

EFEITO DOS MÉTODOS DE FUSÃO SOBRE A RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE LIGAS DE USO ODONTOLÓGICO COM ALTO CONTEÚDO DE COBRE

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

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi verificar a rugosidade superficial de ligas com alto conteúdo de cobre, quando fundidas pelos seguintes métodos: a) centrífuga elétrica; b) centrífuga comum com chama gás/ar; c) centrífuga comum com chama gás/oxigênio. A rugosidade superficial foi determinada através de um rugosímetro Mitutoyo, modelo Surftest III, e consistiu em se passar um apalpador com ponta de diamante sobre o corpo de prova, registrando-se a rugosidade média da superfície analisada. Verificou-se que as ligas apresentaram diferentes graus de rugosidade superficial e que a utilização da centrífuga elétrica proporcionou a menor rugosidade.

UNITERMOS: Ligas de cobre; rugosidade de superfície; técnicas de fusão.

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento e utilização das ligas alternativas de uso odontológico, os profissionais e pesquisadores passaram a enfrentar problemas até então desprezados. Para NITKIN, ASGAR¹³, na avaliação de uma liga, além do baixo custo, deveria ser levado em consideração a facilidade de manipulação, a fluidez e a adaptação. Entre as novas ligas, destacam-se as com alto conteúdo de cobre, pela sua maior participação na substituição das ligas de ouro na confecção de próteses parciais fixas. Quanto à fluidez dessas ligas, existem inúmeros trabalhos publicados relacionando os fatores que influem nessa propriedade^{1, 2, 3, 4, 5}. Com relação à adaptação, para HINMAN et al¹², a rugosidade superficial é um importante fator a ser considerado, o que é corroborado pela afirmação de CHARBENEAU et al⁸, de que quanto menor a rugosidade de superfície, mais exato será o ajuste da peça metálica.

* Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese – Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba – UNESP – 16015 – Araçatuba, SP.

Considerando que o insucesso das ligas disponíveis no mercado está mais ligado à inadequação das técnicas de fundição do que propriamente à composição das mesmas e que a rugosidade é um fator preponderante no ajuste de uma restauração metálica fundida, o presente trabalho tem por finalidade verificar a influência de diferentes métodos de fusão sobre a rugosidade superficial de algumas ligas com alto conteúdo de cobre.

MATERIAL E MÉTODO

Foi avaliada a rugosidade superficial de quatro ligas de cobre-alumínio, Duracast MS (Marquart & Cia. Ltda.), Idealloy (Metalloy Comércio de Artigos para Prótese Ltda.), Maxicast (Zanardo Produtos Odontológicos Ltda.), Orcastr (Macrodent Brasil Produtos Odontológicos Ltda.), e uma de cobre-zinco, Goldent (AJE Comércio e Representação Ltda.). O fator comum entre estas ligas é o seu alto conteúdo de cobre.

Os corpos de prova empregados na verificação da rugosidade, semelhantes aos usados por FUSAYAMA, YAMANE¹¹, foram obtidos a partir de um plástico liso, com formato retangular, com 2 x 7 x 11 milímetros. Um pino formador do conduto de alimentação, com 2,5 milímetros de espessura e 10 milímetros de comprimento, foi fixado obliquamente na extremidade de uma das faces do modelo plástico e o conjunto montado no conformador de cadinho. Após a aplicação do agente umectante, o conjunto foi incluído em revestimento à base de cristobalita, Kerr (Kerr Indústria e Comércio Ltda.), espatulado manualmente por 1 minuto e vazado vagorosamente para o interior do anel. Decorrido o tempo de presa do revestimento, o anel foi aquecido até a temperatura de 700°C, aí permanecendo por 30 minutos, quando foi preenchido com aproximadamente 3 gramas de liga com alto conteúdo de cobre, fundidas pelos seguintes métodos: a) centrífuga elétrica; b) centrífuga comum com chama gás/ar; c) centrífuga comum com chama gás/oxigênio. Após a solidificação e resfriamento da liga, os corpos de prova foram desincluídos, limpos e identificados. O excesso de metal foi removido para facilitar a avaliação e a rugosidade superficial verificada em um rugosímetro marca Mitutoyo, modelo SurfTest III, e consistiu em se passar um apalpador com ponta de diamante sobre a superfície do corpo de prova, sendo as irregularidades transmitidas para um amplificador que indicava a rugosidade média (micrômetro) da superfície analisada. Foram avaliados cinco corpos de prova para cada situação estudada, e o resultado corresponde à média de três leituras efetuadas em três regiões diferentes dos corpos de prova. Para maior precisão na interpretação, os resultados foram submetidos à análise estatística⁹.

RESULTADOS

Os resultados relativos à rugosidade superficial média (micrômetro) de cinco ligas com alto conteúdo de cobre, em função dos métodos de fusão utilizados, após serem submetidos à Análise de Variância num esquema fatorial 5 x 3, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, proporcionaram o quadro de Análise de Variância representado na Tabela 1.

TABELA 1 – Análise de Variância

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	G. L.	Quadrado médio	Valor de F
Ligas (L)	2,15244533	4	0,53811133	12,40 **
Tratamentos (T)	8,54484267	2	4,27242133	98,46 **
Interação L x T	1,41785067	8	0,17723133	4,08 **
Resíduo	2,60344000	60	0,04339067	
Total	14,71857867	74		

** – Significante em nível de 1%

Analisando-se a Tabela 1, constata-se a significância para todas as fontes de variações. Constatada esta significância, verificou-se pelo método de Tukey as diferenças existentes. Na Tabela 2, encontram-se as rugosidades médias, em micrômetro, das cinco ligas avaliadas, e o valor crítico para contraste. Pelos valores apresentados, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a 0,213, fica rejeitada a igualdade entre essas médias e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim, pode-se dizer que as ligas Orcast, Maxicast e Idealloy apresentaram o menor grau de rugosidade superficial, enquanto que as ligas Goldent e Duracast, o maior.

TABELA 2 – Rugosidade média (micrômetro) para o fator LIGAS e valor crítico para contraste

LIGAS	Rugosidade média	Tukey a 5%
Goldent	1,064 A	0,213
Duracast	1,022 A	
Orcast	0,740 B	
Maxicast	0,713 B	
Idealloy	0,656 B	

Na Tabela 3, encontram-se as rugosidades médias das ligas obtidas nos diferentes métodos de fusão. Verificou-se que o teste de comparações múltiplas para estabelecimento de contrastes, conforme o método de Tukey, apresentou um valor crítico de 0,141, indicando que os métodos de fusão utilizados proporcionam rugosidades diferentes às ligas estudadas. Assim, o emprego da centrífuga comum com chama gás/oxigênio proporcionou o maior grau de rugosidade, seguindo-se dos métodos que utilizam a chama gás/ar e a centrífuga elétrica, que proporcionou a menor rugosidade superficial.

A significância observada para a interação LIGAS X TRATAMENTOS demonstra que a rugosidade superficial não é a mesma nos diferentes métodos de fusão, isto é, a rugosidade depende tanto das ligas como dos métodos de fusão empregados. A Tabela 4 mostra as rugosidades médias correspondentes a esta interação.

TABELA 3 – Rugosidade média (micrômetro) para o fator TRATAMENTOS (Métodos de fusão) e valor crítico para contraste

Métodos de Fusão	Rugosidade	Tukey a 5%
Gás/oxigênio	1,280	A
Gás/ar	0,778	B
Elétrica	0,460	C

TABELA 4 – Rugosidade média (micrômetro) correspondente à Integração LIGAS x TRATAMENTOS e valor crítico para contraste

Métodos de Fusão	LIGAS					Tukey a 5%
	Orcast	Idealloy	Maxicast	Goldent	Duracast	
Elétrica	0,594	0,410	0,356	0,490	0,450	0,465
Gás/ar	0,538	0,572	0,644	0,972	1,166	
Gás/oxigênio	1,088	0,988	1,140	1,732	1,452	

DISCUSSÃO

Sem dúvida alguma, a rugosidade superficial é um importante fator a ser considerado em uma restauração metálica fundida, a tal ponto de SUFFERT, MAHLER¹⁶ afirmaram que situada internamente pode afetar sua adaptação. No presente trabalho, verificou-se diferentes graus de rugosidade entre as ligas estudadas. Isso contraria a afirmação de POMES et al¹⁵ de que a rugosidade superficial independe da composição da liga. Diferenças de rugosidade foram observadas anteriormente em ligas com alto conteúdo de cobre por BOMBONATTI et al⁶, porém em magnitudes diferentes. Naquela oportunidade, as ligas que apresentaram a menor rugosidade superficial foram a Duracast, Maxicast e Goldent, e a maior a Orcast. Os resultados ora apresentados mostram que houve alteração nesta classificação, ficando as ligas Idealloy, Maxicast e Orcast com as superfícies menos rugosas, e a Goldent e Duracast com as mais rugosas. A explicação para essa discrepância estaria nos métodos de fusão empregados, pois, enquanto no trabalho anterior usou-se apenas o método da centrífuga elétrica, no presente, além deste, utilizaram-se os métodos da chama gás/ar e da chama gás/oxigênio. Dessa forma, evidencia-se que, com exceção da liga Maxicast, que já demonstrara anteriormente¹ ser uma liga pouco susceptível às alterações térmicas, as demais são altamente sensíveis a essas alterações.

Com relação aos métodos de fusão empregados, sabe-se que eles podem interferir na composição das ligas. Quando se emprega a centrífuga elétrica, a liga é fundida em uma temperatura controlada e em um ambiente praticamente isento de óxidos, sendo muito difícil a alteração em sua composição. No entanto, quando se empregam

as chamas, o processo de aquecimento nem sempre é controlado, o que, segundo CRAIG¹⁰, poderá proporcionar um superaquecimento, ocasionando a evaporação de alguns componentes secundários e o aparecimento de uma nova liga. Para TUCCILLO et al¹⁷, os danos mais severos são observados quando se emprega a chama gás/oxigênio. Observou-se no presente trabalho que a rugosidade superficial das ligas com alto conteúdo de cobre variou com os métodos de fusão utilizados, obtendo-se o menor grau quando se empregou a centrífuga elétrica e o maior com a chama gás/oxigênio. Resultado semelhante também foi encontrado por FUSAYMA, YAMANE¹¹, embora trabalhassem com ligas de ouro. O aumento da rugosidade, observado com a utilização de temperaturas acima das condições ideais de fusão, como no caso das chamas, viria de encontro à afirmação de BARONI et al⁷ de que haveria um aumento da fluidez da liga líquida, permitindo ao metal líquido penetrar mais entre as partículas do revestimento do molde, opinião também esposada por FUSAYMA, YAMANE¹¹, que dizem, ainda, ser o emprego da chama gás/ar o responsável pela produção de grandes áreas rugosas na peça, provavelmente provenientes do aumento da oxidação da liga. O efeito dos métodos de fusão sobre as propriedades das ligas, com alto conteúdo de cobre, já fora observado anteriormente por VERONESI¹⁸, que verificou ter a liga Idealloy apresentado maior dureza superficial quando fundida com a chama gás/ar ou com a centrífuga elétrica; a Duracast, quando empregou-se a chama gás/oxigênio, sendo que na liga Goldent, a dureza não foi afetada pelo método de fusão, isto é, qualquer que seja o método a dureza foi sempre a mesma. Levando-se em consideração as afirmações de PLESE¹⁴ e de POMES et al¹⁵, de que quanto menor a rugosidade superficial mais fiel será a adaptação da restauração, pode-se afirmar que as ligas com alto conteúdo de cobre deverão ser fundidas em uma centrífuga elétrica, que é o método que proporciona a obtenção desse requisito.

Os resultados também mostraram que, além das ligas e métodos de fusão, outros fatores estariam envolvidos na determinação das melhores condições para o proporcionamento de menor rugosidade superficial. Analisando-se a Tabela 4, verifica-se que as ligas Orcastr, Maxicast e Idealloy podem ser fundidas tanto pela centrífuga elétrica como pela chama gás/ar que os resultados quanto à rugosidade superficial serão iguais, o que não ocorre com as ligas Goldent e Duracast. Por sua vez, a liga Idealloy pode ser fundida tanto com a chama gás/ar ou com a chama gás/oxigênio que a rugosidade será a mesma. O mesmo ocorre com a liga Duracast, embora seu grau de rugosidade seja superior ao da liga Idealloy.

CONCLUSÕES

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

- 1 - As ligas com alto conteúdo de cobre apresentam diferentes graus de rugosidade superficial.
- 2 - A utilização da centrífuga elétrica no processo de fundição dessas ligas proporciona menor rugosidade às mesmas, seguindo-se em ordem crescente de rugosidade o emprego da chama gás/ar e a chama gás/oxigênio.

3 – A significância observada na interação ligas x métodos de fusão não permite generalizar sobre seu comportamento, pois foram as combinações desses elementos que determinaram o grau de rugosidade das ligas. Assim:

3.1 – As ligas Orcast, Maxicast e Idealloy poderão ser fundidas tanto com a centrifuga elétrica como com a chama gás/ar que a rugosidade superficial não se altera, o que não ocorre com as ligas Goldent e Duracast.

3.2 – A liga Idealloy pode ser fundida tanto com a chama gás/ar como com a chama gás/oxigênio que a rugosidade será a mesma. O mesmo ocorre com a liga Duracast, embora sua rugosidade superficial seja maior.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Walter Veriano Valério Filho, do Departamento de Ciências da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-UNESP, pela realização da Análise Estatística do presente trabalho.

BOMBONATTI, P.E. et al. Effect of the melting techniques on the surface roughness of high-copper casting alloys. *Rev. Odont. UNESP*, São Paulo, v. 20, p. 267-273, 1991.

ABSTRACT: The purpose of this work was study the surface roughness of high-copper casting alloys, casted according to the following methods: a) electrical casting machine; b) centrifugal casting machine with a gas/air torch; c) centrifugal casting machine with a gas/oxygen torch. The surface roughness was measured with a Mitutoyo surface roughness analyzer, Surftest III model, that consists of passing a diamond style on the surface of the specimens, and the mean roughness analysed was registered. As a result, it was verified that there is a variation the surface roughness among the alloys tested, and the use an electrical casting machine produces less roughness.

KEY-WORDS: Copper alloys; surface roughness; melting techniques.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOMBONATTI, P.E., BARROS, L.E., SCARANELO, R.M., PELLIZZER, A. J. Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do aquecimento acima da temperatura de fusão. *Rev. Odont. UNESP*, v. 14, p. 119-23, 1985
2. 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.*, v. 53, p. 30-3, 1986.
3. 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*, v. 15/16, p. 171-6, 1986/87.
4. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L.E., SCARANELO, R.M., PELLIZZER, A.J. Influência da refusão sobre a fluidez de ligas de cobre-alumínio. *Rev. Odont. UNESP*, v. 17, p. 169-73, 1988.

5. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. Ação da elevação da temperatura de estufagem de revestimentos fosfatados sobre a fluidez de ligas de cobre-alumínio. *Rev. Odont. UNESP*, v. 18; p. 281-91, 1989.
6. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. Rugosidade superficial de ligas com alto conteúdo de cobre, em função do aquecimento acima da temperatura de fusão. *Rev. Odont. UNESP*, v. 19, p. 203-9, 1990.
7. BARONE, J., HUFF, R. L., DICKSON, G. Surface roughness of gold casting. *Dent. Prog.*, v. 1, p. 78-84, 1961.
8. CHABERNEAU, G. T., PEYTON, F. A., ANTHONY, D. H. Profile characteristics of cut tooth surfaces developed by rotating instruments. *J. dent. Res.*, v. 36, p. 957-66, 1957.
9. COCHRAN, W.G. & COX, G.M. *Experimental designs*. 2. ed. New York: John Wiley, 1957.
10. CRAIG, R. G. *Restorative dental materials*. 6. ed. St. Louis: Mosby, 1980.
11. FUSAYAMA, T., YAMANE, M. Surface roughness of castings made by various casting techniques. *J. prosth. Dent.*, v. 29, p. 529-35, 1973.
12. 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.*, v. 64, p. 134-8, 1985.
13. NITKIN, D.A., ASGAR, K. Evaluation of alternative alloys to type III gold for use in fixed prosthodontics. *J. am. dent. Ass.* v. 93, p. 622-9, 1976.
14. PLESE, A. Contribuição ao estudo da rugosidade e sua influência no ajuste das fundições. *Rev. Fac. Odont. Araçatuba*, v. 2, p. 123-43, 1966.
15. POMÉS, G.E., SLACK, G. L., WISE, M.W. Surface roughness of dental castings. *J. am. dent. Ass.*, v. 41, p. 545-56, 1950.
16. SUFFERT, L.W., MAHLER, D. B. Reproducibility of gold castings made by present day dental casting techniques. *J. am. dent. Ass.*, v. 50, p. 1-6, 1955.
17. TUCCILLO, J. J., LICHTENBERGER, H., NIELSEN, J. P. Composition stability of gold base dental alloys for different melting techniques. *J. dent. Res.*, v. 53, p. 1127-31, 1974.
18. VERONESI, G.S. *Influência de fontes de calor de fundição na dureza superficial e na formação cristalina de ligas de cobre-alumínio*. Piracicaba: UNICAMP, 1987. Tese (Mestrado) – Fac. Odont. Piracicaba, Universidade de Campinas, 1987.

Recebido para publicação em 13/6/1990.