

Resistência à flexão de resina acrílica polimerizada pela energia de microondas

Transverse strength of denture base resin cured by microwave energy

Débora Barros BARBOSA

Raphael Freitas de SOUZA

Doutorandos - Reabilitação Oral - FOAR/ UNESP – Araraquara - SP

Matheus Guilherme LUCAS

Cirurgião-dentista

Cláudio Rodrigues LELES

Professor Assistente Doutor - Departamento de Prevenção e Reabilitação Oral - Faculdade de Odontologia - UFG - Goiânia-GO

Marco Antonio COMPAGNONI

Professor Titular - Materiais Odontológicos e Prótese - FOAR/ UNESP - Araraquara - SP

RESUMO

Fraturas em bases de resina acrílica representam um problema nas reabilitações com próteses totais. Várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas buscando-se melhorar a resistência das resinas acrílicas, utilizando, para isso, novos métodos de processamento. O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de dois ciclos de polimerização por microondas sobre a resistência à flexão de um tipo de resina acrílica. Para isso, três grupos foram avaliados (A, B e C), utilizando-se para todos eles a resina acrílica termopolimerizável convencional Clássico. Em dois grupos polimerizou-se a resina acrílica em forno de microondas (Continental AW-30) nos seguintes ciclos: Grupo A) 3 minutos a 500W e Grupo B) pré-polimerização com a mufla posicionada verticalmente por 13 minutos a 90W e polimerização final por 90 segundos a 500W com a mufla na horizontal. O Grupo C foi polimerizado em banho de água quente por 9 horas a 74°C e utilizado como controle nessa pesquisa. Os corpos-de-prova (n= 9 por grupo) foram submetidos ao ensaio de flexão de três pontos na máquina para ensaios mecânicos MTS-810. As médias de resistência flexural (MPa) para os grupos A, B e C foram 101,27 ($\pm 12,31$), 90,66 ($\pm 7,56$) e 85,06 ($\pm 17,50$), respectivamente. A análise de variância mostrou diferença significativa entre os grupos avaliados, sendo esta evidenciada entre os grupos A e C através do teste de Tuckey ($p < 0,05$). Concluiu-se, dessa forma, que a resina acrílica termopolimerizável convencional Clássico pôde ser polimerizada pela energia de microondas, sem prejuízo à propriedade mecânica avaliada.

UNITERMOS

Materiais dentários; polímeros; propriedades físicas.

INTRODUÇÃO

A polimerização da resina acrílica (*polimetil metacrilato*) para base de próteses totais pela energia de microondas vem sendo utilizada por diversos autores, tendo como principais vantagens a grande redução do tempo de polimerização deste material, a limpeza durante o processamento das próteses e propriedades semelhantes as da resina polimerizada convencionalmente em banho de água. Esse método de polimerização foi primeiramente descrito por Nishii ¹¹ (1968), onde observou

que as propriedades físicas da resina acrílica polimerizada através das microondas foram semelhantes às da resina polimerizada em banho de água.

Pesquisando esse método de polimerização da resina acrílica, Kimura et al.⁹(1993), utilizaram diferentes tempos e potências no forno de microondas e constataram uma grande redução no tempo para a polimerização deste material. Além disso, observaram que a adaptação da base de próteses totais foi superior à de próteses polimerizadas em banho de água, quando utilizou-se um ciclo de 500W por 3 minutos.

Barbosa et al.³(2002), também verificaram a influência de diferentes ciclos de polimerização através da energia de microondas na alteração da dimensão vertical de oclusão em próteses totais e não encontraram diferença significativa em relação a um ciclo longo convencional em banho de água.

Reitz et al.¹² avaliaram e compararam, entre outras propriedades, a resistência à flexão de resinas acrílicas polimerizadas em microondas por 2 minutos e meio a 400W e polimerizadas em banho de água por 8 horas a 74°C. Observaram que os valores de resistência à flexão para os dois métodos de polimerização foram semelhantes.

Ao utilizar o ciclo de 90W por 13 minutos no forno de microondas, Hayden⁶(1996) observou que a polimerização da resina acrílica foi incompleta. No entanto, ao utilizar o ciclo de 4 minutos a 700W a resina acrílica apresentou resultados de resistência à flexão semelhantes a resina polimerizada convencionalmente em banho de água por um período curto e longo de tempo, absorvendo, porém, uma quantidade menor de energia antes de ocorrer a fratura.

Smith et al.¹⁴(1992), compararam algumas propriedades mecânicas de resina acrílicas polimerizadas em diferentes ciclos em forno de microondas. No geral, as resinas polimerizadas por esse método apresentaram-se mais duras e menos flexíveis que as resinas termopolimerizáveis convencionais, porém com menor resistência ao impacto.

A energia de microondas foi utilizada por Alkhatib et al.¹(1990) para a polimerização de dois tipos de resina acrílica específicas para este método de polimerização e uma resina termopolimerizável convencional. Esses autores variaram os ciclos em forno de microondas e avaliaram a resistência à flexão, a dureza e a porosidade e não observaram diferença quanto a resistência à flexão das resinas acrílicas polimerizadas pela energia de microondas e através do método convencional em banho de água quente.

Ilbay et al.⁷(1994) polimerizaram resinas acrílicas termopolimerizáveis convencionais em diferentes ciclos pela energia de microondas e avaliaram a dureza, a resistência à flexão, a sorção de água e a solubilidade. Utilizaram vários ciclos de polimerização, combinando tempos e potências diferentes. Observaram que as resinas acrílicas

polimerizadas a 550W por 3 minutos produziram os melhores resultados quanto às propriedades avaliadas e, segundo os autores, a resina termopolimerizável convencional pôde também ser utilizada para polimerização em microondas sem prejuízo às suas propriedades.

Gettleman et al.⁵(1977) chamaram a atenção quanto aos cuidados com o ciclo de polimerização das resinas acrílicas em forno de microondas, devido a possível polimerização incompleta ou, ainda, à degradação do polímero. De Clerck⁴ também relatou a importância de se ajustar adequadamente a potência e tempo no forno de microondas, pois um sobreaquecimento do monômero causaria porosidade na resina acrílica e conseqüentes prejuízos às propriedades físicas e mecânicas deste material.

Diante disso, propôs-se avaliar nesse trabalho a influência de dois ciclos de polimerização através da energia de microondas sobre a resistência à flexão de um tipo de resina acrílica termopolimerizável convencional.

MATERIAL E MÉTODO

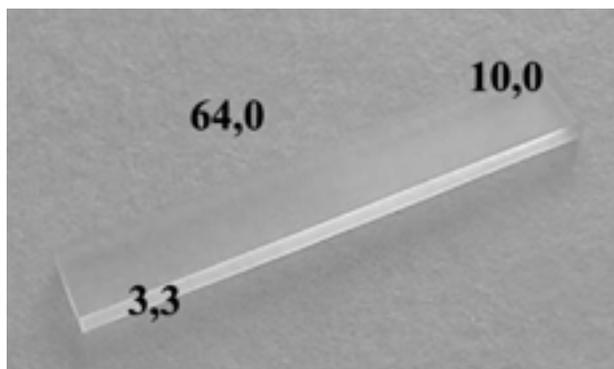
Três grupos (A, B e C) foram divididos de acordo com o ciclo de polimerização, sendo que para todos eles utilizou-se um único tipo de resina acrílica termopolimerizável convencional (Clássico, Artigos Odontológicos Clássico Ltda). Os grupos A e B foram polimerizados no forno de microondas Continental, modelo AW-30 com prato giratório (Bosh Eletrodomésticos). Já o Grupo C foi utilizado como controle e a resina acrílica Clássico foi polimerizada em banho de água quente em uma polimerizada automática (Termotron P-100, Termotron Equipamentos). Os grupos e respectivos ciclos de polimerização e resina acrílica utilizados nessa pesquisa encontram-se no Quadro 1.

Obtenção dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova (n= 09 por grupo) foram obtidos por meio de um padrão metálico com medidas superiores àquelas recomendadas pela International Organization for Standardization (ISO-FDIS 1567-1998)⁸ para o ensaio de flexão para possibilitar o desgaste adequado até atingir-se as dimensões desejadas, como mostra a Figura 1.

Quadro 1 - Grupos e respectivos ciclos de polimerização e resina acrílica utilizados

Grupos	Ciclo de Polimerização	Resina Acrílica
A	Microondas: 3 minutos a 500W ⁹	Termopolimerizável convencional: Clássico
B	Microondas: 13 minutos a 90W (mufla na vertical) + 90 segundos a 500W (mufla na horizontal) ¹⁵	Termopolimerizável convencional: Clássico
C	Banho de água : 9 horas a 74°C ¹⁷	Termopolimerizável convencional: Clássico

**FIGURA 1** – Corpo-de-prova em resina acrílica com as dimensões em milímetros.

O padrão metálico foi incluído individualmente em mufla específica para cada método de polimerização. Para facilitar a remoção do padrão metálico após a inclusão, a princípio, o mesmo foi incluído em silicona pesada (Zetalabor, Zermack, S.p.A., Labordental Ltda, São Paulo, SP) no interior de uma matriz de madeira. Essa matriz de madeira foi levada sob a prensa a uma carga de 0,5 tonelada de pressão, onde permaneceu até a polimerização final da silicona. Esse procedimento permitiu uma correta moldagem do padrão metálico, facilitando a padronização dos corpos-de-prova em resina acrílica.

O conjunto silicona e padrão metálico foi, então, incluído em gesso pedra espatulado mecanicamente na proporção água / pó de 30 mL/100g (Figura 2).

Após a presa do gesso, a mufla foi aberta e o padrão metálico foi removido para que a resina acrílica fosse acomodada no interior do molde em silicona. Utilizou-se a proporção em volume pó/líquido de 21 ml / 7ml, seguindo-se as recomendações do fabricante da resina acrílica termopolimerizável convencional Clássico.

A prensagem foi realizada de forma lenta e gradual até atingir-se 1,25 toneladas (ton) de pressão

para a mufla metálica e 1,0 ton para a mufla plástica de microondas, aguardando-se, a partir daí, um período de 30 minutos sob a prensa. Em seguida, os corpos-de-prova foram polimerizados individualmente nos ciclos estabelecidos (Tabela 1), dois através da energia de microondas (Grupos A e B) e um convencional em banho de água quente, utilizado como controle (Grupo C).

Os corpos-de-prova foram desincluídos após o resfriamento da mufla por um período mínimo de 5 horas sob bancada. A partir daí realizou-se o acabamento de cada corpo-de-prova na politriz (Metaserv 200, Böehler) com lixas d'água de diferentes granulções (240, 400 e 600), utilizando-se para esse procedimento duas matrizes metálicas para o desgaste adequado em espessura, largura e comprimento do corpo-de-prova em resina acrílica (Figura 3).

Análise da Resistência à Flexão

Cada corpo-de-prova foi submetido ao ensaio de flexão em três pontos na máquina para ensaios mecânicos Material Test System, MTS-810 (MTS System Corporation, Minnesota, USA), com uma velocidade constante de 5mm/min, até ocorrer a fratura do corpo-de-prova (Figura 4).

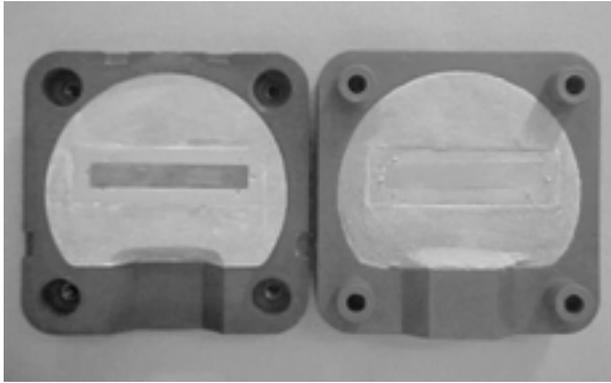


FIGURA 2 - Padrão metálico incluído em silicona e gesso no interior da mufla.

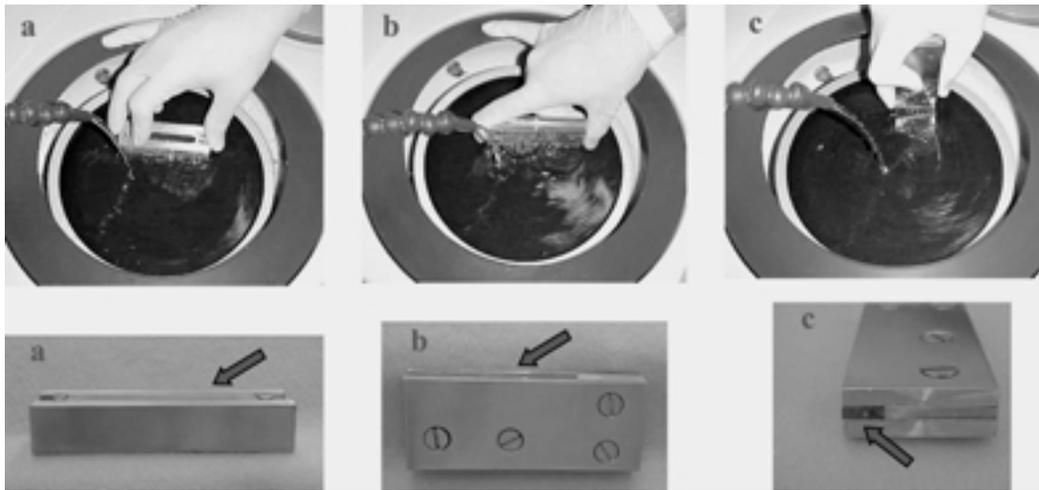


FIGURA 3 – Desgaste do corpo-de-prova em resina acrílica através de matrizes metálicas na poltriz: a) - desgaste em espessura; b) – desgaste em largura; e c) – desgaste em comprimento.



FIGURA 4 - Ensaio de flexão sendo realizado na máquina para ensaios mecânicos MTS-810 a uma velocidade de 5mm/min.

RESULTADOS

Todos os corpos-de-prova romperam-se após a realização do ensaio de flexão. Os valores máximo e mínimo de resistência à flexão, em MPa, para cada grupo avaliado, as respectivas médias e desvio padrão encontram-se na Tabela 1.

O padrão de distribuição dos valores de resistência à flexão para cada condição experimental encontra-se ilustrado na Figura 5 (gráfico do tipo *Box-plot*).

Obteve-se através da Análise de Variância o valor de $p < 0,05$ ($p = 0,002$), verificando-se diferença estatisticamente significativa entre os grupos

avaliados (A, B e C). Assim, posteriormente, foi realizada a comparação entre os grupos por meio do Teste de Tuckey para evidenciação dessas diferenças (Tabela 2).

De acordo com os resultados observados na Tabela 2, verifica-se que os grupos A e B comportaram-se semelhantemente quando comparados entre si. No entanto, houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de resistência à flexão dos grupos A e C, que significa que os dois ciclos de polimerização utilizados nestes dois grupos não produziram efeitos semelhantes sobre a resistência à flexão da resina acrílica termopolimerizável.

Tabela 1 - Valores mínimo e máximo de resistência à flexão para cada grupo avaliado (A, B e C), em MPa e as respectivas médias e desvio padrão

	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C
Valor mínimo	80,82	72,28	61,85
Valor máximo	111,99	99,16	101,50
Média	101,27	89,00	80,88
Desvio padrão	± 12,32	± 8,93	± 11,25

Tabela 2 - Teste de Tukey

Comparação	Diferença	Significância
GRUPO A x GRUPO B	11,2733	0,094 ^{ns}
x GRUPO C	20,3889	0,002 [*]
GRUPO B x GRUPO C	9,1156	0,201 ^{ns}

^{ns} diferença não significativa

^{*} diferença significativa ($\alpha = 0,05$)

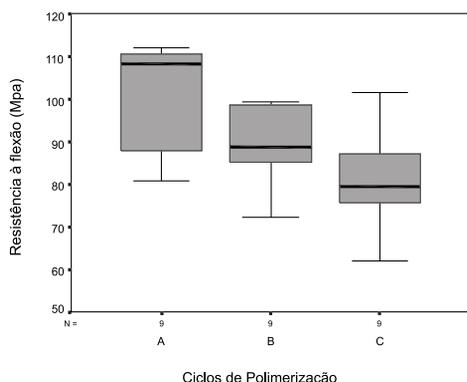


FIGURA 5 - Padrão da distribuição dos valores de resistência à flexão, de acordo com o ciclo de polimerização empregado.

DISCUSSÃO

Desde o seu surgimento, há mais de sessenta anos, a resina acrílica continua sendo o material mais utilizado na confecção de bases de próteses totais. Ela tem sido o material de escolha por apresentar propriedades físicas e mecânicas adequadas e características de trabalho também favoráveis. Vários tipos de resina acrílica e técnicas de processamento surgiram ao longo desses anos, visando-se melhorar suas propriedades e otimizar a confecção de próteses totais.

Nishii¹¹, em 1968, utilizou pela primeira vez a energia de microondas para a polimerização de resina acrílica e buscava a redução no tempo de polimerização e da porosidade interna na resina acrílica. Alguns anos depois, outros estudos^{1,4,6,7,9} foram desenvolvidos comparando-se as propriedades físicas e mecânicas da resina acrílica polimerizada convencionalmente em banho de água quente e em forno de microondas. Levin et al.¹⁰(1989) não encontraram diferença significativa em relação a porosidade, dureza e resistência à flexão de resinas acrílicas polimerizadas convencionalmente e pela energia de microondas.

No presente trabalho, avaliou-se a resistência à flexão de um tipo de resina acrílica termopolimerizável convencional (Clássico) polimerizada pela energia de microondas. No forno de microondas utilizou-se um ciclo curto de 3 minutos a 500W (Grupo A) e um ciclo longo de 13 minutos a 90W e polimerização final por mais 90 segundos a 500W (Grupo B). Essa mesma resina acrílica foi polimerizada convencionalmente em banho de água quente (Grupo C) e os valores de resistência à flexão desse grupo foram estatisticamente semelhantes ao Grupo B e diferentes do Grupo A.

A literatura relata que ao se utilizar potências elevadas no forno de microondas, o risco do monômero entrar em ebulição e causar porosidade na resina acrílica é muito alto^{2,4,10,12,18}. Em potências mais baixas e em tempos mais prolongados, segundo esses mesmos autores, o aquecimento do monômero seria adequado, permitindo o início do processo de polimerização da resina e uma reação adequada entre o polímero e o monômero. Com esse pensamento, Levin et al.¹⁰(1989), ressaltaram a importância de se utilizar tempo e potência adequados no forno de microondas e material específico para esse método de polimerização para se evitar prejuízos às propriedades da resina acrílica.

A resina acrílica específica para polimerização por microondas surgiu no final da década de 80 com o objetivo de se reduzir as características indesejáveis que a resina acrílica termopolimerizável convencional apresentava ao ser polimerizada através desse método^{2,4,10}. Apesar de Truong & Thomasz¹⁶(1989) ter encontrado semelhança entre os componentes desse último tipo de resina com a resina acrílica termopolimerizável convencional, Bafile et al.²(1991) acreditam que o monômero da resina para a polimerização por microondas contenha dimetacrilatos que permitiriam o processamento da resina acrílica em temperaturas mais elevadas, reduzindo, dessa forma, a porosidade interna e melhorando a resistência desse material.

Ilbay et al.⁷(1994) ao compararem algumas propriedades, entre elas a resistência à flexão, de resinas acrílicas termopolimerizáveis convencionais polimerizadas em diferentes ciclos no forno de microondas concluíram que esse tipo de resina pode ser polimerizado através desse método sem prejuízos às propriedades avaliadas. O mesmo ocorreu com a resina acrílica utilizada no presente estudo (Clássico), onde se observou que a resistência à flexão não foi influenciada negativamente pela polimerização por meio da energia de microondas. Shlosberg et al.¹³(1989) ao compararem a polimerização da resina acrílica Lucitone em forno de microondas, utilizando o ciclo do Grupo B do presente trabalho, e em banho de água quente (ciclo longo), também não encontraram diferença significativa em relação a resistência à flexão, apesar de encontrarem valores médios um pouco inferiores aos obtidos nesse estudo (79,03 MPa e 77,68 Mpa, respectivamente, para cada método de polimerização avaliado). Esse fato também pôde ser confirmado por Reitz et al.¹²(1985) ao utilizarem esses dois métodos de polimerização, ou seja, pela energia de microondas (5 minutos a 400W) e em banho de água (8 horas a 74°C).

Alkhatib et al.¹(1990) utilizaram um tipo de resina termopolimerizável convencional e duas marcas comerciais de resina acrílica específica para polimerização pela energia de microondas e verificaram a porosidade, a dureza e a resistência à flexão. Utilizaram um ciclo longo (15 min e 26 seg a 75,9W seguido de 59 seg a 513W) e dois curtos (4 min e 52 seg a 513W e 2 min e 55 seg a 513W) no forno de microondas. A resina termopolimerizável foi polimerizada convencionalmente em banho de água quente por 8 horas a 73°C e no ciclo longo no

forno de microondas. Em relação a resistência à flexão, não foi evidenciada diferença estatisticamente significativa entre todos os grupos avaliados. No entanto, os autores relataram que, possivelmente, quanto maior a espessura, menor seria a resistência à flexão da resina acrílica polimerizada pela energia de microondas, devido a maior quantidade de poros encontrada em espessuras acima de 3mm.

De acordo com o presente trabalho, a resistência à flexão da resina acrílica termopolimerizável convencional Clássico não foi prejudicada quando se utilizou a energia de microondas para polimerização. Para os autores, a possibilidade de se utilizar uma resina acrílica termopolimerizável não específica para microondas daria maior acessibilidade a esse tipo de trabalho, pois ainda hoje as resinas específicas para microondas são mais onerosas dentro de nosso mercado. No entanto, Alkhatib et al.¹(1990) lembraram que as propriedades da resina acrílica seriam menos prejudicadas ao se utilizar resina acrílica específica para polimerização em forno de microondas, já que em seu trabalho encontraram porosidade severa em resina termopolimerizável convencional com espessuras acima de 3mm. Dessa forma, acredita-se na necessidade de se associar ao presente trabalho outras pesquisas para se ter maior segurança ao indicar resina ter-

mopolimerizável convencional para a polimerização através da energia de microondas, já que esse método de polimerização fornece vantagem significativa quanto a economia de tempo.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos na presente pesquisa, concluiu-se que:

- a) os dois ciclos de polimerização em microondas produziram efeito semelhante sobre a resistência à flexão da resina acrílica Clássico;
- b) o Grupo A gerou espécimes com resistência à flexão significativamente diferente do grupo controle (Grupo C), apresentando valor médio superior a este último grupo;
- c) a resina acrílica termopolimerizável Clássico pôde ser polimerizada pela energia de microondas sem prejuízo à propriedade mecânica avaliada.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo suporte financeiro dado ao trabalho (Bolsa PIBIC).

ABSTRACT

Fracture strength of denture base resins of great concern in complete denture rehabilitation. Many approaches have been used to strengthen acrylic resin dentures and new processing methods have been investigated. The aim of this study was to evaluate the effect of two microwave curing cycles on the transverse strength of a acrylic resin. Three groups were evaluated (A, B and C) and one type of conventional heat-cured acrylic resin was used for all specimens (Clássico). Two groups were cured in microwave oven (Continental AW-30): Group A) 3 minutes at 500W and Group B) Pre-polymerization for 13 minutes at 90W (flask on vertical position) and final polymerization for 1.5 minute at 500W (flask on horizontal position). Group C consisted of specimens cured in hot water bath for 9 hours at 74°C and was control group. A three point loading test was used to determine the transverse strength of test specimens (n= 9 per group) using a mechanical testing machine (MTS-810). The means of flexural strength (Mpa) of groups A, B and C were 101.27 (± 12.31), 90.66 (± 7.56) and 85.06 (± 17.50) respectively. One-way analysis of variance demonstrated significant differences between the groups, and the Tuckey's test showed significant differences ($p < 0.05$) between groups A and C. It was concluded the Clássico conventional heat-cured acrylic resin could be polymerized by microwave energy without damage to mechanical property evaluated.

UNITERMS

Dental materials; polymers; physical properties.

REFERÊNCIAS

1. Alkhatib MB, Goodacre CJ, Swartz ML, Munoz-Viveros CA, Andres CJ. Comparison of microwave polymerized denture base resins. *Int J Prosthodont*, v.3, n.3, p.249-55, 1990.
2. Bafile M. et al. Porosity of denture resin cured by microwave energy. *J Prosthet Dent*, v.66, n.2, p.269-74, 1991.
3. Barbosa D.B, Compagnoni MA, Leles CR. Changes in occlusal vertical dimension in microwave processing of complete dentures. *Braz Dent J*, v.13, n.3, p.197-200, 2002.
4. De Clerck JP. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. *J Prosthet Dent*, v.57, n.5, p.650-8, 1987.
5. Gettleman L, Nathanson D, Myerson RL. Effect of rapid curing procedures on polymer implant materials. *J Prosthet Dent*, v.37, n.1, p.74-82, 1977.
6. Hayden WJ. Flexural strength of microwave-cured denture baseplates. *Gen Dent*, v. 34, n.5, p.367-71, 1986.
7. Ilbay SG, Güvener S, Alkumru HN. Processing dentures using a microwave technique. *J Oral Rehabil*, v.21, n.1, p.103-9, 1994.
8. International Organization for Standardization. Dentistry – Denture base polymers. Geneva: ISO/FDIS 1567, 1998 (E).
9. Kimura H, Teraoka F, Ohniishi 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*, v.23, p.43-9, 1983.
10. Levin B, Sanders JL, Reitz PV. The use of microwave energy for processing acrylic resins. *J Prosthet Dent*, v.61, n.3, p.381-3, 1989.
11. Nishii M. Curing of denture base resins with microwave irradiation: with particular reference to heat-curing resins. *J Osaka Dent Univ*, v.2, n.1, p.23-40, 1968.
12. Reitz V, Sanders JL, Levin B. The curing of denture acrylic resins by microwave energy. Physical properties. *Quintessence Int*, v.16, n.8, p.547-51, 1985.
13. Shlosberg SR, Goodacre CJ, Munoz CA, Moore BK, Scnell RJ. Microwave energy polymerization of poly(methyl methacrylate) denture base resin. *Int J Prosthodont*, v.2, n.5, p.453-8, 1989.
14. Smith LT, Powers JM, Ladd D. Mechanical properties of new denture resins polymerized by visible light, heat, and microwave energy. *Int J Prosthodont*, v.5, n.4, p.315-20, 1992.
15. Takamata T, Setcos JC, Phillips RW, Boone ME. Adaptation of acrylic resin dentures as influenced by the activation mode of polymerization. *J Am Dent Assoc*, v.119, n.2, p.271-6, 1989.
16. Truong VT, Thomasz FGV. Comparison of denture acrylic resins cured by boiling water and microwave energy. *Aust Dent J*, v.33, n.3, p.201-204, 1988.
17. Woelfel JB. Processing complete dentures. *Dent Clin North Am*, v.21, n.2, p.329-38, 1977.
18. Yannikakis S, Zissis A, Polyzois G, Andreopoulos A. Evaluation of porosity in microwave-processed acrylic resin using a photographic method. *J Prosthet Dent*, v.87, n. 6, p.613-9, 2002.

Recebido em: 20/12/02

Aprovado em: 10/03/03

Marco Antonio Compagnoni
Professor Titular - Departamento de
Materiais Odontológicos e Prótese
FOAR/ UNESP–
CEP: 14801-903 - Araraquara-SP
e-mail: compagno@foar.unesp.br