

## ACÇÃO DA ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA DE ESTUFAGEM DE REVESTIMENTOS FOSFATADOS SOBRE A FLUIDEZ DE LIGAS DE COBRE-ALUMÍNIO

Paulo Edson BOMBONATTI\*  
Laert Elzio de BARROS\*  
Ricardo Medeiros SCARANELO\*  
Antonio Joaquim PELLIZZER\*

---

*RESUMO: Avaliou-se a fluidez de 4 ligas de cobre-alumínio fundidas em 4 revestimentos fosfatados, em função da elevação da temperatura de estufagem dos mesmos. Os corpos de prova foram confeccionados empregando-se uma tela de poliéster, com 11 x 11 filamentos de 0,26 mm de espessura, fixada ao longo de dois de seus lados em fios de cera azul, unidos em sua junção a um pino formador do conduto de alimentação. As ligas foram fundidas em uma centrífuga elétrica, e incluídas nos moldes dos revestimentos aquecidos a 700, 800 e 900°C, sendo o valor da fluidez obtido pela percentagem de segmentos da malha completados na peça resultante. Verificou-se que há uma variação de fluidez entre as ligas, e que esta fluidez varia em função da marca do revestimento fosfatado empregado, e aumenta na razão direta da elevação da temperatura de estufagem.*

*UNITERMOS: Ligas de cobre-alumínio; revestimentos fosfatados; temperatura de estufagem.*

---

### INTRODUÇÃO

A crença de que as ligas de bronze-alumínio poderiam substituir as ligas de ouro em Odontologia é recente, sendo que, em 1931, TAYLOR<sup>17</sup> chamava atenção para a divulgação de uma destas ligas, denominada Postizo Gold. Modernamente, devido à elevação do preço do ouro, aumentou o interesse pela utilização de ligas alternativas de menor valor, e, dentre elas, as ligas de cobre-alumínio foram as que maior sucesso alcançaram, uma vez que, por possuírem propriedades mecânicas semelhantes às ligas de ouro Tipo III, estão substituindo-as na confecção de próteses parciais fixas.

---

\* Docentes do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese – Faculdade de Odontologia – UNESP – 16100 – Araçatuba – SP.

Para CHRISTENSEN<sup>8</sup>, a adaptação é primordial para o sucesso de uma restauração metálica fundida, sendo no entanto difícil de se determinar qual seria o desajuste clínico aceitável em sua margem, uma vez que o valor perceptível estaria em torno de 39 micrômetros, enquanto para DEDMON<sup>10</sup> não se detecta um espaço de 50 micrômetros com um explorador. Para ser aceita clinicamente, é condição básica para THOMSOM<sup>18</sup> que a restauração metálica fundida reproduza com fidelidade as margens do modelo de cera. Neste caso, a integridade marginal torna-se um aspecto importante na sua obtenção e ela depende não só da fluidez da liga durante a fundição como também da qualidade do revestimento.

Com relação aos revestimentos, BOMBONATTI *et alii*<sup>5</sup> verificaram que os fosfatados, quando aquecidos à temperatura de 700°C, proporcionaram os piores resultados de fluidez às ligas de cobre-alumínio, quando comparados com aqueles obtidos com revestimentos à base de cristobalita e de quartzo. Assim, para melhor conhecimento do comportamento dos revestimentos fosfatados sobre estas ligas, resolveu-se verificar o efeito da elevação da temperatura de estufagem destes revestimentos sobre a fluidez de algumas ligas de cobre-alumínio encontradas no comércio, e as possíveis interações.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram empregadas quatro ligas do sistema cobre-alumínio, Duracast MS (Marquart & Cia. Ltda.), Idealloy (Metalloy Comércio de Artigos para Prótese Ltda.), Maxicast (Zanardo Produtos Odontológicos Ltda.) e Orcast (Macrodent Brasil Produtos Odontológicos Ltda.), bem como quatro revestimentos à base de fosfato, RAF (Polidental Indústria e Comércio Ltda.), Biovest (Dentsply International Inc.), Precise (Dentsply Indústria e Comércio Ltda.) e Termocast (Polidental Indústria e Comércio Ltda.). Três destes, Biovest, Precise e Termocast, são formulados para serem usados em fundições de ligas preciosas, semipreciosas e não preciosas; o outro, RAF, isento de grafite, para fundição somente de ligas preciosas.

Os corpos de prova foram confeccionados com uma tela para peneira de poliéster e apresentavam a forma de um quadrado com 11 x 11 filamentos de 0,26 mm de espessura, perfazendo uma malha de 100 espaços quadrados. Esta tela foi fixada, por toda a extensão de dois de seus lados, em fios de cera azul cilíndricos, unidos na base do V formado a um pino formador do conduto de alimentação, também de cera azul, com 2,4 mm de diâmetro. Após a fixação no conformador de cadinho e pincelamento do agente umectante, o conjunto foi incluído em revestimentos fosfatados, espatulados manualmente por um 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, 800 e 900°C, aí permanecendo por um mínimo de 30 minutos, quando foram preenchidos por aproximadamente 6 gramas de liga fundida em uma centrífuga elétrica TS-1 (Degussa S.A.). O valor da fluidez foi obtido pela quantidade de segmen-

mentos da malha completados na fundição resultante. Foram confeccionados 5 corpos de prova para cada situação estudada, e para maior precisão na interpretação os resultados foram submetidos à análise estatística<sup>9</sup>.

## RESULTADOS

Os resultados relativos à percentagem de fluidez de quatro ligas de cobre-alumínio, em função de quatro revestimentos fosfatados e de três temperaturas de estufagem, após serem submetidos à Análise de Variância num esquema fatorial  $4 \times 4 \times 3$ , em um delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições, proporcionaram o quadro de Análise de Variância representado na Tabela 1.

Analisando-se a Tabela 1, constata-se a significância para todas as fontes de variações. Constatada a significância, verificou-se pelo Método de Tukey as diferenças existentes.

**TABELA 1 – Quadro de Análise de Variância**

Fonte de variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	Valor de F
Ligas (L)	35.121,8	3	11.707,3	51,93**
Revestimentos (R)	23.848,7	3	7.949,56	35,26**
Temperaturas (T)	164.201,0	2	82.100,6	364,19**
Inter. L x R	12.247,1	9	1.360,79	6,04**
Inter. L x T	8.409,8	6	1.401,64	6,22**
Inter. R x T	11.797,9	6	1.966,31	8,72**
Inter. L x R x T	20.565,2	18	1.142,51	5,07**
Resíduo	43.283,6	192	225,436	
Total	319.475,1	239		

\*\* – significante a nível de 1%.

Na Tabela 2, encontram-se o grau de fluidez (percentagem) das quatro ligas avaliadas e o valor crítico para contraste. Pelos valores apresentados, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a 0,0014, fica rejeitada a

igualdade entre essas médias e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim, pode-se dizer que a liga Maxicast foi a que apresentou maior grau de fluidez, seguida, em ordem decrescente, da Idealloy, Duracast e Orcast.

**TABELA 2 – Médias da fluidez (percentagem) para o fator LIGAS e valor crítico para contraste**

<b>Ligas</b>	<b>Fluidez</b>	<b>Tukey a 5%</b>
Maxicast	67,1500	
Idealloy	49,2500	0,0014
Duracast	39,2667	
Orcast	36,1333	

Na Tabela 3 encontram-se as percentagens dos valores médios da fluidez das ligas nos diferentes revestimentos. Verificou-se que o teste de comparações múltiplas para estabelecimento de contrastes, conforme o Método de Tukey, apresentou um valor crítico de 0,0014, indicando que a fluidez varia de acordo com os revestimentos

**TABELA 3 – Médias de fluidez (percentagem) para o fator REVESTIMENTOS, e valor crítico para contraste**

<b>Revestimentos</b>	<b>Fluidez</b>	<b>Tukey a 5%</b>
Precise	64,5833	
Biovest	45,1833	0,0014
RAF	43,9333	
Termocast	38,1000	

empregados, havendo uma classificação decrescente dos mesmos, de acordo com o grau de fluidez proporcionado, segundo a ordem: Precise, Biovest, RAF e Termocast.

A Tabela 4 mostra os diferentes graus de fluidez proporcionados pelas diferentes temperaturas de estufagem estudadas, e o valor crítico para contraste. O Método de Tukey apresentou um valor crítico de 0,0011, o que significa que houve diferença de

**TABELA 4 – Médias da fluidez (percentagem) para o fator TEMPERATURAS, e valor crítico para contraste**

Temperaturas (°C)	Fluidez	Tukey a 5%
900	79,3750	
800	49,1375	0,0011
700	15,3375	

fluidez, estatisticamente significativa, proporcionada pelas diferentes temperaturas de estufagem dos revestimentos, tendo a temperatura de 900°C proporcionado o maior grau de fluidez, enquanto a temperatura de 700°C produziu o menor.

**TABELA 5 – Médias da fluidez (percentagem) correspondente à interação LIGAS X REVESTIMENTOS e valor crítico para contraste**

LIGAS	REVESTIMENTOS				Tukey a 5%
	Termocast	Biovest	Precise	RAF	
Maxicast	49,2000	70,5333	78,6667	70,2000	
Duracast	37,3333	30,4667	57,9333	31,3333	0,0027
Idealloy	27,8000	45,4667	69,4667	54,2667	
Orcast	38,0667	34,2667	52,2667	19,9333	

As Tabelas 5, 6 e 7 mostram as médias de fluidez e os valores críticos para contrastes, correspondentes às interações LIGAS X REVESTIMENTOS, LIGAS X TEMPERATURAS e REVESTIMENTOS X TEMPERATURAS, respectivamente. As significâncias destas 3 interações, juntamente com a significância observada na

interação LIGAS X REVESTIMENTOS X TEMPERATURAS, não permitem generalizar sobre o comportamento das mesmas, pois foram as combinações destes elementos que determinaram o grau de fluidez das ligas, o procedimento dos revestimentos e a ação das temperaturas de estufagem.

**TABELA 6 – Médias da fluidez (percentagem) correspondente à interação LIGAS X TEMPERATURAS e valor crítico para contraste**

LIGAS	TEMPERATURAS (°C)			Tukey a 5%
	700	800	900	
Maxicast	24,5000	77,1500	99,8000	0,0023
Duracast	11,7500	30,1000	75,9500	
Idealloy	15,6500	51,4000	80,7000	
Orcast	9,4500	37,9000	61,0500	

**TABELA 7 – Médias da fluidez (percentagem) correspondente à interação TEMPERATURAS X REVESTIMENTOS e valor crítico para contraste**

TEMPERATURAS (°C)	REVESTIMENTOS				Tukey a 5%
	Termocast	Biovest	Precise	RAF	
700	7,7500	24,0500	17,2000	12,3500	0,0021
800	34,4000	41,3500	76,7500	44,0500	
900	72,1500	70,1500	99,8000	75,4000	

## DISCUSSÃO

Segundo CAMPOS FILHO & DAVIES<sup>7</sup>, o importante em um processo de fundição é que o fluxo do metal líquido preencha todo o molde, e para que isso ocorra é necessário existir uma grande fluidez. Isso permite que seja completada satisfatoriamente a margem da restauração, proporcionando desta forma uma boa integridade à mesma. Os resultados ora apresentados demonstram que existe uma grande diferença de fluidez entre as ligas estudadas, fato também verificado anteriormente, quando estas diferenças variaram em função de elevação da temperatura de aquecimento da

liga acima da temperatura de fusão<sup>2</sup>, emprego de revestimentos fosfatados<sup>3</sup>, refusão<sup>4</sup> e do tipo de revestimento empregado<sup>5</sup>. Esta variação de comportamento poderia ser explicada pelas diferenças de composições entre as ligas, pois sabe-se que alguns metais aumentam a fluidez, caso específico do silício, e outros, como o ferro, diminuem. Contudo, um fato continua comum a todos estes trabalhos, que é o excelente grau de fluidez apresentado pela liga Maxicast. Embora não fossem em relação à fluidez, diferença entre ligas de cobre-alumínio também foram relatadas por THOMSON *et alii*<sup>19</sup>, que observaram uma variação na adaptação marginal.

Quando da formulação das ligas de cobre-alumínio, SIMONETE<sup>16</sup> dizia que resultados satisfatórios poderiam ser obtidos empregando-se um revestimento odontológico à base de cristobalita. Contudo, para BUSATO *et alii*<sup>6</sup>, apesar do sucesso alcançado por estas ligas, a maioria estudada não se apresenta satisfatória, tanto pela dificuldade de fundição como pela falta de um revestimento específico, uma vez que as técnicas de fundição e os revestimentos empregados foram concebidos com base nas ligas de ouro, de contrações térmicas de fundição conhecidas. Isto fez com que SILVA FILHO<sup>15</sup>, estudando a contração de fundição e adaptação das ligas de cobre-alumínio, discordasse do emprego do revestimento à base de cristobalita nestas ligas, alegando que a contração de fundição não estaria sendo suficientemente compensada, recomendando, por isso mesmo, o uso de um revestimento à base de fosfato. Os resultados apresentados pelo presente trabalho mostram que os revestimentos estudados comportaram-se de maneira diferente em relação à fluidez. Assim, o revestimento que proporcionou maior grau de fluidez foi o Precise, e o menor, o Termocast, ficando patente que a marca do revestimento pode alterar significativamente a fluidez. No entanto, BOMBONATTI *et alii*<sup>3</sup>, estudando estes mesmos revestimentos aquecidos a 700°C, observaram diferença de procedimento apenas no Biovest em relação aos outros, o que de certa forma vem demonstrar que as modificações ora ocorridas seriam fruto da elevação da temperatura de estufagem, que teria proporcionado uma alteração no procedimento destes revestimentos.

O expediente de se elevar a temperatura de estufagem dos revestimentos fosfatados, para melhorar a fluidez das ligas de cobre-alumínio, mostrou-se acertado, uma vez que houve um aumento significativo da fluidez, na razão direta da elevação da temperatura, o que, de certa forma, resultaria numa melhora na complementação da peça. Este procedimento era esperado, tratando-se dos revestimentos fosfatados, e isto veio confirmar os achados de HINMAN *et alii*<sup>11</sup>, que embora trabalhassem com outros tipos de ligas também obtiveram um aumento de fluidez com a elevação da temperatura de estufagem, bem como os de THOMSON<sup>18</sup>, que observou um aumento da complementação de uma restauração metálica fundida, com este expediente. Saliencia-se que os resultados apresentados pelos revestimentos fosfatados a 900°C aproximam-se daqueles apresentados pelo revestimento à base de cristobalita a 700°C, relatados no trabalho de BOMBONATTI *et alii*<sup>5</sup>.

Os resultados também mostraram que, além das ligas, revestimentos e temperaturas de estufagem, outros fatores estariam envolvidos na determinação das melhores condições para o proporcionamento de maior grau de fluidez às ligas de cobre-alumí-

nio. Assim, é razoável esperar que existam condições ideais nas combinações ligas-revestimentos-temperaturas, que permitam uma melhora na obtenção da fluidez. Analisando-se a Tabela 5, verifica-se que os melhores valores de fluidez, obtidos pelas quatro ligas, foram com o revestimento Precise. Contudo, os piores resultados variaram em função da liga e do revestimento, sendo que para as ligas Maxicast e Idealloy eles foram obtidos com o revestimento Termocast; para a liga Duracast, com o revestimento Biovest; e para a liga Orcast, com o revestimento RAF. Convém destacar o desempenho do revestimento RAF, que, embora fosse específico para ligas preciosas, comportou-se de maneira satisfatória, proporcionando o pior resultado apenas para uma das ligas. Analisando-se a Tabela 6, destaca-se a fluidez da liga Maxicast – que apresenta a 800°C valores superiores aos apresentados pelas ligas Duracast e Orcast à temperatura de 900°C – e da liga Orcast, que à 800°C apresenta valor mais alto que a liga Duracast. Observando-se a Tabela 7, verifica-se que, à temperatura de 700°C, o revestimento Biovest apresenta-se superior aos outros revestimentos, confirmando assim o bom desempenho achado por BUSATO *et alii*<sup>6</sup>, que observaram ser este revestimento, a esta temperatura, o que traz menores modificações às ligas de cobre-alumínio, em relação à concentração de cobre. Por sua vez, o revestimento Precise apresenta-se melhor nas temperaturas de 800 e 900°C, salientando-se que o resultado apresentado por este revestimento a 800°C é superior aos dos outros revestimentos a 900°C. Estes achados vêm de encontro às considerações de HINMAN *et alii*<sup>11</sup> de que existem condições ideais nas combinações ligas-revestimentos-laboratório para cada fundição, e que uma melhora na fluidez pode ser obtida com o refinamento do processo de fundição. Apesar do esforço desenvolvido para a apresentação de novos revestimentos fosfatados<sup>12</sup>, esposamos as opiniões de NITKIN & ASGAR<sup>14</sup>, BARRETO *et alii*<sup>1</sup> e LACEFIELD *et alii*<sup>13</sup>, de que novos estudos deverão ser realizados para melhor se conhecer as interações revestimentos/ligas.

## CONCLUSÕES

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

1. Independentemente do tipo de revestimento fosfatado e da sua temperatura de estufagem, existe uma diferença de fluidez entre as ligas de cobre-alumínio, sendo a Maxicast a mais fluida, seguida da Idealloy, Duracast e Orcast;
2. Os revestimentos fosfatados proporcionaram diferentes graus de fluidez às ligas estudadas, classificando-se em ordem decrescente de valores os revestimentos Precise, Biovest, RAF e Termocast;
3. Existe um aumento significativo da fluidez das ligas, na razão direta da elevação da temperatura de estufagem dos revestimentos fosfatados;

4. As significâncias observadas nas 4 interações não permitem generalizar sobre seus comportamentos, pois foram as combinações destes elementos que determinaram o grau de fluidez das ligas, o procedimento das revestimentos e a ação das temperaturas de estufagem. Assim:
  - 4.1. Os piores resultados e fluidez das ligas Maxicast e Idealloy foram proporcionados pelo revestimento Termocast; para a liga Duracast, com o revestimento Biovest; e para a liga Orcast, com o revestimento RAF;
  - 4.2. A fluidez apresentada pela liga Maxicast a 800°C é superior à apresentada pelas ligas Duracast e Orcast a 900°C;
  - 4.3. À temperatura de 700°C, o revestimento que proporcionou maior grau de fluidez às ligas foi o Biovest, enquanto a 800 e a 900°C foi o Precise, sendo o resultado deste último, a 800°C, superior aos dos outros revestimentos a 900°C.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos Professores Gener Tadeu Pereira e Walter Veriano Valério Filho, do Departamento de Ciências da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP –, pela elaboração dos cálculos estatísticos do presente trabalho, e também ao CNPq, pela Bolsa de Pesquisa que possibilitou a realização deste trabalho.

---

BOMBONATTI, P. E. *et alii* – Effect of increased mold temperature of phosphate bonded investments, on the castability of copper – aluminum alloys. **Rev. Odont. UNESP**, São Paulo, **18**: 281-291, 1989.

*ABSTRACT: It was evaluated the castability of four copper-aluminum alloys casted in four phosphate bonded investments, in function of the rise of mold temperature. The specimens were made using polyester mesh screen, with 11 x 11 filaments of 0,26 milimeter in thickness, fixed along of two adjacents edges in wax bar, with the sprue attached at their junction. The alloys were casted in an electrical casting machine when the investment reached the temperature of 700°C, 800°C and 900°C, and the castability values were obtained by the percentage of completed segments of the resulting cast alloy screen. It was verified that there is a variation of castability among the alloys and this castability varies in function of the brand of the phosphate investment used, and increases as the mold temperature is increased.*

*KEY-WORDS: Copper-aluminum alloys; phosphate bonded investments; mold temperature.*

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARRETO, M. T.; GOLBERG, A. J.; NITKIN, D. A. & MUNFORD, G. – Effect of investment on casting high-fusing alloys. *J. prosth. dent.*, 44: 504-7, 1980.
2. BOMBONATTI, P. E.; BARROS, L. E.; SCARANELO, R. M. & PELLIZZER, A. J. – Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função de aquecimento acima da temperatura de fusão. *Rev. Odont. UNESP*, 14: 119-23, 1985.
3. BOMBONATTI, P. E.; BARROS, L. E.; SCARANELO, R. M. & PELLIZZER, A. J. – Ação dos revestimentos fosfatados sobre a fluidez das ligas de cobre-alumínio. *Rev. bras. Odont.* 43: 30-3, 1986.
4. BOMBONATTI, P. E.; BARROS, L. E.; SCARANELO, R. M. & PELLIZZER, A. J. – Influência da refusão sobre a fluidez de ligas de cobre-alumínio. *In: ENCONTRO DO GRUPO BRASILEIRO DE MATERIAIS DENTÁRIOS*, 23, Três Corações, 1987. Resumo dos Trabalhos Científicos. p. 12-13.
5. BOMBONATTI, P. E.; BARROS, L. E.; SCARANELO, R. M. & PELLIZZER, A. J. – Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do tipo de revestimento empregado. *Rev. Odont. UNESP*, 15/16: 171-6, 1986/87.
6. BUSATO, A. L. S.; CASTRO, S. C.; GALAN JR, S. & ROGERS, J. D. – Análise de óxidos superficiais em ligas não áureas relacionadas com revestimentos para fundição. *Estomat. Cult.* 13: 83-6, 1983.
7. CAMPOS FILHO, M. P. & DAVIES, G. J. – *Solidificação e fundição de metais e suas ligas*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1978.
8. CHRISTENSEN, G. J. – Marginal fit of gold inlays castings. *J. prosth. dent.*, 16: 297-305, 1966.
9. COCHRAN, W. G. & COX, G. M. – *Experimental designs*. 2. ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1957.
10. DEDMON, H. W. – Disparaty in expert opinions on size of acc-ptable margin openings. *Operative dent.*, 7: 97-101, 1982.
11. HINMAN, R. W.; TESK, J. A.; WHITLOCK, R. P.; PARRY, E. E. & DURKOWSKI, J. S. – A technique for characterizing casting behavior of dental alloys. *J. dent. Res.*, 64: 134-8, 1985.
12. JÓRGENSEN, K. D. & WATANABE, A. – A new plosphate bonded investment. *Scand. J dent. Res.*, 94: 182-4, 1986.
13. LACEFIELD, E. R.; O'NEAL, S. L. & MULLINS, N. – Castability of salected crown and bridge alloys. *J. dent. Res.*, 62: 287, 1983 – Abst. 1062.
14. NITKIN; D. A. & ASGAR, K. – Evaluation of alternative alloys to Type III gold for use in fixed prosthodontics. *J. amer. dent. Ass.*, 93: 622-9, 1976.
15. SILVA FILHO, F. P. M. – *Ligas do sistema cobre-alumínio. Efeitos de ligas, técnicas de fusão e tratamentos térmicos na contração de fundição e dureza. Efeito de tipos cavitários e técnicas de fundição no desajuste cervical*. Araraquara, Fac. Odont. Araraquara, UNESP, 1983. (Tese – Livre-Docência)
16. SIMONETE, E. L. – *Dentística Restauradora: ligas do sistema cobre-alumínio*. São Paulo, Fac. Odont., USP, 1975. (Tese – Livre-Docência)
17. TAYLOR, N. O. – A report on Postizo Gold. *J. am. dent. Ass.*, 18: 771-2, 1931.

18. THOMSON, D. H. – A study of the effect of an increased mold temperature on the casting ability of some nonprecious alloys for porcelain veneers. *J. prosth. dent.*, 48: 52-8, 1982.
19. THOMSON, D. H.; MOSE, J. B.; RICKER, J. B.; GREENER, E. H. & BRINSDEN, G. I. – Use of high-copper casting alloys: marginal fit of cast copings. *J. prosth. dent.*, 50: 654-6, 1983.

Recebido para publicação em 22.02.1988