

RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE LIGAS COM ALTO CONTEÚDO DE COBRE: EFEITO DA TEMPERATURA DE ESTUFAGEM DE REVESTIMENTOS FOSFATADOS*

Paulo Edson BOMBONATTI**
Antonio Joaquim PELLIZZER**
Sérgio Augusto FEITOSA**

- **RESUMO:** Determinou-se a rugosidade superficial de 5 ligas com alto conteúdo de cobre empregadas em fundição, fundidas em 3 revestimentos fosfatados, em virtude da elevação da temperatura de estufagem dos mesmos. Os corpos-de-prova apresentavam um formato retangular com 2 x 7 x 11 mm, e foram obtidos pela fusão das ligas em uma centrífuga comum com chama gás/ar, e incluídos nos moldes dos revestimentos aquecidos a 700°C, 800°C e 900°C. A rugosidade superficial foi verificada em um rugosímetro Talysurf, registrando-se a rugosidade média da superfície analisada. Verificou-se que a rugosidade superficial variou com a composição das ligas. A rugosidade proporcionada pelos revestimentos variou com as marcas, e existe um aumento progressivo da mesma à medida que se eleva a temperatura de estufagem dos revestimentos.
- **UNITERMOS:** Ligas dentárias; fundição odontológica; técnica.

Introdução

Sem dúvida alguma, a rugosidade superficial constitui-se em uma propriedade fundamental no ajuste das restaurações metálicas fundidas, sendo, por isso mesmo, uma preocupação constante para os pesquisadores. Já em 1940, Crawford¹³ dizia que as fundições deveriam ter superfícies lisas, livres de rugosidade ou irregularidades. Para Suffert & Mahler²⁵ e Plese,²¹ quando situada internamente em uma restauração, a rugosidade superficial pode afetar a adaptação, uma vez que, segundo Charbeneau et al.,¹² quanto menor a rugosidade de superfície, mais exato será o ajuste. Assim,

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

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

uma técnica de fundição precisa deverá ser empregada toda vez que se desejar um bom ajuste em uma prótese.

As características de superfície de um bloco metálico dependem não só da fluidez da liga durante a fundição, mas também do cuidado observado na inclusão do modelo de cera e da qualidade do revestimento. Com relação à fluidez das ligas com alto conteúdo de cobre, existem trabalhos relacionando os fatores que influem sobre a mesma.^{6,8,9,10} Quanto aos revestimentos, seria interessante reportar-se ao lançamento das ligas de cobre-alumínio, quando Simonete²⁴ dizia que resultados satisfatórios poderiam ser obtidos empregando-se um revestimento odontológico à base de cristobalita. Contudo, Silva Filho,²³ estudando a contração de fundição e adaptação destas ligas, verificou que a contração de fundição não estaria sendo compensada adequadamente, recomendando, por isso mesmo, o uso de um revestimento fosfatado. Assim, o propósito deste trabalho será verificar a ação dos revestimentos fosfatados, bem como a elevação de sua temperatura de estufagem sobre a rugosidade superficial de ligas com alto conteúdo de cobre.

Material e método

Foi avaliada a rugosidade de 4 ligas de cobre-alumínio, Duracast (Marquart & Cia Ltda.), Idealloy (Metalloy Comércio de Artigos para Prótese Ltda.), Maxicast (Zanardo Produtos Odontológicos Ltda.) e Orcast (Macrodent Brasil Produtos Odontológicos Ltda.) e 1 de cobre-zinco, Goldent (AJE Comércio e Representações Ltda.). O fator comum entre estas ligas é o alto conteúdo de cobre. Foram empregados 3 revestimentos à base de fosfato, Precise (Dentsply Indústria e Comércio Ltda.), Termocast (Polidental Indústria e Comércio Ltda.), e Muster (Maitec Ltda.).

Os corpos-de-prova empregados na verificação da rugosidade, semelhantes aos usados por Fusayama & Yamane,¹⁵ foram obtidos através do corte de uma peça plástica lisa e apresentavam um formato retangular com 2 mm de espessura, 7 mm de largura e 11 mm de comprimento. Um pino formador do conduto de alimentação, de cera, com 2,5 mm de diâmetro e dez mm de comprimento, foi fixado obliquamente na extremidade de uma das faces do modelo plástico e o conjunto montado no conformador de cadinho. Em seguida, aplicou-se o agente umectante por toda a superfície do corpo-de-prova, secando-o imediatamente após com jatos de ar, incluindo-se o conjunto em revestimento, espatulado, de acordo com as instruções do fabricante. Após a presa, os anéis foram aquecidos lentamente em um forno (Bravac) até atingirem as temperaturas de 700°C, 800°C e 900°C, aí permanecendo por 30 minutos, quando foram preenchidos por aproximadamente 3 g de liga, fundidas em uma centrífuga comum, com chama gás/ar. Após a solidificação da liga, os corpos-de-prova foram desincluídos, identificados e limpos para facilitar a avaliação. A rugosidade superficial foi verificada em um rugosímetro Talysurf e, em síntese,

consistiu em se passar sobre 0,6 mm da superfície analisada um transdutor ótico que transmite as irregularidades para um registrador, que poderá registrar em forma de gráfico ou em números, e, neste caso, se registrou a rugosidade média em micrometro. Foram avaliados 5 corpos-de-prova para cada situação estudada, e os resultados correspondem à média de 3 leituras efetuadas em 3 regiões diferentes dos corpos-de-prova. Para melhor interpretação, os resultados foram submetidos à análise estatística.

Resultado

Os resultados relativos à rugosidade superficial de 5 ligas com alto conteúdo de cobre para fundição, em razão de 3 revestimentos fosfatados e de 3 temperaturas de estufagem, após serem submetidos à análise de variância num esquema fatorial 5 x 3 x 3, em um delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições, proporcionaram o quadro de Análise de Variância representado na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise de Variância

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F
Ligas	4	27,4316902	6,8579225	47,4493**
Revestimentos	2	29,7685040	14,8842520	102,9826**
Temp. Estufagem	2	14,6519454	7,3259727	50,6876**
Ligas X Revest.	8	2,1395270	0,2674409	1,8504ns
Ligas X Temp. Estufagem	8	21,0482797	2,6310350	18,2039**
Rev. X Temp. Estufagem	4	1,5081728	0,3770432	2,6087*
Resíduo	196	28,3282195	0,1445317	
Total	224	124,8763386		

** - Significante em nível de 1%.

* - Significante em nível de 5%.

ns - Não-significante.

Analisando-se a Tabela 1, constata-se que não houve significância estatística apenas para a interação Ligas x Revestimentos. Constatada a significância para os demais fatores, verificaram-se pelo método de Tukey as diferenças existentes.

Na Tabela 2, encontram-se as rugosidades médias (micrometro) para o fator Ligas e valor crítico para contraste. Pelos valores apresentados, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a 0,2195, fica rejeitada a igualdade entre essas médias e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim, pode-se dizer que as ligas Maxicast, Idealloy e Orcast apresentam rugosidades superficiais iguais e de médias menores, seguidas em ordem crescente de médias pelas Duracast e Goldent.

Tabela 2 – Rugosidade média (micrometro) para o fator Ligas e valor crítico para contraste

Ligas	Rugosidade média	Tukey A 5%
Maxicast	1,0448 A	0,2195
Idealloy	1,0942 A	
Orcast	1,1900 A	
Duracast	1,4868 B	
Goldent	1,9882 C	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.

Na Tabela 3, encontram-se as rugosidades médias, em micrometro, proporcionadas pelos diferentes revestimentos fosfatados empregados. Pelos resultados, verifica-se que os revestimentos Precise e Termocast proporcionam menores valores de rugosidade às ligas do que o revestimento Muster.

Tabela 3 – Rugosidade superficial média (micrometro) proporcionada pelo fator Revestimento e valor crítico para contraste

Revestimentos	Rugosidade média	Tukey A 5%
Precise	1,0562 A	0,1458
Termocast	1,1541 A	
Muster	1,8721 B	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.

A Tabela 4 mostra as diferentes médias de rugosidade superficial proporcionadas pelas diferentes temperaturas de estufagem estudadas. Como regra geral, verifica-se que existe um aumento progressivo da rugosidade média à medida que se eleva a temperatura de estufagem.

Tabela 4 – Rugosidade superficial média (micrometro) proporcionada pelo fator Temperaturas de Estufagem e valor crítico para contraste

Temperaturas de Estufagem	Rugosidade média	Tukey A 5%
700 °C	1,1036 A	0,1458
800 °C	1,2702 B	
900 °C	1,7086 C	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.

A significância observada na Tabela 5, referente à interação Ligas x Temperaturas de Estufagem, e na Tabela 6, relativa à interação Revestimentos x Temperaturas de Estufagem, indica que a rugosidade superficial das ligas depende das combinações destes elementos.

Tabela 5 – Rugosidade superficial média (micrometro) correspondente à interação Ligas x Temperaturas de Estufagem

Temperaturas de Estufagem	Ligas				
	Maxicast	Idealloy	Orcast	Duracast	Goldent
700 °C	a 0,9833 A	a 1,0920 A	a 1,0474 A	a 1,2306 A	a 1,1646 A
800 °C	a 1,0860 A	a 0,9506 A	ab 1,1953 AB	bc 1,4733 AB	c 1,6460 B
900 °C	a 1,0653 A	a 1,2400 A	a 1,3273 A	b 1,7566 B	c 3,1540 C

Letras minúsculas para comparação horizontal (DMS = 0,3803) e letras maiúsculas para comparação vertical (DMS = 0,3260). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si significativamente em nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Tabela 6 – Rugosidade superficial média (micrometro) correspondente à interação Revestimento x Temperaturas de Estufagem

Temperaturas de Estufagem	Revestimentos		
	Precise	Termocast	Muster
700 °C	a 0,8169 A	a 1,0020 A	b 1,4920 A
800 °C	a 0,9676 A	a 1,0768 A	b 1,7664 B
900 °C	a 1,3844 A	a 1,3836 B	b 2,3580 C

Letras minúsculas para comparação horizontal (DMS = 0,2525) e letras maiúsculas para comparação vertical (DMS = 0,2525). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si significativamente em nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Discussão

Segundo Custer & Desalvo,¹⁴ uma das condições desejadas em uma restauração metálica fundida é sua perfeita adaptação ao preparo dental, sendo que o sucesso da retenção dependerá do preenchimento desta consideração. Neste aspecto, é importante que a fundição seja livre de defeitos superficiais como rugosidade, nódulos e poros. Com relação à rugosidade, verifica-se no presente trabalho que as ligas com alto conteúdo de cobre, usadas em fundição, apresentam valores diferentes. Aparentemente, esta desigualdade de comportamento se fundamentaria na diferença de

composição existente entre elas, realidade detectada por Motta & Monteiro Netto¹⁸ e determinada também por Monteiro Netto¹⁷ por meio da espectrofotometria de absorção atômica. Diferenças no grau de rugosidade entre as ligas com alto conteúdo de cobre foram observadas anteriormente por Bombonatti et al.,¹¹ quando estudaram o efeito do superaquecimento durante a fusão das mesmas. Em 1991, Bombonatti et al.,⁷ observando a ação dos métodos de fusão sobre a rugosidade destas ligas, verificaram que as ligas Idealloy, Maxicast e Orcast apresentavam menor rugosidade superficial do que as ligas Duracast e Goldent, resultado bastante semelhante ao obtido no presente trabalho, em que as ligas Idealloy, Maxicast e Orcast continuam apresentando menor rugosidade e liga Goldent a maior, o que vem confirmar o bom desempenho daquelas ligas em relação à propriedade estudada. A diferença de procedimento entre as ligas Goldent e Duracast, em relação ao trabalho anterior, provavelmente seria explicada pela diferença de comportamento observado entre elas nas diferentes temperaturas de estufagem dos revestimentos.

Diferenças de rugosidade entre ligas com alto conteúdo de cobre para fundição foram observadas ainda por Bombonatti et al.,⁵ quando estudaram os efeitos de diferentes tipos de revestimentos e métodos de fusão empregados, e por Pellizzer & Bombonatti²⁰ ao verificarem o efeito da refusão sobre esta propriedade. De qualquer forma, os resultados apresentados confirmam mais uma vez que a rugosidade superficial varia com a composição das ligas.

Sem dúvida alguma, a superfície de uma restauração metálica fundida deverá ser uma reprodução fiel do modelo de cera do qual é feita, contudo, a maioria das fundições possuem maior grau de rugosidade do que o correspondente modelo de cera, o que de um modo geral compromete a adaptação. Esta imperfeição é consequência da falta de habilidade dos revestimentos se adaptarem perfeitamente sobre a cera. Em relação aos revestimentos empregados, constatou-se que as diferentes marcas proporcionaram diferentes graus de rugosidade superficial às ligas. Nossos resultados mostraram que, enquanto os revestimentos Precise e Termocast proporcionavam rugosidade superficial estatisticamente igual e de menor valor, o revestimento Muster proporcionava rugosidade com valor mais alto. Estes resultados poderiam ser explicados pela diferença de textura existente entre eles. Devido à sua granulação grosseira, o emprego do revestimento Muster trouxe resultados danosos para as superfícies das ligas, produzindo peças com qualidade mais pobre e rugosas. Isto, segundo Alves-Rezende et al.,¹ é consequência da formação de maior ângulo de contato entre este revestimento e o modelo de cera, o que dificultaria sua adaptação. Estes achados estão condizentes com os de Schnell et al.,²² que afirmam que o emprego do revestimento fosfatado proporciona um aumento da rugosidade superficial nas ligas e que esta incidência varia com a marca do revestimento.

O expediente usado por alguns profissionais de elevar a temperatura de estufagem dos revestimentos, com a finalidade de melhor compensar a contração de fundição das ligas, mostrou-se não ser recomendável quando se trata da rugosidade superficial, uma vez que nossos resultados demonstram que existe um aumento

progressivo da rugosidade à medida que se eleva a temperatura de estufagem dos revestimentos. A mesma conclusão chegaram Barone et al.,³ Arfaei & Asgar,² Ogura et al.¹⁹ e Jarvis et al.,¹⁶ embora trabalhassem com outros tipos de ligas. Assim, dentro das condições de nosso trabalho, as temperaturas de estufagem mais baixas deverão ser indicadas toda vez que se desejar uma restauração metálica fundida menos rugosa.

Além dos fatores ligas, revestimentos e temperaturas de estufagem, outros fatores estariam influenciando na formação de rugosidade superficial nas ligas com alto conteúdo de cobre, como mostram as significâncias havidas nas interações Ligas x Temperaturas de Estufagem e Revestimentos x Temperaturas de Estufagem. Das combinações entre estes elementos é que dependerá o grau de rugosidade superficial. Desta forma, é razoável esperar-se que existam condições ideais nestas combinações, que permitam a obtenção de menor rugosidade. Assim, o emprego de determinada liga na temperatura de estufagem adequada proporcionaria o surgimento de uma rugosidade menor, da mesma maneira que determinado revestimento se comportaria melhor em uma dada temperatura de estufagem. Analisando-se a Tabela 5, verifica-se que a rugosidade das ligas Maxicast, Idalloy e Orcast não é influenciada pela temperatura de estufagem, apresentando valores estatisticamente iguais nas 3 temperaturas estudadas. As alterações ocorrem por conta das ligas Duracast e Goldent. Na Tabela 6, verifica-se que os revestimentos Precise e Termocast proporcionam rugosidades iguais tanto na temperatura de 700°C quanto na de 800°C, ocasionando um valor maior somente na temperatura de 900°C. Já com o revestimento Muster, a rugosidade proporcionada é diferente nas 3 temperaturas estudadas, havendo um aumento progressivo à medida que se eleva a temperatura. Estas considerações nos levam a concordar com Barreto et al.⁴ quando dizem da necessidade de se estudar mais estes tipos de interações.

Finalizando, queremos enfatizar que os revestimentos e as temperaturas de estufagem deverão ser sempre levados em consideração quando se estuda a rugosidade superficial das ligas com alto conteúdo de cobre para fundição.

Conclusão

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

1. a rugosidade superficial das ligas com alto conteúdo de cobre empregadas em fundição varia com a composição das mesmas, portanto, as ligas Maxicast, Idealloy e Orcast apresentam menor rugosidade, seguidas da Duracast, que se apresenta com valor intermediário, e da Goldent, que é a mais rugosa;

2. a rugosidade proporcionada pelos revestimentos varia com as marcas, tendo os revestimentos Precise e Termocast proporcionado rugosidade estatisticamente igual e de menor valor do que o revestimento Muster;

3. existe um aumento progressivo da rugosidade à medida que se eleva a temperatura de estufagem dos revestimentos;

4. a significância observada nas interações Ligas x Temperatura de Estufagem e Revestimentos x Temperatura de Estufagem, mostra que são as combinações entre estes elementos que determinam o grau de rugosidade das ligas. Assim:

4.1 a rugosidade superficial das ligas Maxicast, Idealloy e Orcast não é influenciada pelas temperaturas de estufagem, apresentando valores iguais nas 3 temperaturas estudadas;

4.2 os revestimentos Precise e Termocast proporcionam rugosidades iguais nas temperaturas de estufagem de 700°C e 800°C, alterando para um valor maior na temperatura de 900°C.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. 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., PELLIZZER, A. J., FEITOSA, S. A. Surface roughness of high-copper alloys: effect of the mold temperature of phosphate bonded investments. *Rev. Odontol. UNESP*, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 267-276, 1993.

- **ABSTRACT:** *It was determined the surface roughness of five high-copper casting alloys, casted in three phosphate bonded investments, in function of the rise of the mold temperature. The specimens presented a square shape with 2 x 7 x 1 millimeters, and were made by melting the alloys in a centrifugal casting machine with an air/gas torch, and introduced in the investment molds at temperatures of 700°C, 800°C and 900°C. The surface roughness was measured in a surface roughness analyzer Talysurf, and the mean roughness analyzed was registered. As a result, it was verified that the surface roughness varied with the alloys composition. The roughness produced by the investments varied with the brands and there was a progressive increase of the roughness with the rise of the mold temperature of the investments.*
- **KEYWORDS:** *Dental casting technique; copper; dental alloys.*

Referências bibliográficas

1. ALVES-RESENDE, 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*, v. 21, p. 267-74, 1992.

2. ARFAEI, A. H., ASGAR, K. Influence of roughness on fit of dental castings. *J. Dent. Res.*, v. 55, p. 899, 1976. (Abstract 151)
3. BARONE, J. J., HUFF, R. L., DICKSON, G. Surface roughness of gold castings. *Dent Progress*, v. 1, p. 78-84, 1961.
4. BARRETO, M. T. et al. Effect of investment on casting high-fusing alloys. *J. Prosthet. Dent.*, v. 44, p. 504-7, 1980.
5. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., PELLIZZER, A. J. Determinação da rugosidade superficial de ligas com alto conteúdo de cobre para fundição, em função dos tipos de revestimentos e métodos de fusão empregados. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 21, p. 275-82, 1992.
6. BOMBONATTI, P. E. et al. Ação dos revestimentos fosfatados sobre a fluidez das ligas de cobre-alumínio. *Rev. Bras. Odontol.*, v. 53, p. 30-3, 1986.
7. _____. Efeito dos métodos de fusão sobre a rugosidade superficial de ligas de uso odontológico com alto conteúdo de cobre. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 20, p. 267-73, 1991.
8. _____. Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do aquecimento acima da temperatura de fusão. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 14, p. 119-23, 1985.
9. _____. Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do tipo de revestimento empregado. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 15/16, p. 171-6, 1986/87.
10. _____. Influência da refusão sobre a fluidez de ligas de cobre-alumínio. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 17, p. 169-73, 1988.
11. _____. Rugosidade superficial de ligas com alto conteúdo de cobre, em função do aquecimento acima da temperatura de fusão. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 19, p. 203-9, 1990.
12. CHARBENEAU, 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.
13. CRAWFORD, W. H. Selection and use of investments, sprues, casting equipment and gold alloys in making small castings. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 27, p. 1459-70, 1940.
14. CUSTER, F., DESALVO, J. C. The accuracy of casting produced by various investments. *J. Prosthet. Dent.*, v. 19, p. 273-80, 1968.
15. FUSAYAMA, T., YAMANE, M. Surface roughness of castings made by various casting techniques. *J. Prosthet. Dent.*, v. 29, p. 529-35, 1973.
16. 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.
17. MONTEIRO NETTO, J. *Estudo sobre a influência das refusões na fluidez, composição e dureza das ligas de cobre-alumínio e prata-estanho nas fundições de uso odontológico*. Rio de Janeiro, 1987. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro.
18. MOTTA, R. G., MONTEIRO NETTO, J. Ligas de cobre: propriedades mecânicas, composição e microestrutura. In: ENCONTRO DO GRUPO BRASILEIRO DE MATERIAIS DENTÁRIOS, 20, Santa Maria, 1984. Resumo dos Trabalhos Científicos, p. 4-6.
19. OGURA, H., RAPTIS, C. N., ASGAR, K. Inner surface roughness of complete cast crowns made by centrifugal casting machines. *J. Prosthet. Dent.*, v. 45, p. 529-35, 1981.
20. PELLIZZER, A. J., BOMBONATTI, P. E. Rugosidade das ligas do sistema cobre-alumínio em função da refusão. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 21, p. 301-8, 1992.
21. PLESE, A. Contribuição ao estudo da rugosidade e sua influência no ajuste das fundições. *Rev. FOA*, v. 2, p. 123-43, 1966.

22. SCHNELL, R. J., MUMFORD, G., PHILLIPS, R. W. An evaluation of phosphate bonded investments used with a high-fusing gold alloy. *J. Prosthet. Dent.*, v. 13, p. 324-36, 1963.
23. SILVA FILHO, F. P. M. *Ligas do sistema cobre-alumínio: efeito 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. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
24. SIMONETE, E. L. *Dentística restauradora: ligas do sistema cobre-alumínio*. São Paulo, 1975. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
25. SUFFERT, L. W., MAHLER, D. B. Reproducibility of gold castings made by present day dental casting technics. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 50, p. 1-6, 1955.

Recebido em 4.8.1992.