

FLUIDEZ DE LIGAS DE NÍQUEL-CROMO DE PROCEDÊNCIA NACIONAL. AÇÃO DA ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA DE ESTUFAGEM DOS REVESTIMENTOS FOSFATADOS

Antonio Joaquim PELLIZZER*
Paulo Edson BOMBONATTI**
Walter Veriano VALÉRIO FILHO***

- RESUMO: O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a fluidez de cinco ligas de níquel-cromo em virtude da elevação da temperatura de estufagem de quatro marcas de revestimentos fosfatados. Os corpos-de-prova foram confeccionados com uma tela de poliéster, com filamentos de 0,26 mm de diâmetro formando uma rede de 11 x 11 filamentos com 100 espaços quadrados. Os corpos-de-prova foram obtidos incluindo a liga líquida em moldes de revestimentos fosfatados aquecidos a 700°C, 800°C, 900°C e 1.000°C, e fundida em uma centrífuga comum com chama gás/oxigênio. O valor da fluidez foi obtido pela porcentagem de segmentos de malha completados após a fundição. Verificou-se que a fluidez variou com as composições das ligas e dos revestimentos, e que ocorre um aumento progressivo da fluidez à medida que se eleva a temperatura de estufagem dos revestimentos.
- PALAVRAS-CHAVE: Ligas de cromo; materiais dentários, temperatura de estufagem.

Introdução

Nos últimos anos, a indústria odontológica lançou no mercado um grande número de ligas alternativas em substituição às ligas de ouro. Isto aumentou o número de profissionais que por meio de pesquisas criteriosas procuram solucionar os problemas que esta alternativa provocou. No estudo das ligas, a fluidez é, sem dúvida, uma das propriedades fundamentais,^{6,7,9,10,15,19,24} influenciando decisivamente no selamento marginal, fator indispensável no ajuste e adaptação de uma peça metálica fundida ao dente preparado.¹¹ Ela pode ser influenciada não só pelo tipo de revestimento empregado,⁴ como também pela sua temperatura de estufagem.^{3,24}

* Este trabalho recebeu auxílio do CNPq – Processo nº 301912/88-2.

** Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese – Faculdade de Odontologia – UNESP – 16015-050 – Araçatuba – SP.

*** Departamento de Ciências – Faculdade de Engenharia – UNESP – 15378-000 – Ilha Solteira – SP.

Com relação às ligas alternativas do sistema níquel-cromo de procedência nacional, pouca atenção foi dada em estudá-las,⁵ embora possam ser utilizadas tanto na construção de próteses fixas em metaloplástico, como em metalocerâmica. Devido a este fato, ao seu baixo custo, a sua superioridade em algumas propriedades mecânicas em relação a outras ligas, sua maior versatilidade de utilização e a poucas informações, propomo-nos a estudar a fluidez de cinco ligas de procedência nacional, e relacioná-las à elevação da temperatura de estufagem de quatro marcas de revestimentos fosfatados, bem como às suas possíveis interações.

Material e método

Foi avaliada a fluidez de cinco ligas do sistema níquel-cromo, Durabond MS (Marquat & Cia. Ltda.), Kromalit (Knebel Produtos Dentários Ltda.), Resital P (Degusa S.A.), Ceramoplast (Marquat & Cia. Ltda.), Nicron's (Metalloy Ltda.), bem como quatro revestimentos fosfatados: Precise (Dentsply Indústria e Comércio Ltda.), Termocast (Polidental Indústria e Comércio Ltda.), Muster (Maitec Ltda.) e Multivest (Dentsply Indústria e Comércio Ltda.).

Os corpos-de-prova, semelhantes aos utilizados por Whitlock et al.,²⁵ foram confeccionados com uma tela de poliéster, com filamento de 0,26 mm de diâmetro, apresentando a forma de um quadrado com 11 x 11 filamentos, perfazendo uma malha de 100 espaços quadrados. A rede foi fixada ao longo de dois lados, em duas barras cilíndricas, confeccionadas com fios de cera azul (Dentária Campineira Ltda.). Para facilitar esta fixação, foram feitos sulcos nestas barras, onde os filamentos foram encaixados e presos com cera azul fundida. Na união destas barras, foi fixado um pino formador do conduto de alimentação cilíndrico, também de cera azul, com 2,4 mm de diâmetro. Em seguida, o conjunto foi adaptado em um conformador de cadinho, de tal forma que a extremidade da união das barras ficasse a 8 mm distante da porção mais elevada deste. Depois do pincelamento do agente umectante no corpo-de-prova, o conjunto foi incluído em revestimentos fosfatados, espatulados manualmente por 1 minuto e nas proporções recomendadas pelos fabricantes. Após a presa, e seguindo sempre as instruções dos fabricantes, os anéis foram aquecidos lentamente em um forno (Bravac) até atingirem as temperaturas de 700°C, 800°C, 900°C e 1.000°C, aí permanecendo por um mínimo de 30 minutos, quando foram preenchidos por aproximadamente 6 gramas de liga, fundidas em uma centrífuga comum com chama gás/oxigênio. Após a solidificação, os corpos-de-prova foram desincluídos e limpos para facilitar a avaliação, e identificados.

O valor da fluidez foi obtido pela quantidade de segmentos de malha completos na fundição resultante. Foram avaliados 5 corpos-de-prova para cada marca de

liga fundida, incluídos em quatro marcas diferentes de revestimentos aquecidos no forno em quatro temperaturas de estufagem diferentes. Para melhor interpretação, os resultados foram submetidos à análise estatística.

Resultado

Os resultados relativos à fluidez de cinco ligas de Ni-Cr, em virtude de quatro revestimentos fosfatados e quatro temperaturas de estufagem, foram submetidos à análise de variância num esquema fatorial 5x4x4, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Verificou-se que não houve significância estatística apenas para a interação tríplice, liga x revestimento x temperatura. Constatada a significância para os demais fatores, verificou-se pelo Método de Tukey as diferenças existentes.

Na Tabela 1, encontram-se a fluidez média (porcentagem) para o fator Ligas e o valor crítico para contraste. Pelos valores apresentados, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a 6,0494, fica rejeitada a igualdade entre essas médias e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim, pode-se dizer que a liga Kromalit apresenta maior fluidez, e a Ceramoplast a menor, ficando as outras com valores intermediários.

Tabela 1 – Fluidez média (porcentagem) para o fator Ligas e valor crítico para contraste

Ligas	Fluidez	Tukey a 5%
Kromalit	84,7375 A	
Resital P	79,0250 AB	
Nicron'S	73,4500 B	6,0494
Durabond MS	63,2250 C	
Ceramoplast	54,6750 D	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.

Na Tabela 2, encontra-se a fluidez média, em porcentagem, proporcionada pelos diferentes revestimentos fosfatados empregados. Pelos resultados, verifica-se que o revestimento Muster proporciona o maior valor de fluidez às ligas, seguido em ordem decrescente de fluidez proporcionada pelos revestimentos Multinvest, Precise e Termocast.

Tabela 2 – Fluidez média (porcentagem) proporcionada pelo fator Revestimentos e valor crítico para contraste

Revestimentos	Fluidez	Tukey a 5%
Muster	89,4300 A	5,0832
Multivest	77,6900 B	
Precise	62,0100 C	
Termocast	54,9600 D	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.

A Tabela 3 mostra os diferentes graus médios de fluidez, proporcionados pelas diferentes temperaturas de estufagem estudadas. Verifica-se que existe um aumento progressivo da fluidez, à medida que se eleva a temperatura de estufagem.

Tabela 3 – Fluidez média (porcentagem) proporcionada pelo fator temperatura de estufagem e valor crítico para contraste

Temperaturas de estufagem	Fluidez	Tukey a 5%
1000°C	95,5100 A	5,0832
900°C	78,2200 B	
800°C	65,7500 C	
700°C	44,6100 D	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.

As significâncias observadas na Tabela 4, referente à interação Ligas x Revestimentos, na Tabela 5, relativa à interação Ligas x Temperatura de estufagem e na Tabela 6, pertencente à interação Revestimentos x Temperaturas de estufagem, indicam que a fluidez das ligas depende das combinações destes elementos.

Tabela 4 – Fluidez média (porcentagem) correspondente à interação Ligas x Revestimentos

Revestimentos	Ligas				
	Kromalit	Resital P	Nicron's	Durabond MS	Ceramoplast
Muster	a 94,0000 A	a 94,5500 A	ab 90,4500 A	ab 86,7500 A	b 81,4000 A
Multivest	a 93,5000 A	a 82,3500 B	a 88,3000 A	b 60,9500 B	b 62,5500 B
Precise	a 76,7000 B	a 76,2500 B	b 61,2000 B	b 57,2000 BC	c 38,7000 C
Termocast	a 74,3500 B	ab 62,9500 C	bc 53,0500 B	c 48,0000 C	d 36,6500 C

Letras minúsculas para comparação horizontal (DMS = 12,0988) e letras maiúsculas para comparação vertical (DMS = 11,3665). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si significativamente a 5% de possibilidade, pelo Teste de Tukey.

Tabela 5 – Fluidez média (porcentagem) correspondente à interação Ligas x Temperaturas de estufagem

Temperaturas de estufagem	Ligas				
	Kromalit	Resital P	Nicron's	Durabond MS	Ceramoplast
1000°C	a 100,0000 A	a 99,5500 A	ab 96,9500 A	ab 93,5500 A	b 87,1000 A
900°C	a 95,0000 AB	a 87,1000 B	a 86,1500 A	b 66,7000 B	b 56,1500 B
800°C	a 84,2000 B	a 73,8000 C	a 72,8000 B	b 55,8500 B	c 42,1000 C
700°C	a 59,7520 C	a 55,2500 D	a 37,9000 C	b 36,8000 C	b 33,3500 C

Letras minúsculas para comparação horizontal (DMS = 12,0988) e letras maiúsculas para comparação vertical (DMS = 11,3665). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si significativamente a 5% de possibilidade, pelo Teste de Tukey.

Tabela 6 – Fluidez média (porcentagem) correspondente à interação Revestimentos x Temperaturas de estufagem

Temperaturas de estufagem	Revestimentos			
	Muster	Multivest	Precise	Termocast
1000°C	a 100,0000 A	a 93,6400 A	a 94,6400 A	a 93,7600 A
900°C	a 58,1200 AB	b 83,6800 AB	c 67,8400 B	c 63,2400 B
800°C	a 89,6000 B	b 76,6000 B	c 56,9200 C	d 39,8800 C
700°C	a 90,0000 C	b 56,8400 C	c 28,6400 D	c 22,9600 D

Letras minúsculas para comparação horizontal (DMS = 10,1665) e letras maiúsculas para comparação vertical (DMS = 10,1665). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si significativamente a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Discussão

No estudo da fluidez^{14,24,25} de ligas preciosas e não preciosas, foi verificada uma grande diferença de fluidez entre elas, como também pequenas diferenças entre ligas do mesmo tipo. Estas diferenças foram relatadas por Whitlock et al.²⁵ em 15 tipos diferentes de ligas, em que constataram variações de 50% a 92% relacionadas à fluidez destas ligas. No presente trabalho, verificou-se que as ligas de níquel-cromo, utilizadas para fundição em metalocerâmica, apresentaram valores diferentes de fluidez.

Com relação às ligas de níquel-cromo, vários autores^{1,8,15,16,21} estudaram a fluidez quando comparadas com as ligas semipreciosas, ligas com baixo conteúdo de ouro e ligas de ouro, e constataram que as ligas de níquel-cromo se comportaram de maneira

diferente de acordo com a sua composição. Assim, as ligas de níquel-cromo contendo berílio apresentam uma maior fluidez do que as ligas sem berílio, e, segundo Mitchell & Kemper,¹⁸ a fluidez mais pobre das ligas sem berílio parece estar associada com a oxidação proveniente da fundição que permanecerá nos canais de alimentação. A presença desta oxidação nas ligas contendo berílio é mínima quando está na proporção de aproximadamente 1,8% da sua composição; neste caso, a sua fluidez é maior do que muitas ligas preciosas e com baixo conteúdo de ouro. Verifica-se, portanto, que a fluidez das ligas, no caso das ligas de níquel-cromo, apresenta uma variação dependendo dos seus elementos constituintes, sendo este fato também observado no nosso trabalho, em que foi verificada uma diferença de fluidez entre as ligas Kromalit, Resital P, Nicron's, Durabond MS e Ceramoplast. Fica provado, deste modo, que as ligas de níquel-cromo, utilizadas em metalocerâmica, apresentam uma fluidez que difere entre si, dependendo da sua composição.

As diferenças de fluidez entre as ligas de níquel-cromo podem estar associadas a outros fatores, como o revestimento e a temperatura de estufagem do revestimento. Com relação aos revestimentos, Schnell et al.²² e Thomson,²³ avaliando os diferentes tipos de revestimentos utilizados para fundições em metalocerâmica, concluíram que o revestimento fosfatado proporciona melhores resultados de fluidez do que o revestimento a base de gesso, por ele se decompor nas temperaturas requeridas para o aquecimento e fusão destas ligas. Segundo Barreto et al.,² os fabricantes de ligas afirmam que elas podem ser incluídas em qualquer revestimento fosfatado comercialmente disponível, todavia, este fato foi contestado pelo mesmo autor, que verificou que a fluidez varia muito, qualitativa e quantitativamente, de acordo com o revestimento usado. Esta mesma variação foi observada em nosso trabalho ao estudarmos a fluidez proporcionada pelos revestimentos fosfatados, em que o revestimento Muster propiciou um maior valor de fluidez, seguidos em ordem decrescente pelos revestimentos Multivest, Precise e Termocast. Estas diferenças no valor da fluidez podem estar associadas às diferenças de composição química do revestimento, ou, talvez, devido à afinidade de um determinado revestimento a uma determinada liga (ou ligas), fato este já observado por Meyer et al.,¹⁷ Hinman et al.¹³ e Barreto et al.²

Em 1982, Hinman et al.¹² afirmaram que vários fatores devem ser considerados na determinação das condições ótimas para a fundição de uma liga, e um dos fatores óbvios de importância é a temperatura de estufagem do revestimento. Afirmaram, ainda, que a temperatura de estufagem parece ser, no mínimo, um fator relevante – como o é a temperatura de fusão.

Barreto et al.,² Hinman et al.¹² e Thomson²³ demonstraram que um aumento da temperatura de estufagem pode ter um efeito significativo sobre a fluidez de algumas ligas e menos significativo para outras, e que existe uma temperatura de estufagem e de fusão considerada ideal para determinada liga, próxima da qual ocorre uma melhor fluidez. Este fato, segundo Jarvis et al.,¹⁵ é particularmente importante, em virtude de as instruções dos fabricantes serem confusas, tendo em vista recomendarem temperaturas de estufagens em torno de 816°C a 982°C, para os revestimentos usados com

ligas de níquel-cromo. Este mesmo autor¹⁵ investiga o efeito da elevação da temperatura de estufagem sobre a fluidez das ligas do sistema níquel, utilizando seis temperaturas de estufagem, as quais variam de 427°C a 982°C, com intervalos de 93°C entre elas, e verificou que existe uma temperatura ótima de estufagem para as ligas de níquel-cromo que contêm berílio, não tendo porém estabelecido uma temperatura de estufagem para as ligas sem berílio. A importância da elevação da temperatura de estufagem, como foi visto em trabalhos anteriores, está de acordo com os nossos resultados, nos quais verificou-se o efeito desta elevação de temperatura em torno de 700°C, 800°C, 900°C e 1.000°C sobre os revestimentos estudados, havendo um aumento progressivo da fluidez à medida que se eleva a temperatura de estufagem dos revestimentos. Uma observação importante sobre os revestimentos utilizados para fundições segundo Nielsen & Penugonda²⁰ "é que pouco ou nenhum superaquecimento é necessário para fundir alguma liga metálica quando a temperatura de estufagem for bastante alta".

Além dos fatores ligas, revestimentos e temperatura de estufagem, há outros que têm influência nas ligas de níquel-cromo estudadas, conforme mostram as significâncias havidas nas interações Liga x Revestimento, Liga x Temperatura de Estufagem e Revestimento x Temperatura de Estufagem. Das combinações entre estes elementos é que dependerá o grau de fluidez. Desta forma, é razoável esperar-se que existam condições ideais nestas combinações que permitam a obtenção de melhor fluidez, fato já observado por Meyer et al.,¹⁷ Hinman et al.¹² e Barreto et al.² Assim, as ligas Kromalit, Resital P e Nicron's se comportam de maneira semelhante quando usadas com o revestimento Multinvest. Do mesmo modo, estas mesmas ligas, isto é, Kromalit, Resital P e Nicron's se comportam de maneira semelhante nas temperaturas de estufagem de 700°C, 800°C e 900°C. Os revestimentos estudados propiciam fluidez semelhante apenas na temperatura de estufagem de 1.000°C.

A significância das combinações liga, revestimento e temperatura de estufagem, correta ou ideal, poderia explicar desse modo os resultados controversos sobre a fluidez de ligas não preciosas, as quais podem variar conforme observações pessimistas ou otimistas.

Conclusão

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

- A fluidez das ligas de níquel-cromo estudadas variou com as marcas, a liga Kromalit apresentou maior grau de fluidez e a liga Ceramoplast menor, ficando as outras com valores intermediários.
- A fluidez proporcionada pelos revestimentos variou com as marcas; o revestimento Muster proporcionou maior fluidez, seguido em ordem decrescente pelo Multinvest, Precise e Termocast.

- Existe um aumento progressivo da fluidez à medida que se eleva a temperatura de estufagem do revestimento.
- A significância observada nas interações Ligas x Revestimentos, Ligas x Temperatura de Estufagem e Revestimentos x Temperatura de Estufagem mostra que são as combinações entre estes elementos que determinam o grau de fluidez destas ligas, assim:
 - as ligas Kromalit, Resital P e Nicron's comportam-se de maneira semelhante, quando usadas com o revestimento Multivest;
 - as ligas Kromalit, Resital P e Nicron's comportam-se de maneira semelhante nas temperaturas de estufagem de 700°C, 800°C e 900°C;
 - os revestimentos fosfatados estudados proporcionam fluidez semelhante apenas na temperatura de estufagem de 1.000°C.

PELLIZZER, A. J., BOMBONATTI, P. E., VALÉRIO FILHO, W. V. Castability of nickel-chromium Brazilian alloys. Action of the rise of mold temperature of phosphate bonded investments. *Rev. Odontol. UNESP (São Paulo)*, v.24, n.1, p.99-107, 1995.

- **ABSTRACT:** *The purpose of this study was to evaluate the castability of five nickel-chromium Brazilian alloys in function of the rise of mold temperature of four phosphate bonded investments. The specimens were made of polyester mesh with filaments of a 0.26 mm diameter. The mesh screen was comprised by 11 x 11 filaments with 100 square-spaces. The specimens were made introducing the melt alloys in the investments molds at a temperature of about 700°C, 800°C, 900°C and 1.000°C, and casted in a centrifugal machine with a gas/oxygen torch. The castability values were obtained by the percentage of completed segments of the cast alloy screen. As a result, it was verified that the castability varied with the alloy and the investment composition. In addition, there was a progressive increase of the castability with the rise of investment mold temperature.*
- **KEYWORDS:** *Chromium alloys; dental materials.*

Referências bibliográficas

- 1 ASGAR, K., ARFAEI, A. H. Castability of crown and bridge alloys. *J. Prosthet. Dent.*, v.54, p.60-3, 1985.
- 2 BARRETO, M. T. et al. Effect of investment on casting high-fusing alloys *J. Prosthet. Dent.*, v.44, p.504-7, 1980.
- 3 BOMBONATTI, P. E. et al. Ação dos revestimentos fosfatados sobre a fluidez das ligas de cobre-alumínio. *Rev. Bras. Odontol.*, v.43, p.30-3, 1986.
- 4 _____. Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do tipo de revestimento empregado. *Rev. Odontol. UNESP*, v.15/16, p.171-6, 1986/87.
- 5 COMERIO, C. *Estudo das propriedades físicas das ligas não preciosas para metalocerâmica – dureza superficial*. Piracicaba, 1987. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade de Campinas.

- 6 COONEY, J. P., CAPUTO, A. A. Type III gold alloy complete crowns cast in a phosphate-bonded investment. *J. Prosthet. Dent.*, v.46, p.414-9, 1981.
- 7 COONEY, J. P., DOYLA, T. M., CAPUTO, A. A. Surface smoothness and marginal fit with phosphate-bonded investment. *J. Prosthet. Dent.*, v.41, p.411-7, 1979.
- 8 COVINGTON, J. S. et al. Castability of alloys of base metal and semiprecious metal for dental castings. *Oper. Dent.*, v.10, p.93-7, 1985.
- 9 DERN, W. M. et al. Effect of a two-step ringlessness investment technique on alloy castability. *J. Prosthet. Dent.*, v.53, p.874-6, 1985.
- 10 DUNCAN, J. D. The casting accuracy of nickel-chromium alloys for fixed protheses. *J. Prosthet. Dent.*, v.47, p.63-8, 1982.
- 11 HERO, H., WAARLI, M. Effect of vacuum and supertemperature on mold filling during casting. *Scand. J. Dent. Res.*, v.99, p.55-9, 1991.
- 12 HINMAN, R. W. et al. Use of a castability test for optimizing mold and casting temperature. *J. Dent. Res.*, v.61, p.329, 1982. (Abstract 1361).
- 13 _____. A technique for characterizing casting behavior of dental alloys. *J. Dent. Res.*, v.64, p.134-8, 1985.
- 14 HOWARD, W. S., NEWMAN, S. M., NUNEZ, L. J. Castability of low gold content alloys. *J. Dent. Res.*, v.59, p.824-30, 1980.
- 15 JARVIS, R. H., JENKINS, T. J., TEDESCO, L. A. A castability study of nonprecious ceramometal alloys. *J. Prosthet. Dent.*, v.51, p.490-4, 1984.
- 16 LACEFIELD, W. R., O'NEAL, S. J., MULLINS, N. Castability of selected crown and bridges alloys. *J. Dent. Res.*, v.62, p.287, 1983. (Abstract 1062).
- 17 MEYER, J. M., BOULEFA, A., RIBAU, J. D. Castability test for nonprecious alloys. *J. Dent. Res.*, v.64, p.351, 1985. (Abstract 1587).
- 18 MITCHELL, R. J., KEMPER, J. T. Castability of Ni-Cr alloys using a fine-gauge mesh test. *J. Dent. Res.*, v.63, p.176, 1984. (Abstract 52).
- 19 MOFFA, J. F. Alternative dental casting alloys. *Dent. Clin. North. Am.*, v.27, p.733-46, 1983.
- 20 NIELSEN, J. P., PENUGONDA, B. The effect of different casting investments on castability ranges. *J. Dent. Res.*, v.64, p.351, 1985. (Abstract 1591).
- 21 PRESSWOOD, R. C. The castability of alloys for small castings. *J. Prosthet. Dent.*, v.50, p.36-9, 1983.
- 22 SCHNELL, R. J., MUMFORD, G., PHILLIPS, R. W. An evaluation of phosphate bonded investments used with a high fusing gold alloys. *J. Prosthet. Dent.*, v.13, p.324-36, 1963.
- 23 THOMSON, D. H. A study of the effect of an increased mold temperature on the casting ability of some non-precious alloys for porcelain veneers. *J. Prosthet. Dent.*, v.48, p.52-8, 1982.
- 24 VINCENT, P. F., STEVENS, L., BASFORD, K. E. A comparison of the casting ability for porcelain veneering. *J. Prosthet. Dent.*, v.37, p.527-36, 1977.
- 25 WHITLOCK, R. P. et al. A practical test to evaluate the castability for dental alloys. *J. Dent. Res.*, v.60, sp. iss. A, p.404, 1981. (Abstract 374).

Recebido em 23.3.1994.