



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE DE RESINAS COMPOSTAS DIFERENTES PROCEDIMENTOS DE POLIMENTO E ACABAMENTO

Trabalho submetido por
Rita Castanheira Nunes Costa Simões
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Professor Doutor Pedro Moura

Setembro de 2013

Agradecimentos

Ao meu orientador, o Professor Doutor Pedro Moura, queria expressar o meu profundo agradecimento, por me ter aceite como orientanda, me ter apoiado, incentivado e por sempre ter mostrado disponibilidade em todas as fases de elaboração deste projecto. Por tudo isto, queria exprimir a minha gratidão e estima.

Ao Professor Doutor Jorge Caldeira, pela sua compreensão, amabilidade e ajuda imprescindível na utilização do AFM.

Ao Professor Luís Proença que teve um papel importantíssimo na análise estatística dos resultados.

Ao Professor Doutor José João Mendes, pela forma como sempre se revelou extremamente prestável e disponível para ajudar.

Ao Professor Doutor Mário Polido, pela disponibilização do Laboratório de Biomateriais e outros elementos essenciais para a realização da investigação.

A todos os professores, assistentes e monitores que contribuíram para a minha formação académica e para a minha evolução no âmbito da Medicina Dentária.

A todos os meus colegas que acompanharam o meu percurso e com quem criei laços de amizade, que foram extremamente importantes durante estes anos.

À minha família, especialmente à minha mãe, que me proporcionou a possibilidade e o apoio necessário para concretizar as minhas ambições e que me incentivou sempre a dar o meu melhor.

Ao meu namorado, Diogo Castro, que sempre esteve presente e que contribuiu activamente para a minha capacidade de superar todos os obstáculos.

À DENTINA que amavelmente forneceu a resina Enamel Plus HRi para este estudo.

Resumo

Introdução: No âmbito da dentisteria restauradora o objectivo é criar uma interacção benéfica entre a restauração, os tecidos dentários e o meio oral envolvente, sendo para isso, o polimento e acabamento das restaurações um dos passos essenciais. A resina composta, enquanto material restaurador, tem sido amplamente utilizada não só pelo aperfeiçoamento das suas características bem como pelas exigências estéticas dos pacientes.

Objectivo: Comparar a rugosidade de superfície de duas resinas compostas aplicando diferentes sistemas de polimento.

Materiais e métodos: As resinas compostas utilizadas neste estudo foram a Enamel Plus HRi e Filtek Z250. Cada resina utilizada foi dividida em 3 grupos de polimento, polimento com sistema Enhance[®] (Dentsply[®]), Enamel Plus[®] Shiny e discos Sof-Lex[™] XT (3M[™] ESPE[™]). Foram preparadas 42 amostras no total que foram divididas pelos sistemas de polimento (n=7). As resinas foram colocadas em moldes metálicos cilíndricos (10mm x 2 mm) confinados entre 2 matrizes de acetato transparentes e por cima destas foi colocado um vidro para retirar os excessos. Foram fotopolimerizados segundo as instruções do fabricante. Depois das amostras serem polidas, foram lavadas com água destilada durante 10 segundos e secas durante 5 segundos para retirar os detritos. As amostras foram analisadas com o microscópio de força atómica.

Resultados: Para a resina Enamel Plus HRi não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nos valores de R_a entre os diferentes sistemas de polimento ($p>0,05$). Na resina Filtek Z250, o sistema Enhance apresentou resultados de R_a mais elevados ($p<0,05$), que os outros sistemas. O sistema Shiny e Sof-Lex XT ($p<0,05$) demonstraram, em termos estatísticos, serem semelhantes.

Conclusão: Para a resina Enamel plus HRi, não existem diferenças significativas no comportamento clínico dos sistemas de polimento. No caso da resina Filtek Z250 os sistemas Sof-Lex e Shiny apresentaram maior eficácia que o sistema Enhance.

Palavras-chave: Polimento, acabamento, rugosidade, resina composta

Abstract

Introduction: Restorative dentistry seeks to create a beneficial interaction between the restoration, the tooth tissues and the oral environment, and for this, polishing and finishing of the restoration is an essential step. The composite resin, as a restorative material, has been widely used not only by the improvement of its characteristics features but also by the aesthetic demands of patients.

Objective: Compare the surface roughness of two composites with different polishing systems.

Materials and methods: The composites used in this study were Enamel Plus HRi and Filtek Z250. Each resin used was divided into 3 groups of polishing, polishing system with Enhance[®] (Dentsply[®]), Enamel Plus[®] Shiny and Sof-Lex[™] XT discs (3M[™] ESPE[™]). A total of 42 samples were prepared and divided by the polishing systems (n=7). The resins were placed in cylindrical metal molds (10 mm x 2 mm) confined between two transparent mylar strips acetate matrix and over these was placed glass to remove the excess material. They were light cured according to the manufacturer's instructions. After polishing the samples, they were rinsed with distilled water for 10 seconds and dried for 5 seconds to remove the debris. They were analyzed with the atomic force microscope.

Results: To the resin Enamel Plus HRi no statistically significant differences were found between the polishing systems ($p > 0,05$). In the case of Filtek Z250, Enhnance system showed bigger R_a value ($p < 0,05$) than the other polishing systems. Shiny and Sof-Lex XT systems ($p < 0.05$) didn't show statistical differences.

Conclusion: To the resin Enamel plus HRi, there were no significant differences in the clinical behavior of polishing systems. On the contrary, in Filtek Z250, systems Sof-Lex XT and Shiny showed greater efficacy than the system Ehnance.

Keywords: Polishing, finishing, roughness, composite resin

Índice

1.Introdução	13
1.1.Resinas Compostas	13
1.1.1.Composição	13
1.1.2.Classificação	15
1.1.3.Polimento e acabamento	17
1.1.4.Rugosidade de superfície	22
1.2.Métodos de avaliação de rugosidade	23
1.2.1.Profilómetros de contacto	23
1.2.2.Profilómetros de não contacto	24
1.2.3.Microscopia de efeito de túnel	24
1.2.4.Microscópio de força atómica (AFM)	25
2.Materias e Métodos	27
2.1.Objectivos	27
2.2.Hipóteses de estudo	27
2.3.Materiais	28
2.4.Protocolo de preparação das amostras	31
2.5.Análise das amostras	33
3.Resultados.....	35
3.1.Caracterização da amostra	35
3.2.Medição da rugosidade	35
3.3.Estatística.....	38
3.3.1.Análise descritiva	40
3.3.2.Comparação de resultados	41
4.Discussão	45
4.1.Discussão do método	45

4.2.Discussão dos resultados obtidos neste estudo.....	46
5.Conclusão	50
6.Bibliografia.....	51

Índice de Figuras

Figura 1 - Resina composta Enamel Plus HRi (Esmalte Universal)	28
Figura 2 - Resina composta Filtek Z250	28
Figura 3 - Molde metálico de 10 mm de diâmetro e 2 mm de altura	31
Figura 4 - Molde metálico de 10 mm de diâmetro e 2 mm de altura preenchida com resina composta após esta ter sido polimerizada	31
Figura 5 - TT-AFM	33
Figura 6 - TT-AFM analisando amostra de resina composta.....	33
Figura 7 - Disco de resina composta com a zona central assinalada onde foi realizada a análise.....	32
Figura 8 - Amostra acetato Enamel Plus HRi.....	35
Figura 9 - Amostra acetato Filtek Z250	35
Figura 10 - Imagens das amostras de resina Enamel Plus HRi polidas com sistema Shiny.....	36
Figura 11 - Imagens das amostras de resina Enamel Plus HRi polidas com sistema Ehnance	36
Figura 12 - Imagens das amostras de resina Plus HRi polidas com sistema Sof-Lex... ..	36
Figura 13 - Imagens das amostras de resina Filtek Z250 polidas com sistema Shiny ..	37
Figura 14 - Imagens das amostras de resina Filtek Z250 polidas com sistema Sof-lex	37
Figura 15 - Imagens das amostras de resina Filtek Z250 polidas com sistema Ehnance	37
Figura 16 - Gráfico representativo dos resultados de Ra (μm) par a resina Enamel Plus HRi	39
Figura 17 - Gráfico de barras representativo dos resultados de Ra (μm) para a resina Filtek Z250	39

Figura 18 - Gráfico de barras representando a média de valores de Ra para cada sistema de polimento	41
Figura 19 - Diagrama boxplot com os valores de Ra (μm) da resina Enamel plus HRI para os diferentes sistemas de polimento.	43
Figura 20 - Diagrama boxplot com os valores de Ra (μm) da resina Filtek Z250 para os diferentes sistemas de polimento.....	44

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Características das resinas compostas utilizadas nesta investigação.....	29
Tabela 2 - Características dos sistemas de polimento investigados	30
Tabela 3 - Valores de rugosidade Ra para a resina Enamel Plus HRi.....	38
Tabela 4 - Valores de rugosidade Ra para a resina Filtek Z250.....	38
Tabela 5 - Valores de Ra para a média, intervalo de confiança a 95%, máximo e mínimo.....	40
Tabela 6 - Valores da média de Ra com os respectivos desvios padrão	41

Abreviaturas

Ra – Média aritmética de rugosidades

AFM – Microscópio de força atómica

SEM - Microscópio electrónico de varrimento

TEM - Microscópio electrónico de transmissão

nm - Nanómetros

µm - Micrómetros

1.Introdução

1.1.Resinas Compostas

No âmbito da dentisteria restauradora um dos principais objectivos é criar uma interacção benéfica entre os tecidos dentários e a restauração. Muitos clínicos preferem a utilização de resinas compostas e os próprios pacientes têm vindo a aumentar a sua exigência estética, sendo assim cada vez mais comum a utilização deste material (Antonson, Yazici, Kilinc, Antonson, & Hardigan, 2011). O sucesso da restauração vai depender das propriedades do material utilizado, tais como, resistência ao desgaste, dureza, rugosidade e também da integridade da interface entre dente e restauração (Briso, Caruzo, Guedes, Catelan, & Dos Santos, 2011).

1.1.1.Composição

As resinas compostas, introduzidas por Bowen em 1962, têm vindo a ser modificadas e melhoradas ao longo dos tempos (Venturini, Cenci, Demarco, Camacho, & Powers, 2006).

A composição das resinas compostas resume-se a quatro componentes principais, a matriz resinosa polimérica, partículas inorgânicas de carga, agentes ligantes que actuam unindo as partículas inorgânicas à matriz resinosa e químicos que têm o papel de promover ou modelar a reacção de polimerização (Ferracane, 2011).

Matriz resinosa

Este componente é geralmente o dimetacrilato (BIS-GMA) e é a estrutura base da resina que por si só não resulta, sendo necessário adicionar partículas de carga e agentes ligantes para a reacção de polimerização se iniciar. Também contêm aditivos como o iniciador, acelerador, retardador e estabilizadores de luz ultravioleta (Bird & Robinson, 2012)

Partículas inorgânicas

As funções das partículas inorgânicas são várias, tais como, melhorar as características mecânicas e físicas da resina composta. Quando a fracção de volume destas partículas atinge cerca dos 70%, a resistência à fractura e à abrasão atinge valores semelhantes à dos dentes naturais, determinando uma maior durabilidade e melhorando o comportamento clínico do material. Também o facto de diminuírem a absorção de água faz com que a resina não seja tão susceptível à abrasão e pigmentação.

Quanto maior a quantidade destas partículas, menor a contracção de polimerização e menores as alterações dimensionais resultantes de variações térmicas. Esta última está relacionada com o facto das partículas de vidro e cerâmica expandirem e contraírem menos que os polímeros.

Por fim, a radiopacidade destas partículas inorgânicas permite que radiograficamente se detectem problemas relacionados com a cáries secundárias ou defeitos da restauração como restaurações debordantes.

A selecção do tamanho destas partículas e a sua distribuição permite maximizar o volume ocupado por elas na resina composta. A distribuição de partículas com um tamanho uniforme permite teoricamente um volume máximo de 74% por se formarem sempre espaços entre estas partículas. No caso de se utilizarem partículas de menor dimensão juntamente com outras partículas de maior dimensão o resultado é um espaço menor entre partículas e maior volume ocupado por estas partículas (Anusavice, 2013).

A partícula inorgânica mais frequentemente utilizada é o vidro de silicato de bário com um tamanho médio de 0,6-1 μm . O objectivo dos fabricantes é maximizar a quantidade de partículas inorgânicas na resina composta e diminuir o tamanho dessas mesmas partículas (Blackham, Vandewalle, & Lien, 2009).

O conteúdo de partículas de carga na resina composta também vai afectar a rugosidade de superfície dessa mesma resina. Resinas microparticuladas apresentam superfícies mais lisas que as resinas microhíbridas (Poggio, Conservatrice, & Matteo, 2006).

1.1.2.Classificação

A classificação das resinas compostas é feita de acordo com as suas características , tais como tipo de constituição, distribuição dos constituintes, tamanho médio das partículas e propriedades físicas e mecânicas (Senawongse & Pongprueksa, 2007).

Uma das classificações das resinas compostas mais comum, baseia-se no tamanho das partículas de carga, dividindo as resinas compostas em macroparticuladas (1-50 μ m) , microparticuladas (0,1-10 μ m) e híbridas (0,01-10 μ m). Com o avanço da nanotecnologia, mais recentemente, surgiu uma nova categoria de compósitos, os nanocompósitos que incluem resinas nanoparticuladas/nanohíbridas (1-100nm) (Anusavice, 2013; Sideridou, Karabela, & Vouvoudi, 2011).

Macroparticuladas

Os compósitos macroparticulados, também designados como compósitos convencionais, apareceram em 1970. À formulação inicial foram adicionadas partículas de grandes dimensões de sílica amorfa e quartzo que permitiram conferir à resina composta melhores propriedades mecânicas, de absorção de água, expansão térmica e contracção de polimerização. O problema que surgiu com estes compósitos foi o facto do polimento e acabamento ser pouco eficiente, visto que, devido à grande dureza destas partículas, a matriz de resina composta era selectivamente polida (Anusavice, 2013).

Microparticuladas

As resinas compostas microparticuladas foram desenvolvidas com o intuito de melhorar as qualidades estéticas e de polimento do material.(Anusavice, 2013)

Possuem propriedades físicas e mecânicas inferiores às resinas macroparticuladas o que limita a sua utilização em regiões de *stress* mastigatório, ou seja zonas posteriores (Melo Júnior, 2011).

Híbridas

As resinas híbridas, tal como o nome indica, são constituídas por partículas de tamanhos diferentes, nomeadamente partículas com tamanhos entre 0,01-0,1 μm e 0,1 e 10 μm .

As resinas híbridas mais modernas têm na sua constituição sílica coloidal e partículas de vidro com metais pesados. O volume ocupado por estas partículas atinge os 75-80%. As vantagens desta característica das resinas híbridas vai ser abordada mais à frente (Anusavice, 2013).

Nanocompósitos

Com o desenvolvimento da nanotecnologia foi possível obter uma resina composta com um óptimo potencial de polimento, que é característico dos compostos microparticulados, aliado a excelentes propriedades mecânicas, típico de compósitos híbridos (Mitra, 2003).

Os nanocompósitos podem ser divididos em duas categorias, os nanoparticulados e nanohíbridos (Melo Júnior, 2011).

Os compósitos nanoparticulados são constituídos por nanopartículas que estão incorporadas na matriz resinosa enquanto que os compósitos nanohíbridos contêm nanopartículas e partículas de tamanhos convencionais, semelhante ao que acontece nas resinas microhíbridas (De Moraes et al., 2009).

Os compósitos nanoparticulados podem apresentar-se de duas formas, a forma dispersa onde existem partículas de sílica na ordem dos 20nm e outra forma, a aderida, onde estão presentes nanocomplexos de sílica e zircónio que se comportam como uma entidade única e que têm um tamanho médio de 75nm (Melo Júnior, 2011).

Assim sendo estas resinas nanoparticuladas com matrizes orgânicas modificadas, oferecem uma grau de polimerização maior que melhora as suas propriedades físicas e mecânicas (Erdemir, Sancakli, & Yildiz, 2012).

Os nanocompósitos conseguem fornecer as propriedades estéticas necessárias para serem utilizados como restaurações anteriores bem como propriedades mecânicas para

funcionarem em zonas de *stress* mecânico como são as zonas posteriores (Jung, Eichelberger, & Klimek, 2007).

A nanotecnologia permitiu incorporar maior quantidade de partículas inorgânicas e com uma distribuição melhor comparada a outras categorias de compósitos (Oliveira et al., 2011).

Segundo Jung, Sehr and Klimek a qualidade de superfície dos compósitos nanoparticulados advém do seu alto conteúdo em partículas inorgânicas (Gonçalves, Teixeira, Rodrigues, De Oliveira, & Salvio, 2012).

As partículas inorgânicas contribuem para melhorar as propriedades mecânicas das resinas compostas mas também aumentam a sua estética pois refletem a luz incidente (Oliveira et al., 2011).

1.1.3. Polimento e acabamento

Actualmente, as resinas compostas são um material amplamente utilizado. Este material tem-se revelado uma óptima escolha devido ao seu custo moderado em relação ao material cerâmico, boa estética e resistência adequada (Schmitt et al., 2011).

A popularidade das resinas compostas tem vindo a aumentar apesar das reservas em relação à abrasão, microinfiltração marginal, sensibilidade pós-operatória e toxicidade (Sadowsky, 2006).

Actualmente as resinas compostas são o material estético mais utilizado como material restaurador (Boroujeni, Daneshpour, & Jahromi, 2012).

As resinas compostas são um grupo bastante heterogéneo de materiais em termos de composição, variando bastante as dimensões das suas partículas e a forma como estas estão organizadas. Assim sendo, resinas compostas microparticuladas, híbridas ou compactáveis, submetidas a procedimentos iguais de acabamento e polimento, vão apresentar superfícies com rugosidades diferentes (Barbosa, Zanata, Navarro, & Nunes, 2005).

Segundo Stoddard & Johnson a rugosidade de superfície das resinas compostas pode ser determinada pelas suas características tais como tipo, tamanho e quantidade de

partículas de carga e ainda matriz resinosa, mas não só, também pelo instrumento de polimento utilizado (Pontes & Mainieri, 2009).

Resinas compostas convencionais, designadas como macropartículas, eram bastante resistentes mas muito difíceis de polir. Por esta razão, os fabricantes começaram a formular compósitos com partículas de menor dimensão. Assim surgiram os compósitos microparticulados, que apesar de serem passíveis de serem polidos demonstraram ter pouca resistência, devido ao seu conteúdo baixo de partículas inorgânicas. Pela necessidade de criar uma resina composta com resistência e capacidade de ser polida, até uma superfície lisa, surgiram então resinas microhíbridas contendo partículas com um tamanho médio de 0,4-1,0 μm . Estes materiais foram considerados como universais pois podiam ser utilizados tanto em restaurações anteriores como posteriores (Ferracane, 2011).

Com a introdução de resinas microhíbridas, mas principalmente nanohíbridas, foi possível obter superfícies mais lisas ao combinar características mecânicas a um procedimento de polimento mais simples (Giacomelli et al., 2010).

Em dentisteria, a nanotecnologia foi introduzida em 1997. Esta evolução permitiu desenvolver materiais restauradores com novas características, nomeadamente formulações com partículas de menor dimensão, tornando mais eficaz o seu polimento e aumentando assim o sucesso clínico (Atabek, Sillelioglu, & Olmez, 2010).

A preocupação pelos efeitos do polimento na qualidade estética das restaurações remonta a 1979, onde foram conduzidos estudos por Lietha-Elmer and Kratky que concluíram que o brilho do material dependia essencialmente da microgeometria de superfície (Joniot, Salomon, Dejou, & Grégoire, 2006).

Mais de 80% dos pacientes relatam preocupações em relação às diferenças de cor entre as restaurações e os dentes naturais adjacentes (Ghinea et al., 2011).

Para além dos diferentes tipos de resina composta, cada uma é constituída por diferentes componentes, nomeadamente matriz resinosa e partículas inorgânicas de carga, que por sua vez têm diferentes níveis de dureza. Estas diferenças causam variações na rugosidade de superfície após polimento (Senawongse & Pongprueksa, 2007).

Por esta razão, frequentemente, o que acontece após polimento é que se formam crateras à volta das partículas de quartzo dos compósitos convencionais, resultando em irregularidades na sua superfície (Sarac, Sarac, Kulunk, Ural, & Kulunk, 2006).

A dimensão das partículas que constituem as resinas compostas, influencia a porosidade final da restauração. Partículas maiores resultam numa rugosidade final aumentada.

Resumindo, é extremamente difícil que uma superfície de uma restauração a resina composta atinja um alto grau de polimento. Este facto deve-se a factores como diferentes quantidades de partículas inorgânicas, diferentes tamanhos destas partículas e diferenças de dureza entre a matriz resinosa e as partículas de carga (Lima, Romano, Correa, & Demarco, 2009).

Actualmente através das restaurações com resinas compostas conseguimos atingir uma óptima estética com resultados satisfatórios na mimetização do aspecto natural do esmalte. Os principais responsáveis por esta evolução são a utilização de resinas nanoparticuladas, novas técnicas como a técnica de estratificação e uma escala de cores adequada (Kameyama *et al.*, 2008).

As restaurações, tanto directas como indirectas, têm de ser submetidas a procedimentos de polimento e acabamento. O objectivo destes procedimentos é obter uma superfície lisa, cujos benefícios são melhor saúde gengival, eficiência mastigatória, conforto para o paciente e estética (Anusavice, 2013).

Quando nos referimos a procedimentos de acabamento e polimento, em dentisteria restauradora, referimos-nos a um conjunto de passos sucessivos: ajuste oclusal e da anatomia através de um contorno grosseiro, redução da rugosidade e riscos criados durante o passo anterior e por fim realizar o acabamento para obter uma superfície lisa e que mimetize o mais possível as características ópticas do esmalte (Gönülol & Yilmaz, 2012).

O acabamento e polimento também são importantes para a eliminação da camada superficial de resina não polimerizada, devido ao contacto com o oxigénio (Scheibe, Almeida, Medeiros, Costa, & Alves, 2009).

Por outro lado, os procedimentos de polimento e acabamento permitem aumentar a eficiência mastigatória, visto que, as superfícies polidas, permitem obter áreas

mastigatórias livres de restos alimentares e ainda diminuir o desgaste dos dentes oponentes (Anusavice, 2013).

Os pacientes conseguem detectar uma rugosidade de superfície à volta dos 20 micrômetros através da propicepção da língua, o que pode provocar um desconforto constante. Segundo Bosma, o dorso da língua é provavelmente o local do corpo com mais fibras sensitivas (Jones, Billington, & Pearson, 2004).

Em termos mecânicos é desfavorável o contacto entre dois corpos com superfícies rugosas devido ao aumento de stress, por isso, uma superfície com um bom acabamento e polimento pode aumentar a resistência da restauração, aumentando assim a sua durabilidade (Anusavice, 2013)

A superfície mais lisa é obtida polimerizando a resina composta em contacto com a matriz de acetato, conseguindo-se uma rugosidade média de aproximadamente 0,8 µm (Zimmerli et al., 2011).

O problema é que clinicamente muitas vezes precisamos de remover excessos de material, ajustar a oclusão ou forma anatómica da restauração e para isso necessitamos de instrumentos de acabamento e polimento (Janus, Fauxpoint, Arntz, Pelletier, & Etienne, 2010).

Procedimentos de polimento e acabamento são inevitáveis para melhorar a estética da restauração, a sua estabilidade de cor, integridade marginal e maior resistência ao desgaste (Yazici, Tuncer, Antonson, Onen, & Kilinc, 2010). A rugosidade de superfície e o brilho são parâmetros inversamente proporcionais, quanto maior a rugosidade, menor o brilho e assim pior a estética (Hosoya et al., 2011).

Segundo Chung as restaurações têm uma aparência lisa se a sua rugosidade fôr inferior a 1 micrômetro (Celik & Ozgünaltay, 2009).

Várias técnicas e instrumentos de acabamento e polimento foram desenvolvidos pelos fabricantes e podem ser divididos em quatro categorias: discos e lixas abrasivas, brocas de carbide, diamantadas e pedras, borrachas abrasivas e partículas abrasivas soltas em forma de pastas e pós (Marghalani, 2010).

No caso de restaurações em dentes anteriores os discos de óxido de alumínio são adequados, mas já no caso de dentes posteriores os instrumentos adequados são brocas

diamantadas e de carbide, borrachas e pedras e ainda borrachas de silicone com pastas abrasivas (Pereira et al., 2011).

O procedimento de acabamento e polimento consiste na utilização sequencial de vários instrumentos de granulação cada vez mais pequena, com vista a obter uma superfície brilhante. Recentemente foi desenvolvida a técnica “one-step”, com pastas diamantadas e borrachas de silicone, com o objectivo de diminuir o tempo clínico de execução e melhorar os resultados com apenas um instrumento (Zeynep Ergücü, Türkün, & Aladag, 2008).

Para que o sistema de polimento seja efectivo, as partículas abrasivas contidas nesses mesmos sistemas de polimento têm de ter uma dureza superior às partículas inorgânicas que constituem a resina composta, caso contrário, o que acontece é que a matriz resinosa é removida mas as partículas não, ficando estas assim salientes e causando um insucesso em criar uma superfície lisa (Reis, Giannini, Lovadino, & Dos Santos Dias, 2002).

Outro elemento que influencia a eficácia do acabamento e polimento é a pressão que o indivíduo aplica, orientação do polimento e o tempo que gasta por cada material abrasivo (Korkmaz, Ozel, Attar, & Aksoy, 2008).

Durante a fricção dos instrumentos de acabamento e polimento, nas restaurações pode ocorrer um aumento de temperatura significativo. No sentido de minimizar essa produção de calor a técnica que deverá ser utilizada passa por contactos intermitentes e pressão alternada de forma a não causar nenhum tipo de dano aos tecidos dentários (Boroujeni et al., 2012).

Neste momento, não existe um consenso na literatura, em relação a qual o procedimento de polimento e acabamento mais eficaz para a resina composta. Devido a este facto, é importante avaliar diferentes compósitos polidos com diferentes sistemas de polimento, quantificando as alterações da rugosidade e da estabilidade de cor ao longo do tempo (Schmitt et al., 2011).

1.1.4. Rugosidade de superfície

A placa bacteriana forma-se não só nos tecidos dentários como também nos materiais restauradores como resinas compostas. A placa bacteriana dentária é formada predominantemente por espécies de esteptococos, mas após as duas primeiras horas da formação do biofilme, espécies de actinomyces começam a exercer o seu predomínio. Após 6 horas do desenvolvimento do biofilme são espécies como estreptococos *oralis*, *mitis* e *sanguinis* que dominam (Rüttermann, Bergmann, Beikler, Raab, & Janda, 2012).

Um factor que provavelmente é responsável pelo aparecimento de restaurações infiltradas e portanto para o insucesso da restauração é a adesão e formação do biofilme. A adesão deste biofilme, constituído por bactérias como *Streptococcus mutans* (*S. mutans*), à resina composta depende da sua constituição e rugosidade (Ono et al., 2007).

As superfícies lisas promovem menos acumulação de placa bacteriana, reduzindo por isso o risco de cárie e facilitando a higiene oral por parte do paciente (Anusavice, 2013).

Segundo vários estudos uma rugosidade média entre 0,7 e 1,4 μm leva à acumulação de placa bacteriana (Zimmerli, Lussi, & Flury, 2011).

A rugosidade de superfície das resinas compostas, nomeadamente rugosidades superiores a 0,2 μm , aumenta a probabilidade de adesão de biofilme o que pode levar à pigmentação e/ou descoloração da restauração.

Uma rugosidade de superfície aumentada da restauração a resina composta, aumenta a probabilidade de adesão do biofilme bacteriano. Por sua vez este absorve compostos químicos provenientes de certas comidas e bebidas, que se difundem nos compósitos utilizados e que promovem a sua degradação (Schmitt et al., 2011).

1.2.Métodos de avaliação de rugosidade

Várias técnicas podem ser utilizadas para medir a rugosidade de superfície de materiais, tais como, microscopia óptica e electrónica de varrimento, que são considerados métodos de medição qualitativos e técnicas de medição de perfil de superfície que são métodos quantitativos (Kakaboura, Fragouli, Rahiotis, & Silikas, 2007).

Os microscópios convencionais aumentam apenas o nosso poder de visão tendo a limitação de apenas fornecerem uma perspectiva a duas dimensões (Alvarez & Siqueiros, 2010).

A maioria dos estudos utilizaram o profilómetro para medir a rugosidade de superfície (Ozel, Korkmaz, Attar, & Karabulut, 2008).

Para caracterizar a topografia de superfície, extraindo informação quantitativa, é necessário utilizar princípios matemáticos, nomeadamente ferramentas analíticas. Os parâmetros que são mais frequentemente utilizados para descrever as características de rugosidade de uma superfície, são a rugosidade aritmética (R_a) que se resume à média das rugosidades e a rugosidade máxima (R_t) que representa o pico de rugosidade (Feninat *et al.*, 2001).

Microscopia de varrimento por sonda

A microscopia de varrimento por sonda engloba técnicas que envolvem uma sonda que varre a amostra e que transmite informação a um computador que por sua vez processa os dados. Dentro desta categoria vamos falar nos profilómetros, microscopia de tunelamento e no microscópio de força atómica (Alvarez & Siqueiros, 2010).

1.2.1.Profilómetros de contacto

O primeiro instrumento utilizado para medir a topografia de uma superfície foi o profilómetro *stylus*, também conhecido como profilómetro de contacto (Sosale, 2007). Os profilómetros funcionam em regime de contacto com a amostra e estão ligados a uma tecnologia electrónica de processamento de dados (Alvarez & Siqueiros, 2010).

Este tipo de profilómetro apresenta variadas limitações, tais como, contactar directamente com a amostra o que pode possivelmente danificá-la, ritmo lento de

medição da amostra e requer ainda um ambiente sem qualquer tipo de vibração (Shahabi & Ratnam, 2009).

A medição de valores de rugosidade muito pequenos, inferiores a décimas de micrômetros, torna-se muito difícil com a utilização deste instrumento. Quanto à topografia da amostra, o profilómetro fornece informação correcta nas elevações mais proeminentes mas não detecta pontos de depressão (Montfort *et al.*, 2006).

1.2.2. Profilómetros de não contacto

Os profilómetros de não contacto são mais recentes no mercado e baseiam-se no princípio de funcionamento com interferometria óptica (Poon & Bhushan, 1995).

Comparativamente aos profilómetros de contacto, estes têm vantagens como um varrimento da amostra sem necessidade de contacto com a mesma, assim evitando deformações ou mesmo dano da amostra. O mecanismo deste profilómetro permite a análise de superfícies que o profilómetro de contacto não permite, nomeadamente amostras transparentes como o vidro (Visscher & Struik, 1994).

Para além destes instrumentos possibilitarem a análise de objectos estáticos também têm a capacidade de analisar objectos dinâmicos como cantilevers e outros sistemas microelectromecânicos. A técnica de interferometria óptica proporciona portanto uma análise sem contacto com a amostra e medições com uma resolução vertical abaixo da fracção de nanómetro (Schmit, Reed, Novak, & Gimzewski, 2008).

1.2.3. Microscopia de efeito de túnel

A microscopia de efeito de túnel foi inventada, em 1981 por Binnig e Rohrer, quando conseguiram melhorar o isolamento vibratório de um instrumento semelhante a um profilómetro de não contacto e monitorizar o tunelamento de electrões entre a sonda e a amostra (Eaton P. & West P. 2010).

Na microscopia de tunelamento uma sonda varre a amostra a uma pequena distância desta, cerca de 0,2 nanómetros. De seguida é aplicada uma voltagem entre os dois eléctrodos da ponta da sonda e da superfície da amostra e é então criada uma corrente

que varia conforme a variação de alturas da amostra. Uma exigência desta técnica é o uso de amostras com condutividade eléctrica (Poon & Bhushan, 1995).

O desenvolvimento deste instrumento representou uma evolução em relação ao profilómetro de não contacto porque o tunelamento de electrões é muito mais sensível à distância entre a ponta da sonda e a amostra, que a emissão de campo de electrões, técnica utilizada com o profilómetro de não contacto. Tudo isto resulta numa resolução à escala atómica, algo que só se conseguia com o microscópio electrónico de transmissão, um instrumento com uma dimensão extremamente grande e pouco prático.

Devido à grande limitação do microscópio de efeito de túnel em só analisar amostras com condutividade eléctrica, os investigadores tiveram a necessidade de criar um instrumento com as mesmas características mas que podesse analisar todo o tipo de amostras (Eaton P. & West P. 2010).

I.2.4. Microscópio de força atómica (AFM)

O aparecimento do microscópio de força atómica causou uma revolução porque passou a ser possível com um instrumento relativamente barato e simples, analisar qualquer tipo de amostra com uma alta resolução. (Eaton & West, 2010)

O AFM permite uma caracterização quantitativa de alta resolução da rugosidade de superfície (Salerno, Giacomelli, Derchi, Patra, & Diaspro, 2010). Essa caracterização quantitativa traduz-se em valores numéricos de rugosidade de superfície. Mas para além da caracterização quantitativa, o AFM tem a capacidade de fornecer dados qualitativos, através de imagens da superfície da amostra em três dimensões (Alves et al., 2013).

A sua alta resolução é graças a uma sonda ultra fina fixa a um cantilever flexível e a elementos cerâmicos piezoeléctricos, que permitem a análise da superfície no plano de x e y com uma precisão sub-nanómetro. Esses mesmos elementos movem-se num plano z para manter uma força de interacção constante, nomeadamente através de forças de repulsão electrostática e de atracção de Van der Waals, entre a amostra e a sonda.

O AFM caracteriza, com alta resolução superfícies como metais, polímeros, cerâmica, biomoléculas ou células (Jandt, 2001). Possui vários modos de funcionamento, o modo de contacto, onde a ponta da sonda contacta fisicamente, mas levemente com a amostra,

o modo de não contacto onde a sonda opera por forças atractivas minimizando a interacção entre a sonda e a amostra e por fim o modo de contacto intermitente caracterizado pela oscilação da ponta da sonda. A amplitude dessa oscilação é controlada por um sistema de *feedback* de forma a assegurar uma constante distância entre a ponta da sonda e a amostra (Gloystein, 2008).

Um dos objectivos das técnicas de microscopia foi conseguir caracterizar tanto a topografia de superfície como a sua composição química e isso foi possível através do AFM (García & Pérez, 2002).

No microscópio de força atómica a interacção que existe entre a ponta da sonda e a amostra é muito pequena, não danificando assim a superfície da amostra (Meli, 2002).

2.Materias e Métodos

2.1.Objectivos

- Comparar o valor da média de R_a dos diferentes sistemas de polimento por resina composta
- Verificar se existe vantagem em utilizar um sistema de polimento da mesma marca que a resina composta testada

2.2.Hipóteses de estudo

- Hipótese nula : Não haver diferenças de rugosidade de superfície entre o 3 sistemas de polimento utilizados, por resina composta
- Hipótese nula nº2 : Não haver diferenças em utilizar o sistema de polimento da mesma marca da resina composta

2.3. Materiais

As resinas utilizadas neste estudo foram a Enamel Plus[®] HRi e Filtek Z250 (3M[™] ESPE[™]). Os sistemas de polimento utilizados foram sistema Enhance (Dentsply[®]), sistema Enamel Plus[®] Shiny e discos Sof-Lex[™] XT (3M[™] ESPE[™]). Cada resina utilizada foi dividida em 3 grupos que foram aleatoriamente distribuídos por cada sistema de polimento.



Figura 1- Resina composta Enamel Plus HRi (Esmalte Universal)



Figura 2 – Resina composta Filtek Z250

Tabela 1 - Características das resinas compostas utilizadas nesta investigação

Material	Fabricante	Composição	Tipo	Conteúdo em partículas inorgânicas (vol %)	Lote
Filtek Z250 (A3)	3M ESPE, St.Paul,MN ,USA	Bis-GMA, UDMA, bis-EMA, zirconia/silica	Microhíbrida	60	N44666 1
Enamel Plus HRi (UE2)	Micerium, Avegno, Italy	Matriz resinosa: Diuretanodime tacrilato, Isopropilideno-bis, Bis-GMA, 1,4 Butanodiolmet acrilato Partículas de carga: 80%, partículas de vidro, partículas de óxido nano zircónio (20nm)	Nanohíbrida	80	201300 0406

Tabela 2 – Características dos sistemas de polimento investigados

Material	Fabricante	Tipo	Composição
Shiny	Micerium	Borrachas + pastas	-Escovas de pêlo de cabra (Shiny S) -Rodas de feltro (Shiny F) -Pastas diamantadas: Shiny A e B -Pasta de óxido de alumínio: Shiny C
Enhance	Dentsply	Borrachas + pastas	Borrachas em forma de disco, chama de vela e taça Pasta prisma gloss e prisma gloss fino (óxido de alumínio)
Sof-Lex XT	3MESPE	Discos abrasivos	Discos de óxido de alumínio de granulação grossa, média, fina e superfina

2.4. Protocolo de preparação das amostras

Foram preparadas 42 amostras, 21 por resina (n=21) com um molde cilíndrico metálico (10 mm de diâmetro e 2mm de espessura).

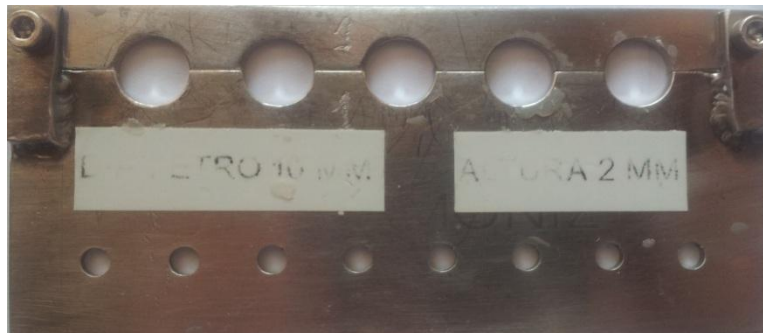


Figura 3 - Molde metálico de 10 mm de diâmetro e 2 mm de altura

As resinas foram colocadas nos moldes cilíndricos metálicos confinados entre 2 matrizes de acetato transparentes e ainda por cima destas foi colocado um vidro para retirar os excessos.

Foram fotopolimerizados segundo as instruções do fabricante. O fotopolimerizador foi colocado na perpendicular. A resina composta Filtek Z250 foi fotopolimerizada durante 20 segundos (para uma camada de 2 mm) e a resina Enamel Plus HRi fotopolimerizada durante 40 segundos (para uma camada de 2 mm) .



Figura 4 - Molde metálico de 10 mm de diâmetro e 2 mm de altura preenchida com resina composta após esta ter sido polimerizada

Para diminuir a variabilidade as amostras foram todas polidas pelo mesmo indivíduo.

As amostras de cada tipo de resina (n=21) foram aleatoriamente selecionadas em três grupos correspondentes aos três sistemas de polimentos usados, resultando em amostras de 7 por sistema de polimento.

Grupo I (Enamel Plus Shiny)- As amostras foram polidas com contra-ângulo a baixa rotação, a seco, com as borrachas e pastas shiny (diamantadas e de óxido de alumínio) durante 30 segundos cada. Primeiramente foi utilizada a pasta shiny A com a peça shiny S (escova com pêlo de cabra), de seguida foi utilizada a pasta shiny B com a peça shiny S (escova com pêlo de cabra) e por fim a pasta shiny C com a peça shiny F (feltro).

Grupo II (Enhance)- As amostras foram polidas com contra-ângulo a baixa rotação, a seco, com a borracha chama de vela e pastas prisma gloss fino seguida da prisma gloss extrafino (óxido de alumínio) durante 30 segundos cada.

Grupo III (Sof-Lex XT)- As amostras foram polidas a seco com discos desde a granulação mais grossa até a mais fina durante 20 segundos cada. Foi utilizada a série laranja desde o disco de grão grosso (laranja escuro), grão médio (laranja), grão fino (laranja claro) e por fim grão super fino (amarelo).

Depois das amostras serem polidas estas foram lavadas com água destilada durante 10 segundos e secas com seringa de ar durante 5 segundos para retirar os detritos.

Após terem sido polidas as amostras foram analisadas com o AFM.

2.5. Análise das amostras

As amostras foram analisadas com o Microscópio de Força Atômica TT-AFM (The AFM Workshop, California, EUA). As imagens obtidas foram processadas pelo *software Gwyddion*.

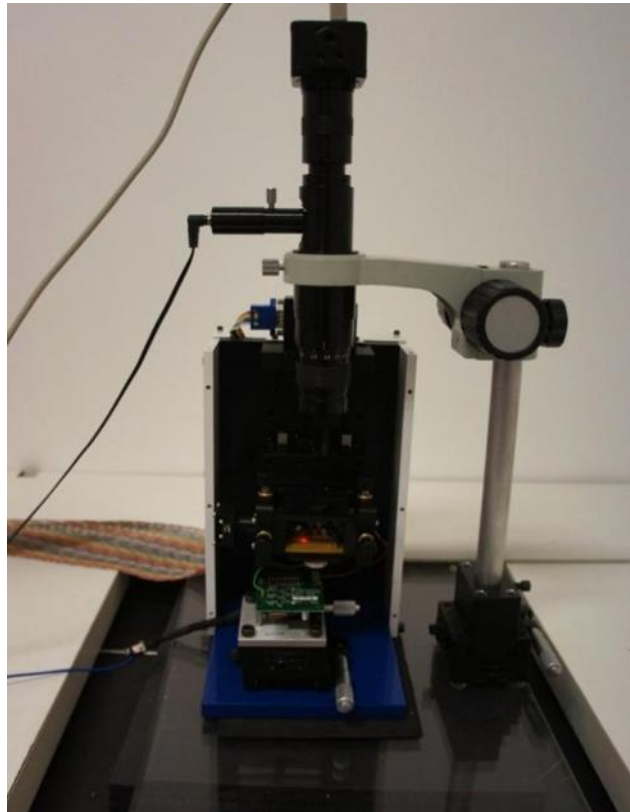


Figura 5 - TT-AFM

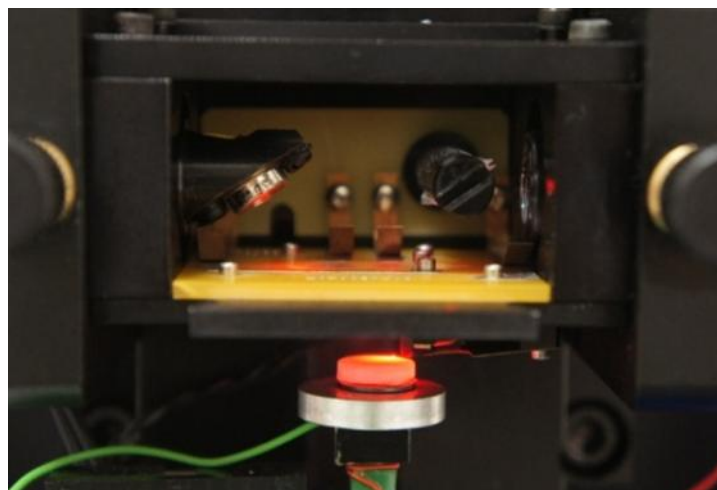


Figura 6- TT-AFM analisando amostra de resina composta

Em todas as amostras foi selecionada na zona central do disco de resina para ser analisada com dimensões de 40 por 40 μm e uma resolução de 512 *pixels*.

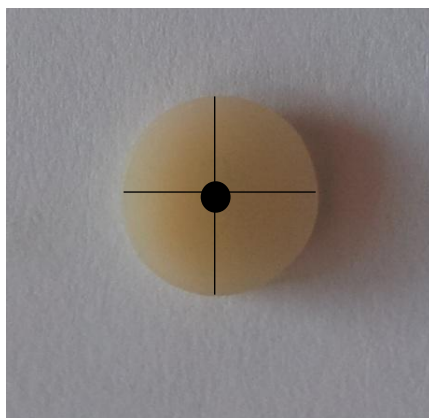


Figura 7- Disco de resina composta com a zona central assinalada onde foi realizada a análise

2.6. Análise estatística

A análise estatística foi realizada através do software SPSS da IBM, para Windows. Visto que o objectivo era analisar e comparar os vários sistemas de polimento para cada resina composta, obteve-se a análise descritiva, onde para cada sistema de polimento retirámos informação relevante à cerca dos valores de R_a nomeadamente média, mediana, desvio padrão, máximo e mínimo.

Para cada resina composta foram aplicados testes ANOVA oneway para estabelecer as diferenças entre os valores de R_a dos vários sistemas de polimento. O parâmetro estatístico que se pretende analisar é o nível de significância que se fôr inferior a 0,05 significa que efectivamente existem diferenças significativas entre os sistemas de polimento e que os resultados podem ser extrapolados.

3.Resultados

3.1.Caracterização da amostra

Foram preparadas 42 amostras no total, sendo 21 amostras da resina composta Filtek Z250 e as restantes 21 amostras de resina composta Enamel Plus HRi. Aleatoriamente seleccionou-se 7 amostras de cada resina por cada um dos 3 grupos de polimento.

3.2.Medição da rugosidade

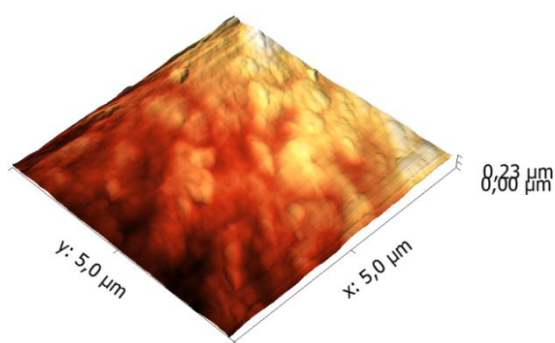


Figura 8 - Amostra acetato Enamel Plus HRi

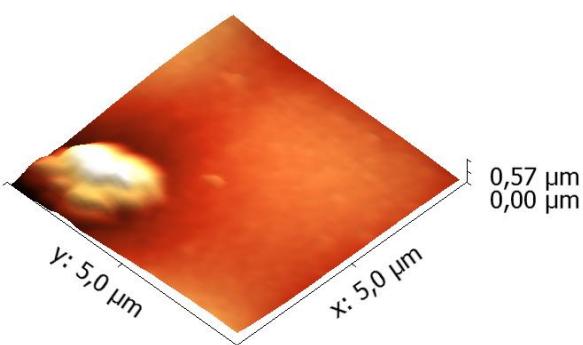


Figura 9 – Amostra acetato Filtek Z250

As amostras foram analisadas no AFM e processadas através do software *Gwyddion* para Microsoft Windows versão 2.31.

A figura 8 e 9 representa respectivamente a resina Enamel Plus HRi e Filtek Z250 antes de serem polidas. Na figura 8 temos um valor máximo de Ra para 0,23 μm e um padrão onde não se consegue diferenciar com precisão os diferentes componentes na sua constituição. Esta resina Enamel Plus HRi (UE), sendo nanohíbrida é natural não haver picos elevados de rugosidade, visto a dimensão diminuta das partículas.

Ao contrário, no caso da resina Filtek Z250 o padrão é bastante diferente. Conseguimos diferenciar zonas localizadas onde a rugosidade é bastante superior ao resto da amostra, representando as partículas inorgânicas. Esta resina sendo microhíbrida é constituída

por partículas inorgânicas de diferentes dimensões sendo portanto natural a visualização de picos de rugosidade com diferentes altitudes que sobresaem de um zona com um aspecto liso, a matriz resinosa. Aqui o pico de valor de R_a é $0,57 \mu\text{m}$ bastante superior à da amostra anterior e que corresponde às partículas inorgânicas de maior dimensão.

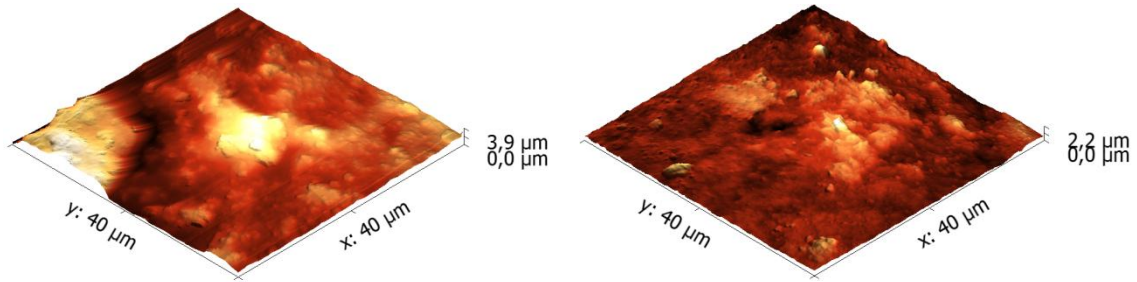


Figura 10 – Imagens das amostras de resina Enamel Plus HRi polidas com sistema Shiny

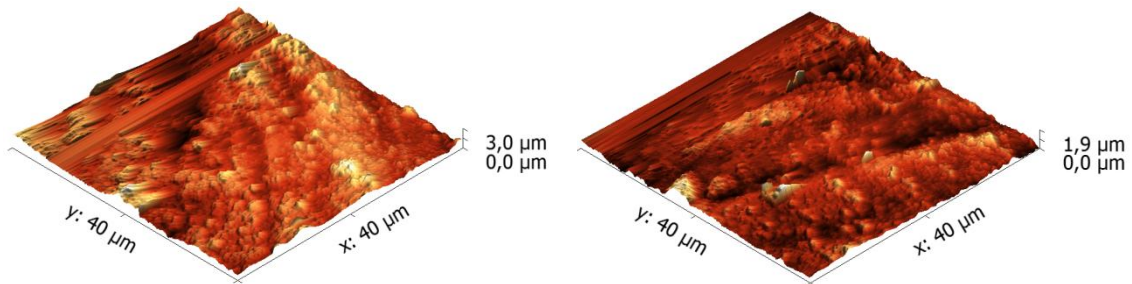


Figura 11 – Imagens das amostras de resina Enamel Plus HRi polidas com sistema Enhance

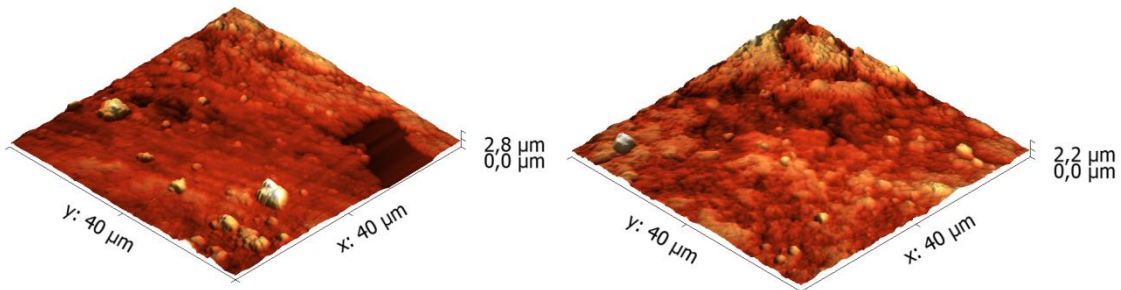


Figura 12 – Imagens das amostras de resina Plus HRi polidas com sistema Sof-Lex XT

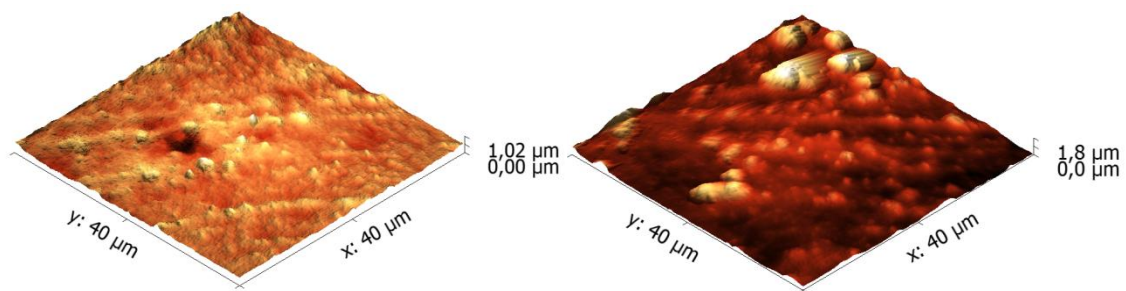


Figura 15 – Imagens das amostras de resina Filtek Z250 polidas com sistema Shiny

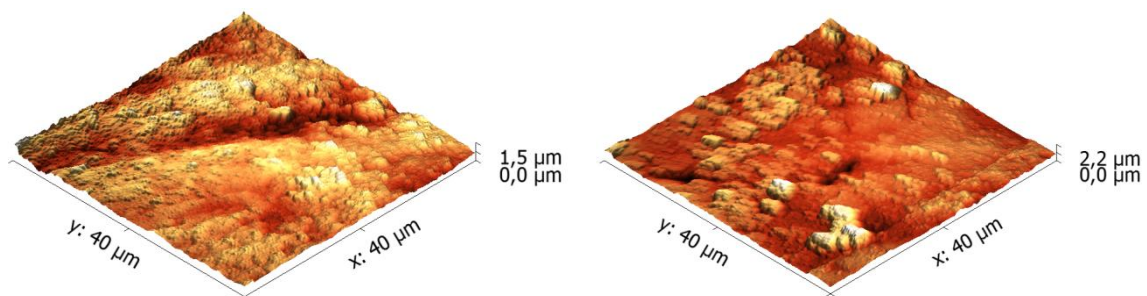


Figura 13 – Imagens das amostras de resina Filtek Z250 polidas com sistema Enhance

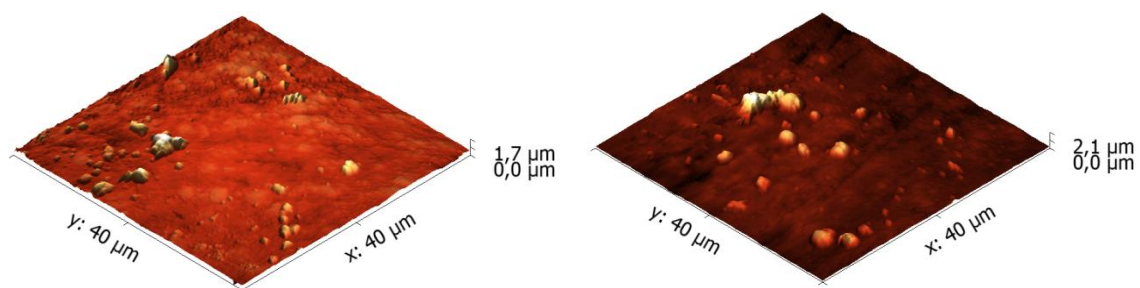


Figura 14 – Imagens das amostras de resina Filtek Z250 polidas com sistema Sof-Lex XT

3.3.Estatística

Tabela 3 - Valores de rugosidade R_a para a resina Enamel Plus HRi

Amostras	Grupo 1 – Shiny	Grupo 2 - Enhance	Grupo 3 – Sof-Lex XT
1	0,328 μm	0,21 μm	0,157 μm
2	0,172 μm	0,22 μm	0,176 μm
3	0,115 μm	0,195 μm	0,183 μm
4	0,156 μm	0,176 μm	0,153 μm
5	0,184 μm	0,182 μm	0,237 μm
6	0,142 μm	0,18 μm	0,34 μm
7	0,093 μm	0,1 μm	0,256 μm

Tabela 4 – Valores de rugosidade R_a para a resina Filtek Z250

Amostras	Grupo 1 - Shiny	Grupo 2 - Enhance	Grupo 3 – Sof-Lex XT
1	0,134 μm	0,18 μm	0,051 μm
2	0,044 μm	0,16 μm	0,068 μm
3	0,063 μm	0,147 μm	0,067 μm
4	0,041 μm	0,185 μm	0,099 μm
5	0,080 μm	0,141 μm	0,297 μm
6	0,094 μm	0,258 μm	0,087 μm
7	0,206 μm	0,178 μm	0,084 μm

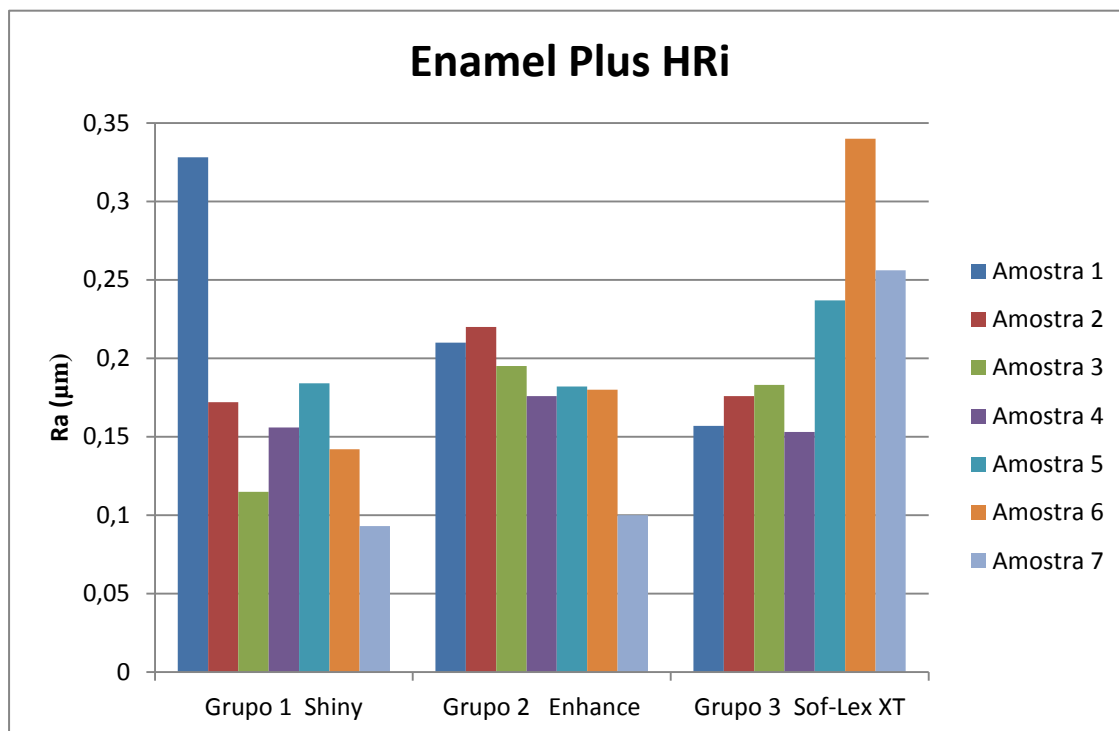


Figura 16 - Gráfico representativo dos resultados de R_a (μm) par a resina Enamel Plus HRI

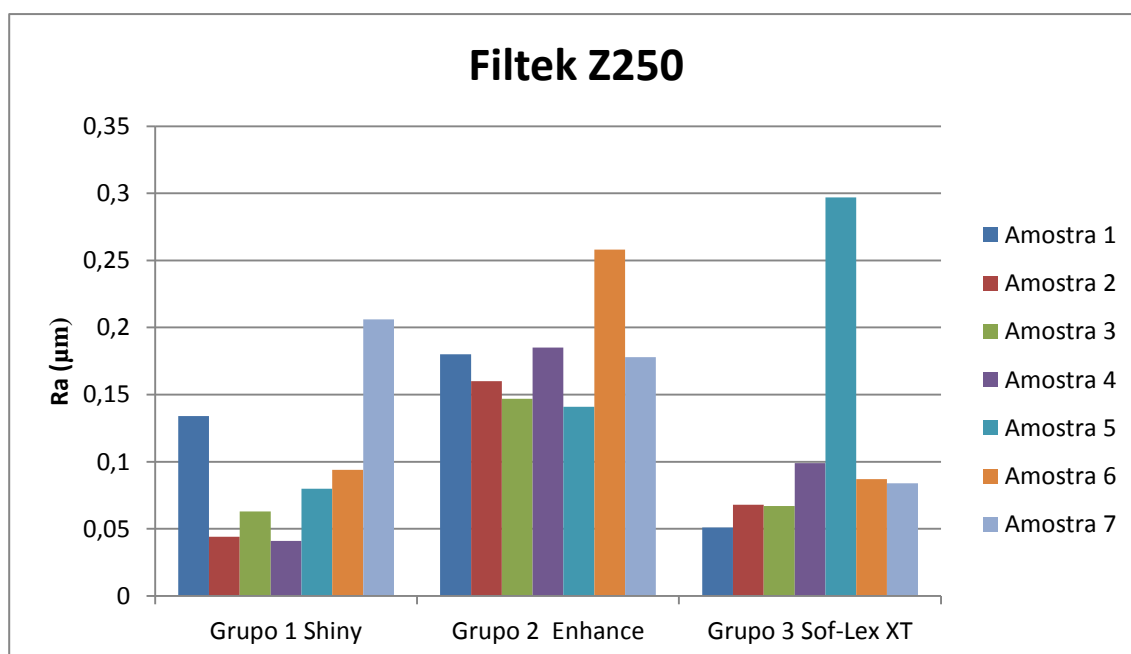


Figura 17 - Gráfico de barras representativo dos resultados de R_a (μm) para a resina Filtek Z250

3.3.1. Análise descritiva

Tabela 5 – Valores de R_a para a média, intervalo de confiança a 95%, máximo e mínimo

Resina Composta	Grupos de polimento	Média	Intervalo de confiança a 95%		Mínimo	Máximo
			Limite inferior	Limite superior		
Enamel Plus HRi	Shiny	0,144	0,107	0,179	0,093	0,184
	Enhance	0,194	0,175	0,212	0,176	0,220
	Sof-Lex XT	0,214	0,152	0,278	0,153	0,340
Filtek Z250	Shiny	0,076	0,039	0,113	0,041	0,134
	Enhance	0,165	0,146	0,185	0,141	0,185
	Sof-Lex XT	0,076	0,058	0,094	0,051	0,099

A tabela 5 mostra a análise descritiva dos resultados de R_a para cada grupo de polimento referente às duas resinas compostas.

Para a resina Enamel Plus HRi temos a média de R_a menor para o grupo Shiny com o valor de 0,144 μm . Com uma certeza de 95% podemos afirmar que os valores da média de R_a estarão dentro do intervalo 0,107 -0,179 μm . Dentro das 7 amostras do grupo Shiny a amostra com o menor valor de R_a foi a amostra nº7 com 0,093 μm e com um maior valor de R_a , a amostra nº 5 com 0,184 μm .

Para a resina Filtek Z250 a média de R_a mais reduzida está no grupo Shiny e Sof-Lex XT simultaneamente com o valor de 0,076 μm . Para o grupo Shiny o intervalo de confiança a 95% está entre os 0,039-0,113 μm . Temos um valor de R_a mínimo de 0,041 μm da amostra nº4 e máximo de 0,134 da amostra nº1. Já no grupo Sof-Lex XT o intervalo de confiança a 95% encontra-se entre 0,058-0,094 μm . A amostra com menor R_a foi a nº1 com 0,051 μm e a amostra com maior R_a foi a nº4 com um valor de 0,099 μm .

3.3.2. Comparação de resultados

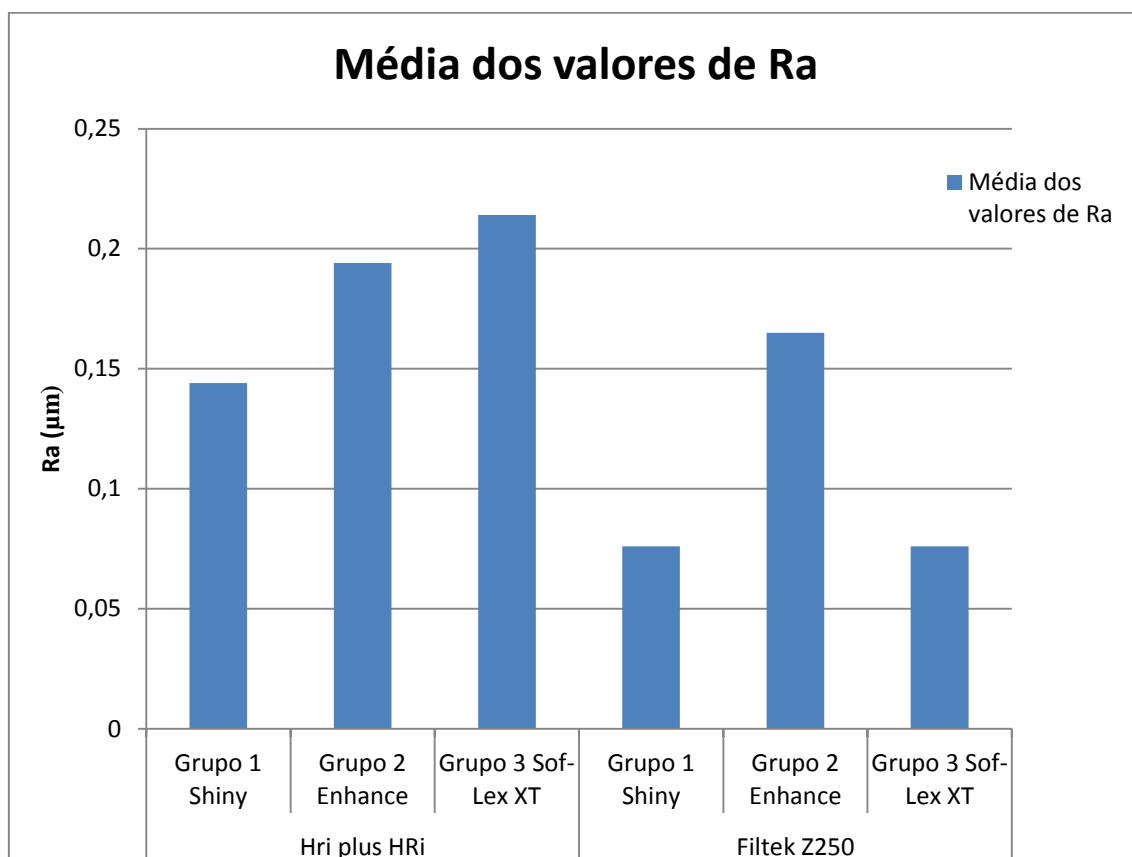


Figura 18 - Gráfico de barras representando a média de valores de R_a para cada sistema de polimento

Tabela 6 – Valores da média de R_a com os respectivos desvios padrão

Resina Composta	Grupos de Polimento		
	Grupo 1 - Shiny	Grupo 2 - Enhance	Grupo 3 – Sof-Lex XT
Enamel Plus HRI	0,144 ±0,034	0,194±0,018	0,214±0,068
Filtek Z250	0,076±0,035	0,165±0,018	0,076±0,017

A tabela 6 apresenta as médias de R_a com os desvios padrão para cada grupo de polimento.

Para a resina Filtek Z250 aplicou-se o teste de Levene para verificar se as variâncias populacionais eram homogêneas. É necessário que o sejam para aplicar o teste oneway ANOVA, que por sua vez, permite a comparação entre os grupos de polimento. Uma vez confirmada esta permissão ($p=0,204 >0,05$) passou-se ao teste oneway ANOVA que deu um valor $p < 0,05$ que significa que efectivamente existem diferenças significativas entre os grupos estudados. O valor $p= 0,001$ traduz que podemos afirmar com uma certeza de 99,9% que existem diferenças entre os grupos, fazendo com que a hipótese nula seja rejeitada. Para compreender e identificar essas diferenças foram realizados testes *post-hoc* de comparações múltiplas, que nos forneceu a evidência de que é o grupo Enhance, o responsável por essas diferenças.

Resumindo podemos afirmar que existem diferenças significativas dos valores de R_a entre o sistema de polimento Enhance e os outros dois sistemas de polimento. Para a resina composta Filtek Z250 o grupo Enhance é o menos eficaz e os grupos Shiny e Sof-Lex XT são igualmente eficazes, não demonstrando diferenças significativas a utilização de um sistema em detrimento de outro.

No caso da resina composta Enamel Plus HRi, o teste Levene demonstrou que as variâncias populacionais não são homogêneas ($p=0,024 < 0,05$) não se podendo portanto utilizar o teste oneway ANOVA mas sim o teste ANOVA com correção a Brown-Forythe. O resultado deste teste foi um valor limite ($p=0,045$) que arredondado fica $p= 0,05$. Como estamos perante um valor limite resultante de um teste com correção, a abordagem mais correcta será a conservadora e considerar que as diferenças entre os grupos não são significativas e portanto aceitar a hipótese nula.

Resumindo não existe evidência suficiente para afirmar que existem diferenças significativas entre os grupos de polimento. Apesar dos resultados de R_a obtidos neste estudo serem menores para o grupo Shiny, não podemos afirmar que isso aconteça sempre.

Quanto à segunda hipótese nula, esta é rejeitada para a resina Filtek Z250 e Enamel Plus HRi, visto que, não existem diferenças significativas em utilizar um sistema de

polimento da mesma marca que a resina composta em detrimento de outros sistemas de polimento.

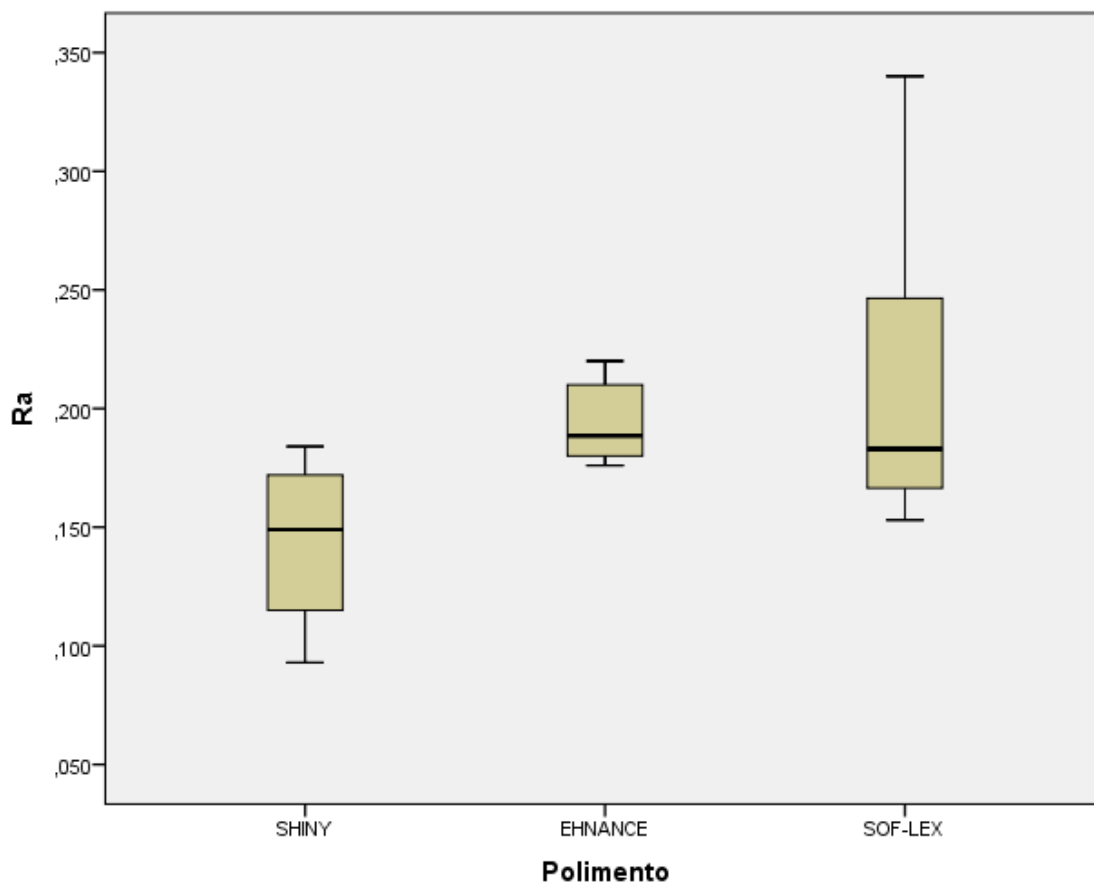


Figura 19 - Diagrama boxplot com os valores de R_a (μm) da resina Enamel plus HRi para os diferentes sistemas de polimento.

A figura 19 é referente aos resultados de R_a para a resina Enamel Plus HRi. Como podemos visualizar no eixo dos xx temos os diferentes sistemas de polimento usados e no eixo dos yy os valores de R_a em μm . Este gráfico permitenos entender a dispersão dos resultados para cada grupo de polimento, nomeadamente, a pouca dispersão para o grupo II do Enhance em oposição ao grupo III Sof-Lex XT que tem uma dispersão muito grande. Para além desta informação também podemos ver para cada sistema de polimento os valores máximos e mínimos de R_a e ainda a mediana. O valor de R_a menor corresponde ao sistema de polimento Shiny e o maior valor de R_a para o grupo Sof-Lex XT.

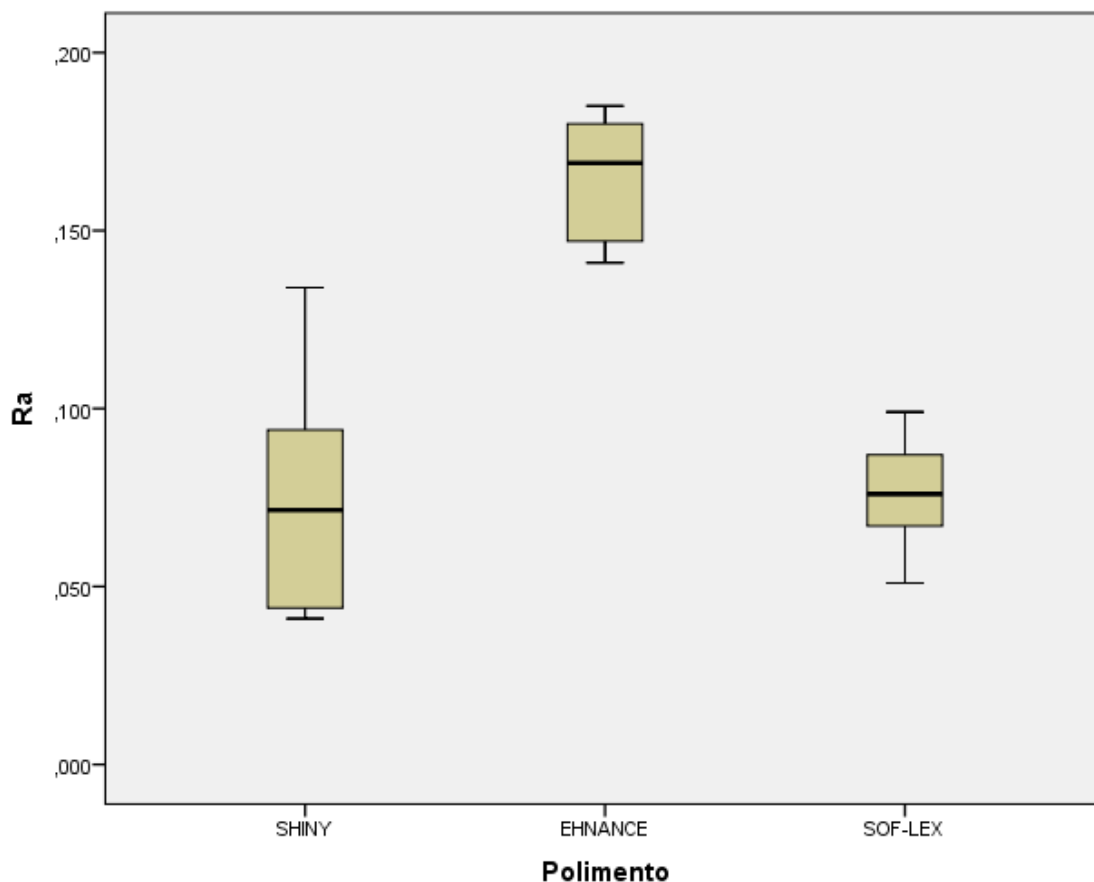


Figura 20 - Diagrama boxplot com os valores de R_a (μm) da resina Filtek Z250 para os diferentes sistemas de polimento

A figura 20 representa os resultados de R_a para a resina Filtek Z250 referentes a cada um dos grupos de polimento. Claramente existe uma maior dispersão de resultados para o grupo I Shiny. O valor menor de R_a foi alcançado com o sistema de polimento Shiny. Apesar do sistema de polimento Shiny ter demonstrado o menor valor de R_a , não existem diferenças significativas entre este sistema e o sistema de polimento do grupo III Sof-Lex XT. Os resultados do sistema de polimento Enhance apresentam pouca dispersão, com um valor de R_a superior, que é estatisticamente significativo, e que significa que o Enhance é menos eficaz que os outros sistemas de polimento.

4. Discussão

4.1. Discussão do método

Primeiramente, vamos discutir o método utilizado neste estudo e posteriormente os resultados obtidos.

Como foi anteriormente mencionado, existem múltiplos instrumentos passíveis de serem utilizados na medição de rugosidade de superfícies. Os mais frequentemente utilizados, pertencem ao grupo de microscopia de varrimento por sonda, estando incluídos neste grupo, o perfilómetro e o AFM. (Feninat et al., 2001)

O AFM pode ser comparado tanto com os perfilómetros, mencionados anteriormente, como também com o microscópio electrónico de varrimento (SEM), utilizado em estudos como os conduzidos por Antonson *et al.* (2011) e Da Costa, Ferracane, Paravina, Mazur, & Roeder (2007). O AFM apresenta maior resolução (0,1 nm) que o perfilómetro e que o SEM.

Para além da resolução, as características que frequentemente procuramos nos instrumentos de microscopia são a simplicidade no processo de preparação das amostra, um baixo custo inerente à utilização do instrumento e por fim uma medição a três dimensões. Todas estas características estão presentes no AFM, ao contrário do SEM cuja técnica exige uma maior preparação das amostras, apresentam custos de utilização mais elevados e apenas fazem medições a duas dimensões (Eaton & West, 2010).

O AFM é um instrumento extremamente versátil e muito útil no estudo da topografia de superfície de diversos materiais. É ideal para medições quantitativas de rugosidade a uma escala nanométrica e visualização de nanopartículas (Kumar & Rao, 2012).

Segundo Kakaboura et al (2007) o AFM é actualmente considerado o instrumento mais preciso na medição da rugosidade de superfície.

O objectivo no presente estudo, era quantificar o valor médio de Ra com a maior precisão possível e ainda ter uma perspectiva a três dimensões, que nos proporcionasse uma visualização realista da topografia de superfície, para isso foi escolhido o AFM.

Este instrumento apresenta uma alta resolução (0,1 nm) e utilizando software apropriado produz imagens a três dimensões bastante ilucidativas da rugosidade de superfície do material. Comparativamente com outros microscópios apresenta bastantes vantagens e características adequadas para os objectivos do presente estudo (Eaton & West, 2010).

Podemos concluir que existem inúmeras vantagens na utilização do AFM em relação a outros tipos de microscopia, apesar disso, tem algumas desvantagens e por vezes outras técnicas podem ser mais adequadas em determinados casos.

O AFM tem vindo a ser utilizado com sucesso em vários campos tecnológicos e científicos nomeadamente na nanotecnologia, indústria e engenharia (Eaton & West, 2010).

4.2.Discussão dos resultados obtidos neste estudo

O objectivo deste estudo foi comparar os vários sistemas de polimento quanto aos valores médios de R_a , para cada resina composta, ou seja, comparar os dados quantitativos, que correspondem aos resultados numéricos de R_a e ainda dados qualitativos, fornecidos pelas imagens a três dimensões.

As resinas compostas têm vindo a dominar a área da dentisteria estética, devido à evolução nas suas formulações. As melhorias introduzidas permitiram um melhoramento em termos de propriedades físicas, mecânicas e estéticas (Sirin Karaarslan et al., 2013). Neste estudo foram utilizadas duas resinas compostas, uma resina microhíbrida a Filtek Z250 e uma nanohíbrida a Enamel Plus HRi (UE).

As resinas compostas microhíbridas e nanocompósitos que incluem resinas nanoparticuladas e nanohíbridas, são consideradas resinas universais, visto que, podem ser utilizadas como restaurações anteriores e posteriores (Senawongse & Pongprueksa, 2007).

As resinas microhíbridas, são a categoria de resina composta mais utilizada, visto que consegue aliar óptimas propriedades físicas e mecânicas a uma boa qualidade de polimento. Apesar disto não podemos esquecer da importância dos nanocompósitos que aplicam a tecnologia mais recente, reunindo as vantagens dos compósitos híbridos e microparticulados. Estes compostos têm partículas de carga com um tamanho entre 1-

100 nm, o que permite aumentar bastante o volume de partículas inorgânicas que estes possuem (Janus, Fauxpoint, Arntz, Pelletier, & Etienne, 2010).

O intuito na escolha de uma resina microhíbrida e nanohíbrida foi exactamente utilizar resinas que pela sua constituição são bastante utilizadas actualmente e verificar as diferenças dos efeitos de vários sistemas de polimento em cada resina composta.

O polimento e acabamento são geralmente aplicados à camada mais externa da restauração, que nos casos de estratificação, geralmente corresponde ao esmalte e por isso foi seleccionado no caso da Enamel Plus HRi, o esmalte universal.

A resina Filtek Z250 tem um conteúdo de partículas inorgânicas de 60% e o esmalte da resina Enamel Plus HRi é nanohíbrido tendo um conteúdo em partículas inorgânicas de 80%.

Maior quantidade de partículas inorgânicas significa menor quantidade de matriz orgânica em relação ao volume e conseqüentemente maior rugosidade de superfície (Ozel et al., 2008). Por esta razão apesar dos nanocompósitos apresentarem uma boa qualidade de polimento, esta vai ser influenciada se houver uma maior quantidade de partículas inorgânicas.

A pesquisa para encontrar o instrumento ideal de acabamento e polimento para as resinas compostas é interminável. Ao longo dos anos vários instrumentos foram usados, desde os sistemas *multiple-step* que utilizam brocas diamantadas finas e superfinas, discos abrasivos até aos sistemas *one-step* que englobam borrachas de silicone e escovas impregnadas com pastas de polimento (Da Costa et al., 2007).

Os sistemas *multiple-step* estão muitas vezes associados a resultados melhores em termos de rugosidade de superfície (Giacomelli et al., 2010) mas vários estudos como os estudos de Kormaz et al (2008) e Erdemir et al (2012), chegaram à conclusão que não haviam diferenças estatisticamente significativas.

Neste estudo, todos os sistemas de polimento utilizados foram *mutiple-step*. No caso da resina Enamel Plus HRi, os resultados não tiveram significância estatística, não se podendo afirmar haver diferenças significativas entre grupos de sistema de polimento.

No caso da resina Filtek Z250, o sistema Enhance, demonstrou ser claramente menos eficaz que os outros sistemas *multiple-step*. Os sistemas Shiny e Sof-Lex XT apresentaram um desempenho semelhante entre si.

Podemos prever que esta diferença entre o Enhance e os outros sistemas de polimento, no caso da resina Filtek Z250, poderá estar relacionada com o facto, do sistema Enhance englobar apenas dois tempos de polimento. O polimento é realizado em dois passos com as borrachas de silicone e pasta prisma gloss e prisma gloss fino, enquanto que para o sistema Shiny e Sof-Lex XT, o número de passos de polimento é superior, aumentando assim o tempo de polimento.

Como referido anteriormente, o objectivo deste estudo foi comparar os vários sistemas de polimento quanto aos valores médios de R_a para cada resina composta, ou seja dados quantitativos e ainda dados qualitativos, dados pelas imagens a três dimensões, cuja obtenção, só é possível com a utilização do AFM.

Começando por analisar os resultados quantitativos da média de R_a para a resina Enamel Plus HRi: sistema Shiny ($0,144 \pm 0,034$) < sistema Ehnance ($0,194 \pm 0,018$) < sistema Sof-Lex XT ($0,214 \pm 0,068$). Apesar disto, as diferenças entre sistemas de polimento não são estatisticamente significativas ($p=0,045$), não sendo possível portanto afirmar que há uma vantagem em empregar um sistema de polimento em detrimento de outro.

Ainda assim, consegue-se identificar uma tendência no sentido do sistema Shiny poder ser o mais eficaz, isto se a amostra fosse aumentada, pois o valor de significância ($p=0,045$) é um valor limite muito próximo do necessário para retirar conclusões estatisticamente significativas.

Para a resina Filtek Z250 os resultados da média de R_a foram: sistema Shiny ($0,076 \pm 0,035$) = Sof-Lex XT ($0,076 \pm 0,017$) < sistema Enhance ($0,165 \pm 0,018$). O sistema Ehnance apresentou diferenças significativas em relação aos outros sistemas de polimento, mostrando-se menos eficaz.

Hergott *et al* (1989), Van Dijken e Ruyter (1987) afirmaram que discos de óxido de alumínio têm a capacidade de polir as partículas de carga e a matriz resinosa de igual forma, promovendo superfícies lisas. Também estudos conduzidos por Watanabe, Miyazaki, & Takamizawa (2005), Venturini *et al* (2006) e Cenci *et al* (2008) chegaram

à mesma conclusão. Este facto, pode ser uma possível explicação para o resultado inferior obtido no sistema Enhance. Já nos estudos de Gedik *et al* (2005) não foram encontradas diferenças significativas para os sistemas Sof-Lex XT e Enhance em resinas microhíbridas.

Na literatura existe uma grande variabilidade de resultados referentes à rugosidade de superfície, com diferentes sistemas de acabamento e polimento, sendo um tema controverso que necessita de ser mais investigado (Antonson *et al.*, 2011; Ergücü & Türkün, 2007) . Estas diferenças podem-se dever à multiplicidade de métodos utilizados para avaliar a rugosidade de superfície.

Os estudos que obtiveram resultados diferentes deste, utilizaram outros métodos de avaliação de rugosidade com menor precisão, como o profilómetro.

Quanto à análise qualitativa, nas imagens obtidas podemos visualizar padrões diferentes de polimento consoante a resina composta utilizada e o sistema de polimento. Conseguimos sempre visualizar zonas localizadas que se destacam do resto do material que têm uma maior rugosidade, correspondendo às partículas de carga, que pela sua dureza superior não sofrem o mesmo desgaste que a matriz resinosa.

Segundo Bollen *et al* (1997), valores de Ra abaixo de 0,2 μm são clinicamente aceitáveis. Todos os resultados de média de Ra foram inferiores a 0,2 μm excepto para a combinação Enamel Plus HRi e Sof-lex XT, com um valor de $0,214 \pm 0,068 \mu\text{m}$, apesar disto, é necessário verificar que o desvio padrão é bastante grande, prevendo valores inferiores a 0,2 μm . Para além deste facto, os valores não foram considerados estatisticamente diferentes dos outros sistemas de polimento que apresentaram valores inferiores a 0,2 μm . Em suma, não podemos considerar que efectivamente os resultados para a combinação Enamel Plus HRi/ Sof-Lex XT sejam clinicamente inaceitáveis.

Rugosidades de superfície superiores a 0,2 μm aumentam a probabilidade de acumulação de placa bacteriana o que pode levar à pigmentação ou descoloração da mesma (Schmitt *et al.*, 2011). A rugosidade de superfície das restaurações a resina composta é um factor determinante que influencia a aparência da restauração, retenção de placa bacteriana, inflamação gengival e aparecimento de cáries secundárias. Todos estes factores podem colocar em causa a longevidade e estética da restauração (Scheibe, Almeida, Medeiros, Costa, & Alves, 2009).

5. Conclusão

- No caso da resina Enamel Plus HRi, os resultados revelaram não haver diferenças significativas entre os sistemas de polimento ($p=0,045$). Os resultados da média de R_a para a resina Filtek Z250, foram maiores para o sistema Ehnance, que se apresentou com uma média de R_a de $0,165 \mu\text{m} \pm 0,018$. Com isto concluímos que o sistema Ehnance é o menos eficaz dos três sistemas de polimento utilizados e que podemos afirmar com uma certeza de 99,9% que esta diferença ocorrerá em estudos futuros realizados nas mesmas condições.
- Para a resina Filtek Z250, dos sistemas de polimento estudados, os recomendados são o sistema Sof-Lex XT e Shiny, não havendo diferenças significativas entre eles.
- Concluímos que, tanto para a resina Filtek Z250 como para a Enamel Plus HRi, não existem diferenças estatisticamente significativas em utilizar um sistema de polimento da mesma marca que a resina composta
- No caso da resina Filtek Z250, todos os resultados são clinicamente aceitáveis, ou seja inferiores a $0,2 \mu\text{m}$. Para a resina Enamel Plus HRi não podemos tirar conclusões visto que os valores não foram estatisticamente significativos. Apesar disto, todos os valores estiveram abaixo dos $0,2 \mu\text{m}$ excepto para a combinação Enamel plus HRi / Sof-lex XT ($0,214 \pm 0,068$).
- Os sistemas de acabamento e polimento vão produzir diferentes rugosidades de superfície consoante a constituição da resina composta, instrumentos de polimento utilizados, tempo de polimento e pressão aplicada no instrumento.

6. Bibliografia

- Alvarez, L., & Siqueiros, J. M. (2010). Scanning Probe Microscopy, *1*, 1302–1309.
- Alves, L. M. M., Silva, I. P. C., Kunihiro, T. S., Goyatá, F. R., Neto, O. I., & Pereira, V. F. G. C. (2013). Rugosidade e Microscopia de Força Atômica de Resinas Compostas Submetidas a Diferentes Métodos de Polimento. *Polímeros Ciência e Tecnologia*. doi:10.4322/polimeros.2013.053
- Antonson, S. a, Yazici, a R., Kilinc, E., Antonson, D. E., & Hardigan, P. C. (2011). Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *Journal of dentistry*, *39 Suppl 1*, e9–e17. doi:10.1016/j.jdent.2011.01.006
- Anusavice, K. J. (2013). *Phillips Science of Dental Materials*. Elsevier, 12th ed., pp. 274–286. Saunders.
- Atabek, D., Sillelioglu, H., & Olmez, A. (2010). The efficiency of a new polishing material: nanotechnology liquid polish. *Operative dentistry*, *35(3)*, 362–369. doi:10.2341/09-196-T
- Barbosa, S. H., Zanata, R. L., Navarro, M. F. D. L., & Nunes, O. B. (2005). Effect of different finishing and polishing techniques on the surface roughness of microfilled, hybrid and packable composite resins. *Brazilian dental journal*, *16(1)*, 39–44. doi:/S0103-64402005000100007
- Bird, D. L., Robinson, D. S. (2012). Restorative and Esthetic Dental Materials. In *Modern Dental Assisting*, Elsevier (pp. 738–742). Saunders.
- Blackham, J. T., Vandewalle, K. S., & Lien, W. (2009). Properties of hybrid resin composite systems containing prepolymerized filler particles. *Operative dentistry*, *34(6)*, 697–702. doi:10.2341/08-118-L
- Bollen CM, Lambrechts P & Quirynen M (1997) Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature *Dental Materials* *13(4)* 258-269 in Joniot, S., Salomon, J. P., Dejou, J., & Grégoire, G. (2006). Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Operative dentistry*, *31(1)*, 39–46. doi:10.2341/04-166
- Boroujeni, P. M., Daneshpour, N., & Jahromi, M. Z. (2012). The effect of different polishing methods and composite resin thickness on temperature rise of composite restorative materials. *The Journal of Islamic Dental Association of IRAN*, *24(4)*, 237–243.

- Briso, a L. F., Caruzo, L. P., Guedes, a P. a, Catelan, a, & Dos Santos, P. H. (2011). In vitro evaluation of surface roughness and microhardness of restorative materials submitted to erosive challenges. *Operative dentistry*, 36(4), 397–402. doi:10.2341/10-356-L
- Cenci, M. S., Venturini, D., Pereira-Cenci, T., Piva, E., & Demarco, F. F. (2008). The effect of polishing techniques and time on the surface characteristics and sealing ability of resin composite restorations after one-year storage. *Operative dentistry*, 33(2), 169–176. doi:10.2341/07-66
- Da Costa, J., Ferracane, J., Paravina, R. D., Mazur, R. F., & Roeder, L. (2007). The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin composites. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry*, 19(4), 214–224. doi:10.1111/j.1708-8240.2007.00104.x
- De Moraes, R. R., Gonçalves, L. D. S., Lancellotti, A. C., Consani, S., Correr-Sobrinho, L., & Sinhoreti, M. A. (2009). Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? *Operative dentistry*, 34(5), 551–557. doi:10.2341/08-043-L
- Eaton, P., & West, P. (2010). *Atomic force microscopy* (pp. 1–81). Oxford University Press Inc., New York.
- Erdemir, U., Sancakli, H. S., & Yildiz, E. (2012). The effect of one-step and multi-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of novel resin composites. *European journal of dentistry*, 6(2), 198–205. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3327495&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Ergücü, Z., & Türkün, L. S. (2007). Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. *Operative dentistry*, 32(2), 185–192. doi:10.2341/06-56
- Feninat, F. El, Elouatik, S., Ellis, T. H., Sacher, E., Stangel, I., & Hc, C. (2001). Quantitative assessment of surface roughness as measured by AFM : application to polished human dentin. *Applied Surface Science*, 183, 205–215.
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite--state of the art. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 27(1), 29–38. doi:10.1016/j.dental.2010.10.020
- García, R., & Pérez, R. (2002). Dynamic atomic force microscopy methods. *Surface Science Reports*, 47, 197–301. doi:10.1016/S0167-5729(02)00077-8
- Gedik R, Hurmuzlun F, Coskun A, Bektas OO, Ozdemir AK (2005). Surface roughness of new microhybrid resin-based composites. *Journal of American Dental Association*;136:1106–12.

- Ghinea, R., Ugarte-Alvan, L., Yebra, A., Pecho, O. E., Paravina, R. D., & Perez, M. D. M. (2011). Influence of surface roughness on the color of dental-resin composites. *Journal of Zhejiang University. Science. B*, *12*(7), 552–62. doi:10.1631/jzus.B1000374
- Giacomelli, L., Derchi, G., Frustaci, A., Bruno, O., Covani, U., Barone, A., De Santis, D., et al. (2010). Surface roughness of commercial composites after different polishing protocols: an analysis with atomic force microscopy. *The open dentistry journal*, *4*, 191–4. doi:10.2174/1874210601004010191
- Gloystein, K. (2008). Principles of Atomic Force Microscopy (AFM). *Physics of Advanced Materials Winter School*, 1–10.
- Gonçalves, M. a, Teixeira, V. C. F., Rodrigues, S. S. M. F. G., De Oliveira, R. S. M. F., & Salvio, L. a. (2012). Evaluation of the roughness of composite resins submitted to different surface treatments. *Acta odontológica latinoamericana : AOL*, *25*(1), 89–95. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22928387>
- Jandt, K. D. (2001). Atomic force microscopy of biomaterials surfaces and interfaces. *Surface Science*, *491*(3), 303–332. doi:10.1016/S0039-6028(01)01296-1
- Janus, J., Fauxpoint, G., Arntz, Y., Pelletier, H., & Etienne, O. (2010). Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multitechnique approach. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, *26*(5), 416–25. doi:10.1016/j.dental.2009.09.014
- Joniot, S., Salomon, J. P., Dejou, J., & Grégoire, G. (2006). Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Operative dentistry*, *31*(1), 39–46. doi:10.2341/04-166
- Jung, M., Eichelberger, K., & Klimek, J. (2007). Surface geometry of four nanofiller and one hybrid composite after one-step and multiple-step polishing. *Operative dentistry*, *32*(4), 347–55. doi:10.2341/06-101
- Kakaboura, a, Fragouli, M., Rahiotis, C., & Silikas, N. (2007). Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of materials science: Materials in medicine*, *18*(1), 155–163. doi:10.1007/s10856-006-0675-8
- Kameyama, A., Nakazawa, T., Haruyama, A., Haruyama, C., Hosaka, M., & Hirai, Y. (2008). Influence of finishing/polishing procedures on the surface texture of two resin composites. *The open dentistry journal*, *2*, 56–60. doi:10.2174/1874210600802010056
- Lima, F. G., Romano, A. R., Correa, M. B., & Demarco, F. F. (2009). Influence of microleakage, surface roughness and biofilm control on secondary caries formation around composite resin restorations: an in situ evaluation. *Journal of applied oral science : revista FOB*, *17*(1), 61–5. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19148408>

- Meli, F. (2002). Roughness measurements according to existing standards with a metrology AFM profiler. *3rd Euspen conference, Eindhoven, The netherlands* (pp. 533–536).
- Melo Júnior, P. (2011). Seleccinando correctamente as resinas compostas. *International Journal of Dentistry*, 91–96.
- Mitra, S. (2003). An application of nanotechnology in advanced dental materials. *Journal American Dental Association*, 134, 1382–1390.
- Montfort, F., Emery, Y., Solanas, E., Cuche, E., Aspert, N., Marquet, P., Joris, C., et al. (2006). Surface roughness parameters measurements by Digital Holographic. In K.-C. Fan, W. Gao, X. Yu, W. Huang, & P. Hu (Eds.), (p. 62800V–62800V–6). doi:10.1117/12.716113
- Oliveira, G. U. De, Mondelli, R. F. L., Charantola Rodrigues, M., Franco, E. B., Ishikiriyama, S. K., & Wang, L. (2011). Impact of filler size and distribution on roughness and wear of composite resin after simulated toothbrushing. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 20(5), 510–6. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23138735>
- Ono, M., Nikaido, T., Ikeda, M., Imai, S., Hanada, N., Tagami, J., & Matin, K. (2007). Surface properties of resin composite materials relative to biofilm formation. *Dental materials journal*, 26(5), 613–22. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18203458>
- Ozel, E., Korkmaz, Y., Attar, N., & Karabulut, E. (2008). Effect of one-step polishing systems on surface roughness of different flowable restorative materials. *Dental materials journal*, 27(6), 755–64. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19241682>
- Poggio, C., Conservatrice, O., & Matteo, P. S. (2006). *Effect of various finishing and polishing systems on surface roughness of composite resin : a profilometric study* (pp. 61–65).
- Pontes, A. P., & Mainieri, V. C. (2009). Rugosidade superficial de compósitos microparticulados e nanoparticulados após acabamento e polimento, 57(2), 179–182.
- Poon, C. Y., & Bhushan, B. (1995). Comparison of surface roughness measurements by stylus profiler., 190, 76–88.
- Rüttermann, S., Bergmann, N., Beikler, T., Raab, W. H.-M., & Janda, R. (2012). Bacterial viability on surface-modified resin-based dental restorative materials. *Archives of oral biology*, 57(11), 1512–21. doi:10.1016/j.archoralbio.2012.05.005
- Sadowsky, S. J. (2006). An overview of treatment considerations for esthetic restorations: a review of the literature. *The Journal of prosthetic dentistry*, 96(6), 433–42. doi:10.1016/j.prosdent.2006.09.018

- Salerno, M., Giacomelli, L., Derchi, G., Patra, N., & Diaspro, A. (2010). Atomic force microscopy in vitro study of surface roughness and fractal character of a dental restoration composite after air-polishing. *Biomedical engineering online*, 9(59), 1–11. doi:10.1186/1475-925X-9-59
- Sarac, D., Sarac, Y. S., Kulunk, S., Ural, C., & Kulunk, T. (2006). The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *The Journal of prosthetic dentistry*, 96(1), 33–40. doi:10.1016/j.prosdent.2006.04.012
- Scheibe, K. G. B. A., Almeida, K. G. B., Medeiros, I. S., Costa, J. F., & Alves, C. M. C. (2009). Effect of different polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 17(1), 21–6. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19148401>
- Schmit, J., Reed, J., Novak, E., & Gimzewski, J. K. (2008). Performance advances in interferometric optical profilers for imaging and testing. *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, 10(6), 1–7. doi:10.1088/1464-4258/10/6/064001
- Schmitt, V. L., Puppini-Rontani, R. M., Naufel, F. S., Nahsan, F. P. S., Alexandre Coelho Sinhoreti, M., & Baseggio, W. (2011). Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *ISRN dentistry*, 2011, 617672. doi:10.5402/2011/617672
- Senawongse, P., & Pongprueksa, P. (2007). Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 19(5), 265–73; discussion 274–5. doi:10.1111/j.1708-8240.2007.00116.x
- Shahabi, H. H., & Ratnam, M. M. (2009). Noncontact roughness measurement of turned parts using machine vision. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 46(1-4), 275–284. doi:10.1007/s00170-009-2101-0
- Sideridou, I. D., Karabela, M. M., & Vouvoudi, E. C. (2011). Physical properties of current dental nanohybrid and nanofill light-cured resin composites. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 27(6), 598–607. doi:10.1016/j.dental.2011.02.015
- Sirin Karaarslan, E., Bulbul, M., Yildiz, E., Secilmis, A., Sari, F., & Usumez, A. (2013). Effects of different polishing methods on color stability of resin composites after accelerated aging. *Dental Materials Journal*, 32(1), 58–67. doi:10.4012/dmj.2012-045
- Sosale, G. (2007). *Measurement and Analysis of Surface Topography over Multiple Length Scales : Application to Titanium Bone Implants* (pp. 1–98).

- Venturini, D., Cenci, M. S., Demarco, F. F., Camacho, G. B., & Powers, J. M. (2006). Effect of polishing techniques and time on surface roughness, hardness and microleakage of resin composite restorations. *Operative dentistry*, 31(1), 11–7. doi:10.2341/04-155
- Visscher, M., & Struik, K. G. (1994). *Optical profilometry and its application to mechanically inaccessible surfaces Part I: Principles of focus error detection* (Vol. 16, pp. 192–198).
- Watanabe, T., Miyazaki, M., & Takamizawa, T. (2005). Influence of polishing duration on surface roughness. *Journal of Oral Science*, 47(1), 21–25.
- Zimmerli, B., Lussi, a, & Flury, S. (2011). Operator variability using different polishing methods and surface geometry of a nanohybrid composite. *Operative dentistry*, 36(1), 52–9. doi:10.2341/10-096-LR1