

Efeito do ciclo de polimerização sobre a rugosidade superficial de resina acrílica polimerizada por microondas

Marco Antonio COMPAGNONI^a, Débora Barros BARBOSA^b,

Raphael Freitas de SOUZA^c, Ana Carolina PERO^d

^a*Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia, UNESP
14801-903 Araraquara - SP*

^b*Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia, UNESP
16015-050 Araçatuba - SP*

^c*Professor de Prótese Dental do Centro Universitário de Várzea Grande
78125-270 Várzea Grande - MT*

^d*Pós-graduando em Reabilitação Oral, Nível de Doutorado em Prótese,
Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia, UNESP
14801-903 Araraquara - SP*

Compagnoni MA, Barbosa DB, Souza RF, Pero AC. The effect of polymerization cycle on the surface roughness in microwave-processed denture base resin. Rev Odontol UNESP. 2005; 34(2): 101-6.

Resumo: Os efeitos da polimerização por microondas sobre as propriedades de superfície da resina acrílica não são bem conhecidos. A presente pesquisa avaliou a influência de diferentes ciclos de polimerização por meio da energia de microondas sobre a rugosidade de uma resina acrílica para base protética específica para esse método de polimerização. Os espécimes de resina (n = 50) foram divididos em cinco grupos, de acordo com o ciclo de polimerização: Grupo A (Onda-Cryl, resina polimerizável em microondas, ciclo curto em microondas); Grupo B (Onda-Cryl, ciclo longo em microondas); Grupo C (Onda-Cryl, ciclo recomendado pelo fabricante); Grupo T (Clássico, resina termopolimerizável, ciclo em banho de água quente) e Grupo Q (Jet, resina autopolimerizável, ciclo sob pressão). A média da rugosidade (Ra) foi registrada em cinco locais sobre a superfície de cada espécime por meio de um rugosímetro com precisão de 0,01 µm. A avaliação dos dados foi efetuada pela análise de variância de um fator ($\alpha = 0,05$), complementada pelo teste de Tukey HSD. As médias, em µm, e os desvios padrão para cada grupo foram: A = 0,11 ± 0,02; B = 0,12 ± 0,03; C = 0,14 ± 0,02, T = 0,12 ± 0,02 e Q = 0,14 ± 0,02. Os resultados não indicaram diferença estatisticamente significativa entre os grupos polimerizados por microondas e convencionalmente em banho de água. Além disso, no Grupo C, a rugosidade foi maior que no Grupo A e estatisticamente semelhante à do Grupo Q. Dentro das limitações do presente estudo, concluiu-se que o ciclo de polimerização por meio da energia de microondas interfere na rugosidade da superfície da resina acrílica para base protética avaliada.

Palavras-chave: *Resina acrílica; microondas; propriedades físicas.*

Abstract: The effect of microwave polymerization on the surface properties of denture base resin has not been fully determined. This study investigated the influence of different polymerization cycles in microwave oven on the surface roughness of one brand of microwave-polymerized denture base resin. The resin specimens (n = 50) were divided into five groups, according to polymerization cycles: Group A (Onda-Cryl, microwave-polymerized resin, short microwave cycle); Group B (Onda-Cryl, long microwave cycle); Group C (Onda-Cryl, manufacturing microwave cycle); Group T (Clássico, heat-polymerized resin, water bath) and Group Q (Jet, autopolymerized resin, press chamber cycle). Average surface roughness (RA) was measured at 5 location randomly on the surface of each specimen with a profilometer which has a range of 0.01 µm. Data were analyzed using 1-way ANOVA ($\alpha = 0.05$) and the differences were further studied with Tukey HSD test.

The means and standard deviations of roughness were: A = 0.11 $\mu\text{m} \pm 0.02$; B = 0.12 $\mu\text{m} \pm 0.03$; C = 0.14 $\mu\text{m} \pm 0.02$, T = 0.12 $\mu\text{m} \pm 0.02$ e Q = 0.14 $\mu\text{m} \pm 0.02$. No significant differences in mean roughness were found between the specimens polymerized by microwave and in conventional water bath. Group C showed higher roughness than Group A and similar to Group Q. Within the limitations of this study, the profilometric evaluation showed that the microwave polymerization cycle interfere in the surface roughness of a denture base resin tested.

Keywords: *Acrylic resin; microwave; physical properties.*

Introdução

A busca por um material de base de próteses totais que fornecesse boa estética e durabilidade era uma constante até o advento da resina acrílica em 1936¹⁹. Nos últimos anos, novos materiais para base protética e métodos de processamento têm sido desenvolvidos não apenas para melhorar a qualidade dessas próteses, como também para otimizar as técnicas laboratoriais utilizadas para sua confecção.

A resina acrílica para base protética é convencionalmente polimerizada em banho de água quente. No entanto, pioneiramente, Nishii¹⁵ utilizou a energia de microondas na polimerização desse material com o objetivo de reduzir o tempo de processamento das próteses totais e a porosidade interna na resina acrílica.

A grande economia de tempo observada na polimerização da resina acrílica por microondas ocorre em função do rápido aquecimento promovido pelas inúmeras colisões entre as moléculas do monômero através de um campo eletromagnético de alta frequência (2450 MHz)⁸.

No entanto, o excesso de aquecimento gerado em altas potências no forno de microondas juntamente com a exotermia da reação de polimerização da resina acrílica podem causar porosidade indesejável nesse material^{12,13}. Além disso, o controle da velocidade de polimerização, quando se utiliza a energia de microondas, é dificultado uma vez que o calor é gerado no interior da resina acrílica e independe da temperatura externa à mufla.

Com isso, uma das formas de se controlar a velocidade de polimerização seria reduzir a potência e aumentar o tempo de polimerização no forno de microondas. Pensando dessa forma, Truong, Thomasz¹⁸ e Al Doori et al.¹ recomendaram baixas potências no início da polimerização para prevenir a porosidade na resina acrílica.

Uma relação entre porosidade e rugosidade nas resinas para base protética têm sido relatada na literatura^{7,20}. De acordo com Truong, Thomasz¹⁸, a porosidade em resina acrílica polimerizada pela energia de microondas pode ser reduzida por meio de um controle apropriado da potência exercida durante o início da polimerização.

A presença de poros, além de reduzir as propriedades mecânicas da resina acrílica, segundo Yannikakis et al.²⁰, interfere na higiene da prótese, já que facilita a adesão de substâncias e a deposição de cálculo.

Para Davenport⁷ e Allison, Douglas², a superfície da resina acrílica deve, também, ser considerada, uma vez que superfícies mais lisas retém uma quantidade menor de biofilme, evitando, dessa forma, a proliferação do fungo *Candida albicans*. Davenport⁷ ainda comentou que a prótese pode agir como um reservatório de infecção e que as irregularidades de superfície aumentariam a retenção de microorganismos remanescentes após a higienização protética.

Harrison et al.¹¹ recentemente reforçaram esse pensamento relatando que a rugosidade dos materiais pode interferir na formação de biofilme ou impedir a sua remoção.

A rugosidade também pode ser influenciada pelo tipo de resina acrílica, segundo Zissis et al.²¹ Ao avaliarem vários tipos de resinas acrílicas para base protética, observaram variação entre os valores médios de rugosidade (Ra) entre 3,4 μm e 7,6 μm . Em função disso, relataram que todas as resinas têm potencial para o acúmulo de biofilme, já que o valor limite aceitável de rugosidade superficial seria de 0,2 μm ^{5,16}.

Outros autores^{4,10,14,16,19} avaliaram a influência de soluções desinfetantes e do tipo de polimento sobre a rugosidade superficial da resina acrílica. Braun et al.⁴ encontraram diferença entre o polimento químico e o mecânico realizado em resinas acrílicas termo e autopolimerizáveis. Observaram ainda, ao microscópio eletrônico de varredura, riscos na superfície da resina acrílica autopolimerizável com exposição de pérolas de polímero não dissolvidas pelo monômero.

Sen et al.¹⁷ também compararam a rugosidade em função do tipo de polimento e constataram que, sem nenhum tipo de polimento, as resinas acrílicas avaliadas apresentaram rugosidade superficial inferior às resinas compostas.

Apesar de diversos trabalhos encontrarem resultados comparáveis entre a resina para base protética polimerizada convencionalmente em banho de água e a polimerizada por microondas^{6,8,13}, poucos avaliaram a influência do método de polimerização ou do tipo de resina para base protética sobre a rugosidade superficial desses materiais²¹.

Dessa forma, buscou-se avaliar, no presente estudo, o efeito de diferentes ciclos de polimerização por meio da energia de microondas sobre a rugosidade superficial de uma resina acrílica para base protética após ser submetida ao acabamento. Testou-se a hipótese de que a rugosidade

superficial da resina acrílica seria influenciada pela polimerização por microondas.

Material e método

Cinco grupos (A, B, C, T e Q) com 10 espécimes cada foram avaliados. Nos Grupos A, B e C, a resina acrílica foi polimerizada pela energia de microondas em forno doméstico (Continental AW-30, Bosh Equipamentos, Manaus, AM) e utilizou-se uma resina acrílica específica para esse método de polimerização (Tabela 1). Os Grupos T e Q foram compostos por uma resina termopolimerizável convencional e outra autopolimerizável, polimerizadas, respectivamente, em banho de água quente (Termopolimerizadora Termotron P-100, Termotron Equipamentos, Piracicaba, SP) e sob pressão (Câmara de pressão Termo Press, Promeco Ind Eletro Mecânica Ltda, São Paulo, SP) (Tabela 1).

Confeção dos espécimes de resina acrílica

Utilizou-se uma matriz metálica retangular para obter os 50 espécimes de resina acrílica. Ela foi incluída previamente em silicone para inclusão (Zetalabor, Zhermack S.p.A. Badia Polesine, Rovigo, Itália) e o conjunto, em gesso pedra (Herodent, Vigodent S/A Ind. Com., Rio de Janeiro, RJ) no interior de muflas. Após a presa do gesso, a mufla foi aberta e a matriz metálica foi removida do interior do molde de silicone.

O proporcionamento monômero/polímero das resinas acrílicas seguiu as recomendações do fabricante (9 cm³/3 mL). Ao atingir a fase plástica, as resinas foram condensadas no interior do molde de silicone e prensadas de forma lenta e gradual em duas etapas^{3,6}. Aguardou-se 30 minutos sob a prensa e, em seguida, as resinas foram polimerizadas nos ciclos propostos na Tabela 1.

Após a polimerização, as muflas foram resfriadas sob bancada por um período de uma noite. Em seguida, os espécimes foram desincluídos e foi dado acabamento em

uma politriz (Metaserv 2000, Bühler UK Ltd, Coventry, England) com lixas d'água para acabamento em ordem decrescente de granulação (320, 400, 600 e 1.000), sendo esse procedimento realizado por um único operador. A rotação por minuto e o tempo de acabamento com cada lixa foram, respectivamente, de 250 rpm e 60 segundos.

Em seguida, os espécimes foram mantidos em água destilada a 37 °C, por 30 dias, previamente à análise da rugosidade.

Análise da rugosidade

A média da rugosidade de superfície (Ra) foi registrada sobre a superfície de cada espécime com o auxílio de um rugosímetro (Surftest SJ-401, Mitutoyo Sul Americana Ltda, Santo Amaro, SP) com precisão de 0,01 µm. Foram realizadas cinco leituras por espécime, em locais distintos dentro de uma área predeterminada e semelhante para todos os espécimes. Para cada leitura, a agulha do aparelho percorria 8 mm sempre em uma única direção e o "cutoff" (λ) utilizado foi de 0,8 mm. Depois de registrados os valores de rugosidade nas cinco leituras, tirou-se uma média aritmética para cada espécime.

A rugosidade dos diferentes grupos foi comparada por meio da análise de variância (ANOVA) para um fator de variação (ciclo de polimerização), analisado em cinco níveis (A, B, C, T e Q). Comparações múltiplas *a posteriori* foram planejadas, por meio do teste HSD de Tukey, conforme diferenças significativas eram encontradas entre os grupos. As análises foram realizadas empregando-se um nível de significância de 5%.

Resultado

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de rugosidade, em µm, e os respectivos desvios padrão dos espécimes em resina acrílica polimerizados nos diferentes ciclos. Utilizou-se a ANOVA para um fator (Tabela 3) e

Tabela 1. Ciclos de polimerização e respectivas resinas acrílicas a serem utilizadas

	Ciclo de Polimerização	Resina Acrílica	Fabricante
Ciclo A	3 minutos a 500 W ^{3,6}	Onda-Cryl	Artigos Odontológicos Clássico Ltda - São Paulo - SP
Ciclo B	13 minutos a 90 W (mufla vertical) + 90 segundos a 500 W (mufla horizontal) ^{3,6}	Onda-Cryl	Artigos Odontológicos Clássico Ltda - São Paulo - SP
Ciclo C	3 minutos a 320 W + 4 minutos 0 W + 3 minutos a 720 W*	Onda-Cryl	Artigos Odontológicos Clássico Ltda - São Paulo - SP
Ciclo T	9 horas à 74°C ^{3,6}	Clássico	Artigos Odontológicos Clássico Ltda - São Paulo - SP
Ciclo Q	2 bar por 15 minutos a 45°C ⁹	Jet	Artigos Odontológicos Clássico Ltda - São Paulo - SP

*Ciclo proposto pelo fabricante da resina acrílica Onda-Cryl

o teste HSD de Tukey para avaliar o efeito dos ciclos de polimerização sobre a rugosidade de superfície da resina acrílica (Tabela 4).

Os resultados indicaram que o Grupo A possibilitou uma superfície menos rugosa. Os Grupos B e T foram semelhantes aos demais, o que indica que esses apresentaram resultados intermediários. Por fim, os Grupos C e Q resultaram em superfícies mais rugosas, apesar de diferenças significativas serem observadas apenas em relação ao Grupo A.

Tabela 2. Dados originais, média dos valores de rugosidade (μm) e desvio padrão para cada ciclo de polimerização

Espécime	Grupo				
	A	B	C	T	Q
1	0,11	0,14	0,14	0,11	0,10
2	0,14	0,10	0,16	0,10	0,11
3	0,13	0,14	0,12	0,12	0,11
4	0,12	0,14	0,14	0,11	0,15
5	0,11	0,12	0,11	0,13	0,16
6	0,10	0,06	0,11	0,14	0,15
7	0,10	0,13	0,17	0,10	0,15
8	0,10	0,10	0,15	0,14	0,16
9	0,09	0,13	0,13	0,13	0,14
10	0,09	0,15	0,15	0,14	0,16
Média	0,11	0,12	0,14	0,12	0,14
Desvio padrão	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02

Tabela 3. Análise de variância

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	P
Entre grupos	0,006733	4	0,001683	3,58	0,013*
Resíduo	0,021160	45	0,000470		
Total	0,027893	49			

* $P < 0,05$.

Tabela 4. Teste HSD de Tukey

Ciclo de polimerização	Agrupamentos
A	A
B	A B
T	A B
C	B
Q	B
$P =$	0,648 0,332

Valor crítico de Tukey = 0,0269

Discussão

A rugosidade na superfície da resina acrílica para base protética tem sido relacionada ao processo inflamatório que pode ocorrer na mucosa subjacente à base de próteses totais. Ainda, Davenport⁷ concluiu que uma superfície lisa e sem porosidade dificultaria a aderência de placa. Esse autor também ressaltou a importância de se higienizar adequadamente a prótese nas superfícies com irregularidades, onde as cerdas da escova não podem penetrar.

Pesquisas têm relatado um valor limite de rugosidade na superfície dos materiais de $0,2 \mu\text{m}$, a partir do qual ocorreria acúmulo de placa^{5,16}. Na presente pesquisa, os valores de rugosidade obtidos após o acabamento e o polimento dos espécimes não atingiram esse valor limite citado. No entanto, os maiores valores de rugosidade foram encontrados para a resina acrílica Onda-Cryl polimerizada no Ciclo C e para a resina Jet (Ciclo Q).

Uma das explicações para o fato de se ter observado maiores valores de rugosidade para a resina autopolimerizável seria a possível exposição das pérolas de polímero em sua superfície, como chamaram a atenção Braun et al.⁴ Observaram, com o auxílio de microscopia eletrônica de varredura, que as pérolas do polímero surgiram após o polimento mecânico de uma resina autopolimerizável. Já em uma resina termopolimerizável, Ellis, Faraj¹⁰ constataram que essas pérolas desapareceram após a realização do acabamento e do polimento.

Além disso, o aumento da rugosidade na resina acrílica tem sido relacionado à presença de porosidade superficial^{7,20}. Os espécimes polimerizados no Ciclo C apresentaram valores de rugosidade estatisticamente superiores aos do Grupo A, ambos polimerizados em microondas. No entanto, todos os espécimes polimerizados em microondas apresentaram rugosidade similar à dos polimerizados convencionalmente (Ciclo T) (Tabela 4).

Na polimerização por meio da energia de microondas, quanto maior a potência, maior a possibilidade de se observar poros na resina acrílica^{12,13}. A alta potência utilizada no Ciclo C (720 W) pode ter promovido evaporação do monômero da resina Onda-Cryl, causando porosidade superficial e conseqüente aumento nos valores da rugosidade (Tabela 2)¹⁸.

Contrariamente, Zissis et al.²¹ não observaram diferença significativa na rugosidade de duas resinas acrílicas polimerizadas em microondas nos ciclos de 750 W por 7 minutos e 500 W por 3 minutos. Talvez isso possa ter ocorrido em função de os autores terem comparado resinas diferentes, polimerizadas, cada uma, no ciclo recomendado pelo fabricante. Nesse trabalho, entretanto, independentemente do ciclo de polimerização, as resinas polimerizadas por microondas apresentaram, em média, o dobro ($7,2 \mu\text{m}$) da rugosidade das resinas polimerizadas em banho de água quente ($3,6 \mu\text{m}$).

Esses valores bastante superiores aos encontrados na presente pesquisa devem-se ao fato de Zissis et al.²¹ não terem realizado o acabamento e o polimento dos espécimes.

Já Ma et al.¹⁴ observaram rugosidade entre 0,02 µm a 0,16 µm para resinas termopolimerizáveis convencionais. Nesse trabalho, os autores não realizaram o polimento, mas o processamento dos espécimes foi realizado contra lâminas de vidro.

Outros autores¹⁷ também mostraram valores inferiores de rugosidade aos encontrados na presente pesquisa e essas diferenças poderiam também ser justificadas pelo tipo de equipamento utilizado para a leitura da superfície dos espécimes.

Considerando que a rugosidade da superfície da resina acrílica favorece o acúmulo de biofilme^{7,11}, um valor máximo aceitável de rugosidade deveria ser considerado ao se selecionar o material, a técnica de processamento e o tipo de polimento. De acordo com os resultados do presente estudo, nenhum tipo de resina ou ciclo de polimerização produziu rugosidade acima do limite (0,2 µm) a partir do qual ocorreria a retenção de biofilme e de outros resíduos oriundos da alimentação.

Conclusão

De acordo com as condições e dentro das limitações da presente pesquisa, concluiu-se que:

1. não houve diferença estatisticamente significante entre a rugosidade superficial da resina acrílica polimerizada nos diferentes ciclos por meio da energia de microondas (A, B e C) e o ciclo em banho de água quente (T);
2. os ciclos de polimerização por meio da energia de microondas podem interferir na rugosidade superficial da resina acrílica avaliada (Onda-Cryl), uma vez que o Ciclo C promoveu rugosidade superior à do Ciclo A;
3. a resina autopolimerizável Jet e a resina Onda-Cryl polimerizada no Ciclo C apresentaram os maiores valores de rugosidade superficial; e
4. independentemente do método de polimerização, os valores de rugosidade das resinas acrílicas após o acabamento foram inferiores a 0,2 µm, que é o valor considerado limite para o acúmulo de biofilme.

Agradecimento

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. Ao Sr. João Monti Junior, Auxiliar de Laboratório da Disciplina de Prótese Total da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

Referências

1. Al Doori D, Huggett R, Bates JF. A comparison of denture base resins polymerized by microwave irradiation

- and by conventional water bath curing systems. *Dent Mater.* 1988; 4: 25-32.
2. Allison RJ, Douglas WH. Microcolonization of the denture-fitting surface by *Candida albicans*. *J Dent.* 1973; 1: 198-201.
3. Barbosa DB, Souza RF, Lucas MG, Leles CR, Compagnoni MA. Resistência à flexão de resina acrílica polimerizada pela energia de microondas. *Cienc Odontol Bras.* 2003; 6: 72-9.
4. Braun KO, Mello JAN, Rached RN, Del Bel Cury AA. Surface texture and some properties of acrylic resins submitted to chemical polishing. *J Oral Rehabil.* 2003; 30: 91-8.
5. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater.* 1997; 13: 258-69.
6. Compagnoni MA, Barbosa DB, Souza RF, Pero AC. The effect of polymerization cycles on porosity of microwave-processed denture base resin. *J Prosthet Dent.* 2004; 91: 281-5.
7. Davenport JC. The denture surface. *Br Dent J.* 1972; 133: 101-5.
8. De Clerck JP. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. *J Prosthet Dent.* 1987; 57: 650-8.
9. Del Bel Cury AA, Rached RN, Ganzarolli SM. Microwave-cured acrylic resins and silicone-gypsum moulding technique. *J Oral Rehabil.* 2001; 28: 433-8.
10. Ellis B, Faraj SA. The structure topography of acrylic denture base materials. *J Dent.* 1980; 8: 102-8.
11. Harrison Z, Johnson A, Douglas CW. An in vitro study into the effect of a limited range of denture cleaners on surface roughness and removal of *Candida albicans* from conventional heat-cured acrylic resin denture base material. *J Oral Rehabil.* 2004; 31: 460-7.
12. Ilbay SG, Güvener S, Alkumru HN. Processing dentures using a microwave technique. *J Oral Rehabil.* 1994; 21: 103-9.
13. Kimura H, Teraoka F, Ohnishi H, Saito T, Yato M. Applications of microwave for dental technique (Part 1) – Dough-forming and curing of acrylic resins. *J Osaka Univ Dent Sch.* 1983; 23: 43-9.
14. Ma T, Johnson GH, Gordon GE. Effects of chemical disinfectants on the surface characteristics and color of denture resins. *J Prosthet Dent.* 1997; 77: 197-204.
15. Nishii M. Curing of denture base resins with microwave irradiation: with particular reference to heat-curing resins. *J Osaka Dent Univ.* 1968; 2: 23-40.
16. Quirynen M, Bollen CM. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. A review of the literature. *J Clin Periodontol.* 1995; 22: 1-14.

17. Sen D, Goller G, Issever H. The effect of two polishing pastes on the surface roughness of bis-acryl composite and methacrylate-based resins. *J Prosthet Dent.* 2002; 88: 527-32.
18. Truong VT, Thomasz FG. Comparison of denture acrylic resins cured by boiling water and microwave energy. *Aust Dent J.* 1988; 33: 201-4.
19. Woelfel JB. Processing complete dentures. *Dent Clin North Am.* 1977; 21: 329-38.
20. Yannikakis S, Zissis A, Polyzois G, Andreopoulos A. Evaluation of porosity in microwave-processed acrylic resin using a photographic method. *J Prosthet Dent.* 2002; 87: 613-9.
21. Zissis AJ, Polyzois GL, Yannikakis SA, Harrison A. Roughness of denture materials: a comparative study. *Int J Prosthodont.* 2000; 13: 136-40.