

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE POLIMENTO NA
TOPOGRAFIA SUPERFICIAL DE DIFERENTES RESINAS
COMPOSTAS**

Aracaju
Janeiro/2016

AYLA MACYELLE DE OLIVEIRA CORREIA

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE POLIMENTO NA
TOPOGRAFIA SUPERFICIAL DE DIFERENTES RESINAS
COMPOSTAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia, da Universidade Federal de Sergipe, para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Augusto Melo de Mendonça

Aracaju
2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA BISAU
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

C824 Correia, Ayla Macyelle de Oliveira

Avaliação da influência do sistema de polimento na topografia superficial de diferentes resinas compostas / Ayla Macyelle de Oliveira Correia; orientador Adriano Augusto Melo de Mendonça. – Aracaju, 2016.
47 f.

Dissertação (mestrado em Odontologia) – Universidade Federal de Sergipe, 2016.

1. Odontologia. 2. Materiais dentários. 3. Resinas compostas. 4. Polimento dentário. 5. Microscopia de força atômica. I. Mendonça, Adriano Augusto Melo de, orient. II. Título.

CDU 616.314

RESUMO

Diversos protocolos de polimento têm sido avaliados quanto ao seu efeito sobre a rugosidade superficial de materiais restauradores. No entanto, o efeito dos sistemas de polimento pode variar a rugosidade superficial de acordo com o compósito utilizado. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de dois diferentes sistemas de polimento (Diamond Pro, FGM; Jiffy® Polishers, Ultradent Products) na rugosidade superficial de três resinas compostas: nanoparticulada (Filtek™ Z350 XT, 3M/ESPE), nanohíbrida (IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent Ltda) e microhíbrida (Vit-I-escence®, Ultradent Products). Cinquenta e quatro amostras foram confeccionadas em uma matriz metálica (10 mm x 2 mm) e polimerizadas contra uma tira de poliéster. Em seguida, as amostras foram identificadas e distribuídas aleatoriamente em seis grupos (n=9) de acordo com a resina composta e o sistema de polimento a ser utilizado. Para cada amostra, a rugosidade superficial foi mensurada em E0 (*baseline* - tira de poliéster), E1 (pontas diamantadas), E2DP (Diamond Pro) ou E2JP (Jiffy® Polishers) por meio de um rugosímetro Mitutoyo SJ-410. Os dados encontrados foram coletados e analisados em software IBM SPSS Statistics, versão 21. Para caracterização da superfície, uma amostra de cada grupo foi analisada em microscópio de força atômica (MFA), modelo Agilent 5500. Segundo o teste T Pareado ($p < 0,05$), não houve diferença significativa entre os valores de rugosidade obtidos em E0 e E2DP para as resinas compostas nanoparticulada ($p = 0,463$) e nanohíbrida ($p = 0,423$). Contudo, para a resina composta microhíbrida, a utilização de ambos os sistemas de polimento provocaram superfícies significativamente mais rugosas do que em E0. As observações de MFA confirmaram que a rugosidade da superfície está relacionada com a morfologia da partícula. Concluiu-se que a rugosidade da superfície foi afetada pelo tipo de compósito e sistema de polimento.

Palavras-chave: Materiais dentários; Resinas compostas; Polimento dentário; Microscopia de força atômica.

ABSTRACT

Several polishing protocols have been assessed for their effect on the surface roughness of restorative materials. However, the effect of polishing systems on surface roughness depend on the composite used. The aim of this study was to evaluate the influence of two different polishing systems (Diamond Pro, FGM - DP; Jiffy® Polishers, Ultradent Products - JP) combined to three composites: nanoparticle (Filtek™ Z350 XT, 3M / ESPE), nanohybrid (IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent Ltd.) and microhybrid (Vit-l-escence®, Ultradent Products). Fifty-four pecimenss were prepared in a metallic matrix (10 mm x 2 mm) and polymerized under a polyester strip. The specimens were identified and randomly distributed into six groups (n = 9) in accordance to the polishing system. Surface roughness was measured at baseline E0 (polyester strip), E1 (diamond burs), E2D (Diamond Pro) and E2J (Jiffy® polishers) by a profilometer. Data were collected and analyzed. To qualitatively analyze the surface, one specimen from each group was analyzed by atomic force microscopy (AFM). According to the Paired t-test ($p < 0.05$), there was no significant difference between the roughness values obtained in E0 and E2D for nanoparticle composites ($p = 0.463$) and nanohybrid ($p = 0.423$). However, for microhybrid composite, using both polishing systems led to significantly rougher surfaces than E0. The AFM showed that surface roughness is related to particle morphology. It was concluded that the surface roughness is dependent on composite and polishing system.

Keywords: Dental materials; Composite resins; Dental polishing; Microscopy, Atomic Force.

SUMÁRIO

1. Introdução	7
2. Proposição	10
3. Metodologia	11
3.1 Delineamento experimental	11
3.2 Preparação das amostras dos materiais resinosos	12
3.3 Análise da rugosidade superficial inicial	15
3.4 Tratamento de superfície	16
3.5 Avaliação qualitativa da superfície por MFA	18
3.6 Análise Estatística	19
4. Resultados	20
5. Considerações finais	38
6. Comunicado de imprensa	39
Referências	40
Anexo 1	44

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e aprimoramento dos materiais odontológicos associados ao crescente interesse pela odontologia estética aumentaram significativamente o uso das resinas compostas (Scheibe *et al.*, 2009; Ereifej *et al.*, 2012). Os primeiros compósitos eram constituídos por partículas de carga com tamanho maiores e rígidas, as quais atribuíam às restaurações uma elevada rugosidade superficial após o polimento (Rodrigues-Junior *et al.*, 2015). A evolução das resinas compostas por meio da adição de carga à matriz resinosa (Ferracane, 2011) e o refinamento e trituração das partículas (Rodrigues-Junior *et al.*, 2015), pôde proporcionar ao material excelentes propriedades físico-mecânicas, tais como lisura superficial adequada (Ferracane, 2011), e aumento da resistência à tensão e ao desgaste (Berger *et al.*, 2011), os quais são fundamentais para a longevidade das restaurações confeccionadas com este material (Berger *et al.*, 2011; Ferracane, 2011).

As resinas compostas são geralmente classificadas de acordo com o tamanho, conteúdo e tipo de partículas de carga, tais como quartzo, zircônia e dióxido de silício (Berger *et al.*, 2011). As partículas de carga que apresentam tamanho maior do que um micrão são referidas como macropartículas. Por outro lado, partículas menores que um micrão são denominadas de micropartículas. A nova classificação dos compósitos restauradores incluem os nanoparticulados, híbridos, microhíbridos ou nanohíbridos (Costa *et al.*, 2007; Jung *et al.*, 2007; Endo *et al.*, 2010; Ferracane, 2011). Ressalte-se que diferenças nos tamanhos e tipos de partículas de carga podem influenciar a qualidade da superfície do compósito.

A qualidade de superfície é um dos fatores mais importantes que determinam a estética e longevidade das restaurações em resina composta (Endo *et al.*, 2010; Lainovic *et al.*, 2013; Say *et al.*, 2014; Rodrigues-Junior *et al.*, 2015). O brilho natural, abrasividade e desgaste cinético (Shimane *et al.*, 2010), propriedades mecânicas melhoradas (Gordan *et al.*, 2003), percepção tátil e conforto do paciente (Jones *et al.*, 2004) são altamente associados com as propriedades de superfície. Além disso, margens e superfícies lisas são capazes de reduzir o manchamento superficial (Ergücü & Türkün, 2007; Scheibe *et al.*, 2009), cáries recorrentes, irritação gengival, adesão e maturação do biofilme (Ono *et al.*, 2007; McConnell *et al.*, 2010). De fato, valores de rugosidade acima de 0,2 μm auxiliam no acúmulo de bactérias (Bollen *et al.*, 1997; Heintze *et al.*, 2006; Kakaboura *et al.*, 2007), sendo uma superfície com rugosidade de 0,3 μm detectável pelo paciente com a ponta da língua (Jones *et al.*, 2004).

A rugosidade superficial dos materiais odontológicos pode ser avaliada por meio de métodos qualitativos, como a microscopia óptica, eletrônica de varredura e de força atômica (Ergücü & Türkün, 2007; Ozel *et al.*, 2008; Janus *et al.*, 2010) ou por métodos quantitativos, como a perfilometria por contato e óptica (Scheibe *et al.*, 2009; Janus *et al.*, 2010). Perfilômetros têm sido utilizados para medir a rugosidade superficial *in vitro* (Ergücü & Türkün, 2007; Kakaboura *et al.*, 2007). Estes aparelhos fornecem informações bidimensionais limitadas e um valor de rugosidade média. No entanto, a estrutura complexa de uma superfície não pode ser totalmente caracterizada utilizando apenas os valores de rugosidade obtidos por meio de perfilometria (Erdemir *et al.*, 2012).

Recentemente, a microscopia de força atômica (MFA) vem sendo largamente utilizada na odontologia para estudar as características de diferentes materiais (Kakaboura *et al.*, 2007; Janus *et al.*, 2010). Esse equipamento fornece imagens topográficas tridimensionais de forma detalhada da rugosidade superficial dos materiais, com uma resolução de dimensão nanométrica (< 30 nm), superior a perfilometria (20-50 μm). Além disso, para a MFA uma área de superfície menor (20 μm x 20 μm) é investigada quando comparada à perfilometria (1000 μm x 1000 μm) (Kakaboura *et al.*, 2007). Por isto, a MFA é um método representativo de ordem local e complementar a perfilometria com objetivo de caracterizar a natureza de uma superfície (Heintze *et al.*, 2006; Kakaboura *et al.*, 2007).

Vários autores sugeriram que uma superfície mais lisa é obtida quando a resina composta é polimerizada contra uma tira poliéster sem acabamento ou polimento subsequente (Celik & Ozgünlaltay, 2009; Janus *et al.*, 2010; Park *et al.*, 2012). No entanto, apesar da superfície do compósito polimerizada contra a tira de poliéster não entrar em contato com o oxigênio, esta superfície resulta em uma camada rica em resina e menos rígida, quando comparada a porção mais interna do material (Hosoya *et al.*, 2011). Portanto, recomenda-se que essa camada superficial deva ser sempre removida por meio dos procedimentos de acabamento e polimento uma vez que apresenta baixa resistência ao desgaste, maior suscetibilidade à mudança de cor, bem como, inadequada dureza (Ergücü & Türkün, 2007; Celik & Ozgünlaltay, 2009).

O procedimento de acabamento consiste em remover o excesso do material restaurador, corrigir interferências oclusais e falhas de contorno da restauração (Erdemir *et al.*, 2012; Rodrigues-Junior *et al.*, 2015). Para isto, brocas carbides e pontas diamantadas são recomendadas. Por outro lado, o polimento tem como finalidade reduzir a rugosidade da superfície e remover os riscos provenientes da etapa de acabamento (Celik & Ozgünlaltay,

2009; Erdemir *et al.*, 2012). A etapa de polimento requer o uso sequencial de pelo menos dois instrumentos com partículas abrasivas gradualmente menores (Endo *et al.*, 2010). Além das borrachas abrasivas, os discos e pastas de polimento são os métodos mais frequentemente utilizados para obtenção de uma superfície lisa e brilhante (Costa *et al.*, 2007; Jefferies, 2007). Para os sistemas de polimento, a dureza, a forma, o tamanho das partículas abrasivas e a flexibilidade da matriz sólida, onde o material abrasivo é incorporado, podem influenciar na rugosidade superficial (Watanabe *et al.*, 2005; Jung *et al.*, 2008; Scheibe *et al.*, 2009). No entanto, fatores relacionados às resinas compostas, tais como o conteúdo, volume, tamanho e forma das partículas de carga inorgânica, espaçamento interpartículas, tipo de monômero, grau de conversão e a adesão eficiente das partículas de carga inorgânica à matriz resinosa também são capazes de afetar o polimento e desta forma a característica da superfície polida (Watanabe *et al.*, 2005; Madhyashta *et al.*, 2015).

A interação entre os sistemas de polimento e os compósitos em relação à rugosidade superficial tem sido mostrada significativa em alguns estudos, o que indica que os sistemas de polimento se comportam de maneira diferente, dependendo do compósito polido (Scheibe *et al.*, 2009; Janus *et al.*, 2010; Marghalani, 2010). Contudo, ainda não foi esclarecido qual sistema abrasivo fornece a superfície mais lisa para os compósitos disponíveis comercialmente (Scheibe *et al.*, 2009; Janus *et al.*, 2010). Neste sentido, Berger *et al.* (2011) sugeriram o uso do sistema de polimento do mesmo fabricante do compósito, uma vez que estes apresentaram bons resultados em comparação com outros sistemas. No entanto, discrepâncias nos relatos da literatura e a contínua introdução de novos sistemas de polimento revelam uma necessidade concomitante por novas pesquisas sobre o tema.

2 PROPOSIÇÃO

Este estudo *in vitro* teve como proposta investigar a influência de dois diferentes sistemas de polimento sobre a rugosidade superficial de três resinas compostas com composição variada de partículas de carga.

3 METODOLOGIA

3.1 Delineamento Experimental

Este estudo *in vitro* utilizou um delineamento fatorial baseado em três fatores: resinas compostas, sistemas de acabamento e polimento superficial para resina composta e etapas para mensuração da rugosidade de superfície. O primeiro fator dividido em três níveis: resina composta nanoparticulada (Filtek™ Z350 XT, 3M/ESPE, St. Paul, MN, USA), resina composta nanohíbrida (IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent Ltda, Barueri, São Paulo, Brasil) e resina composta microhíbrida (Vit-l-escence®, Ultradent Products, Inc., USA). Os sistemas de acabamento e polimento superficial em dois níveis, sistema de polimento DP (Diamond Pro, FGM Produtos Odontológico, Joinville, Santa Catarina, Brasil) e sistema de polimento JP (Jiffy® Polishers, Ultradent Products, Inc., USA). As etapas para mensuração da rugosidade superficial foram divididas em três níveis: E0 (*baseline* – tira de poliéster), E1 (pontas diamantadas), E2 (após tratamento da superfície com sistema de polimento) Constituindo assim, seis grupos experimentais com nove unidades experimentais cada (Figura 1).

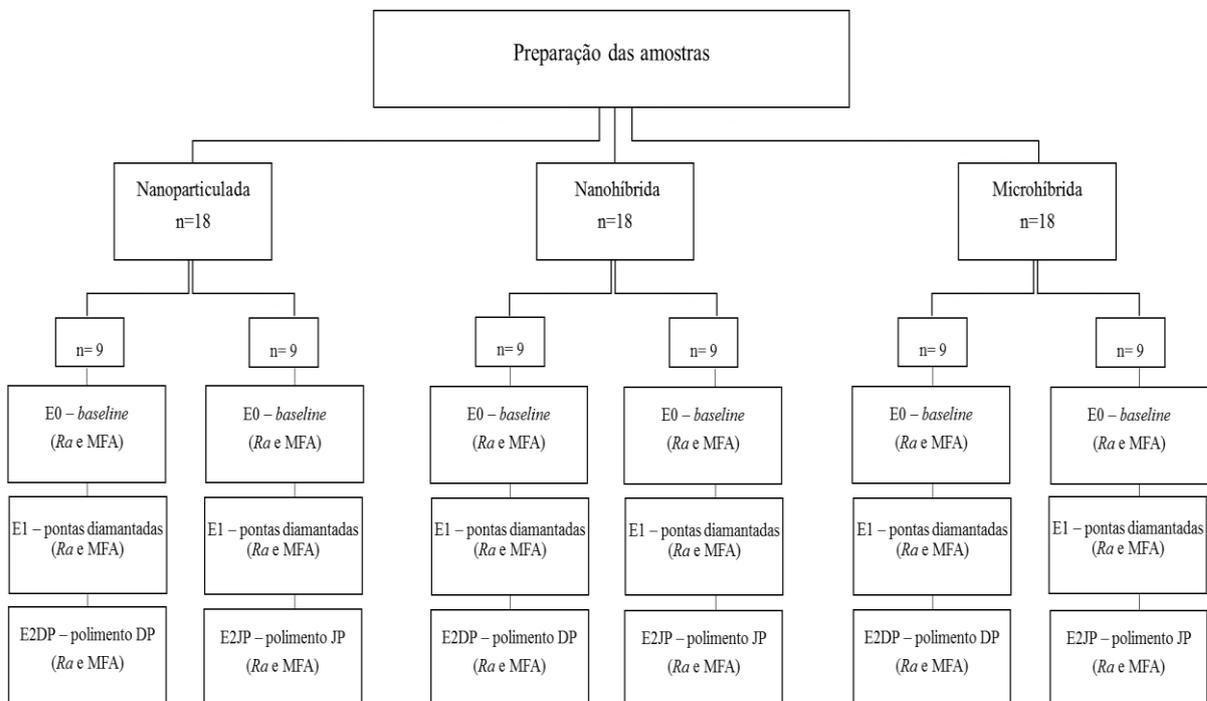


Figura 1. Delineamento experimental.

3.2 Preparação das amostras dos materiais resinosos

Resinas compostas do tipo nanoparticulada, nanohíbrida e microhíbrida (Tabela 1), e dois sistemas de acabamento e polimento superficial para resina composta foram testados (Tabela 2).

Tabela 1. Características dos materiais resinosos testados.

Material	Tipo	Cor	Matriz orgânica	Carga inorgânica	Tamanho médio da carga	Fabricante	Lote
Filtek™ Z350 XT	Nanoparticulada	A1E	Bis-GMA UDMA TEGDMA Bis-EMA	Cluster zircônia/silica; 63,3% por vol., 78,5% em peso.	4-11 nm/20 nm	3M/ESPE (St. Paul, MN, USA),	11295
IPS Empress Direct	Nanohíbrida	A2E	Bis-GMA UDMA	Bário/silício/óxidos mistos/ copolímeros; 52-59% por vol., 75- 79% em peso.	550 nm	Ivoclar Vivadent Ltda (Barueri, SP Brasil)	T28435
Vit-I-escence®	Microhíbrida	PA	Bis-GMA	58% por vol., 75% em peso.	0,7 µm	Ultradent Products, Inc. (USA)	20517

Tabela 2. Características dos sistemas de polimento testados.

Sistema de polimento	Tipo	Composição	Tamanho médio das partículas	Velocidade	Fabricante	Lote
Diamond Pro – 8 mm de diâmetro (DP)	Grossa Média Fina Extrafina	Disco de poliéster, adesivo, abrasivo e borracha de silicone.	130 µm 60 µm 30 µm Não fornecido pelo fabricante	30.000	FGM Produtos Odontológicos (Joinville, SC, Brasil)	090714
Jiffy® Polishers (JP)	Abrasivo Médio Fino	Taças, discos e pontas de silicone, impregnadas com carbetto de silício e óxido de alumínio	63 µm 52 µm 5 µm	30.000	Ultradent Products, Inc. (USA)	

Dezoito amostras padronizadas para cada material foram preparadas com o auxílio de uma matriz metálica com dimensões de 10 mm x 2 mm, composta por um cilindro e um êmbolo móvel (Figura 2).



Figura 2. Matriz metálica composta por um cilindro e um êmbolo móvel.

Para isto, o êmbolo móvel foi posicionado com auxílio de material de moldagem à base de silicone por adição (Express™, 3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA), de maneira que um espaço fosse fornecido para proporcionar a confecção de um corpo de prova com uma espessura de 2 mm (Figura 3).



Figura 3. Matriz metálica com silicone de adição em posição.

Em seguida, cada resina foi inserida em dois incrementos, no interior da matriz metálica, para evitar o aparecimento de bolhas e proporcionar máxima compactação do material, utilizando-se para isso uma espátula (Instrumentos para anteriores IPCT, Cosmedent, Curitiba, PR, Brasil) (Figura 4).



Figura 4. Adaptação da resina composta no interior da matriz metálica.

Após a inserção e antes da polimerização do último incremento, o material foi coberto por uma tira de poliéster, pressionada com uma lâmina de vidro para microscópio (Endo *et al.*, 2010), com a finalidade de se padronizar a lisura superficial inicial dos corpos de prova (Figura 5).



Figura 5. Fotoativação da resina composta sobre a tira de poliéster e lâmina de vidro.

Para cada material testado, os incrementos foram fotoativados por 25 segundos, com uma unidade de ativação de luz com a tecnologia de Diodos Emissores de Luz (*Light Emmited Diode – LED*). Para isto, a ponta do aparelho polimerizador (Ratii-cal; SDI, Victória, Austrália) foi aplicada diretamente contra a tira de poliéster e a lâmina de vidro (Botta *et al.*, 2008). O aparelho teve sua intensidade de luz mensurada pelo radiômetro Demetron (Kerr Corporation. West Collins. Orange, CA, USA) durante todo o experimento, com uma intensidade média de 500 mW/cm² (Figura 6).

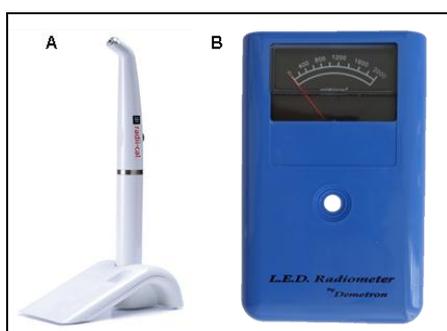


Figura 6. A - Ratii-cal (SDI, Victória, Austrália). B - Radiômetro Demetron (Kerr Corporation. West Collins. Orange, CA, USA).

As amostras foram então removidas por pressão aplicada na base inferior da matriz de aço. Em seguida, suas bordas laterais foram ajustadas com disco de lixa Sof-Lex Pop-On

(3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA) de maior granulação acoplado em aparelho de baixa rotação (Kavo do Brasil Ind. Com. Ltda, Joinville, SC, Brasil) para remoção dos excessos de material. Após a polimerização, as amostras foram armazenadas a temperatura ambiente durante um período máximo de 1 hora (Endo *et al.*, 2010) e submetidas à análise da rugosidade superficial inicial (E0) e etapas subsequentes (E1, E2DP ou E2JP).

3.3 Análise da Rugosidade Superficial Inicial

Para análise da rugosidade superficial, as amostras foram identificadas e distribuídas aleatoriamente em seis grupos experimentais (n=9) de acordo com a resina composta e o sistema de polimento a ser utilizado.

A rugosidade inicial da superfície (E0) de cada amostra, sem qualquer tratamento, foi avaliada quantitativamente por meio de um rugosímetro Mitutoyo SJ-410 (Mitutoyo - Tóquio, Japão) (Figura 7), com o parâmetro Ra (μm), que corresponde à área entre o perfil de rugosidade e linha média, ou ainda, os valores absolutos das amplitudes do perfil de rugosidade dentro de um comprimento de amostragem (*cut-off*).



Figura 7. Rugosímetro Mitutoyo SJ-410 (Mitutoyo - Tóquio, Japão).

Para análise da rugosidade média (Ra), quatro medidas foram realizadas sobre a superfície das amostras: duas medidas em direção horizontal, com aproximadamente 1 mm de distância entre elas. As segundas medições foram realizadas perpendicularmente as primeiras, respeitando a mesma distância entre elas (Costa *et al.*, 2011). As áreas de medição foram escolhidas aleatoriamente, excluindo uma superfície de 1 mm a partir da borda da amostra (Figura 8).

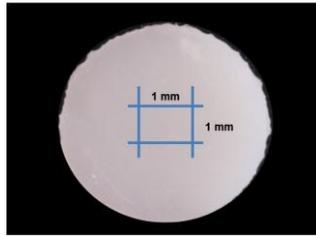


Figura 8. Esquema demonstrando a amostra em resina composta (10 mm x 2 mm) e a distância aproximada entre as medidas realizadas para calcular a rugosidade média (Ra).

A rugosidade média da superfície (Ra) de cada amostra foi calculada com *cut-off* de 0,25 mm, comprimento de rastreamento (L) de 1,5 mm e uma velocidade de 0,1 mm/s (Say *et al.*, 2014). Um valor médio para cada amostra foi calculado a partir das quatro medidas. A seguir, foi obtida a média para cada grupo (μm) (Figura 9).



Figura 9. Rugosímetro realizando leitura sobre a superfície da amostra.

3.4 Tratamento de superfície

Após análise da rugosidade superficial inicial (E0) e de acordo com a divisão dos grupos, a superfície das amostras foram asperizadas com pontas diamantadas de granulação fina e extrafina (3216F e 3216FF, KG Sorensen, Brasil) adaptadas a aparelho de alta rotação (Kavo do Brasil Ind. Com. Ltda, Joinville, SC, Brasil) sob constante refrigeração em água destilada com tempo padronizado de 10 segundos para cada ponta (Figura 10) (Botta *et al.*, 2008). Para cada nove amostras, duas pontas diamantadas de granulação fina e extrafina foram utilizadas. O tratamento de superfície com as pontas diamantadas foi realizado por um único operador, desenvolvendo movimentos circulares, simulando o procedimento de ajuste oclusal de uma restauração em resina composta. Posteriormente, as amostras foram submetidas à segunda mensuração da rugosidade superficial (E1).

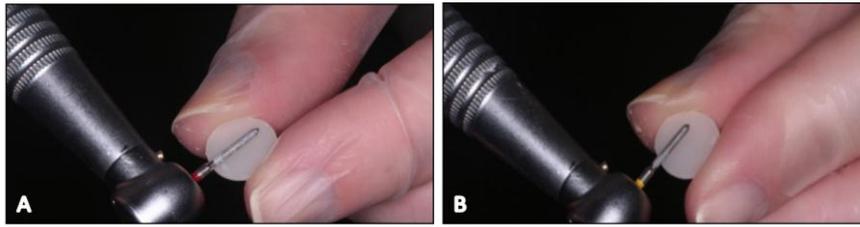


Figura 10. A – Tratamento da superfície com ponta diamantada fina montada em aparelho de alta rotação. B – Tratamento da superfície com ponta diamantada extrafina montada em aparelho de alta rotação.

Com o objetivo de alcançar adequada lisura superficial, as amostras foram submetidas ao polimento com os dois sistemas investigados de acordo com os grupos experimentais citados na figura 1. Para isto, os dispositivos abrasivos foram acoplados em contra-ângulo montado em aparelho micromotor de bancada (Micromotor Beltec LB100, Beltec Micromotores, Araraquara, SP, Brasil) e aplicados de acordo com as recomendações do fabricante, da maior para menor granulação (Figuras 11 e 12). A cada três amostras, novas borrachas abrasivas/discos abrasivos foram utilizados. O procedimento foi realizado por um único operador com as amostras fixadas manualmente. Após a utilização de cada borracha abrasiva/disco abrasivo, as amostras eram lavadas e secas com seringa água/ar durante 6 segundos (Rodrigues-Junior *et al.*, 2015).

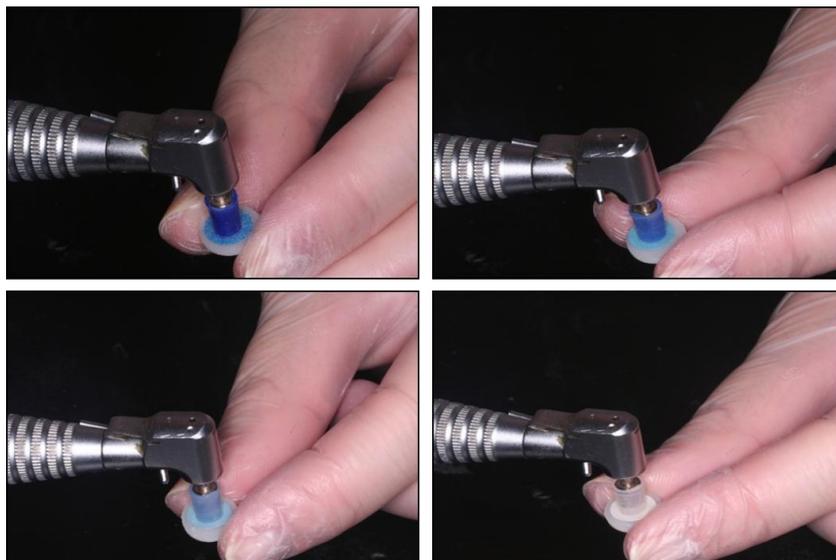


Figura 11. Tratamento da superfície com sistema de polimento Diamond Pro (DP).



Figura 12. Tratamento da superfície com sistema de polimento Jiffy® Polishers (JP).

O tempo para cada etapa de aplicação da borracha abrasiva/disco abrasivo foi de 15 segundos (Rodrigues-Junior *et al.*, 2015), realizando movimentos circulares a uma velocidade de 30.000 rpm. Ao final, a última mensuração da rugosidade superficial foi realizada para obtenção do Ra de cada grupo (E2DP ou E2JP).

Para cada amostra, uma média foi calculada, anotada e tabulada em software Excel versão 8.0 para obtenção dos valores de Ra (μm) em cada etapa.

3.5 Avaliação qualitativa da superfície por microscopia de força atômica (MFA)

Para caracterização da superfície, foi selecionada uma amostra representativa de cada etapa. A morfologia da superfície dos compósitos testados foi investigada utilizando um microscópio de força atômica, modelo Agilent 5500 (Agilent Technologies, Arizona, EUA) no modo de contato (Figura 13). *Cantilevers* com uma constante de mola 0,2 N/m, com pontas de silício e cobertura reflexiva de alumínio com um raio estimado de 10 nm, foram utilizados (AFM probe Model: All In One-AI, Budget Sensors, Innovative Solutions Bulgaria Ltd., Bulgaria) (Figura 14).

Várias verificações sobre uma determinada área de superfície foram feitas para se obter imagens reprodutíveis. Topografia e modo de altura das imagens foram obtidas simultaneamente a uma taxa de varredura fixa (entre 1 Hz ou 1 l/s) com uma resolução de 1024 x 1024 pixels. As imagens foram adquiridas em tamanho 10 μm x 10 μm com software específico (PicoView 1.4, Agilent Technologies, Arizona, EUA) e analisadas utilizando o Gwyddion (download gratuito em <http://gwyddion.net/>).

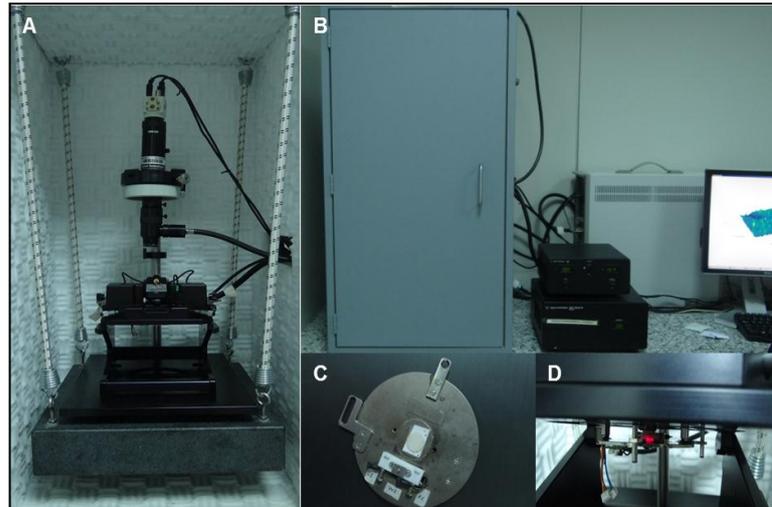


Figura 13. A e B - Microscópio de força atômica Agilent 5500 (Agilent Technologies, Arizona, EUA). C – Fixação da amostra no dispositivo para ser levada ao microscópio. D – Dispositivo e amostra acoplados no microscópio para varredura da superfície.



Figura 14. *Cantilevers* (AFM probe Model: All In One-AI, Budget Sensors, Innovative Solutions Bulgaria Ltd., Bulgaria).

3.6 Análise Estatística

Para verificar a normalidade da amostra o teste Kolmogorov-Smirnov foi utilizado. Para análise estatística dos dados, o Teste T pareado a um nível de significância de 5% foi empregado. O teste foi realizado em software IBM SPSS Statistics, versão 21.

4 RESULTADOS

Este artigo segue as normas da revista Dental Materials Journal (www.jstage.jst.go.jp/browse/dmj). As normas estão descritas no Anexo 1.

Título: Rugosidade superficial e morfologia de três resinas compostas após tratamento de superfície com dois sistemas de polimento diferentes

Surface roughness and morphology of three composite resins after two different polishing treatments

Ayla Macyelle de Oliveira **CORREIA**¹, Sandro **GRIZA**², Frederico Guilherme de Carvalho **CUNHA**³, Daniel Maranha da **ROCHA**⁴, Adriano Augusto Melo de **MENDONÇA**¹.

¹ Departamento de Odontologia, UFS - Universidade Federal de Sergipe, Aracaju 49060-100, Sergipe, Brasil

² Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, UFS - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão 49100-000, Sergipe, Brasil

³ Departamento de Física, UFS - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão 49100-000, Sergipe, Brasil

⁴ Departamento de Odontologia, UFS - Universidade Federal de Sergipe, Lagarto 49400-000, Sergipe, Brasil

Palavras-chave: MATERIAIS DENTÁRIOS; RESINAS COMPOSTAS; POLIMENTO DENTÁRIO; MICROSCOPIA DE FORÇA ATÔMICA.

Número de reimpressões: 50.

AUTOR CORRESPONDENTE

Dr. Adriano Augusto Melo de Mendonça

adri_amm@yahoo.com.br : (79) 99126-6336.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de dois sistemas de polimento na rugosidade superficial de três resinas compostas. Cinquenta e quatro amostras para os compósitos nanoparticulado (Filtek™ Z350 XT), nanohíbrido (IPS Empress Direct) e microhíbrido (Vit-I-scence®) foram preparadas em uma matriz metálica (10 mmx2 mm) e polimerizadas sob uma tira de poliéster. Em seguida, as amostras foram distribuídas em seis grupos (n=9) de acordo com o sistema de polimento a ser utilizado (Diamond Pro ou Jiffy® Polishers). A rugosidade média da superfície (*Ra*) foi medida em E0 (*baseline* - tira de poliéster), E1 (pontas diamantadas), E2DP (Diamond Pro) ou E2JP (Jiffy® Polishers), utilizando rugosímetro Mitutoyo SJ-410. A microscopia de força atômica (MFA) foi utilizada para caracterização da superfície. Os dados foram analisados pelo Teste T pareado ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa entre os valores de rugosidade obtidos em E0 e E2DP para os compósitos nanoparticulado ($p = 0,463$) e nanohíbrido ($p = 0,423$). Para o compósito microhíbrido, ambos os sistemas provocaram superfícies significativamente mais rugosas do que em E0. Conclui-se que o fator material e técnica de polimento influenciam na rugosidade superficial.

INTRODUÇÃO

As resinas compostas passaram por modificações em sua composição e propriedades^{1,2}. A redução do tamanho e uma maior quantidade de partículas de carga inorgânica parecem ser as alterações mais significativas³. Isto seria responsável por promover o aumento da resistência ao desgaste, tração e cisalhamento dos compósitos, os quais são fundamentais para a longevidade das restaurações⁴.

As resinas compostas são geralmente classificadas de acordo com o tamanho, conteúdo e tipo de partículas de carga inorgânica⁴. Além dos compósitos do tipo híbrido e microhíbrido, um novo grupo de resinas compostas contendo partículas de carga com tamanho nanométrico foi introduzido (nanoparticuladas e nanohíbridas)⁵⁻⁸. Diferenças nos tamanhos e tipos de partículas de carga podem influenciar a rugosidade de superfície do compósito.

A rugosidade superficial e o brilho estão entre as propriedades mais importantes que afetam a estética e longevidade das restaurações em resina composta⁹⁾. Uma superfície rugosa pode reduzir o brilho¹⁰⁾, aumentar a descoloração da superfície do material, promover o acúmulo excessivo de biofilme e, como consequência, promover irritação gengival¹⁰⁻¹³⁾, cáries recorrentes e problemas periodontais¹³⁾. Para Bollen *et al.*¹⁴⁾ valores de rugosidade superficial de 0,2 µm são o limiar para o acúmulo de biofilme. Os autores ainda afirmaram que valores acima do limiar favorecem o desenvolvimento de cáries e inflamação periodontal. De acordo com Jones *et al.*¹⁵⁾, superfícies que apresentam rugosidade de 0,3 µm podem ser detectadas pelo paciente com a ponta da língua.

Vários autores sugerem que restaurações em resina composta polimerizadas sob uma tira de poliéster tendem a exibir superfícies mais lisas^{6,12,16-19)}. Entretanto, essa superfície polimerizada sob a tira de poliéster resulta em uma camada superficial rica em resina e com baixa resistência, comparada a porção mais interna do material²⁰⁾. Portanto, deve ser removida devido às baixas propriedades mecânicas e maior suscetibilidade a alteração de cor^{16,17)}. Além disso, procedimentos de ajuste oclusal, forma anatômica e remoção do excesso de material são necessários para obtenção de uma superfície lisa¹⁸⁾. Para isto, uma ampla variedade de sistemas de acabamento e polimento está disponível. Dentre eles, os discos abrasivos flexíveis produzem uma melhor lisura superficial^{5,21,22)}. No entanto, fatores relacionados ao sistema de polimento, tais como: dureza, forma, tamanho das partículas abrasivas e flexibilidade da matriz sólida, onde o material abrasivo é incorporado podem influenciar na lisura superficial^{5,12,21)}.

Estudos têm demonstrado que o conteúdo, volume, tamanho e forma das partículas de carga também exercem influência sobre a rugosidade da superfície dos compósitos^{13,21)}. Diferenças na topografia de superfície são ainda atribuídas ao espaçamento interpartículas. Assim, as partículas de carga parecem influenciar significativamente o grau de polimento do compósito⁴⁾. Atualmente, a rugosidade superficial das resinas compostas foi significativamente melhorada reduzindo o tamanho e aumentando o conteúdo das partículas de carga do material^{5,21)}. Além disso, fatores relacionados à matriz resinosa também devem ser levados em consideração como o tipo de monômero, grau de conversão e adesão eficiente das partículas de carga inorgânica à matriz^{13,21)}.

Discrepâncias nos relatos da literatura e a contínua introdução de novos sistemas de polimento revelam uma necessidade concomitante por novas pesquisas sobre o tema. Por isso, este estudo teve como objetivo avaliar a influência de dois sistemas de polimento na

rugosidade superficial de três resinas compostas com composição variada de partículas de carga. As hipóteses nulas testadas foram: 1) que os discos abrasivos não promovem diferença na rugosidade superficial quando comparados a superfície polimerizada sob uma tira de poliéster e 2) que as borrachas abrasivas não promovem diferença na rugosidade superficial quando comparadas à superfície polimerizada sob uma tira de poliéster.

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparação das amostras dos materiais resinosos

Resinas compostas nanoparticulada (Filtek™ Z350 XT, 3M/ESPE, St. Paul, MN, USA), nanohíbrida (IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent Ltda, Barueri, São Paulo, Brasil), microhíbrida (Vit-I-escence®, Ultradent Products, Inc., USA) e dois sistemas de acabamento e polimento superficial para resina composta foram testados (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Características dos materiais resinosos testados.

Material	Tipo	Cor	Matriz orgânica	Carga inorgânica	Tamanho médio da carga	Fabricante	Lote
Filtek™ Z350 XT	Nanoparticulada	A1E	Bis-GMA UDMA TEGDMA Bis-EMA	Cluster zircônia/silica; 63,3% por vol., 78,5% em peso.	4-11 nm/20 nm	3M/ESPE (St. Paul, MN, USA),	11295
IPS Empress Direct	Nanohíbrida	A2E	Bis-GMA UDMA	Bário/silício/óxidos mistos/ copolímeros; 52-59% por vol., 75- 79% em peso.	550 nm	Ivoclar Vivadent Ltda (Barueri, SP Brasil)	T28435
Vit-I-escence®	Microhíbrida	PA	Bis-GMA	58% por vol., 75% em peso.	0,7 µm	Ultradent Products, Inc. (USA)	20517

Tabela 2. Características dos sistemas de polimento testados.

Sistema de polimento	Tipo	Composição	Tamanho médio das partículas	Velocidade	Fabricante	Lote
Diamond Pro – 8 mm de diâmetro (DP)	Grossa Média Fina Extrafina	Disco de poliéster, adesivo, abrasivo e borracha de silicone.	130 µm 60 µm 30 µm Não fornecido pelo fabricante	30.000	FGM Produtos Odontológicos (Joinville, SC, Brasil)	090714
Jiffy® Polishers (JP)	Abrasivo Médio Fino	Taças, discos e pontas de silicone, impregnadas com carbeto de silício e óxido de alumínio	63 µm 52 µm 5 µm	30.000	Ultradent Products, Inc. (USA)	

Dezoito amostras padronizadas para cada material foram preparadas com o auxílio de uma matriz metálica com dimensões de 10 mm x 2 mm, composta por um cilindro e um êmbolo móvel. Para isto, o êmbolo móvel foi posicionado com auxílio de material de moldagem à base de silicone por adição (Express™, 3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA), de maneira que um espaço fosse fornecido para proporcionar a confecção de um corpo de prova com uma espessura de 2 mm. Em seguida, o material a ser investigado foi dispensado em dois incrementos, no interior da matriz metálica, para evitar o aparecimento de bolhas e proporcionar máxima compactação do material, utilizando-se uma espátula (Instrumentos para anteriores IPCT, Cosmedent, Curitiba, PR, Brasil). Após a inserção e antes da polimerização do último incremento, o material foi coberto por uma tira de poliéster e pressionado com uma lâmina de vidro para microscópio, com a finalidade de se padronizar a lisura superficial inicial dos corpos de prova. Para cada material testado, os incrementos foram fotoativados por 25 segundos, com uma unidade de ativação de luz com a tecnologia de Diodos Emissores de Luz (*Light Emited Diode* – LED). Para isto, a ponta do aparelho polimerizador (Radii-cal; SDI, Victória, Austrália) foi aplicada diretamente contra a tira de poliéster e a lâmina de vidro. O aparelho teve sua intensidade de luz mensurada pelo radiômetro Demetron (Kerr Corporation. West Collins. Orange, CA, USA) durante todo o experimento, com uma intensidade média de 500 mW/cm².

As amostras foram então removidas por pressão aplicada na base inferior da matriz de aço. Em seguida, suas bordas laterais foram ajustadas com disco de lixa Sof-Lex Pop-On (3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA) de maior granulação acoplado em aparelho de baixa rotação (Kavo do Brasil Ind. Com. Ltda, Joinville, SC, Brasil) para remoção dos excessos de material. Após a polimerização, as amostras foram armazenadas a temperatura ambiente durante um período máximo de 1 hora e submetidas à análise da rugosidade superficial inicial (E0) e etapas subsequentes (E1, E2DP ou E2JP).

Análise da Rugosidade Superficial Inicial

Para análise da rugosidade superficial, as amostras foram identificadas e distribuídas aleatoriamente em seis grupos experimentais (n=9) de acordo com a resina composta e o sistema de polimento a ser utilizado.

A rugosidade inicial da superfície (E0) de cada amostra, sem qualquer tratamento, foi avaliada quantitativamente por meio de um rugosímetro Mitutoyo SJ-410 (Mitutoyo - Tóquio, Japão), com o parâmetro *Ra* (µm), que corresponde à área entre o perfil de rugosidade e linha

média, ou ainda, os valores absolutos das amplitudes do perfil de rugosidade dentro de um comprimento de amostragem (*cut-off*). Quatro medidas foram realizadas sobre a superfície das amostras: duas medidas em direção horizontal, com aproximadamente 1 mm de distância entre elas. As segundas medições foram realizadas perpendicularmente as primeiras, respeitando a mesma distância entre elas. As áreas de medição foram escolhidas aleatoriamente, excluindo uma superfície de 1 mm a partir da borda da amostra. A rugosidade média da superfície (*Ra*) de cada amostra foi calculada com *cut-off* de 0,25 mm, comprimento de rastreamento (L) de 1,5 mm e uma velocidade de 0,1 mm/s. Um valor médio para cada amostra foi calculado a partir das quatro medidas. A seguir, foi obtida a média para cada grupo (μm).

Tratamento de superfície

Após análise da rugosidade superficial inicial (E0) e de acordo com a divisão dos grupos, a superfície das amostras foram asperizadas com ponta diamantada (PD) de granulação fina e extrafina (3216F e 3216FF, KG Sorensen, Brasil) montada em aparelho de alta rotação (Kavo do Brasil Ind. Com. Ltda, Joinville, SC, Brasil) sob constante refrigeração em água destilada com tempo padronizado de 10 segundos para cada ponta. Para cada nove amostras, duas pontas diamantadas de granulação fina e extrafina foram utilizadas. O tratamento de superfície com as pontas diamantadas foi realizado por um único operador, desenvolvendo movimentos circulares, simulando o procedimento de ajuste oclusal de uma restauração em resina composta. Posteriormente, as amostras foram submetidas à segunda mensuração da rugosidade superficial (E1).

Com o objetivo de alcançar adequada lisura superficial, as amostras foram submetidas ao polimento com os dois sistemas investigados de acordo com a divisão dos grupos. Para isto, os dispositivos abrasivos foram acoplados em contra-ângulo montado em aparelho micromotor de bancada (Micromotor Beltec LB100, Beltec Micromotores, Araraquara, SP, Brasil) e aplicados de acordo com as recomendações do fabricante, da maior para menor granulação. A cada três amostras, novas borrachas abrasivas/discos abrasivos foram utilizados. O procedimento foi realizado por um único operador com as amostras fixadas manualmente. Após a utilização de cada borracha abrasiva/disco abrasivo, as amostras eram lavadas e secas com seringa água/ar durante 6 segundos.

O tempo para cada etapa de aplicação da borracha abrasiva/disco abrasivo foi de 15 segundos, realizando movimentos circulares a uma velocidade de 30.000 rpm. Ao final, a

última mensuração da rugosidade superficial foi realizada para obtenção do Ra de cada grupo (E2DP ou E2JP).

Para cada amostra, uma média foi calculada, anotada e tabulada em software Excel versão 8.0. Os dados foram analisados quanto a sua distribuição por meio do teste Kolmogorov-Smirnov. Para análise estatística dos dados, o Teste T pareado foi realizado em software IBM SPSS Statistics, versão 21.

Avaliação qualitativa da superfície por microscopia de força atômica (MFA)

Para caracterização da superfície, foi selecionada uma amostra representativa de cada etapa. A morfologia da superfície dos compósitos testados foi investigada utilizando um microscópio de força atômica, modelo Agilent 5500 (Agilent Technologies, Arizona, EUA) no modo de contato. *Cantilevers* com uma constante de mola 0,2 N/m, com pontas de silício e cobertura reflexiva de alumínio com um raio estimado de 10 nm, foram utilizados (AFM probe Model: All In One-Al, Budget Sensors, Innovative Solutions Bulgaria Ltd., Bulgaria).

Várias verificações sobre uma determinada área de superfície foram feitas para se obter imagens reproduzíveis. Topografia e modo de altura das imagens foram obtidas simultaneamente a uma taxa de varredura fixa (entre 1 Hz ou 1 l/s) com uma resolução de 1024 x 1024 pixels. As imagens foram adquiridas em tamanho 10 μm \times 10 μm com software específico (PicoView 1.4) e analisadas utilizando o Gwyddion (download gratuito em <http://gwyddion.net/>).

RESULTADOS

Análise da rugosidade de superfície

Os dados mostraram uma distribuição normal. Os valores médios de rugosidade da superfície (Ra , μm) e desvios-padrão ($\pm DP$) para as resinas compostas nanoparticulada, nanohíbrida e microhíbrida produzidos pela tira de poliéster (*baseline* – E0), pontas diamantadas (E1), Diamond Pro (E2DP) e Jiffy® Polishers (E2JP) estão descritos na Tabela 3, respectivamente.

Tabela 3. Valores médios (desvio padrão) de Ra (μm) para as resinas compostas em etapas diferentes.

Resinas	Estágios	Diamond Pro	Jiffy® Polishers
Nanoparticulada	<i>Baseline</i> (E0)	0,07 (0,01) ^A	0,07 (0,01) ^A
	PD (E1)	0,56 (0,07) ^B	0,67 (0,05) ^B
	Polimento (E2)	0,08 (0,00) ^A	0,24 (0,04) ^C
Nanohíbrida	<i>Baseline</i> (E0)	0,07 (0,01) ^A	0,06 (0,01) ^A
	PD (E1)	0,58 (0,08) ^B	0,39 (0,04) ^B
	Polimento (E2)	0,08 (0,01) ^A	0,14 (0,02) ^C
Microhíbrida	<i>Baseline</i> (E0)	0,06 (0,00) ^A	0,05 (0,00) ^A
	PD (E1)	0,79 (0,12) ^B	0,76 (0,16) ^B
	Polimento (E2)	0,14 (0,53) ^C	0,23 (0,29) ^C

Letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa.

De acordo com os resultados do teste T pareado, o tratamento das resinas compostas nanoparticulada ($p=0,463$) e nanohíbrida ($p=0,423$) com o sistema de polimento Diamond Pro (DP) não apresentou diferença significativa em relação à rugosidade obtida com a tira de poliéster (*baseline* – E0). No entanto, para a resina composta microhíbrida, os sistemas de polimento empregados apresentaram superfícies significativamente mais rugosas quando comparado aos valores obtidos em E0.

Observações da microscopia de força atômica (MFA)

As imagens representativas das superfícies das resinas compostas, obtidas através do modo de contato na MFA, estão apresentadas nas figuras 1-3. Nos grupos em que a tira de poliéster (E0) foi utilizada, as superfícies mostraram-se uniformes, mas com algumas imperfeições oriundas da tira de poliéster (Figs. 1A, 2A, 3A). Para todos os compósitos, as amostras polidas apresentaram uma topografia mais irregular quando comparadas aos seus grupos controles.

O sistema de polimento Diamond Pro (DP) criou algumas irregularidades sobre a resina composta nanoparticulada (Fig. 1C). Por outro lado, o tratamento superficial com o sistema de polimento Jiffy® Polishers (JP) resultou em uma topografia ondulante com arranhões sobre a superfície do compósito nanoparticulado (Fig. 1D). Em relação às resinas compostas nanohíbrida e microhíbrida, ambos os sistemas de polimento revelaram uma abrasão da resina

entre as partículas de carga, juntamente com os espaços vazios que representam cargas deslocadas (Fig. 2C, 2D, 3C e 3D).

Os valores de Ra obtidos para cada amostra estão descritos na Tabela 3. Os valores de Ra foram calculados para cada amostra e condição de polimento e estão apresentados de forma ilustrativa.

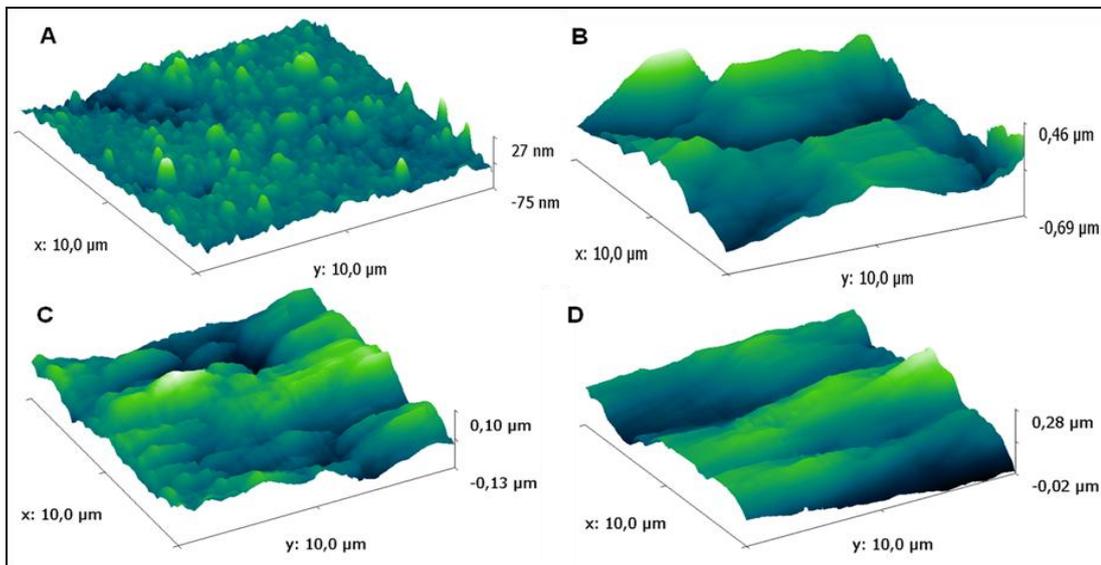


Figura 1. Imagens de MFA, adquiridas no modo contato, da resina composta nanoparticulada (10 μm x 10 μm). (A) E0. (B) E1. (C) E2DP. (D) E2JP.

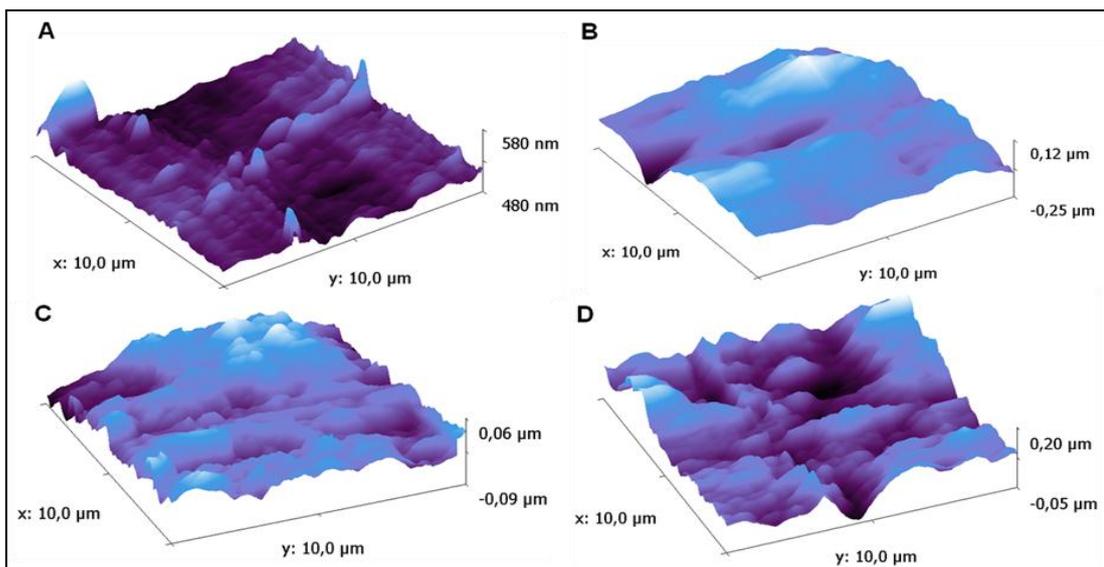


Figura 2. Imagens de MFA, adquiridas no modo contato, da resina composta nanohíbrida (10 μm x 10 μm). (A) E0. (B) E1. (C) E2DP. (D) E2JP.

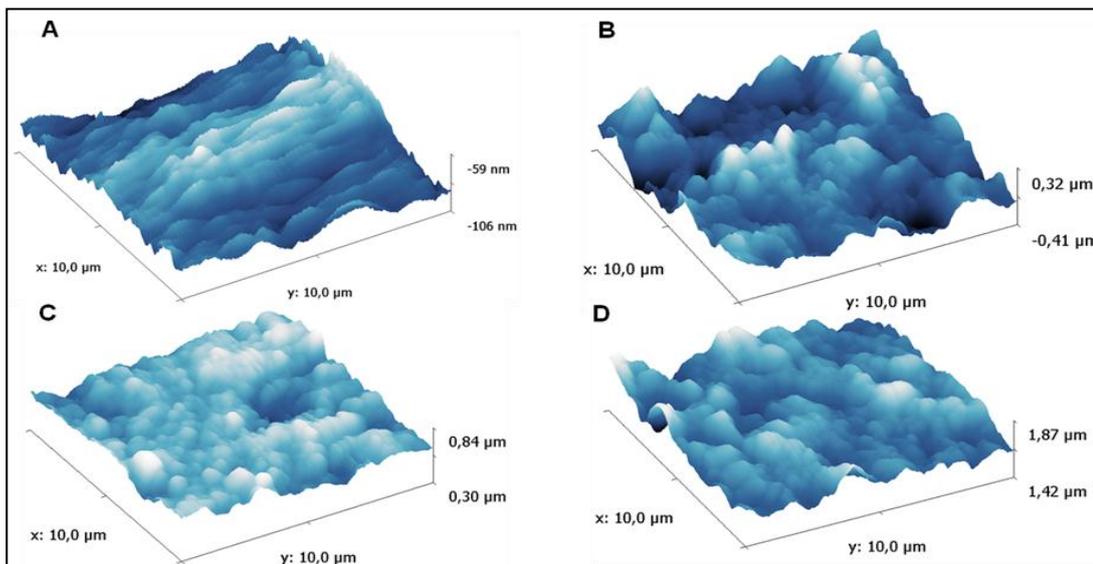


Figura 3. Imagens de MFA, adquiridas no modo contato, da resina composta microhíbrida (10 μm x 10 μm). (A) E0. (B) E1. (C) E2DP. (D) E2JP.

Tabela 3. Valores de *Ra* (nm) obtidos por meio de MFA.

	Nanoparticulada	Nanohíbrida	Microhíbrida
<i>Baseline</i> (T0)	6,7	5,14	5,99
PD (E1)	147,0	34,5	97,7
Diamond Pro (E2DP)	31,5	16,8	43,3
Jiffy® Polishers (E2JP)	40,0	30,3	50,0

DISCUSSÃO

A rugosidade superficial é o parâmetro utilizado para avaliar a perfilometria de diferentes materiais restauradores²³⁾. Devido às limitações dos métodos de medição quantitativa tais como, dimensão espacial da caneta, força de medição, taxa de amostragem, calibração no eixo z ²⁴⁾ e subestimação da rugosidade da superfície^{24,25)}, os resultados são muitas vezes verificados qualitativamente. A capacidade de alta resolução da MFA permite visualizações precisas e fornece imagens topográficas tridimensionais, de forma detalhada da rugosidade superficial dos materiais, a uma resolução de dimensão nanométrica (<30 nm) superior a perfilometria (20-50 μm)²⁵⁾. Além disso, para a MFA uma área de superfície menor

(20 μm ×20 μm) é investigada quando comparada à perfilometria (1000 μm ×1000 μm). Assim, os valores de rugosidade obtidos por meio de MFA são representativos de ordem local. Para a perfilometria, os resultados de uma rugosidade global são fornecidos. Por isso, a rugosidade calculada pela MFA é resultado complementar e local para caracterizar a natureza de uma superfície^{25,26}. De fato, áreas limitadas (10 μm ×10 μm) foram analisadas na MFA, as quais não representam a superfície total da amostra, nem a rugosidade média da superfície do material. O presente estudo avaliou a rugosidade superficial e morfologia topográfica de três resinas compostas do tipo nanoparticulada, nanohíbrida e microhíbrida que foram polidas com diferentes sistemas de polimento (borrachas abrasivas e discos abrasivos), utilizando método quantitativo (rugosímetro) e qualitativo (MFA).

O acabamento e polimento adequado das restaurações em resina composta são procedimentos clínicos importantes que melhoram a estética e promovem a longevidade dos dentes restaurados reduzindo a rugosidade superficial, descoloração da restauração e inflamação gengival^{1,9,18}. Além disso, minimizam a taxa de desgaste dos dentes antagonistas ou restaurações localizadas neles^{2,7}. No entanto, um polimento adequado envolve uma complexa combinação de fatores relacionados com a capacidade do operador, anatomia da restauração, material restaurador e sistema de polimento².

De acordo com os resultados obtidos para rugosidade superficial, não houve diferença significativa quando o sistema de polimento DP foi utilizado sobre a superfície das resinas compostas nanoparticulada (p= 0,463) e nanohíbrida (p= 0,423) em relação à rugosidade obtida com a tira de poliéster (*baseline* – E0). A exceção foi para a resina composta microhíbrida que apresentou maior rugosidade superficial para ambos os sistemas. Isso pode estar relacionado às características do sistema de polimento² e aos fatores que determinam a micromorfologia superficial das restaurações em resina composta¹. Tais fatores incluem características dos compósitos, os quais podem ser discriminados como dureza das partículas de carga em relação ao abrasivo e à matriz, tamanho, tipo, forma, orientação e quantidade das partículas inorgânicas¹, grau de conversão da matriz resinosa e estabilidade do silano acoplado entre a matriz resinosa e as partículas de carga inorgânica^{27,28}. Entre todos estes fatores, a capacidade de polimento e a rugosidade superficial dos compósitos estão diretamente relacionadas ao tamanho das partículas de carga^{6,29}.

Tem-se observado que a presença de partículas de carga maiores nos compósitos contribui mais para a rugosidade de superfície do que o tamanho médio da partícula. Além disso, partículas de carga maiores podem contribuir para uma elevada rugosidade da

superfície do compósito. No entanto, uma diminuição do tamanho⁵⁾ e um aumento do conteúdo das partículas de carga¹⁸⁾ resultam em menor espaçamento entre as partículas, maior proteção da matriz resinosa e em menor quantidade de partículas arrancadas da superfície³⁰⁾, reduzindo a rugosidade superficial. Com exceção da resina composta microhíbrida, os demais compósitos estudados contêm partículas de carga com tamanho nanométrico que variam de 4 a 550 nm e tendem a preencher os espaços entre as partículas maiores, protegendo a matriz resinosa da abrasão durante o polimento¹⁷⁾. Esta distribuição do tamanho das partículas poderia explicar a diferença substancial na rugosidade da superfície entre os compósitos e sugere um comportamento homogêneo destes materiais, promovendo melhor lisura superficial^{6,12,18)}.

Outra possível explicação para a lisura superficial observada na superfície do compósito nanoparticulado pode ser o formato esférico das partículas de carga³¹⁾ (Figura 1A). No entanto, um mecanismo de desgaste tem sido sugerido no qual os aglomerados são desgastados da superfície acarretando em espaços vazios ou defeitos na superfície do material restaurador^{2,18)}. De acordo com JANUS *et al.*¹⁸⁾, esses espaços vazios são raros e localizam-se nas linhas de desgaste promovidas pela utilização de discos abrasivos com maior granulação. Essa morfologia de superfície foi claramente observada na MFA após o polimento da resina composta nanoparticulada com o sistema de polimento DP (Fig. 1C). Por outro lado, a abrasão da matriz resinosa, as saliências de algumas partículas de carga e os espaços vazios provenientes da remoção de partículas foram traços característicos dos compósitos nanohíbrido (Fig. 2C e D) e microhíbrido (Fig. 3C e D)^{9,16)}. Isto pode contribuir para uma maior rugosidade superficial do material^{1,18)} o que justificaria os valores de *Ra* para as resinas compostas microhíbrida após tratamento com ambos os sistemas e, para a nanohíbrida quando tratada com o sistema de polimento JP.

Diferenças no tamanho das partículas do abrasivo, formas e distribuição podem influenciar na rugosidade superficial e brilho dos compósitos⁶⁾. De acordo com Rodrigues Jr. *et al.*²⁾, um sistema de polimento composto por partículas de aproximadamente 30 µm produziu maior rugosidade superficial e menor brilho quando comparado àqueles sistemas com partículas abrasivas menores. Tem sido afirmado que além do tamanho e forma do abrasivo, a sua ligação à matriz e o tipo e flexibilidade da matriz também podem influenciar a eficácia do polimento⁶⁾. Com base nos resultados obtidos, todos os compósitos apresentaram superfícies mais rugosas, quando tratadas com o sistema de polimento JP, em comparação às superfícies polimerizadas contra a tira de poliéster (E0) ($p < 0,05$). Jiffy® Polishers (JP) é um

sistema de polimento de três etapas, à base de borracha, no qual as partículas abrasivas são dispersas numa matriz elástica, constituída por silício. Neste sentido, este sistema é mais rígido e não se flexiona com a mesma facilidade dos discos abrasivos flexíveis (sistema de polimento DP). Por outro lado, o sistema de polimento JP é produzido em formatos variáveis, que incluem taças, discos e pontas, ajudando a polir superfícies curvas com adequado contorno anatômico do dente¹²⁾. Aqueles empregados neste estudo foram em forma de pontas (sistema de polimento JP) e discos (sistema de polimento DP), de modo que a superfície plana das amostras pôde ser polida uniformemente, independentemente do sistema de polimento utilizado. Além disso, é provável que a diferença nos resultados obtidos para os sistemas de polimento pode ter sido decorrente da diminuição sequencial do tamanho médio das partículas, da quantidade de abrasivos utilizados no instrumento ou do tipo de material abrasivo.

Baseado em estudos que utilizam dispositivos mecânicos de perfilometria, valores de Ra inferior a 10 μm não são detectados clinicamente³²⁾. Outros estudos^{16,33)} relataram que quando o Ra era menor do que 1 μm , as superfícies eram visivelmente lisas. Entretanto, pesquisas afirmam que um Ra acima de 0,2 μm resulta em um aumento do acúmulo de biofilme^{14,25,26)} com maior risco de cáries e inflamação periodontal, comprometendo a estética e longevidade da restauração^{25,26)}. No presente estudo, a rugosidade superficial média, obtida após o tratamento com ambos os sistemas de polimento sobre todas as resinas compostas, estava abaixo do valor limiar clinicamente aceitável. Porém, para as resinas compostas nanoparticulada e microhíbrida, a rugosidade superficial obtida após polimento com o sistema JP pode resultar em um aumento do acúmulo de biofilme. No entanto, devido às condições dinâmicas do ambiente oral, é esperado um aumento da rugosidade da superfície. Portanto, uma avaliação mais aprofundada do impacto do envelhecimento sobre a rugosidade da superfície é necessária. Além disso, certas variáveis como a velocidade de rotação da peça de mão e a pressão aplicada durante o polimento podem influenciar sobre a rugosidade de superfície e devem ser estudadas. Dentro das limitações deste estudo, os resultados obtidos para rugosidade superficial correlacionam-se com situações clínicas em que as superfícies são acessíveis e relativamente planas. Para superfícies complexas, com áreas côncavas e convexas, e acesso limitado, a eficácia dos sistemas de polimento pode ser diferente. Por isso, mais estudos comparativos são necessários.

Duas hipóteses nulas testadas neste estudo foram: 1) que os discos abrasivos não promoveriam diferença na rugosidade superficial quando comparados à superfície

polimerizada sob uma tira de poliéster e 2) que as borrachas abrasivas não promoveriam diferença na rugosidade superficial quando comparadas à superfície polimerizada sob uma tira de poliéster. Com base nos resultados obtidos, a hipótese (1) foi aceita somente para os compósitos nanoparticulado e nanohíbrido. Quanto à hipótese (2), ela foi rejeitada para todos os compósitos.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e dentro das limitações deste estudo, conclui-se que o fator material e a técnica de polimento influenciaram na rugosidade superficial e topografia da superfície. As resinas compostas nanoparticulada e nanohíbrida apresentaram melhor lisura superficial quando associadas ao sistema de polimento DP. Para a resina composta microhíbrida, o polimento com ambos os sistemas ocasionou maior rugosidade superficial quando comparada à superfície polimerizada sob a tira de poliéster. No entanto, a rugosidade superficial obtida com o sistema de polimento JP para as resinas compostas nanoparticulada e microhíbrida ficou acima do valor clinicamente aceitável de 0,2 μm .

REFERÊNCIAS

- 1) Say EC, Yurdagüven H, Yaman BC, Özer F. Surface roughness and morphology of resin composites polished with two-step polishing systems. *Dental Materials Journal* 2014; 33(2): 1–11.
- 2) Rodrigues-Junior SA, Chemin P, Piaia PP, Ferracane JL. Surface roughness and gloss of actual composites as polished with different polishing systems. *Operative Dentistry* 2015; 40(1): 1-12.
- 3) Chen MH. Update of dental nanocomposites. *J Dent Res* 2010; 89: 549-60.
- 4) Berger SB, Paliolol ARM, Cavalli V, & Giannini M. Surface roughness and staining susceptibility of composite resins after finishing and polishing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2011; 23(1): 34-45.
- 5) Jung M, Otte A, Klimek J. Is surface roughness of resin composites affected by operator's performance? *Am J Dent* 2008; 21: 3-6.
- 6) Costa J, Ferracane J, Paravina RD, Mazur RF, Roeder L. The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2007; 19(4): 214-24.
- 7) Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M. Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. *Dent Mater J* 2010; 29(2): 213-23.
- 8) Ferracane JL. Resin composite: state of the art. *Dent Mater* 2011 Jan; 27(1): 29-38.
- 9) Ereifej NS, Oweis YG, Eliades G. The effect of polishing technique on 3-D surface roughness and gloss of dental restorative resin composites. *Operative Dentistry* 2012; 38(1): 1-12.
- 10) Costa JB, Gonçalves F, Ferracane JL. Comparison of two-step versus four-step composite finishing/polishing disc systems: evaluation of a new two-step composite polishing disc system. *Operative Dentistry* 2011; 36-2: 205-12.
- 11) Ozel E, Korkmaz Y, Attar N, Karabulut E. Effect of one-step polishing systems on surface roughness of different flowable restorative materials *Dental Materials Journal* 2008; 27(6): 755-64.
- 12) Scheibe KGBA, Almeida KGB, Medeiros IS, Costa JF, Alves CMC. Effect of different polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *Journal of Applied Oral Science* 2009; 17(1): 21-6.

- 13) Madhyastha PS, Naik DG, N S, Kotian R, Bhat KMR. Effect of Finishing /Polishing Techniques and Time on Surface Roughness of Silorane and Methacrylate Based Restorative Materials. OHDM 2015; 14(4): 212-8.
- 14) 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.
- 15) Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The *in vivo* perception of roughness of restorations. Br Dent J 2004; 196: 42-5.
- 16) Ergücü Z, Türkün LS. Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. Oper Dent 2007; 32: 185-92.
- 17) Celik C, Ozgunaltay G. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of toothcolored materials. Quintessence International 2009; 40(9): 783-89.
- 18) Janus J, Fauxpoint G, Arntz Y, Pelletier H, Etienne O. Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multitechnique approach. Dent Mater 2010; 26: 416-25.
- 19) Park JW, Song CW, Jung JH, Ahn SJ, Ferracane JL. The effects of surface roughness of composite resin on biofilm formation of Streptococcus mutans in the presence of saliva. Operative Dentistry 2012; 37(5): 532-39.
- 20) Hosoya Y, Shiraishi T, Odatsu T, Nagafuji J, Kotaku M, Miyazaki M, Powers JM. Effects of polishing on surface roughness, gloss, and color of resin composites. J Oral Sci 2011; 53: 283-91.
- 21) Watanabe T, Miyazaki M, Takamizawa T, Kurokawa H, Rikuta A, Ando S. Influence of polishing duration on surface roughness of resin composites. Journal of Oral Science 2005; 47: 21-5.
- 22) Jefferies SR. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art. Dent Clin North Am 2007; 51:379-97.
- 23) Fuzzi M, Zaccheroni Z, Vallania G. Scanning electron microscopy and profilometer evaluation of glazed and polished dental porcelain. Int J Prosthodont 1996; 9: 452-8.
- 24) Al-Shammery HAO, Bubb NL, Youngson CC, Fasbinder DJ, Wood DJ. The use of confocal microscopy to assess surface roughness of two milled CAD–CAM ceramics following two polishing techniques. Dental Materials 2007; 23(6): 736-41.

- 25) Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *J Mater Sci Med* 2007; 18: 155-63.
- 26) Heintze SD, Forjanic M, Rousson V. Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dent Mater* 2006; 22(2): 146-65.
- 27) Turssi CP, Purquerio BM, Serra MC. Wear of dental resin composites: Insights of underlying processes and assessment methods - A review. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* 2003; 65B(2): 280-5.
- 28) Nagem Filho H, D'Azevedo MT, Nagem HD, Marsola FP. Surface roughness of composite resins after finishing and polishing. *Brazilian Dental Journal* 2003; 14(1): 37-41.
- 29) Marghalani HY. Effect of filler particles on surface roughness of experimental composite series. *Journal of Applied Oral Science* 2010; 18(1): 59-67.
- 30) Moraes RR, Gonçalves LS, Lancellotti AC, Consani S, Correr-Sobrinho L, Sinhoretti MA. Nanohybrid resin composites: Nanofiller loaded materials of traditional microhybrid resins?. *Oper Dent* 2009; 34: 551-7.
- 31) Kaplan BA, Goldstein GR, Vijayaraghavan TV, Nelson IK. The effect of three polishing systems on the surface roughness of four hybrid composites: A profilometric and scanning electron microscopy study. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 34-8.
- 32) Chung KH. Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dent Mater* 1994; 10: 325-30.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos e dentro das limitações deste estudo, conclui-se que:

- 1) As resinas compostas nanoparticulada e nanohíbrida apresentaram melhor lisura superficial quando associadas ao sistema de polimento DP.
- 2) O fator material e a técnica de polimento influenciam na rugosidade superficial e topografia da superfície.
- 3) Para a resina composta microhíbrida, o polimento com ambos os sistemas ocasionou maior rugosidade superficial comparada à superfície polimerizada sob a tira de poliéster.
- 4) A rugosidade superficial obtida com o sistema de polimento JP para as resinas compostas nanoparticulada e microhíbrida ficou acima do valor clinicamente aceitável de 0,2 μm .

6 COMUNICADO DE IMPRENSA (PRESS RELEASE)

O aperfeiçoamento nas propriedades físicas e mecânicas dos materiais restauradores e a evolução dos sistemas adesivos tornaram possível a realização de restaurações conservadoras em resina composta, com preparos minimamente invasivos. Esta modalidade restauradora tem se mostrado efetiva na obtenção de excelentes resultados estéticos. Contudo, o adequado acabamento e polimento das resinas compostas são essenciais para a longevidade e desempenho clínico das restaurações. A superfície lisa de uma restauração irá fornecer uma estética ideal e baixo acúmulo de placa bacteriana. Uma textura de superfície mais áspera pode levar à diminuição do brilho e aumentar a descoloração da superfície do material, afetando a estética da restauração. Valores de rugosidade inferiores a 10 μm não são detectados clinicamente. No entanto, valores de 0,2 μm são o limiar para retenção de placa bacteriana, acima disso pode ocorrer o desenvolvimento de cáries e inflamação periodontal. Aquelas superfícies que apresentam rugosidade de 0,3 μm podem ser detectadas pelo paciente com a ponta da língua.

Baseado nisso, foi realizado um estudo experimental *in vitro* com o objetivo de avaliar a influência de dois diferentes sistemas de polimento na rugosidade superficial de três resinas compostas com composições variadas, disponíveis no mercado. Os resultados revelaram que a rugosidade superficial média obtida após o polimento com borrachas e discos abrasivos sobre todas as resinas compostas estava abaixo do valor clinicamente aceitável e foi altamente satisfatória. Entretanto, para as resinas compostas testadas do tipo nanoparticulada e microhíbrida, a rugosidade superficial obtida com as borrachas abrasivas pode resultar em um aumento do acúmulo de placa. No entanto, devido às condições dinâmicas do ambiente oral, é esperado um aumento da rugosidade da superfície. Por isso, uma avaliação mais aprofundada do impacto do envelhecimento sobre a rugosidade da superfície é necessária. Os resultados deste estudo são promissores e abrem caminho para novos estudos clínicos.

Contatos: Ayla Correia (aylamacyelle@hotmail.com) e Adriano Mendonça (adri_amm@yahoo.com.br). Universidade Federal de Sergipe, Hospital Universitário, Programa de Pós-graduação em Odontologia. Rua Cláudio Batista, s/n. Bairro Sanatório. Aracaju, Sergipe, Brasil. CEP: 49060-100.

REFERÊNCIAS

Berger SB, Paliolol ARM, Cavalli V, Giannini M. Surface roughness and staining susceptibility of composite resins after finishing and polishing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2011; 23(1): 34-45.

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.

Botta AC, Duarte Jr. S, Paulin Filho PI, Gheno SM. Effect of dental finishing instruments on the surface roughness of composite resin as elucidated by atomic force microscopy. *Microsc. Microanal*. 2008; 14: 380-6.

Celik C, Ozgünlaltay G. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of tooth-colored materials. *Quintessence International*. 2009; 40(9): 783-9.

Costa J, Ferracane J, Paravina RD, Mazur RF, Roeder L. The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2007; 19(4): 214-24.

Costa JB, Gonçalves F, Ferracane JL. Comparison of two-step versus four-step composite finishing/polishing disc systems: evaluation of a new two-step composite polishing disc system. *Operative Dentistry*. 2011; 36(2): 205-12.

Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M. Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. *Dent Mater J*. 2010; 29(2): 213-23.

Erdemir U, Sancakli HS, Yildiz E. The effect of one-step and multi-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of novel resin composites. *Eur J Dent*. 2012; 6: 198-205.

Ereifej NS, Oweis YG, Eliades G. The effect of polishing technique on 3-D surface roughness and gloss of dental restorative resin composites. *Operative Dentistry*. 2012; 38(1): 1-12.

Ergücü Z, Türkün LS. Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. *Oper Dent*. 2007; 32: 185-92.

Ferracane JL. Resin composite: state of the art. *Dent Mater*. 2011 Jan; 27(1): 29-38.

Gordan VV, Patel SB, Barrett AA, Shen C. Effect of surface finishing and storage media on bi-axial flexure strength and microhardness of resin-based composite. *Oper Dent*. 2003; 28: 560-7.

Heintze SD, Forjanic M, Rousson V. Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dent Mater*. 2006; 22(2): 146–65.

Hosoya Y, Shiraishi T, Odatsu T, Nagafuji J, Kotaku M, Miyazaki M, Powers JM. Effects of polishing on surface roughness, gloss, and color of resin composites. *J Oral Sci*. 2011; 53: 283-91.

Janus J, Fauxpoint G, Arntz Y, Pelletier H, Etienne O. Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multitechnique approach. *Dent Mater* 2010; 26: 416-25.

Jefferies SR. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art. *Dent Clin North Am*. 2007; 51: 379-97.

Jung M, Otte A, Klimek J. Is surface roughness of resin composites affected by operator's performance? *Am J Dent*. 2008; 21(1): 3-6.

Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The in vivo perception of roughness of restorations. *Br Dent J*. 2004; 196: 42-5.

Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *J Mater Sci Med.* 2007; 18: 155-63.

Lainović T, Vilotić M, Blažić L, Kakaš D, Marković D, Ivanišević A. Determination of surface roughness and topography of dental resin-based nanocomposites using AFM analysis. *Bosn J Basic Med Sci.* 2013; 13(1): 34-43.

Madhyastha PS, Naik DG, N S, Kotian R, Bhat KMR. Effect of finishing/polishing techniques and time on surface roughness of silorane and methacrylate based restorative materials. *OHDM.* 2015; 14(4): 212-8.

Marghalani HY. Effect of filler particles on surface roughness of experimental composite series. *Journal of Applied Oral Science.* 2010; 18(1): 59-67.

McConnell MD, Liu Y, Nowak AP, Pilch S, Masters JG, Composto RJ. Bacterial plaque retention on oral hard materials: effect of surface roughness, surface composition and physisorbed polycarboxylate. *J Biomed Mater Res A.* 2010; 92: 1518-27.

Ono M, Nikaido T, Ikeda M, Imai S, Hanada N, Tagami J, Matin K. Surface properties of resin composites materials relative to biofilm formation. *Dent Mater J.* 2007; 26: 613- 22.

Ozel E, Korkmaz Y, Attar N, Karabulut E. Effect of one-step polishing systems on surface roughness of different flowable restorative materials. *Dental Materials Journal.* 2008; 27(6): 755-64.

Park JW, Song CW, Jung JH, Ahn SJ, Ferracane JL. The effects of surface roughness of composite resin on biofilm formation of *Streptococcus mutans* in the presence of saliva. *Operative Dentistry.* 2012; 37(5): 532-9.

Rodrigues-Junior SA, Chemin P, Piaia PP, Ferracane JL. Surface roughness and gloss of actual composites as polished with different polishing systems. *Operative Dentistry.* 2015; 40(1): 1-12.

Say EC, Yurdagüven H, Yaman BC, Özer F. Surface roughness and morphology of resin composites polished with two-step polishing systems. *Dental Materials Journal*. 2014; 33(2): 1–11.

Scheibe KGBA, Almeida KGB, Medeiros IS, Costa JF, Alves CMC. Effect of different polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *Journal of Applied Oral Science*. 2009; 17(1): 21-6.

Shimane T, Endo K, Zheng JH, Yanagi T, Ohno H. Wear of opposing teeth by posterior composite resins -Evaluation of newly developed wear test methods. *Dent Mater J*. 2010; 29: 713-20.

Watanabe T, Miyazaki M, Takamizawa T, Kurokawa H, Rikuta A, Ando S. Influence of polishing duration on surface roughness of resin composites. *Journal of Oral Science*. 2005; 47: 21-5.

ANEXO 1

Instruction for Authors

(Edited 2015-3-1)

1. Papers submitted to Dental Materials Journal should be directed to the research and development of dental materials, devices and new techniques in dentistry or related fields. Manuscripts in the following categories are acceptable; original and review papers.

- Original papers: Full length papers consisting of complete and detailed descriptions of a research problem, the experimental approach, the findings and appropriate discussion.

- Review papers: Intending authors should communicate with the editorial board beforehand by e-mail.

2. Manuscripts should be written in English. They should not be under consideration for publication in any other Journal and must not have been previously published.

3. Manuscripts should be conforming to Dental materials Journal style and have English language errors corrected before submission. The editorial board may return the manuscript without refereeing due to the poor style and language usage. In the case of authors who are not native speaker of English, before submission, English grammar and syntax in the manuscripts should be checked and corrected by a native English-speaking person.

4. Experimentation involving human subjects should be carried out in full accordance with ethical principle, including the World Medical Association Declaration of Helsinki. All studies using human subjects should include an explicit statement in the Material and Methods section identifying the ethics committee approval for each study. When experimental animals are used, the manuscript must state that the care to minimize pain and discomfort was in accordance with institution guidelines.

5. All manuscripts will be sent to reviewers. Authors will be asked to revise the manuscripts according to the reviewer's comments. Acceptance or rejection of the manuscripts will be decided by the editorial board of Dental Materials Journal.

6. Copyright of papers accepted for publication will be property of the Japanese Society for Dental Materials and Devices. Direct quotations, tables and illustrations in the published paper should be accompanied by written permission for their use from the copyright owners.

7. The manuscripts should be typed, double-spaced, on white paper of A4 size (297 mm×210 mm) with a word processor. Top, bottom and side margins should be about 25 mm. Number all pages consecutively at the middle of the bottom margin.

8. Title page should include the following items:

- Category of the manuscript
- Title (the head of title sentence in capital letters and the others in lower case)
- Full names of the authors (Daisuke YAMASHITA¹ and Seiji BAN²)
- Institutions and addresses (including the all institutions' addresses;

¹Department of Periodontology, Graduate school of Medical and Dental Sciences, Kagoshima University, 8-35-1 Sakuragaoka, Kagoshima 890-8544, Japan

²Department of Biomaterials Science, Graduate school of Medical and Dental Sciences, Kagoshima University, 8-35-1 Sakuragaoka, Kagoshima 890-8544, Japan)

- Key words (3-5 words and the head of each keyword in capital letters)
- Numbers of reprints (number of reprints should be 50 multiples)
- Corresponding author (full name; e-mail address; phone number, fax number)

9. Manuscripts should include the following items:

- ABSTRACT (100-150 words)
- INTRODUCTION
- MATERIALS AND METHODS
- RESULTS
- DISCUSSION
- CONCLUSION (if included)
- ACKNOWLEDGMENTS (if applicable)
- REFERENCES

10. Proprietary names of commercial products should be expressed in parentheses by their brand names, model, company, city, states and country.

- a cutting instrument (Komet-Brasseler, GmbH, Lemgo, Germany)
- a luting cement (Maxcem, Kerr Corporation, Orange, CA, USA)

11. Do not use the space key before °C, °, or % in the text (2°C, 25%).

12. Do not use the space key before and after >, =, /, ±, or × in the text (t=18, 25×70).

13. The dash markers should be used referring to three examples.

- Au-Ag alloy, all-ceramic inlay, 1-mm-deep, or p18-21 (Hyphen; Unicode: 002D)
- ranged in 2.5–3.6 mg weight or for 20–25 days (n-dash; Unicode: 2013)
- observed adjacent to the hybrid layer —but with differing appearances.
main text□—text—□main text (□ means space) (m-dash; Unicode: 2014)

14. Cite references in text should be in numerical order and used in superscript in line without any space (reference¹), reference^{1,2}) or reference²⁻⁶).).

15. The reference applies to the Vancouver style; follow the sample references of NLM (http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html). The references should be grouped in a section at the end of the text in numerical order as they appear in the text and should take the following form:

• *For journals*

Authors' surname together with their initials, full title of the article, the abbreviated name of the journal (as shown in Index Medicus), year, volume, inclusive page numbers.

1) Kono H, Miyamoto M, Ban S. Bioactive apatite coating on titanium using an alternative soaking process. *Dent Mater J* 2007; 26: 186-193.

2) Ban S, Tsuruta S. Effect of surface modification using super critical water for metal substrate on the bonding strength of veneering resins. *J J Dent Mater* 2002; 21: 82-89.

• *For books*

Authors' surname together with their initials: title of the book, city of publication, publisher, year of publication, inclusive page numbers.

1) Anusavice KJ. In: Anusavice KJ, editor. *Phillips' science of dental materials*. 11th ed.

St. Louis: Saunders Co; 2003. p. 655-719.

• *For Proceedings*

1) Sato H, Ban S, Yamasaki Y. Effect of surface treatments on bonding strength of dental zirconia ceramics to resin cements. *Proceedings of the 9th Asian BioCeramics Symposium*; 2009 Dec 8-11; Nagoya, Japan. Sendai: Meirin-sha; 2009. p. 8-11.

16. Figures should be numbered according to their order in the text. Each figure should be drawn separately. Figure captions are to appear on a separate page at the end of the manuscript.

17. Tables should be numbered according to their order in the text. Each table should be typed on a separate sheet and should be understandable without referring to the text. Standard deviations of values should be indicated in parentheses.

18. As a unit system, the international system of units (SI), MKS-system and CGS system are acceptable, whereas the yard-pound system is not permitted.

19. The variable and abbreviation of lingua Latina should be written in italic alphabet ($p < 0.05$, *et al.*, *i.e.*).

20. When proof-reading, the author must not insert or eliminate sentences for revision purposes; only the correction of errors is allowed.

21. The publishing charge is 30,000 yen for a paper that does not exceed four Journal pages including tables and figures. As for charges over four pages, 9,000 yen per page will be paid by the authors. Extra charges for such as figures and tables preparation, color printing of photographs will also be paid by the authors. If authors do not pay publishing charge, the article may be retracted.

22. Instructions for online submission

(1) Dental Materials Journal now only accepts online submissions. All manuscripts should be submitted on the DMJ-Web site (J-STAGE).

<http://mc.manuscriptcentral.com/dmj>

(2) The authors should fill up all required information on the DMJ-Web site and upload the following files; a text, figures and tables as specified forms.

- Text: DOC
- Table: DOC or XLS
- Figure: PDF, JPG, BMP, TIF, PPT (not PPTX)
- Color information: DOC or PDF

(3) All files should be within 20MB.

(4) The resolution of the photos and figures is desirable in 1200 dpi. The extra white space around the actual figure should be erased.

(5) Use the surname and type of document as the file name such as riko-text, riko-fig3, riko-fig10, etc.

(6) All text and file names should be free from non-English fonts. Times or Times New Roman is adequate.

(7) Figure numbers and captions should be appeared on a separate page at the end of the text, not be indicated inside of the figure.

(8) The mode of the images can be selected from three cases in (a)-(c).

(a) If figures appear in gray-scale both in the printed version and in the electronic version of the journal, the illustrations should be produced in gray-scale.

(b) If figures appear in gray-scale in the printed version and in color in the electronic version of the journal, the illustrations should be produced in color. There will be no charges of color in the electronic version to the authors. The illustrations in gray-scale may be required together with your accepted article based on the decision by the Editor-in-Chief.

(c) If figures appear in color both in the printed version and in the electronic version of the journal, the illustrations should be produced in color. There will be the additional charges of color printing to the authors.

If you use the color images, please indicate your preference for (b) color in the electronic version only or (c) color both in the printed version and in the electronic version and your information of gray-scale printing or color printing for each image on a separate file for the color information.

23. All questions and contact sent by e-mail to the editorial office should be titled as “DMJ-Inquiry”.

E-mail: edit-dmj@kokuhoken.or.jp