

INFLUÊNCIA DOS REVESTIMENTOS SOBRE A CONTRAÇÃO DE FUNDIÇÃO DAS LIGAS COM ALTO CONTEÚDO DE COBRE*

Paulo Edson BOMBONATTI**

Roberto BOMBONATTI***

Ricardo Medeiros SCARANELO****

- **RESUMO:** O objetivo do trabalho foi verificar a ação dos tipos de revestimentos sobre a contração de fundição de ligas com alto conteúdo de cobre utilizadas em fundição. Para isso, foram empregadas duas ligas do sistema cobre/alumínio, Idealloy e Maxicast, e uma do sistema cobre/zinco, Goldent. Dos revestimentos usados, um era fosfatado, Precise, e outro, aglutinado por gesso, Cristobalita Kerr. Na determinação da contração de fundição foi empregado o anel desenvolvido por Coleman e aperfeiçoado por Earnshaw. Foram avaliados cinco corpos-de-prova para cada situação estudada, e, para melhor interpretação, os resultados foram submetidos à análise estatística. Concluiu-se que as ligas possuem valores de contração de fundição diferentes, com menor valor para a liga Goldent, e que o revestimento fosfatado proporcionou valor de contração de fundição menor do que o proporcionado pelo revestimento aglutinado por gesso.
- **PALAVRAS-CHAVE:** Materiais dentários; fundições; ligas dentárias; cobre/alumínio.

* Este trabalho recebeu auxílio do CNPq por meio do Processo nº 301110/86-7.

** Professor responsável pela disciplina de Materiais Dentários do Curso de Odontologia do Campus de Araçatuba – UNIP e pela disciplina de Materiais Dentários do Curso de Odontologia das Faculdades Adamantinenses Integradas – FAI.

*** Ex-Professor Assistente da disciplina de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba – UNIP e Professor Auxiliar de Ortodontia do Curso de Odontologia da UNIOESTE – Cascavel – PR.

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

Introdução

O problema de ajuste de uma fundição é bastante complexo, sendo mesmo um dos mais difíceis com que se defrontam os que estudam materiais dentários. Para Phillips,¹⁵ a maioria dos metais e ligas sofre contração ao passar do estado líquido para o sólido, isto é, quando esfriam desde a temperatura de fusão até a temperatura ambiente, e, segundo Vieira,¹⁹ esta contração de solidificação deve ser compensada por meio de uma expansão adequada de um revestimento apropriado para fundição, a fim de que se possa obter um ajuste preciso.

A contração de fundição de uma determinada liga é uma característica importante e sua magnitude indicará a possibilidade ou não de compensá-la com os materiais e técnicas existentes. Dessa forma, a contração de fundição necessita ser conhecida e compensada para se obter uma fundição precisa. Além da contração de fundição, para Teteruck & Mumford,¹⁸ a adaptação de uma restauração metálica fundida depende muito dos materiais envolvidos no processo de fundição, e uma adaptação aceitável poderá ser obtida pela seleção adequada do tipo de revestimento empregado. A superfície de um revestimento em contato com o padrão de cera, e após a remoção do excesso de água com que foi preparado, é rugosa devido às partículas de seu pó. Tal rugosidade será copiada pela liga metálica, interferindo na adaptação da peça.

Por possuírem menor preço e propriedades semelhantes às das ligas de ouro tipo III, as ligas com alto conteúdo de cobre estão substituindo as de ouro na confecção de alguns tipos de próteses fixas. Em razão disso, e, também, da ação do revestimento fosfatado sobre essas ligas, o presente trabalho tem por finalidade verificar até que ponto a contração de fundição das ligas com alto conteúdo de cobre é influenciada pelos tipos de revestimentos empregados, durante o processo de restauração metálica fundida.

Material e método

Avaliou-se a contração de fundição de duas ligas do sistema cobre/alumínio, Maxicast (Zanardo Produtos Odontológicos Ltda.), Idealloy (Metalloy Comércio de Artigos para Prótese Ltda.), e de uma do sistema cobre/zinco, Goldent (AJE Comércio e Representações Ltda.).

Foram empregados dois tipos de revestimento: um aglutinado por gesso Cristobalita Kerr (Sybron Kerr Indústria e Comércio Ltda.), e um à base de fosfato, Precise (Dentsply Indústria e Comércio Ltda.).

Para a determinação da contração de fundição, empregou-se um dispositivo igual ao utilizado por Silva Filho,¹⁶ que nada mais é do que o dispositivo desenvolvido por Coleman⁶ e aperfeiçoado por Earnshaw,⁸ consistindo de um anel de fundição de aço com 5,75 cm de diâmetro e 6,34 cm de altura. Esse anel possui, em pontos laterais diametralmente opostos, orifícios preparados para receber parafusos com rosca, que serão apertados, e cuja superfície interna polida determinará a extremidade do molde. Esses parafusos são perfurados a fim de receber um pino de aço inoxidável com 3,2 mm de diâmetro, que atravessa todo o anel e o parafuso oposto. Uma base formadora de cadinho completa o conjunto. O anel montado foi preenchido com 220 gramas de revestimento espatulado de acordo com os fabricantes. Após 60 minutos, a base formadora do cadinho, o pino de aço inoxidável e os parafusos foram removidos. A seguir, parafusos sem perfuração e com extremidade interna polida foram fixados nos orifícios laterais do anel, e o conjunto levado a um forno e aquecido lentamente até 200°C para desidratação, sendo, posteriormente, resfriado até a temperatura ambiente. Em seguida, com auxílio de um paquímetro com sensibilidade de centésimo de milímetro, determinou-se a distância entre as extremidades externas dos parafusos e, deduzindo-se os comprimentos dos parafusos, obteve-se o comprimento total do molde. Imediatamente após, fundiu-se aproximadamente 10 gramas de liga, em uma centrífuga comum, com chama gás/ar, quando então o anel foi colocado em posição e a centrífuga disparada. Após o resfriamento, os parafusos laterais foram removidos e o revestimento retirado, liberando-se o corpo-de-prova. Com o mesmo paquímetro, determinou-se o comprimento do corpo-de-prova e, por cálculo matemático, estabeleceu-se a porcentagem da contração de fundição.

Foram avaliados cinco corpos-de-prova para cada situação estudada e, para melhor interpretação, os resultados foram submetidos à análise estatística.⁵

Resultado

Os resultados relativos à contração de fundição de três ligas com alto conteúdo de cobre, duas do sistema cobre/alumínio e uma do sis-

tema cobre/zinco, empregadas em fundições odontológicas, quando fundidas em dois tipos de revestimentos, um sulfatado, à base de cristobalita, e outro fosfatado, foram submetidos à análise de variância em um esquema fatorial 3 x 2, e em um delineamento inteiramente casual, com cinco repetições. Após a constatação de que houve significância para todos os fatores estudados, verificou-se, pelo Método de Tukey, as diferenças existentes.

Na Tabela 1, encontram-se os valores médios da contração de fundição apresentados pelas três ligas, e o valor crítico para contraste, a 1% de significância.

Tabela 1 – Valores médios de contração de fundição das ligas, e valor crítico para contraste

Ligas	Contração de fundição	Tukey a 1%
Goldent	1,64 A	
Idealloy	1,83 B	0,10
Maxicast	1,91 B	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.

Pelos resultados apresentados, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a 0,10, fica rejeitada a igualdade entre essas médias e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim, pode-se dizer que a liga Goldent apresentou a menor contração de fundição, ficando as ligas Idealloy e Maxicast com valor maior.

Na Tabela 2, encontram-se os valores médios da contração de fundição proporcionados pelos diferentes tipos de revestimento. A diferença observada significa que o revestimento à base de fosfato, Precise, proporcionou contração de fundição menor do que o revestimento sulfatado, Cristobalita Kerr.

Tabela 2 – Valores médios de contração de fundição proporcionados pelos revestimentos e valor crítico para contraste

Revestimentos	Contração de fundição	Tukey a 1%
Precise	1,74 A	0,07
Cristobalita Kerr	1,84 B	

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si.

Na Tabela 3, encontram-se os valores médios de contração de fundição apresentados na interação ligas x revestimentos, e o valor crítico para contraste. A significância observada indica que os valores da contração de fundição das ligas estudadas dependem das combinações destes elementos.

Tabela 3 – Valores médios da contração de fundição apresentados na interação ligas x revestimentos e valor crítico para contraste

Revestimentos	ligas			Tukey a 1%
	Maxicast	Goldent	Idealloy	
Cristobalita Kerr	1,85 A	1,73 A	1,94 A	
Precise	1,97 A	1,55 B	1,72 B	0,16

Médias seguidas de letras distintas na vertical diferem entre si.

Discussão

Para Vieira,¹⁹ teoricamente uma fundição precisa, obtida graças a uma compensação “ideal” das variações dimensionais envolvidas no processo de fundição, seria explicada sinteticamente conforme uma equação: contração da cera, mais contração da liga, menos expansão do revestimento seria igual a fundição dimensional perfeita. Na prática, isto é difícil de ocorrer, pois geralmente não se conhece com precisão as contrações da cera e das ligas com as quais se trabalha e que variam com as respectivas composições. Desigualdade de composição entre as ligas com alto conteúdo de cobre empregadas em fundição foi observada anteriormente por Silva Filho¹⁶ ao estudar a dureza e a contração de fundição destas ligas, e confirmadas por Monteiro Netto¹³ quando analisou suas composições por meio da espectrofotometria de absorção atômica. Os resultados aqui relatados mostram que as ligas estudadas apresentam diferentes contrações de fundição, sendo o menor valor atribuído à liga do sistema cobre/zinco Goldent, 1,64%, e o maior para as ligas do sistema cobre/alumínio Idealloy, 1,83%, e Maxicast, 1,91%. O valor apresentado pela liga Idealloy, 1,83%, está bastante próximo do resultado de 1,87% obtido por Silva Filho.¹⁶ Já o resultado da liga Maxicast por nós obtido, 1,91%, embora mais alto numericamente, mas estatisticamente igual ao da liga Idealloy, difere dos 2,09% apresentados por

Silva Filho,¹⁶ ficando com valor bem inferior aos apresentados para as ligas do sistema cobre/alumínio por Pedrosa¹⁴ e Mondelli et al.,¹¹ porém igual ao apresentado por Andrada et al.² para este mesmo sistema. Com relação à liga Goldent, nosso resultado, 1,64%, difere bastante dos apresentados por Pedrosa,¹⁴ de 2,02%, Mondelli et al.,¹² igualmente 2,02%, e Correr Sobrinho et al.,⁷ de 2,26%. Diferem, também, do apresentado por Ismail & Lyon,¹⁰ 2,3%, para a liga do sistema cobre/zinco. A grande discordância do valor de contração de fundição da liga Goldent, 1,64%, aparentemente não tem explicação, uma vez que houve grande regularidade nos resultados dos cinco corpos-de-prova obtidos com esta liga tanto no revestimento Cristobalita Kerr (1,73%, 1,70%, 1,70%, 1,83%, e 1,70%), como no revestimento Precise (1,55%, 1,64%, 1,55%, 1,43% e 1,58%). Uma possível explicação para esta diferença de resultados seria a modificação da composição desta liga, fato pouco provável sem uma comunicação prévia por parte dos fabricantes.

Quando da formulação das ligas do sistema cobre/alumínio, Simo-nete¹⁷ dizia que resultados satisfatórios poderiam ser obtidos empregando-se um revestimento à base de cristobalita. Porém, para Busato et al.,⁴ apesar do sucesso alcançado por estas ligas, a maioria não se apresenta satisfatória, quer pela dificuldade encontrada de se fundir, quer pela falta de um revestimento específico, uma vez que as técnicas de fundição e os revestimentos empregados foram concebidos para serem usados com ligas de ouro, de contrações de fundição conhecidas. Isto fez que Silva Filho,¹⁶ estudando a contração de fundição e adaptação das ligas de cobre/alumínio, sugerisse o uso de um revestimento à base de fosfato para estas ligas, alegando que o emprego do revestimento à base de cristobalita não estaria compensando adequadamente sua contração de fundição. Analisando-se a granulação dos dois revestimentos, verifica-se que o revestimento aglutinado por gesso possui granulação mais fina do que o revestimento fosfatado. A granulação grosseira apresentada pelo revestimento fosfatado é responsável por propriedades negativas neste material, como a obtida por Alves Rezende et al.,¹ de produzirem um ângulo de contato maior, quando vazado sobre a cera e a resina empregadas como materiais de modelo, proporcionando, conseqüentemente, uma pior adaptação sobre eles, do que o revestimento à base de cristobalita, e pelos achados por Bombonatti et al.,³ de proporcionarem menor grau de fluidez às ligas com alto conteúdo de cobre empregadas em fundição.

Os resultados do presente trabalho mostraram, ainda, que os revestimentos proporcionaram diferentes valores de contração de fundi-

ção às ligas, tendo o revestimento à base de fosfato proporcionado o menor valor, 1,74%, e o aglutinado por gesso Cristobalita Kerr, o maior valor, 1,84%. Segundo Phillips,¹⁵ esta contração ocorre em três estágios, e, em geral, os valores da contração de fundição são menores do que aqueles obtidos na contração térmica linear. Essa condição pode ser explicada pelo fato de, no momento do preenchimento do molde pelo metal líquido, este começar a se solidificar em contato com as paredes do revestimento, que apresentam temperatura mais baixa que a do metal líquido. As primeiras porções que se solidificam são fracas e tendem a aderir às paredes do molde, até apresentarem resistência suficiente para se afastar. Assim, a contração da primeira camada sólida mais fraca é impedida de início, pela adesão mecânica às paredes do molde, e, somente quando ela está suficientemente forte para contrair, ela o faz termicamente, até atingir a temperatura ambiente. Acreditamos que, durante a solidificação, a retenção mecânica das primeiras camadas da liga em contato com o revestimento seria mais forte no revestimento fosfatado, devido à sua maior irregularidade ocasionada pela granulação grosseira. Já no revestimento aglutinado por gesso, de granulação mais fina, a retenção mecânica seria mais fraca, permitindo que as primeiras porções de liga que se solidificaram não ficassem tão fortemente aderidas, ocasionando, assim, uma contração de fundição maior. De qualquer forma, os valores de contração de fundição das ligas com alto conteúdo de cobre empregadas em fundição diferem daqueles observados por Hollenback & Skinner⁹ nas ligas de ouro.

A significância observada na interação ligas x revestimentos mostra que a contração de fundição das ligas estudadas depende das combinações destes elementos, mais especificamente, dos valores relacionados para a liga Maxicast, em que os tipos de revestimento não interferiram nesta propriedade, proporcionando valores estatisticamente iguais.

Conclusão

Dentro das condições deste trabalho, pode-se concluir:

- As ligas com alto conteúdo de cobre possuem valores de contração de fundição diferentes, com a liga do sistema cobre/zinco apresentando valor inferior daqueles apresentados pelas ligas do sistema cobre/alumínio.

- O revestimento fosfatado, Precise, proporcionou valor de contração de fundição menor do que o proporcionado pelo revestimento aglutinado por gesso, Cristobalita Kerr.
- A significância observada na interação ligas x revestimentos mostra que a contração de fundição das ligas depende da combinação destes fatores, principalmente para a liga Maxicast, em que os dois tipos de revestimento proporcionaram valores iguais.

BOMBONATTI, P. E., BOMBONATTI, R., SCARANELO, R. M. Casting shrinkage of high copper content alloys, in function of the type of dental investment used. *Rev. Odontol. UNESP (São Paulo)*, v.30, n.2, p.151-160, 2001.

- **ABSTRACT:** This work determined the influence of dental investments on casting shrinkage of high copper content alloys. Two copper/aluminium, (Idealloy and Maxicast) and a copper/zinc (Goldent) alloy systems, were used. Two dental investments were employed: Precise (phosphate bonded) and Cristobalite Kerr (gypsum bonded). A ring, developed by Coleman and improved by Earnshaw was used for casting shrinkage determination. Five specimens of each situation were evaluated and the results were submitted to statistical analysis. It was concluded that the alloys had different casting shrinkage values, with the smallest one for Goldent alloy, and that the phosphate investment provided smaller casting shrinkage value than the one proportioned by the gypsum bonded investment.
- **KEYWORDS:** Dental materials; casting; dental alloys; copper/aluminium.

Referências bibliográficas

- 1 ALVES REZENDE, M. C. R. et al. Adaptação de diferentes tipos de revestimento em contato com a cera e a resina empregadas como materiais de modelo na fundição. *Rev. Odontol. UNESP (São Paulo)*, v.21, p.267-74, jan./dez. 1992.
- 2 ANDRADA, R. C. et al. Contração de fundição de ligas metálicas não nobres. *Rev. Odontol. Univ. São Paulo (São Paulo)*, v.5, n.1, p.73-7, jan./jun.1991.
- 3 BOMBONATTI, P. E. et al. Fluidez de ligas de cobre alumínio em função do tipo de revestimento empregado. *Rev. Odontol. UNESP (São Paulo)*, v.15-6, p.171-6, 1986-1987.

- 4 BUSATO, A. L. S. et al. Análise de óxidos superficiais em ligas não áureas relacionadas com revestimentos para fundição. *Estomatol. Cult. (Bauru)*, v.13, n.1, p.83-6, jan./jun.1983.
- 5 COCHRAN, W. G., COX, G. M. *Experimental designs*. 2.ed. New York: John Wiley, 1957. 611p.
- 6 COLEMAN, R. L. Physical properties of dental materials. (III) Progress report of research on the dental casting process. *Dent. Cosmos (Philadelphia)*, v.68, n.8, p.743-64, Aug. 1926.
- 7 CORRER SOBRINHO, L. et al. Avaliação de ligas à base de cobre. II. Contração de fundição e fluidez. *RGO (Porto Alegre)*, v.44, n.1, p.22-4, jan./fev. 1996.
- 8 EARNSHAW, R. The casting shrinkage of cobalt-chromium alloys. *Aust. Dent. J. (Sydney)*, v.3, p.159-70, June 1958.
- 9 HOLLENBACK, G. M.; SKINNER, E. W. Shrinkage during casting of gold and gold alloys. *J. Am. Dent. Assoc. (Chicago)*, v.33, n.20, p.1391-9, Nov. 1946.
- 10 ISMAIL, I. I., LYON, F. F. An evaluation of Progold. *J. Dent. (Guildford)*, v.2, n.1, p.7-10, Oct. 1973.
- 11 MONDELLI, J. et al. Determinação da contração de fundição de ligas alternativas à base de cobre. *Rev. Odontol. Univ. São Paulo (São Paulo)*, v.3, n.3, p.408-13, jul./set. 1989.
- 12 MONDELLI, J. et al. Avaliação do desajuste de coroas totais, fundidas com diferentes ligas metálicas alternativas relacionando com a contração de fundição: técnicas de inclusão e tipos de revestimentos. Parte I. *Rev. Bras. Odontol. (Rio de Janeiro)*, v.46, n.2, p.26-38, mar./abr. 1989.
- 13 MONTEIRO NETTO, J. Estudo sobre a influência das refusões na fluidez, composição e dureza de ligas de cobre-alumínio e prata-estanho nas fundições de uso odontológico. Rio de Janeiro, 1987. 44p. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- 14 PEDROSA, S. F. Avaliação do desajuste de coroas totais relacionado com a contração de fundição de diferentes ligas metálicas não áureas, técnicas de inclusão e tipos de revestimento. Bauru, 1986. 128p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
- 15 PHILLIPS, R. W. *Materiais dentários de Skinner*. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 334p.
- 16 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, 1983. 96p. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.

- 17 SIMONETE, E. L. Dentística restauradora: ligas do sistema cobre-alumínio. São Paulo, 1975. 106p. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
- 18 TETERUCK, W. R., MUMFORD, G. The fit of certain dental casting using different investing materials and techniques. J. Prosthet. Dent. (St. Louis), v.16, n.5, p.910-27, Sept./Oct. 1966.
- 19 VIEIRA, D. F. Fundições. RGO (Porto Alegre), v.27, n.2, p.98-101, abr./jun. 1979.