

Resistência de união de uma porcelana a uma liga de NiCr jateada com três diferentes tamanhos de partículas de óxido de alumínio

João Gustavo Rabelo RIBEIRO^a, José Cláudio Martins SEGALLA^b,

Juliana de Souza ARANHA^c, Fabiano PEREZ^a,

Luciano Pedrin Carvalho FERREIRA^a

^aPós-graduando em Reabilitação Oral, Área Prótese, Nível Doutorado, Faculdade de Odontologia, UNESP, 14801-903 Araraquara - SP, Brasil

^bDepartamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia, UNESP, 14801-903 Araraquara - SP, Brasil

^cEstagiária, Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia, UNESP, 14801-903 Araraquara - SP, Brasil

Ribeiro JGR, Segalla JCM, Aranha JS, Perez F, Ferreira LPC. Shear bond strength of a porcelain to a NiCr alloy airborne with three different thickness of aluminum oxide. Rev Odontol UNESP. 2007; 36(3):209-215.

Resumo: O objetivo deste estudo foi o de avaliar o efeito do jateamento com diferentes tamanhos de partículas de óxido de alumínio sobre a infra-estrutura de NiCr na resistência de união metal-porcelana. Para isso foram obtidas 40 pastilhas metálicas (n = 10) em liga de NiCr Verabond II (Aalbadent Inc, Cordelia, EUA), divididas de acordo com o tratamento de superfície realizado: Grupo I, somente polimento; Grupo II, polimento e jateamento com óxido de alumínio de 10-20 µm; Grupo III, polimento e jateamento com óxido de alumínio de 125 µm; Grupo IV polimento e jateamento com óxido de alumínio de 250 µm. Em seguida procedeu-se aplicação de opaco e porcelana Duceram Plus (DeguDent, Hanau, Alemanha), com 5,0 mm de diâmetro e 3,0 mm de espessura. Em seguida foi realizado o ensaio mecânico de cisalhamento em máquina de ensaios MTS 810 com célula de carga de 10 kN e velocidade do atuador de 0,5 mm por minuto. Os tipos de falha foram observados em lupa estereoscópica. As médias para os grupos foram em MPa: Grupo I 19,5 ± DP = 3,05; Grupo II 19,71 ± DP = 3,55; Grupo III 19,29 ± DP = 2,99; e Grupo IV 16,64 ± DP = 3,50. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, que não identificou diferenças estatísticas entre os grupos. Conclui-se que independentemente do tratamento de superfície utilizado não houve diferença estatística para os valores de resistência de união entre os grupos estudados.

Palavras-chave: Resistência ao cisalhamento; ligas metalocerâmicas; porcelana dentária.

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effect of airborne with three different thickness of aluminum oxide on a NiCr alloy in porcelain/alloy bond strength. Forty alloy specimens were prepared (n = 10) in a NiCr alloy Verabond II (Aalbadent Inc, Cordelia, USA), divided according the superficial treatment: group I, polish; group II polish and airborne with 10-20 µm aluminum oxide; group III polish and airborne with 125 µm aluminum oxide; group IV polish and airborne with 250 µm aluminum oxide. Opaque and porcelain Duceram Plus (DeguDent, Hanau, Germany) was 5.0 mm diameter and 3.0 mm high. The specimens were subject to a shear load on a MTS 810 testing machine using a 0,5 mm/min crosshead speed, and the fails were observed with an optical microscopy. The groups present the following mean bond strengths in MPa: group I 19.5 ± DP = 3.05; group II 19.71 ± DP = 3.55; group III 19.29 ± DP = 2.99; e group IV 16.64 ± DP = 3.50. The data were analyzed with a 1-way analysis of variance, and no significant differences were found among the groups. It was conclude that independently of superficial treatment used, no statistical differences were found among the shear bond strength values for the metal-ceramic specimens tested.

Keywords: Shear strength; metal ceramic alloys; dental porcelain.

Introdução

Apesar das restaurações de cerâmica pura estarem cada vez mais presentes na prática odontológica diária, as restaurações metalocerâmicas ainda são muito empregadas devido a características como a adaptação marginal e a resistência, ambas proporcionadas pela infra-estrutura metálica, além da estética proporcionada pela porcelana de revestimento. Além disso, esse tipo de tratamento restaurador possui longa história de utilização clínica e inúmeras pesquisas realizadas^{1,3,11,21,24}. Tais restaurações foram idealizadas na década de 50, com o intuito de sanar as falhas de adaptação e resistência das coroas puras de porcelana feldspática.

Inicialmente ligas nobres eram utilizadas para confecção das restaurações metalocerâmicas, porém com o aumento do custo desses metais, ligas mais acessíveis economicamente^{15,18}, e com propriedades mecânicas semelhantes¹⁹ à base de metais não-nobres foram desenvolvidas. Dentre elas, as ligas à base de NiCr vêm demonstrando sucesso clínico nas últimas décadas e atualmente são as mais utilizadas, principalmente pela formação de uma camada de óxidos que proporciona ligação química com a porcelana de cobertura, levando a uma maior longevidade da restauração^{17,24}.

A união da porcelana ao metal é atribuída às forças de van-der-Wall's, a um travamento mecânico entre os dois materiais e a união química entre a porcelana e a camada de óxidos metálicos, formados durante o processo de sinterização da porcelana³. Muitos autores^{5,12,13,22} apresentam a união da porcelana ao metal pela interação da primeira aos óxidos metálicos, como principal fator. Entretanto, há necessidade de se controlar a espessura da camada de óxidos, pois uma camada espessa poderia piorar a resistência de união metal/porcelana⁸.

Atualmente sabe-se que o jateamento com óxido de alumínio facilita a formação da camada de óxidos e auxilia no travamento da porcelana ao metal^{2,9-11,14,20,23}. Por este motivo é procedimento necessário durante a confecção de restaurações metalocerâmicas. Entretanto, o jateamento pode comprometer a integridade marginal da infra-estrutura, causando desajuste irreversível da restauração ao dente. Peutzfeldt, Asmussen¹⁶ verificaram que quanto maior a espessura de partícula, maior seria o desajuste da peça ao dente. Desta forma, o presente estudo propõe a hipótese de que o jateamento poderia ser realizado com partículas menores, procurando manter a integridade marginal da restauração sem, no entanto, prejudicar a resistência de união metal/porcelana.

Por estes motivos, o objetivo do presente estudo foi o de avaliar se o jateamento com óxido de alumínio, com diferentes tamanhos de partículas, sobre uma liga de NiCr, poderia afetar a resistência de união da porcelana a esta liga metálica.

Material e método

Obtenção das pastilhas metálicas

Utilizando uma matriz metálica com perfuração central medindo 9,0 mm de diâmetro e 3,0 mm de altura, foram confeccionadas 40 pastilhas com cera para fundição (Kota, São Paulo, Brasil). A estas pastilhas foi adicionado um *sprue* de cera, sendo em seguida, colocadas em número de quatro em anel de fundição de silicone e incluídas com revestimento fosfatado Heat Shock (Polidental, São Paulo Brasil). Após a queima das pastilhas de cera em forno EDG3P-S (EDG, São Carlos, Brasil), foi realizada a fundição da liga de NiCr Verabond II (Aalbadent Inc, Cordelia, EUA). Foram realizadas 10 fundições para que se obtivessem 40 pastilhas metálicas. Para fundição foi utilizado maçarico com chama de gás/oxigênio com pressão de 4,8 Kgf/cm² e injeção por centrifugação.

Após o resfriamento, desinclusão e limpeza, as pastilhas metálicas foram incluídas com resina acrílica autopolimerizável rosa Jet (Artigos Odontológicos Clássico Ltda, São Paulo, Brasil). Para isso, utilizou-se uma placa de vidro, onde foram realizadas duas marcações: uma no perímetro do tubo de PVC e outra centralizada, com uma caneta para retroprojeter. As pastilhas metálicas e os tubos de PVC de ½ polegada de diâmetro e 27 mm de altura foram colados na superfície da placa de vidro em suas devidas marcações, com o auxílio de cola em bastão Prit (Henkel Chile S.A., Santiago, Chile). A resina acrílica foi manipulada de acordo com as especificações do fabricante e vertida dentro dos tubos de PVC até a borda, sobre as pastilhas metálicas.

Tratamento de superfície

Foi então realizado o polimento das amostras com o objetivo de regularizar a superfície antes da execução dos tratamentos. Para isso foram utilizadas lixas d'água sequenciais Aquaflex (Norton, Guarulhos, Brasil) de granulação 220, 280, 400 e 600, montadas em polidora mecânica Metaserv (Buehler, Londres, Inglaterra), por cerca de 3 minutos cada, a uma velocidade de 400 rpm. Um dispositivo fixador foi utilizado para regularizar e polir os corpos na polidora mecânica, com o objetivo de manter a superfície metálica perfeitamente perpendicular ao longo eixo do tubo de PVC, condição essa necessária para que o ensaio de cisalhamento fosse bem executado.

Depois disso, foram feitos pequenos desgastes para marcar a pastilha metálica e a resina, a fim de facilitar a recolocação das pastilhas metálicas na mesma posição no tubo de PVC, já que estas eram retiradas desse tubo, desgastando-se a resina acrílica, localizada em mais da metade do perímetro da pastilha metálica, com uma broca 702 para peça reta, para a realização da queima da porcelana. Os tubos de PVC e as pastilhas foram identificados para que essas últimas fos-

sem recolocadas no mesmo tubo de PVC, com objetivo de manter a superfície metálica paralela à haste do atuador no ensaio mecânico de cisalhamento. Procedeu-se a oxidação das pastilhas de metal em forno Aluminipress, (EDG, São Carlos, Brasil) com temperatura inicial de 400 °C, taxa de elevação de 40 °C/minuto, até atingir 1000 °C e 15 minutos de oxidação, sem vácuo. Depois disso, as pastilhas foram recolocadas nos respectivos tubos de PVC, e os 40 corpos metálicos foram então divididos aleatoriamente em 4 grupos, dos quais 1 não recebeu nenhum tratamento, ou seja, só foi polido (Grupo I) e três foram jateados em um jateador Basic Classic (Renfert, Hilzingen, Alemanha) com pressão de 40 psi, por 10 segundos, sendo que para cada grupo utilizou-se pó de óxido de alumínio (Asfer, São Paulo, Brasil), com 3 diferentes tamanhos de partículas: 10-20 µm (Grupo II), 125 µm (Grupo III) e 250 µm (Grupo IV). Com a finalidade de padronizar a distância do jateamento, foi utilizado para todos os grupos um dispositivo para permitir jateamento perpendicular ao corpo metálico a uma distância de 10 mm, em várias posições. Após os tratamentos terem sido realizados, todas as pastilhas foram limpas com jato de ar/água por 1 minuto e posteriormente colocadas em um aparelho de ultra-som para limpeza Thornton (Ipec Eletrônica Ltda, Vinhedo, Brasil) utilizando água destilada por 10 minutos. As pastilhas foram retiradas com auxílio de pinças, foram então imersas em álcool isopropílico por 15 minutos e secas em toalhas de papel absorvente.

Aplicação da porcelana

A porcelana utilizada foi a Duceram Plus (DeguDent, Hanau, Alemanha). Primeiramente foi aplicada em toda superfície da pastilha metálica uma camada de opaco, com auxílio de pincel para porcelana. Após secagem do opaco, a uma temperatura de 575 °C por 6 minutos, as pastilhas metálicas foram levadas ao forno Aluminipress (EDG, São Carlos, Brasil), com velocidade de aquecimento de 55 °C/minuto, a vácuo até atingir 930 °C, aguardando-se mais três minutos nesta temperatura, sem vácuo. Então, após resfriamento, foi aplicada segunda camada de opaco, com mesmo esquema de queima, mas ao final aguardou-se dois minutos ao invés de três, sem vácuo. Após a queima do opaco, o pó da porcelana, cor A3, foi misturado com água destilada para formar uma pasta. Utilizou-se uma matriz bipartida de silicone, polimerizada por adição, de consistência pesada Virtual (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), medindo 5,0 mm de diâmetro e 3,0 mm de espessura, posicionada no centro dos corpos metálicos. A pasta de porcelana foi então inserida na matriz de silicone com uma espátula de inserção e condensada com o dedo envolto por papel absorvente. No momento da retirada da matriz de silicone era posicionado um êmbolo do mesmo diâmetro sobre a porcelana (5,0 mm) e então removida a matriz para que a porcelana compactada não fosse fraturada. Então, após secagem da porcelana a uma

temperatura de 600 °C por 6 minutos, as pastilhas metálicas foram levadas ao forno com velocidade de aquecimento de 55 °C/minuto, a vácuo até atingir 910 °C, aguardando-se mais um minuto nesta temperatura, sem vácuo.

Reinclusão em resina acrílica

Após a queima da porcelana, as amostras metalocerâmicas foram recolocadas nos anéis de PVC identificados, correspondentes a cada uma das amostras, na mesma posição inicial. Para fixação da amostra metalocerâmica no tubo de PVC, utilizou-se resina acrílica Duralay (Reliance Dental Mfg. Co., Worth, II, EUA) pela técnica do pincel.

Ensaio mecânico

O ensaio mecânico de cisalhamento foi realizado utilizando-se uma máquina de ensaios MTS 810 (Material Test System, Minnessota, EUA), gerenciada pelo programa Test Star II (IBM, New York, EUA), com célula de carga de 10 kN e velocidade do atuador de 0,5 mm por minuto, permitindo leitura de até 1 grama de precisão. Os dados foram computados pela máquina e impressos.

Assim como no teste proposto por Chong⁶, utilizou-se uma haste cilíndrica com ponta em forma de cunha, a qual tangenciava a superfície plana do corpo de prova promovendo força compressiva vertical na interface adesiva metal/porcelana.

Após a realização dos ensaios mecânicos, procedeu-se a verificação das áreas fraturadas de metal e de porcelana. Para isso, foi utilizada uma lupa estereoscópica (Carl Zeiss, Jena, Alemanha) com aumento de 30 vezes. As áreas foram classificadas como: a) falha adesiva, se a maior parte do opaco se soltasse do metal; b) falha coesiva da porcelana, se esta se soltasse do opaco ou se fraturasse sem expor o metal; e c) mista, se parte do opaco se soltasse do metal e parte ficasse unida a ele. Foram realizadas duas fotografias digitais ilustrativas das falhas predominantes, uma em metal e outra em porcelana, para cada grupo estudado, com uma câmera digital Cybershot F-717 (Sony, Tóquio, Japão) com 5,0 mega pixels, equipada com lente macro +10 (S&K, Tóquio, Japão).

Resultado

Os resultados obtidos neste estudo são apresentados na Tabela 1.

Após a obtenção dos resultados, primeiramente foi realizado o teste de D'Agostino, o qual demonstrou normalidade entre os grupos (Tabela 2).

Como os valores se apresentaram normais, foi aplicado ANOVA (um critério), com a finalidade de verificar existência de diferenças significantes entre os grupos, mostradas na Tabela 3.

O valor de p (0,1412) se mostrou maior que 0,05, o que mostra ausência de diferenças entre os grupos estudados, ou

Tabela 1. Valores de resistência de união (em MPa) e tipos de falhas

	Grupo I		Grupo II		Grupo III		Grupo IV	
	MPa	Falha	MPa	Falha	MPa	Falha	MPa	Falha
CP1	20,97	a	22,11	a	20,82	c	18,18	c
CP2	25,06	a	24,04	a	15,00	b	12,26	b
CP3	23,43	a	18,70	c	20,06	b	17,17	c
CP4	15,11	a	22,98	a	23,48	b	21,47	a
CP5	16,44	a	23,74	a	17,47	c	20,19	a
CP6	20,19	b	16,99	a	19,24	a	16,36	c
CP7	19,09	a	19,95	a	19,48	c	14,44	c
CP8	19,12	b	15,25	c	22,84	a	18,42	c
CP9	17,62	c	19,44	a	20,17	c	10,06	b
CP10	17,97	c	13,91	c	14,32	c	17,81	c
Média	19,5	a	19,71	a	19,29	c	16,64	c
DP	3,05		3,55		2,99		3,50	

Tabela 2. Teste de normalidade de D'Agostino

Resultados	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
Tamanho da amostra	10	10	10	10
D (Desvio)	0,2796	0,2839	0,2778	0,277
Valores críticos 5%	0,251 a 0,285	0,251 a 0,285	0,251 a 0,285	0,251 a 0,285
Valores críticos 1%	0,238 a 0,286	0,238 a 0,286	0,238 a 0,286	0,238 a 0,286
p	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

seja, as médias são estatisticamente iguais, o que pode ser melhor visualizado no Figura 1.

As falhas predominantes para cada grupo foram fotografadas e podem ser visualizadas nas Figuras 2, 3, 4 e 5.

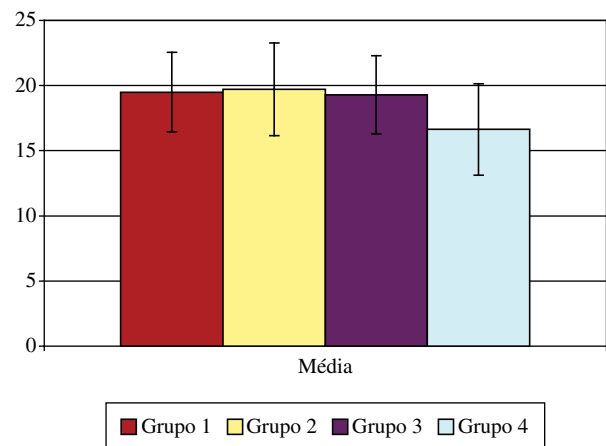
Discussão

A união da porcelana de revestimento à superfície da infraestrutura metálica depende grandemente da camada de óxidos que se forma na superfície do metal, sendo que, para alguns autores, esta seria a condição principal para que essa união ocorra de maneira satisfatória^{3,5,12,13,22}. Apesar disso, existem relatos afirmando que a formação de uma camada muito espessa de óxidos sobre a superfície metálica poderia fazer com que a união porcelana-metal fosse prejudicada pela baixa resistência coesiva da própria camada de óxidos formada⁸.

O jateamento com óxido de alumínio possui, entre outras funções, a de facilitar a formação dessa camada de óxidos e, com isso, aumentar a resistência de união da porcelana ao metal^{2,9-11,14,20,23}. Desse modo, é imprescindível que esse procedimento seja realizado no momento da confecção laboratorial de uma restauração metalocerâmica. Alguns autores¹⁶, porém, afirmam que a integridade marginal do metal pode ficar comprometida com a realização do jateamento, e que a degradação da margem metálica proveniente desse

Tabela 3. Análise de variância a um critério

Fontes de variação	Gl	S.Q	Q.M
Tratamentos	3	62,399	20,8
Erro	36	388,185	10,783
F	1,9289	-	-
(p)	0,1412	-	-

**Figura 1.** Valores médios de resistência de união e barra de erros (em MPa).

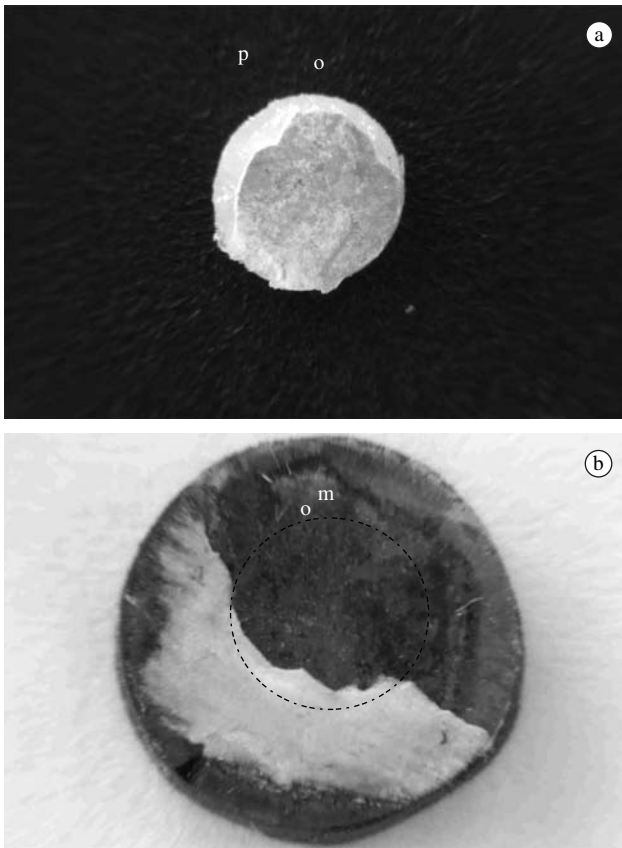


Figura 2. Falhas referentes ao Grupo I, a) em porcelana; e b) em metal (o = opaco, p = porcelana, m = metal).

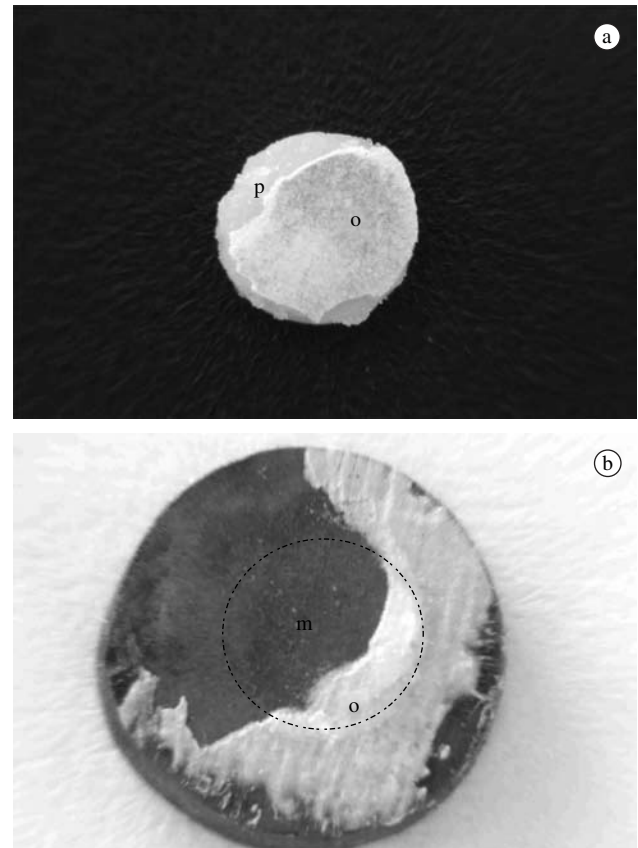


Figura 3. Falhas referentes ao Grupo II, a) em porcelana; e b) em metal (o = opaco, p = porcelana, m = metal).

procedimento é diretamente proporcional ao tamanho da partícula do pó de óxido de alumínio utilizado.

A análise das imagens correspondentes às áreas de fratura do metal e da porcelana mostra que houve predominância de falhas do tipo adesivas nos Grupos I e II e mistas nos Grupos III e IV. Falhas do tipo adesivas indicam que a falha ocorreu na união metal-porcelana, ou seja, esta seria a parte mais frágil do sistema, ao contrário de falhas coesivas da porcelana, nas quais as falhas ocorrem somente na porcelana, indicando que a união seria mais forte do que a própria resistência coesiva da porcelana. Porém, nos resultados apresentados em nosso trabalho, não foram observadas diferenças significantes no valor de resistência de união do metal à porcelana. Com isso, podemos afirmar que a utilização de partículas com tamanho maior no momento do jateamento da superfície metálica não promoveu uma melhor condição na união metal-porcelana. Assim, não é justificável a utilização de óxido de alumínio com partículas de grande tamanho, já que isso poderia causar um maior desajuste da porção marginal da restauração, sem trazer benefícios significantes na resistência de união da porcelana ao metal.

Atualmente existem muitas ligas metálicas e porcelanas disponíveis no mercado, e sabe-se que qualquer modificação, mesmo que pequena, na composição química destes materiais poderia modificar seu comportamento^{4,7}, inclusive a resistência de união. Por este motivo, apesar dos valores de resistência de união se apresentarem estatisticamente iguais neste estudo, é importante ressaltar que o teste foi realizado com variáveis controladas e testado em uma única condição, que não representa o ambiente bucal, portanto, limitado⁶. Por esse motivo, os resultados obtidos nesse estudo devem servir de apoio para outros estudos sobre resistência de união metal/porcelana, e não utilizados como embasamento único para clínica diária.

Conclusão

Após a análise dos resultados obtidos neste estudo, podemos concluir que não houve diferença estatística para os valores de resistência de união entre os grupos estudados, independentemente do tamanho das partículas de óxido de alumínio utilizadas para o jateamento das superfícies metálicas.

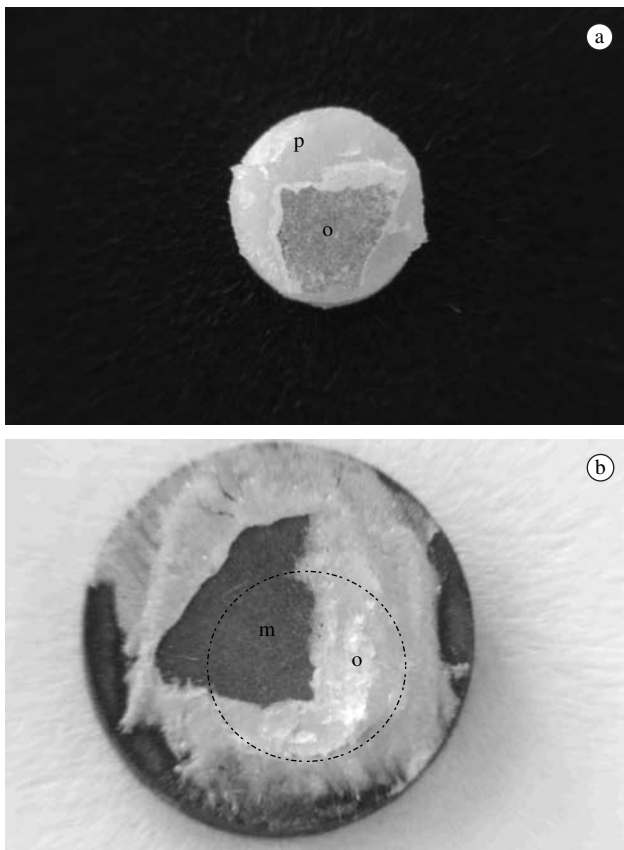


Figura 4. Falhas referentes ao Grupo III, a) em porcelana; b) em metal (o = opaco, p = porcelana, m = metal).

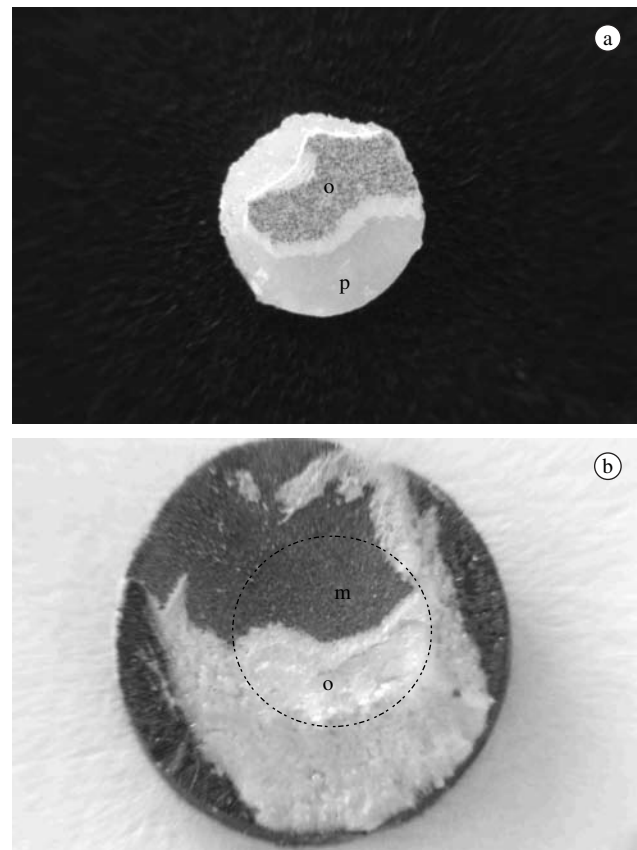


Figura 5. Falhas referentes ao Grupo IV, a) em porcelana; e b) em metal (o = opaco, p = porcelana, m = metal).

Agradecimento

À FAPESP pela concessão da bolsa de iniciação científica processo nº 05/51783-9.

Referências

1. Albers HF. Ceramometal bonded inlays and onlays. *J Esthet Dent.* 2000;12:122-30.
2. Anusavice KJ, Ringle RD, Fairhurst CW. Adherence controlling elements in ceramic-metal systems II. Non-precious alloys. *J Dent Res.* 1977;56:1053-61.
3. Bagby M, Marshal SJ, Marshal Jr GW. Metal ceramic compatibility: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 1990;63:21-5.
4. Bowers JE, Vermilyea SG, Criswold WH. Effect of metal conditioners on porcelain-alloy bond strength. *J Prosthet Dent.* 1985;54:201-3.
5. Carter JM, Al-Mudafar J, Sorensen SE. Adherence of a nickel-chromium alloy and porcelain. *J Prosthet Dent.* 1979;41:167-72.
6. Chong MP, Beech DR, Chem CA. A simple shear test to evaluate the bond strength of ceramic fused to metal. *Aust Dent J.* 1980;25:357-61.
7. Daftary F, Donovan T. Effect of pretreatment techniques on porcelain-to-metal bond strength. *J Prosthet Dent.* 1986;56:535-9.
8. Dekon SFC. Avaliação da resistência de união metalocerâmica em função de diferentes ciclos de oxidação prévia [dissertação mestrado]. Bauru: Faculdade de Odontologia da USP; 1994.
9. Dekon SFC, Vieira LF, Bonfante G, Resende CA. Resistência de união metalocerâmica entre uma liga semi-nobre de Pd-Ag e três sistemas cerâmicos. *Rev Odontol UNESP.* 2004;33:95-9.
10. Dekon SFC, Zavanelli AC, Resende CA, Martins LRM. Resistência ao cisalhamento de sistemas cerâmicos e ligas de Ni-Cr contendo ou não berílio. *Rev Odontol UNESP.* 2005;34:25-30.
11. Fischer J. Ceramic bonding to a dental gold-titanium alloy. *Biomaterials.* 2002; 23:1303-11.
12. Mackert Jr. JR, Ringle RD, Parry EE, Evans AL, Fairhurst CW. The relationship between oxide adherence and porcelain-metal bonding. *J Dent Res.* 1988;67:474-9.
13. Mclean JW. The metal-ceramic restoration. *Dent Clin North Am.* 1983;27:747-61.

14. Melo RM, Travassos AC, Neisser MP. Shear bond strengths of a ceramic system to an alternative metal alloys. *J Prosthet Dent.* 2005;93:64-9.
15. Nitkin DA, Asgar K. Evaluation of alternative alloys to type III gold for use in fixed prosthodontics. *J Am Dent Assoc.* 1976;93:622-9.
16. Peutzfeldt A, Asmussen E. Distortion of alloy by sand-blasting. *Am J Dent.* 1996;9:65-6.
17. Poggioli J, Montagnon J, Lambart J. Emaillage d' unalliage non précieux avec la porcelaine dentaire. *Rev Franc Odonto-Stomat.* 1968;15:1215-20.
18. Presswood RG, Skjonsby HS, Hopkins G, Presswood TL, Pendleton M. A base metal alloy for ceramo-metal restorations. *J Prosthet Dent.* 1980;44:624-9.
19. Roach MD, Wolan JT, Parsell DE, Bumgardner JD. Use of x-ray photoelectron spectroscopy and cyclic polarization to evaluate the corrosion of six nickel-chromium alloys before and after porcelain-fused-to-metal firing. *J Prosthet Dent.* 2000;84:623-34.
20. Scaranello RM, Muench A. Contribuição ao estudo da resistência de união entre porcelanas e ligas de níquel-cromo. *RPG: Rev Pós-Grad.* 1994;1:22-6.
21. Sced IR, Mclean, JW. The strength of metal/ceramic bonds with base metals containing chromium. A preliminary report. *Br Dent J.* 1972;132:232-4.
22. Shell JS, Nielsen JP. Study of the bond between gold alloys and porcelain. *J Dent Res.* 1962;41:1424-37.
23. Weiss PA. New design parameters: utilizing the properties of nickel chromium superalloys. *Dent Clin North Am.* 1977;21:769-89.
24. Wight TA, Bauman JC, Pelleu GB. An evaluation of four variables affecting the bond strength of porcelain to nonprecious alloy. *J Prosthet Dent.* 1977;37:570-7.

