

NAUDY BRODBECK MAY

**RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE *BRACKETS*
ORTODÔNTICOS COM DIFERENTES TRATAMENTOS DE
SUPERFÍCIE E CERÂMICAS**

Florianópolis
2006

NAUDY BRODBECK MAY

**RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE *BRACKETS*
ORTODÔNTICOS COM DIFERENTES TRATAMENTOS DE
SUPERFÍCIE E CERÂMICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração: Dentística

Orientador: Prof. Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira

Co-Orientador: Prof. Dr. Élito Araújo

Florianópolis
2006

NAUDY BRODBECK MAY

**RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE *BRACKETS*
ORTODÔNTICOS COM DIFERENTES TRATAMENTOS DE
SUPERFÍCIE E CERÂMICAS**

Esta tese foi julgada adequada para obtenção do título de DOUTOR EM ODONTOLOGIA – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DENTÍSTICA e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 6 de dezembro de 2005.

Prof. Dr. Ricardo Sousa Vieira

*Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da
Universidade Federal de Santa Catarina*

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Clóvis Cardoso Vieira
Orientador

Prof. Dr. Élito Araújo
Co-Orientador

Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri
Membro

Prof. Dr. Camilo Anauate Netto
Membro

Profa. Dra. Kikuko Otsuki
Membro

DEDICATÓRIA

A Deus por manter viva a fé e a força
para que eu pudesse enfrentar as adversidades e
preservar meu objetivo final

À Maria Luisa, minha querida esposa,
Yduan e Otávia, meus amados filhos,
pelo amor, carinho, compreensão e apoio imprescindível na
confecção deste trabalho

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira**, meu amigo e colega, pelo entusiasmo e vibração que demonstrou a mim e minha família quando fui recebido no Doutorado. A confiança em mim depositada foi muito emocionante e, sem dúvida, foi um esteio de segurança e serenidade para que eu pudesse superar as adversidades deste caminho.

Ao meu co-orientador, **Prof. Dr. Élio Araújo**, meu amigo, pela sua tranquilidade, transmitida com sua relevante experiência, tanto nas orientações no trabalho como no estágio de docência, por ter-me aceito como orientando.

AGRADECIMENTOS

AGRADECIMENTOS

À **Universidade Federal de Santa Catarina**, instituição na qual pude concretizar mais esta etapa.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Odontologia** desta Universidade, na pessoa do Coordenador **Professor Dr. Ricardo de Souza Vieira**, por permitir a execução deste trabalho.

Ao **Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri**, pelo momento oportuno em ser um facilitador desta jornada, sendo um incentivador, exemplo de sagacidade e espírito científico.

Ao **Prof. Dr. Sylvio Monteiro Junior**, pelo exemplo de retidão e rigor científico, pela paciência e compreensão a mim dispensadas no decorrer deste período, meus respeitos.

Ao **Prof. Dr. Mauro Amaral Caldeira de Andrade**, meu amigo e colega, por sua presença auxiliando-me nos momentos em que eram necessárias injeções de ânimo, podendo contar sempre com sua experiência e palavras tranquilizadoras.

Ao **Prof. Gerson Luiz Joner da Silveira**, Magnífico Reitor da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, pelo seu apoio e incentivo para a realização deste Doutorado.

Ao amigo **Prof. Dr. Ailton Nazareno Soares** por ter sido um dos principais responsáveis pelo meu ingresso na vida acadêmica.

Ao chefe do Departamento de Estomatologia da Universidade Federal de Santa Catarina, **Prof. Dr. Gilsée Ivan Regis Filho**, que além de professor foi um facilitador para a complementação desta trajetória na direção do departamento.

Aos professores **Cléo Nunes de Souza** e **João Roberto Sanford Lins**, cujo convívio próximo remeteu-me de forma singular e saudosa aos meus tempos de graduação.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Odontologia (Mestrado e Doutorado) pelo senso de companheirismo e amizade com que me auxiliaram e apoiaram nas ocasiões de desânimo. Foi muito marcante o compartilhamento das ações e tarefas que me eram designadas com estes meus colegas. Será desnecessário destacá-los ou colocá-los em alguma ordem, pois cada um colaborou a seu modo.

Aos demais **Professores do Departamento de Estomatologia** da Universidade Federal de Santa Catarina, que tive a oportunidade e a felicidade de conviver durante meu estágio de docência, pela sua amizade, camaradagem e respeito, foram muito importantes para sua plena execução.

À **Tatiane Ramos Viqueti**, secretária da Coordenação do Curso de Odontologia da Unisul, pelo seu incansável apoio e dedicação na administração e

condução deste, durante as minhas ausências, sendo uma facilitadora das ações que eram tomadas a distância.

À **Carla Moreira Pitoni** pela execução da análise estatística.

Aos funcionários da disciplina de Dentística da UFSC, **Leia, Talita e Richard** por sua incansável dedicação e disponibilidade.

À funcionária **Ana**, da Pós-graduação em Odontologia, pela atenção e presteza a mim dispensada durante todo o período.

Ao **Sérgio Araújo** pelo auxílio na confecção dos corpos-de-prova.

Aos funcionários da Universidade Federal de Santa Catarina, sempre prontos no atendimento.

RESUMO

MAY, N. B. **RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE BRACKETS ORTODÔNTICOS COM DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE E CERÂMICAS.** 2005, 134f. Tese (Doutorado em Odontologia – Área de concentração Dentística) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RESUMO

Este estudo avaliou por meio do ensaio de cisalhamento, a resistência da união *bracket*/cerâmica, após diferentes pré-tratamentos da superfície cerâmica. Foram selecionadas duas cerâmicas (Eris e d.Sign) e os materiais (óxido de alumínio, CoJet, agente silano, concise, ácido fluorídrico a 10%, ácido fosfórico a 35%). Os corpos-de-prova, em cerâmica, tinham 5mm de espessura por 7mm de diâmetro. Após a confecção, foram embutidos em tubos de P.V.C. com resina poliestirênica e termociclados (800 ciclos, 5-55°C, por 30s, com intervalo entre os banhos de 10s). As amostras foram aleatoriamente divididas conforme o tratamento de superfície proposto e tipo de cerâmica, como se segue: G1 (Eris - condicionamento com ácido fluorídrico a 10%), G2 (d.Sign - condicionamento com ácido fluorídrico a 10%), G3 (Eris - condicionamento com ácido fluorídrico a 10% + silano), G4 (d.Sign - condicionamento com ácido fluorídrico a 10% + silano), G5 (Eris – jateamento com óxido de alumínio + condicionamento com ácido fosfórico a 35% + silano), G6 (d.Sign+ jateamento com óxido de alumínio + condicionamento com ácido fosfórico a 35% + silano), G7 (Eris – jateamento com CoJet + condicionamento com ácido fosfórico a 35% + silano), G8 (d.Sign – jateamento com CoJet + condicionamento com ácido fosfórico a 35% + silano). Sobre a superfície tratada, foi inserido o cimento Concise e em seguida, com auxílio de uma pinça de apreensão ortodôntica posicionados os *brackets* metálicos. O conjunto cerâmica/*bracket* foi armazenado em estufa, a 37°C em água destilada, por 24 horas. O ensaio mecânico foi realizado em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5mm/min. Os valores médios (MPa) obtidos (G1-7,30; G2-6,12; G3-17,49; G4-19,54; G5-18,80; G6-21,93; G7-6,81 e G8-9,77) submetidos à análise estatística (ANOVA e teste de Tukey; $p < 0,05$). Os padrões de fratura analisados em Microscópio Estereoscópico (25X), para classificação do tipo e as amostras representativas de cada grupo analisadas em MEV. Pôde-se concluir, com base nos dados obtidos neste estudo, que: 1) mediante os diferentes tipos de pré-tratamentos de superfície, as duas cerâmicas testadas desempenharam papel similar, não diferindo estatisticamente; 2) a utilização do silano após condicionamento com ácido fluorídrico foi responsável pelo aumento nos valores de união; 3) o pré-tratamento do substrato cerâmico por meio do condicionamento com ácido fluorídrico a 10% por 20s e utilização de agente silano, bem como o jateamento com óxido de alumínio (50µm) por 15s, seguido do condicionamento com ácido fosfórico a 35% e aplicação de agente silano, promoveram os mais altos valores de resistência da união ao cisalhamento de *brackets* metálicos; 4) a utilização do sistema CoJet não resultou em valores estatisticamente superiores aos observados no tratamento com jateamento de óxido de alumínio, igualando-se aos grupos tratados com ácido fluorídrico sem aplicação de silano; 5) a utilização do jateamento com óxido de alumínio, seguido do condicionamento com ácido fosfórico e silano, apresentou resultados semelhantes ao tratamento com ácido fluorídrico e silano.

Palavras-chave: resistência da união, cerâmicas, pré-tratamentos, *brackets*.

ABSTRACT

MAY, N. B. **RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE BRACKETS ORTODÔNTICOS COM DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE E CERÂMICAS.** 2005, 134f. Tese (Doutorado em Odontologia – Área de concentração Dentística) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ABSTRACT

This study evaluated bracket/ceramic shear bond resistance after different pre-treatments of the ceramic surface. Two ceramic were selected (Eris and d.Sign) and the materials (aluminium oxide, CoJet, silane agent, concise, fluoride acid at 10%, phosphoric acid at 35%. The ceramic specimens were 5mm thick by 7mm of diameter. After they were embedded in P.V.C. tubes with polystyrene resin and thermocycled (800 cycles, 5-55°C, for 30s, with interval among the bathings of 10s). The samples were randomly divided according to the proposed surface treatment and ceramic type, as follows: G1 (Eris - fluoride acid etching at 10%), G2 (d.Sign - fluoride acid etching at 10%), G3 (Eris - fluoride acid etching at 10% + silane), G4 (d.Sign - fluoride acid etching at 10% + silane), G5 (Eris - aluminium oxide blow + phosphoric acid etching at 35% + silane), G6 (d.Sign+ aluminium oxide blow + phosphoric acid etching at 35% + silane), G7 (Eris - CoJet blow + phosphoric acid etching at 35% + silane), G8 (d.Sign - CoJet blow + phosphoric acid etching at 35% + silane). On the treated surface, Concise cement was inserted and soon after, with the aid of orthodontic tongs the metallic brackets were positioned. The group ceramic/bracket was stored in stove, at 37°C in distilled water, for 24 hours. The mechanical trial was accomplished in a machine of universal trial with speed of 0,5mm/min. The mean values (MPa) obtained (G1-7.30; G2-6.12; G3-17.49; G4-19.54; G5-18.80; G6-21.93; G7-6.81 and G8-9.77) were submitted to the statistical analysis (ANOVA and test of Tukey; $p < 0.05$). The fracture patterns analyzed in Stereoscopic Microscope (25X), in order to for classify the type and the representative samples of each group analyzed in MEV. It could be concluded that based on the data obtained in this study : 1) for the different types of surface pre-treatments, both tested ceramics played similar role, not differing statistically; 2) the use of silane after etching with fluoride acid was responsible for the increase in shear bond resistance; 3) the pre-treatment of the ceramic substratum using fluoride acid etching at 10% for 20s and the use of silane agent as well as the blow with oxide of aluminum (50mm) for 15s followed by phosphoric acid etching at 35% and the application of silane agent promoted the highest values of shear bond resistance of metallic brackets; 4) the use of the system CoJet did not result in values statistically superior to the ones observed in the treatment with blows of aluminum oxide, being equal to the groups treated with fluoride acid without silane application; 5) the use of the blows with aluminum oxide followed by the phosphoric acid etching and silane presented similar results to the treatment with fluoride acid and silane.

Key-words: bond strength, ceramics, pre-treatment, *brackets*.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Materiais utilizados no estudo: óxido de alumínio, CoJet[®], silano, Concise^{MR}, ácido fluorídrico a 10% e ácido fosfórico a 35%.....p.57
- Figura 2 - Amostras cerâmicas embutidas em resina poliestirênica..... p.59
- Figura 3 - Posicionamento do *bracket* com auxílio de pinça de apreensão....p.62
- Figura 4 – *Bracket* posicionado e escoamento do excesso de material de cimentação.....p.62
- Figura 5 - Posicionamento do corpo-de-prova na luva metálica para início do ensaio mecânico.....p.63
- Figura 6 - Posicionamento do cinzel sobre o corpo-de-prova.....p.63
- Figura 7 - Gráfico ilustrativo das médias originais da resistência da união ao cisalhamento de acordo com as cerâmicas estudadas.....p.68
- Figura 8 - Gráfico ilustrativo das médias originais da resistência da união ao cisalhamento de acordo com os pré-tratamentos estudados.....p.68
- Figura 9 - Gráfico ilustrativo das médias originais da resistência da união ao cisalhamento de acordo com a interação cerâmica*pré-tratamento.....p.69
- Figura 10 - Gráfico ilustrativo das médias originais da resistência da união ao cisalhamento das cerâmicas de acordo com o pré-tratamento estudado.....p.70
- Figura 11 - Gráfico ilustrativo da distribuição dos padrões de fratura encontrados nos corpos-de-prova após ensaio de cisalhamento.....p.72
- Figura 12 - Gráfico ilustrativo das freqüências absolutas dos escores em cada grupo.....p.73

Figura 13 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G1, após ensaio de cisalhamento.....	p.74
Figura 13a - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G1, após ensaio de cisalhamento.....	p.74
Figura 14 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G2, após ensaio de cisalhamento.....	p.75
Figura 14a - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G2, após ensaio de cisalhamento.	75
Figura 15 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G3, após ensaio de cisalhamento.....	p.75
Figura 15a - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G3, após ensaio de cisalhamento.....	p.75
Figura 16 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G3, após ensaio de cisalhamento.....	p.76
Figura 16a - Aspecto morfológico (G3) da área delimitada (60X).....	p.76
Figura 17 - Aspecto morfológico (G4), após ensaio de cisalhamento.....	p.76
Figura 17a - Aspecto morfológico (G4) da área delimitada (60X).....	p.76
Figura 18 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G4, após ensaio de cisalhamento.	p.77
Figura 18a - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G4, após ensaio de cisalhamento.....	p.77
Figura 19 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G5, após ensaio de cisalhamento.....	p.77
Figura 19a - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G5, após ensaio de cisalhamento.....	p.77

Figura 20 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G5, após ensaio de cisalhamento.....	p.78
Figura 20a - Aspecto morfológico (G5) da área delimitada (60X).....	p.78
Figura 20b - Aspecto morfológico (G5), após ensaio de cisalhamento.....	p.78
Figura 20c - Aspecto morfológico (G5) da área delimitada (60X).....	p.78
Figura 21 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G5, após ensaio de cisalhamento.....	p.79
Figura 21a - Aspecto morfológico (G5) da área delimitada (60X).....	p.79
Figura 22 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G6, após ensaio de cisalhamento.....	p.79
Figura 22a - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G6, após ensaio de cisalhamento.	p.79
Figura 23 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G6, após ensaio de cisalhamento.....	p.80
Figura 23a - Aspecto morfológico (G6) da área delimitada (60X).....	p.80
Figura 23b - Aspecto morfológico (G6) da área delimitada (60X).....	p.80
Figura 24 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G6, após ensaio de cisalhamento.....	p.81
Figura 24a - Aspecto morfológico (G6) da área delimitada (60X).....	p.81
Figura 24b - Aspecto morfológico (G6) da área delimitada (60X).....	p.81

Figura 25 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G7, após ensaio de cisalhamento.....	p.82
Figura 25a - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G7, após ensaio de cisalhamento.....	p.82
Figura 26 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G7, após ensaio de cisalhamento.....	p.82
Figura 26a - Aspecto morfológico (G7) da área delimitada (60X).....	p.82
Figura 27 - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G8, após ensaio de cisalhamento.....	p.83
Figura 27a - Aspecto morfológico do padrão de fratura do G8, após ensaio de cisalhamento.....	p.83
Figura 28 - Gráfico ilustrativo da correlação entre os valores de resistência da união ao cisalhamento e os escores de padrão de fratura.....	p.134

LISTA DE QUADROS

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Divisão esquemática dos corpos-de-prova conforme a interação pré-tratamento e tipo de cerâmica (n=15).....	p.62
Quadro 2 - Escores utilizados para avaliação qualitativa dos padrões de fratura.....	p.67
Quadro 3 - Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G1 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento	p.115
Quadro 4 - Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G2 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....	p.115
Quadro 5 - Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G3 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....	p.116
Quadro 6 - Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G4 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....	p.116
Quadro 7 - Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G5 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....	p.117
Quadro 8 - Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G6 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....	p.117
Quadro 9 - Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G7 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....	p.118
Quadro 10 - Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G8 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....	p.118
Quadro 11 - Frequência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G1 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.	p.119

Quadro 12 - Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G2 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....p.119

Quadro 13 - Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G3 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....p.120

Quadro 14 - Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G4 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....p.120

Quadro 15 - Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G5 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....p.121

Quadro 16 - Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G6 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....p.121

Quadro 17 - Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G7 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....p.122

Quadro 18 - Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G8 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.....p.122

LISTA DE TABELAS

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Análise de Variância para o ensaio de resistência da união ao cisalhamento nos diferentes tipos de pré-tratamento da superfície cerâmica.....p.67
- Tabela 2 - Médias originais e desvio padrão através do teste de Tukey com nível de significância de 5%, obtidas através do ensaio mecânico.....p.70
- Tabela 3 - Distribuição em percentuais dos padrões de fratura encontrados nos corpos-de-prova após ensaio de cisalhamento.....p.71
- Tabela 4 – Comparações múltiplas de Mann-Whitney.....p.73
- Tabela 5 - Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G1.....p.103
- Tabela 6 - Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G2.....p.104
- Tabela 7 - Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G3.....p.105
- Tabela 8 - Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G4.....p.106
- Tabela 9 - Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G5.....p.107
- Tabela 10 - Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G6.....p.108
- Tabela 11 - Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G7.....p.109

Tabela 12 - Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G8.....	p.110
Tabela 13 - Médias originais e desvio padrão através da descrição da amostra.....	p.111
Tabela 14 - Médias originais e desvio padrão através do teste de Tukey com nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$), obtidas através do ensaio mecânico.....	p.112
Tabela 15 - Comparação entre os grupos experimentais quanto aos padrões de fratura apresentados, através da Prova de Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5%.....	p.123
Tabela 16 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 2.....	p.124
Tabela 17 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 3.....	p.124
Tabela 18 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 4.....	p.125
Tabela 19 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 5.....	p.125
Tabela 20 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 6.....	p.125
Tabela 21 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 7.....	p.126
Tabela 22 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 8.....	p.126
Tabela 23 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 3.....	p.126

Tabela 24 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 4.....	p.127
Tabela 25 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 5.....	p.127
Tabela 26 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 6.....	p.127
Tabela 27 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 7.....	p.128
Tabela 28 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 8.....	p.128
Tabela 29 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 3 e 4.....	p.128
Tabela 30 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 3 e 5.....	p.129
Tabela 31 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 3 e 6.....	p.129
Tabela 32 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 3 e 7.....	p.129
Tabela 33 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 3 e 8.....	p.130
Tabela 34 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 4 e 5.....	p.130
Tabela 35 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 4 e 6.....	p.130
Tabela 36 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 4 e 7.....	p.131

Tabela 37 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 4 e 8.....	p.131
Tabela 38 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 5 e 6.....	p.131
Tabela 39 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 5 e 7.....	p.132
Tabela 40 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 5 e 8.....	p.132
Tabela 41 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 6 e 7.....	p.132
Tabela 42 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 6 e 8.....	p.133
Tabela 43 - Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 7 e 8.....	p.133

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura

kV - kilovoltagem

HMDS - hexametil-disilazane

MPa - Mega Pascal – unidade de força

kN - kilo Newton – unidade de força

μm - micrometro – unidade de comprimento (000,1mm)

mm - milímetro – unidade de comprimento

min. - minutos – unidade de tempo

s - segundos – unidade de tempo

% - por cento

et al. - e outros (abreviatura de et alii)

mm/min - milímetro por minuto – unidade de velocidade

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1	Introdução	p.23
2	Revisão da Literatura	p.27
3	Proposição	p.56
3.1	Objetivo Geral	p.56
3.2	Objetivo Específico	p.56
4	Materiais e Métodos	p.57
4.1	Materiais	p.57
4.2	Métodos	p.58
4.2.1	Confecção das amostras de cerâmica	p.58
4.2.2	Fixação dos corpos-de-prova	p.58
4.2.3	Termociclagem dos corpos-de-prova	p.59
4.2.4	Procedimentos de pré-tratamento	p.60
4.2.5	Colagem dos <i>brackets</i>	p.61
4.2.6	Ensaio de resistência ao cisalhamento	p.62
4.2.7	Análise dos padrões de fratura	p.63
4.3	Análise Estatística	p.65
5	Resultados	p.67
5.1	Ensaio da resistência da união ao cisalhamento	p.67
5.2	Análise do padrão de fratura	p.71
6	Discussão	p.84
7	Conclusão	p.97
	Referências	p.98
	Anexos	p.103

INTRODUÇÃO

1 Introdução

Devido aos avanços da Odontologia Cosmética, a busca pela estética tem aumentado, principalmente entre os pacientes adultos, levando à procura crescente de ortodontistas (BARBOSA et al., 1995; GILLIS e REDLICH, 1998; KOCADERELI; CANAY; AKÇA, 2001; SANT'ANNA et al., 2002; HARARI et al., 2003). Entretanto, muitos destes pacientes possuem facetas ou coroas confeccionadas em cerâmica, advindas de tratamento anteriores (HUANG e KAO, 2001; KOCADERELI; CANAY; AKÇA, 2001, SANT'ANNA et al., 2002; HARARI et al., 2003).

Sabendo-se que a resistência da união cerâmica/*brackets* tem-se mostrado muitas vezes insatisfatória (BARBOSA et al., 1995; KOCADERELI; CANAY; AKÇA, 2001; SCHMAGE et al., 2003), vale ressaltar que o tratamento ortodôntico será efetivo, quando houver uma união suficientemente adequada entre substrato (dente, cerâmica, cerômero) e acessório ortodôntico (*bracket*). Tal fato só será alcançado quando os profissionais responsáveis (ortodontistas) pelo tratamento possuírem conhecimento clínico-científico dos fatores que influenciam este processo de união.

O “conjunto” formado por dente/material protético deverá resistir, preferencialmente, a todos os tipos de pressões ou tensões exercidas na cavidade bucal, tanto no que se refere à biomecânica do movimento dental, quanto no ato da mastigação, que por sua vez é um dos maiores desafios à interface como substrato/cerâmica.

Desta forma, dentre os fatores dependentes e que devem ser conhecidos, tem-se: substrato, acessório ortodôntico, agente cimentante e suas inter-relações com as interfaces formadas após a união.

Quando o assunto proposto é adesão, o melhor substrato mencionado é o esmalte dental, a partir de 1955, quando Buonocore a partir de um estudo em esmalte, reportou que se poderia unir adesivamente a resina ao dente. Desde então, pesquisas são realizadas com o objetivo de se estabelecer um protocolo clínico para o processo de união frente a outros substratos (dentina, metal, compósito, cerâmica) (HIGHTON; CAPUTO; MATYAS, 1979; BECK; JANUS; DOUGLAS, 1990; KUPIEC et al., 1996).

No final da década de 70 foram desenvolvidos sistemas de união específicos para o reparo de restaurações metalocerâmicas, utilizando-se além dos componentes do próprio sistema de união, um agente silano. (NEWBURG & PAMEIJER, 1978; HIGTON; CAPUTO; MATYAS, 1979). O silano é denominado uma molécula bifuncional, na qual uma parte consiste em um grupo silanol capaz de aderir à cerâmica e um grupo metacrilato capaz de se unir à resina. (JARDEL et al., 1999)

A utilização do silano aumenta os valores de resistência da união para cerâmicas e melhora as características do selamento marginal (LU et al. 1992; ANAGNOSTOPOULOS; ELIADES; PALAGHIAS, 1993; PICARD; JARDEL; TIRLET, 1997; CHEN; MATSUMURA; ATSUTA, 1998; SHAHVERDI et al., 1998; HOOSHMAND; van NOORT; KESHVAD, 2002).

Em contrapartida, assim como houve desenvolvimento tecnológico dos agentes condicionantes (tipos, concentrações e tempos de aplicação), sistemas de união, compósitos odontológicos, pôde-se observar a evolução dos

sistemas cerâmicos que, por sua vez, necessitaram de estudos ainda mais específicos. Esta especificidade fazia-se, e continua até os dias de hoje presente, devido às diferentes composições do material, levando conseqüentemente a diferentes desempenhos frente aos diversos métodos existentes para o tratamento da cerâmica (CALAMIA et al., 1985; BECK; JANUS; DOUGLAS, 1990; ÖZCAN e VALLITTU, 2003; ATTIA e KERN, 2004), tornando-se polêmico devido aos resultados obtidos.

Na busca de se alcançar altos valores de resistência, pesquisas foram realizadas utilizando-se diferentes métodos de pré-tratamento do substrato, como a indicação do **polimento com lixas** (BARBOSA et al., 1995; SHAHVERDI et al., 1998; STEWART; JAIN; HODGES, 2002; DELLA BONA; SHEN; ANUSAVICE, 2004), **criação de irregularidades com ponta diamantada** (BARBOSA et al., 1995; GILLIS e REDLICH, 1998; SANT'ANNA et al. 2002; KUSSANO et al., 2003; SCHMAGE et al., 2003), **utilização de laser** (USUMEZ e AYKENT, 2003), **condicionamento com ácido fluorídrico** (HUANG e KAO, 2001; SANT'ANNA et al., 2002; HOOSHMAND; van NOORT; KESHVAD, 2002; STEWART; JAIN; HODGES, 2002; DELLA BONA; ANUSAVICE; MECHOLSKY Jr, 2003; OH & SHEN, 2003; SCHMAGE et al., 2003; HARARI et al., 2003; ADDISON e FLEMING, 2004; DELLA BONA; SHEN; ANUSAVICE, 2004), **jateamento com óxido de alumínio** (SHAHVERDI et al., 1998; GILLIS e REDLICH, 1998; KOCADERELI; CANAY; AKÇA, 2001; SANT'ANNA et al. 2002; STEWART; JAIN; HODGES, 2002; HOOSHMAND; van NOORT; KESHVAD, 2002; OH e SHEN, 2003; SCHMAGE et al., 2003; HARARI et al., 2003; ADDISON e FLEMING, 2004), **condicionamento com ácido fosfórico** (HUANG e KAO, 2001; USUMEZ e

AYKENT, 2003), **condicionamento com ácido maleico** (USUMEZ e AYKENT, 2003), **aplicação de flúor fosfato acidulado** (BARBOSA et al., 1995; ZACHRISSON; ZACHRISSON; BÜYÜKYILMAZ, 1996; DELLA BONA; ANUSAVICE; MECHOLSKY Jr, 2003; DELLA BONA; SHEN; ANUSAVICE, 2004), **aplicação do agente silano** (GILLIS & REDLICH, 1998; KOCADERELI; CANAY; AKÇA, 2001; HUANG & KAO, 2001; SANT'ANNA et al., 2002; DELLA BONA; ANUSAVICE; MECHOLSKY Jr, 2003; SCHMAGE et al., 2003; DELLA BONA; SHEN; ANUSAVICE, 2004), e, por fim, a utilização de um dos métodos acima citados **com ou sem adição do agente silano** (HUANG e KAO, 2001; KOCADERELI; CANAY; AKÇA, 2001; HOOSHMAND; van NOORT; KESHVAD, 2002; KUSSANO et al., 2003; STEWART; JAIN; HODGES, 2002; OH e SHEN, 2003; SCHMAGE et al., 2003).

Porém, ainda que se tenham muitos dados com relação aos valores de resistência frente aos diferentes tratamentos, um protocolo - de consenso geral - não foi estabelecido.

Mediante tais resultados obtidos, atualmente um dos grandes problemas é a indicação do uso do ácido fluorídrico (KOCADERELI; CANAY; AKÇA, 2001; STEWART; JAIN; HODGES, 2002; DELLA BONA; ANUSAVICE; MECHOLSKY Jr, 2003; SCHMAGE et al., 2003; HARARI et al., 2003; ADDISON e FLEMING, 2004), que apesar dos adequados valores de resistência da união obtidos, é considerado cancerígeno, tóxico, o que dificulta seu manuseio na cavidade bucal. Outros métodos menos críticos quanto ao manuseio, como condicionamento com ácido fosfórico (HUANG e KAO, 2001; KUSSANO et al., 2003) precedido do jateamento com óxido de alumínio (OH e SHEN, 2003), podem alcançar valores de resistência sem diferenças significativas.

Dada a diferença de abordagem entre os profissionais, para colagem de acessórios ortodônticos ao elemento dental com prótese em cerâmica, este estudo tem por objetivo analisar o efeito de diferentes pré-tratamentos na superfície de duas cerâmicas na resistência da união *brackets*/cerâmica, visando estabelecer um protocolo de união adequado e viável clinicamente.

REVISÃO DE LITERATURA

2 Revisão da Literatura¹

BUONOCORE (1955) relatou um método para aumentar a união da resina acrílica ao esmalte dental. Os métodos utilizados no tratamento do esmalte foram: uso de diluição de 50% de um material comercial reagente fosfomolibidênio contendo sódio-tungstênio associado a uma solução de ácido oxálico a 10%, visando remover a camada superficial do esmalte, tendo como possibilidade a ligação do grupo tungstênio ao esmalte; o segundo método consistia na aplicação de ácido fosfórico a 85%, para determinar o efeito da descalcificação na adesão. De acordo com os resultados, o autor concluiu que o uso do ácido fosfórico e do ácido oxálico alteraram a superfície do esmalte e esta alteração gerou melhores resultados de resistência da união. Desta forma, o autor sugeriu que o procedimento de pré-tratamento da superfície dental deveria ser utilizado no selamento de fóssulas e fissuras como método de prevenção à cárie.

REYNOLDS (1975), em um artigo de revisão sobre colagem, relata sobre os procedimentos de colagem, as vantagens e desvantagens da colagem direta e os procedimentos para colagem direta (profilaxia da superfície do dente, condicionamento ácido, adesivos, resinas acrílicas, selantes e tipos de *brackets*). Analisou as forças necessárias para aplicar sobre os aparelhos e os tipos de falhas. Segundo o autor, um material adesivo deve apresentar resistência ao cisalhamento da colagem entre 5,9 MPa a 7,8 MPa para suprir as necessidades clínicas, enquanto para estudos laboratoriais, valor aproximado de 4,9 MPa. Esta variação deve ser respeitada, pois uma

¹ Baseada na NBR 10520: 2002 da ABNT

resistência adesiva muito alta, acima destes valores, pode danificar o esmalte dentário na descolagem, assim como uma resistência adesiva baixa não suportaria os esforços mastigatórios.

NEWBURG e PAMEIJER (1978) avaliaram a união da cerâmica ao compósito. Foram utilizados dentes pré-fabricados que por sua vez, foram desgastados para obtenção de superfície plana. Em seguida, realizou-se condicionamento com ácido fosfórico a 33%, enxágüe e secagem. Foi aplicada uma solução de silano por 5 minutos. O próximo passo foi a aplicação de um adesivo resinoso sem carga e inserção de um botão de compósito. Todos os grupos foram silanizados com exceção do controle, sendo armazenados a seco por 7 dias. Os resultados demonstraram ser verdadeira a hipótese de que o compósito pode ser aderido a cerâmico por meio de silanos. Os autores sugerem que a remoção do glaze é indispensável e que a utilização de compósitos com silanos é um método efetivo de reparo de cerâmicas fraturadas.

HIGHTON; CAPUTO; MATYAS (1979) compararam a efetividade de dois sistemas de reparo de porcelana que utilizam agentes silanos como promotores de união. Um sistema foi unido a uma resina acrílica e o outro a um compósito odontológico. O teste realizado foi o de flexão de 3 pontos. Foram confeccionadas barras de cerâmicas, realizada sua fratura das mesmas e em seguida feito o reparo com um dos sistemas, para cada. Após o armazenamento em solução salina, a 37°C, realizou-se o ensaio mecânico. Selecionou-se 5 amostras de cada para novo reparo, e armazenamento por 3 meses para novo ensaio mecânico. De acordo com os dados obtidos,

observou-se que o reparo com compósito odontológico e silano apresentou 28% da resistência quando comparado à cerâmica não reparada, enquanto o reparo com resina acrílica produziu 48% de resistência.

CALAMIA e SIMONSEN (1984) avaliaram o efeito de dois agentes silanos na resistência da união à tração de cerâmicas condicionadas. Foram confeccionados 40 discos de cerâmica, divididos em 4 grupos, sendo: G1, G2 e G3 condicionados por 20 minutos com solução contendo ácido fluorídrico e sulfúrico, e o G4 foi considerado controle. Após o tratamento da superfície, o G1 foi coberto com adesivo e um cilindro de compósito inserido. Os grupos 2 e 3 foram tratados com diferente silanos antes da inserção do cilindro de compósito. Observou-se, após ensaio mecânico, que os valores obtidos pelas cerâmicas tratadas foram maiores do que o grupo controle, sendo mais importantes do que a utilização do silano. Entretanto, os melhores resultados foram obtidos pelas superfícies tratadas com condicionamento ácido e silano.

CALAMIA et al. (1985) avaliaram o efeito de três concentrações de ácido fluorídrico (5, 7,5 e 10%) e dois tempos de condicionamento ácido (2,5 e 20 min). Foram testadas as cerâmicas Biobond, Ceramco, Vita e Alumina. Após o tratamento das cerâmicas, estas foram unidas ao compósito e o teste de cisalhamento realizado. De acordo com os dados obtidos, observou-se que o condicionamento por 2,5 minutos foi melhor do que o tempo de 20 minutos. As cerâmicas feldspáticas obtiveram melhores resultados que a Alumina. Desta forma, concluiu-se que para maximizar a união é necessário que se utilizem diferentes tempos e concentrações de ácido mediante o tipo de cerâmica.

STANGEL; NATHASON; HSU (1987) avaliaram as variáveis que poderiam otimizar a superfície cerâmica, mediante condicionamento ou não da superfície, e aplicação de resina sem carga, silano e silano com adesivo. Os resultados demonstraram diferenças de valores, entretanto para as amostras condicionadas não houve diferença entre o uso de silano ou silano com adesivo. Conclui-se que o tratamento da superfície melhora os valores de união.

TJAN e NEMETZ (1988) avaliaram a resistência da união entre cimentos resinosos e dois tipos de cerâmicas (vítrea e feldspática), com e sem aplicação de silano, e observaram que quando o silano era aplicado houve aumento nos valores de união, porém em menor escala para a vítrea, creditando-se ao fato de esta ter sido menos reativa ao ácido fluorídrico.

NICHOLLS (1988) avaliou a resistência da união de cinco cimentos resinosos à cerâmica, mediante união com dois silanos e uma resina sem carga. O condicionamento foi feito com ácido fluorídrico a 7,5% por 6 minutos. De acordo com os resultados, concluiu que: a resistência obtida foi maior do que a alcançada entre resina e esmalte; o armazenamento por 7 dias não alterou os valores de união.

van NOORT et al. (1989) avaliaram os métodos utilizados para se realizar estudos laboratoriais. O resultado demonstrou que a resistência de união nominal pode ser alterada devido à geometria da amostra, bem como configuração da carga, elasticidade do material, provocando diferente

distribuição do *stress* na interface, tornando-a não homogênea e uniforme. Com isso, muitos estudos não podem ser comparados, principalmente os de cisalhamento, sugerindo que uma padronização seja realizada para que se possa aproveitar os dados para futuras comparações.

BERTOLOTTI; LACY; WATANABE (1989) avaliaram diferentes sistemas de reparo intraoral a cerâmicas e metal-resina, e todos os valores foram comparados aos obtidos em esmalte bovino. Com base nos achados, observou-se que todas as falhas ocorreram na cerâmica, e nos casos onde havia metal, este foi exposto com a fratura.

BECK; JANUS; DOUGLAS (1990) avaliaram a resistência da união ao cisalhamento de metalocerâmicas e compósito-cerâmica, com diferentes cerâmicas e tipos de compósito. As amostras foram armazenadas por 7 e 30 dias, a 37°C, e termocicladas (500 ciclos). De acordo com os resultados, a resistência da união foi afetada pelo tipo de compósito, cerâmica, tempo de armazenamento e termociclagem.

LU et al. (1992) avaliaram: 1) o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência da união compósito/cerâmica; 2) dois cimentos resinosos e dois agentes silano, e 3) a morfologia da superfície após condicionamento com ácido fluorídrico. Os resultados demonstraram que o silano, individualmente, foi mais importante do que o condicionamento ácido, embora os maiores valores de resistência tenham sido alcançados com a junção dos tratamentos (condicionamento ácido + silano). Quanto aos agentes

cimentantes, não houve diferença estatística entre eles. Os autores concluíram que o tratamento combinando condicionamento ácido + silano é o tratamento ideal.

ANAGNOSTOPOULOS; ELIADES; PALAGHIAS (1993) analisaram a eficiência de três agentes silanos. Foram selecionados dois silanos de frasco único (pré-hidrolisados) e um de dois frascos (hidrólise imediata). Foi estudada, ainda, a composição e a extensão da hidrólise dos silanos. De acordo com os resultados, todos os silanos tinham a mesma composição. Traços de ácido acético (catalisador da hidrólise) foram encontrados nos silanos pré-hidrolisados. A eficiência de um silano, segundo os autores, pode ser medida pela quantidade de grupos silanol. O potencial para existência de grupos silanol pode ser estimado pela quantidade de grupos methoxy hidrolisados por átomo Si (grupo metoxysilano). Quanto maior o número de grupos methoxy hidrolisados para silanol, maior pode ser considerada a reatividade da molécula de silano. Os silanos pré-hidrolisados (um frasco) mostraram quantidade de hidrólise significativamente maior que os silanos de dois frascos.

YEN; BLACKMAN; BAEZ (1993) avaliaram o efeito do condicionamento ácido da cerâmica na resistência flexural, e concluíram que o tempo de aplicação do ácido não altera as propriedades mecânicas da cerâmica. No entanto, sugerem que se faça o mesmo teste com os outros tipos de cerâmica disponíveis no mercado.

ZELOS; BEVIS; KEENAN (1994) avaliaram a união de *brackets* à cerâmica. Os fatores em estudo foram: dois *brackets* cerâmicos, duas cerâmicas, dois sistemas adesivos, três técnicas de desunião, várias técnicas de remoção da resina e de restauração. Os resultados demonstraram que o teste de tração são os que menos causam danos à cerâmica quando comparado ao cisalhamento. Os sistemas adesivos comportaram-se da mesma forma que em esmalte. A remoção cuidadosa dos excessos com broca e polimento com Shofu devolveram a estética. Os valores obtidos foram similares aos em esmalte, tornando-se clinicamente aceitáveis.

BARBOSA et al. (1995) compararam vários métodos de preparo da superfície para definir o método que produz adequada união com *brackets*. *Brackets* ortodônticos foram unidos a 180 faces de 45 cubos de cerâmicas, divididos em 3 grupos de acordo com o preparo da superfície. No Grupo I, o glaze foi removido com discos de lixa, enquanto no Grupo II foi mantido. Uma solução de flúor fosfato acidulado (FFA) foi aplicada às amostras dos Grupos I e II por 5 minutos após profilaxia. No grupo III, o glaze foi removido com ponta diamantada. Cada grupo foi dividido em 4 subgrupos, dependendo do *primer* utilizado e tipo de compósito usado para unir os *brackets* às cerâmicas. Os resultados demonstraram que o FFA foi incapaz de promover retenção suficiente na cerâmica. Foi necessária para retenção mecânica e utilização de ponta diamantada que, por sua vez, aumentou os valores de união, podendo ser ainda maior com a utilização de silano. Assim, a união à cerâmica é clinicamente possível e é um procedimento aceitável no tratamento ortodôntico.

ZACHRISSON; ZACHRISSON; BÜYÜKYLMAZ (1996) avaliaram o efeito de vários tratamentos sobre a superfície da cerâmica na resistência da união entre *brackets* e cerâmicas feldspáticas. A cerâmica foi fundida a discos de liga de ouro e distribuídas aleatoriamente em 6 grupos (n=12). Estas foram submetidas aos seguintes tratamentos: jateamento, aplicação de silano, resina intermediária, ou condicionamento com flúor fosfato acidulado a 4% ou ácido fluorídrico a 9,6%. Após o tratamento, dois *brackets* foram unidos à cerâmica, um com Concise e outro com MCP-Bond. As amostras foram armazenadas a 37°C, termocicladas (1000 ciclos, 5°C-55°C), e então submetidas ao ensaio mecânico. *Brackets* similares controle (n=12) foram unidos a incisivos inferiores hígidos extraídos. Os sítios de fratura foram classificados de acordo com o sistema modificado de Índice de Remanescente Adesivo (IRA). A aplicação de silano nas amostras jateadas aumentou significativamente os valores de resistência da união. A qualidade da união também melhorou com o emprego de resina intermediária. O condicionamento com ácido fluorídrico a 9,6% promoveu resultados similares, mas o flúor fosfato acidulado a 4% foi menos efetivo. O MCP-Bond não foi significativamente melhor do que o Concise nas amostras jateadas. Várias dificuldades associadas à interpretação clínica dos dados laboratoriais são discutidas, e estudos clínicos são necessários para evidência final da eficácia destes tratamentos.

KUPIEC et al. (1996) avaliaram tratamentos de superfície, sendo: 1) jateamento com óxido de alumínio; 2) condicionamento com ácido fluorídrico a 8%, e 3) jateamento + condicionamento ácido. Após o tratamento da superfície um cilindro de compósito foi unido, as amostras foram armazenadas a 37°C por

24 horas e 3 meses, termocicladas. De acordo com os resultados, o G3 foi o melhor em valores de resistência; observou-se, também, que o silano é crítico para o desenvolvimento de uma adequada união.

PERDIGÃO et al., em **1996**, avaliaram a interação de seis sistemas de união com a dentina *in vivo* através da avaliação do aspecto morfológico da interface compósito/dentina. Neste estudo, os autores descrevem a técnica para o processamento das amostras para avaliação em MEV, sendo as amostras fixadas em solução de Glutaraldeído a 2,5% tamponada com tampão cacodilato de sódio, pH 7,4, por 12 horas a 4°C. Após a fixação, as amostras foram imersas em 20mL de tampão cacodilato de sódio pH 7,4 por 1 hora com 3 trocas da solução, seguida de lavagem com água destilada por 1min. Em seguida, as amostras foram desidratadas em soluções ascendentes de etanol (25% por 20 minutos, 50% por 20 minutos, 75% por 20 minutos, 95% por 30 minutos e 100% por 60 minutos). Após a última solução de etanol, as amostras foram secas por imersão em HMDS por 10 min, colocadas sobre um papel de filtro, cobertas com um vidro e, então, deixadas a temperatura ambiente. Para a realização do procedimento de desmineralização e desproteinização, as amostras foram imersas em solução de ácido clorídrico 6N por 30s e então desproteinizadas em solução de NaOCl a 1% por 10 min. Após a secagem, os espécimes foram posicionados nos *stubs* e metalizados para observação em MEV.

PICARD; JARDEL; TIRLET (1997) descreveram as técnicas mais utilizadas para garantir uma união durável de restaurações cerâmicas.

Segundo os autores, a união das restaurações cerâmicas ao dente envolve três materiais: substrato dental, agente de fixação e cerâmica. Estão ainda envolvidas duas interfaces: dente/agente de fixação e cerâmica/agente de fixação, as quais devem resistir aos estresses à que serão submetidos na cavidade bucal. Reportaram, também, que os silanos por sua alta capacidade de “molhar” a superfície, e pela ligação química, aumentam a retenção compósito/cerâmica.

CHADWICK; MASON; SHARP (1998) avaliaram três sistemas de reparo de cerâmicas por meio de cisalhamento. Observaram que as diferenças nos valores de resistência deviam-se mais ao substrato do que ao tratamento e que poderia ser devido ao tipo de teste empregado, uma vez que este não reflete o valor real da interface. Além disso, sugeriram que um teste mais apropriado fosse delineado.

SHAHVERDI et al. (1998) avaliaram o efeito de diferentes métodos de tratamento da superfície sobre a resistência da união compósito/cerâmica. As amostras foram tratadas com brocas diamantadas ou condicionamento com ácido fluorídrico e/ou jateamento. Utilizou-se, também, dois silanos, e as amostras foram posteriormente restauradas com compósito odontológico. Cada grupo foi dividido em dois e armazenados por 24h ou 30 dias, em temperatura ambiente, sendo que as amostras armazenadas por 30 dias foram submetidas à termociclagem antes do ensaio mecânico. De acordo com os resultados, os maiores valores de resistência foram encontradas nas amostras tratadas com jateamento, ácido fluorídrico e silano, jateamento e silano, ácido fluorídrico e

silano. Todos os grupos termociclados obtiveram menores valores de resistência, porém aqueles tratados com silano demonstraram melhores valores dentre os demais. Pôde-se concluir que o tratamento com silano é importante para obtenção de durável união, mas a combinação de tratamento e silano promove melhores valores de resistência da união.

GILLIS e REDLICH (1998) tinham como objetivo de estudo: 1) analisar o efeito de diferentes técnicas de condicionamento na superfície da cerâmica com MEV; 2) avaliar o efeito de diferentes técnicas condicionantes de cerâmica na resistência da união com *brackets* metálicos; 3) determinar o modo de fratura. Foram preparadas 90 facetas que, por sua vez, foram glazeadas e divididas em 3 grupos de acordo com as diferentes técnicas de condicionamento: 1) ponta diamantada; 2) ácido fluorídrico a 8%; 3) jateamento com óxido de alumínio 60µm. Cada grupo foi dividido em 3 subgrupos e os *brackets* unidos após os tratamentos. Os adesivos utilizados foram: 1) silano+Right On; 2) silano + Concise; 3) High Q Bond sem silano. Quatro facetas adicionais (3 condicionadas e 1 intacta) foram analisadas macroscopicamente e em MEV. Os resultados demonstraram que os valores de resistência foram altamente influenciados tanto pelo condicionamento quanto pelo material. O valor de resistência do High Q Bond foi significativamente menor do que os outros grupos, porém foi suficiente para o tratamento ortodôntico (exceto o grupo preparado pela ponta diamantada). A MEV demonstrou que a ponta diamantada e o condicionamento produziram um padrão *peeling* de tratamento, enquanto o ácido fluorídrico produziu um tratamento mais extenso de condicionamento. O tratamento com ácido fluorídrico produziu os maiores valores de resistência do que a ponta

diamantada e o condicionamento. Após a desunião, a porcentagem de danos à cerâmica foi anotada, e observou-se que no grupo do Concise + silano os valores foram significativamente maiores do que nos outros grupos.

CHEN; MATSUMURA; ATSUTA (1998) avaliaram o efeito do condicionamento ácido e da aplicação do silano na resistência da união de cerâmicas feldspáticas e compósitos. Foram utilizados 2 agentes condicionantes (ácido fluorídrico a 2,5% e 5%) e 7 tempos de condicionamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 segundos) para condicionar a superfície da cerâmica. Um agente contendo silano (Clearfil Porcelain Bond) foi utilizado para as superfícies condicionadas ou não. Os padrões de condicionamento foram analisados em MEV, e os valores de resistência entre compósito e cerâmicas registrados. As análises em MEV revelaram complicados padrões de condicionamento com aumento do período de tempo de condicionamento. Os resultados dos valores de resistência para as amostras não condicionadas foram pouco menores do que as amostras condicionadas por 30 ou mais segundos. Quanto aos agentes condicionantes, a solução a 2,5% produziu maiores valores do que a solução a 5%, em todos os tempos, exceto em 180s. O silano foi efetivo e crítico na melhora dos valores. A aplicação do silano após condicionamento com ácido fluorídrico pareceu melhorar os valores de união.

JARDEL et al. (1999) avaliaram o efeito do condicionamento com ácido fluorídrico a 10% e um agente de ligação silano sobre a resistência da união compósito/cerâmica. Os testes mecânicos foram de tração, e posteriormente as superfícies foram analisadas em MEV. Segundo os autores, as cerâmicas

odontológicas contêm baixa densidade de carga cristalina e uma grande fase vítrea que pode ser condicionada pelo ácido fluorídrico. O agente silano é utilizado para modificar a superfície vítrea. Uma vez coberta por silano e subsequentemente seca, esta superfície tem afinidade por polímeros formando uma forte união com a sílica da cerâmica. De acordo com os resultados, as cerâmicas com maior fase vítrea foram suscetíveis ao condicionamento. No entanto, o condicionamento por 5 min não criou grandes irregularidades. Assim, concluíram que o condicionamento ácido por si só é insuficiente, sendo a silanização um tratamento mais simples e tão ou mais efetivo. O tratamento de escolha depende do tipo de cerâmica, mas a combinação de condicionamento ácido + silano é o tratamento mais efetivo para a superfície da cerâmica.

SUN et al. (2000) descreveram um método alternativo para mensurar a resistência da união, uma vez que os testes de cisalhamento e tração tornaram-se "incorretos" para tal avaliação. O método baseava-se no índice de energia liberada na interface após ser submetida ao teste de flexão. Avaliaram o efeito da utilização do Rocatec e concluíram que seu uso melhora os valores, e deveria ser usado no reparo de cerâmicas.

LINDEMUTH; HAGGE (2000) avaliaram se a velocidade da força aplicada durante o teste de cisalhamento interfere nos valores de união em esmalte. As velocidades analisadas foram 0,1, 0,5, 1, 5 e 10 mm/min. Os valores foram similares em todas as velocidades, porém as amostras testadas a 0,5mm/min demonstraram mais falhas verdadeiras do que os outros grupos.

FRANKENBERG; KRÄMER; SINDEL (2000) avaliaram a resistência da união resina composta/cerâmica após tratamento com CoJet e ácido fluorídrico a 5% por 60s, em duas cerâmicas (feldspática e leucita). Os resultados demonstraram que o CoJet aumentou os valores de resistência, sendo, portanto, uma alternativa no lugar do ácido fluorídrico que possui efeitos deletérios.

HASELTON; DIAZ-ARNOLD; DUNNE (2001) avaliaram o efeito do CoJet e do Ceramic Repair frente cerâmica feldspática, metal e feldspática + metal. De acordo com os resultados, houve diferença estatística entre o sistema de reparo Ceramic Repair para os substratos metálico e feldspático + metal, sendo que o CoJet manteve-se com o mesmo desempenho nos três tipos de substrato. Porém, o CoJet apresentou os mais altos valores com o substrato metálico.

EDELHOFF et al. (2001) descrevem a técnica e os procedimentos clínicos utilizados no reparo intraoral de restaurações cerâmicas, com um aparelho de microabrasão, no qual partículas de óxido de alumínio modificadas por sílica são jateadas na cerâmica, gerando irregularidade, aumentando a retentividade e conseqüentes valores de união.

CHEN et al. (2001) compararam o tipo de fratura obtido através do ensaio de tração convencional com o de microtração, utilizando dois sistemas de união (Clearfil Liner Bond 2V – CLB e Single Bond – SB). Foram utilizados terceiros molares, cuja superfície em estudo foi dentina, e o preparo da

amostra realizado de acordo com o protocolo para obtenção de corpos-de-prova para ambos os ensaios mecânicos. De acordo com os resultados, não houve diferença estatística entre os sistemas de união para o teste de tração. Entretanto, para o teste de microtração o SB obteve maiores valores de resistência do que o CLB. E ainda, que os valores obtidos pelo teste de microtração foram superiores ao de tração. Quanto ao padrão de fratura, para o teste de tração observou-se maior incidência de falhas coesivas, enquanto o teste de microtração exibiu maior incidência de falhas adesivas. Os autores sugerem que tais falhas são a associação do tamanho do corpo-de-prova com características da união. Desta forma, o teste de microtração parece ser mais favorável para avaliar a resistência da união e características da interface.

KOCADERELI; CANAY; AKÇA (2001) compararam vários métodos de tratamento da superfície para definir o procedimento que produz adequada resistência da união entre *brackets* cerâmicos e cerâmicas. As amostras utilizadas neste estudo, 60 blocos cerâmicos, foram produzidos pela duplicação da superfície vestibular de primeiros pré-molares superiores. Foram testados seis diferentes métodos: 1) jateamento com óxido de alumínio 50 μ m, 2) aplicação de silano, 3) jateamento seguido da aplicação de silano, 4) condicionamento com ácido fluorídrico a 9,6%, 5) condicionamento com ácido fluorídrico a 9,6% seguido da aplicação de silano, e 6) jateamento seguido da aplicação do adesivo 4-META. Os *brackets* cerâmicos foram unidos com material ortodôntico de união. A resistência foi testada a uma velocidade de 0,5mm/s. Os resultados deste estudo demonstraram que o preparo com condicionamento ácido seguido pela aplicação do silano resultou em valores

significativamente diferentes e maiores. O jateamento antes da aplicação do silano promoveu resultados similares, mas o jateamento ou condicionamento isoladamente foram menos efetivos. A aplicação do silano foi recomendada para unir *brackets* cerâmicos à cerâmica, alcançando bons resultados que são clinicamente aceitáveis.

HUANG e KAO (2001) avaliaram a resistência da união ao cisalhamento de *brackets* resinosos unidos a cerâmicas, utilizando-se diferentes procedimentos de união. Foram selecionados 64 dentes em cerâmica. A união ao *bracket* foi realizada com resina autopolimerizável (Unite). Os 64 dentes foram divididos em 8 grupos e após o tratamento das superfícies com pedra verde foram submetidos a diferentes tratamentos. Alguns foram condicionados, outros tiveram a aplicação do silano e os demais receberam os dois tipos de tratamento. Metade dos dentes foram termociclados, 500 ciclos, entre 4-60°C antes do ensaio mecânico. Os valores obtidos após o teste de cisalhamento foram submetidos à análise estatística. Os resultados demonstraram que os mais altos valores foram para as amostras que sofreram os dois tipos de tratamento da superfície, mas que não tinham sido termocicladas. Os fatores que afetaram os valores de união foram, do mais significativo para o menos, condicionamento ácido, aplicação do silano, e termociclagem. Uma mecânica baseada em *brackets* resinosos pode oferecer bons resultados de resistência à cerâmica.

JEDYNAKIEWICZ e MARTIN (2001) analisaram a natureza da superfície de uma cerâmica feldspática unida a um agente cimentante

convencional. De acordo com os resultados não houve diferenças entre o condicionamento, jateamento e silicalização. Porém, os maiores valores foram obtidos pela silicalização. Os padrões de fratura foram todos os coesivos.

SANT'ANNA et al. (2002) verificaram, *in vitro*, o efeito de vários tratamentos sobre a superfície cerâmica na resistência da união de *brackets* unidos a cerâmicas, e o tipo de falha. Foram confeccionadas 88 amostras de cerâmica feldspática, aleatoriamente distribuídas em 4 grupos de acordo com o tratamento da superfície a ser realizado, como segue: cerâmica intacta (GI); rugosidade realizada por ponta diamantada (GII); condicionamento com ácido fluorídrico a 10% (GIII); ou jateamento com óxido de alumínio (GIV). As amostras foram tratadas com silano (Scotchprime) e os *brackets* unidos com Concise. Cada amostra foi submetida ao ensaio de resistência, e os dados submetidos à análise de Kruskal-Wallis. Os dados demonstraram que não houve diferença estatística significativa entre os grupos ($p < 0,05$). Entretanto, a maioria das falhas ocorreu na cerâmica sem glaze. Este estudo indica que com a seleção do material, o procedimento de união silano/compósito, somente, pode ser adequado para a união do *bracket*.

ÖZCAN (2002) disserta sobre as aplicações clínicas do CoJet que, cujo método, segundo o autor produz retenção mecânica bem como físico-química entre resina composta – metal ou cerâmica, sendo indicado para reparo de restaurações de cerâmica total e metalocerâmicas.

HOOSHMAND; van NOORT; KESHVAD (2002) realizaram um estudo com o objetivo de explorar métodos para melhorar a resistência da união de cerâmicas ricas em sílica-silano-resina, de forma a possibilitar a eliminação do condicionamento ácido da cerâmica com ácido fluorídrico que apresenta reconhecido potencial de dano à saúde humana. A hipótese testada foi a de que o processo de silanização pode ser melhorado a ponto de tornar o condicionamento com ácido fluorídrico desnecessário. A resistência da união foi avaliada por meio de teste de tração. Foi preparada uma solução de silano, deixando-a hidrolisar por 2h antes da aplicação nas superfícies de união (cerâmica-cimento-cerâmica). As amostras foram divididas em: G1 – amostras imersas em silano por 60s, secas com ar por 15s; G2 – amostras imersas em silano por 60s, secas em forno a 100°C por 2min; G3 – silano aplicado com pincel por 60s, secas com ar por 15s; G4 – silano aplicado com pincel por 60s, secas em forno a 100°C por 2min; G5 – silano aplicado com pincel por 60s, secas com ar quente (50 ± 5°C) por 15s; G6 – silano aplicado com pincel por 60s, enxágüe em água a 80°C, por 15s e secagem com ar quente por 30s; G7 – idem ao 6 e, então, aplicado uma camada de adesivo sem carga com pincel antes de aderir o compósito. Todas as amostras foram unidas com cimento dual, armazenadas a seco por 24h antes do ensaio mecânico. Para comparação do método de preparo da superfície, três novos grupos foram incorporados: G8 – jateamento com óxido de alumínio; G9 – condicionamento com ácido fluorídrico a 10% por 2 min; G10 – jateamento + condicionamento ácido. Para testar a durabilidade da união, outros seis grupos foram preparados para cada um dos últimos quatro métodos de preparo da superfície (G7-G10). Os armazenamentos foram: 1) água destilada a 37°C, por 24h; 2) água

destilada a 37°C, por 7 dias; 3) água destilada a 37°C, por 30 dias; 4) água destilada a 37°C, por 3 meses; 5) água destilada a 37°C, por 24h, e termociclagem (3000 ciclos); 6) armazenado em água fervendo (100°C) por 24h. Os resultados mostraram que o G7 foi o melhor método de aplicação de silano e que o armazenamento ou termociclagem não afetou a união. Desta forma, concluíram que a união resina/cerâmica rica em sílica pode ser obtida através da correta aplicação do silano, sem necessidade de condicionamento ácido.

MEYER FILHO (2002) avaliou a resistência da união por meio de testes de microtração entre resina composta e cerâmica, com o objetivo de determinar o efeito de diferentes tratamentos da superfície cerâmica. Os blocos cerâmicos foram agrupados de acordo com os seguintes tratamentos: G1 – HF 9,5% por 20s e silano; G2 – silano; G3 – HF e G4: sem tratamento. O grupo 4 teve de ser descartado antes do teste, pois não permitiu o corte dos corpos-de-prova. Os valores médios (MPa) obtidos foram: G1 – 56,8; G2 – 44,8; G3 – 35,1. Com base nos dados o autor concluiu que o G1 obteve os maiores valores de resistência, seguido pelo G2 e então pelo G3. Assim, o tratamento da superfície é importante para a união e sugere-se que o silano foi o principal responsável pelos valores alcançados no G1.

STEWART; JAIN; HODGES (2002) avaliaram a resistência da união imediata e após armazenamento por 6 meses de cerâmicas feldspáticas e 4 diferentes cimentos resinosos com o uso de 6 tratamentos da superfície. Os valores de resistência entre os 4 cimentos e a dentina foram mensurados. A

amostra consistiu de 480 discos (10mm de diâmetro e 4mm de espessura) de Ceramco II foram aleatoriamente divididos em 6 grupos (n=80). As cerâmicas receberam 6 tratamentos na superfície antes da aplicação do cimento. Os tratamentos foram: polimento com lixa #600, jateamento com óxido de alumínio, jateamento + silano, condicionamento + silano, ácido fluorídrico, ácido fluorídrico + silano. Cada grupo foi subdividido em 4 subgrupos (n=20) para a aplicação de 1 dos 4 cimentos: Nexus, Panavia 21, Rely X ARC e Calibra. Todas as amostras cimentadas foram testadas após 24hs e 6 meses de armazenamento em solução salina. Para a mensuração dos valores de resistência em dentina, as amostras foram preparadas com agentes de união e aplicação do cimento resinoso. O compósito Prodigy foi utilizado na união. Os dados foram anotados e submetidos à análise estatística. O ácido fluorídrico + silano produziram os maiores valores de resistência (15MPa), em todos os grupos (cimentos e tempos de armazenamento). O polimento com lixa #600 e jateamento com óxido de alumínio produziram os mais baixos valores de união (0 a 4MPa). Não houve diferença no tempo de armazenamento, para os 4 cimentos, quando o ácido fluorídrico foi utilizado + silano. Os agentes de união auto e fotopolimerizáveis foram os melhores materiais para união do que os sistemas dual. Dentro das limitações do estudo, concluiu-se que o ácido fluorídrico + silano produziu os maiores valores de resistência, nos dois tempos de armazenamento. Os sistemas adesivos auto e fotopolimerizáveis foram associados aos maiores valores de resistência em dentina do que os sistemas dual.

SCHMAGE et al. (2003) realizaram testes sobre a resistência da união ao cisalhamento e rugosidade, para avaliar o efeito de 4 métodos de

condicionamento: ponta diamantada fina, jateamento, ácido fluorídrico a 5%, e cobertura por sílica, para união de *brackets* metálicos à superfície de cerâmicas feldspáticas. O jateamento e o ácido fluorídrico foram avaliados após aplicação de silano. Foram confeccionados 120 discos de cerâmica, sendo que 50 foram utilizados para mensurar a rugosidade. Cerâmicas glazeadas foram utilizadas como grupo controle. Os *brackets* metálicos foram unidos a superfície por meio de compósitos autopolimerizáveis. As amostras foram armazenadas em solução de cloreto de sódio a 0,9% por 24h e termocicladas (5.000 ciclos, 5°C – 55° C, 30s). Os testes de resistência foram realizados em uma máquina de ensaio universal, e os resultados analisados estatisticamente. O condicionamento químico da superfície com ácido fluorídrico ou silanização resultaram nos mais baixos valores de rugosidade do que o condicionamento mecânico (ponta diamantada e jateamento). Os valores de resistência da união das superfícies tratadas com ácido fluorídrico com ou sem silano (12,2 MPa e 14,7 MPa, respectivamente), silanização (14,9 MPa) e jateamento com silano (15,8 MPa) foram significativamente maiores do que aquelas tratadas com ponta diamantada fina (1,6 MPa) ou jateamento (2,8 MPa). Os maiores valores de resistência da união foram obtidos com jateamento e silanização com silano ou ácido fluorídrico sem silano; estes cumpriram o limiar exigido. O uso de silano após o tratamento com ácido fluorídrico não aumentou os valores de resistência da união. O jateamento e a ponta diamantada exibiram os maiores valores de rugosidade; estes podem gerar danos à superfície cerâmica. O condicionamento ácido gera resultados aceitáveis para o uso clínico, mas riscos à saúde devem ser considerados. A técnica de silicalização tem

potencial para ser utilizada no lugar de outros métodos; falhas coesivas foram observadas na cerâmica durante a remoção dos *brackets*.

KUSSANO et al. (2003) avaliaram a resistência da união ao cisalhamento de cerâmica/compósito utilizando 40 amostras cilíndricas de metal+cerâmica+compósito, divididos em 4 grupos de acordo com o tratamento dado à cerâmica: 1) sem tratamento; 2) retenções mecânicas realizadas com ponta diamantada; 3) condicionamento com ácido fosfórico + silano; e 4) condicionamento com ácido fluorídrico + silano. Após serem armazenados em água destilada, temperatura ambiente, por uma semana, as amostras foram submetidas ao ensaio mecânico e os dados analisados pela ANOVA. As médias dos grupos (em MPa) foram: 4,71 (G1), 4,81 (G2), 11,76 (G3) e 11,07 (G4). Não houve diferença entre os grupos 1 e 2 e entre os grupos 3 e 4.

OZCAN e VALLITTU (2003) avaliaram o efeito de 3 métodos de condicionamento da superfície na resistência à união de cimentos à base de Bis-GMA a 6 cerâmicas. Foram utilizados 6 discos de cerâmica de cada uma das cerâmicas (cerâmica vítrea, alumina infiltrada vítrea, dióxido de zircônia infiltrada de vidro reforçada por alumina), totalizando 216 amostras. As amostras de cada grupo foram aleatoriamente divididas de acordo com o tratamento: 1) ácido fluorídrico; 2) abrasão; 3) cobertura sílica triboquímica. Os cimentos foram unidos aos discos de cerâmica usando moldes de polietileno. Todas as amostras foram secas e termocicladas (6000 ciclos, 5-55°C). O ensaio mecânico foi feito a uma velocidade de 1mm/min. Nas condições secas, as amostras de cerâmica vítrea condicionadas tiveram resultados maiores (26,4-29,4MPa) do que aquelas aluminizadas infiltradas por vidro (5,3-

18,1MPa) ou de zircônia (8,1MPa). A cobertura de sílica com silanização aumentou os valores de união significativamente para cerâmicas com alumina (8,5-21,8MPa) e de zirconia infiltrada de vidro (17,4MPa) comparada à abrasão. A termociclagem diminuiu os valores de união para todos os métodos testados. Os valores de resistência dos cimentos testados variaram de acordo com o tipo de cerâmica. O ácido fluorídrico foi o mais eficaz nas cerâmicas que continham matriz vítrea em sua estrutura. A abrasão aumentou os valores para as cerâmicas de alumina e os valores aumentaram significativamente após a cobertura com sílica/silanização.

OH e SHEN (2003) avaliaram se a resistência da união à tração de um compósito a 3 diferentes sistemas de união era afetada pelos procedimentos de preparo da superfície de cerâmicas. Foram utilizados 3 sistemas cerâmicos, Eris (ERV), Empress 1 (E1C), e um experimental (EXC), para fabricação de 12 blocos retangulares (5 X 5 X 10mm). Após o polimento, foram criadas 4 superfícies em cada bloco como segue: 1) sem polimento; 2) jateamento com partículas de óxido de alumínio 50 μ m(A); 3) condicionamento com ácido fluorídrico a 5% (E); 4) combinação de jateamento com condicionamento ácido (A/E). Um adesivo (Heliobond) foi aplicado na superfície tratada e um compósito (Tetric Ceram) construído incrementalmente. Foram preparados 12 grupos de combinações de tratamento, e 20 amostras por grupo foram obtidas de cada bloco tratado, com cortes em disco de diamante. Cada amostra foi submetida a uma força de tração, a uma velocidade de 0,5mm/min. O tipo de fratura foi determinado pelo MEV. E os testes de ANOVA e Duncan foram realizados para analisar os valores de resistência obtidos. As amostras dos

grupos não-tratados e EXC (A) foram separadas durante o seccionamento. A média dos valores em MPa foram: ERV (A): 2,6; E1C (A): 2,8; ERV (E): 3,1; ERV (A/E): 9,3; E1C (E): 10,5; E1C (A/E): 13,5; EXC (E): 19,2; EXC (A/E): 23,1. A análise estatística apresentou diferença estatística na resistência das cerâmicas e no tratamento das superfícies. O teste Duncan demonstrou que EXC>E1C>ERV para cerâmica; A/E>E>A para tratamento. O tipo de fratura foi uma combinação de falhas adesivas e coesivas. A resistência à tração de um compósito a uma cerâmica foi significativamente diferente, dependendo do tratamento da superfície. Entre os tratamentos analisados, a combinação de tratamentos demonstrou-se mais efetiva em termos de maiores valores de resistência.

PANNES et al. (2003) compararam a resistência da união de diversos sistemas de união quando unidos a *brackets* ortodônticos a superfícies de metalocerâmica. Foram confeccionados 50 discos de metalocerâmica (metal nobre e cerâmica feldspática) com 6mm de diâmetro e 3 mm de altura (1mm de metal e 2mm de cerâmica), que foram divididos em 5 grupos de 10 amostras. Para cada grupo foi utilizado um sistema de união (Fuji II LC, American Ortho Spectrum, Transbond, TP Orthodontics Python, e Herculite). Cada sistema, exceto o TP Orthodontics Python, foi utilizado com condicionadores do tipo ácido fosfórico a 35%-37,5%, e todos foram utilizados com a aplicação de silano. As amostras foram submetidas a forças graduais de carga acima de 123N até que ocorresse a fratura. Os valores de resistência foram medidos em MPa. As falhas foram observadas em um Microscópio Óptico (com 10X de aumento); os dados foram submetidos ao teste de Tukey e a ANOVA ($p<0,05$).

Para todas as amostras as falhas foram adesivas entre a cerâmica e o agente de união. Com base nos dados da literatura, os sistemas de união foram categorizados como sendo aceitáveis se seus valores de resistência fossem de 6-8MPa. Os sistemas Transbond, American Ortho Spectrum, e Fuji II LC tiveram valores entre 6-8MPa, considerando que o Herculite e TP Orthodontics Python obtiveram valores entre 2-4 MPa, sendo estatisticamente significativa a diferença nos valores. Dentro das limitações do estudo, os resultados afirmaram que o condicionamento com ácido fosfórico e a aplicação de silano como proposta pode ser alcançada, porém nem sempre com bons valores. Entretanto, alguns deles não tiveram todos os passos da aplicação do sistema de união realizados neste estudo. Os sistemas Transbond, American Ortho Spectrum, e Fuji II LC tiveram valores entre 6-8MPa, considerando que o Herculite e TP Orthodontics Python obtiveram valores entre 2-4 MPa.

HARARI et al. (2003) examinaram o efeito de 2 técnicas de condicionamento da cerâmica com 2 sistemas de união na resistência à tração, bem como o tipo de fratura e integridade da superfície da cerâmica após a desunião. Foram utilizadas 80 facetas cerâmicas, de incisivos inferiores. As superfícies foram condicionadas com ácido fluorídrico ou condicionamento ácido. Os *brackets* foram unidos com: adesivo ideal 1 sem silano ou Right-On com silano. O tipo de fratura foi avaliado e a integridade da superfície analisada microscopicamente. Os resultados demonstraram que tipo de condicionamento afeta os valores de resistência da união para os dois adesivos testados. O condicionamento com Right-On resultou significativamente nos maiores valores de resistência da união (ideal 1 – 7,7; Right-On – 7,1) quando comparado com

o condicionamento (ideal 1 – 4,1; Right-On – 3,8). O tipo de fratura foi, principalmente, adesiva e as facetas não demonstraram danos após a desunião. Este estudo mostrou que ambos, ideal 1 e Right-On, são aceitáveis para unir *brackets*, se a cerâmica for condicionada com ácido fluorídrico.

DELLA BONA; ANUSAVICE; MECHOLSKY Jr (2003) utilizaram os princípios da fractografia para classificar o tipo de fratura de resina unida à cerâmica após o teste de microtração. Foram selecionadas uma cerâmica à base de leucita (IPS Empress – E1) e uma à base de disilicato (IPS Empress 2 – E2), sendo que estas foram polidas com alumina 1 μ m. Os tratamentos da cerâmica foram (n=3): 1) ácido fluorídrico a 9,5% por 2 min; 2) flúor fosfato acidulado (FFA) a 4% por 2 min; 3) cobertura com silano; 4) ácido fluorídrico + silano; 5) FFA + silano. O adesivo e a resina foram aplicados em todas as superfícies tratadas. Foram preparados 20 palitos de cada grupo, armazenados em água destilada a 37°C por 30 dias antes do teste. Os sítios de fratura foram analisados com MEV e mapeamento por raios X. A análise estatística foi feita com ANOVA e teste de Duncan e Weibull. Os tratamentos similares da superfície foram associados com diferenças significativas de resistência. Todas as fraturas ocorreram na zona de união. A diferença microestrutural entre E1 e E2 foi o maior fator de controle na união. A qualidade da união não pôde ser baseada somente nos dados de resistência. O tipo de fratura e análise fractográfica pode promover informações importantes, permitindo predições dos limites de desempenho clínico do material.

BLATZ; SADAN; KERN (2003) realizaram uma revisão da literatura da união resinosa à cerâmica. A busca foi limitada a artigos publicados em inglês entre os anos de 1966 e 2001. Embora a união resinosa à cerâmica com constituição em sílica seja bem reportada e documentada, poucos estudos *in vitro* foram encontrados sobre união resinosa de cerâmicas altamente resistentes. De acordo com os dados disponíveis, sugere-se que a união resinosa a estes materiais é menos predizível e requer substancialmente diferentes métodos de união do que as necessidades “exigidas” pelas cerâmicas à base de sílica. Mais estudos *in vitro*, bem como estudos clínicos controlados, são necessários.

DELLA BONA; SHEN; ANUSAVICE (2004) testaram a hipótese de que o condicionamento químico e a aplicação do silano sobre a superfície da cerâmica irá influenciar na união (W_a) do adesivo à cerâmica. Selecionou-se uma cerâmica à base de disilicato de lítio. Foram confeccionadas 80 amostras, aleatoriamente distribuídas em 8 grupos, como segue: (1 e 3) polidas; (2 e 4) condicionadas com ácido fluorídrico (AF) a 9,5% por 1min; (5) condicionada com flúor fosfato acidulado (FFA) a 4% por 2 min; (6) silano; (7) condicionamento com AF por 1 min e silano; (8) condicionamento com FFA por 2min e silano. Os ângulos de contato foram medidos utilizando-se a pureza da água (72,6 mN/m) para os grupos 1 e 2, e da resina (39,7 mN/m) para os grupos 3-8. Observou-se que o ângulo de contato da resina foi mais baixo do que da água. A silanização produziu um W_a mais baixo quando comparado às amostras sem aplicação de silano. A silanização exibiu a mais baixa energia de superfície e não melhorou a união da resina.

KLOCKE e KAHL-NIEKE (2004a) avaliaram a influência da velocidade utilizada na desunião de *brackets* ortodônticos. 120 incisivos bovinos foram aleatoriamente divididos em 4 grupos de 30 amostras cada. Os dentes foram unidos aos *brackets* ortodônticos metálicos. As superfícies de esmalte foram condicionadas com ácido fosfórico a 37% por 30s e unidos com adesivo. O teste foi realizado em uma máquina Zwicki. As velocidades testadas foram: 0,1mm/s (grupo A), 0,5mm/s (grupo B), 1 mm/s (grupo C), 5 mm/s (grupo D). Os valores obtidos foram: 215,35N (39,09) (grupo A), 231,79 N (48,62) (grupo B), 236,64N (39,26) (grupo C), 224,95N (34,67) (grupo D). A análise de variância indicou não haver diferença significativa entre os grupos testados. As velocidades entre 0,1 - 5 mm/s não afetaram os valores de união ou no tipo de falha.

KLOCKE e KAHL-NIEKE (2004b) analisaram a influência da localização da força de desunião na resistência da união ao cisalhamento testando *brackets in vitro*. Foram selecionados 90 bovinos, aleatoriamente divididos em 3 grupos de 30 amostras. O esmalte dos dentes bovinos foram condicionados com ácido fosfórico a 37% por 30s e unidos com adesivo ao *bracket*. A localização da força de desunião foi: grupo A – base do *bracket*; grupo B – no meio do *bracket*, e grupo C – na asa do *bracket*. Os resultados foram os seguintes: 22,70 (4,23) MPa (grupo A); 11,52 (2,74) MPa (grupo B), e 9,44 (2,96) MPa (grupo C). A ANOVA demonstrou diferença estatística entre os grupos. O teste de Tukey demonstrou que o grupo C foi significativamente diferente dos outros grupos. O index de remanescente adesivo demonstrou

diferenças com médias de 1,53 no grupo A a 2,10 no grupo C. A localização da força de desunião teve influência significativa nos valores de resistência e padrões de fratura, indicando que este parâmetro precisa ser considerado para comparação entre estudos *in vitro* deste assunto.

ADDISON e FLEMING (2004) avaliaram o impacto da termociclagem em restaurações preparadas com condicionamento ácido ou jateamento com óxido de alumínio. Foram confeccionados discos de cerâmica, e estes tratados com ácido fluorídrico ou jateamento com óxido de alumínio. Após a cobertura com cimento resinoso, as amostras foram termocicladas. De acordo com os resultados houve diferença significativa entre os tratamentos de superfície, sendo que o condicionamento com ácido fluorídrico apresentou os mais baixos valores de resistência.

ATTIA e KERN (2004) avaliaram a influência de 2 sistemas de união na resistência à fratura de cerâmicas de baixa fusão e cerâmicas totais produzidas pelo sistema CAD-CAM. Foram fabricadas 42 coroas cerâmicas totais para pré-molares superiores, e como grupo controle 7 pré-molares. Os sistemas cerâmicos utilizados foram: Duceram (baixa fusão), Vita Mark II e ProCAD. As superfícies cerâmicas foram submetidas a um dos dois tipos de tratamento, sendo: ácido fluorídrico a 4,9% (Mirage ABC silano) ou ácido fosfórico a 65% e aplicação do primer (porcelain liner-M). As coroas foram cimentadas com Superbond C&B. Após 24hs de armazenamento, as amostras foram testadas, a uma velocidade de 1mm/min e os dados submetidos à análise estatística. Os valores médios de resistência à fratura (738,3N) não foram diferentes

estatisticamente entre os sistemas produzidos pelo CAD-CAM. Entretanto, os valores destas cerâmicas e do dente natural foram diferentes, com maiores valores do que as cerâmicas de baixa fusão. Não houve diferença significativa entre os tipos de cimentação, tanto quando tratados pelo ácido fluorídrico e silano quanto pelo ácido fosfórico e aplicação de primer. A aplicação do primer foi efetiva como método de pré-tratamento de superfícies de cerâmicas totais antes da cimentação.

ALBAKRY;

jateamento, jateamento e glaze. De acordo com os resultados, as amostras não tratadas e as polidas apresentaram a superfície mais irregular. As polidas obtiveram menores valores do que as jateadas. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre o controle, jateamento e lixadas. Os autores concluíram que a rugosidade por si só é capaz de produzir retentividade a do material adesivo.

PROPOSIÇÃO

3 Proposição

3.1 - Objetivo Geral

Devido às diferentes metodologias clínicas utilizadas para união de acessórios ortodônticos ao substrato dental recoberto por cerâmica, este estudo teve por objetivo avaliar a resistência da união *bracket*/cerâmica após a utilização de diferentes métodos de pré-tratamento sobre a superfície de duas cerâmicas.

3.2 - Objetivo Específico

Comparar o resultado do uso combinado e individual do pré-tratamento, bem como seu desempenho frente a diferentes substratos cerâmicos (Eris e d.Sign) sobre a resistência da união *bracket*/cerâmica.

MATERIAIS E MÉTODOS

4 Materiais e Métodos

4.1- Materiais

Para realização deste estudo foram selecionadas duas cerâmicas (Eris – Ivoclar Vivadent, Lienchtenstein, FL9494 Sehaan, Lote: E5861960 e d.Sign - Ivoclar Vivadent, Lienchtenstein, FL9494 Sehaan, Lote: B34275) e os materiais: **óxido de alumínio** (BioArt Equipamentos Odontológicos Ltda – São Carlos – SP), CoJet[®] (3M/ESPE Dental Products, St. Paul, MN 55144, USA, Lote: 6ST2), **agente silano Rely X Ceramic Primer** (3M/ESPE Dental Products, St. Paul, MN 55144, USA, Lote: 3UH), **Concise^{MR}** (3M do Brasil Ltda., Sumaré – SP, Lote: 15035), **ácido fluorídrico a 10%** (Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis – RJ, Lote: 262710), **ácido fosfórico a 35%** (Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis – RJ, Lote: 242437) (FIG.1).



FIGURA 1 – Materiais utilizados no estudo: cerâmicas Eris, cerâmica d.Sign, óxido de alumínio, CoJet[®], silano, Concise^{MR}, ácido fluorídrico a 10% e ácido fosfórico a 35%.

4.2 - Métodos

4.2.1 - Confeção das amostras de cerâmica

A) Cerâmica Eris e d.Sign – foram confeccionados 60 discos, de cada cerâmica, por meio de uma matriz plástica, com 5 mm de espessura, 7 mm de diâmetro. O pó da cerâmica foi aglutinado com o líquido e condensado por vibração na matriz plástica. O excesso do líquido aglutinante foi removido com papel absorvente (Melita do Brasil Ind. e Comércio Ltda – Avaré – São Paulo). Em seguida, o corpo-de-prova foi retirado da matriz e levado ao forno de cerâmica (Phoenix Quick Cool – Ceramco Inc., Burlington – NJ – USA), para realização do processo de sinterização e esfriamento natural. O forno foi regulado para velocidade de aquecimento de 60°C por minuto. A temperatura de pré-aquecimento (T1 - forno aberto) foi fixada em 403°C e a temperatura de queima (T2 - forno fechado) em 755°C. Os corpos-de-prova permaneceram cerca de cinco minutos na posição T1 e 30s em T2, com vácuo e 60s sem vácuo. Em seguida, aplicou-se o glaze.

4.2.2 – Fixação dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova foram embutidos em tubos de PVC (Tigre S.A. - Tubos, Conexões e Acessórios PVC – Joinville – SC), com 20 mm de diâmetro externo por 20 mm de altura. Em seguida, fez-se o preenchimento dos tubos de PVC com resina poliestirênica (Central do Fiberglass – Estreito – Florianópolis – SC), proporcionada e preparada de acordo com as recomendações do

fabricante. Para melhor visualização da distinção entre os grupos realizou-se a pigmentação (Clássico, Artigos Odontológicos – São Paulo – SP) da resina poliestirênica (**FIG 2**).



FIGURA 2 – Amostras cerâmicas embutidas em resina poliestirênica

4.2.3 – Termociclagem dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova foram submetidos a 800 ciclos térmicos (Ética Equip. Cient. S.A., série 96, nº 0364, modelo 521-E, São Paulo – SP), permanecendo por 30s a temperatura de 5°C e por igual período a 55°C, o intervalo entre os banhos foi de 10s. Este procedimento foi realizado com o intuito de ‘envelhecer’ as amostras, simulando as características das superfícies que serão tratadas pelo cirurgião-dentista, visto que nem sempre estas estarão por tempo recente na cavidade bucal quando a intervenção ortodôntica for realizada. Em seguida, foram divididos em oito grupos de 15 unidades, conforme o tratamento de superfície proposto e o tipo de cerâmica (**QUADRO 1**)

QUADRO 1 – Divisão esquemática dos corpos-de-prova conforme a interação pré-tratamento e tipo de cerâmica (n=15)

	Cerâmica Eris	Cerâmica d.Sign
Ácido fluorídrico a 10%	G1	G2
Ácido fluorídrico a 10% + agente silano	G3	G4
Jateamento com óxido de alumínio + ácido fosfórico a 35% + agente silano	G5	G6
Jateamento com CoJet + ácido fosfórico a 35% + agente silano	G7	G8

4.2.4 - Procedimentos de pré-tratamento

A) Protocolo para os grupos G1 e G2 (ácido fluorídrico a 10%)

1. condicionamento ácido com ácido fluorídrico a 10% por 20s;
2. enxágüe por 15s;
3. secagem por 10s.

B) Protocolo para os grupos G3 e G4 (ácido fluorídrico a 10%+ agente silano)

1. condicionamento ácido com ácido fluorídrico a 10% por 20s;
2. enxágüe por 15s;
3. secagem por 10s;
4. aplicação do agente silano, 3 camadas;
5. secagem por 15s;
6. fotoativação por 10s.

C) Protocolo para os grupos G5 e G6 (Jateamento com óxido de alumínio + ácido fosfórico a 35% + agente silano)

1. jateamento com óxido de alumínio por 15s, com pressão de 80 libras, a uma distância de 5mm;
2. condicionamento com ácido fosfórico a 35% por 30s;
3. enxágüe por 15s;
4. secagem por 10s;
5. aplicação do agente silano, 3 camadas;
6. secagem por 15s;

7. fotoativação por 10s.

D) Protocolo para os grupos G7 e G8 (jateamento com CoJet[®] + ácido fosfórico a 35% + agente silano)

1. jateamento com CoJet[®], por 15s, com pressão de 80 libras, a uma distância de 5mm;
2. condicionamento com ácido fosfórico a 35% por 30s;
3. enxágüe por 15s;
4. secagem por 10s;
5. aplicação do agente silano, 3 camadas;
6. secagem por 15s;
7. fotoativação por 10s.

4.2.5 - Colagem dos *brackets*

Foram selecionados *brackets* para incisivos inferiores, cuja superfície é plana. As dimensões foram mensuradas com auxílio de paquímetro digital (Mitutoyo – SP).

Sobre a superfície dos corpos-de-prova foi inserido o cimento Concise, em partes iguais, manipuladas por 10s, obtendo-se uma massa homogênea. Em seguida, com auxílio de uma pinça de apreensão ortodôntica (Dental Morelli Ltda – Sorocaba – SP), os *brackets* metálicos (Dental Morelli Ltda – Sorocaba – SP) foram posicionados na região central dos blocos de cerâmica, com pressão manual suficiente para adaptá-los (**FIG. 3**), e ainda promover o escoamento do cimento resinoso (**FIG. 4**). O excesso de resina que ultrapassou a base do *brackets* foi removido com sonda exploradora (Duflex – SS White Group, Gloucester, GL1 5SG – UK).



FIGURA 3 - Posicionamento do *bracket* com auxílio de pinça de apreensão

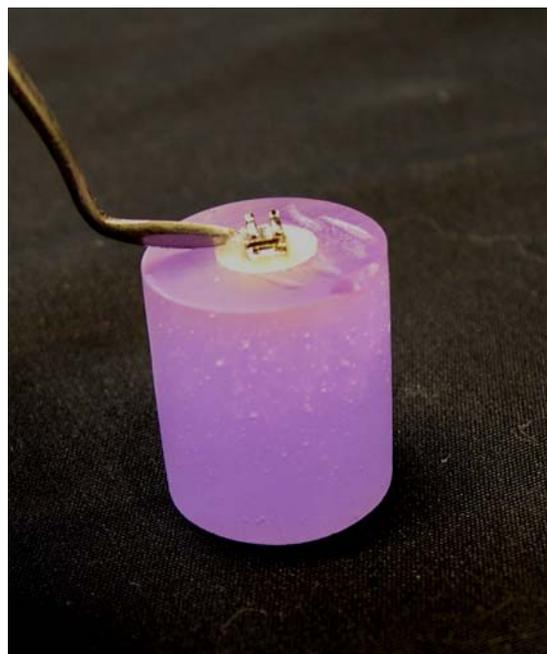


FIGURA 4 – *Bracket* posicionado e escoamento do excesso de material de cimentação

O conjunto cerâmica/*bracket* foi armazenado em estufa (QUIMIS – modelo Q317B, Diadema – SP) a 37°C em água destilada, por 24h, até o início dos testes mecânicos.

4.2.6 – Ensaio de resistência ao cisalhamento

O teste de resistência ao cisalhamento foi efetuado em uma máquina de ensaio universal (Instron Modelo 4444 – Canton – MA 02021 – USA), regulada para velocidade de cisalhamento de 0,5mm/min. O corpo-de-prova foi posicionado em uma luva metálica, com 20,5 mm de diâmetro interno por 20 mm de altura (**FIG. 5**).

O ensaio mecânico foi realizado com auxílio de cinzel (**FIG.6**) que, por sua vez, imprimiu um esforço de cisalhamento na interface cerâmica/*bracket*,

tentando simular o que ocorre na cavidade bucal, durante esforços mecânicos para movimentação dental, bem como mastigatórios.



FIGURA 5 - Posicionamento do corpo-de-prova na luva metálica para início do ensaio mecânico



FIGURA 6 - Posicionamento do cinzel sobre o corpo-de-prova

Os valores de resistência ao cisalhamento foram registrados em kN. Em seguida, foi calculado o valor de resistência ao cisalhamento em Kgf/cm^2 , através da seguinte fórmula: $R=F/A$, onde:

R= Resistência ao cisalhamento

F= Carga necessária para o rompimento de união *bracket/cerâmica*

A= Área de base do *bracket* (em cm^2)

Posteriormente, os valores de resistência ao cisalhamento em Kgf/cm^2 foram transformados em MPa.

4.2.7 - Análise dos padrões de fratura

Os tipos de fratura produzidos por todos os corpos-de-prova, pelo ensaio de cisalhamento foram observados primeiramente em Microscópio Estereoscópico (XLT30, Nova Optical Systems, Novo Tempo Co. e Participações Ltda – Piracicaba – SP), com aumento de 25X, para classificação

do tipo de fratura (*adesiva-cimento/bracket*, *adesiva-cerâmica/cimento*, *mista-cimento/bracket* ou *mista-cerâmica/bracket/cimento*).

Foi utilizada análise estatística descritiva (percentuais) para os resultados da análise dos padrões de fratura, bem como análise qualitativa por meio de escores. Os escores foram enumerados de acordo com a severidade de acometimento do substrato cerâmico, ou seja: maiores danos, maior o número do escore (**QUADRO 2**).

QUADRO 2 – Escores utilizados para avaliação qualitativa dos padrões de fratura.

Escore	Padrão de fratura
1	<i>adesiva – cimento/bracket</i>
2	<i>adesiva – cerâmica/cimento</i>
3	<i>mista – cimento/bracket</i>
4	<i>mista – cerâmica/bracket/cimento</i>

Em seguida, foram selecionados corpos-de-prova representativos de cada grupo para observação do padrão de fratura em Microscópio Eletrônico de Varredura (Philips XL-30, Philips Eletronic Instruments, Mahwah – NJ - USA).

Para análise em MEV, realizou-se a desidratação por imersão em etanol (F. Maia Ind e Co. Ltda, São Paulo – SP) com concentrações crescentes, por tempo determinado, como se segue:

- Etanol 25% - 20 min;
- Etanol 50% - 20 min;
- Etanol 75% - 20 min;
- Etanol 95% - 30 min;

- Etanol 100% - 60 min.

Após serem desidratados foram imersos em solução de HMDS (Eletron Microscopy Sciences, Washington – USA), por 10 min a temperatura ambiente (PERDIGÃO *et al.*, 1996). Em seguida, descartou-se a solução de HMDS e as superfícies foram colocadas sobre papel filtro (Melita do Brasil Ind. e Comércio Ltda, Avaré – SP), cobertos por Becker (Laborglass Ind. e Co. de Materiais para Laboratório Ltda – São Paulo – SP), para que houvesse a eliminação de excesso desta substância (HMDS), por 24h, dentro de uma capela com aspiração ligada.

Após o processo de secagem, os corpos-de-prova foram fixados sobre *stubs* de latão, com auxílio de fita de carbono, e então cobertos com ouro pelo processo de metalização (Bal-Tec SCD 005, Balzer, Liechtenstein), a 52mA por 180s e observados em MEV, regulado para 20kV, com aumentos de 15X e 60X.

4.3 – Análise estatística

Para análise dos dados obtidos, foram considerados os seguintes fatores de estudo: pré-tratamento e tipo de cerâmica.

Os resultados de resistência ao cisalhamento foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com arranjo fatorial dos níveis **cerâmica** (Eris e d.Sign) e **pré-tratamento** (ácido fluorídrico a 10%, ácido fluorídrico a 10% + silano, óxido de alumínio + ácido fosfórico a 35% + silano e CoJet + ácido fosfórico a 35% + silano), com nível de significância de 5%. As comparações múltiplas das médias foram realizadas com o teste de Tukey.

A comparação entre os grupos experimentais quanto aos padrões de fratura apresentados foi realizada através da Prova de Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5%. As comparações dos grupos aos pares foram realizadas com a Prova U de Mann-Whitney.

A correlação entre resistência ao cisalhamento e padrão de fratura foi realizada pela Correlação de Postos de Spearman.

RESULTADOS

5 RESULTADOS

5.1 - Ensaio da resistência da união ao cisalhamento

Com base nos dados obtidos após ensaio mecânico (**ANEXOS 1 e 2**), realizou-se o teste estatístico ANOVA e as causas de variação estão apresentados na **TAB.1**.

TABELA 1 – Análise de Variância para o ensaio de resistência da união ao cisalhamento em tipos de pré-tratamento e superfície cerâmica.

Causa da variação	GL	SQ	QM	F	Valor-p
Cerâmica	1	90,82	90,82	5,597	0,019707*
Pré-tratamento	3	4366,19	1455,40	89,962	0,0000*
Cerâmica*Pré-tratamento	3	90,05	30,02	1,850	0,142231
TOTAL	112	1817,38	16,23		

*diferença estatística significativa ($p < 0,05$)

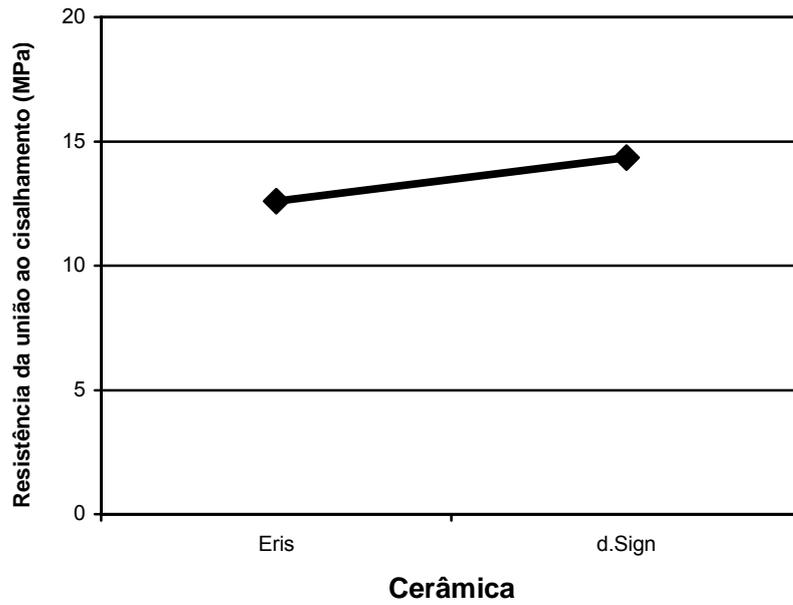
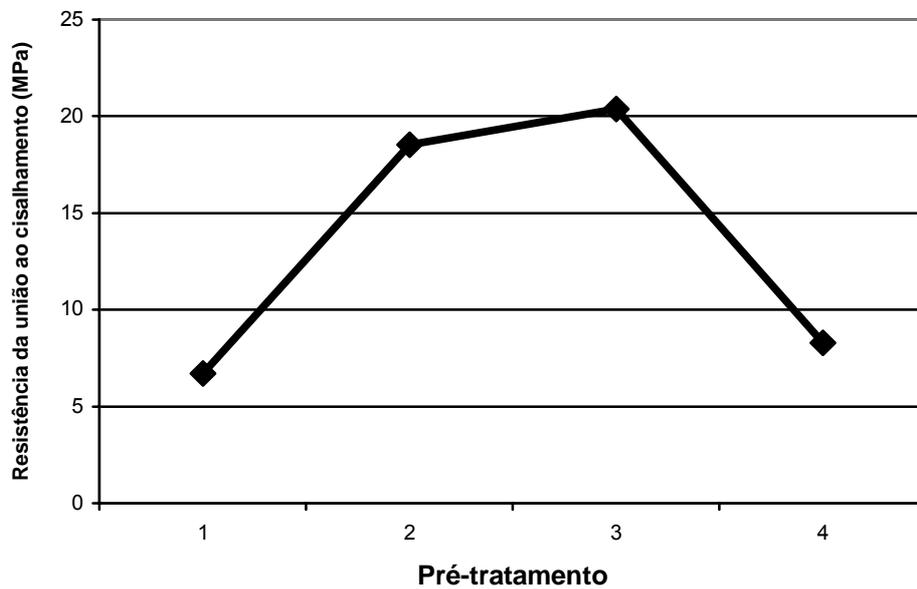
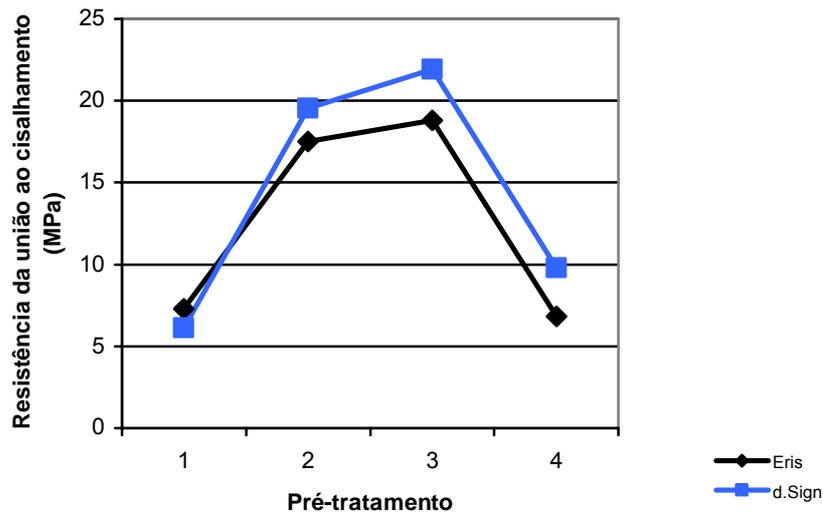


FIGURA 7 – Gráfico ilustrativo das médias originais da resistência da união ao cisalhamento de acordo com as cerâmicas estudadas.



*1 - ácido fluorídrico a 10%; 2 - ácido fluorídrico a 10% + silano; 3 - óxido de alumínio + ácido fosfórico a 35% + silano; 4 - CoJet + + ácido fosfórico a 35% + silano).

FIGURA 8 – Gráfico ilustrativo das médias originais da resistência da união ao cisalhamento de acordo com os pré-tratamentos estudados.



*1 - ácido fluorídrico a 10%; 2 - ácido fluorídrico a 10% + silano; 3 - óxido de alumínio + ácido fosfórico a 35% + silano; 4 - CoJet + + ácido fosfórico a 35% + silano).

FIGURA 9 – Gráfico ilustrativo das médias originais da resistência da união ao cisalhamento de acordo com a interação cerâmica*pré-tratamento.

Como a Análise de Variância indicou diferença entre os fatores em estudo cerâmica ($p < 0,019707$; **ANEXO 2**) e pré-tratamento ($p < 0,00001$; **ANEXO 2**), foi realizado um estudo de comparação das médias através do desdobramento da interação, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$; **ANEXO 3**), como na **TAB.2**.

TABELA 2 – Médias originais e desvio padrão através do teste de Tukey com nível de significância de 5%, obtidas através do ensaio mecânico.

Grupos	Média (MPa)	Teste de Tukey*	Desvio padrão
1	7,30	A	3,5043
2	6,12	A	3,1490
3	17,49	B	3,9677
4	19,54	B	4,3325
5	18,80	B	4,9050
6	21,93	B	4,6884
7	6,81	A	2,4816
8	9,77	A	4,5717

*médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A Figura 10 ilustra a comparação das médias entre os grupos, em função da diferença estatística observada no teste de Tukey.

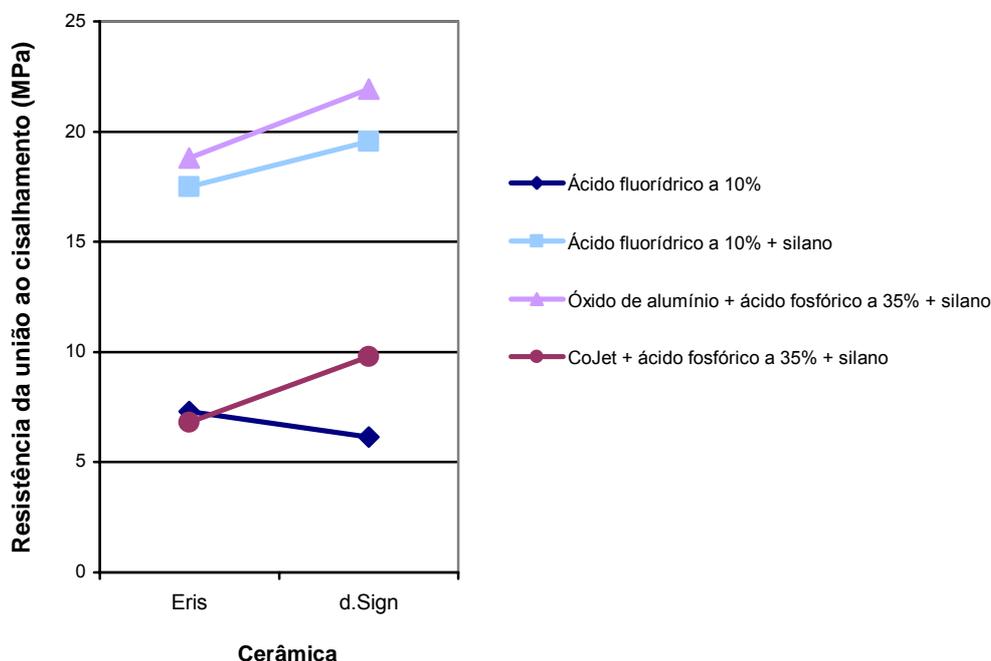


FIGURA 10 – Gráfico ilustrativo das médias originais da resistência da união ao cisalhamento das cerâmicas de acordo com o pré-tratamento estudado.

De acordo com a TAB. 2 e FIG.10, pôde-se observar que não houve diferença estatística significativa entre a utilização de ácido fluorídrico a 10% (G1 e G2) e jateamento com CoJet[®] + ácido fosfórico a 35% + agente silano (G7 e G8) para os dois tipos de cerâmicas. Da mesma forma, observou-se que a utilização de ácido fluorídrico a 10% + agente silano (G3 e G4) apresentou resultados similares às amostras tratadas com jateamento com óxido de alumínio + ácido fosfórico a 35% + agente silano (G5 e G6).

5.2 - Análise do padrão de fratura

TABELA 3 - Distribuição em percentuais dos padrões de fratura encontrados nos corpos-de-prova após ensaio de cisalhamento.

Grupos	Padrão de fratura (%)			
	Adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	Adesiva (cerâmica/cimento)	Mista (cimento/ <i>bracket</i>)	Mista (cimento/ <i>bracket</i> / cerâmica)
1	0	100	0	0
2	0	100	0	0
3	46,66	0	53,33	0
4	0	60	40	0
5	33,33	0	6,66	60
6	26,66	0	6,66	66,66
7	93,33	0	6,66	0
8	100	0	0	0

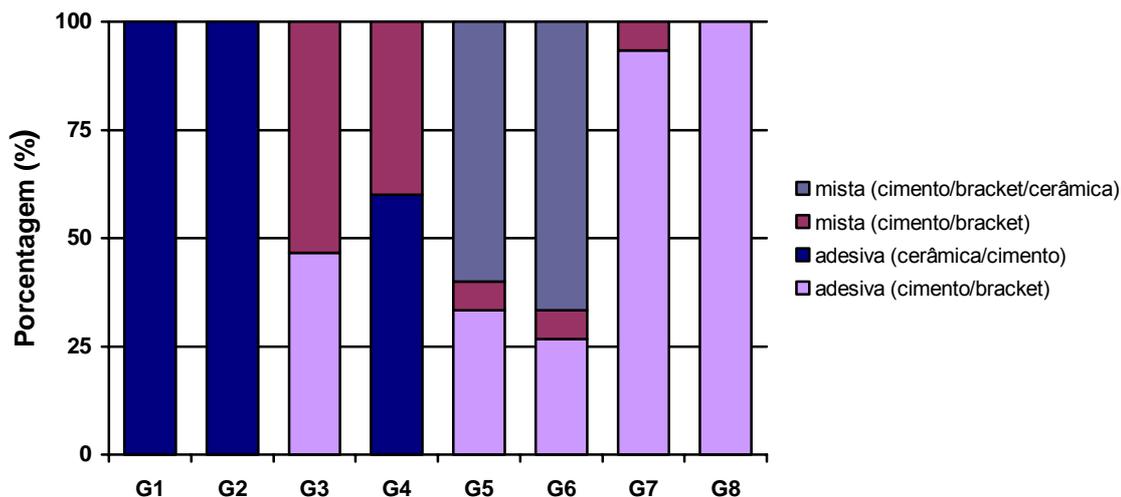


FIGURA 11 – Gráfico ilustrativo da distribuição dos padrões de fratura encontrados nos corpos-de-prova após ensaio de cisalhamento.

De acordo com a TAB. 3 e FIG. 11, observou-se predominância de falhas adesivas (cerâmica/cimento) para G1 e G2, enquanto para o G4 e esta foi observada em 60% das amostras. Nos grupos 7 (93,3%) e 8 (100%) as falhas adesivas foram entre o cimento ortodôntico e o *bracket*. Já para G5 e G6 a falha predominante foi a do tipo mista (cimento/bracket/cerâmica), 60 e 66,66%, respectivamente. E, por fim, o G3 apresentou maior predominância de falhas do tipo mista (cimento/*bracket*) em 53,33% das amostras.

Inicialmente, os grupos foram comparados quanto aos escores de padrão de fratura através da Prova de Kruskal-Wallis (**ANEXOS 5 e 6**).

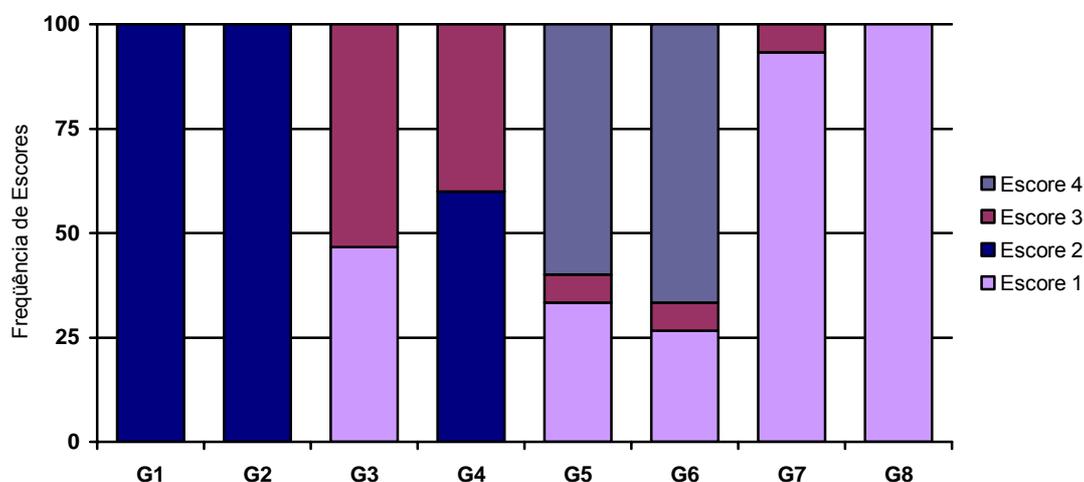


FIGURA 12 – Gráfico ilustrativo das frequências absolutas dos escores em cada grupo ($H=52,49$; $p<0,0001$).

Através da Prova U de Mann-Whitney, os grupos foram comparados dois a dois (**TAB. 4; ANEXO 7**). A tabela abaixo indica os valores de significância entre os grupos que não apresentaram diferença estatística, com relação às cerâmicas.

TABELA 4 – Comparações dos padrões de fratura através da prova U de Mann-Whitney.

Comparações entre grupos	U	p*
G1XG2	112,500	1
G3XG4	96,000	0,460419
G5XG6	104,500	0,695646
G7XG8	105,000	0,317310

*diferença estatística significativa ($p<0,05$)

Pelos dados acima, observa-se que a cerâmica não influenciou no padrão de fratura, pois quando o mesmo pré-tratamento foi realizado não houve diferença no padrão de fratura entre as duas cerâmicas avaliadas.

Porém, a correlação entre resistência ao cisalhamento e padrão de fratura foi realizada pela Correlação de Postos de Spearman (**ANEXO 8**), mostrando que quanto maior o valor de resistência da união mais severo o padrão de fratura.

As fotomicrografias a seguir (**FIGS. 13 a 27a**) ilustram os padrões de fraturas representativos encontrados em cada grupo.

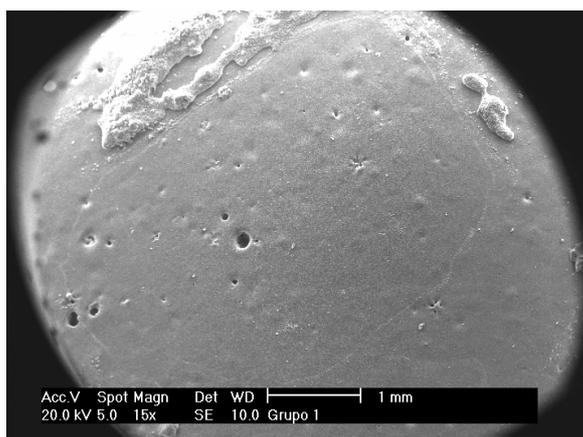


FIGURA 13 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G1, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície da cerâmica aparentemente livre de material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/cerâmica).

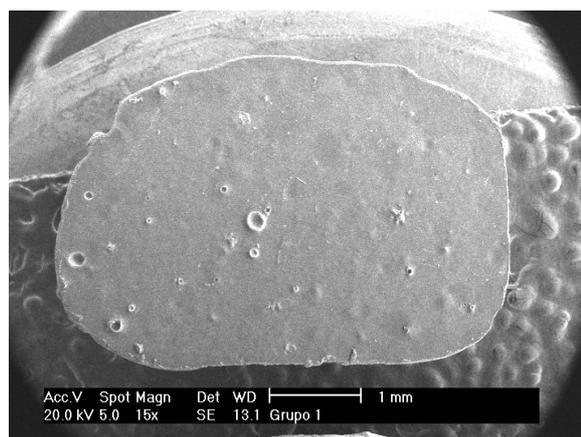


FIGURA 13a – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G1, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície do *bracket* encoberto por material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/cerâmica).

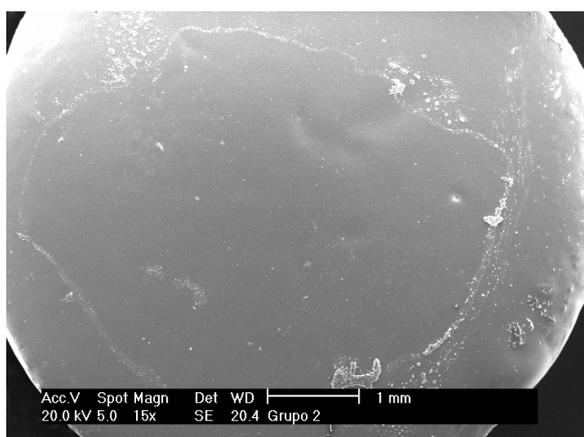


FIGURA 14 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G2, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície da cerâmica aparentemente livre de material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/cerâmica).

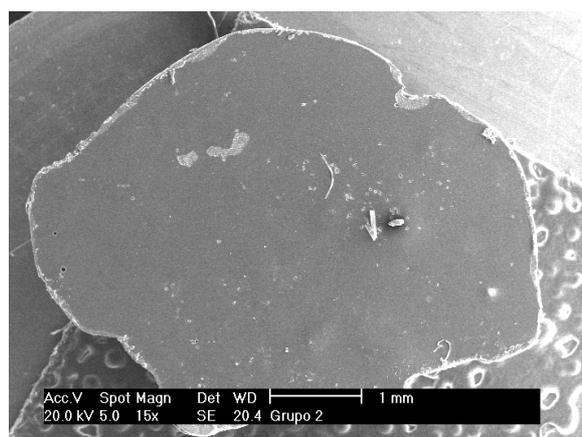


FIGURA 14a – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G2, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície do *bracket* encoberto por material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/cerâmica).

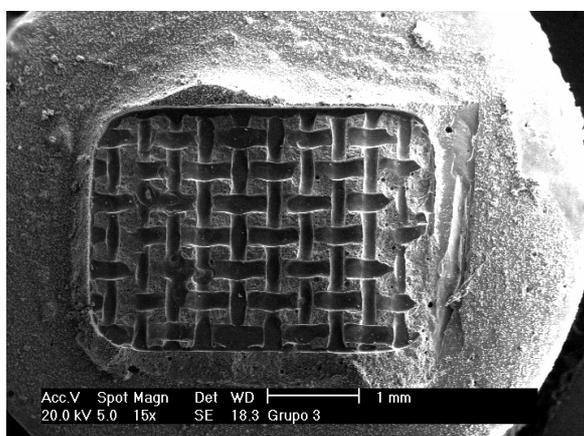


FIGURA 15 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G3, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície da cerâmica encoberta por material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/*bracket*).

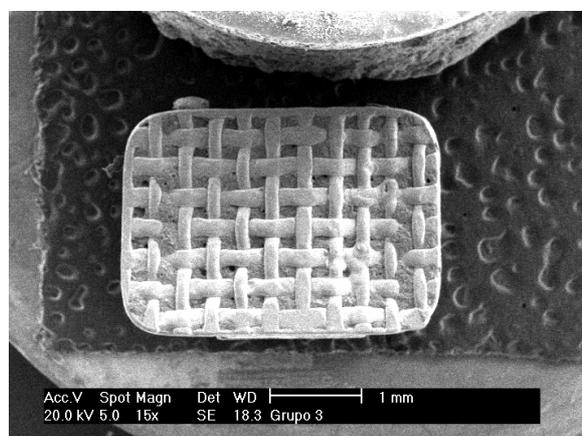


FIGURA 15a – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G3, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície do *bracket* aparentemente livre de material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/*bracket*).

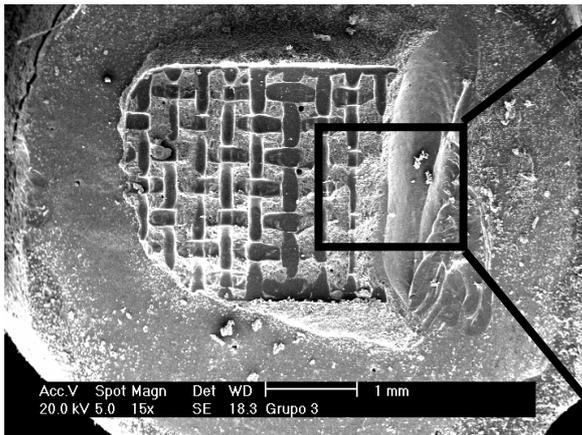


FIGURA 16 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G3, após ensaio de cisalhamento. Nota-se remanescente de material de cimentação, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

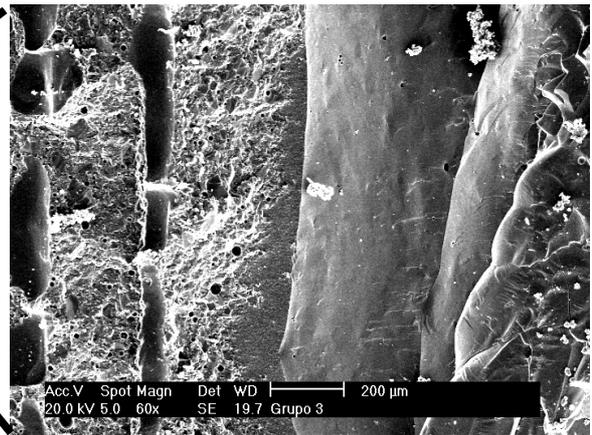


FIGURA 16a – Aspecto morfológico (G3) da área delimitada (60X), ilustrando remanescentes de material de cimentação.

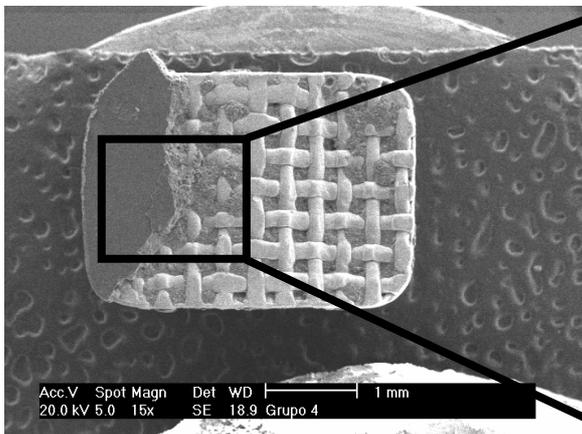


FIGURA 17 – Aspecto morfológico (G4), ilustrando remanescentes de material de cimentação sobre a superfície do *bracket*, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

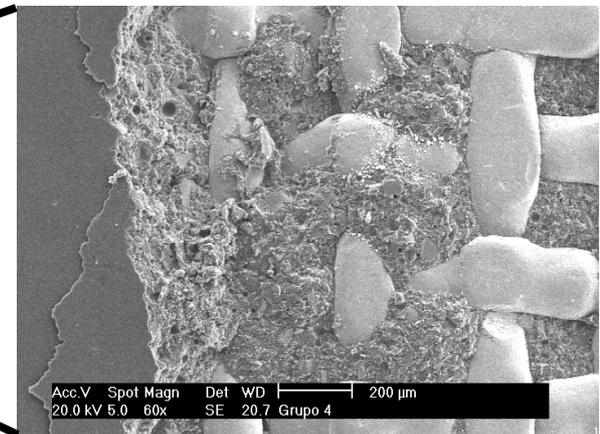


FIGURA 17a – Aspecto morfológico (G4) da área delimitada (60X), ilustrando remanescentes de material de cimentação sobre a superfície do *bracket*, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

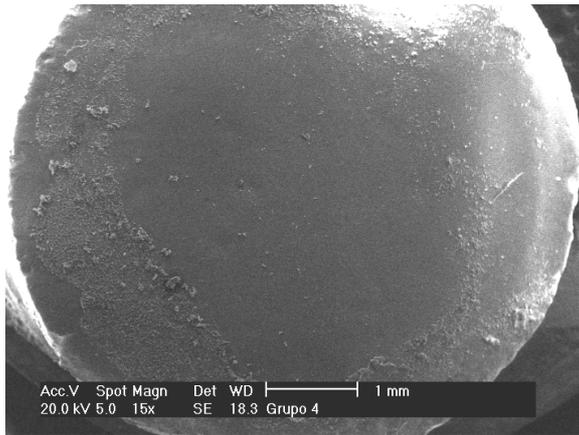


FIGURA 18 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G4, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície da cerâmica aparentemente livre de material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/cerâmica).

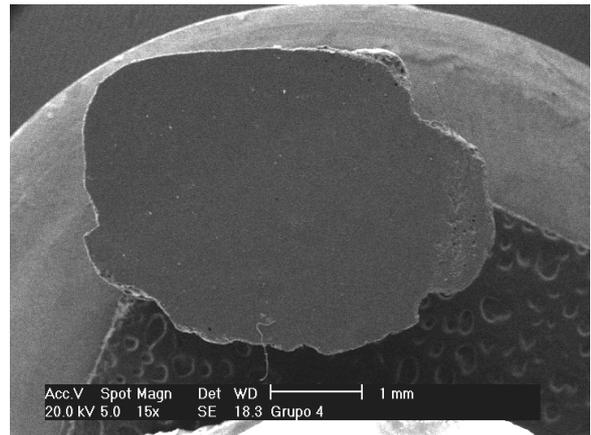


FIGURA 18a – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G4, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície do *bracket* encoberto por material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/cerâmica).

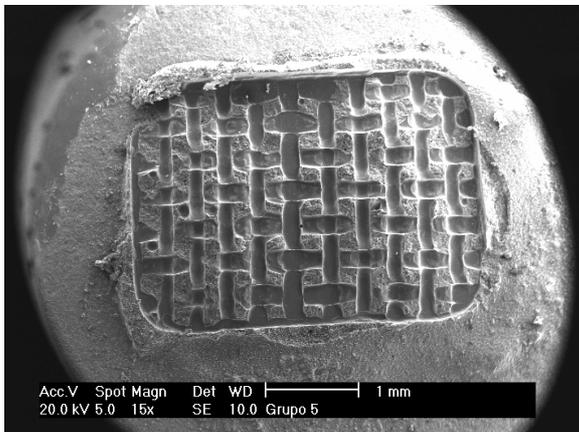


FIGURA 19 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G5, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície da cerâmica encoberta por material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/*bracket*).

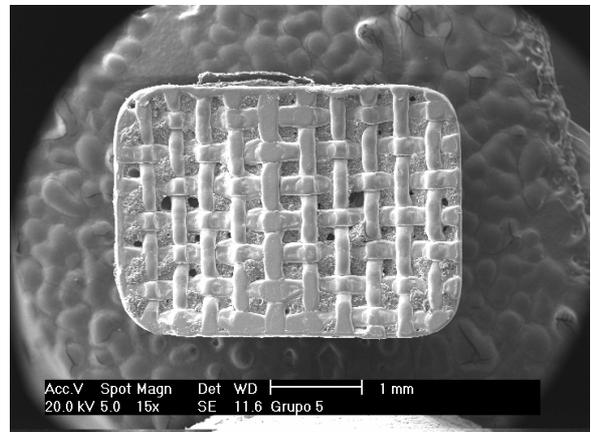


FIGURA 19a – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G5, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície do *bracket* aparentemente livre de material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/*bracket*).

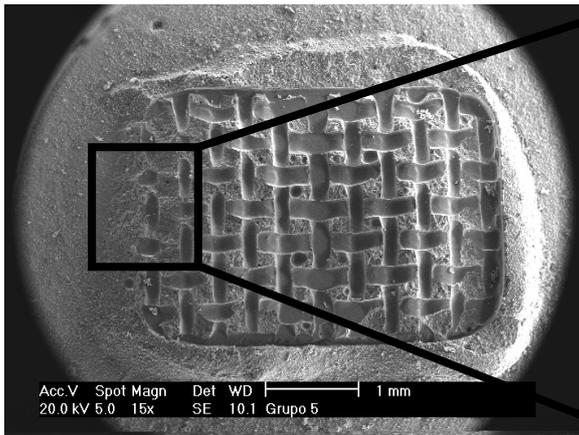


FIGURA 20 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G5, após ensaio de cisalhamento. Nota-se remoção parcial do material de cimentação, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

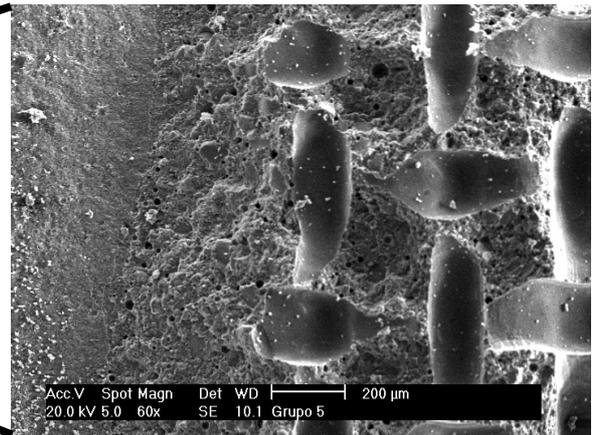


FIGURA 20a – Aspecto morfológico (G5) da área delimitada (60X), ilustrando remoção parcial de material de cimentação, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

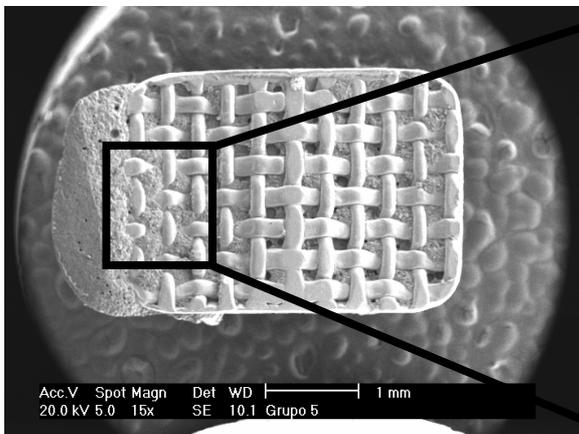


FIGURA 20b – Aspecto morfológico (G5), ilustrando remanescentes de material de cimentação sobre a superfície do *bracket*, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

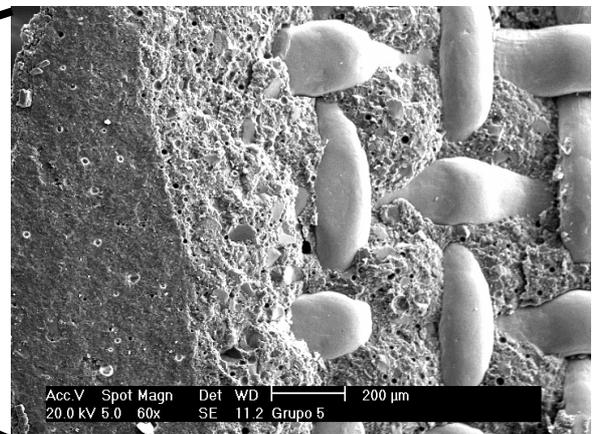


FIGURA 20c – Aspecto morfológico (G5) da área delimitada (60X), ilustrando remanescentes de material de cimentação sobre a superfície do *bracket*, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

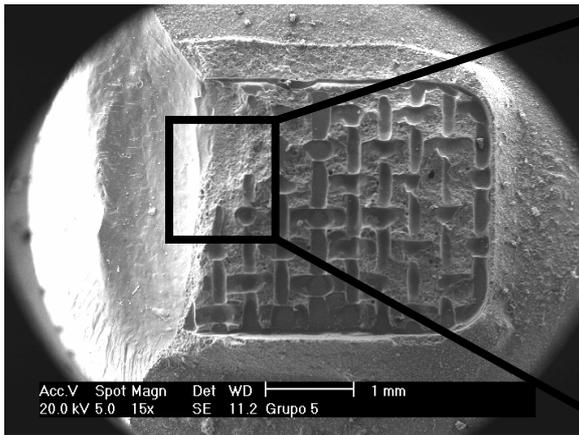


FIGURA 21 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G5, após ensaio de cisalhamento. Nota-se remanescente de material de cimentação e fratura da superfície cerâmica, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*/cerâmica).

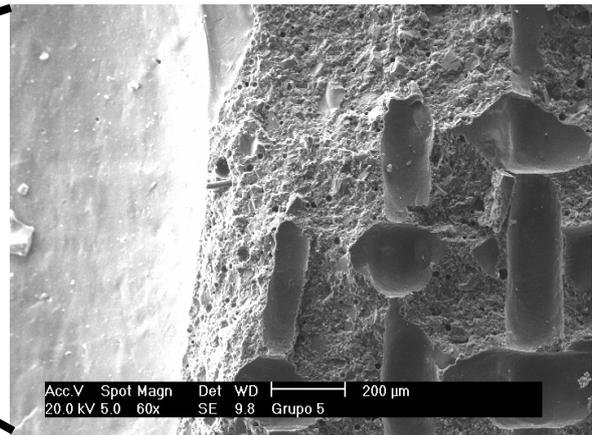


FIGURA 21a – Aspecto morfológico (G5) da área delimitada (60X), ilustrando remanescentes de material de cimentação, e fratura da superfície cerâmica, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*/cerâmica).

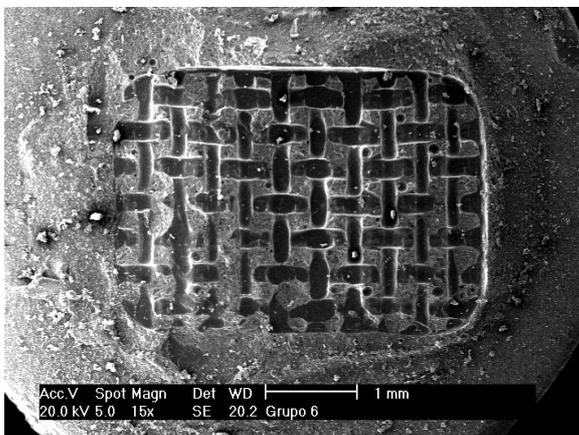


FIGURA 22 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G6, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície da cerâmica encoberta por material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/*bracket*).

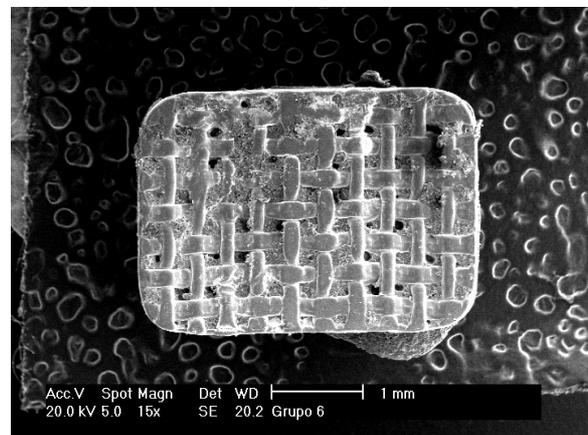


FIGURA 22a – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G6, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície do *bracket* aparentemente livre de material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/*bracket*).

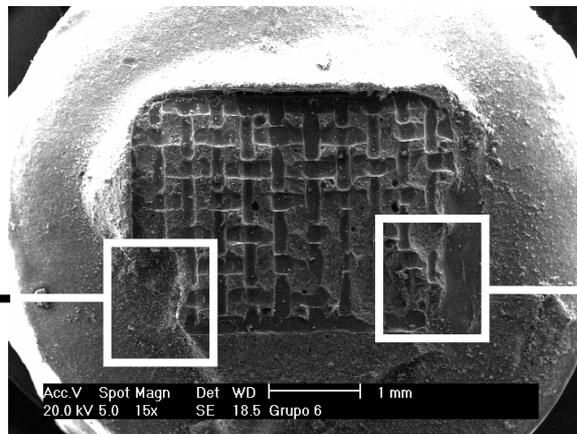


FIGURA 23 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G6, após ensaio de cisalhamento. Nota-se remoção parcial do material de cimentação, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

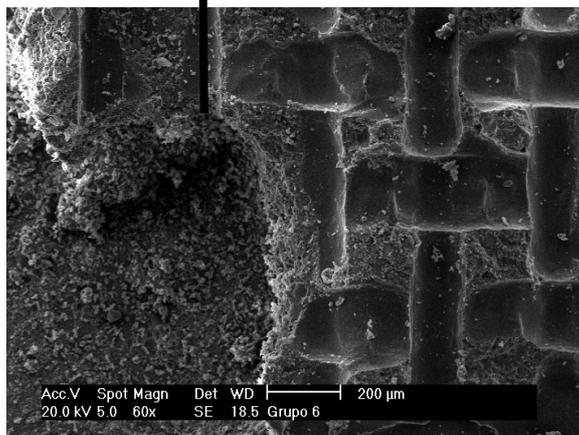


FIGURA 23a – Aspecto morfológico (G6) da área delimitada (60X), ilustrando remoção parcial do material de cimentação, e fratura da superfície cerâmica, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

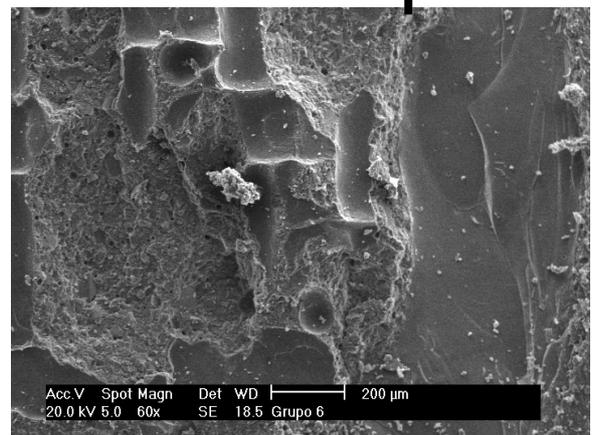


FIGURA 23b – Aspecto morfológico (G6) da área delimitada (60X), ilustrando remoção parcial do material de cimentação, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

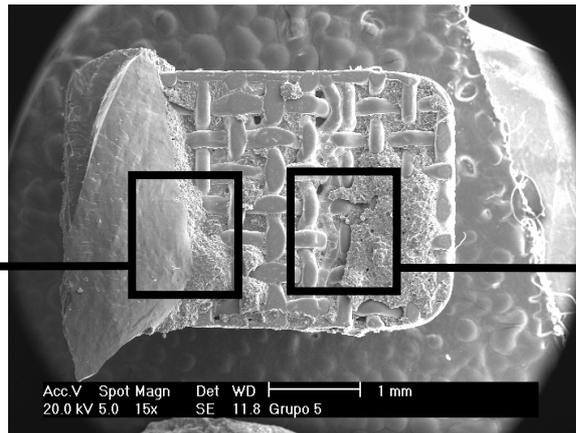


FIGURA 24 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G6, após ensaio de cisalhamento. Nota-se remanescente de material de cimentação e cerâmica sobre a superfície do *bracket*, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*/cerâmica).

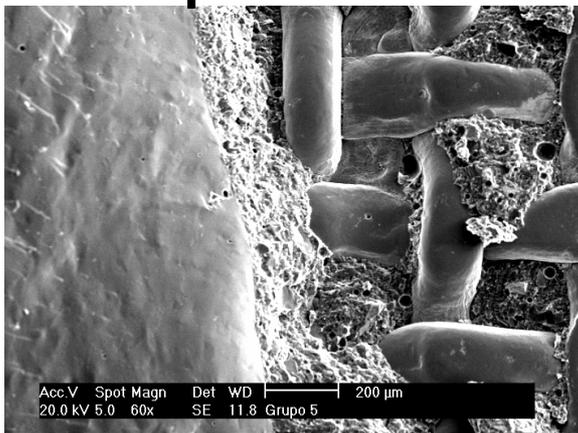


FIGURA 24a – Aspecto morfológico (G6) da área delimitada (60X), ilustrando remanescentes de material de cimentação e cerâmica, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*/cerâmica).

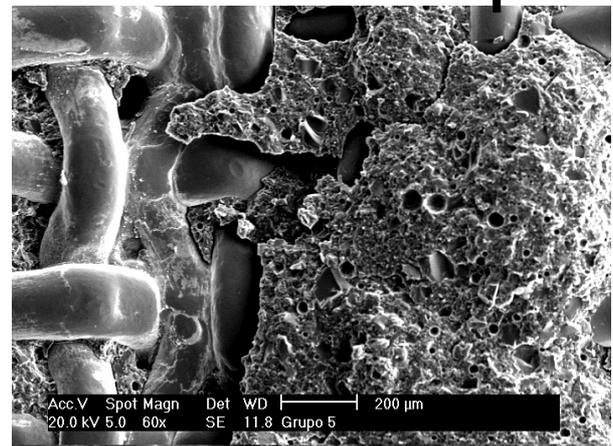


FIGURA 24b – Aspecto morfológico (G6) da área delimitada (60X), ilustrando remanescentes de material de cimentação, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

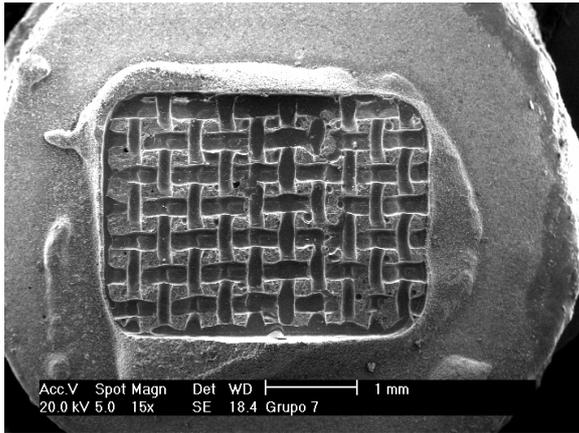


FIGURA 25 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G7, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície da cerâmica encoberta por material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/*bracket*).

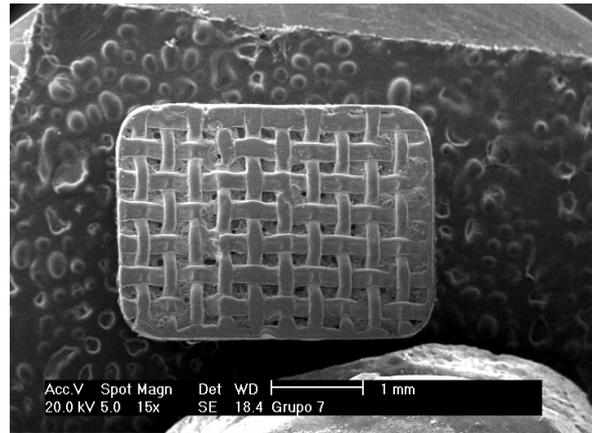


FIGURA 25a – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G7, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície do *bracket* aparentemente livre de material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/*bracket*).

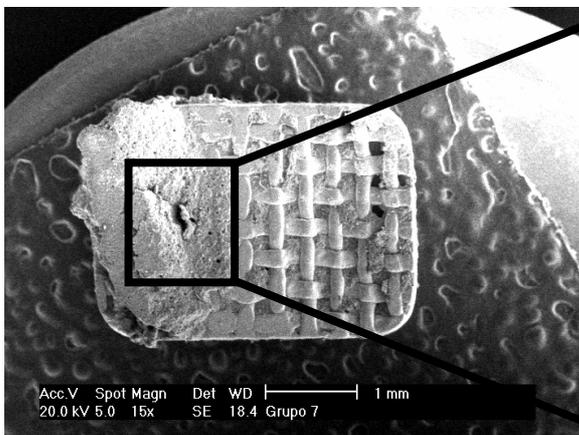


FIGURA 26 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G7, após ensaio de cisalhamento. Nota-se remanescente de material de cimentação sobre a superfície do *bracket*, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

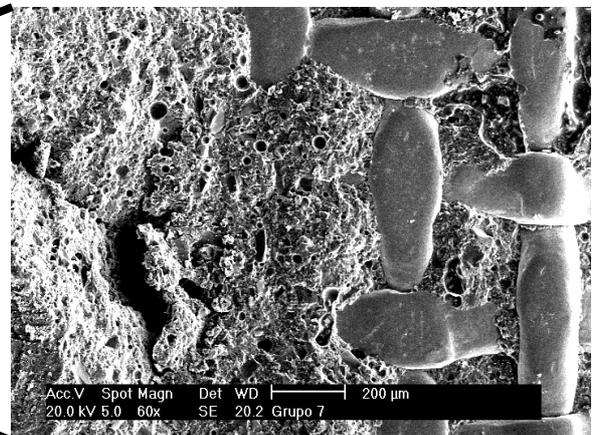


FIGURA 26a – Aspecto morfológico (G7) da área delimitada (60X), ilustrando remanescentes de material de cimentação, caracterizando falha mista (cimento/*bracket*).

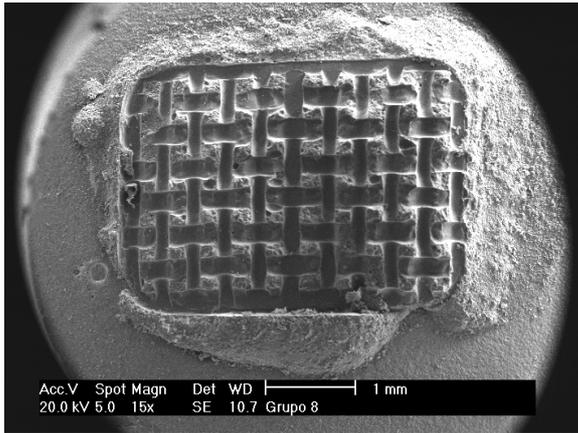


FIGURA 27 – Aspecto morfológico de um padrão de fratura do G8, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície da cerâmica encoberta por material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/*bracket*).

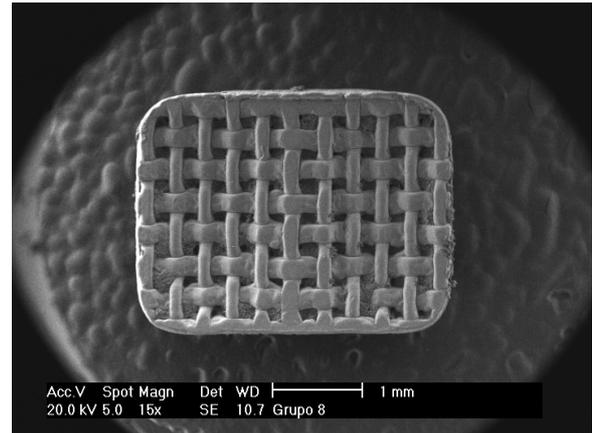


FIGURA 27a – Aspecto morfológico do padrão de fratura do G8, após ensaio de cisalhamento. Nota-se superfície do *bracket* aparentemente livre de material de cimentação, caracterizando falha adesiva (cimento/*bracket*).

DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

Atualmente, um belo sorriso alinhado e harmonioso define pela mídia uma pessoa bem-sucedida, com saúde e jovem. Isto tem aumentado a busca de Ortodontista, que além de devolver o posicionamento correto dos dentes, e recuperar a função do aparelho estomatognático, corrige a harmonia dos dentes e conseqüentemente melhora a estética. Esta demanda de estética tem ocorrido, principalmente, entre os pacientes adultos (BARBOSA et al., 1995; GILLIS e REDLICH, 1998; KOCADERELI; CANAY; AKÇA, 2001; SANT'ANNA et al., 2002; HARARI et al., 2003; USUMEZ e AYKENT, 2003; PANNES et al., 2003;SCHMAGE et al., 2003).

No entanto, muitas são as variáveis ao se diagnosticar e elaborar um plano de tratamento. Como a faixa etária de procura pelo ortodontista foi ampliada, tornou-se freqüente a presença de pacientes com procedimentos restauradores, como coroa total metálica, coroas de diferentes composições de cerâmicas (feldspáticas, leucita, alumina), cerômeros, facetas em cerâmica (ZACHRISSON; ZACHRISSON; BÜYÜKYILMAZ, 1996; HUANG e KAO, 2001; KOCADERELI; CANAY; AKÇA, 2001, SANT'ANNA et al., 2002; HARARI et al., 2003; SCHMAGE et a., 2003). Diante de cada variação, o profissional precisa tomar decisões de como conseguir uma melhor fixação do acessório ortodôntico que, por conseqüência, irá movimentar os dentes. O desprendimento de um *bracket* gera transtorno ao paciente e ao profissional. Assim, o tratamento da superfície, principalmente das cerâmicas, torna-se de extrema importância.

Estudos *in vitro* avaliam a união ortodôntica a diferentes substratos. Porém, devido à ausência de estudos clínicos, muitas vezes pela impossibilidade de se obter os resultados frente à metodologia científica necessária, os valores de resistência da união, tipo de material e acessório ortodôntico indicado são transportados para a rotina clínica (KLOCKE e KAHL-NIEKE, 2004a).

Entretanto, a comparação entre estudos que avaliaram a resistência da união de *brackets* fixados a diferentes substratos, através da metodologia do teste de cisalhamento, demonstraram grande variabilidade, devido aos diferentes métodos e condições estabelecidas para se realizar o teste propriamente dito, tornando-se notável a falta de padronização de um protocolo metodológico (KLOCKE e KAHL-NIEKE, 2004a).

Dentre as variáveis de metodologia, Lindemuth e Hagge (2000) revisaram estudos que utilizaram este teste e observaram que a velocidade de aplicação da força variava de 0,05 a 50 mm/min, sendo prevalente a força de 5 mm/min, contrariando as especificações da ISO que preconiza a velocidade de 0,75mm/min. Com o intuito de observar se a velocidade influenciava nos valores de resistência da união, Klocke e Kahl-Nieke (2004a) testaram as velocidades de 0,1, 0,5, 1 e 5 mm/min e observaram que não houve diferença estatística significativa. Porém, no mesmo trabalho os autores reportam que outras variáveis devem ser levadas em consideração, como: tipo de instrumento utilizado para promover a desunião, intervalo de tempo entre a união e a desunião, método de armazenamento das amostras, preparo e tipo de substrato, direção e método de desunião e número de amostras por grupo. Assim concluem que devido à utilização de diferentes protocolos tem-se

amplos e variados resultados e por isso conclusões contundentes não deveriam ser tiradas quando materiais e técnicas são comparados.

Ainda com relação ao emprego metodológico do teste de cisalhamento, Klocke e Kahl-Nieke (2004b) questionaram a localização do instrumento aplicado sobre a interface testada com relação aos valores de resistência da união produzidos. Os autores avaliaram três posições (na base, no meio e na extremidade mais externa do *bracket*), e reportaram que a localização está diretamente relacionada com os valores de união obtidos, sendo: 22,70, 11,52 e 9,44 MPa, respectivamente; e que a distribuição e pico do *stress* (em esmalte) reduz em 49,3% quando se faz a aplicação da força no meio e não na base do *bracket*. Neste estudo, optou-se por fazer a aplicação da força no meio uma vez que ao adaptá-lo à base do *bracket*, mediante o aumento da força aplicada, este direcionava-se para meio, devido à espessura da base e à ponta do instrumento utilizado. Assim, utilizou-se o teste de cisalhamento, apesar de ser considerado inadequado devido à forma como são distribuídas as forças na interface (van NOORT et al., 1989; CHADWICK; MASON; SHARP, 1998; CHEN et al., 2001). Por mais que se busque outro tipo de teste, tratando-se de união de *brackets*, nenhum estímulo gerado em laboratório irá desempenhar as mesmas forças presentes na cavidade bucal, como: cisalhamento, tração, forças tensionais e muitas vezes a combinação de todas estas (ZACHRISSON; ZACHRISSON; BÜYÜKYILMAZ, 1996; HOOSHMAND; van NOORT; KESHVAD, 2002).

A presença de um substrato como a cerâmica, tratando-se de união, faz com que seja necessário o conhecimento do comportamento destes materiais quanto ao tratamento da superfície e posterior cimentação dos *brackets*

(DELLA BONA; SHEN; ANUSAVICE, 2004). E é dependente de inúmeros fatores como origem do tipo de material, tratamento da superfície e efetiva união entre substrato e acessório ortodôntico (*bracket*). Em contrapartida, esta efetiva união, por sua vez, depende não somente do substrato e do agente cimentante, como também de suas inter-relações com as interfaces formadas após a união (JEDYNAKIEWICZ e MARTIN, 2001; DELLA BONA; SHEN; ANUSAVICE, 2004).

Desta forma, o “conjunto” formado entre substrato/*bracket* deve resistir preferencialmente a todos os tipos de pressões ou tensões exercidas na cavidade bucal.

Desde 1955, quando Buonocore mostrou ser possível aderir material ao dente, passou-se a estudar os valores de resistência da união em esmalte por meio de diferentes pré-tratamentos do substrato com condicionamento ácido, bem como tem-se buscado o entendimento, e o melhor método de sua execução na prática clínica.

Este avanço tecnológico não ficou restrito apenas às estruturas dentárias (esmalte e dentina), mas também a substratos cerâmicos, metálicos, cerâmicos e metalocerâmicos. O surgimento de sistemas de união específicos, como o agente silano, para reparo de restaurações cerâmicas, é um exemplo (HIGHTON, CAPUTO e MATYAS, 1979).

A reação química do silano é conseguida através de uma fórmula γ -methacriloxypopyltrimetoxysilano, cuja molécula é bifuncional, capaz de se unir a superfícies orgânicas e/ou inorgânicas (HIGHTON; CAPUTO. MATYAS, 1979; JEDYNAKIEWICZ e MARTIN, 2001), adsorvendo e alterando a superfície (HIGHTON; CAPUTO. MATYAS, 1979), formando uma camada

interfase (HOOSHMAND; van NOORT; KESHVAD, 2002). Com sua aplicação em superfícies previamente condicionadas tem-se o molhamento do sólido, permitindo melhor escoamento da resina, além da união química entre resina/cerâmica (HIGHTON; CAPUTO. MATYAS, 1979; CALAMIA et al., 1985; LU et al., 1992; ZACHRISSON; ZACHRISSON; BÜYÜKYILMAZ, 1996; SHAVERDI et al., 1998; ÖZCAN, 2002; ADDISON e FLEMING, 2004).

Concomitantemente houve o melhoramento dos sistemas cerâmicos no que se refere à composição, propriedades físicas e mecânicas (BLATZ, SADAN, KERN, 2003). Vale ressaltar aqui que com todo este desenvolvimento tecnológico, torna-se praticamente impossível que o cirurgião-dentista seja capaz de diferenciar os vários tipos e marcas de cerâmicas utilizadas em uma situação clínica, a não ser que este tenha executado o tratamento de reabilitação, bem como conhecimento das técnicas e marcas comerciais de escolha do laboratório de prótese utilizado. Muitas destas marcas comerciais podem ser similares quanto à composição química, mas ainda assim possuem diferenças em seus constituintes, estrutura cristalina, tamanho da partícula, morfologia e topografia (ZACHRISSON, ZACHRISSON e BÜYÜKYILMAZ, 1996).

Aliadas ao não conhecimento do tipo de substrato com que se está trabalhando, estão as dúvidas quanto ao melhor tratamento da superfície quando se visa aos adequados valores de resistência da união, quer seja para união com acessórios ortodônticos, quer seja para reparo intrabucal (STEWART; JAIN; HODGES, 2002).

Neste estudo, optou-se por avaliar duas cerâmicas de cobertura – feldspáticas (Eris e d.Sign), de composições similares, porém com diferentes

indicações, sendo: cobertura do IPS Empress II e cobertura de metalocerâmicas, respectivamente. Assim, com base nos dados obtidos seria possível indicar o pré-tratamento mais adequado para cada uma das cerâmicas testadas.

Além desta escolha, optou-se por realizar a termociclagem com o objetivo de envelhecer a superfície cerâmica, aproximando-a da rotina clínica diária, visto que muitos dos pacientes que buscam o tratamento ortodôntico possuem facetas ou coroas já há algum tempo, o que nos faz pensar que esta não se encontra na maneira original, uma vez que a cavidade bucal está sujeita a diferentes temperaturas, alimentos, corantes, hábitos.

Com relação ao pré-tratamento da superfície, o principal objetivo é que se faça a remoção do glaze e se crie irregularidades para melhor penetração do cimento ortodôntico. Esta escolha corrobora os achados de Newburg e Pameijer (1978) e Oh e Shen (2003) que reportam que a remoção do glaze é essencial, uma vez que em seus estudos a permanência desta camada provocou a desunião dos corpos-de-prova antes mesmo de serem testados. Entretanto, segundo Zachrisson, Zachrisson e Büyükyilmaz (1996) estudos indicam que é possível alcançar valores adequados de união sem a remoção do glaze; mas os autores alertam para o fato de que muitos protéticos optam por aplicar o glaze com certa quantidade de alumina, visando aumentar a longevidade que, por sua vez, é imperceptível clinicamente.

Neste estudo, a não realização da termociclagem da interface após o procedimento de união cerâmica/*bracket* foi feita baseada em estudos que afirmam ser desnecessário seu emprego, uma vez que os valores de resistência não são alterados após o teste térmico (NEWBURG e PAMEIJER,

1978; LACY et al., 1988; TJAN e NEMETZ, 1988; NICHOLS, 1988; BERTOLOTTI; LACY; WATANABE, 1989). Além disso, a prática ortodôntica preconiza que se faça a inserção dos arcos, e conseqüentemente, produza-se força imediatamente ou 24h após a cimentação do *bracket*, tornando a termociclagem dispensável neste momento.

Dentre os pré-tratamentos utilizados sobre a superfície cerâmica, o condicionamento com ácido fluorídrico é o mais difundido e utilizado (KOCADERELI; CANAY; AKÇA, 2001; STEWART; JAIN; HODGES, 2002; DELLA BONA; ANUSAVICE; MECHOLSKY Jr, 2003; SCHMAGE et al., 2003; HARARI et al., 2003; ADDISON e FLEMING, 2004). Sua ação baseia-se na dissolução dos componentes vítreos da cerâmica e na produção de microporos e irregularidades, aumentando a retentividade do material a ser aplicado (HOOSHMAND; van NOORT; KESHVAD, 2002; ADDISON e FLEMING, 2004), conseqüentemente elevando os valores de resistência da união (CALAMIA et al., 1985; ZACHRISSON; ZACHRISSON; BÜYÜKYILMAZ, 1996).

Segundo Yen, Blackman e Baez (1993) a ação deste ácido é restrita em até 7 μ m sob a superfície, não influenciando os valores de resistência flexural, concordando com os achados de Albakry, Guazzato e Swain (2004). O reparo ou troca da prótese torna-se desagradável, tecnicamente difícil e complexa, além de onerosa (GILLIS e REDLICH, 1998; HARARI et al., 2003).

Quanto à utilização do ácido fluorídrico, existem controvérsias sobre a relação custo/benefício em sua utilização, uma vez que é considerado tóxico, cancerígeno, irritante aos tecidos, e de difícil manuseio na cavidade bucal, devido à impossibilidade de isolamento absoluto que, por sua vez, torna complexo o controle do seu contato com a mucosa durante o enxágüe

(ZACHRISSON; ZACHRISSON; BÜYÜKYILMAZ, 1996; SHAHVERDI et al., 1998; EDELHOFF et al., 2001; HOOSHMAND; van NOORT; KESHVAD, 2002; ÖZCAN, 2002), além de apresentar-se com desempenho similar a outros métodos, como condicionamento com ácido fosfórico (HUANG e KAO, 2001; KUSSANO et al., 2003) e jateamento com óxido de alumínio (ZACHRISSON; ZACHRISSON; BÜYÜKYILMAZ, 1996; SHAHVERDI et al., 1998; FRANKENBERG; KRÄMER; SINDE, 2000; JEDYNAKIEWICZ e MARTIN, 2001; OH e SHEN, 2003; KUSSANO et al., 2003).

Mesmo com tantas pesquisas, ainda não se tem estabelecidos a concentração ótima e nem mesmo o tempo de aplicação para o uso do ácido fluorídrico, uma vez que se encontram na literatura diversos resultados baseados em sua utilização com diferentes concentrações e tempo de aplicação frente às diferentes cerâmicas disponíveis no mercado (ÖZCAN e VALLITTU, 2003). Os mesmos autores reportam que para que o condicionamento seja efetivo a cerâmica não deve ser composta por mais do 8-10% de leucita. Com relação ao tempo de aplicação, Huang e Kao (2001) sugerem que na utilização do ácido a 9,6% deve ser de 2 a 4 min. Enquanto, Chen; Matsumura; Atsuta (1998) comprovaram que o tempo excessivo de condicionamento diminui os valores de resistência, podendo ainda fragilizar sem necessidade a cerâmica uma vez que com o tempo de 30s obtiveram adequados valores. Reporta, ainda, que utilizando diferentes concentrações, como 2,5% e 5%, para que na concentração de 2,5% se alcançasse os mesmos valores de resistência a 5% foi necessário o condicionamento da superfície por 150s. Sugerem também, que o sobre-condicionamento muitas vezes pode dificultar a remoção do agente condicionante e seu solvente das

irregularidades, promovendo uma molhabilidade excessiva, e gerando alterações na concentração de *stress* de polimerização pelo aumento da área de superfície criada, fatores estes que levam à diminuição dos valores de união.

Neste estudo, a escolha em se utilizar o tempo de 20s para condicionamento com ácido fluorídrico baseou-se na indicação do fabricante das cerâmicas.

Assim, com base nos dados obtidos neste estudo, observou-se que o uso exclusivo do ácido fluorídrico a 10% promoveu os mais baixos valores de resistência da união (G1- 7,30 MPa e G2- 6,12 MPa). Porém, ao associar sua utilização ao agente silano os valores aumentaram significativamente (G3- 17,49 MPa e G4- 19,54 MPa), corroborando os achados de CALAMIA e SIMONSEN (1984); STANGEL et al. (1987); LACY et al. (1988); LU et al. (1992); STEWART; JAIN; HODGES (2002); MEYER FILHO (2002); BLATZ; SADAN; KERN (2003); DELLA BONA, ANUSAVICE, SHEN (2004), que enfatizam a importância e eficácia do emprego do agente silano após o condicionamento da superfície com ácido fluorídrico.

Acredita-se que esta melhora nos valores de união deva-se à capacidade do silano em aumentar a energia de superfície do substrato, permitindo uma melhor penetração da resina nas microrretenções criadas (CALAMIA et al., 1985; HIGHTON, CAPUTO, MATYAS, 1979; HUANG e KAO, 2001; DELLA BONA; ANUSAVICE; MELCHOSKY JR, 2003).

Entretanto, como dito anteriormente, fica difícil a comparação direta dos valores obtidos neste trabalho com os demais disponíveis na literatura científica, uma vez que nem todos utilizaram a mesma concentração do ácido,

tempo de aplicação, composição de substrato e tipo de cerâmica. O importante é ressaltar que independentemente dos valores, a associação destes tratamentos fez com que a união fosse otimizada.

Outra forma de realizar o tratamento da superfície é pelo jateamento de partículas, que possui como vantagens em relação ao ácido fluorídrico sua fácil aquisição, ser inócuo ao organismo, não ser cancerígeno, produz melhor segurança durante a aplicação e ter fácil manuseio. Seu mecanismo de retenção é devido à alta temperatura causada pelo impacto, que promove a incorporação destas à estrutura cerâmica em até 15 μ m (SUN et al., 2000), aumentando as irregularidades na superfície, tornando-a mais retentiva (ÖZCAN, 2002; SUN et al., 2000), e receptiva à união química com o agente silano (FRANKENBERGER, KRAMER, SINDEL, 2000).

Os grupos que receberam jateamento com óxido de alumínio (50 μ m) seguidos do condicionamento com ácido fosfórico (35%) + agente silano, obtiveram valores de 18,80 MPa (G5) e 21,93 MPa (G6) não diferindo estatisticamente dos grupos tratados com ácido fluorídrico + agente silano (G3 e G4), concordando com os achados de Kussano et al. (2003) e com Gillis e Redlich (1998), Kocadereli; Canay; Akça (2001); Jedynakiewicz e Martin (2001), Schmage et al. (2003), exceto pelo uso do ácido fosfórico, tratamento exclusivo deste estudo.

Desta forma, ao ponderarmos a necessidade clínica de adequados valores de resistência da união, bem como risco mínimo à saúde, pode-se inferir que a indicação do pré-tratamento com óxido de alumínio (50 μ m) seguidos do condicionamento com ácido fosfórico (35%) + agente silano torna-se aceitável e adequado.

A utilização do jateamento da superfície, utilizando tecnologia triboquímica, também vem sendo amplamente difundida na literatura (FRANKENBERG; KRÄMER; SINDEL, 2000; SUN et al., 2000; HASELTON; DIAZ-ARNOLD; DUNNE, 2001; EDELHOFF et al., 2001; ÖZCAN, 2002, ÖZCAN e VALLITTU, 2003). Seu mecanismo é explicado pela produção de uma camada superficial de pequenas partículas de sílica fundidas ao substrato, melhorando a retentividade do material adesivo aplicado sobre esta (SUN et al., 2000; ÖZCAN, 2002; ÖZCAN e VALLITTU, 2003). Possui como maior indicação seu uso sob superfícies metálicas (HASELTON; DIAZ-ARNOLD; DUNNE, 2001), e é considerado um tratamento mais brando, tratando-se de superfícies cerâmicas, impedindo maiores danos à superfície (FRANKENBERG; KRÄMER; SINDEL, 2000), característica esta que o torna atrativo, uma vez que se busca o melhor tratamento (altos valores de resistência) sem, no entanto, causar danos à estrutura, principalmente quando nos reportamos à Ortodontia. Com o término do tratamento, espera-se que o substrato não necessite de maiores técnicas operatórias além de re-polimento.

Com o intuito de avaliar a premissa de sua indicação em Ortodontia, fez-se sua escolha dentro deste trabalho. Entretanto, após análise dos dados, observou-se que seus valores G7 (6,81 MPa) e G8 (9,77 MPa) demonstraram-se estatisticamente inferiores aos encontrados para os grupos 3 a 6, e similares aos dos grupos 1 e 2. Acredita-se que as microrretenções geradas pelo sistema CoJet, cujas partículas têm 30 μ m de tamanho, tenham sido inferiores às criadas pelo jateamento com óxido de alumínio (50 μ m), gerando a diferença estatisticamente significativa, achados que estão de acordo com Edelhoff et al. (2001) que reportaram que o jateamento com partículas maiores (110 μ m)

produziu maiores valores de resistência do que aqueles encontrados para o CoJet.

Haselton, Diaz-Arnold e Dunne (2001), ao avaliarem o CoJet em substratos cerâmicos, metalocerâmicos e metálicos, obtiveram melhores valores com os últimos dois substratos. Informações similares foram reportadas por Frankenberg, Krämer e Sindel (2000) que afirmaram que a eficácia do CoJet é dependente das propriedades mecânicas da cerâmica, tendo sido mais efetivo em cerâmicas à base de leucita quando comparado à feldspática.

Apesar de Zachrisson, Zachrisson e Büyükyilmaz (1996) terem alcançado valores de 13,2 MPa, após condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 60s, em esmalte. E, Kocadereli; Cany; Akça (2001) reportarem a não concordância com os valores até então considerados clinicamente adequados por Zelos; Bevis; Keenan (1994). Com base nos dados obtidos após testes de resistência da união a *brackets*, estudos levam em consideração os achados de REYNOLDS (1975) para, então, indicar o melhor tratamento a ser realizado ou aquele que mais se aproximou dos valores obtidos em esmalte (GILLIS e REDLICH, 1998; HUANG e KAO, 2001). Segundo o autor, sugere-se que os valores adequados de resistência da união esmalte/*bracket* sejam de 6-8 MPa.

Assim, considerando o estudo de REYNOLDS (1975), diante dos resultados obtidos, pode-se dizer que todos os tratamentos produziram valores de união adequados (G1 – 7,30; G2 – 6,12; G3 – 17,49; G4 – 19,54; G5 – 18,80; G6 – 21,93; G7 – 6,81 e G8 – 9,77 MPa).

Contudo, por se tratar de substrato cerâmico é de fundamental importância que se analise o padrão de fratura causado pelos valores de resistência da união, uma vez que forças ortodônticas serão impostas ao

mesmo tempo em que se espera a manutenção da higidez da estrutura cerâmica (GILLIS e REDLICH, 1998; HUANG e KAO, 2001; HOOSHMAND; van NOORT; KESHVAD, 2002; SCHMAGE et al., 2003; PANNES et al., 2003; HARARI et al., 2003).

De acordo com a classificação adotada neste estudo para análise dos padrões de fratura (QUADRO 2; p.64), pôde-se observar que os grupos 1 e 2 apresentaram predominantemente falhas adesivas cerâmica/cimento (100%), este fato sugere que a força de união entre substrato e acessório ortodôntico foi fraca, que por sua vez foi comprovado pelos valores de resistência da união (G1 – 7,30 MPa e G2 – 6,12 MPa), concordando com os achados de HARARI et al. (2003). Similares estatisticamente, os grupos 7 (6,81 MPa) e 8 (9,77MPa), também apresentaram predomínio de falhas adesivas, porém estas ocorreram na interface cimento/*bracket* (93,33% e 100%, respectivamente), o que denota maior eficácia do tratamento da superfície, uma vez que a união com o substrato suportou os esforços impostos. Nos grupos 3 e 4, cujo tratamento foi da aplicação do ácido fluorídrico e agente silano, observou-se que o desempenho da união foi diferente entre as cerâmicas, sendo predominantemente adesiva cerâmica/cimento (60%) para d.Sign e mista cimento/*bracket* (53,33%) para a Eris. Já para os grupos 5 e 6, também estatisticamente similares (18,80 e 21,93 MPa, respectivamente), o predomínio foi de falhas mistas (cimento/*bracket*/cerâmica), G7 (60%) e G8 (66,66%).

Comparando os valores de resistência da união e os padrões de fratura obtidos neste estudo (Correlação de Spearman; ANEXO 8), observa-se uma correlação significativa ($R=0,372$; $p<0,0001$; ANEXO 8), visto que houve uma tendência de que quanto maiores os valores de resistência maiores os escores

de fratura, ou seja, maiores os danos causados à cerâmica. Isto nos faz crer que quanto maior a retentividade criada pelo pré-tratamento mais severo é o dano à estrutura, concordando com os achados de GILLIS e REDLICH (1998); HUANG e KAO (2001); SCHMAGE et al. (2003); PANNES et al. (2003); HARARI et al. (2003).

Sendo assim, é necessário que se pondere o quão retentivo se quer o substrato mediante as forças que serão aplicadas e o que se espera ao término do procedimento clínico propriamente dito.

CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos neste estudo, pôde-se concluir que:

1. mediante os diferentes tipos de pré-tratamentos de superfície, as duas cerâmicas testadas desempenharam papel similar, não se diferindo estatisticamente;
2. a utilização do silano após condicionamento com ácido fluorídrico foi responsável pelo aumento nos valores de união;
3. O pré-tratamento do substrato cerâmico por meio do condicionamento com ácido fluorídrico a 10% por 20s e utilização de agente silano, bem como o jateamento com óxido de alumínio (50 μ m) por 15s, seguido do condicionamento com ácido fosfórico a 35%, e aplicação de agente silano promoveram os mais altos valores de resistência da união ao cisalhamento de *brackets* metálicos;
4. a utilização do sistema CoJet não resultou em valores estatisticamente superiores aos observados no tratamento com jateamento de óxido de alumínio, igualando-se aos grupos tratados com ácido fluorídrico sem aplicação de silano;
5. a utilização do jateamento com óxido de alumínio, seguido do condicionamento com ácido fosfórico e silano, apresentou resultados semelhantes ao tratamento com ácido fluorídrico e silano.

REFERÊNCIAS

Referências²

- ADDISON, O.; FLEMING, G. J. P. The influence of cement lute, thermocycling and surface preparation on the strength of a porcelain laminate veneering material. **Dental Mat.**, v.20, p. 286-292, 2004.
- ALBAKRY, M.; GUAZZATO, M.; SWAIN, M. V. Effect of sandblasting, griding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. **J. Dent.**, v.32, p. 91-99. 2004.
- ANAGNOSTOPOULOS, T.; ELIADES, G.; PALAGHIAS, G. Composition, reactivity and surface interactions of three dental silane primers. **Dent. Mater.**, Kidlington, v.9, n.3, p.182-190, May 1993.
- ATTIA, A.; KERN, M. Fracture strength of all-ceramic crowns luted using two bonding methods. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.91, n.3, p.247-252, Mar 2004.
- BARBOSA, V. L. T. et al. Direct bonding to porcelain. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v. 107, n.2, p.159-164, Feb 1995.
- BECK, D.A.; JANUS, C. E.; DOUGLAS, H. B. Shear Bond strength of a composite resin porcelain repair material bonded to metal and porcelain. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.64, n.5, p.529-533, Nov. 1990.
- BERTOLOTI, R. L.; LACY, A. M.; WATANABE, L. G.; Adhesive monomers of porcelain repair. **Int. J. Prosthodont.**, v.2, n. 5, p.483-489, Spe-Oct. 1989.
- BLATZ, M.B., SADAN, A., KERN, M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. **J. Prosthet. Dent.**, v. 89, p. 268-274. 2003.
- BUONOCORE, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 34, n.12, p.849-853, Dec. 1955.
- CALAMIA, P. R. et al. Shear bond strength of etched porcelains. **J. Dent. Res.**, Washington, v.64, Spec Issue, p.296, (abstract #1096), Mar. 1985.
- CALAMIA, P. R.; SIMONSEN, R. J. Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain. **J. Dent. Res.**, v.63, Spec Issue, p.179 (abstract #79), Mar. 1984.
- CHADWICK, R. G.; MASON, A. G.; SHARP, W. Attempted evaluation of three porcelain repair systems. What are we really testing? **J. Oral Rehabil.**,

² Baseado na NBR 6023: 2002 da ABNT

v.25,n.8,p.610-615, Aug. 1998.

CHEN, J. H.; MATSUMURA, H.; ATSUTA, M. Effect of enchanths, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 23, p.250-257, 1998.

CHEN, K. K. et al. Fracture aspects of resin-dentin bonding in non-trimming microtensile teste. **Dent. Mater. J.**, v.20,n.4,p.315-324, Dec. 2001

DELLA BONA, A.; ANUSAVICE, K. J.; MECHOLSKY Jr, J. J. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. **Dental Mat.**, v.19, p. 693-699, 2003.

DELLA BONA, A.; SHEN, C.; ANUSAVICE, K. J. Work of adhesion of resin on treated lithia disilicate-based ceramic. **Dental Mat.**, v.20, p.338-344, 2004.

EDELHOFF, D. et al. Clinical use of an intraoral silicoating technique. **J. Esthet. Rest. Dent.**, v.13, n.6, p.350-356, Dec. 2001.

FRANKENBERG, R.; KRÄMER, N.; SINDEL, J. Repair strength of etched vs sílica coated metal-ceramic and all ceramic restorations. **Oper. Dent.**, v.24, n.3, p.209-215, May-Jun. 2000.

GILLIS, I.; REDLICH, M. The effect of different porcelain conditioning techniques on shear bond strength of stainless stell brackets. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v. 114, n.4, p.387-392, Oct 1998.

HARARI, D. et al. Tensile bond strength of ceramic brackets bonded to porcelain facets. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v. 123, n.5, p.551-554, May 2003.

HASELTON, D. R.; DIAZ-ARNOLD, A. M.; DUNNE, J. T. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. **J. Prosthet. Dent.**, v.86, n.5, p.526-531, Nov. 2001.

HIGHTON, R. M.; CAPUTO, A. A.; MATYAS, J. Effectiveness of porcelain repair system. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.42, n.3, p.292-294, Sept. 1979.

HOOSHMAND, T.; van NOORT, R.; KESHVAD, A. Bond durability of the resin-bonded and silane treated ceramic surface. **Dental Mat.**, v.18, p.179-188, 2002.

HUANG, T-H.; KAO, C-T. The shear bond strength of composite brackets on porcelain teeth. **Europ. J. Orthod.**, v.23, p.433-439, 2001.

International Organization for Standardization. ISO TR 11405 dental materials – guidance on testing of adhesion to tooth structure. Geneva, Switzerland: WHO, 1993.

JARDEL, V. et al. Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. **Int. J. Prosthodont.**, v.12, n.1, p.59-64, Jan-Feb. 1999.

JEDYNAKIEWICZ, N. M.; MARTIN, N. The effect of surface coating on the bond strength of machinable ceramics. **Biomaterials**, v.22, p.749-752. 2001.

KLOCKE, A.; KAHL-NIEKE, B. Influence of cross-head speed in orthodontic bond strength testing. **Dent. Mater.**, v. 21, n.2, p.139-144, Feb. 2004a.

KLOCKE, A.; KAHL-NIEKE, B. Influence of force location in orthodontic shear bond strength testing. **Dent. Mater.**, v.21, n.5, p.391-396, May. 2004b.

KOCADERELI, I.; CANAY, S.; AKÇA, K. Tensile bond strength of ceramic orthodontic brackets bonded to porcelain surfaces. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v. 119, n.6, p.617-620, Jun 2001.

KUPIEC, K. A. et al. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.76.n.2.p.119-124, Aug. 1996.

KUSSANO, C. M. et al. Evaluation of shear bond strength of composite to porcelain according to surface treatment. **Braz. Dent. J.**, v.14, n.2, p.132-135, 2003.

LACY, A. M. et al. effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. **J. Prosthet. Dent.**, v.60, n.3, p.288-291, Sept. 1988.

LINDEMUTH, J. S.; HAGGE, M. S. Effect of universal testing machine crosshead speed on the shear bond strength and bonding failure mode of composite resin to enamel and dentin. **Mil. Med.**, v. 165, n.10, p.742-746, Oct. 2000.

LU, R. et al. Na investigation of the composite resin/porcelain interface. **Aust. Dent. J.**, Sidney, v.37, n.1, p.12-19, Feb. 1992.

MEYER FILHO, A. Adesão de resina composta à cerâmica: avaliação do efeito do tratamento sobre a força de união. Dissertação (Mestrado – Área de concentração Dentística) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, 93p., 2002.

NEWBURG, R.; PAMEIJER, C. H. Composite resins bonded to porcelain with silane solutions. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.96, n.2, p.288-291, Feb. 1978.

NICHOLLS, J. I. Tensile bond of resin cements to porcelain veneers. **J. Prosthet. Dent.**, v.60, n.4, p.443-447, Oct. 1988.

OH, W.; SHEN, C. Effect of surface topography on the bond strength of a composite to three different types of ceramic. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.90, n.3, p.241-246, Sep 2003.

ÖZCAN, M. The use of chairside silica coating for different dental applications: A clinical report. **J. Prosthet. Dent.**, v.87,n.5,p.469-472, May. 2002.

ÖZCAN, M.; VALLITTU, P. K. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. **Dental Mat.**, v.19, p. 725-731, 2003.

PANNES, D. D. et al. Orthodontic bonding to porcelain: a comparison of bonding systems. **J. Prosthet. Dent.**, v.89, p. 66-69. 2003.

PERDIGÃO, J. et al. In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. **J. Dent. Res.**, Washington, v.73, n.1, p.44-55, Jan 1994.

PICARD, B.; JARDEL, V.; TIRLET, G. Ceramic bonding: Reliability. In: DEGRANGE, M.; ROULET, J-F. **Minimally Invasive Restorations with Bonding.**, Chicago, Quintessence Books, 1997, 274p., p.99-124.

REYNOLDS, I. R. A review of direct orthodontic bonding. **Br. J. Orthod.**, v.2.n.3,p.171-178, 1975.

SANT'ANNA, E. F. et al. Bonding brackets to porcelain – *In Vitro* study. **Braz. Dent. J.**, v.13, n.3, p.191-196, 2002.

SCHMAGE, P. et al. Influence of various surface-conditioning methods on the bond strength of metal brackets to ceramic surfaces. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v. 123, n.5, p.540-546, May 2003.

SHAHVERDI, S. et al. Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. **J. Oral Rehabil.**, v.25, p.699-705, 1998.

STANGEL, I.; NATHANSON, D.; HSU, C.S. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. **J. Dent. Res.**, v.66, n.9, p. 1460-1465, Sep. 1987.

STEWART, G. P.; JAIN, P.; HODGES, J. Shear bond strength of resin cements to both ceramic and dentin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.88, n.3, p.277284, Sep 2002.

SUN, R. et al. Characterization of tribochemically assisted bonding of composite resin to porcelain and metal. **J. Dent.**, v.28, n.6, p.441-445, Aug. 2000.

TJAN, A. H. L.; NEMETZ, H. A comparison of the shear bond strength between two composite resins and two etched ceramic materials. **Int. J. Period.**, Berlin, v.1, n.1, p.73-79, Jul-Aug. 1998.

USUMEZ, A.; AYKENT, F. Bond strengths of porcelain laminate veneers to tooth surfaces prepared with acid and Er,Cr:YSGG laser etching. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.90, n.1, p.24-30, Jul 2003.

van NOORT, R. et al. A critique of bond strength measurements. **J. Dent.**, v.17, n.2, p.61-67, Apr. 1989.

YEN, T-W.; BLACKMAN, R. B.; BAEZ, R. J. Effect of acid etching on the flexural strength of a feldspathic porcelain and a castable glass ceramic. **J. Prosthet. Dent.**, v.70, n.3, p.224-233, Sept. 1993.

ZACHRISSON, Y.Ö.; ZACHRISSON, B. U.; BÜYÜKYILMAZ, T. Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v. 109, n.4, p.420-430, Apr 1996.

ZELOS, L.; BEVIS, R. R.; KEENAN, K. M. Evaluation of the ceramic/ceramic interface. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.** v. 106, n.1, p.10-21, Jul 1994.

ANEXOS

ANEXO 1

TABELA 5 – Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G1.

Nº Corpo-de-prova	Valor da resistência em kN	Valor da resistência em MPa
1	0,0171	1,8350
2	0,0740	7,9410
3	0,0593	3,3635
4	0,0706	7,5762
5	0,0311	3,3373
6	0,0403	4,3246
7	0,1330	14,2724
8	0,0611	6,5567
9	0,0740	7,9410
10	0,0601	6,4494
11	0,1208	12,9632
12	0,0465	4,9899
13	0,0722	7,7479
14	0,1134	12,1691
15	0,0482	5,1724

TABELA 6 – Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G2.

Nº Corpo-de-prova	Valor da resistência em kN	Valor da resistência em MPa
1	0,0263	2,8222
2	0,0382	4,0993
3	0,0114	1,2233
4	0,0645	6,9216
5	0,0447	4,7968
6	0,0252	2,7042
7	0,1215	13,0383
8	0,0868	9,3146
9	0,0579	6,2133
10	0,0683	7,3293
11	0,0434	4,6573
12	0,0322	3,4554
13	0,0764	8,1986
14	0,0852	9,1429
15	0,0747	8,0161

TABELA 7 – Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G3.

Nº Corpo-de-prova	Valor da resistência em kN	Valor da resistência em MPa
1	0,1678	1,8006
2	0,2095	2,2481
3	0,1801	1,9326
4	0,2279	2,4456
5	0,1296	1,3907
6	0,1669	1,7910
7	0,0920	0,9872
8	0,1026	1,1010
9	0,1273	1,3660
10	0,1802	1,9337
11	0,1640	1,7599
12	0,1644	1,7642
13	0,1636	1,7556
14	0,1786	1,9165
15	0,1915	2,0550

TABELA 8 – Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G4.

Nº Corpo-de-prova	Valor da resistência em kN	Valor da resistência em MPa
1	0,1950	20,9257
2	0,2070	22,2135
3	0,2693	28,8990
4	0,3140	14,1007
5	0,1804	19,3590
6	0,2112	22,6642
7	0,1996	21,4194
8	0,1270	13,6285
9	0,1557	16,7084
10	0,1782	19,1229
11	0,1582	16,9767
12	0,1456	15,6245
13	0,1387	14,8841
14	0,2356	25,2826
15	0,1996	21,4194

TABELA 9 – Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G5.

Nº Corpo-de-prova	Valor da resistência em kN	Valor da resistência em MPa
1	0,2911	31,2384
2	0,1999	21,4516
3	0,1597	17,1376
4	0,0947	10,1624
5	0,1653	17,7386
6	0,1703	18,2751
7	0,1994	21,3979
8	0,1280	13,7358
9	0,1858	19,9385
10	0,1905	20,4428
11	0,1211	12,9954
12	0,1725	18,5112
13	0,1822	19,5521
14	0,1523	16,3435
15	0,2164	23,2222

TABELA 10 – Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G6.

Nº Corpo-de-prova	Valor da resistência em kN	Valor da resistência em MPa
1	0,2103	22,5676
2	0,1537	16,4938
3	0,2431	26,0874
4	0,2837	30,4443
5	0,2190	23,5012
6	0,1832	19,6595
7	0,1589	17,0518
8	0,1399	15,0129
9	0,2208	23,6944
10	0,2678	28,7380
11	0,2281	24,4778
12	0,1719	18,4468
13	0,1501	16,1074
14	0,2073	22,2457
15	0,2284	24,5099

TABELA 11 – Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G7.

Nº Corpo-de-prova	Valor da resistência em kN	Valor da resistência em MPa
1	0,0282	3,0261
2	0,0408	4,3783
3	0,0459	4,9256
4	0,0462	4,9578
5	0,0523	5,6124
6	0,0567	6,0845
7	0,0803	8,6171
8	0,1096	11,7613
9	0,0748	8,0269
10	0,0639	6,8572
11	0,0961	10,3126
12	0,0570	6,1167
13	0,0383	4,1100
14	0,0848	9,1000
15	0,0782	8,3917

TABELA 12 – Valores obtidos através do ensaio de resistência da união ao cisalhamento para o G8.

Nº Corpo-de-prova	Valor da resistência em kN	Valor da resistência em MPa
1	0,0438	4,7002
2	0,1306	14,0149
3	0,1169	12,5447
4	0,1236	13,2637
5	0,0302	3,2408
6	0,0826	8,8639
7	0,1384	14,8519
8	0,0560	6,0094
9	0,1211	12,9954
10	0,1085	11,6433
11	0,0825	8,8532
12	0,1697	18,2107
13	0,0473	5,0758
14	0,0807	8,6600
15	0,0349	3,7451

ANEXO 2

TABELA 13 - Médias originais e desvio padrão através da descrição da amostra.

Grupo	n	Média (MPa)	Desvio padrão	Erro padrão	Limites do intervalo de confiança (95%)	
					Superior	Inferior
1	15	7,3093	3,5043	0,9048	9,2500	5,3686
2	15	6,1289	3,1490	0,8130	7,8728	4,3850
3	15	1,7498	0,3967	0,1024	1,9696	1,5301
4	15	19,5486	4,3325	1,1186	21,9479	17,1493
5	15	18,8095	4,9050	1,2664	21,5259	16,0932
6	15	21,9359	4,6884	1,2105	24,5323	19,3395
7	15	6,8185	2,4816	0,6407	8,1928	5,4442
8	15	9,7782	4,5717	1,1804	12,3099	7,2465
TOTAL	120	11,5098	7,9395	0,7247	12,9450	10,0747

ANEXO 3

TABELA 14 – Médias originais e desvio padrão através do teste de Tukey com nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$), obtidas através do ensaio mecânico.

Grupo	Grupos	Média (MPa)	Desvio padrão	Erro padrão	Limites do intervalo de confiança (95%)	
					Superior	Inferior
1	2	1,1804	1,3797	0,989244144	-3,081737	5,442595
	3	5,5594	1,3797	0,002519729	1,297295	9,821628
	4	-12,2392	1,3797	1,03195E-12	-16,50142	-7,977092
	5	-11,5002	1,3797	6,79723E-12	-15,76240	-7,238072
	6	-14,6265	1,3797	6,65468E-13	-18,88875	-10,36442
	7	0,4907	1,3797	0,999963910	-3,771394	4,752938
	8	-2,4688	1,3797	0,628544430	-6,731051	1,793281
	2	1	-1,1804	1,3797	0,989244144	-5,442595
3		4,3790	1,3797	0,039506641	0,116867	8,642299
4		-13,4196	1,3797	6,69121E-13	-17,68185	-9,157521
5		-12,6808	1,3797	7,32525E-13	-16,94283	-8,418501
6		-15,8070	1,3797	6,65357E-13	-20,06918	-11,54484
7		-0,6896	1,3797	0,999642360	-4,951822	3,572509
8		-3,6493	1,3797	0,151237447	-7,911480	0,612852
3	1	-5,5594	1,3797	0,002519729	-9,821628	-1,297295
	2	-4,3790	1,3797	0,039506641	-8,641199	-0,116867
	4	-17,7987	1,3797	6,65357E-13	-22,06088	-13,53655
	5	-17,0597	1,3797	6,65357E-13	-21,32186	-12,79753

	6	-20,1860	1,3797	6,65357E-13	-24,44821	-15,92388
	7	-5,0686	1,3797	0,008544243	-9,330856	-0,806523
	8	-8,0283	1,3797	1,57709E-06	-12,29051	-3,766180
4	1	12,2392	1,3797	1,03195E-12	7,977092	16,50142
	2	13,4196	1,3797	6,69131E-13	9,157521	17,68185
	3	17,7987	1,3797	6,65357E-13	13,53655	22,06088
	5	0,7390	1,3797	0,999435872	-3,523146	5,001186
	6	-2,3873	1,3797	0,667641743	-6,649494	1,874838
	7	12,7300	1,3797	7,20979E-13	8,467864	16,99219
	8	9,7703	1,3797	3,71915E-09	5,508207	14,03254
5	1	11,5002	1,3797	6,79723E-12	7,238072	15,76240
	2	12,6806	1,3797	7,32525E-13	8,418501	16,94283
	3	17,0597	1,3797	6,65357E-13	12,79753	21,32186
	4	-0,7390	1,3797	0,999435812	-5,001186	3,523146
	6	-3,1263	1,3797	0,321772783	-7,388514	1,135818
	7	11,9910	1,3797	1,61415E-12	7,728844	16,25317
	8	9,0313	1,3797	5,15122E-08	4,769187	13,29352
6	1	14,6265	1,3797	6,65468E-13	10,36442	18,88875
	2	15,8070	1,3797	6,65357E-13	11,54484	20,06918
	3	20,1860	1,3797	6,65357E-13	15,92388	24,44821
	4	2,3873	1,3797	0,667641743	-1,874838	6,649494
	5	3,1263	1,3797	0,321772783	-1,135818	7,388514
	7	15,1173	1,3797	6,65357E-13	10,85519	19,97952
	8	12,1577	1,3797	1,16684E-12	7,895535	16,41986
7	1	-0,4907	1,3797	0,999963691	-4,752938	3,771394
	2	0,6896	1,3797	0,999642360	-3,572509	4,951822
	3	5,0686	1,3797	0,008544243	0,806523	9,330856
	4	-12,7300	1,3797	7,20979E-13	-16,99219	-8,467864
	5	-11,9910	1,3797	1,61415E-12	-16,25317	-7,728844
	6	-15,1173	1,3797	6,65357E-13	-19,37952	-10,85519

	8	-2,9596	1,3797	0,393117303	-7,221823	1,302509
8	1	2,4688	1,3797	0,628544430	-1,793281	6,731051
	2	3,6493	1,3797	0,151237447	-0,611285	7,911480
	3	8,0283	1,3797	1,57709E-06	3,766180	12,29051
	4	-9,7703	1,3797	3,71915E-09	-14,03254	-5,508207
	5	-9,0313	1,3797	5,15122E-08	-13,29352	-4,769187
	6	-12,1577	1,3797	1,16684E-12	-16,41986	-7,895535
	7	2,9596	1,3797	1,16684E-12	-1,302509	7,221823

***diferença estatística significativa (p<0,05)**

ANEXO 4

QUADRO 3 – Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G1 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	adesiva (cerâmica/cimento)	9	adesiva (cerâmica/cimento)
2	adesiva (cerâmica/cimento)	10	adesiva (cerâmica/cimento)
3	adesiva (cerâmica/cimento)	11	adesiva (cerâmica/cimento)
4	adesiva (cerâmica/cimento)	12	adesiva (cerâmica/cimento)
5	adesiva (cerâmica/cimento)	13	adesiva (cerâmica/cimento)
6	adesiva (cerâmica/cimento)	14	adesiva (cerâmica/cimento)
7	adesiva (cerâmica/cimento)	15	adesiva (cerâmica/cimento)
8	adesiva (cerâmica/cimento)		

QUADRO 4 – Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G2 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	adesiva (cerâmica/cimento)	9	adesiva (cerâmica/cimento)
2	adesiva (cerâmica/cimento)	10	adesiva (cerâmica/cimento)
3	adesiva (cerâmica/cimento)	11	adesiva (cerâmica/cimento)
4	adesiva (cerâmica/cimento)	12	adesiva (cerâmica/cimento)
5	adesiva (cerâmica/cimento)	13	adesiva (cerâmica/cimento)
6	adesiva (cerâmica/cimento)	14	adesiva (cerâmica/cimento)
7	adesiva (cerâmica/cimento)	15	adesiva (cerâmica/cimento)
8	adesiva (cerâmica/cimento)		

QUADRO 5 – Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G3 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	9	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
2	mista (cimento/ <i>bracket</i>)	10	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
3	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	11	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
4	mista (cimento/ <i>bracket</i>)	12	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
5	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	13	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
6	mista (cimento/ <i>bracket</i>)	14	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
7	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	15	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
8	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)		

QUADRO 6 – Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G4 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	mista (cimento/ <i>bracket</i>)	9	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
2	adesiva (cerâmica/cimento)	10	adesiva (cerâmica/cimento)
3	adesiva (cerâmica/cimento)	11	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
4	adesiva (cerâmica/cimento)	12	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
5	adesiva (cerâmica/cimento)	13	adesiva (cerâmica/cimento)
6	mista (cimento/ <i>bracket</i>)	14	adesiva (cerâmica/cimento)
7	adesiva (cerâmica/cimento)	15	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
8	adesiva (cerâmica/cimento)		

QUADRO 7 – Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G5 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)	9	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)
2	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)	10	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)
3	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	11	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
4	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	12	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)
5	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	13	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)
6	mista (cimento/ <i>bracket</i>)	14	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)
7	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	15	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)
8	mista (cimento/ <i>bracket</i>)		

QUADRO 8 – Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G6 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)	9	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)
2	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)	10	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)
3	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)	11	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)
4	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)	12	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
5	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)	13	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
6	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	14	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)
7	mista (cimento/ <i>bracket</i> /cerâmica)	15	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
8	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)		

QUADRO 9 – Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G7 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	9	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
2	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	10	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
3	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	11	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
4	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	12	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
5	mista (cimento/ <i>bracket</i>)	13	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
6	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	14	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
7	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	15	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
8	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)		

QUADRO 10 – Padrões de fratura dos corpos-de-prova do G8 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	9	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
2	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	10	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
3	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	11	mista (cimento/ <i>bracket</i>)
4	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	12	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
5	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	13	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
6	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	14	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
7	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)	15	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)
8	adesiva (cimento/ <i>bracket</i>)		

ANEXO 5

QUADRO 11 – Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G1 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	2	9	2
2	2	10	2
3	2	11	2
4	2	12	2
5	2	13	2
6	2	14	2
7	2	15	2
8	2		

QUADRO 12 – Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G2 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	2	9	2
2	2	10	2
3	2	11	2
4	2	12	2
5	2	13	2
6	2	14	2

7	2	15	2
8	2		

QUADRO 13 – Frequência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G3 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	1	9	1
2	3	10	3
3	1	11	3
4	3	12	1
5	1	13	3
6	3	14	3
7	1	15	3
8	1		

QUADRO 14 – Frequência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G4 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	3	9	3
2	2	10	2
3	2	11	3
4	2	12	3
5	2	13	2
6	3	14	2
7	2	15	3
8	2		

QUADRO 15 – Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G5 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	4	9	4
2	4	10	4
3	1	11	1
4	1	12	4
5	1	13	4
6	3	14	4
7	1	15	4
8	3		

QUADRO 16 – Freqüência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G6 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	4	9	4
2	4	10	4
3	4	11	4
4	4	12	1
5	4	13	1
6	1	14	4
7	4	15	3
8	1		

QUADRO 17 – Frequência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G7 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	1	9	1
2	1	10	1
3	1	11	1
4	1	12	1
5	3	13	1
6	1	14	1
7	1	15	1
8	1		

QUADRO 18 – Frequência de escores referente aos padrões de fratura dos corpos-de-prova do G8 submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento.

Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura	Nº corpo-de-prova	Padrão de fratura
1	1	9	1
2	1	10	1
3	1	11	3
4	1	12	1
5	1	13	1
6	1	14	1
7	1	15	1
8	1		

ANEXO 6

TABELA 15 - Comparação entre os grupos experimentais quanto aos padrões de fratura apresentados, através da Prova de Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5%.

Grupo	n	Rank médio	Soma dos Ranks
1	15	65	975,000
2	15	65	975,000
3	15	60,33333206	905,000
4	15	76,19999695	1143,000
5	15	80,46666718	1207,000
6	15	86,33333588	1295,000
7	15	27,66666603	415,000
8	15	23	345,000
TOTAL	120		
H	52,49478		

ANEXO 7

Dados obtidos através da análise de comparações por meio do teste estatístico Mann-Whitney (TABS. 16-43).

TABELA 16 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 2.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	1	15	15,5	232,5
	2	15	15,5	232,5
TOTAL		30		
U = 112,500	p = 1			

TABELA 17 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 3.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	1	15	15	225
	3	15	15,16	240
TOTAL		30		
U = 105,000	p = 0,734939			

TABELA 18 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 4.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	1	15	12,5	187,5
	4	15	18,5	277,5
TOTAL		30		
U = 67,5		p = 0,007090		

TABELA 19 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 5.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	1	15	13	195
	5	15	18	270
TOTAL		30		
U = 75		p = 0,090491		

TABELA 20 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 6.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	1	15	12	180
	6	15	19	285
TOTAL		30		
U = 60		p = 0,017268		

TABELA 21 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 7.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	1	15	22	330
	7	15	9	135
TOTAL		30		
U = 15	p = 4,302E-006			

TABELA 22 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 1 e 8.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	1	15	23	345
	8	15	8	120
TOTAL		30		
U = 0	p = 7,2378E-008			

TABELA 23 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 3.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	2	15	15	225
	3	15	16	240
TOTAL		30		
U = 105,000	p = 0,734939			

TABELA 24 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 4.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	2	15	12,5	187,5
	4	15	18,5	277,5
TOTAL		30		
U = 67,5		p = 0,007090		

TABELA 25 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 5.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	2	15	13	195
	5	15	18	270
TOTAL		30		
U = 75		p = 0,090491		

TABELA 26 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 6.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	2	15	12	180
	6	15	19	285
TOTAL		30		
U = 60		p = 0,017268		

TABELA 27 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 7.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	2	15	22	330
	7	15	9	135
TOTAL		30		
U = 15	p = 4,3027E-006			

TABELA 28 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 2 e 8.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	2	15	23	345
	8	15	8	120
TOTAL		30		
U = 0	p = 7,2378E-008			

TABELA 29 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 3 e 4.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	3	15	14,399999	215,999
	4	15	16,600000	249,000
TOTAL		30		
U = 96	p = 0,460419			

TABELA 30 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 3 e 5.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	3	15	12,1	181,5
	5	15	18,9	283,5
TOTAL		30		
U = 61,5		p = 0,024373		

TABELA 31 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 3 e 6.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	3	15	11,33	170
	6	15	19,67	195
TOTAL		30		
U = 50		p = 0,005931		

TABELA 32 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 3 e 7.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	3	15	19	285
	7	15	12	180
TOTAL		30		
U = 60		p = 0,006106		

TABELA 33 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 3 e 8.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	3	15	19,5	292,5
	8	15	11,5	172,5
TOTAL		30		
U = 52,5		p = 0,001164		

TABELA 34 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 4 e 5.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	4	15	13,2	198
	5	15	17,8	267
TOTAL		30		
U = 78		p = 0,137795		

TABELA 35 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 4 e 6.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	4	15	12,8	183
	6	15	18,8	282
TOTAL		30		
U = 63		p = 0,032488		

TABELA 36 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 4 e 7.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	4	15	22,2	333
	7	15	8,8	132
TOTAL		30		
U = 12	p = 6,9228E-006			

TABELA 37 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 4 e 8.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	4	15	23	345
	8	15	8	120
TOTAL		30		
U = 0	p = 3,6092E-006			

TABELA 38 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 5 e 6.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	5	15	14,97	224,5
	6	15	16,03	240,5
TOTAL		30		
U = 104,5	p = 0,695646			

TABELA 39 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 5 e 7.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	5	15	20,3	340,5
	7	15	10,7	160,5
TOTAL		30		
U = 40,5		p = 0,000430		

TABELA 40 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 5 e 8.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	5	15	20,5	307,5
	8	15	10,5	157,5
TOTAL		30		
U = 37,5		p = 0,000157		

TABELA 41 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 6 e 7.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	6	15	20,83	312,5
	7	15	10,17	152,5
TOTAL		30		
U = 32,5		p = 0,000124		

TABELA 42 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 6 e 8.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	6	15	21	315
	8	15	10	150
TOTAL		30		
U = 30	p = 4,865E-005			

TABELA 43 – Comparações individuais com U de Mann-Whitney, para os grupos 7 e 8.

	Grupo	n	Rank médio	Soma dos ranks
Escore	7	15	16	240
	8	15	15	225
TOTAL		30		
U = 105	p = 0,317310			

ANEXO 8

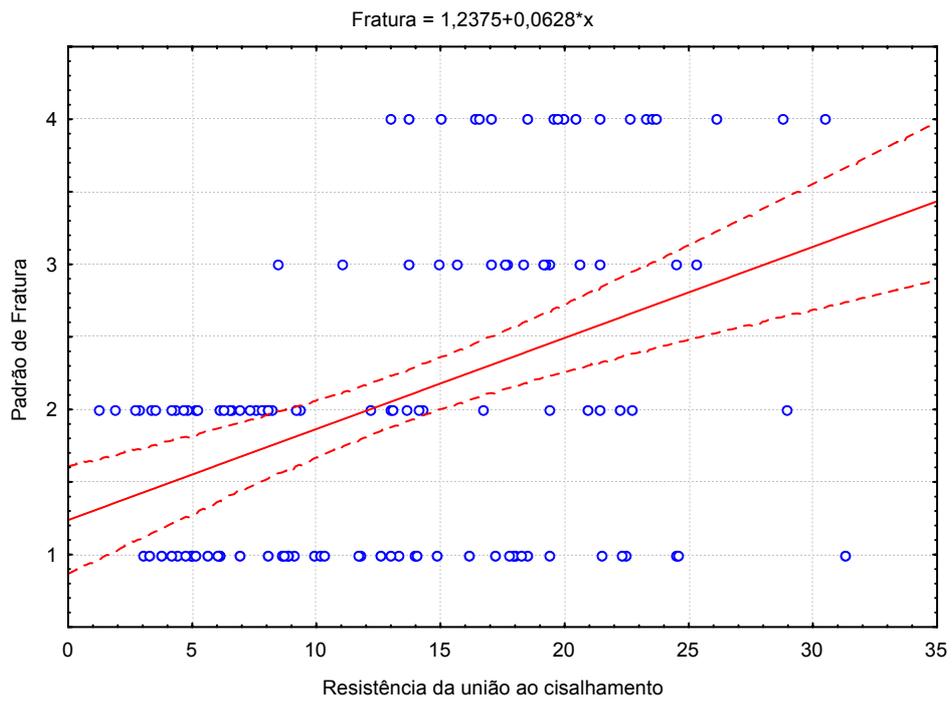


FIGURA 28 – Gráfico ilustrativo da correlação entre os valores de resistência da união ao cisalhamento e os escores de padrão de fratura (R=0,372; p<0,0001)