPE) were made with dimensions of 7mm x 7mm x 5mm. The ceramic blocks were divided into four groups according to the surface treatment and cement used: grupo 1) Al₂O₃ sandblasting and bonding with Rely X ARC (3M ESPE), grupo 2) Rocatec System sandblasting (3M ESPE) and bonding with Rely X ARC, grupo 3) Al₂O₃ sandblasting and bonding with Panavia F (Kuraray), grupo 4) Rocatec System sandblasting and bonding with Panavia F. The samples resin/cement/ceramic were sectioned in a cutting machine Labcut 1010 to obtain sticks with a cross-sectional area of $\pm 1\text{mm}^2$. They were stored in distilled water (7days/37⁰C) and the microtensile bond strength was recorded in a universal testing machine Emic at a crosshead speed of 0.5mm/min. The failure types were noted in a scanning electron microscopy. The results (MPa) were submitted to ANOVA and Tukey's test ($p<0.05$): grupo 1-15,71, grupo 2-24,64, grupo 3- 21,86, grupo 4- 28,19. There was no statistical difference between group 2 and group 3. All failures were mixed. It was concluded that the tribochemical system increase the bond strength between resin cements (Panavia F and Rely X ARC) and In Ceram.

Keywords: ceramics; microtensile bond strength; resin cement; surface conditions.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS

μm	micrometro
$^{\circ}\text{C}$	graus centígrados
Al_2O_3	alumina
APF	fluoreto fosfato acidulado
Bar	unidade de pressão
Bis -GMA	bisphenol A glycidyl methacrylato
cm^2	centímetros quadrados
CP	corpos de prova
FEA	análise bidimensional de elemento finito
G	grupo
gr	grama
h	hora
HF	ácido hidrofúorídrico
ISO	International Organization for Standardization
Kg	kilograma
MEV	microscópio eletrônico de varredura
min	minuto
mm	milímetro
mm^2	milímetro quadrado
MPa	mega Pascal
MPD	monômero ácido fosfatado
mW/cm^2	megawatts/centímetro quadrado
N	Newton
Nd:YAG n°	neodymium-doped yttrium aluminium garnet número
s ou seg	segundo
SEM	microscopia eletrônica de varredura
SiO_2	sílica
σ	resistência de união ao cisalhamento
ot	resistência de união à tração

LISTA DE FIGURAS

Figura 1–	Bloco de resina Duralay usado como guia para confecção de bloco cerâmico.	54
Figura 2 –	Bloco de cerâmica In Ceram Alumina.....	54
Figura 3 –	Politriz metalprisma adquirida por financiamento Fapes.	55
Figura 4 –	Dispositivo da Politriz Metalprisma usado para fixação dos corpos de prova.	55
Figura 5 –	Molde da cerâmica obtida através da moldagem com silicona de condensação.....	55
Figura 6 –	Inserção da resina composta no interior do molde.	56
Figura 7 –	Bloco de resina composta Filtek Z350.	56
Figura 8 –	Tratamento superficial da resina.....	57
Figura 9 –	Seqüência do tratamento superficial com óxido de alumínio 110µm.	58
Figura 10 –	Seqüência do tratamento superficial com o sistema Rocatec.....	59
Figura 11 –	Dispositivo de cimentação, com corpo de prova posicionado.....	62
Figura 12 –	Bloco de cerâmica cimentado sobre o de resina.	62
Figura 13 –	Fotopolimerização do cimento e proteção com Oxiguard.	62
Figura 14 –	Cortadeira Labcut modelo 1010 empregada na pesquisa.	63
Figura 15 –	Visualização do dispositivo de aço inox adaptado à cortadeira Labcut 1010 usado para fixação do conjunto cerâmica/cimento/resina.	64
Figura 16 –	Seqüência de cortes do conjunto cerâmica/cimento/resina e obtenção dos palitos.	65
Figura 17 –	Desenho esquemático da fixação do conjunto cerâmica/cimento/resina com cera pegajosa na base de resina acrílica, que foi presa no dispositivo circunferencial de aço inox da cortadeira.....	66
Figura 18 –	Desenho esquemático do corte do conjunto cerâmica/cimento/resina com disco diamantado, no sentido ântero-posterior.	66
Figura 19 –	Desenho esquemático da rotação do conjunto cerâmica/cimento/resina em 90° e corte com disco diamantado, no sentido látero-lateral.	66

Figura 20 – Sequência de cortes do conjunto cerâmica/cimento/resina e obtenção dos palitos.	67
Figura 21 – Visualização dos palitos formados após confecção dos cortes.	67
Figura 22 – Realização do teste de microtração.....	69
Figura 23 – <i>Stub</i> metálico, com fita de carbono e fixação de fragmentos fraturados dos espécimes presos lado a lado com resina composta.....	70
Figura 24 – Visão lateral da <i>stub</i> metálico, com fita de carbono e fixação de fragmentos fraturados dos espécimes presos lado a lado com resina composta.	70
Figura 25 – <i>Stub</i> após processo de metalização.	70
Figura 26 – Classificação dos tipos de falha observados na fractografia.	71
Figura 27 – Imagem da interface cerâmica/cimento/resina.....	79
Figura 28 – Imagem da interface cerâmica/cimento/resina dando enfoque a união cerâmica/ cimento.....	80
Figura 29 – Imagem da interface cerâmica/cimento/resinadando enfoque à união cimento/resina.....	80
Figura 30 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.	81
Figura 31 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da resina.	81
Figura 32 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.	82
Figura 33 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.	82
Figura 34 – Superfície da cerâmica após fratura	83
Figura 35 – Superfície do cimento após fratura.	83
Figura 36 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.	84
Figura 37 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da resina.	84
Figura 38 – Falha mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.....	85
Figura 39 – Falha mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva) – análise da superfície da resina.....	85

Figura 40 – Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.....	86
Figura 41 – Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise da superfície da resina.....	86
Figura 42 – Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.....	87
Figura 43 – Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise da superfície da resina.....	87
Figura 44 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.....	88
Figura 45 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da resina.....	88
Figura 46 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.....	89
Figura 47 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da resina.....	89
Figura 48 – Falha mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.....	90
Figura 49 – Falha mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva) – análise da superfície da resina.....	90
Figura 50 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.....	91
Figura 51 – Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise da superfície da resina.....	91
Figura 52 – Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise da superfície da cerâmica.....	92
Figura 53 – Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise da superfície da resina.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média e desvio padrão da área (mm ²) segundo grupo e bloco.....	72
Tabela 2 – Média e desvio padrão da resistência de união à microtração (MPa) segundo tratamento e cimentação.	74
Tabela 3 – Resultados (p-valor) do teste de normalidade (Shapiro-Wilk).	75
Tabela 4 – Média e p-valor da ANOVA para a microtração (MPa) segundo tratamento.	76
Tabela 5 – Grupos homogêneos resultantes do teste de Tukey.	76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 TESTES UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO EM INTERFACES ADESIVAS	19
2.2 ESTUDOS QUE EMPREGARAM O TESTE DE TRAÇÃO E MICROTRAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO ÀS CERÂMICAS ALUMINIZADAS.....	23
2.3 ESTUDOS QUE EMPREGARAM O TESTE DE CISLHAMENTO PARA AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO ÀS CERÂMICAS ALUMINIZADAS.....	34
3 PROPOSIÇÃO	51
4 MATERIAIS E MÉTODO	52
4.1 MATERIAIS UTILIZADOS	52
4.2 DELIMITAÇÃO DA AMOSTRA	53
4.3 OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	54
4.4 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DOS ESPÉCIMES.....	56
4.4.1 Tratamento superficial da resina	56
4.4.2 Tratamento superficial da cerâmica In Ceram Alumina	57
4.5 CIMENTAÇÃO DO BLOCO CERÂMICO COM O BLOCO DE RESINA.....	59
4.6 CORTE DOS BLOCOS	63
4.7 REALIZAÇÃO DE TESTES NOS CORPOS DE PROVA	67
4.7.1 Teste de resistência à microtração	68
4.7.2 Análise do modo de fratura	68
5 RESULTADOS	72
5 DISCUSSÃO	94
6 CONCLUSÕES	100
7 REFERÊNCIAS	101
ANEXO	105

1 INTRODUÇÃO

A porcelana surgiu na China, aproximadamente 1.000 anos d.C, no entanto, só em 1728 Fauchard sugeriu seu uso na Odontologia. Posteriormente, em 1932, Fenn (1932 apud BORGES et al., 2001) descreveu um método de fundir a porcelana ao metal para formar coroas e, em 1956, houve um desenvolvimento significativo das cerâmicas devido à sua fusão com ligas de ouro para formar próteses unitárias e fixas. Já na década de 1970 surgiram diversas novas ligas como alternativa econômica às ligas metalocerâmicas com alto conteúdo de ouro (CHAIN; ARCARI; LOPES, 2000).

Apesar da casuística e do sucesso com as restaurações metalocerâmicas, a Odontologia sempre buscou substituir materiais metálicos, em função de resultados estéticos. Nesse sentido, houve várias tentativas de utilizar materiais cerâmicos sem a presença do metal. A primeira cerâmica odontológica reforçada apresentando propriedades melhoradas o suficiente para ser empregada sem metal foi desenvolvida por McLean e Hughes (1965, apud BORGES et al., 2001). Nesse trabalho, o aumento da fase cristalina resultou no aumento de resistência à fratura. Esse material foi utilizado como subestrutura em substituição do metal, sob a qual era aplicada uma cerâmica feldspática pela técnica convencional (BORGES et al., 2001; CHAIN; ARCARI; LOPES, 2000).

Desde que McLean e Hughes introduziram essa nova proposta de sistema cerâmico, diferente dos sistemas até então empregados, a reabilitação protética adotou um rumo promissor no sentido das restaurações estéticas *metal free*. A partir de então, um crescente número de materiais e sistemas cerâmicos estão disponíveis no mercado (MICHIDA et al., 2003).

Cerâmicas são, de forma geral, compostas de uma matriz vítrea (sílica) na qual uma ou mais fases cristalinas (por exemplo, leucita, mica, alumina ou dissilicato de lítio) estão embebidas. Em virtude disso, em termos de composição química, os sistemas cerâmicos livres de metal podem ser divididos em basicamente duas famílias: ricas em sílica (SiO_2) e ricas em alumina (Al_2O_3) (MEYER FILHO; DE SOUZA, 2005). São consideradas cerâmicas ricas em sílica todas as que apresentam mais matriz vítrea em sua composição, como as porcelanas feldspáticas tradicionais ou as modernas

cerâmicas vítreas (IPS Empress, IPS Empress 2, Optec, entre outras); são consideradas cerâmicas ricas em alumina as que contêm menos que 15% de sílica. Estas são de natureza primariamente cristalina, com mínima ou nenhuma fase vítrea. São exemplos representativos desta família as cerâmicas de óxido de alumínio infiltrado por vidro, como o In Ceram Alumina, o In Ceram Zircônia, o In Ceram Spinell, e a cerâmica de óxido de alumínio densamente sinterizado (Procera) (BLATZ; SADAN; KERN, 2003; MEYER FILHO; DE SOUZA, 2005).

Atualmente, sabe-se que, devido à estrutura extremamente compacta das cerâmicas com baixo teor de sílica, nem o condicionamento com ácido fluorídrico ou sulfídrico, nem a silanização têm eficácia em proporcionar união aos cimentos resinosos, como ocorre no processo de união das cerâmicas feldspáticas. A silanização dessas cerâmicas, apesar de não prover uma ligação química através de uniões siloxanas, pode apresentar um efeito de molhamento sobre a superfície cerâmica jateada (BLATZ; SADAN; KERN, 2003; MICHIDA et al., 2003).

Na tentativa de utilizar uma cimentação resinosa, vários estudos têm sido realizados para se conseguirem em meios que viabilizem a eficácia dessa técnica. Um desses meios é a aplicação de revestimento de sílica, o qual permite a adesão química ao agente de união (silano) e deste ao composto resinoso (BLATZ; SADAN; KERN, 2003; KERN; THOMPSON, 1993, 1994). Esse tipo de tratamento superficial foi posposto inicialmente, em 1994, por Sadoun e Asmussen (1994). Consistia na aplicação de uma suspensão de finos grãos de sílica sobre cerâmicas aluminizadas. Atualmente sabe-se que essa tecnologia consiste na aplicação de sílica sobre a superfície cerâmica prévia à cimentação, através de três etapas: a) jateamento com óxido de alumínio de 110 μ m; b) deposição de óxido de alumínio modificado por ácido de silício e, por fim, c) silanização. Esses métodos resultam na embebição de partículas de sílica no substrato cerâmico, tornando a superfície microrretentiva e quimicamente mais reativa à resina, por meio do agente de união silano (ARAS; LEON, 2009). Os principais tipos de revestimento de sílica são: Silicoater MD System (térmico/ Kulzer), sistema Rocatec (revestimento triboquímico/ 3M ESPE), sistema Cojet (3M ESPE) e PyrosilPen (Pyromatics).

Segundo o fabricante 3M/ESPE, a ceramização da superfície jateada com o sistema triboquímico ocorre pelo impacto das partículas, e a transmissão de impulsos e

energia gera temperaturas muito elevadas em nível local (não mensuráveis macroscopicamente). Isso provoca uma excitação muito forte dos átomos e moléculas das superfícies do substrato atingido, formando um triboplasma. Nesse processo, o SiO_2 é implantado na superfície, numa profundidade de até $15\mu\text{m}$, ao mesmo tempo em que se aglutina à superfície, em forma de ilhas. A alta energia necessária para tanto provém da aceleração das partículas em até 1.000km/h , decorrente da configuração geométrica do ejetor e de uma pressão mínima de jateamento de $2,8\text{bar}$. A seguir, as superfícies revestidas ainda têm que ser condicionadas para que se possa estabelecer uma união química com a resina. Esse passo consiste na silanização. Esse agente de união orgânico contém os grupos metacrílicos adequados para a ligação com o material de revestimento. Só assim se pode obter uma união química entre a superfície silicática inorgânica e a resina orgânica.

Outra forma, ainda, de aumentar a efetividade da cimentação resinosa à porcelana é a utilização do cimento resinoso modificado contendo monômero fosfato. Esse cimento provê adesão resinosa resistente e de longa duração à superfície cerâmica (BLATZ; SADAN; KERN, 2003; MICHIDA et al., 2003), que é substancialmente maior do que a adesão conseguida com compostos resinosos convencionais (Bis-GMA). Isso ocorre em virtude de o grupo éster fosfato do monômero (10-MPD) reagir diretamente com os óxidos metálicos, como o óxido de alumina e o óxido de zircônia, criando uma adesão química e mecânica (KERN; THOMPSON, 1995; WADA, 1986). São exemplos comerciais desse cimento o Panavia 21 (Kuraray), Panavia F 2.0 (Kuraray), Panavia EX (Kuraray) e o Bistite II DC (Tokuyama).

Não se pode descartar, ainda, a possibilidade de cimentação dessas cerâmicas através de cimentos convencionais, uma vez que elas apresentam elevada resistência à fratura. Dessa forma, a fixação com cimentos de fosfato de zinco ou ionômero de vidro, os quais têm sido utilizados durante muitos anos com eficiência comprovada, pode ser vantajosa devido ao baixo custo, à rapidez e à facilidade de procedimento, especialmente quando o controle de umidade não é ideal. Infelizmente, situações clínicas existentes, como saliências de restaurações prévias e preparos proximais profundos, podem inviabilizar procedimentos adesivos, os

quais requerem um campo isolado. Esse desafio tem limitado o emprego de cimentos resinosos em coroas de porcelana (OLIVEIRA, 2002).

Todavia, sempre que possível, deve-se optar pela utilização de tecnologia adesiva devido à capacidade inerente para selar a dentina e prevenir microinfiltração. A técnica pode ser benéfica também nas situações clínicas em que a retenção está comprometida pela expulsividade das paredes preparadas ou altura reduzida da coroa clínica (MEYER FILHO; DE SOUZA, 2005).

A utilização de uma cimentação resinosa apresenta inúmeras vantagens, dentre as quais podem ser destacadas: adesividade a diferentes substratos, alta resistência, insolubilidade em ambiente oral, variabilidade de cores e de viscosidade e fina espessura da película do cimento (GOULART; PAGANI; BOTTINO, 2004). A capacidade de união da estrutura dental à superfície interna da porcelana é de extrema importância, pois proporciona uma redistribuição das forças oclusais, impedindo a flexão e reduzindo o potencial de fratura, já que a cerâmica está firmemente aderida a um substrato capaz de resistir ao estresse oclusal (MEYER FILHO; DE SOUZA, 2005).

Segundo Fleming e Narayan (2003), o uso de cimentos resinosos em cerâmicas aluminizadas parece corrigir imperfeições superficiais, impedindo a propagação de trincas, diferentemente do que ocorre com cimentos de reação ácido-base. Nestes, o meio ácido parece estender as fendas preexistentes na porcelana. Além disso, os cimentos ácido-base, quando manipulados em proporções abaixo das recomendadas, possibilitam o aumento das imperfeições superficiais em maior proporção do que quando manipulados de acordo com o fabricante.

Tendo em vista a utilização em grande escala das cerâmicas ricas em alumina, a inviabilidade do emprego da técnica de cimentação resinosa convencional nesses sistemas e as vantagens de utilização de uma cimentação resinosa, este estudo *In Vitro* visa avaliar as diferentes opções de cimentação para definir as mais eficientes quanto à resistência de união. Essa avaliação será obtida através de testes de resistência à microtração, além de análise de imagens em microscópio eletrônico de varredura. As cimentações empregadas serão feitas através do uso de agente resinoso convencional à base Bis-GMA (Rely X ARC- 3M/ESPE) e agente resinoso à

base de fosfato-metacrilato (Panavia F - Kuraray) associados a diferentes tratamentos de superfície, tais quais jateamento com óxido de alumínio e tratamento com Rocatec.

Este trabalho justifica-se pela importância que a cimentação exerce no resultado final de uma reabilitação protética. A escolha adequada dos agentes de cimentação é fundamental para a longevidade das próteses, pois os diversos materiais apresentam comportamento clínico distinto. Assim, a associação errada entre material restaurador e agente cimentante resulta, muitas vezes, em fracasso clínico (BOTTINO, 2002).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TESTES UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO EM INTERFACES ADESIVAS

A Odontologia ainda não dispõe de um teste universalmente aceito para medir a resistência de união entre compósitos resinosos e superfícies cerâmicas, por isso encontra-se publicado nos periódicos das últimas décadas grande número de pesquisas focadas nesse tema com metodologia diversa. Testes de tensão, flexão e cisalhamento têm sido usados para mensurar a resistência de união ao cimento resinoso (DELLA BONA; VAN NOORT, 1995).

Van Noort et al. (1991) avaliaram as variações nos valores de resistência de união à tração de compósitos resinosos à dentina em máquina de ensaio universal e a distribuição de estresse na interface adesiva por meio de análise de elemento finito. Os autores concluíram que os testes de tração são altamente dependentes da geometria da interface testada, da natureza da força aplicada e da presença ou ausência de excessos de adesivo sobre o substrato testado.

Sano et al. (1994a) desenvolveram um novo método de ensaio mecânico para medir a resistência de união dos materiais ao substrato dentinário, denominado teste de resistência por microtração. Nessa nova metodologia, os autores alteraram a geometria da interface testada, utilizando espécimes em forma de ampulheta de reduzida área adesiva, com secção transversal de aproximadamente $0,5\text{mm}^2$. Dessa forma, perceberam que a diminuição da área da interface adesiva permite a obtenção de maiores resultados de resistência de união.

Sano et al. (1994b) realizaram outro estudo empregando o teste de resistência à microtração para avaliar adesão a tecido dentinário. Nesse experimento, observaram algumas vantagens atribuídas a essa metodologia, dentre as quais se pode destacar que: a resistência de união é inversamente relacionada com a área da superfície aderente; raramente são vistas falhas coesivas favorecendo a avaliação verdadeira da resistência de união entre as estruturas; esse tipo de teste permite várias medições de um mesmo dente.

Pashley et al. (1995) revisaram a literatura sobre as metodologias empregadas nos testes de união à dentina e listaram vantagens e desvantagens do teste de microtração, conforme mostradas a seguir. Vantagens: ocorrência de fratura dos corpos de prova predominantemente na interface adesiva, possibilidade de aplicação do teste em áreas menores e superfícies irregulares, possibilidade de visualização das fraturas em microscópio eletrônico de varredura (MEV), possibilidade de obtenção de vários valores e médias em apenas um dente, necessidade de menor número de espécimes. Desvantagens: fase laboratorial mais longa, exigência de técnica minuciosa, necessidade de equipamento especial, sensibilidade dos corpos de prova à manipulação e rápida desidratação, dificuldade de avaliação de resistências de união muito fracas.

Segundo Della Bona e Van Noort (1995), o teste de microtração é versátil em relação a outros testes, como cisalhamento ou tração, pois possibilita avaliar áreas de forma irregular e regiões aonde os outros testes não conseguiriam, além de mensurar resistência de união em diferentes áreas de um mesmo espécime. Dessa forma, os autores ressaltam que a utilização do teste de microtração abre um novo campo na área da pesquisa odontológica para avaliação da resistência de união, envolvendo interfaces adesivas.

Em virtude das vantagens do teste de microtração citadas, esses autores resolveram realizar um estudo para avaliar a validade do teste de cisalhamento na mensuração da adesão entre os compósitos resinosos e a superfície cerâmica. O desenho do estudo consistiu na confecção de três configurações distintas do corpo de prova, e a avaliação qualitativa da distribuição do estresse foi realizada mediante a análise bidimensional de elemento finito (FEA). O teste de resistência de união foi utilizado para avaliar dois sistemas de reparo de cerâmica, um com ácido fluorídrico (HF) e outro com fluoreto fosfato acidulado (APF). Os resultados mostraram que o teste de cisalhamento é governado pela falha coesiva no material usado como base e não na interface adesiva. Além disso, a falha é inerente à geometria e à resistência do material usado na base. Os autores consideram, então, que o teste de microtração seja mais apropriado para avaliar a resistência de união de compósitos resinosos à cerâmica, uma vez que a ocorrência de fraturas coesivas na região do substrato revela um resultado limitado sobre a verdadeira resistência de união (DELLA BONA; VAN NOORT, 1995).

Phrukkanon, Burrow e Tyas (1998b) publicaram um estudo em que avaliaram a resistência de união de quatro diferentes sistemas adesivos ao tecido dentinário, empregando dois testes laboratoriais (velocidade de 1mm/min): os testes de cisalhamento e de microtração. Nessa pesquisa, além de comparar a utilização dos distintos testes, eles avaliaram os diferentes diâmetros dos espécimes cilíndricos (ampulheta) na interface adesiva (1,2; 1,4 e 2mm²). Os resultados obtidos nesse estudo indicaram que ambos os testes permitem a obtenção de valores de resistência de união semelhantes, e que a resistência de união é inversamente proporcional à área da secção transversal da interface adesiva. Quando analisaram o modo de fratura em microscópio eletrônico de varredura, observaram que a aparência superficial da resina que apresentou falha coesiva diferiu consideravelmente na comparação entre os testes. No grupo do teste de tração, a resina permaneceu predominantemente aderida à periferia da superfície dentinária. Já no grupo do teste de cisalhamento, a falha demarcou uma meia-lua de remanescente de resina sobre a superfície dentinária. Por outro lado, quando foram observados os espécimes de maior diâmetro (2mm), no grupo de tração não foram observadas falhas coesivas, enquanto no grupo de cisalhamento foram observadas fraturas coesivas parciais em dentina e fraturas coesivas totais em resina.

Phrukkanon, Burrow e Tyas (1998a), em outro artigo, avaliaram a resistência de união à microtração de diferentes adesivos dentinários, só que desta vez, além de alterar a área da secção transversal da interface adesiva (1,1, 1,5 e 3,1mm²), diferiram também o seu formato, utilizando espécimes em ampulheta com secção transversal retangular e cilíndrica. Assim, confirmaram os dados publicados anteriormente de que a resistência de união é inversamente proporcional à área da secção transversal da interface adesiva; e observaram ainda que a forma da secção transversal exerce pouco efeito sobre os resultados de resistência de união.

Originalmente, o teste de microtração, como citado nos artigos acima, era realizado mediante a utilização de corpos de prova em formato de ampulheta. Todavia, a vibração produzida pela utilização da ponta diamantada montada, em alta rotação, para confecção dos corpos de prova em formato de ampulheta ou alteres, a fim de reduzir a área da interface adesiva do espécime, podia eventualmente induzir estresse na interface adesiva durante a preparação, influenciando a força da união dos materiais testados, além de causar maior perda dos corpos de prova durante

sua confecção. Atualmente, o método mais utilizado é o que emprega corpos de prova com aspecto de palitos longitudinais. Estes são obtidos pela realização de dois cortes perpendiculares entre si no longo eixo do espécime. Essa técnica apresenta como vantagem permitir a obtenção de um maior número de corpos de prova (de 25 a 40) a partir de uma única amostra, viabilizar a pequena seção transversal (de $0,7\text{mm}^2$ a $1,0\text{mm}^2$), além de provocar menos estresse na união adesiva (MARSON, 2003).

Pashley et al. (1999) afirmaram que os resultados do teste de cisalhamento, em relação aos do teste de microtração, são influenciados pelos padrões de distribuição não uniforme da tensão aplicada. No teste de cisalhamento ocorrem concentrações de tensões em determinados locais nos espécimes, ao passo que no teste de microtração ocorre uma distribuição mais uniforme das tensões aplicadas.

Mais recentemente, Valandro et al. (2008) realizaram um estudo para testar a resistência de união do cimento resinoso à cerâmica In Ceram Zircônia, após submetê-la a três métodos distintos de tratamento superficial. Empregaram em metade da amostra o teste de microtração e na outra metade o teste de cisalhamento. Ambos foram realizados na máquina de ensaio universal (Emic), à velocidade de $1\text{mm}/\text{min}$. No teste de microtração foi adotado o espécime em formato de palito com espessura de $0,8 \pm 0,1\text{mm}$. Os resultados do estudo mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa na resistência de união entre os dois tipos de teste, no entanto houve diferença entre os métodos distintos de tratamento de superfície. Com relação ao modo de fratura, observaram 100% de falhas adesivas nos espécimes do teste de cisalhamento e 85% de falhas mistas (falha coesiva do cimento e da cerâmica) nos espécimes do teste de microtração. Dessa forma, os achados dos autores vão de encontro aos de estudos prévios que afirmavam que o teste de cisalhamento gerava primordialmente falhas do tipo coesiva. Eles sugerem que essa mudança de resultado seja devido à utilização de cerâmica de alta resistência como substrato, diferentemente do que ocorria em estudos anteriores, que utilizavam cerâmica vítrea ou dentina. Assim, os autores lançam a hipótese de que o teste de cisalhamento seja mais apropriado para testar a adesão resinosa às cerâmicas de alta resistência do que para testar a adesão às cerâmicas vítreas ou ao substrato dentinário.

2.2 ESTUDOS QUE EMPREGARAM O TESTE DE TRAÇÃO E MICROTRAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO ÀS CERÂMICAS ALUMINIZADAS

A resistência de união do cimento resinoso à superfície cerâmica aluminizada tem sido constantemente avaliada através de ensaios laboratoriais *In Vitro* de resistência a tração e microtração.

Isidor, Stokholm e Ravnholt (1995) realizaram um estudo de resistência à tração para avaliar o efeito de vários métodos de tratamento de superfície em cerâmicas aluminizadas infiltradas por vidro (In Ceram). Foram confeccionados vinte espécimes com formato de barras que apresentavam secção transversal de 5mm X 5mm e comprimento de aproximadamente 30mm. A superfície plana de duas barras foram unidas uma à outra após a realização do tratamento de superfície. Os tratamentos realizados foram: jateamento com partículas de óxido de alumínio de 50µm, jateamento com partículas de óxido de alumínio de 250µm, jateamento com partículas de óxido de alumínio de 50µm ou 250µm e aplicação do silicoup (silano), jateamento com partículas de óxido de alumínio de 50µm ou 250µm e aplicação do Silicoater MD-method (silicatização), aplicação de ácido sulfúrico a 70% por 2min combinada com retenção mecânica ou aplicação do silicoup, criação de microrretenção mecânica na cerâmica antes da infiltração por vidro. A cimentação foi realizada com o cimento resinoso TwinlookK (Heraeus Kulzer) ou com o Panavia Ex (Kuraray). Após a cimentação, os espécimes foram armazenados em condições de umidade por uma semana, a 37⁰C; depois sofreram termociclagem de 1.000 ciclos entre 15 e 60⁰C e posterior teste de resistência à tração em máquina de teste (Tensometer 10) à velocidade de 10mm/min. Os resultados mostraram que as maiores médias de resistência de união foram obtidas para o tratamento Silicoater MD + Twinlook (23,9 MPa) e para o tratamento jateamento com partículas de 250µm + Panavia Ex (22 MPa). Além disso, os autores observaram que o jateamento com partículas de óxido de alumínio de 250µm apresentou maiores valores do que com o de 50µm.

Foi realizado outro teste de resistência à tração por Pires, Mezzomo e Pacheco (2002). O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união promovida por meio de diferentes tratamentos superficiais, entre o sistema In Ceram e o cimento

resinoso. Foram confeccionadas quarenta amostras cônicas de cerâmica divididas como segue: grupo 1 - controle (nenhum tratamento superficial), grupo 2 - jateamento com partículas de óxido de alumínio de 50 μ m, grupo 3 – aplicação de ácido fluorídrico a 10% e grupo 4 - jateamento com partículas de óxido de alumínio de 50 μ m e condicionamento com ácido fluorídrico a 10%. Em seguida ao tratamento superficial das cerâmicas, foi confeccionado sobre elas um cone de cimento resinoso Nexus (Kerr). Após a união com o cimento resinoso, os corpos de prova foram armazenados a 37⁰C com umidade relativa do ar de 100%, por 48 horas. Decorrido esse período, foram submetidos ao ensaio de tração em uma máquina universal mecânica (Emic), a uma velocidade de 1mm/min. Depois dos ensaios, as superfícies foram examinadas com lupa estereoscópica com aumento de 16 X para avaliar o padrão de fratura. Os resultados mostraram que o maior valor médio de resistência de união foi obtido com o grupo 4 (7,12 MPa); no entanto, este não diferiu estatisticamente dos valores obtidos com os grupos 2 (6,10 MPa) e 3 (4,91 MPa). A avaliação do padrão de fratura na interface da cerâmica com o cimento resinoso demonstrou a presença de fratura classificada como adesiva em todas as amostras.

Em 2003, começaram a ser realizados ensaios de resistência à microtração em cerâmicas aluminizadas. Neste ano, Andreatta Filho et al. (2003b) realizaram estudo com o objetivo de avaliar o efeito da ciclagem térmica sobre a resistência de união entre a superfície da cerâmica In Ceram Alumina (Vita) tratada com Cojet e o cimento resinoso Panavia F (Kuraray). Foram confeccionados quatro blocos de cerâmica In Ceram com dimensões de 5x6x6mm. Uma das faces com 6x6mm de cada bloco cerâmico, após condicionamento com o sistema Cojet (ESPE-3M), foi cimentada com Panavia F, sob peso constante de 750g, a outro bloco idêntico de resina composta Clearfil AP-X (Kuraray). Os blocos de resina foram obtidos por meio de duplicação daqueles de cerâmica, a partir de moldes com silicóna de adição Express (3M). Os quatro conjuntos formados por cerâmica, cimento e resina foram seccionados em vinte corpos de prova com forma de palitos, de modo que a região adesiva apresentasse 1mm² de área. Dois grupos (n=10) foram constituídos: grupo 1- estocagem por sete dias em água deionizada a 36 \pm 2⁰C; grupo 2- termociclagem de 1.500 ciclos entre 5⁰C e 55⁰C com intervalos de 30 segundos. A seguir, foi realizado o teste de microtração em máquina de ensaio universal (Emic) com velocidade de 0,5mm/min. Os resultados mostraram que os valores médios de

tensão de ruptura (MPa) para o grupo 2: $(22,815 \pm 5,254)$ não apresentaram diferenças estatisticamente significantes daqueles do grupo 1: $(25,628 \pm 3,353)$ (p -valor = 0,171), ao nível de significância de 5%. Com base nesses resultados, os autores concluíram que o efeito da ciclagem térmica não produz alterações estatisticamente significantes nos valores da resistência de união.

Andreatta Filho et al. (2003 a) realizaram outro estudo, só que desta vez com o objetivo de avaliar o efeito da ciclagem térmica sobre a resistência de união da superfície cerâmica do In Ceram tratada com Rocatec e cimentada com o cimento resinoso Panavia F. Foram fabricados nove blocos cerâmicos com dimensões de 5 x 6 x 6mm. Uma das faces com 5 x 6mm de cada bloco cerâmico foi condicionada com uma cobertura triboquímica de sílica (sistema Rocatec) e, em seguida, cimentada com Panavia F a outro bloco idêntico de resina composta (Clearfil AP-X). Os nove grupos formados por cerâmica, cimento e resina composta foram cortados em sessenta corpos de prova com dimensões de 10 x 1 x 1mm e área adesiva que apresentava $1\text{mm}^2 \pm 0,1\text{mm}^2$. Os corpos de prova foram divididos em três grupos ($n=20$): grupo 1 – armazenagem durante quatorze dias em água destilada a 37°C; grupo 2 – 6.000 ciclos térmicos (5°C – 55°C, 30s em cada temperatura); grupo 3 – 12.000 ciclos térmicos (5°C – 55°C, 30s em cada temperatura). Após os condicionamentos térmicos, foram realizados ensaios de microtração em uma máquina de ensaio universal (Emic) com velocidade constante de 0,5mm/min. Os resultados indicaram que os valores médios de tensão de ruptura do grupo 1 ($14,97 \pm 4,68$ MPa) não diferiram estatisticamente dos do grupo 2 ($12,27 \pm 4,72$ MPa), porém houve diferença significativa entre grupo 1 e grupo 3 ($9,89 \pm 4,16$ MPa). Dessa forma, os autores concluíram que a termociclagem reduziu os valores de resistência de união significativamente quando os corpos de prova foram submetidos a 12.000 ciclos.

Michida et al. (2003) avaliaram a resistência à microtração entre um cimento resinoso e a cerâmica In Ceram Alumina submetida a diferentes tratamentos de superfície. Confeccionaram doze blocos da referida cerâmica e doze blocos de resina composta (Clearfil APX) com dimensões de 6mm x 6mm x 5mm. A superfície da cerâmica foi polida com lixas d'água ($n.^{\circ}$ 600, 800 e 1.200), e os blocos foram divididos em três grupos, conforme o tratamento superficial: grupo 1 – jateamento com óxido de alumínio a 110 μ m; grupo 2 – sistema Rocatec (3M/ESPE): jateamento

com óxido de alumínio a 110 μ m (Rocatec-pre powder) e com sílica (Rocatec-plus powder) + silano (Rocatec-Sil); Grupo 3 – sistema Cojet (3M/ESPE): jateamento com partículas de sílica a 30 μ m + ESPE-Sil. Posteriormente ao tratamento superficial, cimentaram os blocos cerâmicos aos de resina composta com o cimento resinoso Panavia F (Kuraray), sob carga de 750g, por 10 minutos. As amostras foram armazenadas (água destilada/37°C/7 dias) e seccionadas em dois eixos, x e y, com disco diamantado, em uma máquina de corte, a fim de se obterem corpos de prova com 0,6 \pm 0,1mm² de área adesiva. Após a secção, os corpos de prova foram fixados em dispositivo adaptado para o teste de microtração e tracionados (velocidade: 0,5mm.min⁻¹) na máquina de ensaio universal Emic. Os resultados mostraram que os grupos 2 (30,98 MPa) e 3 (31,25 MPa) apresentaram maior resistência de união que o grupo 1. Não houve diferença estatística significativa entre os grupos 2 e 3. Assim, os autores puderam concluir que a resistência de união dos grupos em que a cerâmica foi silicatizada foi maior do que a resistência da cerâmica tratada somente por meio de jateamento de óxido de alumínio.

Andreatta Filho et al. (2005), com outra equipe de pesquisadores, realizou trabalho para avaliar o efeito da ciclagem térmica sobre a resistência de união entre a cerâmica aluminizada (Procera All Ceram) e um cimento resinoso (Panavia F). Confeccionaram nove blocos de cerâmica com dimensões de 5x6x6mm, que tiveram uma das faces polida com lixas d'água (n.º 300, 600, 800, 1.000 e 1.200) e posteriormente condicionada com o sistema Rocatec (ESPE). A seguir, cimentaram esses blocos cerâmicos a blocos de resina composta (Clearfil AP-X, Kuraray). Os conjuntos cerâmica – cimento – resina foram cortados em 75 corpos de prova com formato retangular, com dimensões de 12x1x1mm e superfície adesiva apresentando 1mm² \pm 0,1mm². Os corpos de prova foram divididos em três grupos (n=25): grupo 1 - quatorze dias em água destilada a 37°C, grupo 2 – 6.000 ciclos em água (5°C e 55°C) e grupo 3 -12.000 ciclos em água (5°C e 55°C). Os corpos de prova foram testados sob velocidade de 1mm/min em máquina de ensaio universal (Emic). Os dados obtidos indicaram que os valores médios de tensão de ruptura do grupo 1 (10,71 \pm 3,54 MPa) não diferiram estatisticamente dos do grupo 2 (9,01 \pm 3,90 MPa), porém houve diferença significativa entre grupo 1 e grupo 3 (7,28 \pm 3,00 MPa). Dessa forma, a equipe concluiu que a ciclagem térmica diminuiu a resistência

de união significativamente quando os corpos de prova foram submetidos a 12.000 ciclos.

Bottino et al. (2005) avaliaram o efeito do revestimento de sílica triboquímico na resistência de união à microtração do cimento resinoso à cerâmica In Ceram Zircônia (cerâmica infiltrada por óxido de alumina). Confeccionaram quinze blocos de In Ceram Zircônia com medidas de 5 x 5 x 4mm, de acordo com instruções do fabricante. As superfícies cerâmicas foram polidas com lixas abrasivas (granulação de 600 a 1.200) em máquina de polimento. Cada bloco de cerâmica foi duplicado em resina composta com molde feito de material de impressão à base de silicão. As superfícies cerâmicas receberam tratamento superficial com: a) jateamento com partículas de óxido de alumínio a 100 μ m + silanização, b) tratamento com Rocatec + silanização, c) tratamento com Cojet + silanização. Os blocos cerâmicos foram cimentados ao respectivo em resina composta com o cimento resinoso Panavia F e estocados em água destilada a 37°C por sete dias. Depois foram cortados de forma a produzir palitos com área de adesão de $1 \pm 0,1\text{mm}^2$. O teste de microtração foi realizado em máquina de ensaio universal à velocidade de 1mm/min. Posteriormente, os espécimes fraturados foram analisados em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados mostraram que o tratamento tanto com Rocatec ($23,0 \pm 6,7$ MPa) quanto com Cojet ($26,8 \pm 7,4$ MPa) aumentou a resistência de união da cerâmica In Ceram Zircônia ao cimento resinoso, quando comparado ao tratamento com apenas jateamento com óxido de alumínio ($15,1 \pm 5,3$ MPa). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos 2 e 3. Quanto à análise em microscópio de varredura, foram observadas 100% de falhas mistas (adesivas entre o cimento resinoso e a cerâmica e coesiva do cimento).

Valandro et al. (2005) avaliaram a resistência à microtração entre um cimento resinoso e a cerâmica Procera submetida a diferentes tratamentos de superfície. Confeccionaram quinze blocos da referida cerâmica e quinze blocos de resina composta (W3D master) com dimensões de 6mm x 6mm x 5mm. A superfície da cerâmica foi polida com lixas d'água (até granulação de 1.200), e os blocos foram divididos em três grupos, conforme o tratamento superficial: grupo 1 – jateamento com óxido de alumínio a 110 μ m + silanização; grupo 2 – sistema Rocatec (3M/ESPE): jateamento com óxido de alumínio a 110 μ m + jateamento com sílica (Rocatec-plus powder) + silanização; grupo 3 – sistema Cojet (3M/ESPE):

jateamento com partículas de sílica + silanização. Posteriormente ao tratamento superficial, cimentaram os blocos cerâmicos aos de resina composta com o cimento resinoso Panavia F (Kuraray) sob carga de 750g por 10min. As amostras foram armazenadas (água destilada/37°C/7 dias) e seccionadas em dois eixos com disco diamantado, em uma máquina de corte, a fim de obterem corpos de prova com aproximadamente $0,6\text{mm}^2$ de área adesiva. Após a secção, os corpos de prova foram fixados em dispositivo adaptado para o teste de microtração e tracionados à velocidade de 1mm/min na máquina de ensaio universal Emic. Posteriormente, os corpos de prova fraturados foram analisados em microscópio ótico e em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados mostraram que os grupos 2 ($17,1 \pm 3,9$ MPa) e 3 ($18,5 \pm 4,7$ MPa) apresentaram maior resistência de união que o grupo 1 ($12,7 \pm 2,6$ MPa). Não houve diferença estatística significativa entre os grupos 2 e 3. O exame das superfícies fraturadas revelou que todas as fraturas ocorreram na zona adesiva, sendo todas coesivas do cimento. Os autores concluíram que a resistência de união dos grupos em que a cerâmica Procera All Ceram foi silicatizada foi maior do que a resistência da cerâmica tratada somente por meio de jateamento de óxido de alumínio.

Silveira et al. (2005) realizaram um estudo para avaliar o efeito de diferentes métodos de condicionamento de superfície na resistência de união à microtração do cimento resinoso Panavia (Kuraray) à cerâmica In Ceram Alumina (Vita). Foram confeccionados nove blocos de In Ceram Alumina, com medidas de 10 x 10 x 6mm, que tiveram uma de suas superfícies polida com lixas abrasivas (120, 340, 600, 800 e 1.200) sob refrigeração. Os blocos foram divididos em três grupos que receberam os seguintes tratamentos superficiais: a) jateamento com partículas de óxido de alumínio a $100\mu\text{m}$ + silanização, b) jateamento com partículas de óxido de alumínio a $100\mu\text{m}$ + Rocatec plus + silanização, c) jateamento com partículas de óxido de alumínio a $100\mu\text{m}$ + Laser Nd:YAG + silanização. Ao redor de cada bloco cerâmico foi fixada uma tira de cera a fim de delimitar a área disponível para a adesão. Nessa área foi aplicado o agente silano (Scotch-bond Ceramic Primer) e depois uma fina camada do cimento (Panavia Fluoro Cement) com auxílio de uma seringa Centrix. O cimento foi fotoativado por 60 segundos a uma intensidade de luz de $500\text{mW}/\text{cm}^2$. Sobre o cimento resinoso, uma camada de 2mm de espessura da resina composta Filtek Z-250 foi condensada e fotopolimerizada por 60 segundos. Os espécimes

obtidos (cerâmica/resina/resina) foram estocados em água destilada a 37°C por sete dias. Depois foram cortados de forma a produzir doze palitos com área de adesão de aproximadamente 1mm². O teste de microtração foi realizado em máquina de ensaio universal à velocidade de 0,5mm/min. Posteriormente, os corpos de prova fraturados foram analisados em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados mostraram que todos os tratamentos superficiais apresentaram valores estatisticamente diferentes: o grupo 1 – 14,38 MPa, o grupo 2 – 20,09 MPa e o grupo 3 – 23,21 MPa. No microscópio eletrônico de varredura, os autores observaram que todas as falhas foram do tipo mista (coesiva + adesiva) e que a percentagem da quantidade de cimento resinoso aderido à superfície cerâmica está relacionada com a resistência de união: no grupo 3 (61,25%) foi maior que no grupo 2 (32,92%) e neste, maior que no grupo 1 (20,83%). Assim, concluíram que o tratamento superficial com laser Nd:YAG foi o mais efetivo e que existe correlação entre a resistência de união e a quantidade de cimento resinoso que fica aderido à superfície cerâmica após a fratura.

Valandro et al. (2006) desenvolveram nova pesquisa com cerâmicas aluminizadas, desta vez, no entanto, incluíram no estudo a cerâmica In Ceram Alumina, a In Ceram Zircônia e a Procera. Avaliaram a resistência à microtração entre o cimento resinoso Panavia F e essas cerâmicas submetidas a dois diferentes tratamentos de superfície. Confeccionaram dez blocos de cada cerâmica com dimensões de 5mm x 6mm x 8mm, cada um duplicado em resina composta (W3D master), usando um molde feito de material de impressão à base de silicone. As superfícies cerâmicas foram polidas com lixas abrasivas, até granulação de 1.200, em máquina de polimento, lavadas em ultrassom por 10min e depois divididas em dois grupos, conforme o tratamento superficial: grupo 1 – jateamento com óxido de alumínio a 110µm + silanização; grupo 2 - sistema Cojet (3M/ESPE): jateamento com partículas de sílica a 30µm + silanização. Posteriormente ao tratamento superficial, os blocos cerâmicos foram cimentados aos de resina composta com o cimento resinoso Panavia F (Kuraray), sob carga de 750g por 10min. As amostras foram armazenadas (água destilada/37°C/7 dias) e seccionadas em dois eixos, com disco diamantado, em uma máquina de corte, a fim de se obterem seis corpos de prova com 0,8 ± 0,1mm de área adesiva (os corpos de prova da margem periférica foram eliminados). Após a secção, foi realizado o teste de microtração à velocidade de 1mm/min na

máquina de ensaio universal Emic. Posteriormente, os corpos de prova fraturados foram analisados em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados mostraram que a silicatização + silanização aumentou a resistência de união dos três tipos de cerâmica (In Ceram Alumina – de 17,3 para 31,2 MPa, In Ceram Zircônia - de 15,1 para 26,8 MPa e Procera – de 12,7 para 18,5 MPa). A resistência de união das cerâmicas infiltradas por alumínio (In Ceram Alumina e In Ceram Zircônia) foi significativamente maior que a da cerâmica densamente sinterizada, sem nenhum vidro infiltrado (Procera). Quanto à análise em MEV, os autores observaram que todas as fraturas ocorreram exclusivamente na área adesiva.

Também, Amaral et al. (2006) realizaram um estudo para avaliar o efeito de três métodos de condicionamento de superfície na resistência de união à microtração do cimento resinoso à cerâmica In Ceram Zircônia (cerâmica infiltrada por óxido de alumina). Confeccionaram trinta blocos de In Ceram Zircônia com medidas de 5 x 5 x 4mm, de acordo com as instruções do fabricante. As superfícies cerâmicas foram polidas com lixas abrasivas, até granulação de 1.200, em máquina de polimento, e depois lavadas em ultrassom por 10 min. Cada bloco de cerâmica foi duplicado em resina composta usando-se um molde feito de material de impressão à base de silicona. Após o polimento e a limpeza, os espécimes receberam tratamento superficial com a) jateamento com partículas de óxido de alumínio a 100 μ m + silanização, b) tratamento com Rocatec + silanização, c) tratamento com Cojet + silanização. Os blocos cerâmicos foram cimentados ao respectivo em resina composta com o cimento resinoso Panavia F e estocados em água destilada a 37°C por sete dias. Depois foram cortados de forma a produzir palitos com área de adesão de aproximadamente 0,6mm². O teste de microtração foi realizado em máquina de ensaio universal à velocidade de 1mm/min. Os resultados mostraram que o tratamento tanto com Rocatec (24,6 \pm 2,7 MPa) quanto com Cojet (26,7 \pm 2,4 MPa) aumentou a resistência de união da cerâmica In Ceram Zircônia ao cimento resinoso quando comparado ao tratamento com apenas jateamento com óxido de alumínio (20,5 \pm 3,8 MPa).

Valandro et al. (2007) realizaram estudo com o objetivo de comparar a resistência de união do cimento resinoso à cerâmica In Ceram Zircônia (VITA) tratada com silicatização + silanização em diferentes condições de armazenagem. Foram confeccionados quinze blocos de cerâmica In Ceram Zircônia com dimensões de

6x6x4mm, cada um duplicado em resina composta (W3D master), usando-se um molde feito de material de impressão à base de silicônio. Uma das faces de cada bloco cerâmico foi polida com lixas abrasivas (até granulação de 1.200), lavada em ultrassom com água destilada por 3 min e tratada superficialmente com o sistema Cojet (ESPE-3M) e silanização. Após o tratamento superficial, o bloco de cerâmica foi cimentado ao outro bloco idêntico de resina composta, sob peso constante de 750g, por 10min, com o cimento Panavia F. Esse conjunto cerâmica/cimento/resina foi armazenado em água destilada a 37°C, por 24h, e depois seccionado em vinte e cinco corpos de prova com forma de palitos, de modo que a região adesiva apresentasse área de 0,6mm². Cinco grupos (n=10) foram constituídos: grupo 1 - condições secas e teste imediato, grupo 2 - estocagem em água destilada a 37°C por 150 dias; grupo 3 - estocagem em água destilada a 37°C por 150 dias, seguida de termociclagem (12.000 ciclos entre 5°C e 55°C), grupo 4 - estocagem em água destilada a 37°C por 300 dias; grupo 5 - estocagem em água destilada a 37°C por 300 dias, seguida de termociclagem (12.000 ciclos entre 5°C e 55°C). A seguir, foi realizado o teste de microtração em máquina de ensaio universal (Emic), com velocidade de 1mm/min. As superfícies fraturadas foram avaliadas em microscópio óptico; algumas amostras foram avaliadas em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados apontaram que o grupo 1 mostrou resistência de união (26,2 ± 1 MPa) significativamente maior que os outros grupos (grupo 2: 6,5 ± 1 MPa, grupo 3: 6,2 ± 2 MPa, grupo 4: 4,5 ± 1 MPa, grupo 5: 4,3 ± 1 MPa). Quanto à análise do modo de fratura, foram observadas exclusivamente falhas do tipo mista (falha adesiva na junção cerâmica/cimento e coesiva no cimento). Com base nesses resultados, os autores concluíram que os testes de resistência de união à microtração da cerâmica In Ceram Zircônia ao cimento Panavia demonstraram resultados satisfatórios em condições de ausência de umidade, todavia, o tempo de estocagem em água e a termociclagem reduziram drasticamente a resistência de união. Além disso, a estocagem em água destilada por longo tempo (150 ou 300 dias) resultou em efeito similar ao da estocagem por longo tempo associada à termociclagem.

Della Bona (2007) realizou estudo com o objetivo de avaliar a resistência de união à tração (σ_t) e ao cisalhamento (σ_s) de uma cerâmica à base de alumina infiltrada por vidro e reforçada com zircônia (IZ- Vita In Ceram Zircônia) à resina composta, testando a hipótese de que o sistema de silicatização (SC- Cojet, 3M-ESPE) produz

valores maiores de resistência de união do que os demais tratamentos de superfície utilizados. Sessenta corpos de prova em forma de disco da cerâmica foram fabricados e testados de acordo com as instruções dos fabricantes e as normas ISO6872 e ISO11405. Após polimento com pasta diamantada de $1\mu\text{m}$, os corpos de prova foram divididos em três grupos ($n = 20$) de acordo com o tratamento de superfície aplicado: HF - ácido hydrofluorídrico a 9,5% (Ultradent) por 1min; SB - jateamento com óxido de alumínio a $25\mu\text{m}$ por 10s; SC - silicatização por 10s. Silano (3M-ESPE), adesivo (Single Bond, 3M-ESPE) e um cilindro resinoso (Z100, 3M-ESPE) foram aplicados na área de adesão (3,5mm de diâmetro) e fotoativados. Dez corpos de prova por grupo ($n = 10$) foram testados para σ_t e os outros para σ_s em uma máquina de ensaios universal (Emic DL 2000) com velocidade de 1mm/min. As superfícies fraturadas foram analisadas em microscópio iluminado. Os resultados foram analisados estatisticamente por ANOVA e Tukey ($\alpha = 0,05$). Os valores médios e o desvio padrão (MPa) para σ_t foram: HF - $3,5 \pm 1,0a$; SB - $7,6 \pm 1,2b$; SC - $10,4 \pm 1,8c$. Para σ_s , os resultados foram: HF - $10,4 \pm 3,1A$; SB - $13,9 \pm 3,1B$; SC - $21,6 \pm 1,7C$ ($p < 0,05$). Os grupos mostraram o mesmo ranqueamento estatístico de valores em ambos os testes. A cerâmica tratada com silicatização demonstrou aumento significativo na média de resistência de união em ambos os testes, confirmando a hipótese inicial. Quanto ao modo de fratura, todos os espécimes foram fraturados na interface adesiva, com fraturas coesivas no cimento resinoso. Além disso, em ambos os testes o remanescente de cimento resinoso sobre a superfície cerâmica diminuiu de tamanho e quantidade na sequência dos grupos na seguinte ordem: SC > SB > HF.

Mais recentemente, Amaral et al. (2008) realizaram estudo com o objetivo de avaliar a durabilidade da resistência união entre o cimento resinoso Panavia F (Kuraray) e a cerâmica In Ceram Zircônia (VITA) sob diferentes tratamentos superficiais. Foram confeccionados 24 blocos de cerâmica In Ceram Zircônia com dimensões de $5 \times 5 \times 4\text{mm}$. Foi realizada uma impressão de cada bloco cerâmico com silicona de adição, que foi empurrado dentro do material de moldagem até atingir uma distância de 3mm entre a porção superior do molde e a superfície da cerâmica. As superfícies cerâmicas foram polidas com lixas abrasivas, até granulação de 1.200, em máquina de polimento, e depois divididas em três grupos conforme o tratamento superficial: ST1 – jateamento com óxido de alumínio a $110\mu\text{m}$ + silanização; ST2 - sistema

Rocatec (3M/ESPE): jateamento com partículas de sílica a 100 μ m + silanização; ST3 - sistema Cojet (3M/ESPE): jateamento com partículas de sílica a 30 μ m + silanização. Posteriormente ao tratamento superficial, cada bloco cerâmico foi posicionado no interior do molde de silicona com sua superfície tratada exposta para cima. Depois, o cimento resinoso (Panavia F) foi manipulado e injetado no interior desse molde até seu preenchimento, com ajuda de uma seringa Centrix. Esse conjunto cerâmica/cimento foi armazenado em água destilada a 37 $^{\circ}$ C por 24h e depois foi seccionado em quatorze corpos de prova em forma de palitos, de modo que a região adesiva apresentasse área de $0,8 \pm 0,1\text{mm}^2$. As amostras obtidas foram então divididas em duas condições experimentais: (a - Dry) condições secas – teste de microtração realizado imediatamente após os cortes, e (b - TC) condições de envelhecimento – espécimes submetidos a termociclagem (6.000 ciclos, temperatura entre 5-55 $^{\circ}$ C) e armazenagem em água (37 $^{\circ}$ C por 150 dias). Dessa forma, os autores avaliaram seis condições experimentais: grupo 1 - ST1 + Dry, grupo 2 - ST1 + TC, grupo 3 – ST2 + Dry, grupo 4 – ST2 + TC, grupo 5 – ST3 + Dry, grupo 6 – ST3 + TC. Foi realizado o teste de microtração à velocidade de 1mm/min na máquina de ensaio universal Emic e à análise dos corpos de prova fraturados em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados mostraram que os grupos de silicatização + silanização (ST2 – $25,1 \pm 11\text{MPa}$ e ST3 – $24,1 \pm 7\text{MPa}$) apresentou a resistência de união comparado ao grupo de jateamento com óxido de alumínio (ST1 – $17,5 \pm 8\text{MPa}$) e que o grupo de jateamento com óxido de alumínio e termociclagem (grupo 2- $13,3 \pm 6,4$) apresentou menor resultado comparado aos outros grupos (grupo 1 - $21,7 \pm 7\text{MPa}$, grupo 3 – $25,9 \pm 9,1\text{MPa}$, grupo 4 – $24,3 \pm 12\text{MPa}$, grupo 5 – $25,7 \pm 7,4\text{MPa}$, grupo 6– $22,5 \pm 5,9\text{MPa}$). Estes grupos não mostraram diferenças estatisticamente significantes entre si. Quanto ao tipo de fratura, houve predominância de falhas mistas em quase todos os grupos; sendo que no grupo 2, houve predominância de falhas adesivas. Dessa forma, os autores concluíram que a silicatização aumenta a resistência de união de forma durável. O único tratamento que não se mostrou durável após o envelhecimento foi o jateamento com óxido de alumínio.

Valandro et al. (2008) realizaram um estudo para testar a resistência de união do cimento resinoso à cerâmica In Ceram Zircônia, após distintos tratamentos superficiais. Os autores empregaram em metade da amostra o teste de microtração

(MTBS) e na outra metade o teste de cisalhamento (SBS). Ambos foram realizados na máquina de ensaio universal (Emic) à velocidade de 1mm/min. Foram fabricadas cerâmicas em forma de blocos (6 x 6 x 4mm) para a microtração e em forma de discos (6 x 2mm) para o microcisalhamento, os quais foram submetidos a três tratamentos de superfície: a) jateamento com partículas de óxido de alumínio a 110 μ + silanização; b) revestimento de sílica Cojet + silanização; c) revestimento de sílica Rocatec + silanização. Após o tratamento superficial, os espécimes cerâmicos foram unidos ao cimento resinoso (Panavia F). No teste de microtração, o cimento foi injetado no interior de um molde sobre a superfície cerâmica; enquanto no teste de cisalhamento, no interior de tubos de polietileno (3,6 X 5mm). Os autores observaram que os resultados foram estatisticamente semelhantes independentemente do tipo de teste empregado. Os métodos de revestimento de sílica + silanização apresentaram maior resistência de união do que o jateamento + silanização. Os distintos revestimentos de sílica não mostraram diferenças estatisticamente significantes entre si.

2.3 ESTUDOS QUE EMPREGARAM O TESTE DE CISALHAMENTO PARA AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO ÀS CERÂMICAS ALUMINIZADAS

Além de serem frequentemente encontrados na literatura estudos de microtração para avaliação da resistência de união do cimento resinoso à superfície cerâmica aluminizada, também existe grande diversidade de estudos de cisalhamento sobre o tema.

Kern e Thompson (1995) realizaram um ensaio de cisalhamento a fim de avaliar a durabilidade de métodos adesivos alternativos para cimentação do sistema In Ceram. Dessa forma, eles confeccionaram discos da cerâmica In Ceram (6mm de diâmetro e 4mm de espessura), que foram polidos com discos diamantados, até granulação de 1.200, jateados com partículas de óxido de alumínio a 100 μ m e limpos em ultrassom com etilacetato por 3min (com exceção do grupo 3). Os espécimes foram divididos em seis grupos: grupo 1- compósito resinoso a base de Bis GMA (Adhesive Bond/twinlook); grupo 2 – silanização (ESPE Sil) e compósito resinoso a base de Bis GMA; grupo 3 – sistema Rocatec, silanização (Epe Sil) e compósito resinoso a base de Bis GMA; grupo 4 – sistema Silicoater MD, silanização

(Siliseal) e compósito resinoso a base de Bis GMA; grupo 5 - compósito resinoso modificado MPD (Panavia EX); grupo 6 - compósito resinoso modificado MPD (Panavia 21). Após a divisão em grupos, cilindros de acrílico preenchidos por resina Clearfil II (3,3 X 15mm) foram unidos às amostras cerâmicas sob carga vertical de 750g. Os espécimes cimentados foram armazenados em saliva artificial isotônica a 37^oC e termociclados a 2.500 ciclos a cada dez dias. Foram subdivididos em três grupos conforme tempo de armazenamento e termociclagem (5 e 55^oC): SG1 – um dia sem termociclagem; SG2 – 30 dias com 7.500 ciclos e SG3 – 150 dias com 37.500 ciclos. Depois foram submetidos ao ensaio de cisalhamento à velocidade de 2mm/min. As superfícies dos espécimes fraturados foram analisadas quanto ao modo de fratura em microscópio óptico e em microscópio eletrônico de varredura. Os autores observaram que o jateamento sozinho ou adicionado ao uso do silano não resultou em uma união duradoura do compósito Bis-GMA à cerâmica In Ceram. Por outro lado, uma adesão elevada e duradoura ao In Ceram foi obtida da combinação do sistema de revestimento de sílica triboquímico (sistema Rocatec) e o compósito resinoso Bis-GMA (50MPa), ou através da combinação do jateamento e o compósito resinoso modificado com fosfato monômero-MPD. Entretanto, o mesmo não aconteceu com o sistema de revestimento de sílica triboquímico (sistema Silicoater MD), uma vez que houve pronunciada queda na resistência de união após 150 dias. Foram observadas faturas adesivas, coesivas e mistas.

Wood et al. (1997) realizaram também um ensaio de cisalhamento, mas que desta vez testaram um novo sistema de retenção para cerâmicas In Ceram e In Ceram Spinell. O sistema de retenção pela técnica de jateamento de Bateman fundamenta-se na incorporação de pastilhas de plástico (50 a 300 μ m) sobre a superfície da cerâmica durante sua fabricação. Essas pastilhas de plástico são posteriormente aquecidas para deixar rugosidades na superfície da restauração cerâmica. O efeito dessas rugosidades superficiais na força de flexão foi comparado com amostras sem jateamento e jateadas com óxido de alumínio a 50 μ m. Também foi determinada a resistência de união ao cisalhamento entre amostras limpas e contaminadas por saliva e o cimento resinoso Panavia TC. O sistema de retenção de Bateman reduziu significativamente a flexão de ambos os espécimes da cerâmica In Ceram e Spinell em comparação com amostras sem jateamento e amostras jateadas. Não houve diferença significativa entre resistência de união ao cisalhamento de espécimes

limpos jateados pela técnica Bateman e de amostras jateadas com óxido de alumínio a 50µm. No entanto, as médias da força ao cisalhamento de amostras contaminadas por saliva e jateadas pela técnica de Bateman foram substancialmente maiores do que as das amostras contaminadas por saliva e jateadas com óxido de alumínio a 50µm. Dessa forma, os autores concluíram que a técnica de Bateman necessita de novas pesquisas.

Awliya et al. (1998) avaliaram a influência do tratamento de superfície na resistência de união de cerâmicas densamente sinterizadas (Procera All Ceram) ao cimento resinoso. Foram confeccionados espécimes cilíndricos (6mm de diâmetro e 8mm de comprimento) da cerâmica Procera, que foram polidos e divididos em quatro grupos: grupo 1 - condicionamento com ácido fluorídrico 9,6% por 2min e lavagem com água (*spray/ar*) por 30s; grupo 2 – jateamento com óxido de alumínio 50µm por 15s e lavagem com água (*spray/ar*); grupo 3 – asperização com diamante, condicionamento com ácido fosfórico 37% por 2min e lavagem com água (*spray/ar*) por 30s; grupo 4 – sem tratamento (controle). Após o tratamento superficial, todos os espécimes foram analisados em microscópio eletrônico de varredura para avaliação da morfologia da superfície. Depois foi realizada a segunda etapa do experimento, em que os espécimes foram submetidos ao teste de cisalhamento para verificação da resistência de união após serem unidos ao cimento resinoso dual – Enforce (4mm de diâmetro e 4mm de espessura). O ensaio de cisalhamento foi realizado na máquina de ensaio universal (Instron), com velocidade de 0,5mm/min. Os resultados mostraram que a maior resistência de união ($11,99 \pm 3,12$ MPa) foi obtida com a abrasão por partículas de óxido de alumínio a 50µm, todavia tal aumento na resistência de união não se mostrou efetivo. Sob observação de microscopia eletrônica de varredura, percebeu-se que a abrasão com diamante deixou a superfície cerâmica pouco áspera, com alguns grãos para fora; que o jateamento com partículas de alumina a 50µm, usando-se um *micro-etcher*, fez com que as margens afiadas dos grãos de alumina da microestrutura fossem abrandadas, de modo que os grãos de alumínio ressaltados não fossem tão nítidos como nas superfícies abrasionadas com diamante; e que a superfície tratada com ácido fluorídrico permaneceu inalterada.

Blixt et al. (2000) realizaram estudo para avaliar a resistência ao cisalhamento de quatro agentes de cimentação (fosfato de zinco, ionômero de vidro, ionômero de

vidro modificado por resina e cimento resinoso) à cerâmica Procera. As cerâmicas foram submetidas a diferentes tratamentos superficiais: grupo 1 - sem tratamento (controle); grupo 2 - jateamento com óxido de alumínio a 100µm por 13s; grupo 3 - revestimento com sílica pelo sistema Rocatec. Para isso, confeccionaram espécimes cilíndricos (4,8mm de diâmetro e 4mm de comprimento) e cúbicos (8mm) da cerâmica, os quais foram cimentados um ao outro sob carga vertical de 50N por 10 min. A força de cisalhamento necessária para separá-los foi medida em máquina universal de ensaio à velocidade de 1mm/min. As amostras após cimentação foram mantidas por 48 horas em saliva artificial a 37⁰C. As superfícies das amostras foram analisadas após o tratamento superficial em microscópio eletrônico de varredura e após os testes em estereomicroscópio com aumento de 50x. Ao analisar os resultados, os autores não observaram diferenças significativas relacionadas às forças de união ao cisalhamento entre os agentes de cimentação e as superfícies não tratadas. O ionômero de vidro e o ionômero de vidro modificado por resina mostraram os valores mais elevados (4,2 ± 2,5 MPa e 4,3 ± 1,9 MPa, respectivamente), e o cimento resinoso e o fosfato de zinco-cimento, os valores menores (3,3 ± 2,3 MPa e 3,2 ± 1,0 MPa, respectivamente). Resultados semelhantes foram registrados para o jateamento com óxido de alumínio, exceto com o ionômero de vidro, que foi significativamente maior (12,9 ± 2,4 MPa). Para todos os agentes de cimentação, os valores mais elevados de resistência de união ao cisalhamento foram registrados para o revestimento com sílica, sendo o mais alto, para o cimento resinoso (36,2 ± 7,8 MPa). Dessa forma, os autores concluíram que a resistência de união do cimento resinoso às cerâmicas ricas em alumina tratadas pelo Rocatec foi significativamente superior às de outros materiais e tratamentos superficiais avaliados. A análise no microscópio eletrônico de varredura mostrou diferenças nas superfícies após os tratamentos. O jateamento mostrou rugosidade superficial quando comparado ao não tratamento, enquanto a silicatização mostrou uma camada adicional disponível ao condicionamento. No estereomicroscópio, as camadas dos cimentos variaram de espessura entre 40 e 60µm.

Sen et al. (2000) testaram tratamentos superficiais para melhorar a resistência de união de cerâmicas infiltradas por óxido de alumínio a cimentos resinosos. Dessa forma, prepararam espécimes da cerâmica In Ceram em forma de discos (5mm de diâmetro e 3mm de espessura), que foram polidos com lixas de granulação de até

1.200, lavados em ultrassom com acetona por 10min, secos, pesados e divididos em dois grupos: grupo 1 - jateamento com partículas de óxido de alumínio a 50 μ m, e grupo 2 - jateamento com partículas sintéticas de diamante de 1 a 3 μ m. Após a divisão em grupos, anéis de plástico com diâmetro de 4mm e comprimento de 15mm foram preenchidos com resina (Charisma) e depois unidos às amostras cerâmicas. Metade da amostra foi cimentada com o cimento Panavia Ex (Kuraray) e a outra metade, com o Super Bond (Sum Medical). Após a colagem e o armazenamento em condições úmidas por uma semana a 37°C, os valores de resistência ao cisalhamento foram medidos em máquina de ensaio universal à velocidade de 0.5mm/min, enquanto a rugosidade e a fratura de interfaces foram determinadas em microscópio eletrônico de varredura. Ao analisar os resultados, os autores observaram que o tratamento superficial de jateamento com partículas de diamante levou a maior perda de volume e a maior rugosidade superficial, além de mostrar maior resistência de união do que o jateamento com óxido de alumínio. Quanto ao tipo de cimento empregado, observaram que o cimento Panavia Ex apresentou maior valor de resistência de união que o cimento Super-Bond.

Madani et al. (2000) realizaram estudo para determinar a resistência ao cisalhamento entre o cimento resinoso Panavia 21 (Kuraray) e uma cerâmica aluminizada (In Ceram) após três tratamentos superficiais. Confeccionaram cilindros de In Ceram (10,5mm de diâmetro e 11,5 de altura) que foram divididos em três grupos: grupo 1 - condicionamento com ácido hidrofluorídrico a 9,5%; grupo 2 – condicionamento com ácido hidrofluorídrico a 5%, e grupo 3 - jateamento com óxido de alumínio a 50 μ m. Todos os espécimes receberam a aplicação de um agente silano (Cavex Clearfil Photobond e Activator) antes de serem cimentados com Panavia 21 aos discos jateados de níquel-cromo. Como controle, foi criado um grupo 4, constituído de porcelana (Vitadur Alpha) tratada com ácido hidrofluorídrico a 5% e silano. Todos os espécimes foram submetidos a uma carga de 1,2kg por 10min durante a cimentação, armazenados em água a 20°C por 36 horas e depois submetidos ao cisalhamento em máquina universal de ensaios (velocidade de 0,5mm/min). Os valores de resistência obtidos com o teste foram 14,65 \pm 4,64 MPa para o grupo 1, 18,03 \pm 6,13 MPa para o grupo 2, 22,35 \pm 5,98 MPa para o grupo 3; e 18,05 \pm 8,46 MPa para o controle (grupo 4). Dessa forma, os autores concluíram que tanto o jateamento com óxido de alumínio quanto o condicionamento com ácido

hydrofluorídrico a 5% viabilizam a obtenção de boas forças de união da cerâmica In Ceram silanizada ao cimento resinoso Panavia 21.

Ozcan, Alkumru e Gemalmaz (2001) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o efeito de três diferentes tratamentos superficiais sobre a resistência de união de quatro diferentes cimentos à cerâmica In Ceram. Dessa forma, confeccionaram discos da cerâmica In Ceram (2mm de espessura e 16mm de diâmetro), que foram polidos com discos diamantados até granulação de 1.200 e limpos em ultrassom com etilacetato por 10min. Os espécimes foram aleatoriamente designados a três condições de tratamento: a) condicionamento com ácido hydrofluorídrico a 5% por 90s; b) jateamento com partículas de óxido de alumínio a 110 μ m e c) revestimento de sílica triboquímico. Todas as amostras foram silanizadas depois do tratamento superficial. Após a divisão em grupos, tubos de teflon (5 x 5mm) foram preenchidos com os diferentes cimentos - três resinosos (Variolink, Sonocem e Panavia 21) e um compômero (Dyract Cem), e depois unidos às amostras cerâmicas com carga vertical de 750g. As amostras foram armazenadas por 24 horas em água destilada a 37°C e sofreram termociclagem (5.000 ciclos entre 5°C e 55°C). Após o armazenamento, foi realizado o ensaio de cisalhamento em máquina de teste (velocidade de 1mm/min). A análise de variância foi utilizada para análise dos dados, situação em que se observaram diferenças de resistência de união entre 1,2 e 24,7 MPa. Os valores obtidos com o revestimento de sílica triboquímico foram maiores em todos os agentes de cimentação, seguido do jateamento e do condicionamento com ácido hydrofluorídrico. Além disso, os valores de resistência de união conseguidos com o revestimento de sílica não mostraram diferenças estatisticamente significantes entre os três cimentos resinosos, ao passo que foi significativamente menor para o compômero. Assim os autores constataram a efetividade do emprego do revestimento de sílica em cerâmicas aluminizadas cimentadas com cimentos resinosos.

Friederich e Kern (2002) realizaram estudo com o objetivo de investigar a resistência de união e a durabilidade dos sistemas adesivos à cerâmica densamente sinterizada. Dessa forma, confeccionaram discos da cerâmica densamente sinterizada (diâmetro de 7,4mm e uma espessura de 3,4mm), que foram polidos com discos diamantados até granulação de 500, jateados por 13s com óxido de alumínio (exceto grupo OP) e limpos em ultrassom com isopropanol por 3min. Os espécimes

foram aleatoriamente distribuídos em cinco grupos experimentais: ST - cimentação com cimento a base de Bis-GMA (Adhesive Bond II/Twinlook), SST - aplicação de silano, adesivo e cimento a base de Bis-GMA, SRST - revestimento de sílica triboquímico, aplicação de silano, adesivo e cimento a base de Bis-GMA, SP - cimento resinoso modificado com fosfato monômero (Panavia 21 EX), OP - aplicação cimento Panavia 21 EX sem jateamento. Após a divisão em grupos, tubos de acrílico (3,2 x 15,5mm) foram preenchidos com resina composta (Clearfil Core) e depois unidos às amostras cerâmicas com carga vertical de 750g. Metade da amostra foi armazenada em água destilada (37°C) por três dias sem termociclagem, e a outra metade, por 150 dias com termociclagem (375.000 ciclos entre 5-55). Após o armazenamento foi realizado o ensaio de cisalhamento em máquina de teste (velocidade de 2mm/min). A média da resistência de união do cimento resinoso à base de Bis-GMA à cerâmica jateada com óxido de alumínio foi relativamente alta após três dias, 20 MPa. A silanização adicional ou o revestimento de sílica triboquímico não aumentaram a resistência de união (18 a 20 MPa) e falharam espontaneamente durante o armazenamento a longo prazo. No entanto, usando o cimento resinoso contendo um monômero fosfato, uma resistência de união significativamente mais elevada e duradoura à superfície cerâmica jateada foi alcançada após três dias (50 MPa) e após 150 dias de armazenamento (46 MPa). Dessa forma, os autores concluíram que uma resistência de união duradoura para cerâmica densamente sinterizada foi conseguida apenas com a utilização de um cimento resinoso contendo monômero fosfato após o jateamento da superfície cerâmica.

Para investigar se é possível ser estabelecida uma resistência de união satisfatória entre cerâmicas densamente sinterizadas e um agente de cimentação, Hummel, Wegner e Kern (2002) realizaram um estudo laboratorial *in vitro*. Com esse intuito, foram confeccionados cilindros de compósitos que foram cimentados a discos de cerâmica de alta resistência alumina - Procera All-Ceram (diâmetro de 7,4mm e uma espessura de 3,4mm). As superfícies dos discos foram jateadas com óxido de alumínio a 110µm Al₂O₃ e posteriormente aderidas aos cilindros de compósito por meio de diferentes sistemas de cimentação (grupos com vinte amostras cada). A1 - sem tratamento e Panavia 21 (Kuraray, J); B1 - jateamento com óxido de alumínio e Panavia 21; A2 - sem tratamento, Monobond S (Vivadent, FL) e Variolink II

(Vivadent, FL); B2 - jateamento com óxido de alumínio, Monobond S (Vivadent, FL) e Variolink II (Vivadent, FL); B3 - sistema Rocatec (ESPE, RFA), ESPE Sil (ESPE, RFA), Variolink II; A4 - sem tratamento, Alloy Primer (Kuraray), Variolink II; B4 - jateamento com óxido de alumínio, Alloy Primer, Variolink II. Esses grupos foram divididos em subgrupos, sendo metade armazenada em água destilada (37°C) por três dias sem termociclagem e a outra metade por 150 dias com termociclagem (5.000 ciclos entre 5-55°). Posteriormente as diferentes condições de armazenamento os espécimes foram submetidos ao ensaio de cisalhamento a velocidade de 2mm/min. As interfaces fraturadas das amostras foram analisadas em um microscópio óptico em ampliação de 30x. Os resultados mostraram, para a condição de armazenamento de três dias sem termociclagem, as seguintes forças de união: A1 - $3,9 \pm 5,4$ MPa; B1 - $45,1 \pm 1,0$ MPa; A2 - $5,3 \pm 4,5$ MPa; B2 - $39,1 \pm 1,7$ MPa; B3 - $33,3 \pm 2,6$ MPa; A4 - $9,7 \pm 3,0$ MPa; B4 - $32,5 \pm 3,4$ MPa. Para a condição de 150 dias mais termociclagem, os valores de resistência de união foram: A1 - $0,0 \pm 0,0$ MPa; B1 - $37,1 \pm 6,2$ MPa; A2 - $0,0 \pm 0,0$ MPa; B2 - $32,8 \pm 3,1$ MPa; B3 - $25,4 \pm 5,5$ MPa; A4 - $0,0 \pm 0,0$ MPa; B4 - $30,3 \pm 4,5$ MPa. Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, e o tempo de armazenamento de 150 dias com termociclagem causou redução também significativa na resistência de união em todos os grupos, com exceção dos grupos B1, B2 e B4. Todos os grupos que não receberam tratamento superficial apresentaram menores valores de resistência de união quando comparados com os grupos que o receberam. Após 150 dias de armazenamento, todas as amostras de Procera que não receberam tratamento superficial descolaram espontaneamente. Dessa forma, os autores concluíram que a cimentação da cerâmica Procera com o cimento Panavia 21 e o Variolink II combinados com o uso do Alloy Primer ou Monobond S pode ser recomendada. Além disso, ressaltaram que o jateamento da cerâmica parece ser uma necessidade absoluta na cimentação da cerâmica Procera.

No estudo de Sadan, Blatz e Soignet (2003), com o objetivo avaliar a resistência de união inicial de três diferentes cimentos resinosos à cerâmica densamente sinterizada com e sem o uso do agente silano correspondente (silanização), foram confeccionadas noventa amostras da cerâmica densamente sinterizada (10 x 10 x 2mm). Cilindros de resina composta Z100 (2,9 x 3mm) foram aderidos às amostras de cerâmica, com três diferentes sistemas de cimentação: NOR - cimento Noribond

DC, PAN - cimento Panavia 21 EX, e VAR - cimento Variolink II. Cada cimento resinoso foi utilizado com e sem o seu correspondente silano. Todos os espécimes foram submetidos a uma carga de 1kg por 10min durante a cimentação, armazenados em água destilada por três dias em temperatura ambiente e depois submetidos ao cisalhamento em máquina universal de ensaios (velocidade de 1mm/min). O modo de fratura foi observado em microscópio óptico com 2x de aumento. Como resultado, observou-se que a aplicação do agente silano sobre a superfície da cerâmica densamente sinterizada jateada com óxido de alumínio não influenciou significativamente na resistência de união com o cimento Panavia (PAN), ao passo que a silanização melhorou significativamente a força de cisalhamento com o Noribond DC (NOR) e o Variolink II (VAR). O modo de fratura foi predominantemente adesivo para todos os grupos. Os autores concluíram que a silanização da cerâmica densamente sinterizada jateada apresenta efeitos diferentes conforme o cimento resinoso empregado: não teve nenhum efeito sobre o desempenho do cimento resinoso modificado por monômero fosfato (PAN), mas melhorou significativamente a resistência ao cisalhamento dos cimentos resinosos a base de Bis-GMA (VAR e NOR), e o NOR + silano revelou maior média de resistência de união.

Também, Blatz et al. (2003) compararam a resistência de união de diferentes agentes de cimentação à cerâmica Procera All Ceram antes e após envelhecimento artificial. Foram confeccionados sessenta espécimes da cerâmica Procera All Ceram (10 × 10 × 2mm). Todas as amostras foram jateadas com partículas de óxido de alumínio a 110µm e, posteriormente, limpas em ultrassom com solução de isopropanol a 96% por 3min. Foram divididas em grupos, conforme o tratamento superficial e a agente de cimentação empregado. PAN: cimentação com cimento resinoso Panavia sem silanização; PAN-SIL: cimentação com cimento resinoso Panavia com silanização; REL-SIL: cimentação com cimento resinoso Rely X ARC com silanização. Depois da divisão em grupos, tubos de acrílico com diâmetro interno de 2,9mm e comprimento de 3mm foram preenchidos com resina composta Z 250 e depois unidos às amostras cerâmicas com carga vertical de 1.000g por 10min. As amostras foram armazenadas por três dias ou por 180 dias em água destilada à temperatura ambiente, sendo que as armazenadas por 180 dias sofreram termociclagem (12.000 ciclos entre 5⁰C e 60⁰C). Após as diferentes condições de

armazenamento, foi realizado o ensaio de cisalhamento em máquina de teste à velocidade de 1mm/min. Em seguida à ruptura, os espécimes foram analisados em microscópio óptico com 25x de aumento. Na análise dos resultados, os autores observaram que as diferenças entre curto e longo prazo foram altamente significativas ($P = .000$), que a resistência de união do cimento Rely X ARC e seu agente silano ($22,75 \pm 4$ MPa) diminuiu significativamente após envelhecimento artificial ($3,32 \pm 3,62$ MPa), que a resistência de união do cimento Panavia 21 após silanização ($21,42 \pm 4,3$ MPa) diminuiu significativamente após envelhecimento artificial ($16,09 \pm 2,37$ MPa), mas foi a maior resistência da união após envelhecimento artificial, e que a resistência de união do Panavia sem silanização tanto precoce ($8,06 \pm 2,1$ MPa) quanto tardia ($6,91 \pm 2,49$ MPa) não foi significativamente diferente. Os modos de falhas foram principalmente adesivos na superfície da cerâmica para todos os grupos. Dessa forma, concluíram que o cimento Panavia 21, em combinação com seu agente silano, permite uma união aceitável à cerâmica Procera All Ceram jateada após o envelhecimento artificial e que o cimento resinoso convencional revelou uma diminuição dramática na resistência de união.

Com o objetivo de avaliar a influência do método de revestimento sílica sobre a resistência de união de dois diferentes cimentos resinosos à superfície da cerâmica Procera All Ceram após envelhecimento artificial, Blatz, Sadan e Blatz (2003), realizaram um ensaio mecânico de cisalhamento. Confeccionaram blocos da cerâmica Procera All Ceram (10 x 10 x 2mm) que não receberam tratamento superficial ou foram tratados com o sistema Rocatec (jateamento com partículas de óxido de alumínio a 110 μ m, seguido do jateamento com partículas especiais de sílica). Todas as amostras foram limpas em ultrassom com álcool isopropil a 96% por 3min. Os espécimes foram divididos em cinco grupos: PAN - sem tratamento e cimento Panavia 21 TC (controle); PAN-SIL – silanização (Clearfil New Bond + Clearfil Porcelain Bond Activator) e cimento Panavia 21 TC; PAN-ROC – tratamento com Rocatec, aplicação de silano (ESPE-SIL) e cimento Panavia 21 TC; REL-SIL – silanização (Ceramic Primer), adesivo (Single Bond) e cimento Rely X ARC; REL-ROC - tratamento com Rocatec, aplicação de silano (ESPE-SIL) e cimento Rely X ARC. Após a divisão em grupos, cilindros de resina Z 250 (diâmetro interno de 2,9mm e altura de 3mm) foram unidos às amostras cerâmicas com o cimento

resinoso sob carga vertical de 1kg por 10min. As amostras foram armazenadas por três dias ou por 180 dias em água destilada à temperatura ambiente, sendo que as armazenadas por 180 dias sofreram termociclagem (12.000 ciclos entre 5°C e 60°C). Após as diferentes condições de armazenamento, foi realizado o ensaio de cisalhamento em máquina de teste à velocidade de 1mm/min. Em seguida à ruptura, os espécimes foram analisados em microscópio óptico com 25x de aumento. Os resultados mostraram que o revestimento com sílica aumentou significativamente a resistência de união à cerâmica Procera All Ceram, e que a maior resistência de união foi para o cimento Rely X ARC associado ao tratamento triboquímico. No entanto, a estocagem e a termociclagem levaram ao decréscimo significativo da resistência de união. Após as condições de envelhecimento artificial, os grupos PAN-ROC e PAN-SIL mantiveram elevadas forças de união. Os autores concluíram que a aplicação do agente de união à base de MPD associada ao tratamento triboquímico (sistema Rocatec) ou à aplicação do agente silano/adesivo revelou elevadas forças de união à cerâmica Procera All Ceram.

Janda et al. (2003) realizaram um ensaio de cisalhamento para avaliar um novo método de tratamento de superfície. Com esse objetivo, confeccionaram amostras das cerâmicas Empress II, In Ceram Alumina, In Ceram Zirconia e Frialit (ZrO₂), que foram lixadas (granulação de 400), polidas (granulação de 800) e divididas em três grupos: grupo1 - tratamento com Pyrosil Pen por 2,5s; grupo 2 - tratamento com Pyrosil Pen por 5s e grupo 3 - tratamento com Pyrosil Pen por 10s/cm². Após o tratamento com a chama do Pyrosil Pen, foi aplicado um silano de metacrilato seguido de um agente de cimentação (Variolink II) e de uma resina fluída (Heliobond). As amostras foram armazenadas a seco por 24 horas e posteriormente termocicladadas (5.000 ciclos entre 5°C e 55°C). Depois do armazenamento, foi realizado o ensaio de cisalhamento em máquina de ensaio universal. Foram realizadas observações em microscópio eletrônico de varredura em seguida do polimento e ao teste de cisalhamento. No MEV, constataram-se falhas adesivas e coesivas. Os resultados das medições do teste de cisalhamento indicaram que o tempo de tratamento ótimo foi de 5s/cm². Nesse tempo, os valores da resistência de união das diferentes cerâmicas ao cimento resinoso foram: Empress II – 23 MPa, In Ceram Alumina – 23 MPa, In Ceram Zircônia – 13 MPa, e Frialit – 16 MPa. Dessa

forma, os autores concluíram que o Pyrosil Pen é um método fácil e eficaz para o tratamento de superfícies de cerâmicas ricas em óxido de alumínio e zircônio.

Özcan e Vallittu (2003) avaliaram o efeito de três diferentes tratamentos de superfície sobre a resistência de união a seis cerâmicas disponíveis comercialmente: as cerâmicas Finesse (reforçada por leucita - Ceramco), In Ceram (alumina infiltrada por vidro), Zirkonia Blank (zircônia infiltrada por vidro – Vita), IPS Empress 2 (reforçada por dissilicato de lítio), Procera All Ceram (alumina a 99,9%) e alumina experimental (99,7%). Os tratamentos empregados foram: condicionamento com ácido fluorídrico (9,5%) por 90s, jateamento com óxido de alumínio (110 μ m) por 13s, ou tratamento triboquímico com sistema Rocatec por 13s. Todas as amostras foram cimentadas com o sistema Variolink II (Ivoclar) e testadas após duas condições de armazenagem: amostras mantidas secas por 24h e amostras termocicladas (6.000 ciclos, 5^o-55^oC). O ensaio de cisalhamento (1mm/min) evidenciou que a maior influência sobre os valores de união foi causada pelo tipo de cerâmica. Os maiores valores foram apresentados pelas cerâmicas com fase vítrea – Finesse e Empress II. Os valores mais baixos foram apresentados pela cerâmica de elevado conteúdo cristalino Procera All Ceram. Os autores concluíram que o condicionamento com ácido fluorídrico dissolve a fase vítrea das cerâmicas, facilitando a penetração da resina fluida através das microrretenções. O tratamento triboquímico, por sua vez, aumenta o conteúdo de sílica em cerâmicas com elevado conteúdo cristalino, favorecendo o emprego de um agente silano, e pode ser uma alternativa para adesão a novos materiais à base de alumina.

Hummel e Kern (2004) também avaliaram a resistência de união entre cerâmica à base de alumina (Procera) e sistemas de cimentação adesiva, após diferentes tratamentos de superfície. Amostras da cerâmica (discos com diâmetro de 6,8 - 7,5 e espessura de 3,4mm) foram jateadas com partículas de óxido de alumínio a 50 μ m, ou deixadas em sua condição natural e posteriormente limpas em ultrassom com solução de isopropanol a 96% por 3min. Foram divididas em grupos conforme o tratamento superficial e o agente de cimentação empregado: grupo1 - jateamento, sistema de união (Heliobond) e cimento à base de Bis-GMA (Variolink); grupo2 - tratamento triboquímico (Rocatec), silanização, sistema de união (Heliobond) e cimento à base de Bis-GMA (Variolink); grupo 3 – sem jateamento, Alloy Primer (Kuraray), sistema de união (Heliobond) e cimento à base de Bis-GMA (Variolink);

grupo 4 - jateamento, Alloy Primer (Kuraray), sistema de união (Heliobond) e cimento à base de Bis-GMA (Variolink); grupo 5 – sem jateamento, silanização (Monobond S), sistema de união (Heliobond) e cimento à base de Bis-GMA (Variolink); grupo 6 - jateamento, silanização (Monobond S), sistema de união (Heliobond) e cimento à base de Bis-GMA (Variolink); grupo 7 – sem jateamento, cimento à base de 4 – META (Superbond); grupo 8 – jateamento, cimento à base de 4 – META (Superbond); grupo 9 – sem jateamento, cimento à base de MDP (Panavia 21); grupo 10 – jateamento, cimento à base de MDP (Panavia 21). Após a divisão em grupos, tubos de vidro com diâmetro interno de 3,3mm e comprimento de 15mm foram preenchidos com resina composta, quimicamente ativada (Clearfil FII), e depois unidos às amostras cerâmicas com carga vertical de 750g. As amostras foram armazenadas por três dias em água destilada a 37 °C sem termociclagem ou por 150 dias com termociclagem (37.500 ciclos entre 5°C e 55°C). Em seguida às diferentes condições de armazenamento, foi realizado o ensaio de cisalhamento em máquina de teste à velocidade de 2mm/min. Os melhores resultados foram encontrados quando Panavia 21 foi aplicado à superfície previamente jateada, sem decréscimo dos valores após envelhecimento. A associação de Alloy Primer e Variolink em superfícies jateadas produziu resultados intermediários em ambos os períodos de tempo. A silicatização com Rocatec aumentou consideravelmente a resistência de união ao cimento Variolink, todavia essa união não se manteve estável após o armazenamento. Os autores observaram que o jateamento prévio criou porosidades na superfície de cerâmica e que, sem esse procedimento, a união química não seria possível porque este tende a limpar a superfície de cerâmica contaminada. Adicionalmente, os autores observaram que a aplicação de silano aumentou a molhabilidade da superfície de cerâmica, permitindo que o cimento escoasse para o interior de porosidades superficiais, reduzindo a degradação da união.

Nakamura et al. (2004) realizaram um ensaio de cisalhamento com o objetivo de avaliar a resistência de união de três cimentos resinosos duais (Linkmax HV, Panavia Fluoro Ciment, e RelyX ARC) à cerâmica infiltrada por óxido de alumínio e o efeito de quatro agentes silanos (Clearfil Porcelain Bond, GC Ceramic Primer, Porcelain LinerM e Tokuso Ceramic Primer). Foram confeccionados discos de cerâmica In Ceram com dois diferentes tamanhos (10mm diâmetro X 2mm de

espessura e 6mm de diâmetro X 2mm de espessura). Todas as amostras foram polidas com lixas de silicone de granulação n.º 600 e, posteriormente, limpas em ultrassom com solução de etanol a 99,5% por 5min. Os dois diferentes tamanhos da cerâmica In Ceram foram tratados ou não com um dos quatro silanos e, em seguida, cimentados com um dos três cimentos resinosos. Metade dos espécimes foi armazenada em água a 37°C por 24h, e a outra metade, termociclada 20.000 vezes (entre 4°C e 60°C) antes do teste de cisalhamento (velocidade de 0,5mm/min). A análise dos resultados indicou que todos os grupos que receberam os diferentes silanos obtiveram melhor força de cisalhamento em comparação com os que não receberam silanização. Os espécimes tratados com o Clearfil Porcelain Bond mostraram resistência ao cisalhamento significativamente maior do que qualquer dos outros três silanos, independentemente do cimento resinoso empregado e da termociclagem, exceto para o uso de Panavia Fluoro Cement em 20.000 térmicos. Quando a cerâmica In Ceram foi tratada com qualquer dos agentes silanos (exceto GC Ceramic Primer) e cimentada com Linkmax HV, não houve diferenças significativas na resistência de união entre o armazenamento em água por 24h e o após 20.000 ciclostérmicos. Após 20.000 térmicos, todas as amostras, exceto para o uso combinado de Clearfil Porcelain Bond ou GC Ceramic Primer com Linkmax AT e GC Cerâmica Primer com Panavia Fluoro Cement, mostraram falhas na interface adesiva. Quando as amostras foram observadas em microscópio óptico com aumento de 30x, foram constatadas falhas adesivas e mistas.

Blatz et al. (2004) realizaram um estudo para avaliar a resistência de união de diferentes agentes de ligação silano e cimentos resinosos às cerâmicas antes e após envelhecimento artificial. Dessa forma, confeccionaram amostras da cerâmica Procera AllZirkon (10 x 10 x 2mm), que foram jateadas com partículas de óxido de alumínio a 50µm e limpas em ultrassom com álcool isopropil 96% por 3min. Os espécimes foram divididos em quatro grupos: SE-PAN (Clearfil SE Bond/Porcelain Bond Activator e Panavia F), SE-REL (Clearfil SE Bond/Porcelain Bond Activator e RelyX ARC), SB-REL (Ceramic Primer, Single Bond e RelyX ARC) e NO-PAN (Panavia F sem adesivo e silano). Após a divisão em grupos, cilindros de acrílico preenchidos com resina Z250 (2,9 X 3mm) foram unidos às amostras cerâmicas sob carga vertical de 1kg por 10min. As amostras foram armazenadas por três dias em água destilada à temperatura ambiente, sem termociclagem, ou por 180 dias, com

termociclagem (12.000 ciclos entre 5^oC e 60^oC). Depois foram submetidas ao ensaio de cisalhamento à velocidade de 1mm/min. As superfícies dos espécimes fraturadas foram analisadas quanto ao modo de fratura em microscópio óptico com magnitude de 25X. Os autores observaram que, após três dias, SE-REL (25,15 ± 3,48 MPa) e SE-PAN (20,14 ± 2,59 MPa) apresentaram média de forças de cisalhamento significativamente superior (P = .0007) em comparação com NO-PAN (17,36 ± 3,05 MPa) ou SB-REL (16,90 ± 7,22 MPa), e que as médias dos grupos SE-PAN, NO-PAN e SB-REL não foram significativamente diferentes. O envelhecimento artificial reduziu significativamente a resistência de união. Após 180 dias de armazenamento, os grupos SE-PAN (16,85 ± 3,72 MPa) e SE-REL (15,45 ± 3,79 MPa) demonstraram resistência de união significativamente maior do que os grupos NO-PAN (9,45 ± 5,06 MPa) e SB-REL (1,08 ± 1,85 MPa). Os modos de falha variaram entre os grupos com três dias de armazenamento, mas foram 100% adesivos após o envelhecimento artificial. Os autores concluíram, então, que o envelhecimento artificial reduz significativamente a resistência de união. Todavia, a cimentação utilizando um silano contendo monômero fosfato pode levar a uma resistência ao cisalhamento a longo prazo superior em restaurações de Procera AllZirkon jateadas com qualquer um dos dois cimentos testados.

Kim et al. (2005) realizaram estudo para avaliar a resistência ao cisalhamento da resina composta em três diferentes materiais cerâmicos submetidos a diversos tratamentos de superfície. Confeccionaram amostras (10 × 10 × 2mm) das cerâmicas de dissilicato de lítio (IPS Empress 2 [E]), de alumina (In Ceram Alumina [I]), de zircônia (Zi-Ceram [Z]) e feldspática (Duceram Plus [F], que foi utilizada como controle). Cada material foi dividido em três grupos, que receberam diferentes tratamentos de superfície: a) jateamento com partículas de alumina a 50µm (Ab); b) jateamento com partículas de alumina a 50µm e condicionamento com ácido fluorídrico 4% (Ae); c) jateamento com partículas de alumina a 30µm modificada com ácido silícico – Rocatec Soft; 3M ESPE (Si). Após o tratamento de superfície das amostras de cerâmica, foi aplicada sobre ela uma camada de silano (ESPE Sil, 3M ESPE) e adesivo (One-Step, Bisco). Depois, cilindros de resina composta (5mm de diâmetro × 10mm de altura) foram fotopolimerizados sobre a superfície tratada da cerâmica. Antes do ensaio de cisalhamento (velocidade de 2mm/min), todas as amostras foram armazenadas em solução salina (37°C) por 72h. Após o teste, as

superfícies dos espécimes fraturadas foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura, momento em que se observaram diferenças na superfície das cerâmicas com os diferentes tratamentos. Os autores detectaram que ocorreram diferenças significativas na resistência de união tanto para as cerâmicas quanto para os tratamentos de superfície, e que os valores de resistência ao cisalhamento resultaram nos seguintes subconjuntos estatísticos: (FAe, ISi, EAe, ZSi) > FAb > (FSi, EAb, ESi) (IAb, IAe) > (ZAe, ZAb). Os resultados não mostraram diferenças dentro dos parênteses, mas apontaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Dessa forma, os autores concluíram que espécimes das cerâmicas de alumina e zircônia tratadas com a técnica de revestimento de sílica e espécimes da cerâmica de dissilicato de lítio tratados com jateamento com partículas de alumina e com condicionamento ácido resultaram nos maiores valores de resistência de união da resina composta aos materiais cerâmicos testados.

Yoshida, Kamada e Atsuta (2007) realizaram um ensaio de cisalhamento com o objetivo de avaliar a resistência de união de um novo cimento resinoso (Linkmax HV, Clearfil ESthetic Cement/ Kuraray) a cinco materiais cerâmicos (cerâmica feldspática, cerâmica máquinavel, In Ceram Alumina, Procera All Ceram alumina e Cercon). Foram confeccionados dois diferentes tamanhos das cerâmicas (10mm de diâmetro X 2mm espessura e 8mm diâmetro X 2mm espessura). Todas as amostras foram polidas com lixas de silicone de granulção n.º 1.200, tratadas com ácido fosfórico a 40% por 10s e, posteriormente, limpas e secas. Os dois diferentes tamanhos da cerâmica de In Ceram foram tratados com um *primer* de cerâmica (Clearfil Ceramic Primer, Kuraray) e, em seguida, cimentados um ao outro. Metade dos espécimes foi armazenada em água a 37°C por 24h, e a outra metade, termociclada 10.000 vezes (entre 4°C e 60°C) antes do teste de cisalhamento (velocidade de 0,5mm/min). Feita a análise dos resultados, os autores observaram que o cimento resinoso mostrou um desempenho adequado para todos os grupos antes e após o cisalhamento. Acredita-se que isso tenha ocorrido devido ao uso do primer cerâmico contendo γ -MPTS e γ -MDP.

Recentemente, Torres et al. (2009) realizaram um estudo, no qual avaliaram a resistência ao microcisalhamento entre um agente cimentante resinoso e quatro sistemas cerâmicos sob diferentes tratamentos de superfície. Foram confeccionadas amostras retangulares das cerâmicas de IPS Empress 2 (Ivoclar-Vivadent),

Cergogold (DeguDent), In Ceram Alumina (Vita) e Cercon (DeguDent), que foram divididas aleatoriamente em três grupos: a) nenhum tratamento; b) condicionamento com de ácido fluorídrico a 9,5% e c) jateamento com partículas de óxido de alumínio a 50 μ . As superfícies cerâmicas dos espécimes foram revestidas com um agente silano (Clearfil Porcelain Bond, Kuraray), e, em seguida, cimentadas com um cimento resinoso (Panavia F, Kuraray). O teste de microcissalhamento foi realizado para medir a resistência de união. Além disso, cada superfície da cerâmica foi observada morfológicamente por microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que a resistência de união de todos os sistemas cerâmicos avaliados foi influenciada pelos tratamentos de superfície ($p < 0,05$). Os maiores valores de resistência de união do IPS Empress 2 foram encontrados com a utilização do ácido fluorídrico, seguido pelo jateamento. Por outro lado, o jateamento com óxido de alumínio e o condicionamento com ácido não foram diferentes para as cerâmicas Cergogold e In Ceram Alumina; todavia, foram mais elevados quando comparados com os do grupo controle ($p < 0,05$). Já para a cerâmica Cercon, a maior resistência da união foi encontrada quando ela foi tratada com o jateamento com óxido de alumínio. As fotografias do MEV mostraram que o tratamento com ácido fluorídrico afetou a superfície do IPS Empress 2 e Cergogold, no entanto, não alterou a morfologia da superfície do Cercon e do In Ceram.

3 PROPOSIÇÃO

Esta pesquisa laboratorial *in vitro* apresenta como principais objetivos:

- a) avaliar o efeito de diversos tratamentos da superfície da cerâmica In Ceram Alumina sobre a resistência de união à microtração dessa cerâmica aos cimentos resinosos Panavia F (Kuraray) e Rely X ARC (3M ESPE);
- b) identificar a melhor associação do cimento resinoso com o tratamento superficial empregado na cimentação da cerâmica In Ceram Alumina; e

4 MATERIAIS E MÉTODO

O trabalho descrito é classificado como um estudo tipo ensaio clínico comparativo *in vitro*, que foi desenvolvido nas etapas a seguir.

4.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Neste estudo foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais de consumo, conforme mostrado respectivamente nos Quadros 1 e 2.

Equipamentos	Fabricante
Dispositivo Bencor modificado	Confeccionado por torneiro mecânico
Dispositivo de cimentação	Confeccionado por torneiro mecânico
Estufa Technew	Reag Spray Montagem e Comércio Ltda., São Paulo, Brasil
Fotopolimerizador Optilux 501	SDS Kerr, Danbury ct, EUA
Máquina de corte Labcut 1010 (Financiamento Fapes)	ERIOS Equipamentos Técnicos e Científicos Ltda., São Paulo, Brasil
Máquina de ensaios universal Emic 500L	Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil
Metalizador IC-50 Ion Coater	Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão
Microscópio Eletrônico de Varredura SSX-550 SUPERSCAN (cedido pelo laboratório de física da UFES).	Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão
Paquímetro digital	Mitutoyo Corporation, Japão
Politriz Metalprisma (Financiamento Fapes)	ERIOS Equipamentos Técnicos e Científicos Ltda., São Paulo, Brasil
Rocatec Júnior	3M ESPE, EUA

Quadro 1 - Equipamentos utilizados no estudo sobre o efeito do tratamento de superfície na resistência de união à microtração de cimentos resinosos à cerâmica In Ceram Alumina.

Materiais de Consumo
Acelerador de Cianocrilato Zip Kicker (Pacer Technology, EUA)
Água destilada (Asfer Indústria Química Ltda., Brasil)
Cera pegajosa (Asfer Indústria Química Ltda., Brasil)
Cimento resinoso Rely X (3M ESPE, Brasil)
Cimento resinoso Panavia F (Kuraray Medical Inc., Okayama, Japan).
Cola a base de Cianocrilato - Cola Pegamil Bond (Anaerobicos, Argentina)
Disco diamantado Extec low concentration (ERIOS Equipamentos Técnicos e Científicos Ltda., São Paulo, Brasil)
In Ceram Alumina (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)
lixas d'água Extec de granulações n.º 120, 300, 600, 800, 1000 e 1200 (ERIOS Equipamentos Técnicos e Científicos Ltda., São Paulo, Brasil)
Partículas de óxido de alumínio de granulação de 110µm (Polidental Indústria e Comércio, São Paulo, Brasil)
Resina composta Filtek Z350 (3M/ESPE, St. Paul, USA)
Resina acrílica Duralay (Polidental Indústria e Comércio, São Paulo, Brasil)
Silicona de condensação Speedex (Coltene/Vigodent, Rio de Janeiro/RJ, Brasil)
Clearfil Porcelain Bond Activator (Kuraray Medical Inc., Kurashiki, Okayama, Japan)
Clearfil SE Bond Primer (Kuraray Medical Inc., Kurashiki, Okayama, Japan)
Partículas de sílica triboquímica do sistema Rocatec (3M/ESPE, São Paulo, Brasil)

Quadro 2 - Materiais de consumo utilizados no estudo o efeito do tratamento de superfície na resistência de união à microtração de cimentos resinosos à cerâmica In Ceram Alumina.

4.2 DELIMITAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi constituída por vinte corpos de prova formados por blocos de cerâmica In Ceram Alumina cimentados a blocos de resina composta Filtek Z350 (3M /ESPE). Destaca-se que, a escolha de blocos de resina composta fotopolimerizável como substrato para cimentação foi realizada com intuito de padronização da amostra, uma vez que essa não é facilmente conseguida com a utilização de dentes, devido à grande variedade morfológica da estrutura dentinária. A forma de obtenção dos corpos de prova e a realização dos testes nesta pesquisa foram definidas a partir das contribuições metodológicas de outros pesquisadores na área (AMARAL et al., 2006; ANDREATTA FILHO et al., 2003a, b, 2005; BOTTINO et al., 2005; MICHIDA et al., 2003; VALANDRO et al., 2005, 2006, 2007).

4.3 OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Para obtenção dos corpos de prova, inicialmente foi confeccionado um bloco retangular de resina acrílica Duralay vermelha (Figura 1) com dimensões de 7mm de espessura, 7mm de altura e 5mm de comprimento, que serviu como modelo para confecção dos blocos cerâmicos. A partir desse, foram confeccionados vinte blocos de cerâmica In Ceram Alumina (Figura 2), conforme instruções do fabricante e de acordo com as dimensões do bloco acrílico.

Como critério de inclusão e exclusão, os blocos cerâmicos foram radiografados, a fim de verificar possíveis falhas internas (bolhas). A presença de defeitos determinou a exclusão do bloco do estudo.

A superfície cerâmica escolhida para cimentação foi planificada e polida na Politriz Metalprisma (Figuras 3 e 4) com lixas d'água de granulações n.º 120, 300, 600, 800, 1.000 e 1.200 de acordo com ISO 6344-1:1998 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1998), com o objetivo de criar uma superfície plana e polida.



Figura 1 – Bloco de resina Duralay usado como guia para confecção de bloco cerâmico.



Figura 2 – Bloco de cerâmica In Ceram Alumina.



Figura 3 - Politriz metalprisma adquirida por financiamento Fapes.

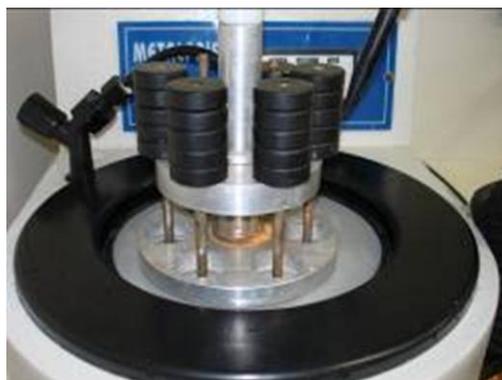


Figura 4 - Dispositivo da Politriz Metalprisma usado para fixação dos corpos de prova.

Para confecção dos blocos em resina composta, foi realizada a duplicação dos blocos cerâmicos através da moldagem com silicona de condensação Speedex (Coltene/Vigodent) (Figura 5). No interior da depressão registrada no molde, a resina composta Filtek Z350 (3M ESPE) foi condensada em incrementos, cada um deles fotopolimerizado por 40s até o preenchimento completo do molde. Posterior à inserção do último incremento de resina composta, foi posicionada, sobre esta camada, uma placa de vidro transparente e realizada uma fotopolimerização de apenas 5s através do vidro. Em seguida, foi feita a remoção da placa e nova fotopolimerização por mais 40 segundos.

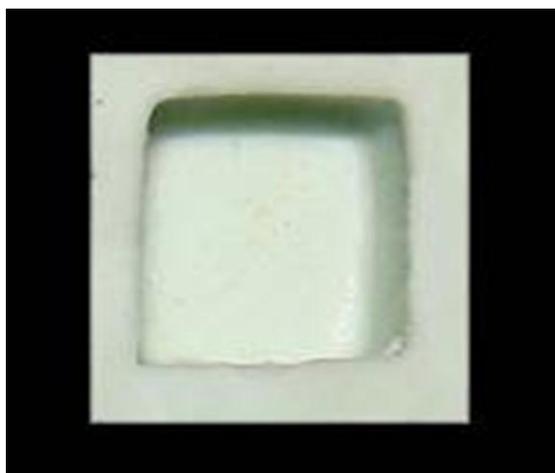


Figura 5 - Molde da cerâmica obtida através da moldagem com silicona de condensação

A finalidade da utilização da placa de vidro foi fornecer à resina composta uma superfície lisa e polida, dispensando, dessa forma, a necessidade de polimentos subsequentes.

Após a condensação e a fotopolimerização, os blocos de resina Filtek Z350 foram cuidadosamente retirados do interior do molde e tiveram seus excessos removidos com motor de alta rotação (Figuras 6 a 7).



Figura 6 – Inserção da resina composta no interior do molde.



Figura 7 – Bloco de resina composta Filtek Z350.

4.4 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DOS ESPÉCIMES

4.4.1 Tratamento superficial da resina

O bloco de resina composta recebeu como tratamento superficial a silanização, mediante a mistura do Clearfil Porcelain Bond Activator com o Clearfil SE Bond Primer, conforme orientações do fabricante (aplicação do produto com *microbrush* até formar uma fina película e evaporação do solvente com jato de ar durante 2 a 3s). Veja sequência (Figura 8).

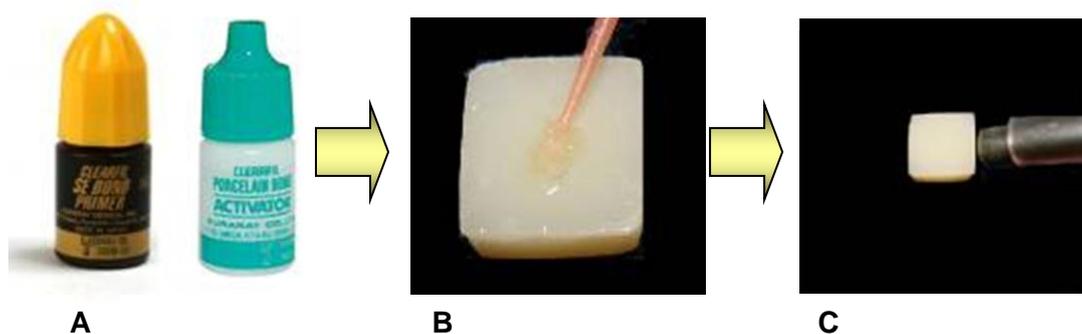


Figura 8 – Tratamento superficial da resina.

Nota: A- Clearfil SE Bond Primer e Clearfil Porcelain Bond Activator; B- Aplicação com microbrush da mistura do Clearfil Porcelain Bond Activator com o Clearfil SE Bond Primer sobre a superfície de resina; C - Secagem com jato de ar por 2 a 3 segundos

4.4.2 Tratamento superficial da cerâmica In Ceram Alumina

Nessa etapa, as cerâmicas foram divididas aleatoriamente em dois grupos (dez blocos cada), que receberam, em suas faces planificadas, distintos tratamentos de superfície, conforme mostrado nos itens a seguir:

- a) Dez blocos de cerâmica tiveram uma das suas superfícies tratada por meio de microjateamento com partículas de óxido de alumínio a $110\mu\text{m}$, a uma distância de 10mm e perpendicular à superfície com pressão de 2,8bars durante 20s. Logo depois, foi realizada a aplicação de ácido fosfórico a 37% por 30s para limpeza, seguida de lavagem com jato de água por 30s e secagem. Por último, foi realizada a silanização da superfície, usando a mistura do Clearfil Porcelain Bond Activator com o Clearfil SE Bond Primer, conforme orientações do fabricante (aplicação do produto com microbrush até formar uma fina película e evaporação do solvente com jato de ar durante 2 a 3s) (sequência Figura 9).



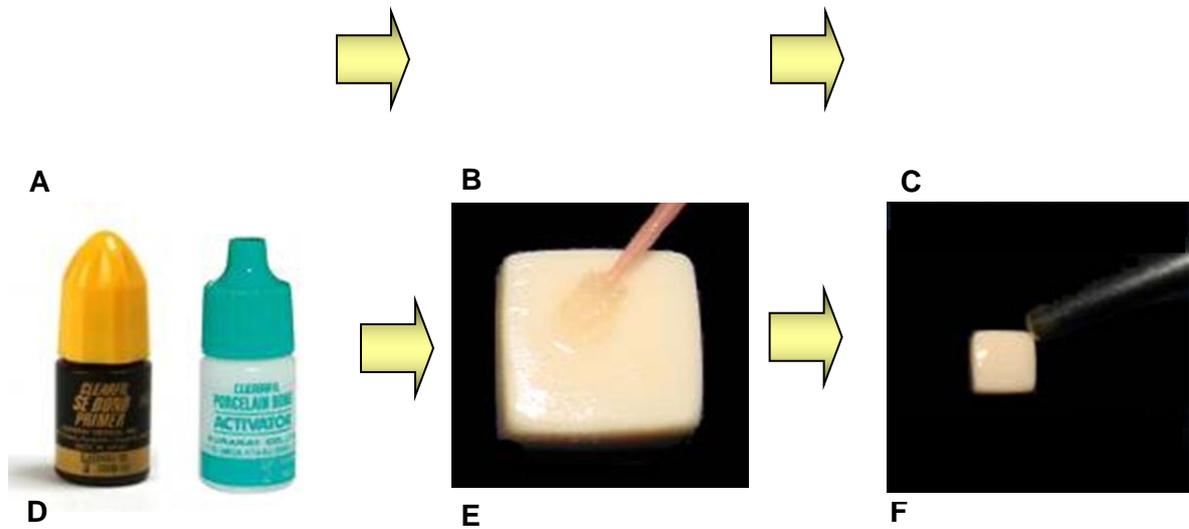


Figura 9 – Seqüência do tratamento superficial com óxido de alumínio 110µm.

Nota: A - Microjateamento com partículas de óxido de alumínio 110µm. B - Aspecto após jateamento. C - Aplicação de ácido fosfórico a 37% por 30 segundos. D - Clearfil Porcelain Bond Activator com o Clearfil SE Bond Primer. E - Aplicação da mistura (Clearfil Porcelain Bond Activator com o Clearfil SE Bond) com *microbrush* sobre a superfície cerâmica. F - Secagem com jato de ar por 2 a 3 segundos.

- b) Os outros dez blocos tiveram uma de suas superfícies tratada com o sistema Rocatec. Nesse grupo, primeiramente a superfície cerâmica sofreu microjateamento com partículas de óxido de alumínio a 110µm, a uma distância de 10mm e perpendicular à superfície, com pressão de 2,8bars durante 20s (Rocatec –Pre powder). Seguiu-se o microjateamento com partículas especiais de sílica de 110µm (Rocatec- Plus powder). Por último, foi realizada a silanização da superfície por meio da mistura do Clearfil Porcelain Bond Activator com o Clearfil SE Bond Primer, conforme orientações do fabricante (aplicação do produto com *microbrush* até formar uma fina película e evaporação do solvente com jato de ar durante 2 a 3s) (seqüência Figura 10).

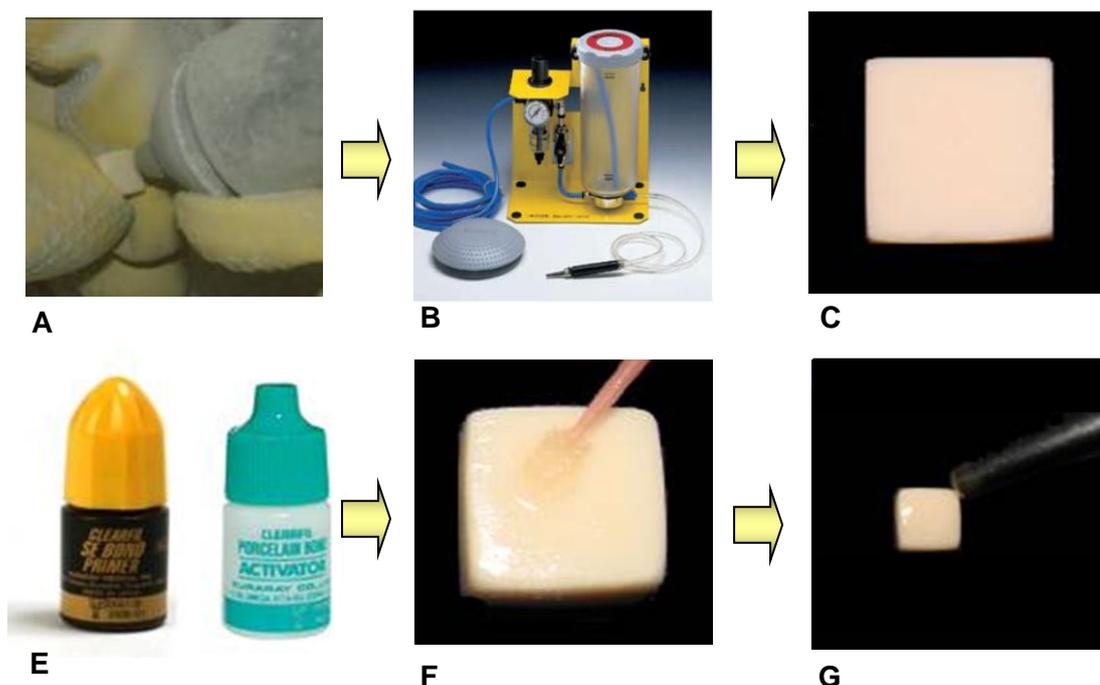


Figura 10 – Seqüência do tratamento superficial com o sistema Rocatec.

Nota: 6.1 Microjateamento com partículas de óxido de alumínio a $110\mu\text{m}$. B - Jateador do Rocatec Júnior. C - óxido de sílica do Rocatec Júnior. D - Aspecto após jateamento com óxido de sílica. E - Clearfil Porcelain Bond Activator com o Clearfil SE Bond Primer. F - Aplicação da mistura (Clearfil porcelain bond Activator com o Clearfil SE Bond) com *microbrush* sobre a superfície cerâmica. G - Secagem com jato de ar por 2 a 3 segundos.

4.5 CIMENTAÇÃO DO BLOCO CERÂMICO COM O BLOCO DE RESINA

Após receberem aleatoriamente um dos distintos tratamentos superficiais mostrados acima, os grupos foram subdivididos em dois, de acordo com o cimento empregado, formando-se, dessa forma, quatro grupos amostrais (Quadro 3), cada um, constituído por cinco blocos cerâmicos (Diagrama 1).

Metade dos blocos de cerâmica foi unida ao correspondente de resina composta com o cimento resinoso Rely X (3M-ESPE, Brasil), já a outra metade, com o cimento resinoso Panavia F (Kuraray, Brasil).

GRUPOS	TRATAMENTO SUPERFICIAL E TIPO DE CIMENTO RESINOSO EMPREGADO
Grupo 1 (controle)	<p>a) Microjateamento com partículas de óxido de alumínio a 110µm, a uma distância de 10mm e perpendicular à superfície com pressão de 2,8bars durante 20s.</p> <p>b) Aplicação de ácido fosfórico a 37% por 30s para limpeza da superfície, seguida de lavagem com jato de água por 30s e secagem.</p> <p>c) Silanização da superfície por meio da mistura do Clearfil Porcelain Bond Activator com o Clearfil SE Bond Primer, conforme orientações do fabricante (aplicação do produto com <i>microbrush</i> até formar uma fina película, evaporação do solvente com jato de ar durante 2 a 3s).</p> <p>d) Cimentação com cimento resinoso Rely X ARC.</p>
Grupo 2	<p>a) Microjateamento com partículas de óxido de alumínio a 110µm a uma distância de 10mm e perpendicular à superfície com pressão de 2,8bars durante 20s (Rocatec – Pre powder), seguindo-se o microjateamento com partículas especiais de sílica de 110µm (Rocatec - Plus powder).</p> <p>b) Silanização da superfície mediante a mistura do Clearfil Porcelain Bond Activator com o Clearfil SE Bond Primer, conforme orientações do fabricante (aplicação do produto com <i>microbrush</i> até formar uma fina película, evaporação do solvente com jato de ar durante 2 a 3 s).</p> <p>c) Cimentação com cimento resinoso Rely X ARC</p>
Grupo 3	<p>a) Microjateamento com partículas de óxido de alumínio a 110µm a uma distância de 10mm e perpendicular à superfície com pressão de 2,8 bars durante 20 segundos.</p> <p>b) Aplicação de ácido fosfórico a 37% por 30s para limpeza da superfície, seguida de lavagem com jato de água por 30s e secagem.</p> <p>c) Silanização da superfície mediante a mistura do Clearfil Porcelain Bond Activator com o Clearfil SE Bond Primer, conforme orientações do fabricante (aplicação do produto com <i>microbrush</i> até formar uma fina película, evaporação do solvente com jato de ar durante 2 a 3 segundos).</p> <p>d) Cimentação com cimento resinoso Panavia F.</p>
Grupo 4	<p>a) Microjateamento com partículas de óxido de alumínio a 110µm a uma distância de 10mm e perpendicular à superfície com pressão de 2,8 bars durante 20s (Rocatec – Pre powder). Seguindo-se o microjateamento com partículas especiais de sílica de a 110µm (Rocatec- Plus powder).</p> <p>b) Silanização da superfície mediante a mistura do Clearfil porcelain bond Activator com o Clearfil SE Bond Primer conforme orientações do fabricante (aplicação do produto com <i>microbrush</i> até formar uma fina película, evaporação do solvente com jato de ar durante 2 a 3 segundos).</p> <p>a) Cimentação com cimento resinoso Panavia F.</p>

Quadro 3 - Distribuição dos grupos conforme tratamento superficial e agente de cimentação empregado.

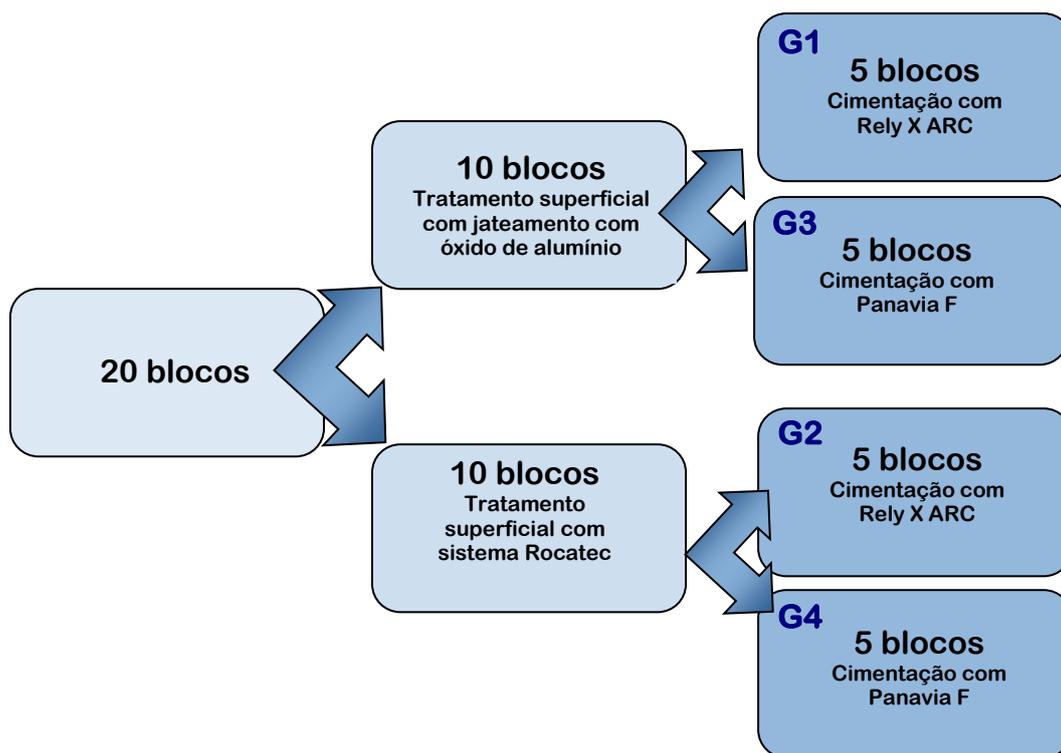


Diagrama 1: Distribuição dos blocos conforme tratamento superficial e tipo de cimento empregado.

O cimento foi manipulado conforme orientações do fabricante, primeiramente dispensado sobre a placa de manipulação e depois espatulado com espátula de plástico, misturando-se a pasta-base e catalisadora por 10 segundos. Após sua espatulação, o cimento foi aplicado sobre a superfície da cerâmica tratada e esta foi assentada sobre o bloco de resina com suave pressão. Nesse momento, esse conjunto (cerâmica/cimento/resina) foi posicionado no dispositivo de cimentação (Figuras 11 e 12), sobre o qual foi exercida uma carga vertical de 1kg por 10min, e realizada a fotopolimerização do cimento resinoso com o aparelho fotopolimerizador Optilux 501 (SDS Kerr), com intensidade de luz de $\pm 450\text{mW/cm}^2$. Em um primeiro instante, foi efetuada uma fotopolimerização inicial por 10s para permitir a remoção dos excessos com sonda exploradora e, logo em seguida, a fotopolimerização final em cada lado da amostra, por 40s (Figura 13).

Quando utilizado o cimento resinoso Panavia F, aplicou-se o gel Oxigard previamente à fotopolimerização sobre toda a linha de cimentação.

Uma vez cimentado, o conjunto cerâmica/cimento/resina foi lavado com jato de água e armazenado imerso em água destilada até o momento do corte.



Figura 11 - Dispositivo de cimentação, com corpo de prova posicionado.
Nota: Peso de 1kg exercendo carga sobre o dispositivo no momento da cimentação.

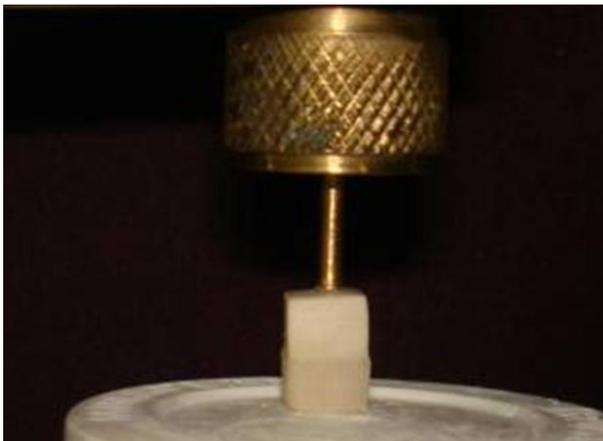


Figura 12 – Bloco de cerâmica cimentado sobre o de resina.



Figura 13 – Fotopolimerização do cimento e proteção com Oxiguard.

4.6 CORTE DOS BLOCOS

Utilizou-se a máquina Labcut 1010 (ERIOS) com o disco de diamante (Extec), modelo *low concentration* (Figura 14), em baixa velocidade sob irrigação, para cortar os espécimes longitudinalmente.

O conjunto cerâmica/cimento/resina foi fixado com cera pegajosa no dispositivo de aço inox preso na parte superior da cortadeira (Figura 15), para execução de cortes no sentido resina-cerâmica, que forneceram palitos de ± 1 mm de espessura.

Cada corpo de prova foi inicialmente cortado em quatro fatias de 1 mm de espessura perpendicular à interface adesiva, sem que chegasse até o final da cerâmica. Posteriormente, os corpos de prova foram girados em 90° e novamente seccionados perpendicularmente à interface adesiva, gerando 25 palitos de 1mm^2 de espessura (Figuras 16 a 20).

Nesse momento, o conjunto cerâmica/cimento/resina, que estava com os palitos unidos entre si pela base, foi solto do dispositivo e seccionado nessa região, para permitir a separação dos espécimes. Dentre os palitos obtidos, foram selecionados, para participar da pesquisa, somente os provenientes da região central, uma vez que os da periferia foram descartados por não apresentarem uniformidade dimensional (Figura 21).

Dessa forma, obtiveram-se nove palitos por bloco, totalizando 45 palitos por grupo, uma vez que cada grupo continha cinco blocos. Estes palitos foram armazenados imersos em água destilada em estufa a 37°C , durante sete dias, de acordo com a ISO/TR-11405:2003 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2003).



Figura 14 – Cortadeira Labcut modelo 1010 empregada na pesquisa.

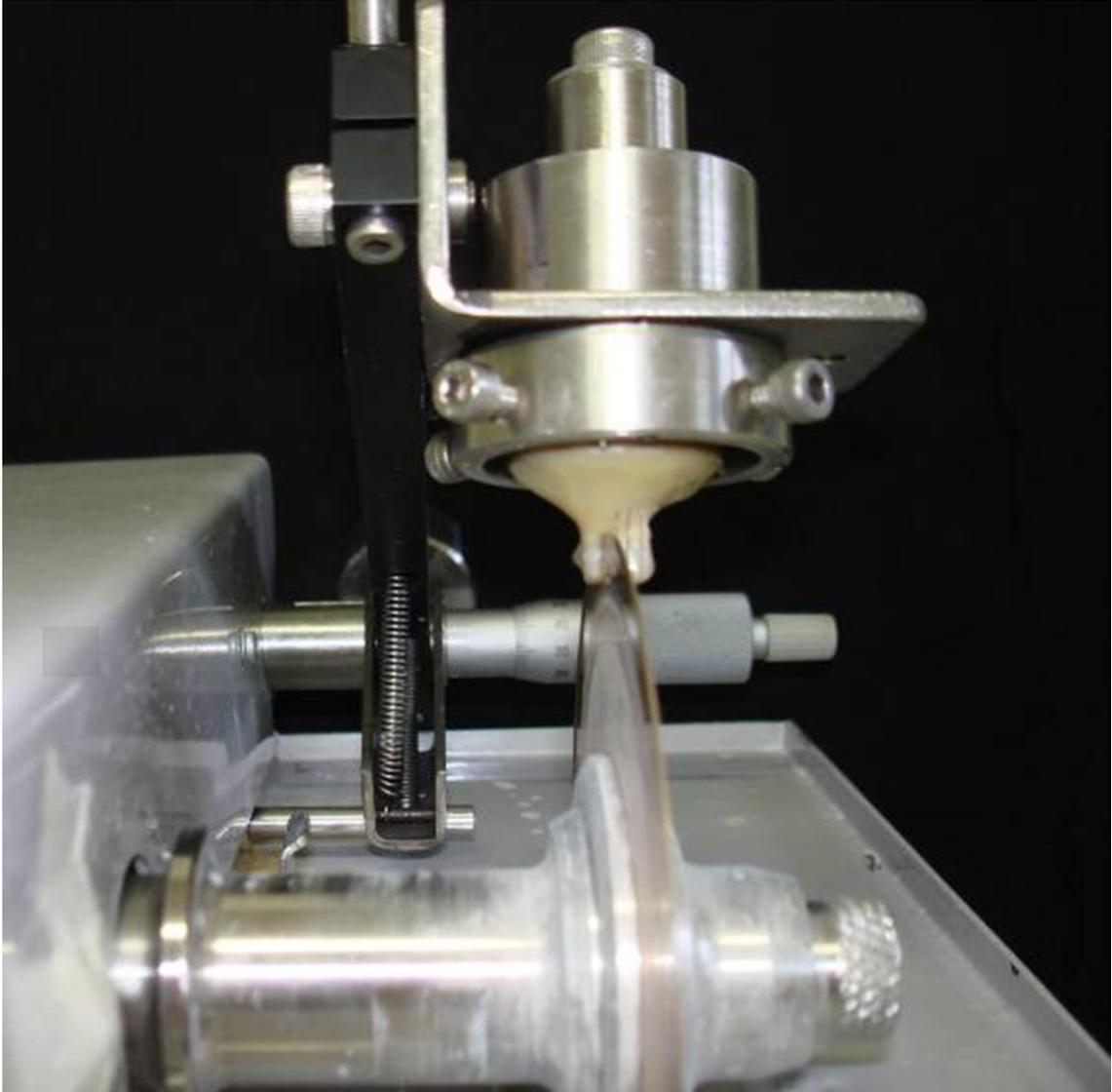


Figura 15 – Visualização do dispositivo de aço inox adaptado à cortadeira Labcut 1010 usado para fixação do conjunto cerâmica/cimento/resina.
Nota: Observar que a fixação do conjunto foi realizada com cera pegajosa.

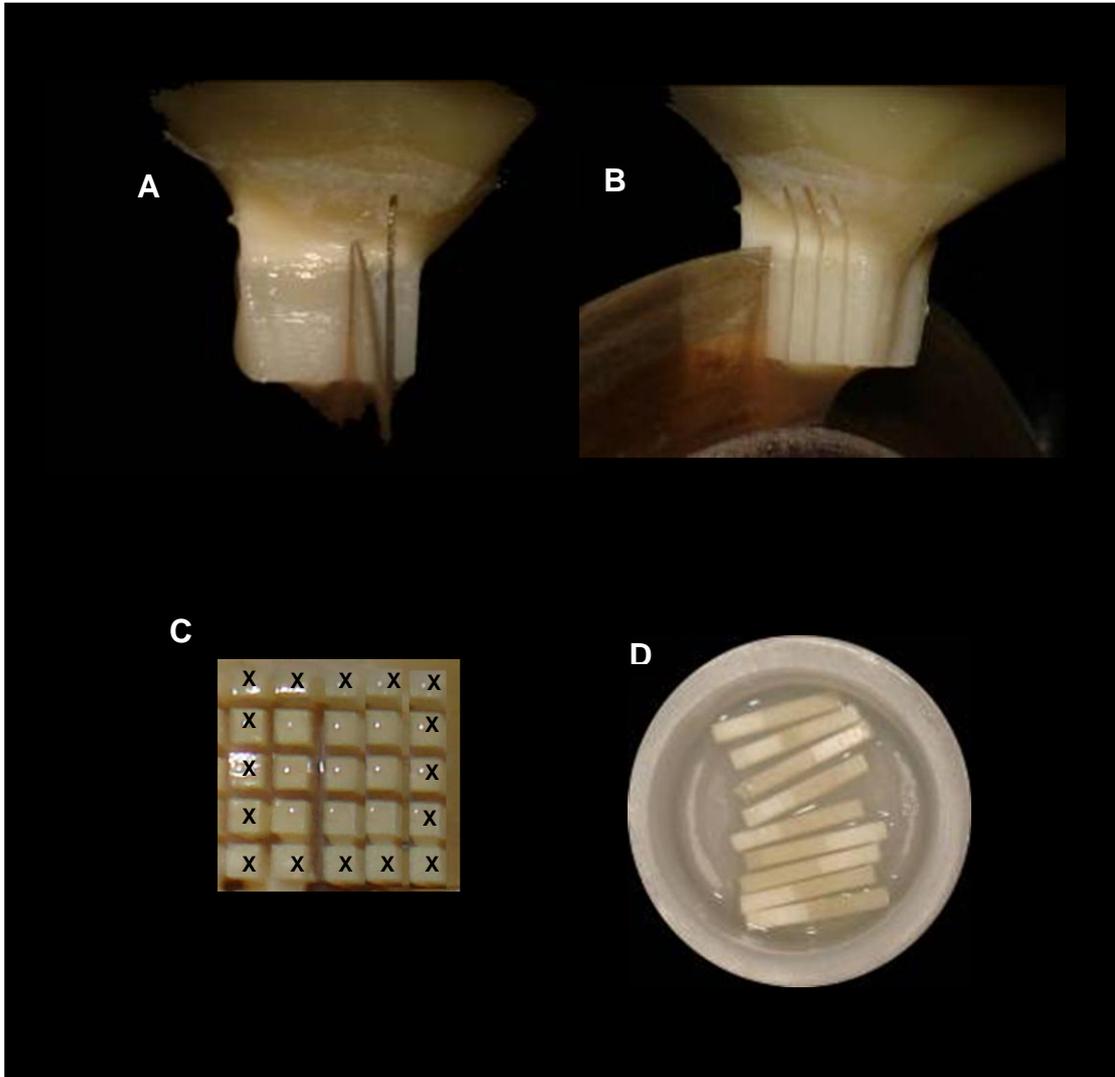


Figura 16 – Sequência de cortes do conjunto cerâmica/cimento/resina e obtenção dos palitos.

Nota: A - primeiro corte perpendicular à interface adesiva; B - segundo corte após o giro de 90°; C - visão da parte superior do conjunto cerâmica/cimento/resina após a confecção de todos os cortes, sendo que os palitos marcados com x representam os excluídos por serem da região periférica e D - palitos centrais já selecionados.

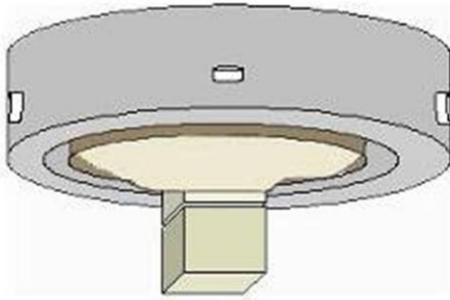


Figura 17 – Desenho esquemático da fixação do conjunto cerâmica/cimento/resina com cera pegajosa na base de resina acrílica, que foi presa no dispositivo circunferencial de aço inox da cortadeira.

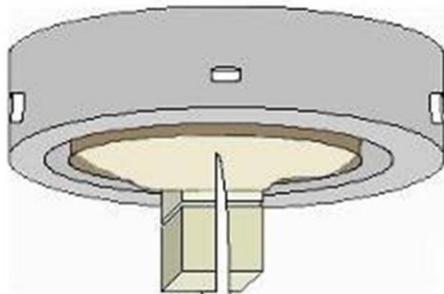
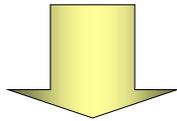


Figura 18 – Desenho esquemático do corte do conjunto cerâmica/cimento/resina com disco diamantado, no sentido ântero-posterior.

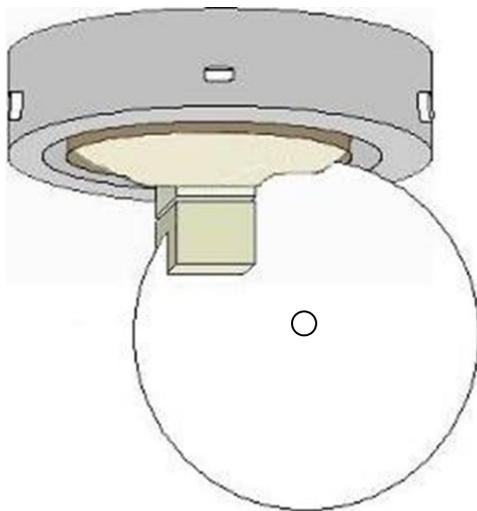
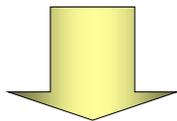
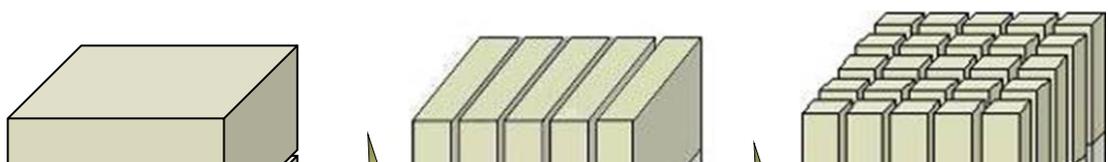


Figura 19 – Desenho esquemático da rotação do conjunto cerâmica/cimento/resina em 90° e corte com disco diamantado, no sentido látero-lateral.



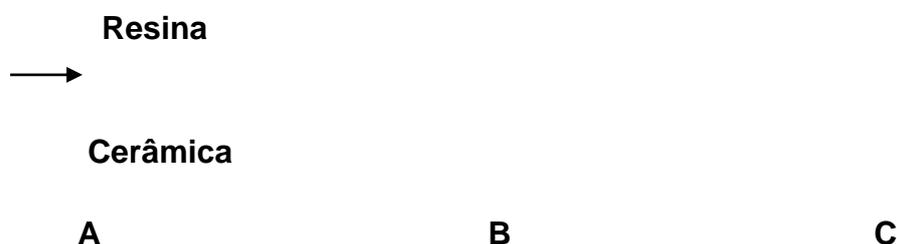


Figura 20 – Sequência de cortes do conjunto cerâmica/cimento/resina e obtenção dos palitos.
 Nota: A - Conjunto cerâmica/cimento/resina; B - Cortes do conjunto no sentido ântero-posterior – confecção de quatro cortes formando fatias de 1mm; C - Cortes do conjunto no sentido latero-lateral – confecção de quatro cortes formando fatias de 1mm.



Figura 21 – Visualização dos palitos formados após confecção dos cortes.
 Nota: A - Os palitos marcados de vermelho são os da região periférica que foram descartados; B - Visualização dos nove palitos da região central utilizados no estudo.

4.7 REALIZAÇÃO DE TESTES NOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova foram submetidos ao teste de resistência à microtração em máquina de ensaio universal Emic 500L para verificação da resistência de união e posteriormente analisados em microscópio eletrônico de varredura SSX-550 SUPERSCAN para avaliação do modo de fratura.

4.7.1 Teste de resistência à microtração

Para realização do teste de microtração, foi utilizado um dispositivo Bencor modificado, confeccionado por torneiro mecânico. Esse dispositivo foi preso à máquina de ensaio universal, permitindo a fixação dos corpos de prova.

Cada corpo de prova foi fixado nas hastes do dispositivo Bencor modificado com adesivo à base de Cianocrilato - Cola Pegamil Bond (Anaeróbicos, Argentina), de modo que a área adesiva se posicionasse o mais perpendicularmente possível à força aplicada, a fim de evitar forças de dobramento na interface (Figura 22, p. 68).

O teste de microtração foi realizado com velocidade de 0,5mm/min, e a célula de carga empregada foi a de 20kg.

Após a ruptura, foram medidas as duas espessuras dos palitos com paquímetro digital. Esse procedimento foi realizado pelo menos três vezes para cada dimensão, de forma que se obtivesse uma concordância nos valores. Após a obtenção das espessuras, foi calculada a área da secção transversal de cada palito. Posteriormente a esse procedimento, os fragmentos foram guardados de forma organizada e numerada para futura análise do modo de fratura em microscópio eletrônico de varredura.

4.7.2 Análise do modo de fratura

Após o teste, as duas porções fraturadas foram cuidadosamente removidas e armazenadas para avaliação do modo de fratura em microscópio eletrônico de varredura (SSX-550 SUPERSCAN - Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão). Para essa análise, os espécimes fraturados foram fixados em *stub* metálico com resina composta (Figura 23 e 24, p. 69). Todavia, antes dessa fixação, foi aplicada sobre o *stub* uma fita de carbono adesiva. Após a montagem, as amostras foram metalizadas com ouro no aparelho IC - 50 Ion Coater (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão), por meio de um sistema de deposição por plasma (Figura 25, p. 69).

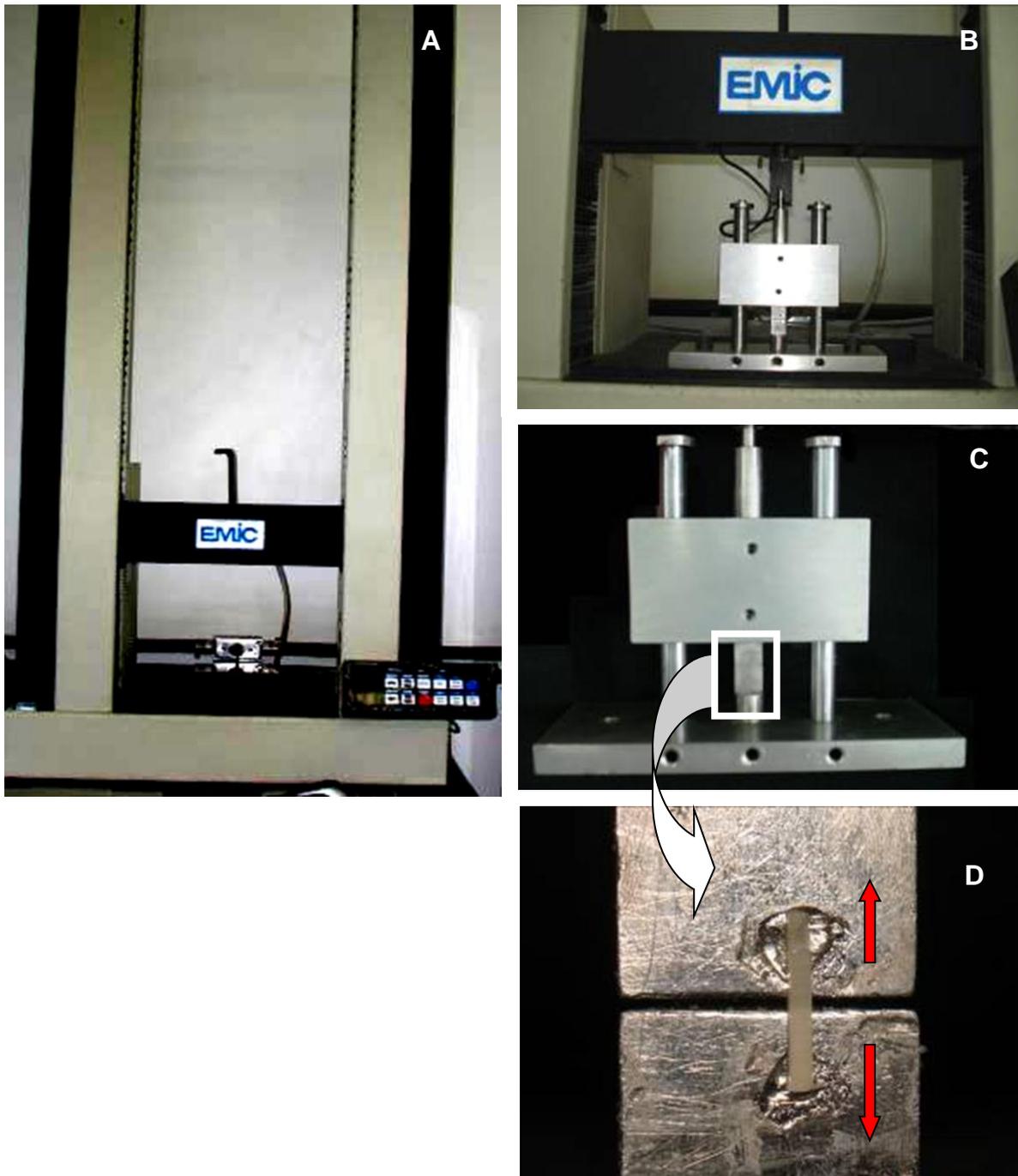


Figura 22 – Realização do teste de microtração.

Nota: A - Máquina de ensaio universal Emic; B - Dispositivo Bencor modificado adaptado à máquina de ensaio universal Emic; C - Dispositivo Bencor modificado; D - Visão ampliada da região do dispositivo em que os palitos foram fixados com Cianoacrilato. As setas em vermelho mostram a direção do movimento de tração.

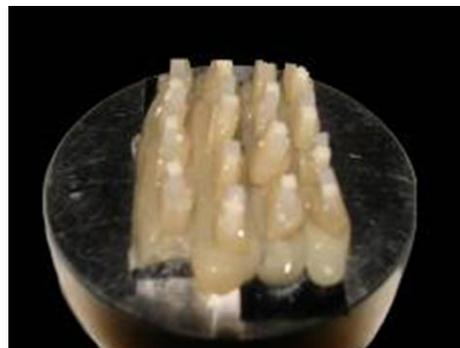


Figura 23 – *Stub* metálico, com fita de carbono e fixação de fragmentos fraturados dos espécimes presos lado a lado com resina composta.

Figura 24 – Visão lateral da *stub* metálico, com fita de carbono e fixação de fragmentos fraturados dos espécimes presos lado a lado com resina composta.



Figura 25 – *Stub* após processo de metalização.

Os espécimes foram examinados ao MEV com uma tensão de aceleração de 20kV em diferentes magnitudes de aumento para analisar o tipo de falha. Inicialmente um aumento de 600x para identificação dos materiais, e posteriormente de 60 e 150x para identificação do modo da fratura.

Os corpos de prova foram classificados em seis tipos de fratura, de acordo com o plano de secção transversal envolvida: tipo 1 - falha coesiva da resina composta; tipo 2 - falha coesiva da cerâmica; tipo 3 - falha adesiva; tipo 4 - falha coesiva do cimento; tipo 5 - falha mista cimento/resina composta e adesiva; tipo 6 - falha mista cimento/cerâmica aluminizada e adesiva (Figura 26).

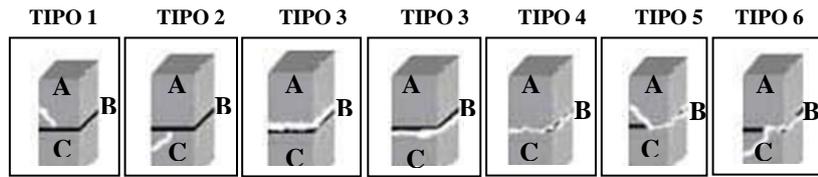


Figura 26 – Classificação dos tipos de falha observados na fractografia.
Nota: A) representa resina composta, B) cimento, C) cerâmica aluminizada.

5 RESULTADOS

ANÁLISE ESTATÍSTICA 1

A primeira análise estatística consistiu na avaliação da área dos corpos de prova usadas no estudo, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Média e desvio padrão da área (mm²) segundo grupo e bloco.

Grupo	Bloco	Média	Desvio padrão
grupo 1) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Rely x	1	1,06	0,09
	2	1,03	0,07
	3	1,11	0,03
	4	1,20	0,18
	5	1,13	0,17
	Geral	1,11	0,13
grupo 2) sistema Rocatec e cimentação com Rely x	1	1,08	0,10
	2	1,01	0,06
	3	1,00	0,06
	4	1,02	0,05
	5	1,06	0,07
	Geral	1,04	0,07
grupo 3) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Panavia	1	1,00	0,06
	2	1,00	0,03
	3	1,00	0,00
	4	1,05	0,06
	5	0,99	0,07
	Geral	1,01	0,05
grupo 4) sistema Rocatec e cimentação com Panavia	1	0,94	0,05
	2	0,94	0,04
	3	0,93	0,04
	4	0,99	0,07
	5	0,95	0,07
	Geral	0,95	0,06
Geral		1,02	0,10

Para observar o comportamento das medidas da área, utilizam-se gráficos *Box-Plot* (Gráfico 1). Esse gráfico mostra a dispersão e a distribuição dos dados, assim como a presença ou não de *outliers*. Os *outliers* são valores localizados muito distantes dos outros valores da distribuição. Podem afetar a média e o desvio padrão, distorcendo a verdadeira natureza da distribuição.

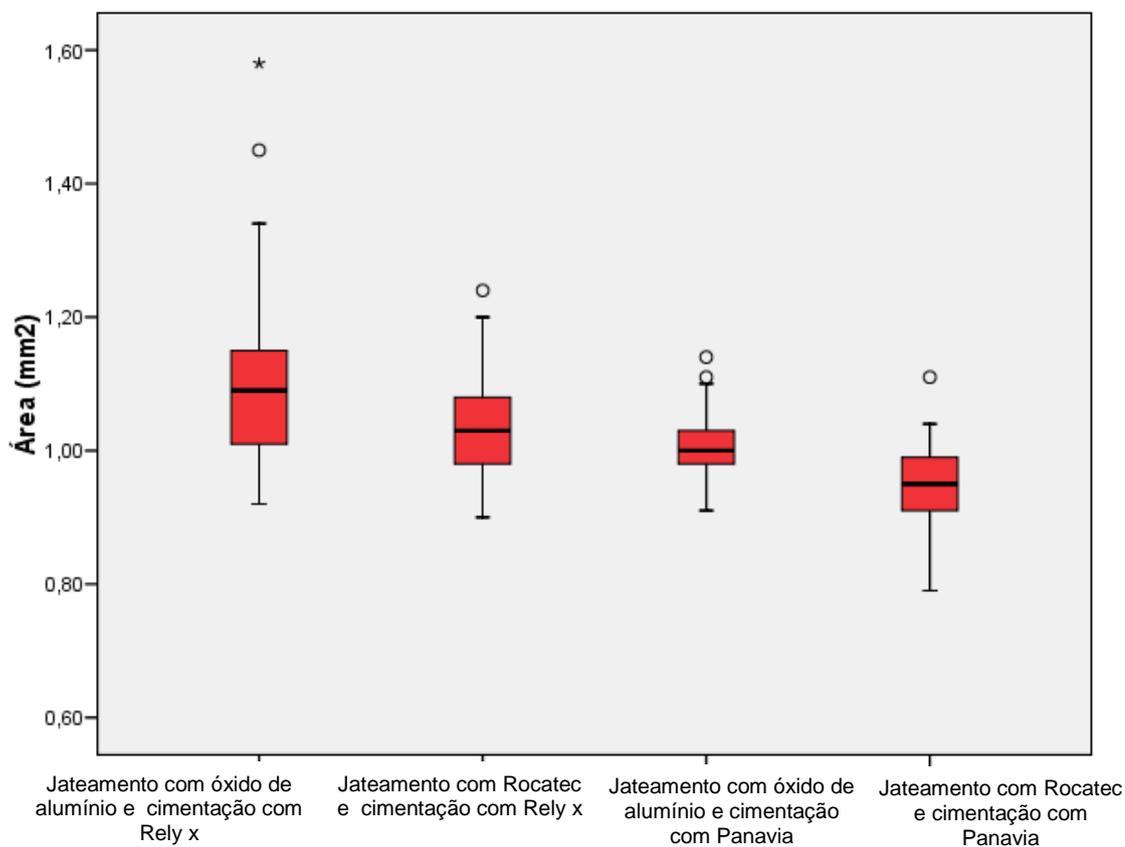


Gráfico 1 – Gráfico *Box-Plot* representativo da distribuição da área segundo tratamento.

ANÁLISE ESTATÍSTICA 2

O objetivo desta análise estatística foi a comparação entre os tratamentos superficiais empregados entre os grupos. Para isso foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey (Tabela 2).

Tabela 2 – Média e desvio padrão da resistência de união à microtração (MPa) segundo tratamento e cimentação.

TRATAMENTO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
grupo 1) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Rely X ARC	15,71	5,62
grupo 2) Jateamento com sistema Rocatec e cimentação com Rely X ARC	24,64	5,28
grupo 3) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Panavia F	21,86	6,23
grupo 4) Jateamento com sistema Rocatec e cimentação com Panavia F	28,19	6,67

Para as medidas de microtração variáveis utilizaram-se gráficos *Box-Plot* a fim de observar seu comportamento. Este gráfico mostra a dispersão e a distribuição dos dados assim como a presença ou não de *outliers* (Gráfico 2).

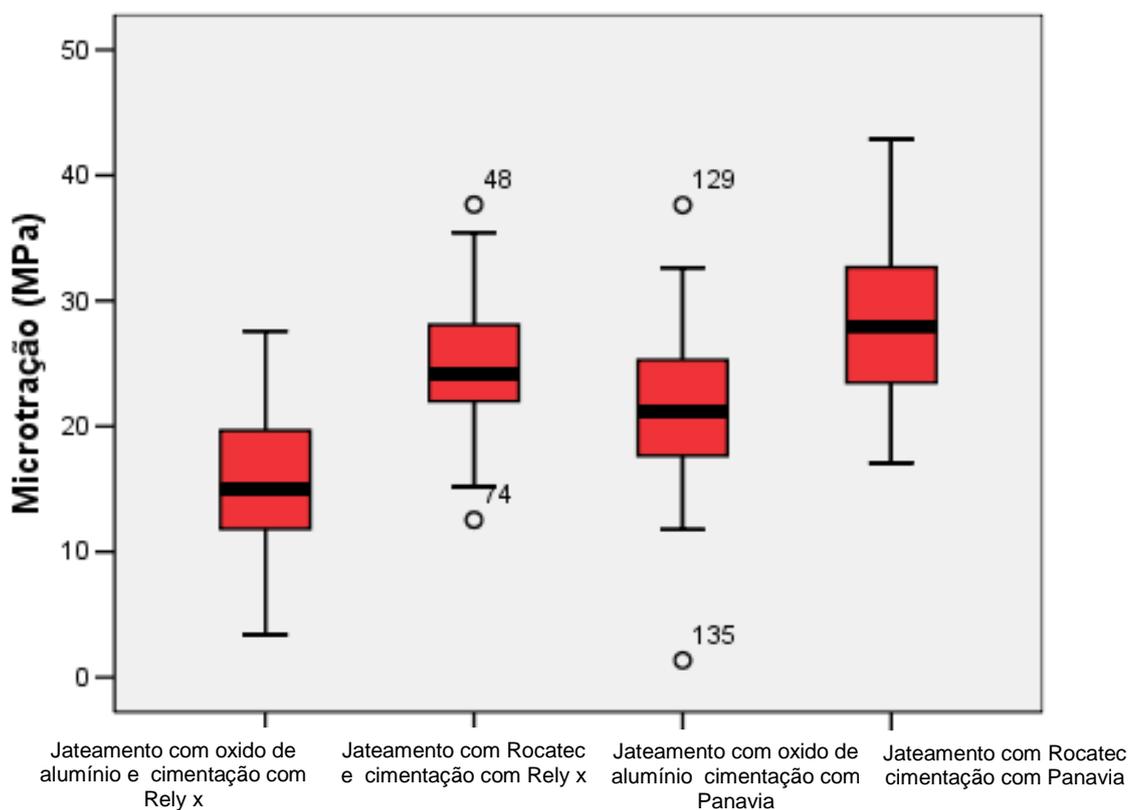


Gráfico 2 – Distribuição da microtração segundo tratamento.

Utilizou-se o teste de normalidade dos dados a fim de definir o teste estatístico para comparação dos valores da microtração, ou seja, verificar se os dados provêm de uma distribuição normal (Gauss). Quando as variáveis são distribuídas normalmente, pode-se aplicar a grande maioria de testes e métodos estatísticos conhecidos, como testes t para médias, correlação de Pearson e ANOVA. O teste de Shapiro-Wilk é um dos testes de normalidade mais usados; testa a hipótese de que os dados provêm de uma distribuição normal. Valores significativos no teste ($p\text{-valor} < 0,05$) indicam que a distribuição dos dados difere significativamente de uma distribuição normal (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultados (p-valor) do teste de normalidade (Shapiro-Wilk).

TRATAMENTO	P-VALOR
grupo 1) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Rely X ARC	0,947
grupo 2) Jateamento com sistema Rocatec e cimentação com Rely X ARC	0,980
grupo 3) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Panavia F	0,270
grupo 4) Jateamento com sistema Rocatec e cimentação com Panavia F	0,473

Nota: * $p\text{-valor} < 0,050$.

Vê-se pelos resultados da Tabela 3 que as variáveis apresentaram distribuição normal, nenhuma hipótese de normalidade foi rejeitada. Nesse caso recorre-se às estatísticas paramétricas.

Para a comparação da microtração entre os quatro grupos de tratamento, utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA). A hipótese a ser testada é de que as médias entre os grupos são iguais. Quando o p-valor é significativo ($< 0,050$), rejeita-se essa hipótese, visto que, os valores médios da microtração diferem entre os grupos.

Tabela 4 – Média e p-valor da ANOVA para a microtração (MPa) segundo tratamento.

TRATAMENTO	MÉDIA	P-VALOR
grupo 1) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Rely X ARC	15,71	0,000
grupo 2) Jateamento com sistema Rocatec e cimentação com Rely X ARC	24,64	
grupo 3) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Panavia	21,86	
grupo 4) Jateamento com sistema Rocatec e cimentação com Panavia	28,19	

Observa-se na Tabela 4 que a hipótese de igualdade das médias foi rejeitada, já que, pelo menos uma das médias difere das demais. Para saber qual dos grupos difere, utiliza-se um teste para múltiplas comparações, ou seja, as médias são comparadas duas a duas. Esse teste identifica grupos homogêneos para as médias. Nesta parte do trabalho foi utilizado o teste de Tukey (Tabela 5).

Tabela 5 – Grupos homogêneos resultantes do teste de Tukey.

TRATAMENTO	GRUPOS		
	1	2	3
grupo 1) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Rely X ARC	15,71		
grupo 2) Jateamento com sistema Rocatec e cimentação com Rely X ARC		24,64	
grupo 3) Jateamento com oxido de alumínio e cimentação com Panavia F		21,86	
grupo 4) Jateamento com sistema Rocatec e cimentação com Panavia F			28,19

Vê-se pelo resultado do teste que o tratamento com jateamento com o sistema Rocatec associado à cimentação com Panavia F teve maiores valores de resistência a tração, e jateamento com oxido de alumínio associado à cimentação com Rely X ARC teve menores valores (Gráfico 3).

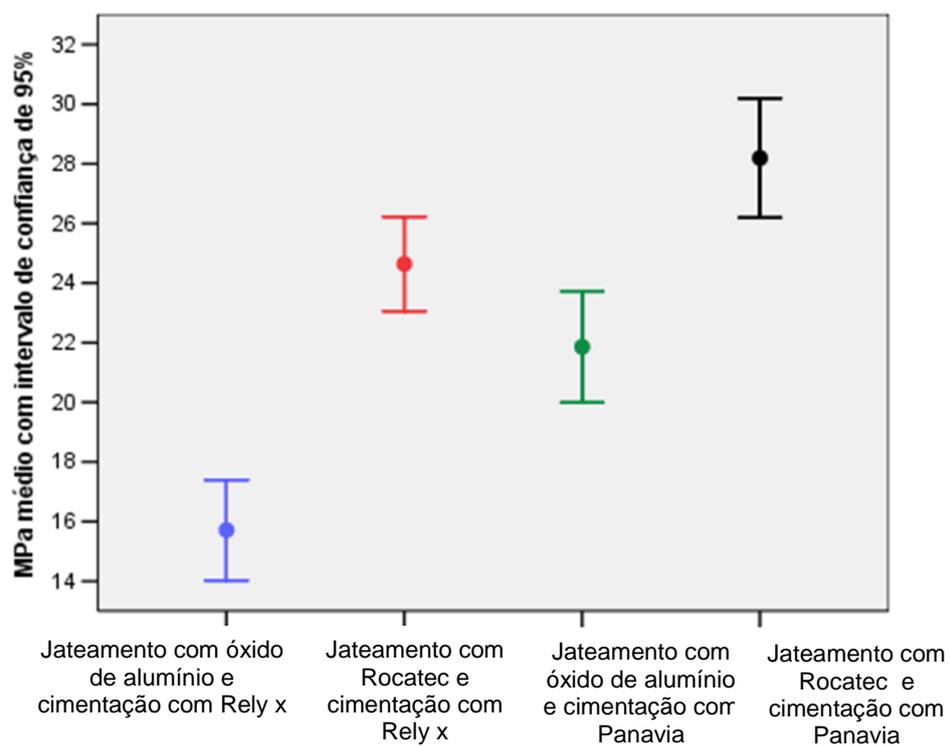


Gráfico 3 – Valores médios da microtração com intervalo de confiança de 95% para os tratamentos.

ANÁLISE ESTATÍSTICA 3

Análise descritiva dos tipos de falha observados em microscópio eletrônico de varredura.

Tabela 6 – Tipo de falhas por grupo e blocos.

Grupo	Bloco	Fratura					
		Mista (coesiva do cimento e adesiva)		Mista (coesiva do cimento, da cerâmica e adesiva)		Mista (coesiva do cimento, da resina e adesiva)	
		n	%	n	%	n	%
grupo 1) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Rely x	1	9	100,0	-	-	-	-
	2	9	100,0	-	-	-	-
	3	9	100,0	-	-	-	-
	4	9	100,0	-	-	-	-
	5	9	100,0	-	-	-	-
	Geral grupo	45	100,0	-	-	-	-
grupo 2) sistema Rocatec com cimentação Rely x	1	7	77,8	-	-	2	22,2
	2	8	88,9	-	-	1	11,1
	3	6	66,7	2	22,2	1	11,1
	4	8	88,9	-	-	1	11,1
	5	10	100,0	-	-	-	-
	Geral grupo	39	84,8	2	4,3	5	10,9
grupo 3) Jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Panavia	1	8	88,9	-	-	1	11,1
	2	7	77,8	-	-	2	22,2
	3	9	100,0	-	-	-	-
	4	9	100,0	-	-	-	-
	5	8	88,9	-	-	1	11,1
	Geral grupo	41	91,1	-	-	4	8,9
grupo 4) sistema Rocatec com cimentação Panavia	1	7	77,8	-	-	2	22,2
	2	9	100,0	-	-	-	-
	3	9	100,0	-	-	-	-
	4	8	88,9	1	11,1	-	-
	5	8	88,9	-	-	1	11,1
	Geral grupo	41	91,1	1	2,2	3	6,7
Geral		166	91,7	3	1,7	12	6,6

IMAGENS REPRESENTATIVAS DO MODO DE FRATURA

Na preparação para exame sob o microscópio eletrônico de varredura através de elétrons retroespalhados, as superfícies fraturadas sofreram metalização com ouro por meio de um sistema de deposição por plasma (*sputtering*), com espessura de 30 μ m de camada de ouro depositada. As imagens foram geradas no modo de elétrons secundários (SE), tensão de aceleração de 20kV. O modo de falha foi observado e classificado de acordo com as imagens a seguir. Sendo inicialmente avaliada a interface adesiva para identificação dos materiais e posteriormente avaliados os fragmentos do palito após ruptura: parte do palito referente à cerâmica e parte do palito referente à resina.

- ANÁLISE DA INTERFACE ADESIVA

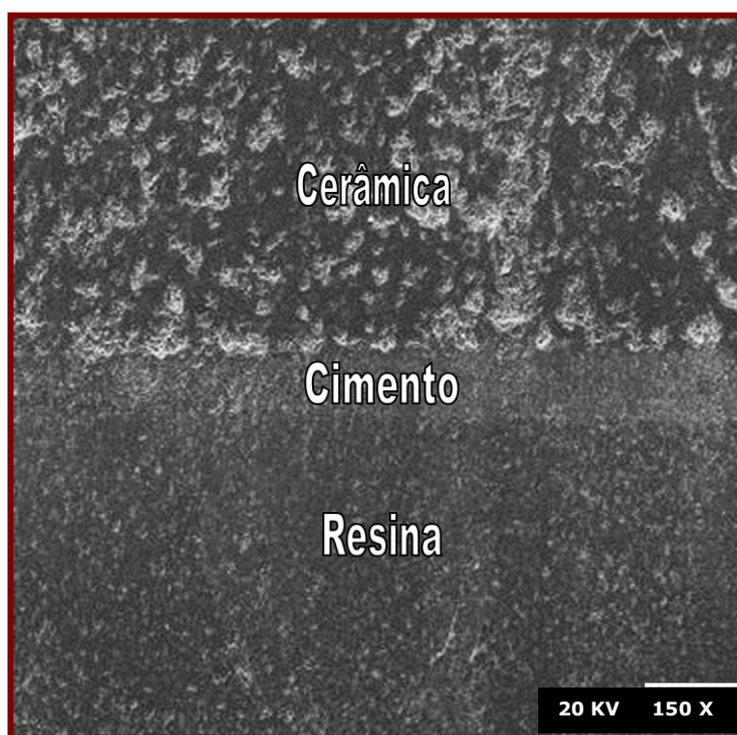


Figura 27 - Imagem da interface cerâmica/cimento/resina.
Nota: Aumento de 150 X.

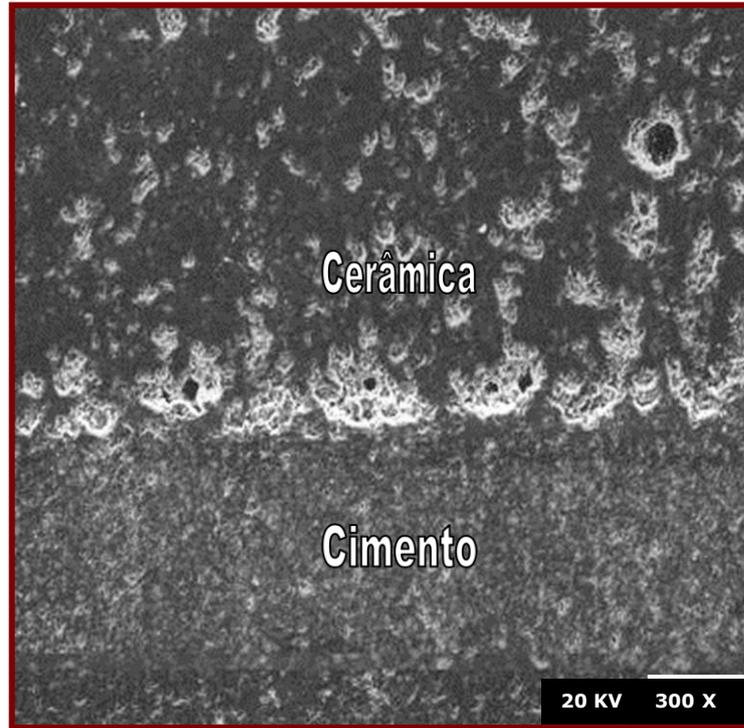


Figura 28 - Imagem da interface cerâmica/cimento/resina dando enfoque a união cerâmica/ cimento.
Nota: Aumento de 300 X.

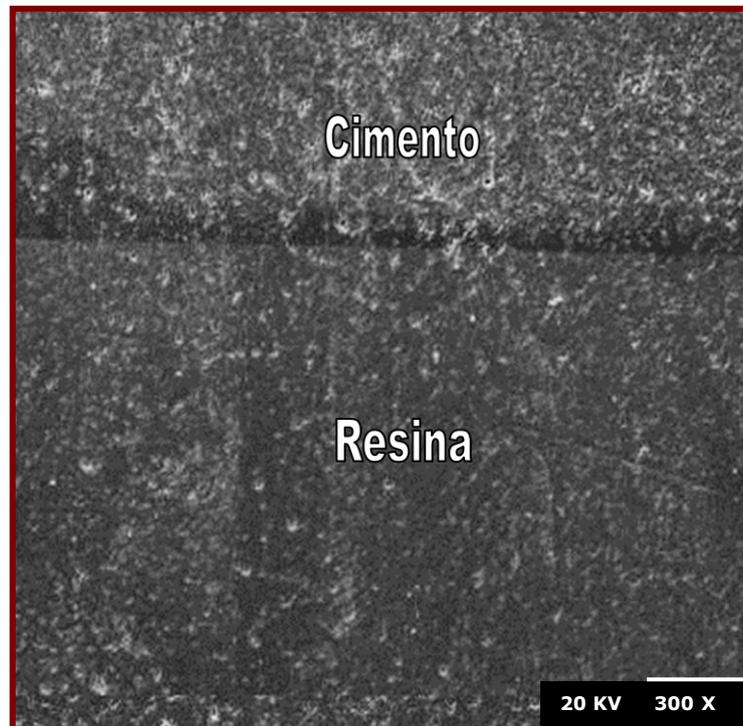


Figura 29 - Imagem da interface cerâmica/cimento/resina dando enfoque à união cimento/resina.
Nota: Aumento de 300 X.

- ANÁLISE DOS FRAGMENTOS DOS PALITOS

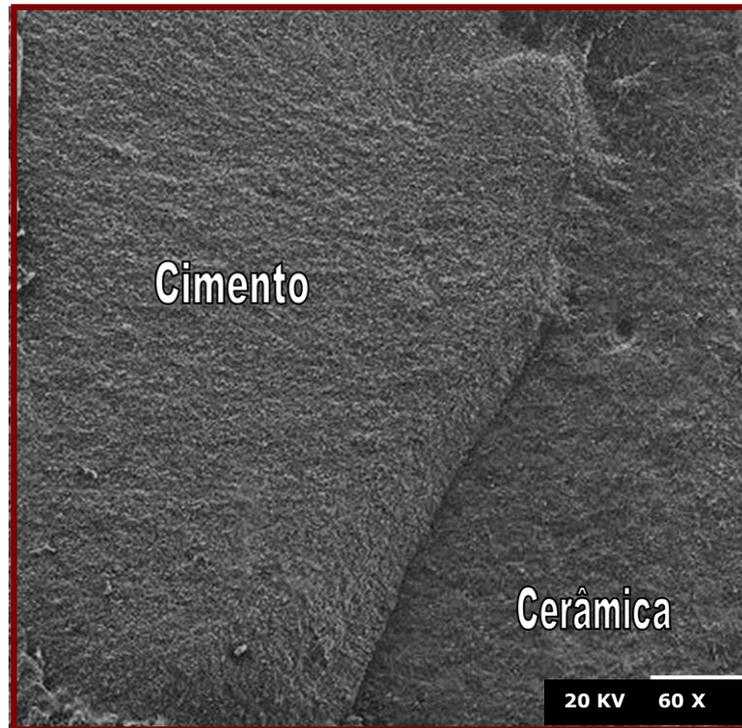


Figura 30 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.
Nota: Aumento de 60 X

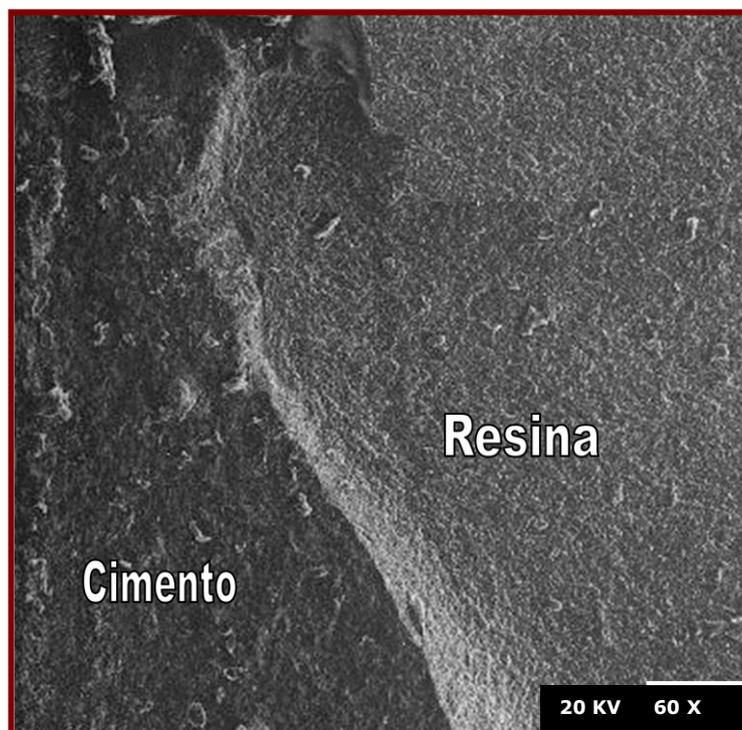


Figura 31 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise do fragmento da resina.
Nota: Aumento de 60 X.

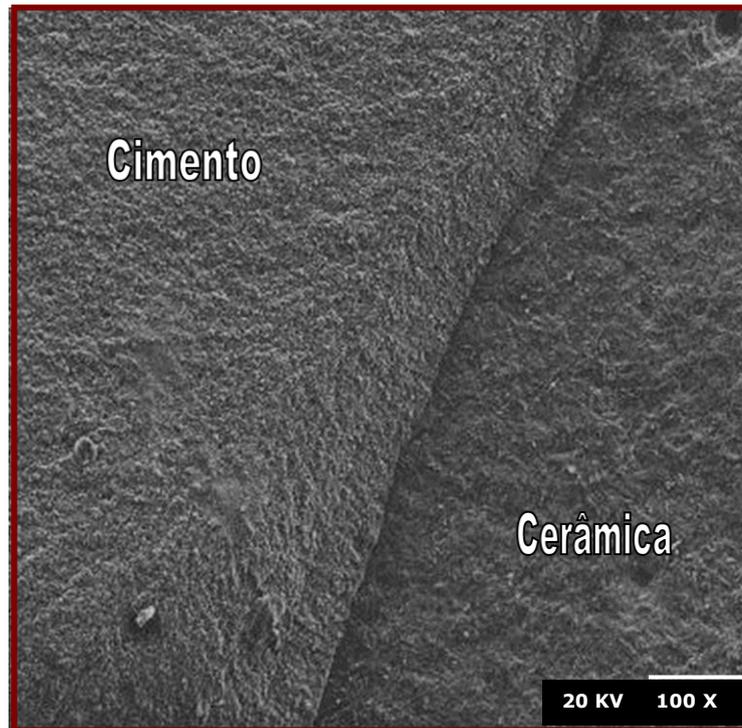
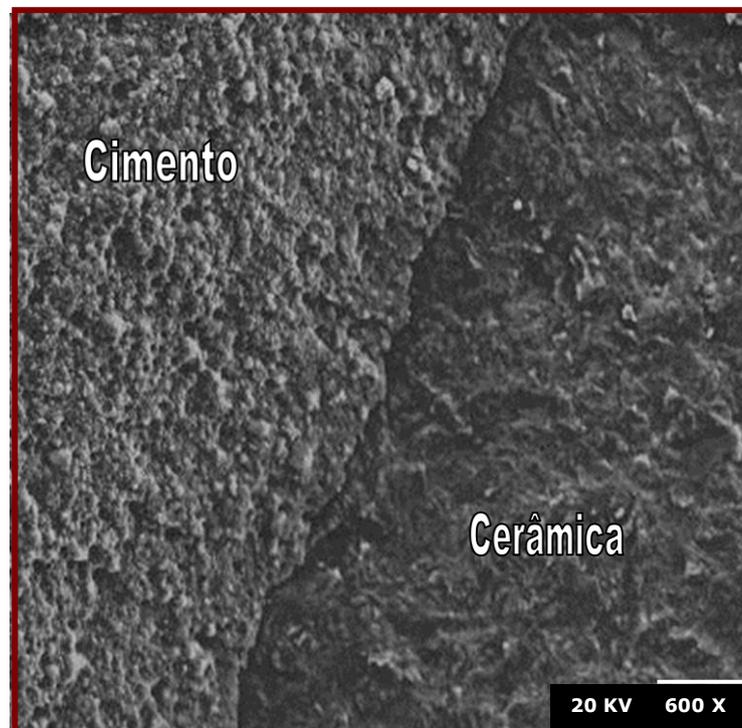


Figura 32 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.
Nota: Aumento de 100 X.



adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.
Nota: Aumento de 600 X.

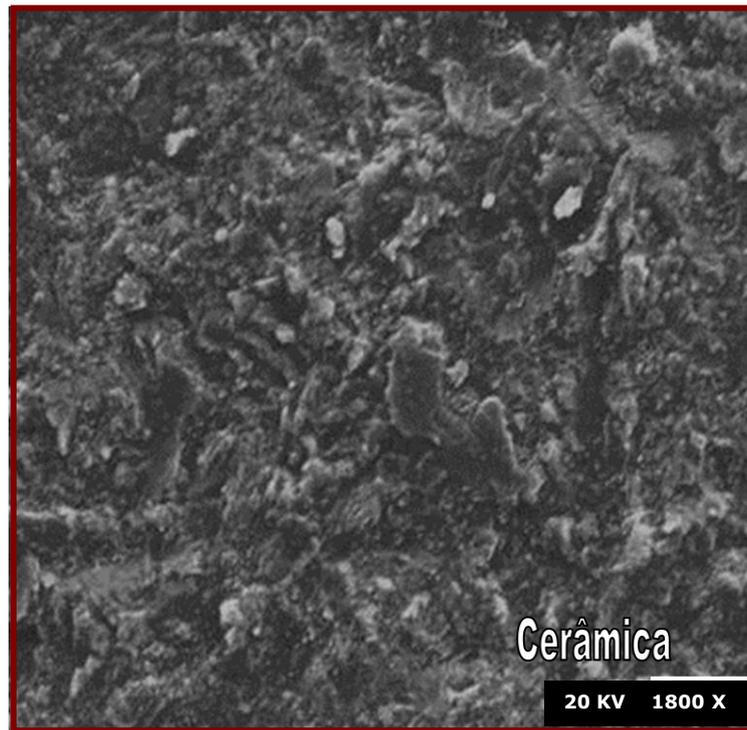


Figura 34 - Superfície da cerâmica após fratura.
Nota: Aumento de 1800 X.

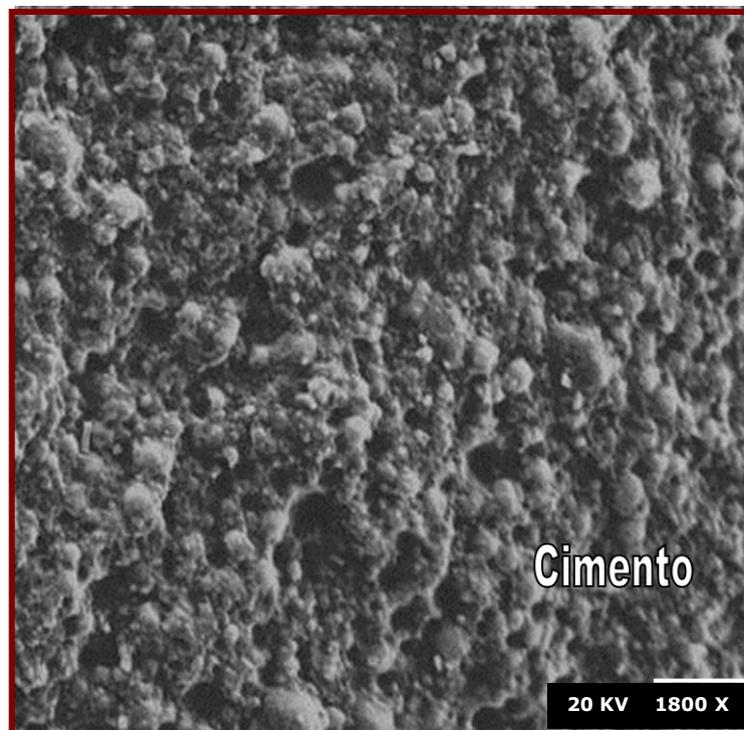


Figura 35 - Superfície do cimento após fratura.
Nota: Aumento de 1800 X.

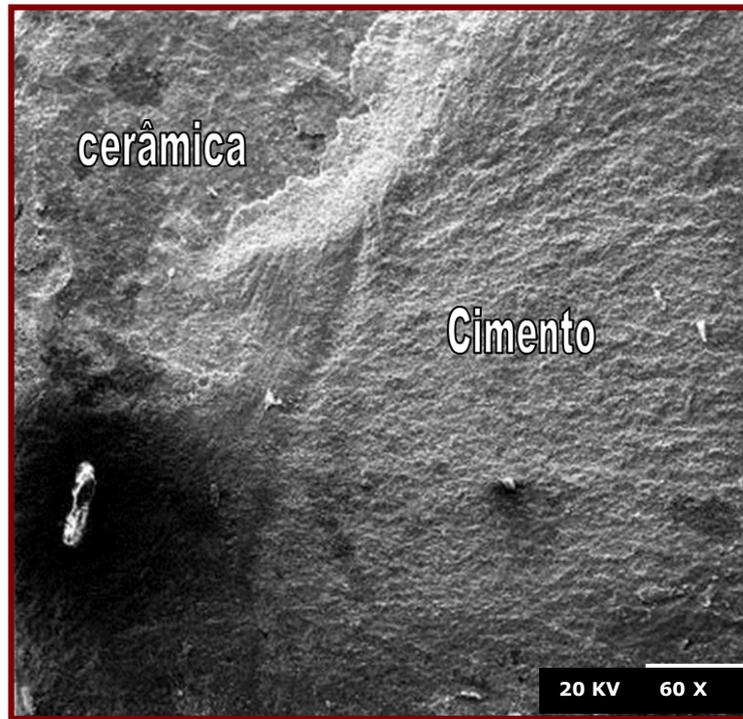


Figura 36 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.
Nota: Aumento de 60 X.

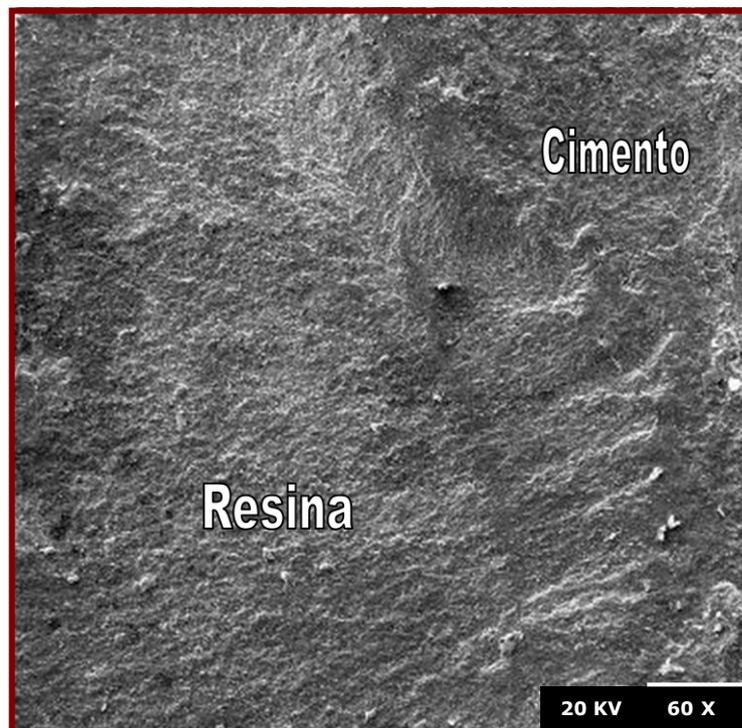


Figura 37 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise do fragmento da resina.
Nota: Aumento de 60 X.



Figura 38 - Falha mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.
Nota: Aumento de 60 X.

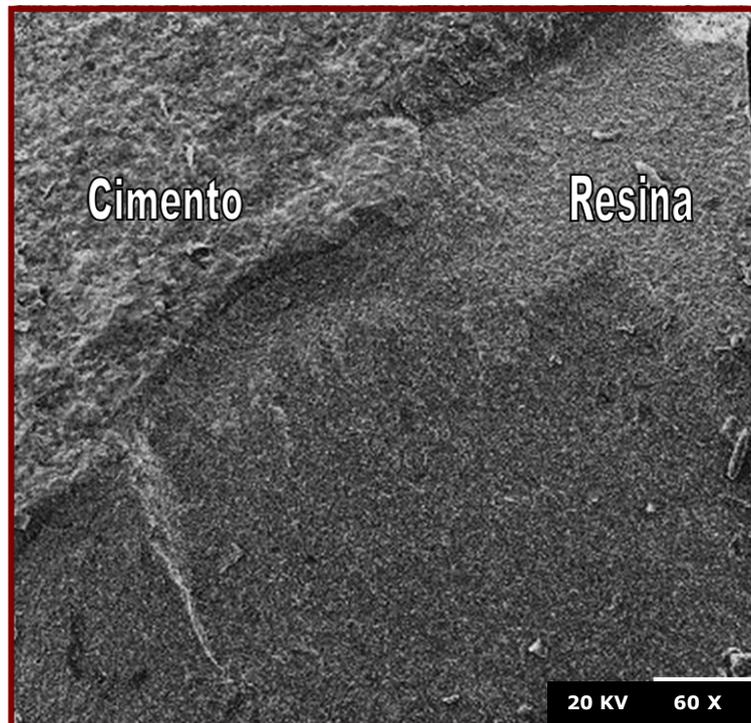


Figura 39 - Falha mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva) – análise do fragmento da resina.
Nota: Aumento de 60 X.



Figura 40 - Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.

Nota: Aumento de 60 X.

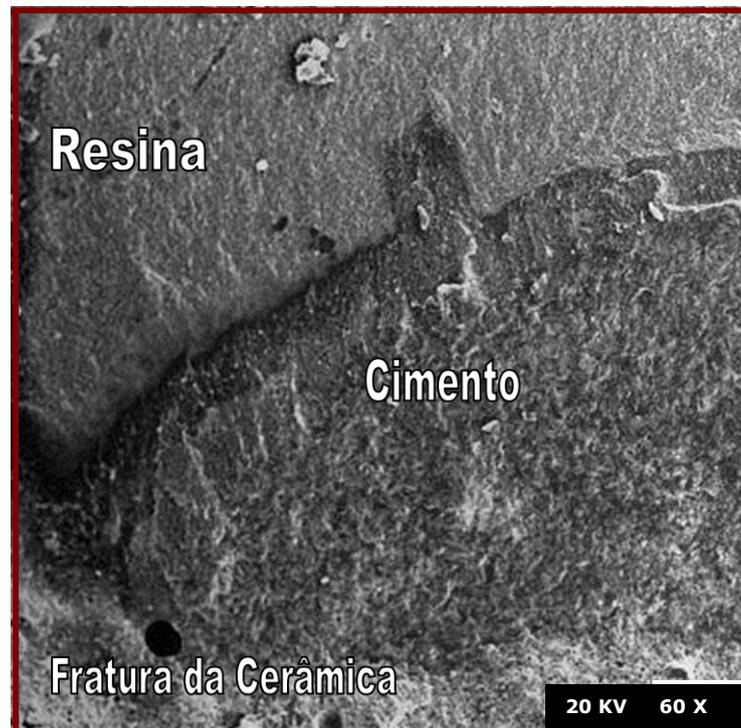


Figura 41 - Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise do fragmento da resina.

Nota: A - Aumento de 60 X.

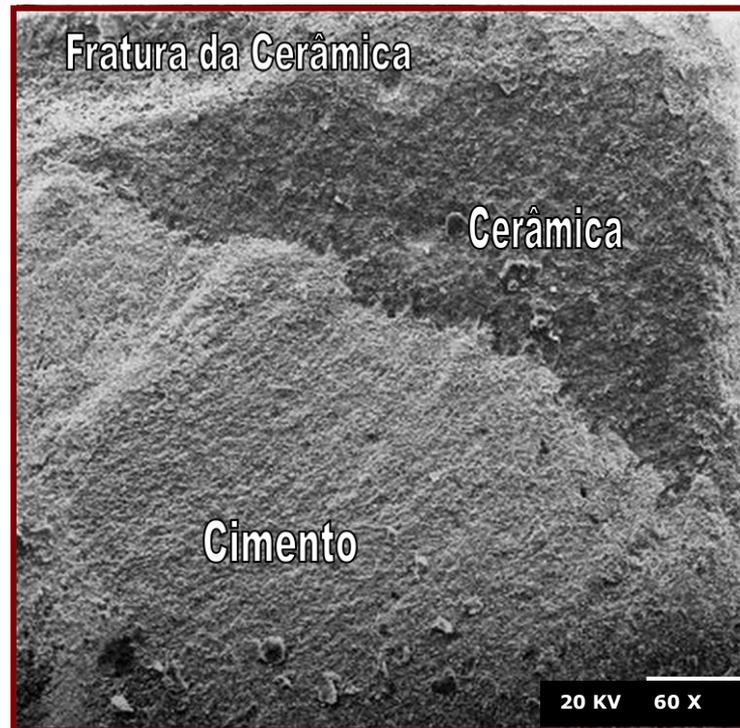


Figura 42 - Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.

Nota: Aumento de 60 X.

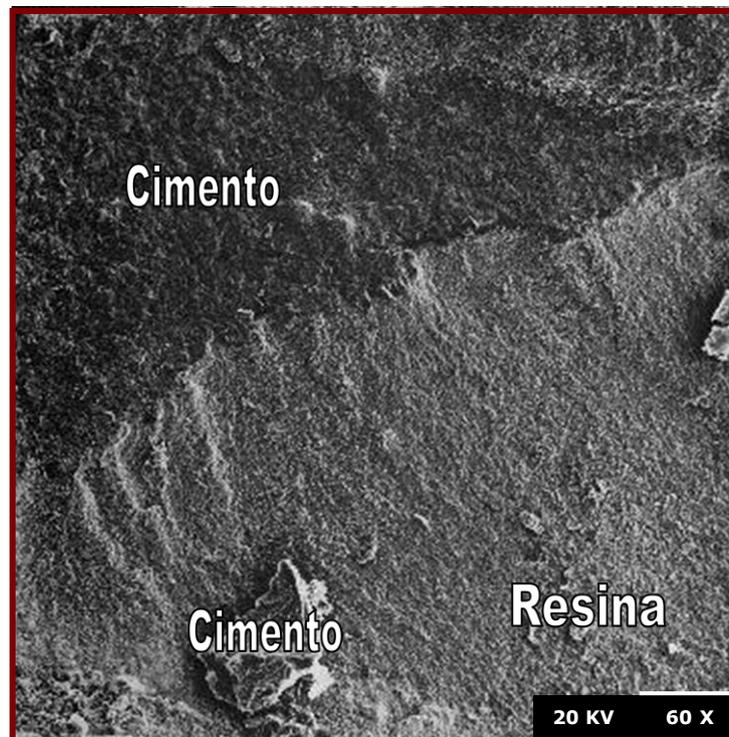


Figura 43 - Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise do fragmento da resina.

Nota: Aumento de 60 X.

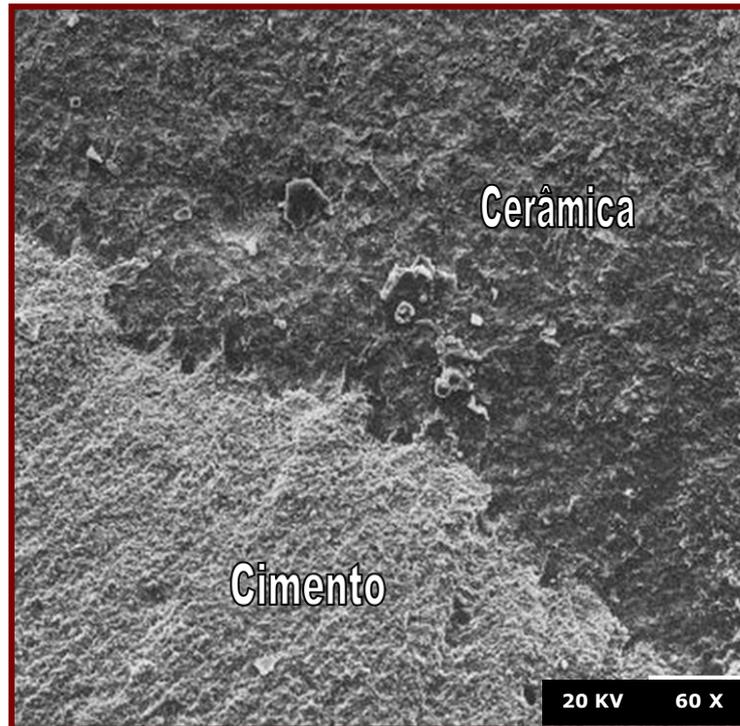


Figura 44 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.
Nota: Aumento de 60 X.

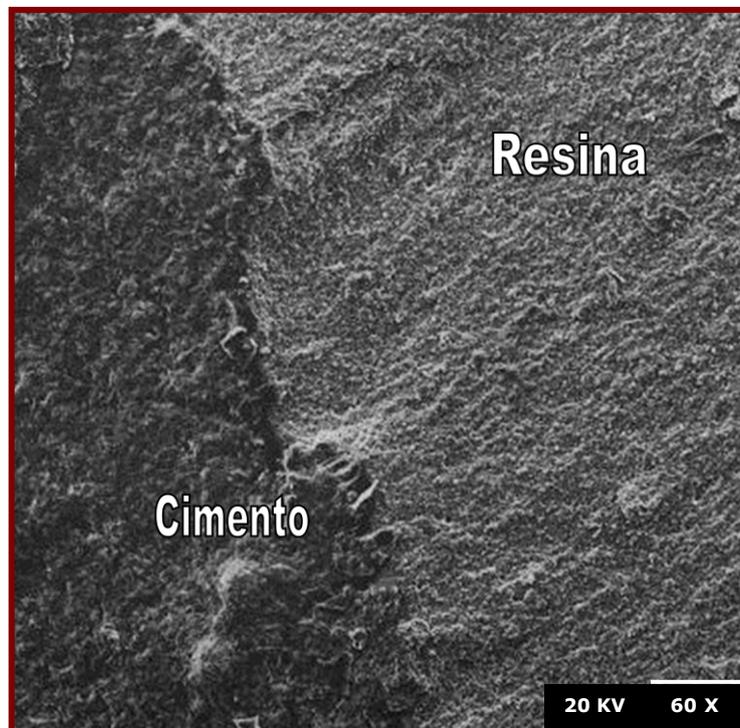


Figura 45 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise do fragmento da resina.
Nota: Aumento de 60 X.

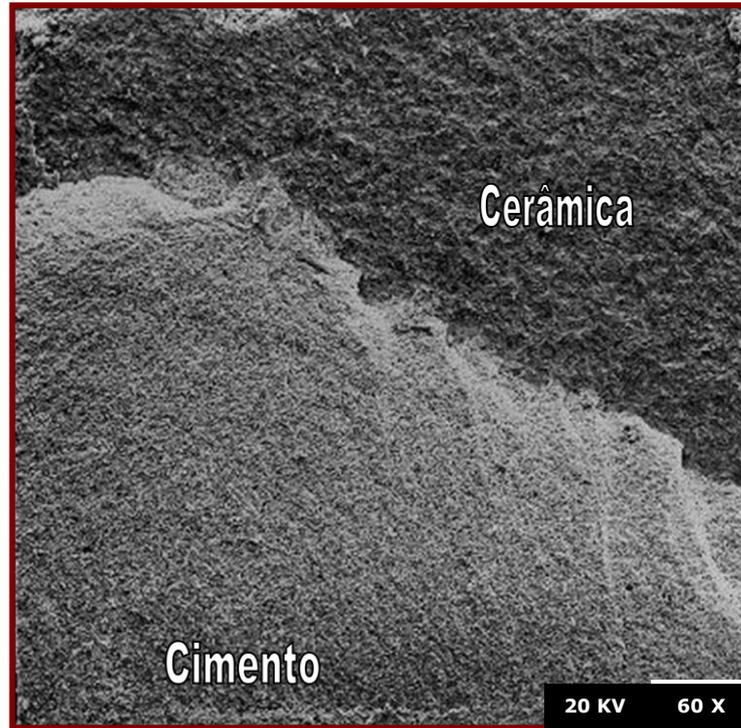


Figura 46 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.
Nota: Aumento de 60 X.

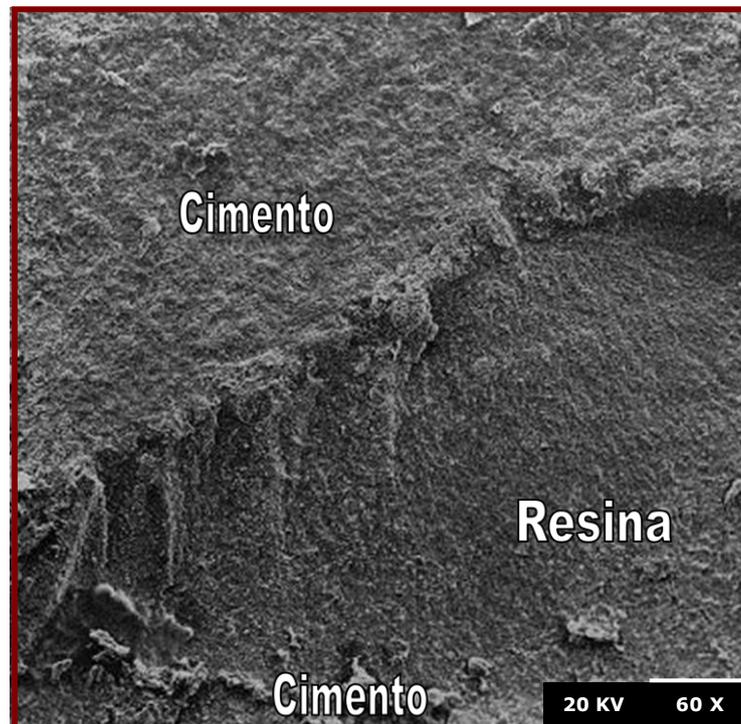


Figura 47 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva) – análise do fragmento da resina.
Nota: Aumento de 60 X.



Figura 48 - Falha mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.
Nota: Aumento de 60 X.

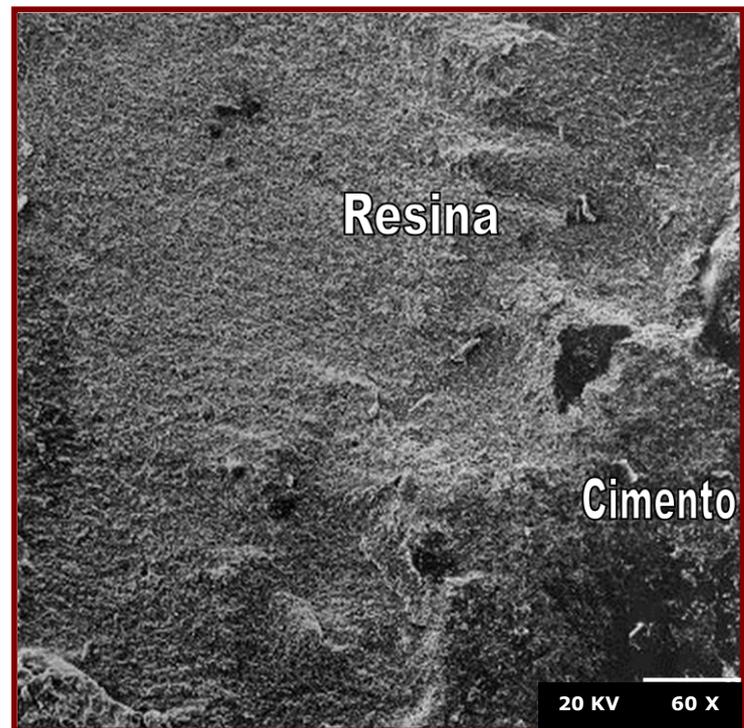


Figura 49 - Falha mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva) – análise do fragmento da resina.
Nota: Aumento de 60 X.

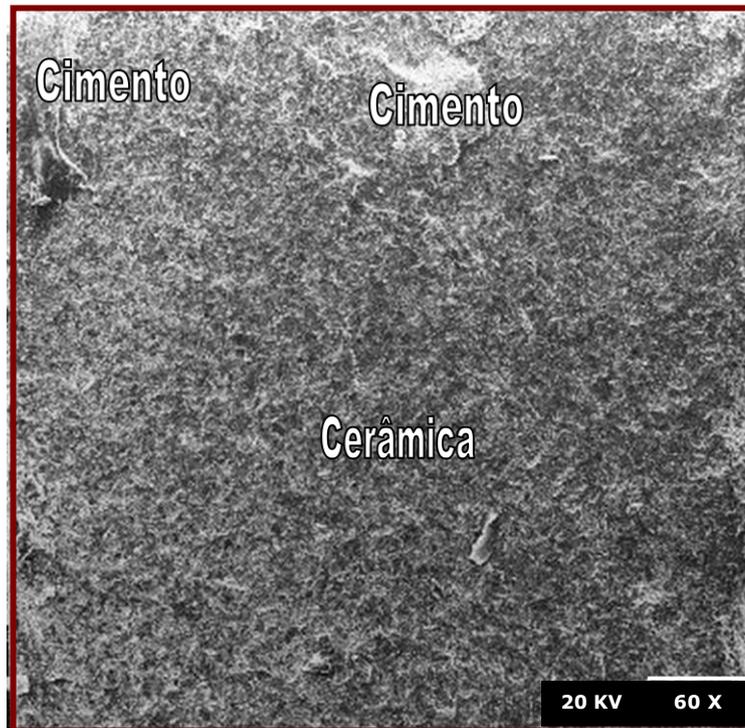


Figura 50 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva)
 – análise do fragmento da cerâmica.
 Nota: Aumento de 60 X.

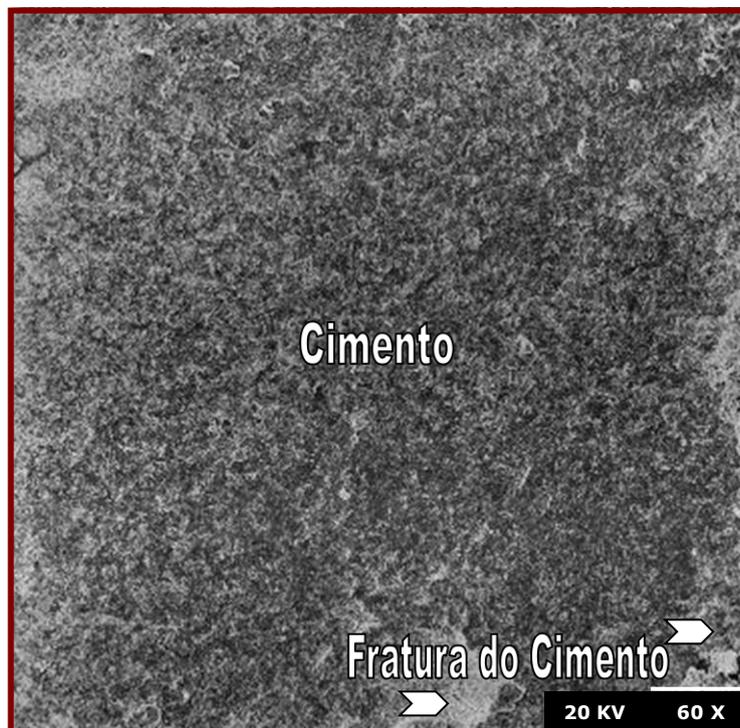


Figura 51 - Falha mista (coesiva do cimento e adesiva)
 – análise do fragmento da resina.
 Nota: Aumento de 60 X. Obs. Cimento ficou quase todo
 sobre a resina, encobrindo-a.

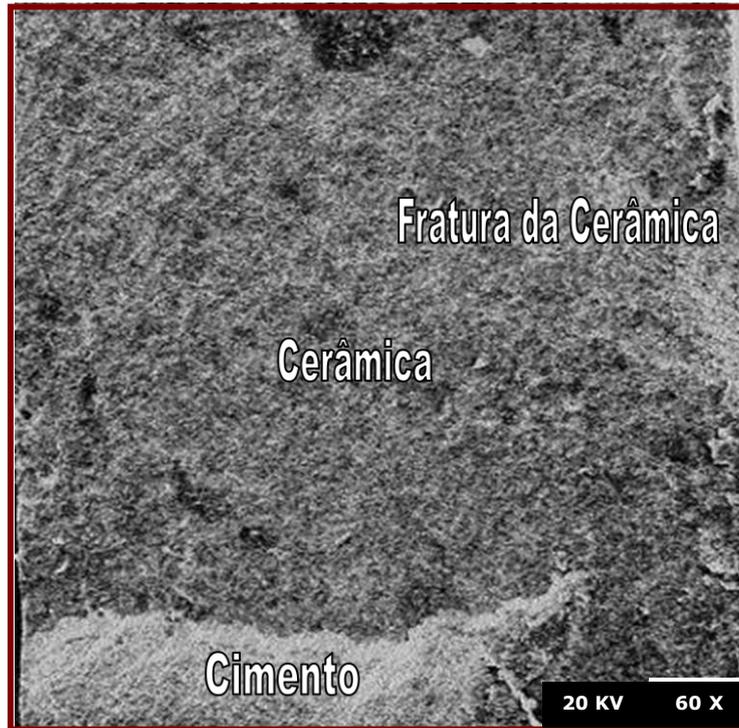


Figura 52 - Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise do fragmento da cerâmica.

Nota: Aumento de 60 X.

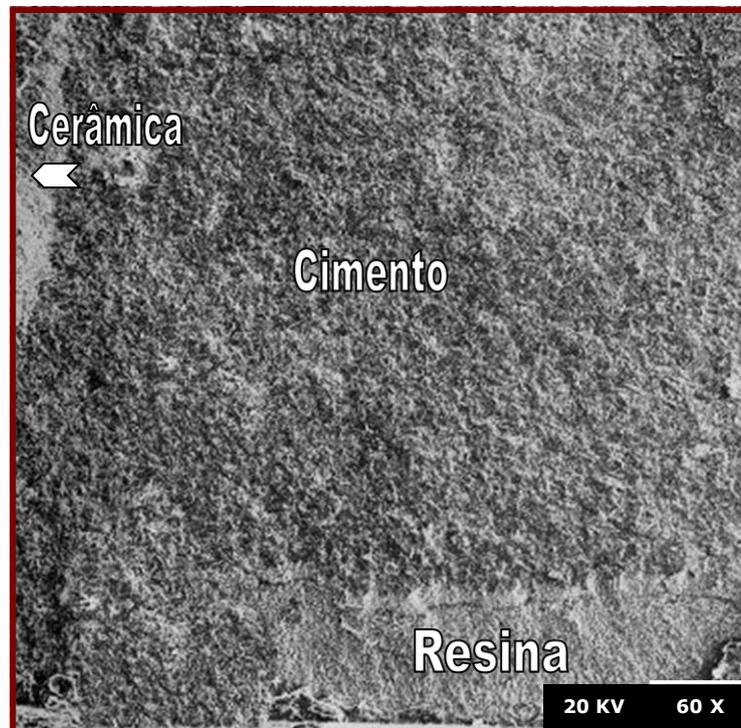


Figura 53 - Falha mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva) – análise do fragmento da resina.

Nota: Aumento de 60 X.

5 DISCUSSÃO

As cerâmicas ricas em alumina apresentam pequena quantidade de sílica dentro da matriz vítrea, conseqüentemente a aplicação de silano não promove aumento significativo da resistência de união resina-cerâmica (NAKAMURA et al., 2004). Por isso, têm sido propostos diversos tratamentos superficiais para essas cerâmicas com o intuito de aumentar a resistência de união aos cimentos resinosos (AMARAL et al., 2006, 2008; ANDREATTA FILHO et al., 2003a, b, 2005; AWLIYA et al., 1998; BLATZ et al., 2003, 2004; BLATZ; SADAN; BLATZ, 2003; BLIXT et al., 2000; BOTTINO et al., 2005; DELLA BONA et al., 2007; FRIEDERICH; KERN, 2002; HUMMEL; KERN, 2004; HUMMEL; WEGNER; KERN, 2002; KIM et al., 2005; ISIDOR; STOKHOLM; RAVNHOLT, 1995; JANDA et al., 2003; KERN; THOMPSON, 1995; MADANI et al., 2000; MICHIDA et al., 2003; NAKAMURA et al., 2004; OZCAN; ALKUMRU; GEMALMAZ, 2001; ÖZCAN; VALLITTU, 2003; PIRES; MEZZOMO; PACHECO, 2002; SADAN; BLATZ; SOIGNET, 2003; SEN et al., 2000; SILVEIRA et al., 2005; TORRES et al., 2009; VALANDRO et al., 2005, 2006, 2007, 2008; WOOD et al., 1997; YOSHIDA; KAMADA; ATSUTA, 2007).

Os novos produtos lançados no mercado pelos pesquisadores e fabricantes devem sempre ser testados a fim de que sua eficiência clínica seja comprovada. Para justificar um novo produto, o estudo clínico seria o teste preferido, no entanto os fabricantes não são obrigados a adotá-lo previamente ao lançamento, em razão do alto custo e da demora na execução desse procedimento. Por isso, os dados laboratoriais de resistência de união são freqüentemente usados para demonstrar a qualidade da adesão.

A Odontologia ainda não dispõe de um teste laboratorial universalmente aceito para medir a resistência de união entre compósitos resinosos e superfícies cerâmicas, por isso encontra-se publicado, nos periódicos das últimas décadas, grande número de pesquisas focadas nesse tema com metodologias diversas. Os testes de cisalhamento e microtração têm sido os mais usados para mensurar essa resistência de união de cerâmicas ao cimento resinoso (DELLA BONA; VAN NOORT, 1995; MARSON, 2003; PASHLEY et al., 1995, 1999; PHRUKKANON; BURROW; TYAS, 1998a, b; SANO et al., 1994a, b; VALANDRO et al., 2008; VAN NOORT et al., 1991).

Pashley et al. (1995) revisaram a literatura sobre as metodologias empregadas nos testes de união à dentina e listaram algumas vantagens do teste de microtração, dentre as quais podem ser destacadas: as fraturas dos corpos de prova ocorrem predominantemente na interface adesiva; as fraturas podem ser vistas em MEV; permite teste em áreas menores e superfícies irregulares e permite a obtenção de várias medidas em apenas uma amostra. Dessa forma, em virtude das vantagens da microtração, este ensaio laboratorial foi realizado neste trabalho para avaliar as diferentes opções de cimentação de cerâmicas In Ceram Alumina testando dois diferentes cimentos (Rely X ARC - 3M e Panavia F - Kuraray) e dois diferentes tratamentos superficiais (jateamento com óxido de alumínio e tratamento com Rocatec). Com a realização do presente estudo foi possível observar que é importante tratar a superfície cerâmica com métodos que proporcionem a deposição de sílica na superfície, como o sistema de tratamento Rocatec, para que seja possível a obtenção de maior resistência de união entre a cerâmica aluminizada infiltrada de vidro In Ceram Alumina e o cimento resinoso (Panavia F e Rely X ARC).

Pela análise dos resultados constatou-se que, quando utilizado o cimento Rely X ARC, o tratamento superficial da cerâmica com Rocatec permitiu a obtenção de maior resistência de união (24,64 MPa), do que com o jateamento com óxido de alumínio (15,71 MPa). O mesmo ocorreu quando o cimento utilizado foi o Panavia F; o tratamento com Rocatec permitiu a obtenção de maior resistência de união (28,19 MPa) que com jateamento com óxido de alumínio (21,86 MPa). Esses dados permitem afirmar que o tratamento superficial com o sistema Rocatec, independente do cimento utilizado, aumenta a resistência de união.

Esses resultados vão ao encontro dos obtidos em diversos estudos, presentes na literatura, que apresentam como objetivo a avaliação da resistência de união entre agentes cimentantes e cerâmicas infiltradas com óxido de alumínio. Todavia, embora alguns empreguem metodologias diferentes, especialmente no que se refere aos métodos de ensaio (microtração, tração convencional e cisalhamento), todos observam que métodos de silicatização (sistema Rocatec, Cojet, Silicoater e Pyrosil Pen) permitem aumento significativo na resistência de união, comparados aos métodos tradicionais de jateamento com partículas de Al_2O_3 ou ácido fluorídrico (AMARAL et al., 2006; ANDREATTA FILHO et al., 2003a, b, 2005; BLATZ; SADAN;

BLATZ, 2003; BLIXT et al., 2000; BOTTINO et al., 2005; DELLA BONA et al., 2007; FRIEDERICH; KERN, 2002; HUMMEL; KERN, 2004; ISIDOR; STOKHOLM; RAVNHOLT, 1995; JANDA et al., 2003; KERN; THOMPSON, 1995; KIM et al., 2005; MICHIDA et al., 2003; OZCAN; ALKUMRU; GEMALMAZ, 2001; ÖZCAN; VALLITTU, 2003; SILVEIRA et al., 2005; VALANDRO et al., 2005, 2006, 2007).

Apenas a realização de jateamento com óxido de alumínio associado à silanização sobre a cerâmica In Ceram não permite a obtenção de boa resistência de união, fator observado nesta pesquisa com a realização do grupo 1. Isso pode ser confirmado em outros estudos, dentre os quais se pode destacar a realizada por Pires, Mezzomo e Pacheco (2002), que confirmaram, através de ensaio de tração, que o tratamento de cerâmicas In Ceram Alumina submetidas a jateamento com partículas de óxido de alumínio e condicionamento com ácido fluorídrico a 10% resultou em valores de união muito baixos. Sen et al. (2000) pospuseram o jateamento com partículas sintéticas de diamante de 1 a 3 μ m, mas observaram que, apesar de melhorar a resistência de união em relação ao jateamento com óxido de alumínio, o jateamento com diamantes levou a maior perda de volume e a maior rugosidade superficial, sendo, portanto contraindicado. Wood et al. (1997) testaram um novo sistema de retenção para cerâmicas In Ceram: a técnica de jateamento de Bateman, que se fundamenta na incorporação de pastilhas de plástico (50 a 300 μ m) sobre a superfície cerâmica durante sua fabricação. Não houve diferença significativa entre resistência de união ao cisalhamento de espécimes limpos jateados pela técnica Bateman e de amostras jateadas com óxido de alumínio a 50 μ m.

Essa falta de efetividade do jateamento com óxido de alumínio em permitir uma resistência de união satisfatória também pode ser observada em cerâmicas aluminizadas Procera (AWLIYA et al., 1998; BLIXT et al., 2000; SADAN; BLATZ; SOIGNET, 2003).

Isidor, Stokholm e Ravnholt (1995), Michida et al. (2003), Andreatta Filho et al. (2003a, b), Silveira et al. (2005), Bottino et al. (2005), Amaral et al. (2006, 2008), Valandro et al. (2006, 2007, 2008), Della Bona et al. (2007) realizaram estudo de microtração e observaram que métodos de silicatização de cerâmicas In Ceram aumentam a resistência de união ao cimento resinoso (a base de Bis-GMA ou base

de fosfato metacrilato). Resultados similares foram obtidos em ensaios de cisalhamento de cerâmicas In Ceram tratadas com revestimento de sílica e unidas a cimentos resinosos (KERN; THOMPSON, 1995; JANDA et al., 2003; KIM et al. 2005; OZCAN; ALKUMRU; GEMALMAZ, 2001; ÖZCAN; VALLITTU, 2003).

Todavia, alguns estudos, além de avaliarem o aumento na resistência de união através de teste de microtração, realizaram ciclagem térmica para observar se a união se mantém durável após o envelhecimento artificial. Andreatta Filho et al. (2003a) observaram que a termociclagem a 6.000 ciclos térmicos manteve a união estável da cerâmica In Ceram Alumina tratada com Rocatec ao cimento resinoso Panavia, só que esta foi reduzida quando os corpos de prova foram submetidos a 12.000 ciclos. Amaral et al. (2008) observaram que a silicatização aumenta a resistência de união de cerâmicas In Ceram Zircônia (tratada com Rocatec ou Cojet) ao cimento Panavia de forma durável, enquanto Valandro et al. (2007) observaram que os testes de resistência de união à microtração da cerâmica In Ceram Zircônia (tratada superficialmente com o sistema Cojet) ao cimento Panavia demonstraram resultados satisfatórios em condições de ausência de umidade; todavia o tempo de estocagem em água e a termociclagem reduziram a resistência de união.

Também para ensaios de cisalhamento, algumas pesquisas realizaram ciclagem térmica para observar a estabilidade da união. Kern e Thompson (1995) observaram que uma adesão elevada e duradoura ao In Ceram foi obtida através da combinação do sistema de revestimento de sílica Rocatec e o compósito resinoso Bis-GMA, ou da combinação do jateamento e o compósito resinoso modificado com fosfato monômero - MPD. Todavia o mesmo não aconteceu com o sistema de revestimento de sílica Silicoater MD, uma vez que houve pronunciada queda na resistência de união após 150 dias. Ozcan, Alkumru e Gemalmaz (2001) observaram que cerâmicas In Ceram tratadas com revestimento de sílica triboquímico mostraram elevada resistência de união aos cimentos resinosos (Variolink, Sonocem e Panavia 21), mesmo após realização de ciclagem térmica. Janda et al. (2003) observaram adesão elevada e duradoura após revestimento de sílica (Pyrosil Pen) em cerâmicas In Ceram Alumina e In Ceram Zirconia.

Dessa forma, avaliando as diversas pesquisas sobre o tema, o revestimento com sílica triboquímico sobre superfícies de cerâmicas In Ceram pode ser considerado

como um tratamento eficaz, o que vem ao encontro desta pesquisa. Entretanto, apesar de alguns estudos (ANDREATA FILHO et al., 2003a; VALANDRO et al., 2007) relatarem que esse tipo de tratamento não apresenta longevidade após envelhecimento artificial, a grande maioria (AMARAL et al., 2000; KERN; THOMPSON, 1995; OZCAN; ALKUMRU; GEMALMAZ, 2001; JANDA et al., 2003), afirma que essa união é elevada e duradoura.

Estudando o revestimento de sílica em cerâmica Procera, Valandro et al. (2005, 2006) através de ensaios de microtração, e Blixt et al. (2000); Hummel, Wegner e Kern (2002); Blatz, Sadan e Blatz (2003) e Özcan e Vallittu (2003), através de ensaios de cisalhamento, permitiram demonstrar que o revestimento de sílica sobre a superfície dessa cerâmica também é capaz de aumentar a resistência de união aos cimentos resinosos.

No entanto, Andreatta Filho (2005), Friederich e Kern (2002); Blatz, Sadan e Blatz (2003), Hummel e Kern (2004), avaliando a estabilidade dessa união através de envelhecimento artificial por ciclagem térmica, observaram que uma resistência de união duradoura para cerâmica densamente sinterizada foi conseguida apenas com a utilização de um cimento resinoso contendo monômero fosfato após silicatização da superfície cerâmica, o que não se observou com a utilização de cimentos à base de Bis-GMA. Dessa forma, diferentemente do que ocorre com a cerâmica In Ceram, a maioria dos estudos concordam que a utilização do revestimento de sílica em cerâmicas Procera parece não criar uma resistência de união estável aos cimentos resinosos à base de Bis-GMA, após o envelhecimento artificial.

De acordo com o salientado pela literatura, o revestimento de sílica sobre cerâmicas aluminizadas apresenta a capacidade de aumentar a resistência de união aos cimentos resinosos, sendo isto aplicado tanto para os cimentos resinosos à base de Bis-GMA quanto para os cimentos à base de fosfato metacrilato, como foi observado também nesta pesquisa nos grupos 2 (24,64 MPa) e 4 (28,19 MPa). Contudo percebe-se que, apesar de a silicatização melhorar a resistência de união das cerâmicas aluminizadas aos cimentos modificados, esse tipo de cimento, mesmo quando associado com o jateamento com óxido de alumínio, resulta em maiores valores de resistência de união quando comparados com os cimentos à base de Bis-GMA, como observado nos grupos 1 (15,71 MPa) e 3 (21,86 MPa) desta pesquisa.

Isso foi observado também em pesquisas de cisalhamento realizadas por Kern e Thompson (1995), Sen et al. (2000), Madani et al. (2000), Friederich e Kern (2002), Hummel, Wegner e Kern (2002), Blatz et al. (2003), Blatz, Sadan e Blatz (2003), Hummel e Kern (2004), Nakamura et al. (2004), Blatz et al. (2004), Torres et al. (2009) e de microtração realizadas por Isidor, Stokholm e Ravnholt (1995).

Além da utilização de um cimento contendo monômero fosfato, algumas pesquisas também relatam a vantagem da utilização de um cimento resinoso convencional associado com um Primer cerâmico que contenha MPD, como, por exemplo, o Alloy Primer (Hummel; Wegner; Kern, 2002 e Hummel; Kern, 2004) e o Clearfil Ceramic Primer- Kuraray (Yoshida; Kamada; Atsuta, 2007).

O bom desempenho do cimento modificado com monômero fosfato provavelmente ocorre devido à presença do grupo éster fosfato do monômero (10-MPD), que reage diretamente com os óxidos metálicos, assim como o óxido de alumina presente na composição estrutural das cerâmicas ricas em alumina (KERN; THOMPSON, 1995).

A análise no microscópio eletrônico de varredura detectou falhas 100% mistas, em cujo substrato (resina ou cerâmica) raramente foram observadas falhas coesivas, o que favorece a avaliação verdadeira da resistência de união entre as estruturas, uma vez que a ocorrência de fraturas coesivas na região do substrato revela um resultado limitado do teste. Esses dados aumentam a confiabilidade dos resultados encontrados (SANO et al., 1994b; DELLA BONA; VAN NOORT, 1995).

Cabe no momento ressaltar que, apesar do grande número de artigos revisados sobre o tema estudado, a realização de pesquisa por operadores distintos não permite a comparação de resultados encontrados em seus grupos. Além disso, outro fator que dificulta a comparação de diferentes estudos diz respeito aos agentes cimentantes que, embora sejam do tipo resinoso, podem apresentar determinadas características na composição química capazes de influenciar os resultados. Por isso, a relevância clínica deste estudo foi descobrir se há união resistente entre os tratamentos superficiais empregados na cerâmica In Ceram Alumina colada com cimento resinoso Bis-GMA (Rely X ARC) e cimento resinoso modificado com monômero fosfato (Panavia F).

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que

- a) o tratamento com revestimento de sílica triboquímico sobre a superfície da cerâmica In Ceram Alumina melhora a resistência de união à microtração para os dois tipos de cimentos resinosos estudados: o base de Bis-GMA (Rely x ARC) e o base de fosfato metacrilato (Panavia F);
- b) no teste de microtração, a maior resistência de união foi encontrada para a associação do tratamento superficial com Rocatec ao uso do cimento resinoso Panavia, e a menor, para a associação do jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Rely X; e

7 REFERÊNCIAS

3M. Soluções para laboratório 3M ESPE: Rocatec. Disponível em: <http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/Laboratorios/Home/ProdutosLaboratorios/Rocatec/>. Acesso em: 10 out. 2009.

AMARAL, R. et al. Effect of conditioning methods on the microtensile bond strength of phosphate monomer-based cement on zirconia ceramic in dry and aged conditions. **J. Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater.**, Chicago, v. 85, n. 1, p. 1-9, Apr. 2008.

AMARAL, R. et al. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 22, n. 3, p. 283-290, 2006.

ANDREATTA FILHO, O. D. et al. Avaliação da resistência de união entre uma cerâmica aluminizada e um cimento resinoso submetidos à ciclagem térmica. **Cienc. Odontol. Bras.**, São José dos Campos, v. 6, n. 3, p. 32-39, jul./set. 2003a.

ANDREATTA FILHO, O.D. et al. Effect of thermocycling on the bond strength of a glass-infiltrated ceramic and a resin luting cement. **J. Appl. Oral Sci.**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 61-67, Jan./Mar. 2003b.

ANDREATTA FILHO, O.D. et al. Study of thermocycling effect on the bond strength between an aluminous ceramic and a resin cement. **J. Appl. Oral Sci.**, Bauru, v.13, n. 1, p. 53-57, jan./mar. 2005.

ARAS, W. M. F.; LEÓN, B. L. T. Tratamento de superfície e cimentação adesiva de cerâmicas aluminizadas: revisão de literatura. **Rev. Odontol. Unesp**, Araraquara, v. 38, n. 2, p. 93-98, 2009

AWLIYA, W. et al. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high purity alumina with various surface conditions. **Acta. Odontol. Scand.**, Oslo, v.56, n.1, p.9 -13, Feb. 1998.

BLATZ, M.B. et al. In vitro evaluation of long-term bonding of Procera AllCeram alumina restorations with a modified resin luting agent. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 89, n. 4, p. 381-387, Apr. 2003.

BLATZ, M.B. et al. In vitro evaluation of shear bond strengths of resin to densely-sintered high-purity zirconium-oxide ceramic after long-term storage and thermal cycling. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 91, n. 4, p. 356-362, Apr. 2004.

BLATZ, M.B.; SADAN, A.; BLATZ, U. The effect of silica coating on the resin bond to the intaglio surface of Procera AllCeram restorations. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 34, n. 7, p. 542-547, 2003.

BLATZ, M. B.; SADAN, A.; KERN, M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 89, n. 3, p. 268-274, Mar. 2003.

BLIXT, M. et al Bonding to densely sintered alumina surfaces: effect of sandblasting and silica coating on shear bond strenght of luting cements. **Int. J. Prosthodont.**, Carol Stream, v.13, n. 3, p. 221-225, 2000.

BORGES, G. A. et al. História e atualidade das cerâmicas odontológicas. **Rev. ABO Nac.**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 112-117, abr./maio 2001.

BOTTINO, M. A. et al. Cimentação de próteses livre de metal. In: _____. **Estética reabilitação oral metal free**. São Paulo: Artes Médicas, 2002. Cap. 7, p. 280-394.

BOTTINO, M.A. et al. Effect of surface treatments on the resin bond to zirconium-based ceramic. **Int. J. Prosthodont.**, Carol Stream, v. 18, n. 1, p. 60-65, 2005.

CHAIN, M. C.; ARCARI, G.M.; LOPES, G.C. Restaurações cerâmicas estéticas e próteses livres de metal. **RGO**, Porto Alegre, v. 48, n. 2, p. 67-70, abr./jun. 2000.

DELLA BONA, A.D. Effect of surface treatments on the bond strength of a zirconia-reinforced ceramic to composite resin. **Braz. Oral Res.**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 10-15, Jan./Mar. 2007.

DELLA BONA, A.; VAN NOORT, R. Shear versus tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 74, n. 9, p. 1591-1596, Sept. 1995.

FLEMING, G.J.P.; NARAYAN, O. The effect of cement type and mixing on the bi-axial fracture strength of cemented aluminous core porcelain discs. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 19, n. 1 , p. 69-76, 2003.

FRIEDERICH, R.; KERN, M. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. **Int. J. Prosthodont.**, Carol Stream, v. 15, n. 4, p. 64-71, 2002.

GOULART, V. I.; PAGANI, C.; BOTTINO, M. C. Cimentos resinosos empregados em restaurações livres de metal revisão de leitura. **Rev. EAP/APCD**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 5-8, dez. 2004.

HUMMEL, M.; KERN, M. Durability of the resin bond strength to the alumina ceramic Procera. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 20, n. 5, p. 498-508, June 2004.

HUMMEL, M.; WEGNER, S.M.; KERN, M. Long-term resin bond strength to procera ceramic. In: The IADR/AADR/CADR 80th General Session, San Diego, 2002. Disponível

em: <http://iadr.confex.com/iadr/2002SanDiego/techprogram/abstract_9990.htm>. Acesso em: 26 out. 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 6344-1:1998**. Coated abrasives – Grain size analysis – Part 1: Grain size distribution test. Disponível em: <www.iso.org>. Acesso em: 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO/TS 11405:2003(E)**. Dental materials – testing of adhesion to tooth structure. Disponível em: <www.iso.org>. Acesso em: 2005.

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.**, Larkfield, v. 3, n. 5, p.199-202, Sept. 1995.

JANDA, R. et al. A new adhesive technology for all-ceramics. **Dent. Mater.**, Dallas, v.19, n. 6, p. 567-573, 2003

KERN, M.; THOMPSON, V. P. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 73, n. 3, p. 240-249, Mar. 1995.

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.**, Saint Louis, v. 71, n. 5, p. 453-461, May 1994.

KERN, M.; THOMPSON, V. P. Tensile bond strength of new adhesive systems to In-Ceram ceramic. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 72, p. 369, 1993. (Abstract 2124)

KIM, B. K. et. al. The influence of ceramic surface treatments on the tensile bond strength of composite resin to all-ceramic coping materials. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 94, n. 4, p. 357-362, Oct. 2005.

MADANI, M. et al. Effects of surface treatments on shear bond strengths between a resin cement and an alumina core. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 83, n. 6, p. 644-657, June 2000.

MARSON, F.C. **Resistência de união a microtração de cimentos resinosos na interface entre cerâmica e dentina**. 2003. 89f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MEYER FILHO, A.; DE SOUZA, C.N. Desmistificando a cimentação adesiva de restaurações cerâmicas. **Int. J. Braz. Dent.**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 50-57, jan./mar. 2005.

MICHIDA, S. M. A. et al. Efeito do tratamento de superfície de uma cerâmica aluminizada infiltrada de vidro sobre a resistência à microtração. **J. Appl. Oral Sci.**, Bauru, v. 11, n. 4, p. 361-366, out./dec. 2003.

NAKAMURA, S. et al. Bonding between resin luting cement and glass infiltrated alumina-reinforced ceramics with silane coupling agent. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 31, n. 8, p. 785-789, 2004.

OLIVEIRA, M.M.S **Adaptação marginal de três sistemas cerâmicos**: Procera, In-Ceram e IPS Empress. 2002. Monografia (Especialização em Prótese) - Escola de Aperfeiçoamento Profissional, Associação Brasileira de Odontologia, Vitória, 2002.

OZCAN, M.; ALKUMRU, H.N.; GEMALMAZ, D. The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. **Int. J. Prosthodont.**, Carol Stream, v. 14, n. 4, p. 335-9, July/Aug. 2001.

OZCAN, M.; VALLITTU, P. K. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 19, n. 8, p. 725-731, 2003.

PASHLEY, D.H. et al. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 11, n. 2, p. 117-125, Mar. 1995.

PASHLEY, D.H. et al. The microtensile bond test: a review. **J. Adhes. Dent.**, Berlin, v. 1, n. 4, p.299-309, Apr. 1999.

PHRUKKANON, S.; BURROW M.F.; TYAS M.J. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 14, n. 3, p. 212-221, June 1998a.

PHRUKKANON, S.; BURROW, .F.; TYAS, M.J. Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 14, n. 2, p. 120-128, Mar. 1998b.

PIRES, L.A.G.; MEZZOMO, E.; PACHECO, J.P.M. Influência do tratamento superficial na resistência à tração do sistema In-Ceram ao cimento resinoso. **Rev. ABO Nac.**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 149-154, jun./jul. 2002.

SADAN, A.; BLATZ, M.K.; SOIGNET, D. Influence of silanization on early bond strenght to sandblasted densely sintered alumina. **Quintessence Int.**, Berlin, v. 34, n. 3, p.172-176, 2003.

SADOUN, M.; ASMUSSEN, E. Bonding of resin cements to an aluminous ceramic: a new surface treatment. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 10, p. 185-189, May 1994.

SANO, H. et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strengths evaluation of a micro-tensile bond test. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 10, n. 4, p. 236-240, July 1994a.

SANO, H. et al. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. **J. Dent. Res.**, Whashington, v. 73, n. 6, p. 1205-1211, June 1994b.

SEN, D. et al. Shear bond strenght of resing luting cement to glass-infiltrated porous aluminium oxide cores. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 83, n. 2, p. 210-215, Feb. 2000.

SILVEIRA, B.L. et al. Micro-tensile bond strength between a resin cement and a aluminous ceramic treated with Nd:YAG laser, Rocatec system, or aluminum oxide sandblasting. **Photomed. Laser Surg.**, New York, v. 23, n. 6, p. 543-548, 2005.

TORRES, S. M. et al. The effect of surface treatments on the micro-shear bond strength of a resin luting agent and four all-ceramic systems. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 34, n. 4, p. 399-407, July./Aug. 2009.

VALANDRO, L.F. et al. Bond strength of a resin cement to high-alumina an zircon-reinforced ceramics: the effect of surface conditioning. **J. Adhes. Dent.**, Berlin, v. 8, n. 3, p. 175-181, Apr. 2006

VALANDRO, L.F. et al. Effect of testing methods on the bond strength of resin to zirconia-alumina ceramic: microtensile versus shear test. **Dent. Mater.**, Dallas, v. 27, n. 6, p. 849-855, 2008.

VALANDRO, L. F. et al. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 93, n. 3, p. 253-259, 2005.

VALANDRO, L.F. et al. Microtensile bond strength of a resin cement to silica-coated and silanized In-Ceram Zirconia before and after aging. **Int. J. Prosthodont.**, Carol Stream, v. 20, n. 1, p. 70-72, jan./fev. 2007.

VAN NOORT, R. et al. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. **J. Dent. Res.**, Washington, v.70, n. 5, p.889-893, May 1991.

WADA, T. Development of a new adhesive material an its properties. In: GETTLEMAN, L.; VRIJHOEF, M.M.A.; UCHIYAMA Y. (Org.). Proceedings of the international symposium on adhesive prosthodontics. Nijmegen: Academic of Dental Materials, 1986. p. 9-18.

WOOD, D. J. et al. Preliminary investigation of a novel retentive system for hydrofluorídrico acid etch-resistant dental ceramics. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v. 78, n. 3, p. 275-80, Sept. 1997.

YOSHIDA, K.; KAMADA, K.; ATSUTA, M. Shear bond strength of a new resin bonding system to different ceramics restorations. **Int. J. Prosthodont.**, Carol Stream, v. 20, n. 4, p. 417-418, 2007.

ANEXO A: VALORES DE ESPESSURA DOS ESPÉCIMES, ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSAL DO ESPÉCIME, RESISTÊNCIA DE UNIÃO A MICROTRAÇÃO EM KGF E MPA E MODO DE FRATURA

Grupo 1 : Bloco 1						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 1	1,330	0,098	0,1	0,98	13,31357	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 2	2,700	0,096	0,1	0,96	27,59063	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 3	1,840	0,11	0,1	1,1	16,40945	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 4	0,410	0,115	0,103	1,18	3,39561	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 5	1,210	0,11	0,11	1,21	9,81	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 6	2,220	0,102	0,098	0,99	21,78691	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 7	1,62	0,103	0,103	1,06	14,97992	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 8	1,02	0,109	0,1	1,09	9,18	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 9	1,4	0,097	0,103	0,99	13,74637	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Grupo 1: Bloco 2						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 10	2,6	0,103	0,103	1,06	24,04185	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 11	2,08	0,102	0,099	1,00	20,20677	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 12	1,8	0,093	0,099	0,92	19,17889	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 13	2,36	0,113	0,103	1,16	19,8914	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 14	2,64	0,102	0,097	0,98	26,17586	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 15	2,21	0,106	0,104	1,10	19,66627	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 16	1,76	0,101	0,1	1,01	17,09465	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 17	1,69	0,1	0,1	1,00	16,5789	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 18	1,7	0,099	0,109	1,07	15,45455	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Continua

Continuação						
Grupo 1: Bloco 3						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 19	1,170	0,117	0,098	1,14	10,0102	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 20	1,420	0,097	0,11	1,06	13,05548	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 21	1,230	0,1	0,108	1,08	11,1725	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 22	1,090	0,109	0,101	1,10	9,712871	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 23	0,820	0,106	0,104	1,10	7,296988	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 24	2,150	0,106	0,104	1,10	19,13235	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 25	2,66	0,11	0,107	1,17	22,17043	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 26	1,78	0,106	0,104	1,10	15,8398	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 27	2,17	0,106	0,104	1,10	19,31032	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Grupo 1: Bloco 4						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 28	1,940	0,12	0,107	1,284	14,82196	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 29	1,440	0,1	0,1	1,00	14,1264	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 30	1,620	0,126	0,126	1,58	10,0102	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 31	0,720	0,1	0,116	1,16	6,088966	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 32	1,050	0,107	0,117	1,25	8,227894	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 33	1,430	0,105	0,099	1,03	13,49524	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 34	1,23	0,104	0,11	1,14	10,54747	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 35	1,75	0,105	0,122	1,28	13,40164	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 36	1,29	0,1	0,107	1,07	11,82701	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Continua

Conclusão

Grupo 1 : Bloco 5						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 37	2,660	0,1	0,115	1,15	22,69096	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 38	1,780	0,122	0,119	1,45	12,02769	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 39	2,720	0,102	0,104	1,06	25,15385	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 40	2,540	0,105	0,1	1,05	23,73086	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 41	1,540	0,099	0,103	1,01	14,81553	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 42	1,770	0,091	0,111	1,01	17,19008	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 43	2	0,101	0,095	0,95	20,44815	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 44	2,54	0,1	0,134	1,34	18,59507	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 45	1,57	0,101	0,112	1,13	13,61536	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Quadro 4: Grupo 1 - tratamento superficial com jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Rely x.

Grupo 2 : Bloco 1						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 1	2,200	0,108	0,103	1,11	19,40129	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 2	3,350	0,108	0,115	1,24	26,46014	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 3	3,840	0,1	0,1	1,00	37,6704	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 4	3,420	0,104	0,115	1,19	28,05201	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 5	3,250	0,097	0,112	1,08	29,34693	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 6	3,070	0,1	0,112	1,12	26,88991	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 7	2,4	0,1	0,097	0,97	24,27216	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 8	3,23	0,1	0,097	0,97	32,66629	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 9	1,82	0,1	0,103	1,03	17,33417	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)

Continua

Continuação

Grupo 2: Bloco 2						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 10	1,78	0,104	0,09	0,93	18,65577	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 11	1,95	0,102	0,103	1,05	18,20817	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 12	2,49	0,104	0,1	1,04	23,4874	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 13	1,71	0,098	0,097	0,95	17,64685	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 14	2,8	0,098	0,099	0,97	28,31169	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 15	2,6	0,1	0,107	1,07	23,83738	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 16	3,26	0,099	0,115	1,13	28,09012	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 17	2,32	0,098	0,096	0,98	24,19133	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 18	2,32	0,1	0,101	1,01	22,53386	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Grupo 2: Bloco 3						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 19	3,210	0,104	0,101	1,05	29,97915	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 20	2,450	0,099	0,097	0,96	25,02812	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 21	3,120	0,099	0,103	1,01	30,01589	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 22	1,990	0,095	0,104	0,98	19,75901	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 23	2,300	0,095	0,103	0,97	23,05876	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Continua

Continuação

Grupo 2: Bloco 3						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 25	2,68	0,101	0,09	0,90	28,92277	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 26	2,66	0,1	0,1	1,00	26,0946	mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva)
Espécime 27	2,71	0,101	0,109	1,10	24,14851	mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva)
Grupo 2: Bloco 4						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 28	2,790	0,098	0,101	0,98	27,65195	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 29	1,330	0,103	0,101	1,04	12,54186	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 30	2,110	0,105	0,105	1,10	18,77469	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 31	3,600	0,106	0,094	0,99	35,4436	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 32	1,670	0,103	0,105	1,08	15,14813	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 33	2,340	0,108	0,096	1,03	22,14063	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 34	2,11	0,098	0,095	0,93	22,23319	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 35	2,52	0,097	0,107	1,03	23,81848	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 36	3,2	0,101	0,102	1,03	30,47175	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Continua

Continua

Grupo 2: Bloco 5						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 37	2,960	0,103	0,09	0,92	31,32427	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 38	3,010	0,105	0,099	1,03	28,40606	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 39	3,030	0,106	0,104	1,10	26,96326	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 40	2,400	0,106	0,101	1,07	21,99141	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 41	1,930	0,099	0,115	1,13	16,63004	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 42	2,340	0,097	0,108	1,04	21,91237	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 43	2,49	0,1	0,105	1,05	23,26371	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 44	2,85	0,095	0,108	1,02	27,25	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 45	3,3	0,107	0,113	1,20	26,77446	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 46	3,38	0,105	0,098	1,02	32,22332	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Quadro 5: Grupo 2 - tratamento superficial com Sistema Rocatec e cimentação com Rely x.

Grupo 3: Bloco 1						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 1	2,7	0,1	0,103	1,03	25,71553	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 2	1,9	0,1	0,092	0,92	20,25978	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 3	1,8	0,1	0,092	0,92	19,19348	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 4	3	0,098	0,104	1,01	28,87559	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 5	2,9	0,1	0,102	1,02	27,89118	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 6	2,2	0,1	0,099	0,99	21,8	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 7	3,6	0,104	0,104	1,08	32,65163	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 8	2,8	0,1	0,095	0,95	28,91368	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 9	2,8	0,1	0,104	1,04	26,41154	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Grupo 3: Bloco 2						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 10	2,100	0,1	0,1	1,00	20,601	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 11	1,900	0,098	0,1	0,98	19,01939	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 12	2,400	0,098	0,095	0,931	25,28894	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 13	2,200	0,105	0,1	1,05	20,55429	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 14	1,900	0,1	0,101	1,01	18,45446	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 15	1,800	0,1	0,1	1,00	17,658	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 16	1,6	0,1	0,1	1,00	15,696	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 17	2,4	0,1	0,1	1,00	23,544	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 18	2,1	0,1	0,1	1,00	20,601	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Grupo 3: Bloco 3						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 19	1,200	0,1	0,1	1,00	11,772	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 20	2,100	0,1	0,1	1,00	20,601	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 21	2,500	0,1	0,1	1,00	24,525	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 22	1,700	0,1	0,1	1,00	16,677	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 23	2,100	0,1	0,1	1,00	20,601	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 24	1,800	0,1	0,1	1,00	17,658	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 25	2,5	0,1	0,1	1,00	24,525	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 26	2,7	0,1	0,1	1,00	26,487	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 27	2,5	0,1	0,1	1,00	24,525	mista (coesiva do cimento e adesiva)

grupo 3: Bloco 4						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 28	1,560	0,105	0,101	1,06	14,43055	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 29	3,180	0,1	0,098	0,98	31,83245	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 30	2,400	0,103	0,104	1,07	21,97909	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 31	2,200	0,102	0,1	1,02	21,15882	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 32	2,890	0,107	0,107	1,14	24,76277	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 33	2,950	0,103	0,103	1,06	27,27825	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 34	2,33	0,101	0,11	1,11	20,57363	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 35	2,86	0,096	0,098	0,94	29,82207	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 36	1,62	0,1	0,104	1,04	15,28096	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Grupo 3: Bloco 5						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 37	2,410	0,093	0,103	0,95	24,68118	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 38	1,660	0,097	0,1	0,97	16,78825	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 39	3,830	0,096	0,104	0,99	37,63251	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 40	1,940	0,109	0,1	1,09	17,46	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 41	1,660	0,103	0,107	1,10	14,77597	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 42	1,470	0,096	0,098	0,94	15,32813	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 43	2,49	0,096	0,105	1,00	24,23304	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 44	2,25	0,093	0,1	0,93	23,73387	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 45	1,25	0,091	0,1	0,91	13,47527	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Quadro 6: Grupo 3 - tratamento superficial com jateamento com óxido de alumínio e cimentação com Panavia.

Grupo 4 : Bloco 1

	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm ²	MPa	Modo de fratura
Espécime 1	2,500	0,1	0,101	1,01	24,28218	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 2	2,420	0,097	0,097	0,940	25,23137	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 3	3,810	0,1	0,101	1,01	37,00604	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 4	2,650	0,1	0,1	1,00	25,9965	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 5	2,390	0,1	0,091	0,91	25,76473	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 6	2,730	0,097	0,095	0,92	29,06272	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 7	2,22	0,097	0,095	0,92	23,63342	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 8	2,21	0,09	0,096	0,86	25,09271	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 9	2,69	0,095	0,094	0,89	29,55084	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Grupo 4: Bloco 2						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm ²	MPa	Modo de fratura
Espécime 10	1,78	0,1	0,1	1,00	17,4618	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 11	3,23	0,098	0,092	0,90	35,14452	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 12	2,59	0,099	0,097	0,96	26,45829	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 13	2,21	0,097	0,096	0,93	23,28189	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 14	1,85	0,098	0,098	0,96	18,89681	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 15	2,57	0,098	0,092	0,90	27,96329	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 16	1,62	0,098	0,092	0,90	17,62666	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 17	3,33	0,099	0,098	0,97	33,67069	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 18	3,3	0,098	0,092	0,90	35,90617	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Continua

Continuação

Grupo 4: Bloco 3						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 19	3,100	0,099	0,094	0,93	32,67892	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 20	1,620	0,099	0,094	0,93	17,07737	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 21	1,800	0,1	0,09	0,9	19,62	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 22	3,200	0,099	0,094	0,93	33,73308	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 23	2,570	0,096	0,097	0,93	27,07442	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 24	2,120	0,1	0,1	1,00	20,7972	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 25	2,81	0,096	0,097	0,93	29,60277	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 26	1,92	0,1	0,095	0,95	19,82653	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 27	3,04	0,1	0,083	0,83	35,9306	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Grupo 4: Bloco 4						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 28	3,180	0,105	0,095	0,99	31,27398	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 29	2,680	0,105	0,081	0,85	30,91217	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 30	4,110	0,105	0,095	0,99	40,42015	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 31	4,360	0,105	0,095	0,99	42,8788	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 32	2,970	0,092	0,1	0,92	31,66924	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 33	4,580	0,099	0,106	1,04	42,81475	mista (coesiva do cimento e da cerâmica e adesiva)
Espécime 34	2,56	0,102	0,109	1,11	22,58824	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 35	3,37	0,105	0,098	1,02	32,12799	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 36	2,8	0,104	0,095	0,98	27,80162	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Continua

Conclusão

Grupo 4: Bloco 5						
	kgf	Espessura 1 (cm)	Espessura 2 (cm)	Área mm²	MPa	Modo de fratura
Espécime 37	2,350	0,093	0,086	0,79	28,82408	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 38	2,200	0,1	0,1	1,00	21,582	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 39	3,820	0,096	0,105	1,00	37,17679	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 40	2,370	0,092	0,095	0,87	26,60149	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 41	3,300	0,099	0,1	0,99	32,7	mista (coesiva do cimento e da resina e adesiva)
Espécime 42	2,800	0,096	0,1	0,96	28,6125	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 43	3,04	0,1	0,102	1,02	29,23765	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 44	1,93	0,092	0,105	0,96	19,59969	mista (coesiva do cimento e adesiva)
Espécime 45	2,32	0,097	0,1	0,97	23,46309	mista (coesiva do cimento e adesiva)

Quadro 7: Grupo 4 - tratamento superficial com Sistema Rocatec e cimentação Panavia.