

## Avaliação da resistência à tração entre sistemas para reparo de revestimento estético e liga de níquel-cromo

### Evaluation of bond strength between coating systems for aesthetic repair and a nickel-chromium alloy

**Osvaldo Daniel ANDREATTA FILHO**

Professor Assistente Doutor de Prótese Parcial Fixa – Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP – Univ Estadual Paulista – São José dos Campos – Brasil.

**Renato Sussumu NISHIOKA**

Professor Adjunto de Prótese Parcial Fixa – Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP – Univ Estadual Paulista – São José dos Campos – Brasil.

---

#### RESUMO

Objetivos: Este estudo avaliou a resistência de união adesiva entre quatro sistemas de reparo estético e uma liga de níquel-cromo para coroas metalocerâmica. Material e Métodos: Blocos de níquel-cromo foram fundidos e divididos em quatro grupos. Cada grupo foi submetido aos seguintes tratamentos de superfície: G1 - jateamento com  $Al_2O_3$  (50  $\mu m$ ) + Alloy Primer (Kuraray); G2 - jateamento com  $Al_2O_3$  (50  $\mu m$ ) + ácido fosfórico 37% + adesivo Adper Single Bond 2 (3M); G3 - condicionamento com o sistema Cojet-Sand (3M); G4 - condicionamento com o sistema Cojet-Sand + adesivo Adper Single Bond 2. Sobre a face condicionada dos blocos metálicos aplicou-se resina composta até obter-se um bloco de resina simétrico ao metálico. Estes conjuntos formados foram cortados obtendo-se 96 amostras de 10x1x1mm, com área adesiva de 1mm<sup>2</sup>. Após ciclagem térmica (500 ciclos de 5 a 55 °C) todas as amostras foram submetidas ao teste de microtração com velocidade de 1mm/min em máquina de ensaio universal (EMIC). Resultados: Os valores de resistência adesiva (MPa) foram: G1: 24,49 ± 4,80, G2: 19,51 ± 3,90, G3: 38,93 ± 3,37 e G4: 36,49 ± 3,45. Os dados foram submetidos ao teste de análise de variância (ANOVA), indicando que valores de resistência adesiva do grupo G3 e G4 foram significativamente maiores do que nos grupos G1 e G2. Conclusão: Concluiu-se que a liga de NiCr condicionada com Cojet-Sand (G3 e G4) promoveu maiores valores de resistência adesiva à resina composta em comparação aos condicionamentos da mesma liga nos grupos G1 e G2.

#### UNITERMOS:

Ligas metálicas; resinas compostas; tratamentos de superfície.

---

#### INTRODUÇÃO

As próteses parciais fixas com infra-estrutura metálica e recobrimento estético com porcelana têm sido por muitos anos utilizadas com resultados clínicos satisfatórios. As restaurações metalocerâmicas combinam a estética da porcelana com a resistência e a precisão de adaptação marginal de um metal fundido.

Moffa et al. [1] em 1972 avaliando a resistência de união entre metal e porcelana verificaram que a liga de níquel-cromo (NiCr) apresentou resultados satisfatórios semelhantes aos de liga de ouro. A compatibilidade da liga de NiCr com a porcelana de cobertura fez com que ela fosse a escolha preferen-

cial para o rápido desenvolvimento das ligas alternativas para trabalhos de coroas unitárias e próteses fixas parciais [2].

No entanto, essas restaurações podem sofrer fraturas envolvendo os revestimentos estéticos. Latta e Barkmeier [3], em 2000, relataram que as falhas na cerâmica são a segunda maior causa de substituição de próteses metalocerâmicas após a cárie dental.

Vários são os motivos de tais fraturas, as quais podem resultar a partir de traumas, ajuste oclusal inadequado, hábitos parafuncionais, fadiga flexural da estrutura metálica, incompatibilidade do coeficiente de expansão térmica entre cerâmica e estrutura metálica, falhas na união adesiva, redução

inadequada do preparo dental, porosidades na cerâmica e forma incorreta da infra-estrutura [3-11].

Porém, em algumas situações clínicas em que ocorrem fraturas do revestimento estético e a prótese como um todo ainda preserva a saúde dento-periodontal e sua resistência mecânica, indica-se a utilização de uma técnica de reparo retardando-se o tempo para sua substituição. O fato de se evitar a confecção de uma nova prótese muitas vezes, é justificado devido ao custo elevado, risco de novo desgaste da estrutura dental, falta de disponibilidade do paciente e dificuldade de remoção das restaurações. Sendo assim, nestes casos o reparo estaria bem indicado [7,12].

Os reparos em restaurações visam restabelecer a função e a estética de restaurações que perderam parte de sua estrutura, por meio do emprego de determinados materiais, denominados reparadores [13]. Com o objetivo de promover uma adesão satisfatória entre os materiais reparadores e as superfícies a serem reparadas, tratamentos prévios do substrato (metal e/ou cerâmica) são descritos na literatura. Entretanto, a indicação do tratamento superficial está na dependência do tipo de fratura ocorrida e, conseqüentemente da superfície a ser preparada [14-29].

Até alguns anos atrás, pelo fato de haver escassez de materiais que possuíssem protocolo definido e específico para reparo em metalocerâmicas, era muito comum empregar, para tal finalidade, diferentes combinações entre sistemas adesivos e resinas compostas disponíveis no mercado para realização de restaurações, associando-se aos mais diversos tratamentos de superfície. Diante de tantas variáveis e, portanto, de tantas combinações possíveis, e ainda da falta de padronização das metodologias empregadas nos trabalhos de pesquisa, os valores de resistência de união encontrados variam amplamente de 3,0 a 37,4 MPa, ficando difícil estabelecer as melhores opções [4,5].

Dessa forma, alguns autores procuraram desenvolver métodos alternativos de tratamento das superfícies como jateamentos, ataque eletrolítico e condicionamento com substâncias ácidas, a fim de promover valores de união adesiva maiores e estáveis no meio bucal [19,30-33].

Guggenberger [21], 1989, avaliou a união entre ligas e resinas compostas utilizando um condicionamento de cobertura de sílica sobre superfícies metálicas com o intuito de aumentar a ligação com agentes silanizadores que favorecem a união química com os cimentos resinosos.

Devido às favoráveis propriedades de adesão

criadas pelo sistema Rocatec e pelo fato de ser um sistema utilizado principalmente em laboratórios de prótese, foi introduzido no mercado um sistema similar denominado de Cojet-Sand (ESPE, Seefeld - Germany) com a finalidade de realização de reparos de próteses metalocerâmicas fraturadas na boca. Este sistema também tem a finalidade de criar uma cobertura de sílica sobre as ligas, por meio de jateamento com partículas de sílica (30 µm), promovendo maiores valores de união com materiais resinosos, porém diferencia-se do sistema Rocatec pois se utiliza um aparelho jateador convencional no consultório e não um equipamento específico de uso laboratorial. Baseado nestes fatos e pela facilidade e versatilidade de uso do Cojet-Sand este sistema pode ser uma alternativa viável como sistema de reparo estabelecendo-se como um protocolo de trabalho, comparando-o com outros tipos de sistemas de reparos mais comuns e com menores custos. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os valores de resistência de união adesiva entre uma resina composta e uma liga de níquel-cromo submetida a quatro diferentes tratamentos de superfície utilizados para realização de reparos sobre infra-estruturas de próteses metalocerâmicas com revestimentos estéticos fraturados.

### Hipótese testada:

H0: Os tratamentos de superfícies não alteram os valores de resistência adesiva.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Obtenção dos blocos metálicos

Um padrão de acrílico usinado com dimensões de 5x5x5 mm foi utilizado como matriz para obtenção de um molde em silicone de adição denso (Express-3M), de onde foram obtidos padrões em cera, que foram fundidos em liga de níquel-cromo (Wiron 99, Bego-Germany), segundo as instruções do fabricante. Foram obtidos vinte e quatro blocos metálicos que tiveram uma das faces planificada com lixas d'água de granulação 300, 600 e 800 com o objetivo de criar uma superfície plana e uniforme. Os blocos foram divididos aleatoriamente em quatro condições experimentais com seis blocos cada (G1, G2, G3 e G4). Para cada condição experimental foram realizados os seguintes tratamentos de superfície sobre a face planificada de cada bloco metálico:

### Condições experimentais (tratamentos de superfície):

G1: Jateamento com partículas de óxido de alumínio (50  $\mu\text{m}$ ) por 20 segundos, com pressão de 2,8 bars, a uma distância aproximada de 10 mm perpendicular à superfície, seguido da aplicação de uma camada do monômero adesivo Alloy Primer (Kuraray).

G2: Jateamento com partículas de óxido de alumínio (50  $\mu\text{m}$ ) por 20 segundos, com pressão de 2,8 bars, a uma distância aproximada de 10 mm perpendicular à superfície, aplicação de ácido fosfórico 37% lavagem e secagem, finalizando-se com aplicação de uma camada do sistema adesivo Adper™ Single Bond 2 e polimerização por 20 segundos com a unidade foto-ativadora XL 3000 (3M Dental Products, St. Paul, MN - USA) com intensidade de luz de 600 mW/cm<sup>2</sup>.

G3: Condicionamento com o sistema Cojet-Sand que consistiu no jateamento com partículas de óxido de sílica (30  $\mu\text{m}$ ) por 20 segundos, com pressão de 2,8 bars, a uma distância aproximada de 10 mm perpendicular à superfície, finalizando-se o condicionamento com a aplicação de uma camada de silano ESPE-Sil, aguardando-se 5 minutos para secagem do mesmo.

G4: Condicionamento com o sistema Cojet-Sand como na condição G3, associada à aplicação de uma camada do sistema adesivo Adper™ Single Bond 2 e fotopolimerização por 20 segundos.

### Obtenção das amostras (Palitos)

Após os procedimentos de tratamento de superfície dos blocos metálicos estes foram posicionados em um segundo molde de silicone de adição denso (Express-3M), também obtido a partir de um padrão de acrílico com 5x5 mm de base e 10 mm de altura. Todos os blocos metálicos estavam com a face condicionada exposta para a abertura do molde. Sobre a face condicionada de cada bloco foi aplicada uma camada da resina opaca Sinfony (3M-ESPE) polimerizada por 40 segundos com a unidade foto-ativadora. Por fim, foram aplicados sobre a resina opaca Sinfony incrementos de aproximadamente 1mm de resina composta Z100 (3M-ESPE) fotopolimerizados por 40 segundos até que o molde estivesse preenchido totalmente.

Desta forma, foram obtidos 24 conjuntos (liga/resina - LR) formados por um bloco metálico condicionado, unido a um bloco constituído de resina composta (Figura 1).

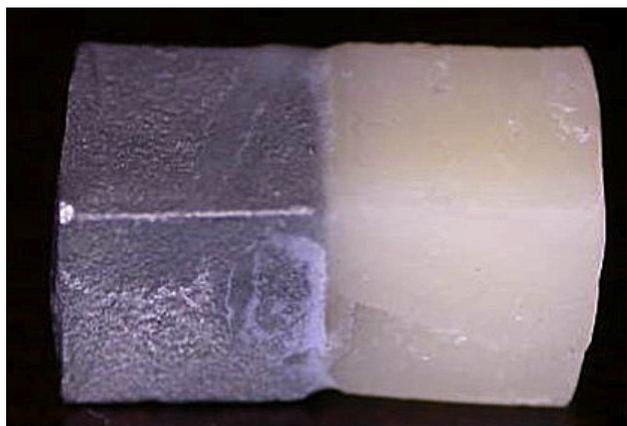


Figura 1 - Conjunto formado por bloco metálico unido a um bloco constituído de resina composta.

Para obtenção das amostras foram realizados cortes dos conjuntos de cada condição experimental utilizando-se um aparelho adaptado por Andreatta et al. [14,15], que permitiu realizar cortes com precisão de 0,1 mm, por meio de uma peça reta com disco de carborundum (nº 9500900220 Komet - Brasseler, Alemanha) fixada sobre uma mesa de coordenadas que possibilitava movimentos transversais e longitudinais. Desta maneira, cada conjunto (LR) foi colado com adesivo de cianoacrilato (Super Bonder - Loctite, Piracicaba - SP - Brasil) ao dispositivo de fixação do aparelho de corte, sendo que, a união adesiva foi posicionada perpendicularmente ao disco de carborundum. O primeiro corte eliminou uma fatia da extremidade do conjunto (LR) de aproximadamente 0,5 mm de espessura, pois nessa região poderia haver excesso de resina composta que influenciaria diretamente sobre os valores de resistência adesiva.

Em seguida, novos cortes foram realizados, obtendo-se duas fatias com dimensões de 10x5x1 mm para cada conjunto (LR), somando-se ao final um total de doze fatias por condição experimental.

Cada fatia teve uma de suas menores faces (10x1 mm) colada com adesivo de cianoacrilato ao dispositivo de fixação do aparelho de corte, com a superfície adesiva perpendicular ao disco de carborundum. Da mesma forma que com as fatias, a primeira amostra cortada, com aproximadamente 0,5 mm, também foi excluída pelos mesmos motivos.

A partir de cada fatia foram obtidas em média duas amostras (palitos) e, portanto quatro amostras de cada conjunto de blocos (LR) com as seguintes características: a) formato retangular; b) secção transversal quadrangular (simétrica); c) área adesiva de aproximadamente 1 mm<sup>2</sup>; d) comprimento de 10 mm (Figura 2).

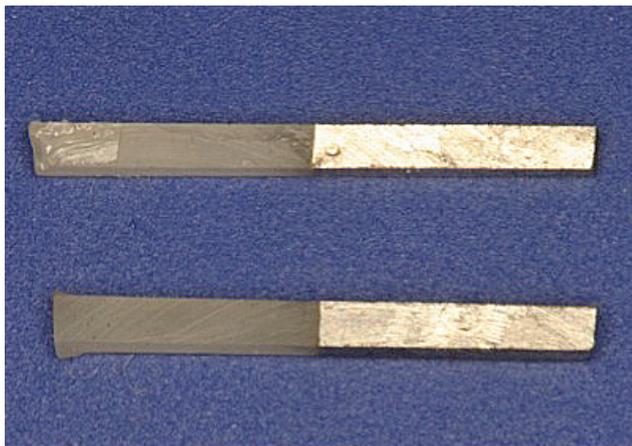


Figura 2 - Amostras (palitos) obtidas com 10x1x1 mm.

Desta forma, cada condição experimental foi representada por vinte e quatro amostras, entretanto cada condição experimental apresentou seis valores médios de resistência adesiva em MPa ( $n=6$ ), sendo que cada valor foi proveniente da média obtida a partir dos valores individuais das quatro amostras de cada conjunto de blocos.

### Ensaio de microtração

Todas as amostras foram submetidas a 500 ciclos térmicos em água entre 5 e 55 °C com 30 segundos em cada banho térmico, previamente a realização do ensaio mecânico de microtração.

As amostras de cada condição experimental foram fixadas com adesivo de cianoacrilato (Super Bonder, Loctite) a um dispositivo desenvolvido por Andreatta et al. [14,15], para realização de ensaios de microtração, o mais perpendicular possível à força aplicada a fim de evitar forças de torção na zona adesiva. Somente as extremidades da amostra (palito) foram utilizadas para a fixação, de tal forma que a zona adesiva permaneceu localizada no espaço entre as áreas de fixação (Figura 3).

Figura 3 - Amostra fixada no dispositivo mecânico para ensaio de microtração.



O dispositivo foi posicionado em uma máquina de ensaios universal (Modelo DL-1000, EMIC - Equipamentos e Sistemas Ltda., São José dos Pinhais - PR, Brasil) com célula de carga de 10 kgf e submetido à tração com velocidade de 1 mm/min até o rompimento da união adesiva da amostra.

A área de todas as amostras (palitos) foi medida antes da execução do ensaio, empregando um paquímetro digital (Starret Indústria e Comércio Ltda) com precisão de centésimo de milímetro. O valor da área juntamente com o valor de carga para rompimento da união, serviu para calcular a resistência da união à tração (MPa) que foi calculada pela seguinte fórmula:  $Rt=F/A$ , onde:  $Rt$  é a resistência à tração;  $F$ , a força aplicada; e  $A$ , área de união liga/resina composta.

### Análise estatística

Os dados de resistência adesiva (MPa) foram analisados pelo teste de análise de variância (ANOVA). O fator bloco foi considerado efeito aleatório e o fator tratamento superficial como efeito fixo. Os programas computacionais utilizados para análise estatística foram o STATISTIX software for Windows (Analytical Software, version 8.0, 2003) e MINITAB (Version 14.12, Minitab, Inc., 2004).

### Análise topográfica por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Neste estudo foi confeccionado um bloco metálico adicional de cada condição experimental para análise em microscópio eletrônico de varredura (MEV) (Jeol-JSM-5310-Scanning Microscope-Japan), com aumentos de 2000 vezes, para a análise da microestrutura da superfície das ligas, antes e após os tratamentos de superfície com os quatro tipos de condicionamentos. Foram analisadas em MEV, com aumentos de 100 vezes, dez amostras (palitos) representativas de cada condição experimental para ilustração do modo de falha em MEV.

### Análise química (EDS)

A análise dos elementos químicos presentes nos substratos metálicos foi realizada pela técnica de Espectrometria por Energia Dispersiva de Raios X (EDS - Energy Dispersive Spectrometry - EDS). A técnica EDS é baseada na análise das energias características de raios X emitidos por cada elemento componente de uma amostra, como resultado da incidência de um feixe de elétrons na superfície da amostra analisada. O

espectrômetro EDS está acoplado ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) utilizado para as análises.

Foi confeccionado um bloco metálico adicional de cada condição experimental para realizar as leituras e o mapeamento da superfície metálica (EDS) para analisar os elementos químicos presentes após os tratamentos de superfície sobre as superfícies metálicas.

Duas amostras de cada condição experimental tiveram a superfície de união adesiva avaliadas em EDS após os ensaios de microtração para identificar os elementos químicos presentes.

Por serem superfícies metálicas analisadas, não foi necessária aplicação de cobertura condutora nas amostras.

Desta forma, as análises da composição química foram realizadas pela obtenção de espectros de concentração de cada elemento químico presente em cada uma das amostras de análise.

## RESULTADOS

Os valores das médias e desvios-padrão de resistência adesiva (MPa) dos grupos G1, G2, G3 e G4 estão dispostos na tabela 1.

**TABELA 1 - MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DOS VALORES DE RESISTÊNCIA ADESIVA DOS GRUPOS G1 AO G4**

Grupo	n	Media (Mpa)	Desvio-padrão
Grupo G1	6	24,49	4,80
Grupo G2	6	19,51	3,90
Grupo G3	6	38,93	3,37
Grupo G4	6	36,49	3,45

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística de variância pelo teste de ANOVA que indicou diferenças significativas entre os valores médios de resistência adesiva dos grupos avaliados.

A realização do teste de Tukey, a partir da análise dos dados (médias) da Tabela 1, permitiu agrupar as quatro condições experimentais em três grupos de desempenho similar, como indicado na Tabela 2.

**TABELA 2 - FORMAÇÃO DE GRUPOS DE MESMO DESEMPENHO QUANTO À RESISTÊNCIA ADESIVA, APÓS A APLICAÇÃO DO TESTE DE TUKEY (5%)**

Tratamento Superficial	Média (MPa)	Grupos Homogêneos
G3	38,932	A
G4	36,489	A
G1	24,497	B
G2	19,516	C

Por meio do teste de Tukey (5%), pode-se dizer que os grupos condicionados com o sistema cojet apresentaram o mesmo desempenho, porém com os outros dois condicionamentos foram obtidos os menores valores de resistência adesiva.

Verificou-se que a condição experimental com menores valores de resistência adesiva foi a representada pelo grupo G2 :  $19,51 \pm 3,90$  (condicionamento com óxido de alumínio, ácido fosfórico 37% e o adesivo adper Single Bond 2). As condições experimentais que apresentaram o melhor desempenho de resistência adesiva foram aquelas onde o sistema Cojet (G3:  $38,93 \pm 3,37$  e G4:  $36,49 \pm 3,45$ ) foi utilizado como tratamento de superfície independentemente da utilização do sistema adesivo adper single bond 2.

## Análise topográfica com MEV

Inicialmente foi realizada a microscopia eletrônica de varredura das superfícies dos blocos metálicos logo após a remoção do revestimento da fundição, com objetivo de avaliar as alterações criadas inicialmente pelo jateamento de  $Al_2O_3$  ( $50\mu m$ ) sobre a superfície da liga.

Na figura 4 pode ser observada a imagem obtida com aumento de 2000 vezes da topografia superficial da liga de níquel-cromo.

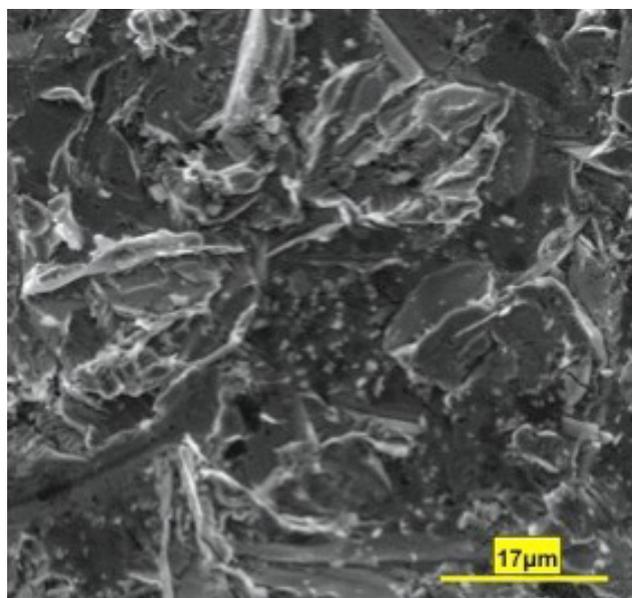


Figura 4 – Superfície da liga de níquel-cromo após jateamento com  $Al_2O_3$  (2000 x).

Nas figuras 5 a 8 estão apresentadas as imagens das superfícies da liga de níquel-cromo, após a realização dos quatro tratamentos de superfície com aumento de 2000 vezes.

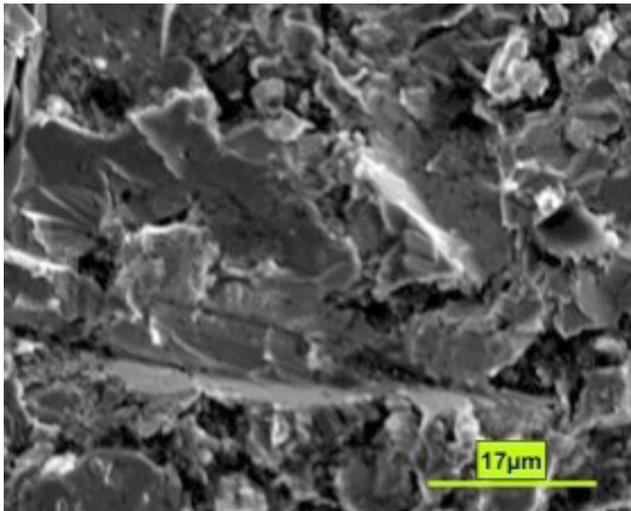


Figura 5 – Superfície da liga de níquel-cromo após tratamento de superfície G1 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + alloy primer ) 2000 x.

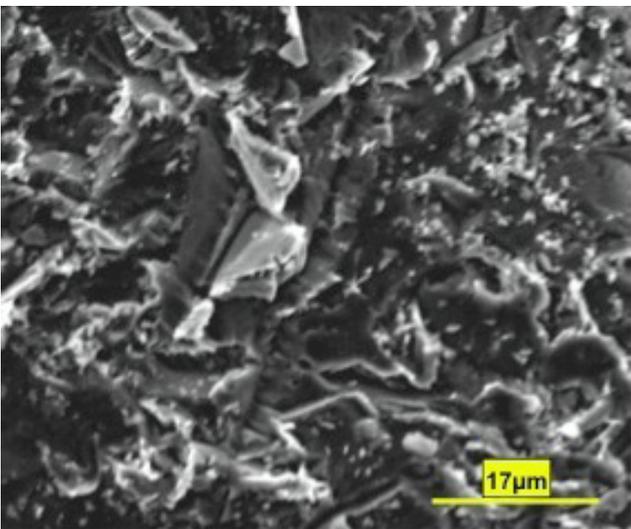


Figura 6 - Superfície da liga de níquel-cromo após tratamento de superfície G2 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + Single Bond 2) 2000 x.

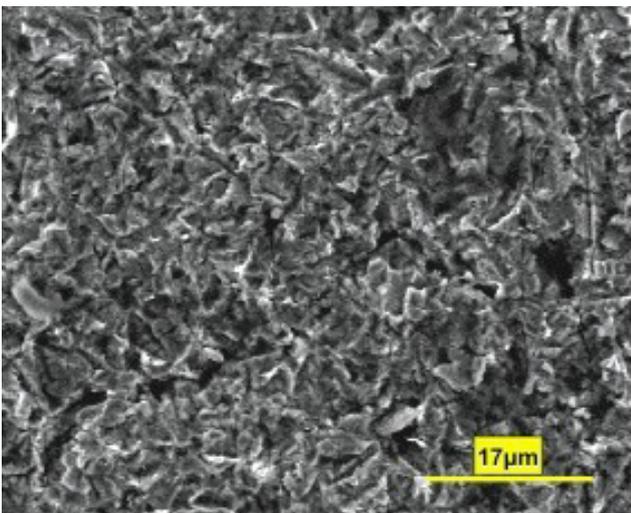


Figura 7 – Superfície da liga de níquel-cromo após tratamento de superfície G3 (Cojet + silano) 2000 x.

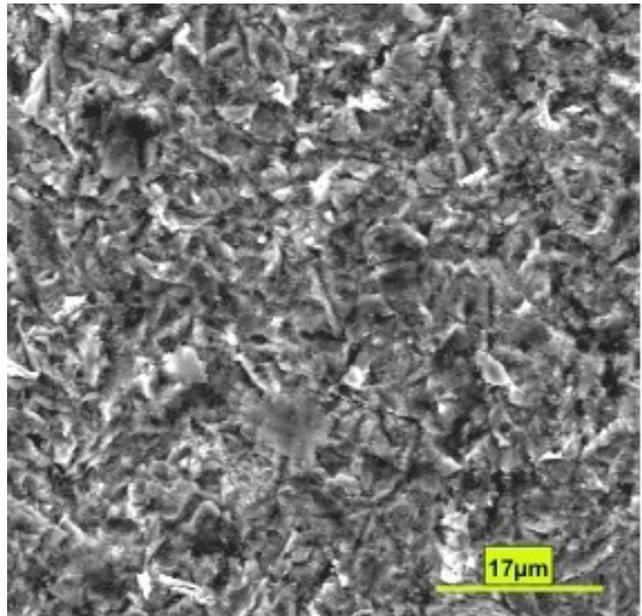


Figura 8 – Superfície da liga de níquel-cromo após tratamento de superfície G4 (Cojet + silano + Single Bond 2) 2000 x

A avaliação da superfície da liga com os condicionamentos G1 e G2 por terem sido realizados com jateamento com Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (50µm) não foram criadas alterações topográficas diferentes das promovidas pelo jateamento inicialmente realizado para remover os resíduos de revestimento (Figuras 4 a 6). Entretanto, a avaliação das imagens mostrou que após a realização dos condicionamentos G3 e G4 (Cojet – SiO<sub>2</sub> - 30µm) modificaram a topografia da liga de níquel-cromo em relação à topografia criada pelos condicionamentos G1 e G2 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 50µm). As imagens indicaram que sob o condicionamento com o tratamentos G1 e G2, as superfícies das ligas apresentaram depressões maiores e mais irregulares do que com o condicionamento com os tratamentos G3 e G4. Observou-se que o condicionamento com os tratamentos G3 e G4 as depressões na topografia da liga apresentaram-se menores, mais uniformes e conseqüentemente em maiores quantidades (Figuras 7 e 8).

As Figuras 9 a 12 indicam as imagens das amostras representativas de cada condição experimental que foram selecionadas aleatoriamente após a realização do ensaio de microtração. As imagens de cada amostra foram analisadas com aumento de 100 vezes, a fim de avaliarmos as topografias das áreas de rompimento da união e indicar o tipo de falha ocorrido.

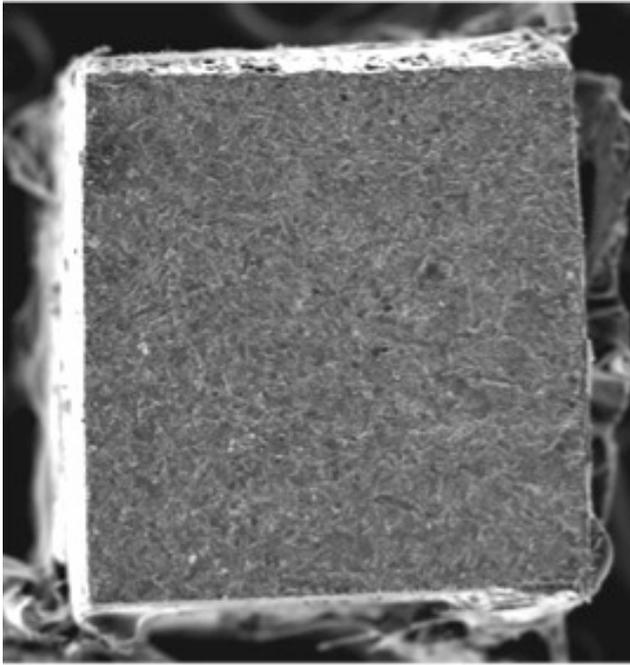


Figura 9 – Área adesiva após rompimento da interface de união da liga de níquel-cromo com tratamento de superfície G1 ( $Al_2O_3$  + alloy primer ) 100x.

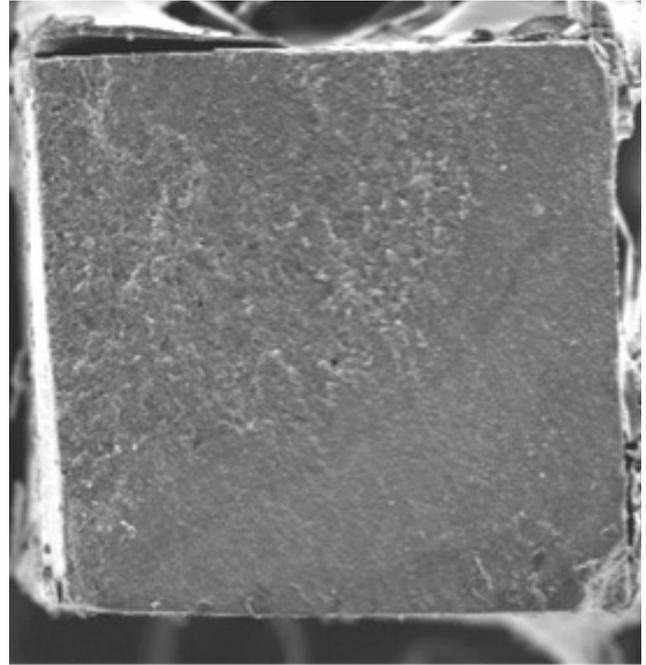


Figura 11 – Área adesiva após rompimento da interface de união da liga de níquel-cromo com tratamento de superfície G3 (Cojet + silano) 100x.

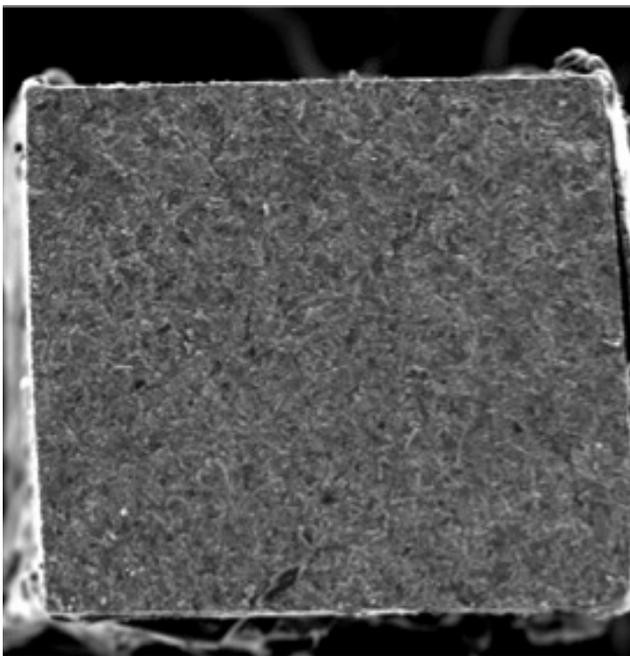


Figura 10 – Área adesiva após rompimento da interface de união da liga de níquel-cromo com tratamento de superfície G2 ( $Al_2O_3$  +  $H_3PO_4$  + Single Bond 2) 100x.

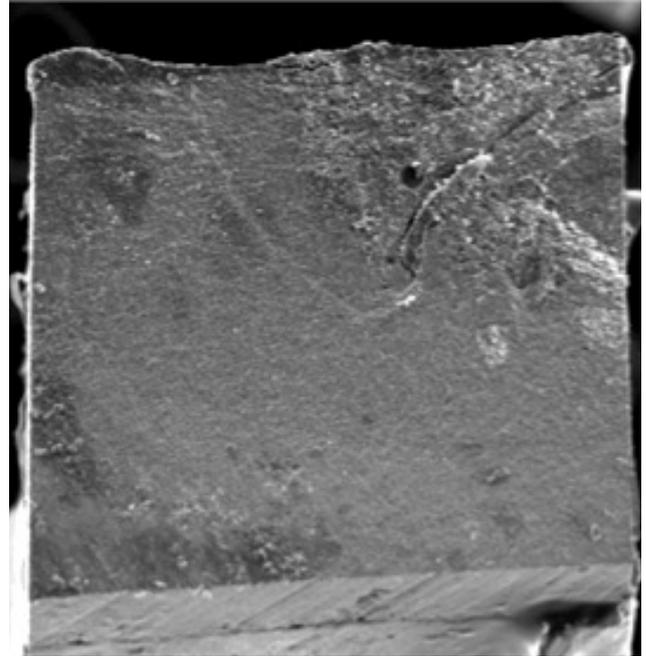


Figura 12 – Área adesiva após rompimento da interface de união da liga de níquel -cromo com tratamento de superfície G4 (Cojet + silano + Single Bond 2) 100 x.

A análise das imagens das figuras 9 a 12 indicaram que após a realização do ensaio de microtração a superfície da liga de níquel-cromo condicionada com os tratamentos G1 e G2 apresentaram características topográficas semelhantes entre si. Da mesma forma, os grupos condicionados com os tratamentos G3 e G4 também apresentaram características topográficas semelhantes entre si. Entretanto, após o rompimento da união adesiva, as superfícies das ligas de níquel-cromo, submetidas aos condicionamentos com os tratamentos G3 e G4 apresentaram características topográficas diferentes das superfícies condicionadas com os tratamentos G1 e G2. Estas diferenças podem ser verificadas pela presença de remanescentes de resina composta nas superfícies das amostras submetidas aos tratamentos G3 e G4 (Cojet), indicando que ocorreram falhas coesivas nas amostras destes grupos e falhas adesivas nas amostras submetidas aos tratamentos G1 e G2.

**Análise química (EDS) das superfícies das ligas**

A análise química utilizando EDS permitiu a identificação dos elementos químicos presentes na superfície das ligas após a realização dos tratamentos de superfície e após a realização do ensaio de microtração. As Figuras 13 e 14 indicam os resultados das análises obtidas para a liga de níquel-cromo, respectivamente, após os condicionamentos com os tratamentos G1 e G2 (Al2O3) e G3 e G4 (Cojet – SiO2). Além dos elementos químicos característicos de cada liga, verificou-se a presença de Alumínio (Al) em quantidades elevadas para todos os tratamentos de superfície. Após o condicionamento com os tratamentos G3 e G4 (Cojet – SiO2), ainda se observou uma quantidade elevada do elemento alumínio, porém com um aumento significativo da quantidade do elemento químico silício (Si), certamente devido ao jateamento com partículas de óxido de sílica.

As Figuras 15 e 16 indicam os resultados das análises obtidas após a realização do ensaio de microtração. A análise dos gráficos indicou que praticamente não houve alterações na quantidade dos elementos presentes anteriormente, como alumínio e silício. Verificou-se porém, que sobre as superfícies da liga de níquel-cromo condicionadas com os tratamentos G3 e G4 (Cojet – SiO2) ocorreu também a presença do elemento químico Bário (Ba), indicativo de remanescente de material resinoso. Desta forma, estes dados obtidos com análise química (EDS) confirmaram os achados da análise topográfica que indicaram a ocorrência de falhas adesivas para as amostras submetidas aos tratamentos G1 e G2 e falhas coesivas para as amostras submetidas aos tratamentos G3 e G4.

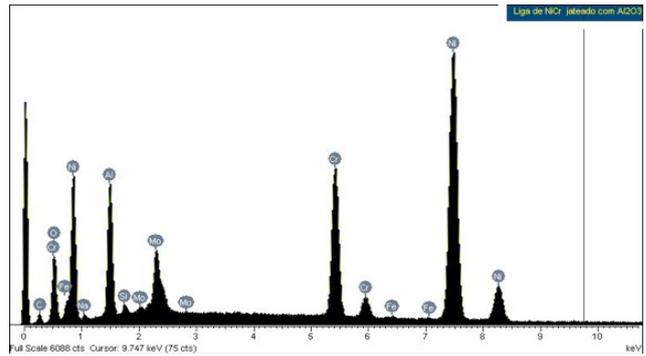


Figura 13 – EDS da superfície da liga de níquel-cromo após jateamento com Al2O3 (Tratamentos G1 e G2).

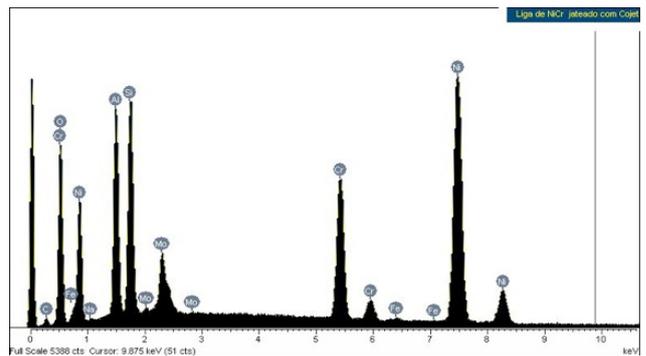


Figura 14 – EDS da superfície da liga de níquel-cromo após jateamento com Cojet - SiO2 (Tratamentos G3 e G4).

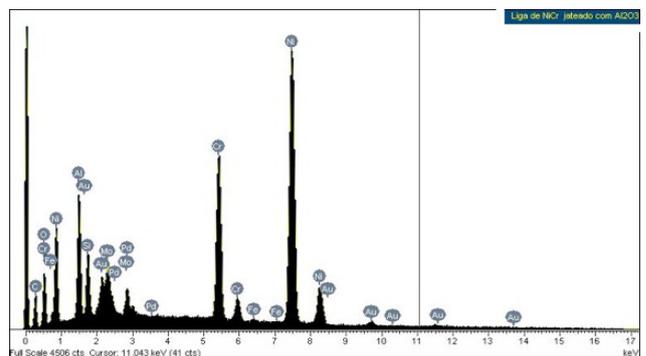


Figura 15 – EDS da superfície da liga de níquel-cromo condicionada com os tratamentos G1 e G2 (Al2O3) após os ensaios de microtração.

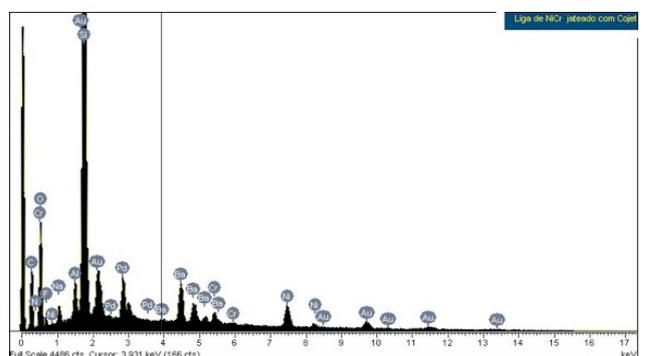


Figura 16 – EDS da superfície da liga de níquel-cromo condicionada com os tratamentos G3 e G4 (Cojet – SiO2) após os ensaios de microtração.

## DISCUSSÃO

O desenvolvimento de materiais resinosos que apresentam capacidade de união química com estruturas metálicas permitiu que reparos do revestimento estético em próteses parciais fixas pudessem ser realizados, evitando ou postergando a substituição destas próteses e reduzindo-se drasticamente os custos em relação a confecção de uma nova reabilitação. Inúmeros trabalhos nesta área têm mostrado que alguns tipos de tratamento na superfície do metal trazem conseqüências benéficas, elevando a resistência adesiva entre materiais resinosos e o metal [17,19,22].

Neste estudo foi observado que para se obter maior resistência de união adesiva entre o metal e a resina composta é importante tratar a superfície metálica com um método que proporcione a deposição de sílica na superfície, como o sistema Cojet-Sand. Os resultados do trabalho são semelhantes aos obtidos por Cobb et al. [18], que também condicionaram superfície de ligas para metalo-cerâmica com o sistema Cojet-Sand. Esse sistema utiliza inicialmente um jateamento com partículas de sílica de 30µm finalizando-se o condicionamento com a aplicação de um silano. A energia cinética das partículas de sílica jateadas é transformada em energia térmica que chega a atingir o ponto de fusão da liga entre 1- 2mm da superfície. Com isso, as partículas ficam unidas à superfície da liga, formando-se uma camada superficial de sílica estável e com grande afinidade química aos agentes de silanização e materiais resinosos [21,31,34,35].

O papel do silano no tratamento de superfície do metal é inicialmente proteger a superfície de contaminação previamente aos procedimentos de adesão. Silanos têm sido indicados na promoção de adesão da resina ao metal através de vários mecanismos. A principal razão de os adesivos resinosos falharem na obtenção de boa qualidade de contato com a superfície do metal, não é devido a sua alta viscosidade, mas pelo fato de eles competirem com a água absorvida na superfície do metal. Os silanos aumentam o molhamento da superfície do metal por materiais resinosos, pois se aderem tanto à água absorvida e óxidos ácidos presentes na superfície do metal como aos grupos metacrilatos dos materiais resinosos. Os agentes silanizadores permitem um maior escoamento dos adesivos resinosos para a intimidade das rugosidades criadas pelo jateamento, permitindo um aumento na força adesiva. Porém este aumento só é realmente efetivo quando a superfície é condicionada com jato de sílica, como no sistema Cojet-Sand [8,12,18,31,34,35].

Este estudo sugere que o tratamento de superfície apenas com o jateamento de partículas de óxido de alumínio apresentou menores valores de união adesiva por não terem sido condicionados com sílica e silano pelo sistema Cojet-Sand, tendo em vista o aumento do conteúdo de sílica, e a possibilidade de interação com o agente silano e deste com os materiais resinosos, que o método proporciona.

Embora o presente estudo tenha avaliado a capacidade de união de uma liga de NiCr e a resina opaca Sinfony (3M-ESPE), é possível considerar que todos estes argumentos no sentido de estabelecer os métodos de condicionamento com sílica como procedimento indispensável para a referida união, poderiam ser estendidos para outras ligas metálicas e materiais resinosos.

Foram verificados na literatura outros estudos procurando relacionar o aumento da união adesiva de resina composta à superfície dos metais com tratamentos de superfícies alternativos. Entretanto, ainda são poucos os estudos que fundamentam como protocolo a utilização do sistema Cojet-Sand no emprego de reparos de revestimentos estéticos fraturados de próteses parciais fixas.

Guggenberger [21] em 1989 pesquisou a união entre metais e resinas utilizando um condicionamento com sistemas de cobertura de sílica sobre superfícies metálicas. Kern e Thompson [35] em 1994 também verificaram que o sistema Rocatec, com características semelhantes ao sistema Cojet-Sand, promoveu valores maiores de união adesiva entre uma liga de NiCr e um cimento convencional à base de Bis-GMA quando comparado ao jateamento convencional da mesma liga apenas com óxido de alumínio.

Frankenberger et al. [12] em 2000, Cobb et al. [18] em 2000, e Haselton et al. [34] em 2001 avaliaram técnicas de reparos para próteses metalo-cerâmicas e verificaram que o sistema Cojet-Sand propiciou maiores valores de união adesiva entre a superfície de ligas odontológicas e materiais resinosos do que outros tipos de condicionamentos de superfície.

A análise química via MEV e EDS foi realizada em uma amostra aleatória de cada condição experimental sendo avaliadas as superfícies das ligas após o condicionamento superficial e após a realização do ensaio mecânico de microtração. Verificamos que tal análise foi extremamente importante no estudo, pois obtivemos informações conclusivas sobre os resultados de cada condição experimental.

As Figuras 13 a 16 indicaram a presença dos elementos químicos que foram agregados às superfícies das ligas após os condicionamentos de superfície e após os ensaios mecânicos.

A análise das Figuras 13 a 16 indicaram que nossos resultados foram semelhantes aos de vários autores [12,17,18,21,34,35]. Na Figura 14 observamos que após o condicionamento com os tratamentos G3 e G4 (Cojet) da superfície da liga de níquel-cromo aumentou-se significativamente a quantidade do elemento químico silício (Si).

Para o grupo submetido ao tratamento G1 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Alloy Primer) os resultados foram maiores que no grupo submetido ao tratamento G2 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + ácido fosfórico 37% + Adesivo Single Bond 2) provavelmente ao Alloy Primer que tem em sua composição os monômeros VBATDT e MDP que aumentariam segundo Freitas et al. [6] a resistência de união entre materiais resinosos e ligas metálicas. O monômero MDP é um éster fosfato que apresenta grande afinidade química à camada de oxidação formada sobre a superfície de ligas não nobres como o níquel-cromo. Sendo assim, os valores obtidos para o grupo G1 seriam justificados por este condicionamento que aumentou a afinidade química de união entre a resina composta e a liga de níquel-cromo.

As Figuras 15 e 16 indicaram os elementos químicos remanescentes sobre a superfície das ligas após a realização do ensaio mecânico de microtração. Os elementos químicos presentes sobre as superfícies das ligas submetidas ao ensaio de microtração não diferiram em quantidade em relação às superfícies analisadas logo após os tratamentos de superfície, com exceção da liga de níquel-cromo condicionada com os tratamentos G3 e G4 (Cojet) que após o ensaio mecânico apresentaram sobre sua superfície o elemento químico bário (Ba). Tal fato sugeriu que

realmente ocorreram falhas coesivas no cimento resinoso para estas duas condições experimentais, pois o elemento químico bário é um dos constituintes dos materiais resinosos e não estava presente sobre as superfícies das ligas logo após o condicionamento superficial.

Fundamentados nas informações obtidas na literatura procuramos, então, utilizando-se a metodologia de ensaio por microtração avaliar a real eficácia do uso do sistema Cojet-Sand sobre a liga de NiCr, simulando técnicas de reparo de peças protéticas. Em vista dos resultados obtidos no estudo e pela facilidade e versatilidade do uso do sistema Cojet-Sand, já que se utiliza de um aparelho jateador convencional no consultório e não de um equipamento específico de uso laboratorial, este sistema é uma alternativa viável no condicionamento de superfícies de ligas que serão submetidas a reparos, otimizando assim os valores de adesão as resinas compostas.

## CONCLUSÕES

Os resultados negaram a hipótese experimental de que os tratamentos de superfície não alterariam os valores de resistência adesiva entre uma resina composta e a superfície da liga de níquel-cromo utilizada para infra-estruturas de próteses metalo-cerâmicas. Os resultados indicaram que o condicionamento com os tratamentos G3 e G4 (Cojet) aumentaram os valores de resistência adesiva para a liga avaliada. Verificou-se que os menores valores de resistência adesiva foram obtidos para o condicionamento G2.

---

## ABSTRACT

**Objectives:** This study evaluated the adhesive bond strength between four repairing systems and a nickel-chromium alloy used for metalceramic crowns. **Material and Methods:** Twenty-four blocks of nickel-chromium with dimensions of 5x5x5 mm were cast and divided into four groups of six blocks. Each group was conditioned with the following surface treatments: G1- sandblasting with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (50 µm) + Alloy Primer (Kuraray); G2-sandblasting with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (50 µm) + 37% phosphoric acid + Adper Single Bond 2 (3M); G3- Cojet-Sand System (3M); G4- Cojet-Sand System (3M) + Adper Single Bond 2 (3M). Resin composite was applied on the conditioned surface of metal blocks up to obtaining a symmetrical resin block. The sets were cut, obtaining 96 samples of 10x1x1 mm, with adhesive surface of 1 mm<sup>2</sup>. After thermocycling (500 cycles at 5-55 °C), all samples were submitted to the microtensile test in an universal test machine (EMIC), with crosshead speed of 1mm/min. **Results:** Mean and standard deviation values of bond strength (MPa) were: G1: 24.49 ± 4.80, G2: 19.51 ± 3.90, G3: 38.93 ± 3.37 and G4: 36.49 ± 3.45. The data were analyzed by the analysis of variance test (ANOVA), and indicated that values of bond strength of groups G3 and G4 were significantly greater than values in groups G1 and G2. **Conclusion:** It was concluded that the NiCr alloy conditioned with Cojet-Sand (G3 and G4) increased the values of bond strength to composite resin compared to the surface treatments of groups G1 and G2.

## UNITERMS

Metal alloys; composite resin; surface treatments.

---

## REFERÊNCIAS

1. Moffa JP, Going RE, Gettleman L. Silver pins: their influence on the strength and adaptation of amalgam. *J Prosthet Dent.* 1972 Nov;28(5):491-9.
2. Antoniadou M, Kern M, Strub JR. Effect of a new metal primer on the bond strength a resin cement and two high-noble alloys. *J Prosthet Dent.* 2000 Nov;84(5):554-60.
3. Latta MA, Barkmeier WW. Approaches for intraoral repair of ceramic restorations. *Compend Contin Educ Dent.* 2000 Aug;21(8):635-9, 642-4; quiz 646. Review.
4. Chung KH, Hwang YC. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent.* 1997 Sep;78(3):267-74.
5. Czerw RJ, Wakefield CW, Robbins JW, Fulkerson MS. Shear bond strength of composite resin to microetched metal with five newer-generation bonding agents. *Oper Dent.* 1995 Mar-Apr;20(2):58-62.
6. Freitas AP, Francisconi PA. Effect of a metal primer on the bond strength of the resin-metal interface. *J Appl Oral Sci.* 2004 Jun;12(2):113-6.
7. Gregory WA, Hagen CA, Powers JM. Composite resin repair of porcelain using different bonding materials. *Oper. Dent.* 1988 Summer;13(3):114-8.
8. Ozcan M, Pfeiffer P, Nergiz I. A brief history and current status of metal-and ceramic surface-conditioning concepts for resin bonding in dentistry. Review. *Quintessence Int.* 1998 Nov;29(11):713-24.
9. Ozcan M. Fracture reasons in ceramic-fused-to-metal-restorations. *J Oral Rehabil.* 2003 Mar;30(3):265-9.
10. Ozcan M, Matinlinna JP, Vallittu PK, Huysmans MC. Effect of drying time of 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane on the shear bond strength of a composite resin to silica-coated base/noble alloys. *Dent Mater.* 2004 Jul;20(6):586-90.
11. Ozcan M, Niedermeier W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal-ceramic restorations and survival of repairs. *Int J Prosthodont.* 2002 May-Jun;15(3):299-302.
12. Frankenberger R, Krämer N, Sindel J. Repair strength of etched vs silica-coated metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Oper Dent.* 2000 May-Jun;25(3):209-15.
13. Ozcan M. Evaluation of alternative intra-oral techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. *J Oral Rehabil.* 2003 Feb;30(2):194-203.
14. Andreatta Filho OD, Bottino MA, Nishioka RS, Valandro LF, Leite FP. Effect of thermocycling on the bond strength of a glass-infiltrated ceramic and a resin luting cement. *J Appl Oral Sci.* 2003 Mar;11(1):61-7.
15. Andreatta Filho OD, Araújo MA, Bottino MA, Nishioka RS, Menezes MM. Study of thermocycling effect on the bond strength between an aluminous ceramic and a resin cement. *J Appl Oral Sci.* 2005 Mar;13(1):53-7.
16. Attia A. Influence of surface treatment and cyclic loading on the durability of repaired all-ceramic crowns. *J Appl Oral Sci.* 2010 Mar-Apr;18(2):194-200.
17. Chang JC, Koh SH, Powers JM, Duong JH. Tensile bond strengths of composites to a gold-palladium alloy after thermal cycling. *J Prosthet Dent.* 2002 Mar;87(3):271-6.
18. Cobb DS, Vargas MA, Fridrich TA, Bouschlicher MR. Metal surface treatment: characterization and effect on composite-to-metal bond strength. *Oper Dent.* 2000 Sep-Oct;25(5):427-33.
19. Coelho CM, Rubo JH, Pegoraro LF. Tensile bond strength of a resinous cement to a nickel-chromium alloy modified with five surface treatments. *J Prosthet Dent.* 1996 Sep;76(3):246-9.
20. dos Santos JG, Fonseca RG, Adabo GL, dos Santos Cruz CA. Shear bond strength of metal-ceramic repair systems. *J Prosthet Dent.* 2006 Sep;96(3):165-73.
21. Guggenberger, R. Rocatec system-adhesion by tribochemical coating. *Dtsch Zahnarztl Z.* 1989 Nov;44(11):874-6.
22. Isidor F, Hassna NM, Josephsen K, Kaaber S. Tensile bond strength of resin-bonded non-precious alloys with chemically and mechanically roughened surfaces. *Dent Mater.* 1991 Oct;7(4):225-9.
23. Parsa RZ, Goldstein GR, Barrack GM, LeGeros RZ. An *in vitro* comparison of tensile bond strengths of noble and base metal alloys to enamel. *J Prosthet Dent.* 2003 Aug;90(2):175-83.
24. Petrie CS, Eick JD, Williams K, Spencer P. A comparison of 3 alloy surface treatments for resin-bonded prostheses. *J Prosthodont.* 2001 Dec;10(4):217-23.
25. Quaes AC, Heide S, Freitag S, Kern M. Influence of metal cleaning methods on the resin bond strength to NiCr alloy. *Dent Mater.* 2005 Mar;21(3):192-200.
26. Rada R. Aesthetic rehabilitation of an existing PFM bridge. *Dent Today.* 2010 Jun;29(6):110, 112-3.
27. Rubo JH, Pegoraro LF. Tensile bond strength of a composite resin cement for bonded prosthesis to various dental alloys. *J Prosthet Dent.* 1995 Sep;74(3):230-4.
28. Van Noort R, Cardew GE, Howard IC, Noroozi S. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. *J Dent Res.* 1991 May;70(5):889-93.
29. Wady AF, Paleari AG, Queiroz TP, Margonar R. Repair technique for fractured implant-supportes metal-ceramic restorations. A clinical report. *J Oral Implantol.* 2012 Apr 16. [Epub ahead of print]
30. Fahmy NZ, Mohsen CA. Assessment of an indirect metal ceramic repair system. *J Prosthodont.* 2010 Jan;19(1):25-32. Epub 2009 Sep 14. Erratum in: *J Prosthodont.* 2010 Apr;19(3):248.
31. Kern M, Thompson VP. Influence of prolonged thermal cycling and water storage on the tensile bond strength of composite to NiCr alloy. *Dent Mater.* 1994 Jan;10(1):19-25.
32. Ozcan M, Koolman C, Aladag A, Dündar M. Effects of different surface conditioning methods on the bond strength of composite resin to amalgam. *Oper Dent.* 2011 May-Jun;36(3):318-25. Epub 2011 Jul 8.
33. Van Noort R, Noroozi S, Howard IC, Cardew G. A critique of bond strength measurements. *J Dent.* 1989 Apr;17(2):61-7.
34. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne JT Jr. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent.* 2001 Nov;86(5):526-31.
35. Kern M, Thompson VP. Effects of sandblasting and silica-coating procedures on pure titanium. *J Dent.* 1994 Oct;22(5):300-6.

Recebido: 19/07/2012  
Aceito: 19/07/2012

Correspondência:  
Rua Santa Clara, 100 – apto 102.  
Vila Adyanna, Cep:122430-630 São José dos Campos – SP.  
e-mail: andreatta@fosjc.unesp.br