

Pedro Hiaggo de Paula Rocha

***Avaliação da rugosidade superficial de
resinas acrílicas polimerizadas por energia de
micro-ondas. Influência da incorporação de
nanopartículas modificadas e da desinfecção***

**Araçatuba – SP
2015**

Pedro Hiaggo de Paula Rocha

Avaliação da rugosidade superficial de resinas acrílicas polimerizadas por energia de micro-ondas. Influência da incorporação de nanopartículas modificadas e da desinfecção

Trabalho de Conclusão de Curso como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP

Orientadora: Prof^a.Adj.Maria Cristina Rosifini Alves-Rezende

**Araçatuba – SP
2015**

Dedicatória

Dedicatória

A Deus... o que seria de mim sem a fé que eu tenho nele?

Aos meus pais e toda a minha família, que com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Aos meus amigos, os verdadeiros, que sempre estiveram ao meu lado e que a maioria estão nessa sala dando apoio.

Agradecimentos

Agradecimentos

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades;

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração;

A minha orientadora Prof^a Adjunto Maria Cristina Rosífini Alves Resende, pela oportunidade e apoio durante todo o trabalho, correções e incentivo;

Aos meus pais e amigos por todo incentivo e suporte;

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, em especial a uma pessoa que não pode estar aqui hoje mas que sem ela eu não estaria aqui, meu MUITO obrigado.

TCC, tese de conclusão de curso, conclusão, palavra forte, que expressa FIM, término...a vida é composta de fases, uma delas é essa que tem o começo do fim aqui hoje!

O TCC, nada mais é que a passagem, o fim, a conclusão do curso, como o nome já diz, e geralmente todo término traz consigo alguma perda, ou algo doloroso...esse não está sendo diferente deixo aqui amigos, amigos os quais são irmãos, e que a maioria, se não todos...estão nessa sala! e agradeço pela presença, vai ser complicado daqui 6 meses acordar e não ver o rosto de cada um, desejando bom dia, ou mesmo que de mau humor matinal, mas a vida é assim, vivemos uma eterna mudança e isso é bom, como já dizia Raul, "eu prefiro ser, essa metamorfose ambulante, do que ter aquela velha opinião formada sobre tudo"...e eu vivo uma eterna metamorfose, uma eterna mudança, como tem que ser...hoje me sinto muito mais maduro, muito melhor do que ontem, mas ainda sim as perdas no caminho doem, e são fortes...recentemente vivi uma das piores situações da minha vida, e alguns aqui sabem bem e me ajudaram muito durante esses meses difíceis, e agradeço MUITO por isso, hoje apesar de tamanha felicidade de estar cercado por pessoas que amo, realizando meu TCC, com orientadores e professores que amo, ainda sim sinto um vazio enorme, um buraco que dificilmente vai ser preenchido, a pessoa que eu mais gostaria que estivesse aqui hoje, não está, e não por culpa dela...essa acho que foi a maior "perda" nesses 5 anos de faculdade, talvez essa metamorfose que eu tenha que passar esteja sendo a mais difícil nesses meus 22 anos, mas irão vir tantas outras, então temos que passar ainda sim por elas!

Não quero que esse TCC seja simples, apresentar um trabalho e receber uma nota e tudo terminar em comida kkkk...gostaria de passar uma mensagem a todos, e um sincero agradecimento!

A mensagem é vivam a vida, ame mais, curta mais, sorria mais...complique menos, reclame menos, seja menos mau humorado, a vida é UMA, nossas escolhas e decisões tem de ser tomadas UMA vez, seja isso bom ou ruim, temos apenas uma vida, sem chance pra erros, sem coadjuvantes, só atores principais e um papel principal, num lindo teatro que é a vida!...

HOJE muito obrigado a todos aqui por me fazerem protagonista e muito obrigado por participarem da minha peça final, não sei se irá ser um "gran finale" mas com certeza tenho a melhor e mais querida platéia,

MUITO OBRIGADO, e em especial, um muitíssimo obrigado a você, que não está aqui mas é a pessoa que me fez virar homem, que me fez ver e entender como a vida era bem mais simples do que complicada e que a sinceridade e cumplicidade são as melhores qualidades a se ter, se não fosse por você e por vocês, hj não estaria aqui! muito obrigado a todos! valeu!

Pedro Hiaggo de Paula Rocha

Resumo

Rocha PHP, Alves Rezende MCR. Avaliação da rugosidade superficial de resinas acrílicas polimerizadas por energia de micro-ondas. Influência da incorporação de nanopartículas modificadas e da desinfecção. (Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação). Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2015, 37p.

RESUMO

As resinas acrílicas começaram a ser utilizadas em Odontologia a partir 1937 como material substitutivo à borracha vulcanizada na confecção de bases de próteses totais. Trinta anos depois do início de seu uso, um novo método de polimerização foi proposto para as resinas termopolimerizáveis, utilizando, ao invés do aquecimento em banho de água, onde a difusão do calor se faz vagarosamente do exterior para o centro da mufla, a energia de microondas, reduzindo o tempo de polimerização de horas para alguns minutos, facilitando o processamento. Apesar de suas qualidades, assim como a resina acrílica termoativada convencional, a resina para ativação em micro-ondas apresenta resistência mecânica questionável. Uma estratégia para melhorar as propriedades das resinas acrílicas é o uso da nanotecnologia. Esta abordagem tem atraído grande interesse tanto acadêmico como industrial, devido ao notável incremento de propriedades mecânicas. Neste contexto, as nanopartículas possuem o potencial para modificar significativamente as propriedades de uma matriz polimérica. Esse potencial depende fortemente da natureza física de cada tipo de partícula. Modificações dessas nanopartículas podem melhorar seu desempenho sobre as propriedades mecânicas e superficiais da resina acrílica tais como a rugosidade, dureza, interações eletrostáticas e tensão superficial. Pacientes submetidos a procedimento protéticos estão expostos a microorganismos patogênicos podendo ocorrer desenvolvimento de doenças e infecção cruzada entre pacientes e equipe odontológica. A desinfecção diária dos aparelhos protéticos não deve promover alteração das propriedades físicas e mecânicas das resinas acrílicas. Com base nessas considerações o propósito deste trabalho foi avaliar a influência da incorporação de nanopartículas modificadas sobre a rugosidade superficial de resina acrílica polimerizada por energia de micro-ondas Vipi-Wave®.

Descritores: Resinas Acrílicas; Propriedades de Superfície; Polimerização; Micro-Ondas.

Abstract

Rocha PHP, Alves Rezende MCR. Evaluation of surface roughness of acrylic resins processed by microwave energy. Influence of the incorporation of modified nanoparticles and disinfection. (Academic Paper). Araçatuba: Faculty of Dentistry – São Paulo State University; 2015. 37p.

ABSTRACT

Acrylic resins began to be used in dentistry from 1937 as replacement materials for vulcanized rubber in the manufacture of complete denture. Thirty years after the start of its use a new polymerization method has been proposed for the polymerization: energy of microwave, reducing the polymerization time of a few minutes to hours, thus facilitating processing. A strategy to improve the properties of acrylic resins is the use of nanotechnology. This approach has attracted great interest both academic and industrial, due to the remarkable increase in mechanical properties. In this context, the nanoparticles have the potential to significantly modify the properties of a polymer matrix. This potential depends strongly on the physical nature of each particle type. Patients undergoing prosthetic procedure are exposed to pathogenic microorganisms may occur development of diseases and cross infection between patients and dental staff. Daily disinfection of prosthetic devices should not promote change in the physical and mechanical properties of acrylic resins. Based on these considerations the purpose of this study was to evaluate the influence of the incorporation of nanoparticles on the surface roughness of acrylic resin polymerized by microwave Vipi-Wave®.

Descriptors: Acrylic Resins; Surface Properties; Polymerization; Microwaves.

Lista de Tabelas

Lista de Tabelas

Tabela 1. Grupos Experimentais	26
Tabela 2 . Médias para Ra e Rz	28

Lista de Figuras

Lista de Figuras

Figura 1. Confeção dos discos de silicona	26
Figura 2. Discos de silicone posicionados na mufla	26
Figura 3. Espécimes polimerizados em resina acrílica	26
Figura 4. Espécime posicionado para leitura no rugosímetro	26

Lista de Gráficos

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Kruskal-Wallis (Ra)	28
Gráfico 1. Kruskal-Wallis (Rz)	28

Sumário

Sumário

Introdução	21
Material e Método	24
Resultados	27
Discussão	30
Conclusão	33
Referências	35

Introdução

Introdução

As resinas acrílicas são materiais bastante versáteis em razão de sua biocompatibilidade, ausência de sabor e odor, propriedades térmicas satisfatórias, estabilidade dimensional, boa capacidade de polimento, aparência agradável e simplicidade técnica. Introduzidas na Odontologia a partir dos anos 30 do século passado como material substitutivo à borracha vulcanizada na confecção de bases de próteses totais. Embora apresentem características estéticas e funcionais adequadas não podem ser consideradas materiais totalmente ideais¹⁻⁴.

Ao longo dos anos, as resinas acrílicas tornaram-se mais fáceis tecnicamente de se trabalhar, tiveram suas propriedades físicas e mecânicas melhoradas e ainda compatibilizaram-se biologicamente¹⁻⁹.

Em 1968, Nishii¹⁰ propôs um novo método de polimerização para as resinas termopolimerizáveis, substituindo o aquecimento em banho de água, onde a difusão do calor se faz vagarosamente do exterior para o centro da mufla, por energia de micro-ondas. Esta nova proposta de aquecimento reduzia o tempo de polimerização de 2 horas e 30 minutos para apenas 9 minutos, facilitando o processamento do material. Os trabalhos iniciais de Nishii¹⁰ sinalizaram a necessidade de aperfeiçoamento da técnica e do material usado para polimerização e gerou uma série de estudos posteriores.

As propriedades de superfície da resina acrílica tais como a rugosidade, dureza, interações eletrostáticas e tensão superficial são de grande importância clínica já que podem provocar aderência de biofilme. Superfícies com rugosidade maior que 0,2µm potencializam o acúmulo bacteriano causando odor desagradável, inflamação e alterações na mucosa adjacente⁶.

A utilização sistemática de agentes desinfetantes é essencial para a higiene e controle da adesão do biofilme em superfícies da resina acrílica⁸. O uso de tabletes de perborato de sódio está entre os métodos mais difundidos na Odontologia para desinfecção destes aparelhos em razão de sua facilidade de aplicação⁹. Tanto o método como o agente desinfetante selecionado para higienização dos aparelhos à base de resina acrílica, não devem promover alteração das propriedades físicas e mecânicas do material.

Melhorar as propriedades das resinas acrílicas tem merecido vários estudos na Odontologia, inclusive com o uso da nanotecnologia. Esta abordagem tem atraído grande interesse tanto acadêmico como industrial, devido ao notável incremento de propriedades mecânicas. Neste contexto, as nanopartículas possuem o potencial para modificar significativamente as propriedades de uma matriz polimérica. Esse potencial depende fortemente da natureza física de cada tipo de partícula.

Assim, o propósito deste trabalho foi avaliar a influência da incorporação de nanopartículas modificadas e da desinfecção sobre a rugosidade superficial de resinas acrílicas polimerizadas por energia de micro-ondas Vipi-Wave®.

Material e Método

Material e Método

A partir de uma matriz de policloreto de vinil (PVC) de dimensões 15mm x 15mm (raio x altura) foram confeccionados 20 discos (Figura 1) de silicona laboratorial polimerizada por condensação (Zetalabor, Zhermack, Itália) os quais foram incluídos em muflas para polimerização em micro-ondas, em gesso pedra tipo IV (Durone®, Dentsply Ind. Com, Brasil) espatulado manualmente de acordo com a relação água/pó recomendada pelo fabricante e vazado no interior de mufla para micro-ondas. Na sequência aguardou-se 30 minutos para a presa do gesso, obtendo-se, dessa forma, o molde para a confecção dos corpos-de-prova de resina acrílica com as mesmas dimensões dos discos de silicona por condensação. Após a presa do gesso as muflas foram abertas, os discos de silicona removidos e os moldes obtidos receberam fina camada de isolante para resina acrílica (Cel-Lac®, SS White, Brasil).

Os moldes foram preenchidos com resina acrílica polimerizada por energia de micro-ondas (Vipi-Wave®, Vipi, Brasil) da seguinte forma:

Muflas 1 e 2 – Resina Não-Reforçada

Muflas 3 e 4 – Resina Reforçada

Como reforço foi utilizada nanopartícula experimental modificada (Laboratório de Física, Faculdade de Ciências de Bauru, Unesp) na concentração de 0.06% em massa.

Para os procedimento de prensagem e polimerização a resina acrílica foi manipulada em pote de vidro com tampa e, após atingir a fase plástica foi acomodada na mufla nos espaços deixados pelos discos de silicona, com ligeiro excesso para escoamento uniforme durante o processo de prensagem.

Na sequência, a mufla foi fechada e posicionada em prensa hidráulica para que a prensagem ocorresse de forma lenta e gradual, até se estabelecer pressão de 1000 KgF por 1 hora. A mufla foi então transferida para o interior do forno de micro-ondas (Panasonic, Brasil) onde ocorreu a polimerização seguindo o ciclo recomendado pelo fabricante.

Após a polimerização os corpos-de-prova foram desincluídos após o resfriamento da mufla e submetidos ao acabamento com ponta especial (maxicut) e polimento em lixadeira sob refrigeração com água (Struers DPU-10®, Panambra, São Paulo, SP, Brasil) com lixas (Norton®, Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, SP, Brasil) de diferentes granulações (200, 500, 600, 800 e 1200). Concluída o acabamento/polimento os espécimes foram submetidos à limpeza sônica em água destilada por 2 minutos.

Na sequência foram imersos em água destilada e mantidos em estufa a 37 ± 0.1 °C por 24 horas, quando foram então agrupados de acordo com a Tabela 1 e submetidos à desinfecção ou não de acordo com os grupos a que pertenciam. Para a desinfecção foi utilizado perborato de sódio na forma de tabletes efervescentes (Corega Tabs®, GlaxoSmithKline, Brasil) obedecendo-se ao protocolo de desinfecção de recomendado pelo fabricante.

Tabela 1 – Grupos Esxperimentais

	Condição	Desinfecção	N (número de espécimes)
Grupo AI	Vipi-Wave®	Água	5
Grupo AII	Vipi-Wave®	Perborato de Sódio	5
Grupo BI	Vipi-Wave® + nPs	Água	5
Grupo BII	Vipi-Wave® + nPs	Perborato de Sódio	5

Assim, os espécimes dos Grupos AII e BII foram imersos diariamente por 5 minutos em 250 ml de água destilada em temperatura de 40 ± 1 °C contendo uma pastilha efervescente. Os procedimentos de desinfecção foram realizados por 30 dias. Em igual período (30 dias) os espécimes dos Grupos AI e BI sofreram imersão por 5 minutos em 250 ml de água destilada a 40 ± 1 °C. Durante todo o período do experimento os espécimes foram mantidos em estufa calibrada para 37 ± 0.1 °C.

A rugosidade superficial foi avaliada com auxílio de rugosímetro (Mitutoyo, modelo SJ-401), com velocidade de 0,1 mm/s e comprimento de leitura de 4.00 mm e Cut Off de 0.8mm. Foram realizadas 3 medições em cada amostra no tempo Zero (após 24 horas iniciais de estocagem em estufa) e 30 dias, sendo considerado o valor de rugosidade final a média aritmética dos mesmos em micrometros (μm).



Figura 1. Confecção dos discos de silicone



Figura 2. Discos de silicone posicionados na mufla



Figura 3. Espécimes polimerizados em resina acrílica



Figura 4. Espécime posicionado para leitura no rugosímetro

Resultados

Resultados

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1 e Gráficos 1 e 2.

Tabela 2 . Médias para Ra e Rz

Grupo	Ra (média)		Rz (média)	
	24 horas	30 dias	24 horas	30 dias
AI (1 e 2)	1.301	1.303	6.7188	6.7121
AII (3 e 4)	1.301	1.286	6.7188	6.7122
BI (5 e 6)	0.28	0.250	1.1240	1.1242
BII (7 e 8)	0.28	0.248	1.1240	1.1238

Gráfico 1 . Kruskal-Wallis para Ra

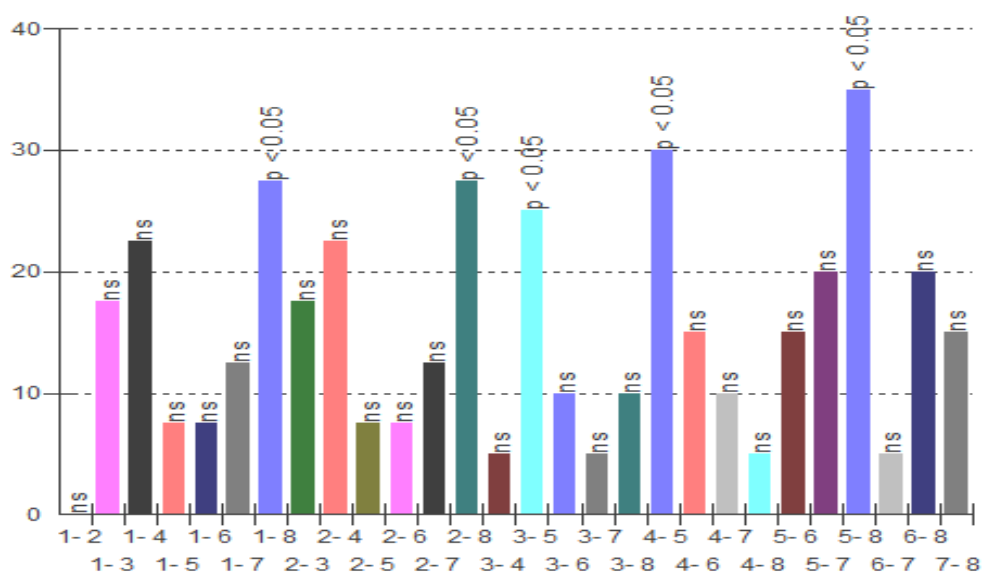
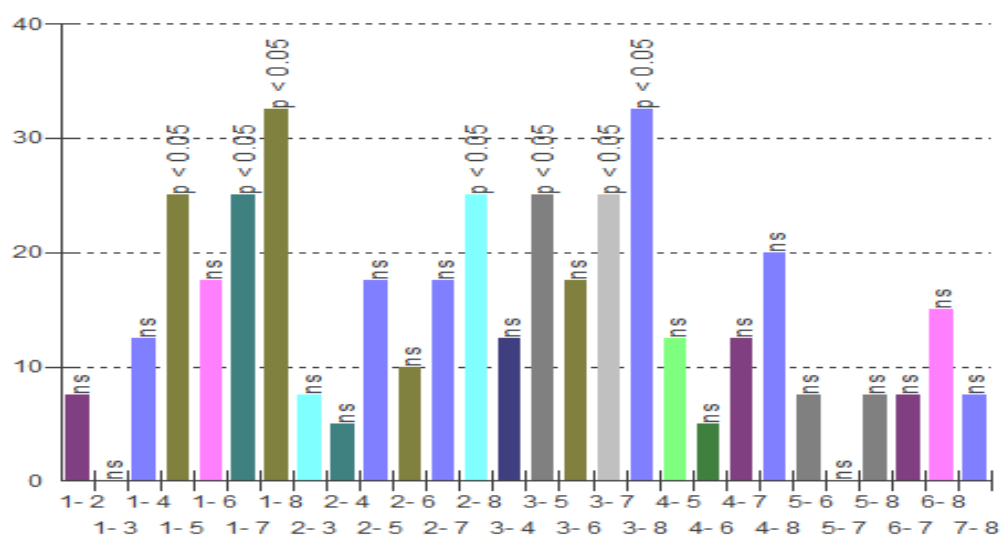


Gráfico 2 . Kruskal-Wallis para Rz



Os dados de rugosidade foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis e revelaram que, quando analisada a rugosidade superficial Ra e comparados os Grupos A e B, no tempo zero, isto é, antes de qualquer protocolo de desinfecção, a resina não-reforçada (Grupo A) mostrou valores de rugosidade estatisticamente superiores à resina reforçada (Grupo B) pois $p < 0.05$ para 3-5. A resina reforçada e desinfetada por 30 dias em Corega®Tabs mostrou valores de rugosidade superficial menores e estatisticamente diferentes daqueles encontrados na resina não reforçada (Grupo A) no tempo zero ou após não-desinfecção por 30 dias, $p < 0.05$ para 1-8 e 2-8. Quando avaliada a resina não-reforçada (Grupo A) e desinfetada por 30 dias seus valores de rugosidade foram estatisticamente superiores aos valores encontrados para a resina reforçada (Grupo B) no tempo zero, pois , $p < 0.05$ para 4-5. Também foram encontradas diferenças significativas entre a resina reforçada no tempo zero e após 30 dias de desinfecção em Corega®Tabs, com menores valores para esta condição pois $p < 0.05$ para 5-8 (Gráfico 1).

Quando analisada Rz observou-se alterações estatísticas entre a resina não-reforçada (Grupo A) no tempo zero e a resina reforçada (Grupo B) no tempo zero ($p < 0.05$ para 1-5, 1-7, 3-5 e 3-7). A resina não-reforçada no tempo zero também mostrou maiores valores de rugosidade estatisticamente significativos quando comparados à resina reforçada (Grupo B) e desinfetada por 30 dias, pois $p < 0.05$ para 1-8 e 3-8. Quando se comparou a resina não-reforçada (Grupo A) e não-desinfetada por 30 dias com a resina reforçada (Grupo B) e desinfetada por 30 dias os melhores resultados ficaram para o Grupo B pois $p < 0.05$ para 2-8, com valores estatisticamente menores e significativos.

Discussão

Discussão

O método convencional de polimerização da resina acrílica por aquecimento em água difere da polimerização por aquecimento em micro-ondas porque neste o aquecimento ocorre simultaneamente em todos os pontos da massa de resina, enquanto o aquecimento no método de indução de temperatura necessita de bons condutores para se propagar¹¹.

Em seus estudos Lai et al.¹² destacam que a maior vantagem do processamento por energia de micro-ondas sobre a técnica do banho de água quente reside no fato de que tanto o interior como o exterior da massa de resina acrílica são igualmente aquecidos, sendo que a temperatura eleva-se rapidamente

Também Ilbay et al.¹³ destacam que a energia de micro-ondas leva a uma grande vibração e em maior frequência das moléculas da resina acrílica, gerando atrito e, portanto, calor. Este por sua vez, ativa a reação de polimerização da mesma forma que o banho de água convencional, porém com velocidade muito superior.

Reitz et al.¹⁴ investigaram a porosidade de resinas acrílicas polimerizadas por micro-ondas e observaram que, em corpos de prova (CP) de pouca espessura, não havia diferença significativa entre ativação térmica convencional e ativação por micro-ondas. No entanto, se a espessura aumentava ocorria 70% de porosidade no centro do espécime ativado por micro-ondas. Com o intuito de verificar o efeito da potência e da duração do ciclo no forno de micro-ondas os autores observaram que a redução de 400 para 90W e aumento do ciclo de 5 para 13 minutos diminua a porosidade para 30%.

No presente trabalho, quando comparados os resultados obtidos dentro de um mesmo grupo (resina não-reforçada e resina reforçada) houve diferenças estatisticamente significativas para a rugosidade superficial no tempo zero, isto é, antes de qualquer aplicação de protocolo de desinfecção, com os menores valores de rugosidade superficial para resina reforçada (Grupo B). Quando submetida à desinfecção por perborato de sódio por 30 dias, a resina reforçada (Grupo B) mostrou melhores resultados que a resina não-reforçada (Grupo A) e não-desinfetada no mesmo período. Os valores médios de rugosidade superficial após desinfecção em perborato de sódio por 30 dias não mostraram diferença estatística quando comparados os Grupos A e B, demonstrando que a desinfecção não provocou lixiviação que levasse à alterações importantes de superfície. É importante observar no entanto que a resina reforçada após a desinfecção apresentou superfície mais lisa, estatisticamente diferente da superfície inicial ao protocolo, o que nos leva a inferir que

a desinfecção não trouxe prejuízos à superfície; pelo contrário, melhorou esta condição.

Quando analisamos os dados para Rz, medida de rugosidade que indiretamente nos mostra a presença de sulcos e vales na superfície do material, observamos que a resina não reforçada (Grupo A) no tempo zero apresentou valores significativamente maiores que a resina reforçada (Grupo B) no tempo zero e após 30 dias de tratamento em água ou desinfetante, caracterizando uma superfície de maior porosidade. A resina não-reforçada e tratada 30 dias com água também mostrou valores significativamente maiores de Rz que a resina reforçada e desinfetada por 30 dias.

Vale lembrar que por definição Rz é a soma dos valores absolutos das ordenadas dos pontos de maior afastamento, acima e abaixo da linha média, existentes no comprimento de amostragem (cut off) enquanto Ra pode ser definida como a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (y_i), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição¹⁵.

Assim, os resultados obtidos no presente trabalho apontam positivamente para o reforço da resina polimerizada por micro-ondas e sua desinfecção sem comprometimento dos valores de rugosidade superficial exigidos para que o dispositivos bucais confeccionados a partir do material não facilitem a deposição de biofilmes bacterianos.

Conclusão

Conclusão

Com base nos resultados obtidos e na metodologia empregada para a realização deste trabalho podemos concluir que:

- a incorporação de nanopartículas modificadas e a desinfecção permitiram diminuição da rugosidade superficial de resinas acrílicas polimerizadas por energia de micro-ondas.

Referências

Referências

1. Al Doori D. A comparison of denture base acrylic resins polymerized by microwave irradiation and by conventional water bath curing system. *Dent Mater.* 1988; 4(1): 25-32.
2. Del Bel Cury AA, Rodrigues Junior AL, Panzeri H. Resinas acrílicas dentais polimerizadas por energia de micro-ondas, método convencional de banho de água e quimicamente ativada: Propriedades físicas. *Rev. Odontol. Univ. São Paulo*, 1994;8(4): 243-9.
3. Del Bel Cury AA, Rached RN, Ganzarolli SM. Microwave-cured acrylic resins and silicone gypsum moulding technique. *J Oral Rehabil.* 2001; 28(4): 433-8.
4. De Clerck JP. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. *J Prosthet Dent.* 1987; 57(5): 650-8.
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(4):258-69.
6. Tarbet WJ, Axelrod S, Minkoff S, Fratarcangelo PA. Denture cleansing: a comparison of two methods. *J Prosthet Dent.* 1984;51(3):322-5.
7. De Souza RF, De Freitas Oliveira Paranhos H, Lovato da Silva CH, Abu-Naba'a L, Fedorowicz Z, Gurgan CA. Interventions for cleaning dentures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009(4):cd007395.
8. Barbeau J, Seguin J, Goulet JP, de Koninck L, Avon SL, Lalonde B, et al. reassessing the presence of candida albicans in denture-related stomatitis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;95(1):51-9.
9. Kuhar M, funduk N. Effects of polishing techniques on the surface roughness of acrylic denture base resins. *J Prosthet Dent.* 2005;93(1):76-85.
10. Nishii M. Studies on the curing of denture base resins with microwave irradiation: with particular reference to heat-curing resins. *J Osaka Dent Univ Sch.* 1968; 2(1): 23-40.
11. 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.
12. Lai CP, Tsai MH, Chen M, Chang HS, Tay HH. Morphology and properties of denture acrylic resins cured by microwave energy and conventional water bath. *Dent Mater.* 2004; 20(2):133-41.

13. Ilbay SG, Guvener S, Alkumru HN. Processing dentures using a microwave technique. J Oral Rehabil. 21(2):103-9.
14. Reitz PV, Sanders JL, Levin B. The curing of denture acrylic resins by microwave energy. Physical properties. Quintessence Int 1985;16:547-51.
15. Anusavice KJ. Phillips - Materiais Dentários. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 1998 412p.