



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**ESTUDO COMPARATIVO DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE
DE RESINAS COMPOSTAS SUBMETIDAS A DIFERENTES
SISTEMAS DE ACABAMENTO E POLIMENTO**

Trabalho submetido por
Ivo Miguel de Castro Reis
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2017



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**ESTUDO COMPARATIVO DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE
DE RESINAS COMPOSTAS SUBMETIDAS A DIFERENTES
SISTEMAS DE ACABAMENTO E POLIMENTO**

Trabalho submetido por
Ivo Miguel de Castro Reis
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Pedro Melo Moura

e coorientado por
Prof. Doutor José João Mendes

setembro de 2017

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Pedro Melo Moura, por ter aceitado ser meu orientador, pela sua disponibilidade e ajuda na orientação. O seu profissionalismo e conhecimento transmitido ao longo do curso foi para mim um exemplo.

Aos Professores, Doutor José João Mendes, Doutora Ana Mano Azul, Doutor João Rua e Mestre Paulo Monteiro, pela dedicação, incentivo e apoio, indispensáveis à concretização desta investigação.

Ao Prof. Doutor Mário Polido, pelas pertinentes sugestões e por ter disponibilizado o laboratório de biomateriais.

Ao Prof. Doutor Jorge Caldeira pela disponibilidade, acessibilidade e confiança na cedência do microscópio de força atómica.

Ao Prof. Doutor Luís Proença, por todo o tempo dispensado, pela análise estatística e interpretação dos dados da dissertação.

Ao Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz e ao Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Aos meus pais e irmão, pela educação e exigência, paciência e amor incondicional. Obrigado pelo apoio, não só agora, mas desde sempre.

A toda a minha família, que sei que poderei sempre contar, independentemente da situação.

À Solange, por ser uma inspiração, por nunca ter falhado uma palavra de conforto e amor.

A todos os meus amigos, em especial à minha colega de box Filipa, pelo companheirismo e amizade, principalmente nos últimos dois anos.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a rugosidade de superfície de resinas compostas submetidas a protocolos de acabamento e polimento distintos.

Material e Métodos: Foram confeccionados trinta e seis discos a partir de quatro resinas compostas: duas nanohíbridas (*Brilliant Everglow™* e *Essencia™*), uma nanoparticulada (*Filtek™ Supreme XTE*) e uma microhíbrida (*G-aenial™*). Cada resina foi submetida a dois protocolos de polimento e um grupo de controlo, que corresponde apenas ao acabamento. Após o tratamento, a rugosidade de superfície foi avaliada através do Microscópio de Força Atómica (AFM).

Resultados: Os resultados estatísticos evidenciam que há influência na R_a consoante o tipo de Protocolo aplicados e no tipo de resina composta ($p < 0,001$). Contudo, o protocolo 1 e protocolo 2 não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,698$). A resina *Filtek™ Supreme XT* apresentou os resultados mais baixos de R_a dos protocolos 1 e 2. A *Essentia™* apresentou os resultados mais altos do protocolo 1 e a *G-aenial™* do protocolo 2.

Conclusões: A rugosidade de superfície é influenciada pelo tipo acabamento/polimento e pelo tipo de resina, composição e tamanho de partículas da mesma.

Palavras-chave: Rugosidade de superfície, resina composta, polimento, restaurações anteriores

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the surface roughness of composite resins submitted to different finishing and polishing protocols.

Materials and Methods: Thirty-six discs were made from four composite resins: two nanohybrid (*Brilliant Everglow*TM e *Essencia*TM), one nanoparticulated (*Filtek*TM *Supreme XTE*) and one microhybrid (*G-aenial*TM). Each composite was subjected to two polishing protocols and a control group. After the treatment, the surface roughness (R_a) was analyzed with the atomic force microscope (AFM).

Results: The results evidence the significant influence on R_a according to protocol types and composite resin types applied ($p < 0,001$). However, no statistically significant differences were observed between Protocol 1 and 2 ($p = 0,698$). The *Filtek*TM *Supreme XTE* resin showed the lowest surface roughness values of protocol 1 and 2. The *Essencia*TM showed the highest R_a values of protocol 1 and *G-aenial*TM the highest of protocol 2.

Conclusions: The surface roughness is dependent on finishing/polishing system and on the type of composite resin, its composition and particles size.

Keywords: Surface roughness, composite resin, polishing, anterior restorations

ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO	11
1. Princípios Estéticos.....	11
2. Resinas Compostas	11
2.1 Composição.....	11
2.1.1 Matriz Orgânica	12
2.1.2 Partículas de Carga Inorgânica	12
2.1.3 Agentes de União.....	12
2.1.4 Sistema Ativador-Iniciador.....	13
2.2 Classificação das Resinas Compostas.....	13
2.2.1 Resinas Compostas Macroparticuladas.....	13
2.2.2 Resinas Compostas de Partículas Pequenas.....	14
2.2.3 Resinas Compostas Microparticuladas	14
2.2.4 Resinas Compostas Microhíbridas.....	15
2.2.5 Resinas Compostas Nanoparticuladas	15
2.2.6 Resinas Compostas Nanohíbridas.....	16
2.3 Limitações das Resinas Compostas	17
3. Acabamento e Polimento	17
3.1 Procedimentos Clínicos	18
3.1.1 Contorno	18
3.1.2 Acabamento	19
3.1.3 Polimento	19
3.1.4 Selamento de superfície	19
3.2 Instrumentos e Técnicas.....	19
3.3 Importância do Acabamento e Polimento.....	21
4. Resistência ao Desgaste	21
5. Polimerização.....	21
5.1 Autopolimerização.....	22
5.2 Fotopolimerização.....	22

5.3	Contração de Polimerização	23
6.	Estudo da Rugosidade de Superfície das Resinas Compostas	23
6.1	Rugosidade de Superfície	23
6.2	Microscópio de Força Atômica (AFM)	24
II.	OBJETIVOS E HIPÓTESES DO ESTUDO	25
III.	MATERIAIS E MÉTODOS	27
1.	Protocolo Experimental	27
2.	Confeção das Amostras e Materiais	32
3.	Análise da Rugosidade de Superfície	40
4.	Análise Estatística	41
IV.	RESULTADOS	43
1.	Estatística descritiva	43
2.	Interação entre o Tipo de Protocolo e o Tipo de Resina na Ra	46
3.	Comparação das Médias da Rugosidade de Superfície	47
4.	Topografia de Superfície	49
V.	DISCUSSÃO	57
VI.	CONCLUSÃO	63
VII.	BIBLIOGRAFIA	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Resinas compostas: a) Brilliant Everglow™; b) Essencia™; c) Filtek™ Supreme XTE; d) G-ænial™	27
Figura 2 – a) Molde para confecção das amostras; b) Aplicação da resina no molde com altura predefinida; c) Compactação do material no molde; d) Colocação da matriz de acetato e lâmina de vidro.....	32
Figura 3 – Fotolimerização da amostra.....	33
Figura 4 – a) Fotopolimerizador Elipar™; b) Radiômetro Model 100.....	33
Figura 5 – a) Máquina de polimento LaboForce-1; b) discos de polimento Struers (frente e verso).....	34
Figura 6 – Disco Sof-Lex™ XT (grão médio).....	35
Figura 7 – Disco Sof-Lex™ XT (grão fino).....	35
Figura 8 – Espiral Sof-Lex™ Pre-polishing	36
Figura 9 – Espiral Sof-Lex™ Diamond Polishing.....	36
Figura 10 – Disco de borracha do Sistema Enhance®	36
Figura 11 – Escova RA LATCH 12mm Round Brush com aplicação da pasta diamantada Diashine®	37
Figura 12 – Pasta diamantada Diashine® Intra Oral Polishing Compound	37
Figura 13 – Brilliant Everglow™: BP0 e BP1.....	38
Figura 14 – Brilliant Everglow™: BP0 e BP2.....	38
Figura 15 – Essentia™: EP0 e EP1.....	38
Figura 16 – Essentia™: EP0 e EP2.....	38
Figura 17 – Filtek™ Supreme XTE: FP0 e FP1	39
Figura 18 – Filtek™ Supreme XTE: FP0 e FP2.....	39
Figura 19 – G-ænial™: GP0 e GP1	39
Figura 20 – G-ænial™: GP0 e GP2	39
Figura 21 – AFM <i>Workshop</i> ™ TT	40
Figura 22 – Amostra em análise no AFM.....	40
Figura 23 – Imagens AFM da resina Brilliant Everglow™ com Protocolo 0	49
Figura 24 – Imagens AFM da resina Brilliant Everglow™ com Protocolo 1	50

Figura 25 – Imagens AFM da resina Brilliant Everglow™ com Protocolo 2	50
Figura 26 – Imagens AFM da resina Essencia™ com Protocolo 0	51
Figura 27 – Imagens AFM da resina Essencia™ com Protocolo 1	51
Figura 28 – Imagens AFM da resina Essencia™ com Protocolo 2	52
Figura 29 – Imagens AFM da resina Filtek™ Supreme XTE com Protocolo 0.....	52
Figura 30 – Imagens AFM da resina Filtek™ Supreme XTE com Protocolo 1.....	53
Figura 31 – Imagens AFM da resina Filtek™ Supreme XTE com Protocolo 2.....	53
Figura 32 – Imagens AFM da resina G-ænial™ com Protocolo 0	54
Figura 33 – Imagens AFM da resina G-ænial™ com Protocolo 1	54
Figura 34 – Imagens AFM da resina G-ænial™ com Protocolo 2	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Características das resinas compostas testadas	28
Tabela 2 – Esquema dos procedimentos dos protocolos aplicados	29
Tabela 3 – Características dos sistemas de acabamento e polimento	30
Tabela 4 – Nomenclatura dos grupos utilizados no estudo.....	31
Tabela 5 – Medidas descritivas relativas às Resinas e Protocolo	43
Tabela 6 – Interações Resina/Polimento.....	46
Tabela 7 – Comparações múltiplas entre Resinas.....	47
Tabela 8 – Comparações múltiplas entre Protocolos de Polimento.....	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Valores médios da rugosidade de superfície (nm) nos protocolos de polimento vs resinas.....	44
Gráfico 2 – Valores médios da rugosidade de superfície (nm) nas resinas vs protocolos de polimento	45

LISTA DE ABREVIATURAS

°C – Graus Celsius

3D – Tri-dimensional

AFM – Atomic Force Microscopy

Al₂O₃ – Óxido de Alumínio

Bis-EMA – Bisfenol-A-etoxilato-dimetacrilato

Bis-GMA – Bisfenol-Glicidil-Metacrilato

Bis-MEPP – 2,2-Bis (4-Metacriloxipolietoxifenil) Propano

DMAEMA – Dimetilaminoetil Metacrilato

DP – desvio padrão

LED – Light Emitting Diode

MD – média

mm – milímetro

Hz – Hertz

mW/cm² – miliWatts por centímetro quadrado

nm – nanómetro

PPRF – Pre-polymerized Resin Fillers

Ra – Arithmetic average roughness

RC – resina composta

rpm – rotações por minuto

SPSS – Statistical Package for the Social Sciences

TEGDMA – Trietileno-Glicol-Dimetacrilato

UDMA – Uretano Dimetacrilato

μm – micrómetro

I. INTRODUÇÃO

1. Princípios Estéticos

Os materiais para restaurações estéticas devem integrar-se na dentição do paciente simulando o dente natural em cor, translucidez, forma e textura. Assim, é possível mimetizar as restaurações na dentição natural, não descuidando as propriedades de resistência ao desgaste, força, adaptação marginal, selamento marginal, insolubilidade e biocompatibilidade (Vargas, Bergeron, Murchison, Roeters & Chan, 2013).

O sucesso estético das restaurações depende maioritariamente da escolha da cor e da própria estabilidade de cor. Ou seja, depende de fatores intrínsecos que incluem as propriedades da matriz e a interface entre a matriz e as partículas de carga inorgânica. Não obstante, a estabilidade de cor depende também de fatores extrínsecos como alimentação, bebidas, café e *cola*, e consumo de tabaco (Ergüçü, Türkün & Aladag, 2008; Barakah & Taher, 2014).

2. Resinas Compostas

As resinas compostas são um material restaurador de grande popularidade em Medicina Dentária (Demarco *et al.*, 2015). Distinguem-se dos anteriores materiais pela estética, biocompatibilidade e manipulação clínica superiores (Wang *et al.*, 2013).

Dada a sua versatilidade é possível criar restaurações esteticamente semelhantes ao dente natural e preenchem também todos os requisitos no que toca à preservação do dente e durabilidade (Ferracane, 2010; Demarco *et al.*, 2015).

2.1 Composição

As resinas compostas apresentam quatro componentes estruturais: a matriz orgânica, partículas de carga inorgânica, agente de união e sistema iniciador (Vargas *et al.*, 2013).

2.1.1 Matriz Orgânica

A matriz orgânica é um material resinoso plástico, um monômero fluido de alto peso molecular (Anusavice, Shen & Rawls, 2013).

O monômero mais utilizado é o Bisfenol-Glicidil-Metacrilato (Bis-GMA), contudo também se podem encontrar o Uretano Dimetacrilato (UDMA) e o Bisfenol-A-etoxilato-dimetacrilato (Bis-EMA), em substituição do Bis-GMA. Dado o peso molecular elevado, estes apresentam alta viscosidade e assim foram introduzidos monômeros alternativos, com menor viscosidade, com o objetivo de reduzir a viscosidade à resina composta. O mais utilizado é o Trietileno-Glicol-Dimetacrilato (TEGDMA) (Peutzfeldt, 1997; Anusavice *et al.*, 2013).

2.1.2 Partículas de Carga Inorgânica

As resinas compostas são classificadas pelo tamanho médio das partículas constituintes da matriz inorgânica (Anusavice *et al.*, 2013; Vargas *et al.*, 2013).

As partículas de carga inorgânica concedem à resina composta não só as propriedades mecânicas, mas também propriedades como maior translucidez, opalescência, menor coeficiente de expansão térmica, redução da contração de polimerização, maior resistência às forças mastigatórias, o que torna o material mais denso, menos suscetível ao desgaste e mais manuseável (Ilie & Hickel, 2009; Anusavice *et al.*, 2013).

Partículas como o estrôncio ou o bário têm propriedades que absorvem raio-x (Anusavice *et al.*, 2013).

Uma distribuição de partículas com o mesmo tamanho não permite incorporar uma quantidade de carga inorgânica tão grande como uma distribuição com diferentes tamanhos (Anusavice *et al.*, 2013). Segundo Ferracane (1995), quanto menores forem as partículas, maior a eficácia no polimento e brilho da resina composta.

2.1.3 Agentes de União

A função dos agentes de união é permitir a adesão química das partículas de carga inorgânica à matriz resinosa. Estes agentes podem ser de titânio e zircônio, porém, os mais usados são os organosilanos. Os organosilanos formam ligações covalentes com a resina composta aquando da polimerização, completando o processo de união, necessário ao desempenho

clínico das resinas compostas (Anusavice *et al.*, 2013; Vargas *et al.*, 2013).

2.1.4 Sistema Ativador-Iniciador

O sistema ativador-iniciador é o sistema responsável pela conversão da resina como um material viscoso e moldável, num material duro e que mantém essa dureza ao longo do tempo. Nas resinas compostas fotopolimerizáveis, o sistema de iniciação faz-se por um fotoiniciador (a Canforoquinona é o mais utilizado) e por uma amina iniciadora (DMAEMA). Estes só interagem quando expostos à luz azul, isto é, comprimento de onda ± 468 nm, e só assim os radicais livres iniciam a polimerização por adição (Anusavice *et al.*, 2013; Vargas *et al.*, 2013).

2.2 Classificação das Resinas Compostas

As resinas compostas classificam-se consoante o tamanho e distribuição da carga inorgânica em maior percentagem no material (Lutz & Phillips, 1983; Nair *et al.*, 2016).

2.2.1 Resinas Compostas Macroparticuladas

Também referenciadas como resinas tradicionais, as resinas macroparticuladas apresentam as partículas de carga de maiores dimensões, quando comparadas com as demais (Lutz & Phillips, 1983; Anusavice *et al.*, 2013).

O tamanho destas partículas varia entre 10 μm e 100 μm (Bayne, Heymann & Swift Jr., 1994).

A sílica amorfa e o quartzo são exemplos destas partículas de carga, sendo que o quartzo foi a primeira partícula de carga a ser introduzida nas resinas compostas. A carga inorgânica representa 70 - 80% do peso destes materiais (Anusavice *et al.*, 2013).

As resinas macroparticuladas apresentam melhores propriedades que as resinas acrílicas mas, ainda assim, não o suficiente para se assemelharem aos tecidos dentários, esmalte e dentina. Este facto faz com que haja um acumular de tensões na interface resina-dente devido a características como expansão e contração, próprias das resinas compostas. Outro facto é que, devido à abrasão seletiva da matriz orgânica, as resinas macroparticuladas apresentam uma maior rugosidade de superfície e por essa razão tornam-se suscetíveis à retenção de pigmentos – descoloração da restauração (Anusavice *et al.*, 2013; Heymann, Ritter &

Roberson, 2013).

2.2.2 Resinas Compostas de Partículas Pequenas

Com o propósito de melhorar os resultados do polimento, ou seja, diminuir a rugosidade de superfície, diminuir a suscetibilidade à descoloração e aumentar a durabilidade das resinas macroparticuladas, foram criadas as resinas de partículas pequenas (Lutz & Phillips, 1983; Anusavice *et al.*, 2013).

Estas resinas apresentam um tamanho médio entre 0,1 a 10 μm e desta forma foi possível criar um material com maior conteúdo em carga, traduzindo-se em 77% a 88% do peso da resina. As partículas de carga destas resinas são moídas e revestidas por silano e geralmente é-lhes adicionada sílica coloidal. Assim, a viscosidade é melhorada, o que significa em termos práticos uma compactação facilitada (Anusavice *et al.*, 2013).

De acordo com Lutz & Phillips (1983), a rugosidade de superfície é menor nas resinas de partículas pequenas, o que se traduz em maior resistência ao desgaste e menor contração de polimerização, relativamente às resinas macroparticuladas.

Portanto, dada a dureza e resistência elevadas, as resinas compostas de partículas pequenas têm indicação para regiões de maior tensão mastigatória e com maior tendência para o desgaste (Anusavice *et al.*, 2013).

2.2.3 Resinas Compostas Microparticuladas

As resinas microparticuladas são constituídas principalmente por partículas de sílica coloidal, com um tamanho entre os 40 nm e os 50 nm e foram desenvolvidas com vista a superar as lacunas estéticas de resinas com partículas de maior dimensão (Da Costa, Ferracane, Paravina, Mazur & Roeder, 2007; Karabela & Sideridou, 2011).

Quanto maior for a quantidade de partículas de sílica presentes na resina, maiores são as suas propriedades. Contudo, a adição de elevadas quantidades de sílica poderia comprometer a viscosidade da resina assim como a sua manipulação clínica (Da Costa *et al.*, 2007).

No sentido de melhorar as propriedades das resinas compostas microparticuladas foram incorporadas as chamadas partículas de carga pré-polimerizada (PPRF), nas partículas de

sílica. As PPRF não sofrem contração aquando da polimerização e assim a carga inorgânica é maximizada, a capacidade de polimento da superfície da resina é potenciada e, observando-se qualidades estéticas superiores às restantes resinas compostas, tomam indicação para regiões anteriores (Vargas *et al.*, 2013).

Não obstante, nestas resinas não se observa o melhor desempenho mecânico, isto é, são fracas quando sujeitos a altas forças oclusais (Lu, Lee, Oguri & Powers, 2006; Karabela & Sideridou, 2011).

Assim, as resinas microparticuladas não estão indicadas para regiões sujeitas a elevadas tensões mastigatórias devido ao facto de possuírem uma fraca união entre as PPRF e a matriz orgânica polimerizada clinicamente, o que faz com que tenham baixa resistência à tração e que sejam propícias ao desgaste em lasca nas margens da restauração (Anusavice *et al.*, 2013; Vargas *et al.*, 2013).

2.2.4 Resinas Compostas Microhíbridas

Resinas microhíbridas são resinas cuja composição é formada por micropartículas (40 nm) e partículas pequenas (0,4 a 4,0 μm). Esta combinação permite à resina um resultado de polimento elevado e propriedades físicas melhoradas quando comparado com resinas microparticuladas (Vargas *et al.*, 2013).

Elas são constituídas por dois tipos de partículas de carga – cargas de sílica coloidal e partículas de vidro contendo metais pesados, o que perfaz um total de 75% a 80% de carga inorgânica na resina (Anusavice *et al.*, 2013).

As resinas microhíbridas, assim chamadas por possuírem partículas de dimensões inferiores a 1 μm na sua composição, apresentam manipulação facilitada com resultados otimizados no polimento em relação às anteriores, assim como manutenção do mesmo ao longo do tempo (Anusavice *et al.*, 2013; Vargas *et al.*, 2013).

2.2.5 Resinas Compostas Nanoparticuladas

As resinas nanoparticuladas contêm nanopartículas de tamanho na média dos 25 nm e agregados de zircónia e sílica ou nanosílica de 75 nm. São constituídas por até 79,5 % de carga (García, Lozano, Vila, Escribano & Galve, 2006).

Esses agregados de zircônia-sílica oferecem à resina uma baixa contração de polimerização, melhor polimento, melhor retenção e resistência ao desgaste (Janus, Fauxpoint, Arntz, Pelletier & Etienne, 2010).

Devido aos bons resultados obtidos com materiais cuja composição incorpora nanopartículas, estas estão a ser utilizadas como reforço nas resinas. Contudo, por razões de viscosidade, as nanopartículas apenas podem ser agregadas nas resinas compostas em concentrações inferiores a 10% de peso. Esta concentração torna as propriedades mecânicas insatisfatórias para um material restaurador e para as melhorar seria necessária uma concentração de pelo menos 60% de peso (Rodríguez, Giraldo & Casanova, 2015).

Estas resinas são compostas por nanómeros e *nanoclusters* (Senawongse & Pongprueksa, 2007). Os *nanoclusters* são definidos como agregados de nanopartículas. Apresentam uma estrutura porosa que induz uma elevada afinidade com a matriz polimérica, dissipando o *stress* mecânico que é aplicado diretamente sobre a resina (Rodríguez *et al.*, 2015).

Assim, resinas que incorporem *nanoclusters* possuem estética elevada, retenção do polimento a longo prazo e propriedades físicas otimizadas que asseguram a longevidade da restauração (Ergücü & Türkün, 2007; Curtis, Palin, Fleming, Shortall & Marquis, 2009).

No que respeita ao acabamento e polimento, em teoria, as resinas com nanopartículas na sua composição, apresentam menor suscetibilidade à perda de partículas causada pelo contacto com os materiais abrasivos dos sistemas de polimento. Isto reflete-se numa menor rugosidade de superfície (Ferreira, Souto, Borges, Assunção & Costa, 2015).

2.2.6 Resinas Compostas Nanohíbridas

Uma resina nanohíbrida é uma resina híbrida com nanopartículas em forma de PPRF (Senawongse & Pongprueksa, 2007).

Estas resinas são compostas por partículas de nível *submicron*, isto é, falamos em partículas de carga inorgânica de dimensões inferiores a 1 µm. As partículas *submicron* podem ser medidas em µm e nm (Vargas *et al.*, 2013).

Foram fabricadas de modo a que, em qualquer região da cavidade oral, fosse possível obter

um elevado polimento, elevada retenção de brilho e com elevadas propriedades mecânicas, e assim suportar forças de *stress* mastigatório (Aytac *et al.*, 2016).

Assim como as resinas microparticuladas, as resinas nanohíbridas apresentam na sua constituição partículas PPRF, são facilmente manipuladas e polidas. Contudo, no que respeita à retenção do polimento e brilho a longo-prazo, as nanohíbridas apresentam-se superiores (Vargas *et al.*, 2013; Aytac *et al.*, 2016).

2.3 Limitações das Resinas Compostas

As resinas compostas apesar de serem o material mais comum para as restaurações anteriores diretas devido a todas as suas propriedades estéticas, apresentam algumas limitações derivadas das propriedades mecânicas e físicas tais como: a contração após polimerização; a necessidade de isolamento absoluto para uma eficaz adesão à estrutura dentária; baixa resistência ao desgaste quando comparadas com cerâmicas e, propensão para lascas; baixa adesão à dentina e superfícies radiculares quando comparadas com a adesão ao esmalte, e o facto de não apresentarem propriedades antibacterianas (Vargas *et al.*, 2013).

Van Noort & Davis (1993) nomearam outros fatores desencadeantes da substituição de restaurações anteriores, como por exemplo: a descoloração marginal e de superfície, baixa adaptação marginal, fraturas da restauração e aparecimento de lesões de cárie secundária.

3. Acabamento e Polimento

Não só o tipo de material e a sua composição são fatores que influenciam a manutenção da suavidade da superfície de uma resina composta. O acabamento e o polimento são procedimentos de alta relevância para tal (Schmitt *et al.*, 2011).

O desgaste de uma superfície pelas partículas abrasivas do polimento é definido como um fenómeno cumulativo no qual o material é removido em sucessivas partículas de detritos, inicialmente por processos mecânicos aplicados diretamente sobre a superfície (Jefferies, 2007).

Dada a diferença de dureza entre matriz orgânica e partículas de carga inorgânica, conclui-se que a matriz orgânica é removida mais facilmente que as partículas de carga. É unânime

entre alguns autores que o tamanho das partículas de uma resina composta é diretamente proporcional à sua rugosidade de superfície, isto é, quanto maior o tamanho das partículas de carga, mais difícil se torna de obter um bom acabamento e polimento (Ryba, Dunn & Murchison, 2002; Joniot, Salomon, Dejou & Gregoire, 2006; Anusavice *et al.*, 2013).

Desta forma, é importante que as partículas abrasivas tenham uma dureza superior em relação às partículas de carga inorgânica. Caso contrário, e concluindo o parágrafo acima, o agente de polimento apenas removerá a matriz orgânica da resina composta (Ergücü & Türkün, 2007).

O rigor na rugosidade de superfície pode distinguir o sucesso do insucesso de uma restauração. Níveis de rugosidade com 0,3 µm são percebidos pelo paciente com a própria língua (Jones, Billington & Pearson, 2004). Contudo, valores de rugosidade acima de 0,2 µm (valor limite) afetam perentoriamente a retenção de placa bacteriana (Aytac *et al.*, 2016; Yadav, Raisingani, Jindal & Mathur, 2016).

Os procedimentos de acabamento e polimento das restaurações diretas requerem a utilização sequencial de instrumentos com uma granulação decrescente gradual, com o objetivo de se atingir o melhor brilho de superfície (Ergücü & Türkün, 2007).

3.1 Procedimentos Clínicos

São descritos três procedimentos clínicos propriamente ditos após uma restauração direta, tanto para o sector anterior como posterior – contorno, acabamento, polimento. É descrito também um quarto procedimento, este de carácter opcional – selamento de superfície (Antonson, Yazici, Kilinc, Antonson & Hardigan, 2011; Vargas *et al.*, 2013). Estes procedimentos permitem que uma restauração possua uma superfície de aparência estética, com elevado brilho e se eliminem áreas de retenção, diminuindo a probabilidade de descoloração e desgaste (Aytac *et al.*, 2016).

3.1.1 Contorno

Este passo tem como finalidade moldar a restauração simulando os contornos naturais do dente. Aqui utilizam-se instrumentos de maior abrasividade e removem-se os excessos do material restaurador (Jefferies, 2007; Vargas *et al.*, 2013).

3.1.2 Acabamento

O acabamento consiste em remover irregularidades causadas pelos instrumentos de corte durante o contorno e suavizar a superfície (Jefferies, 2007; Antonson *et al.*, 2011).

Nesta fase estamos a caracterizar o dente, e assim é importante que se observem e copiem os detalhes dos dentes adjacentes (Vargas *et al.*, 2013).

3.1.3 Polimento

O polimento tem o propósito de reduzir a rugosidade e a energia de superfície, e assim e criar uma camada de brilho semelhante à do esmalte (Antonson *et al.*, 2011).

Dos três procedimentos este é o que utiliza os instrumentos de abrasividade mais baixa (Vargas *et al.*, 2013).

3.1.4 Selamento de superfície

Também conhecido como *rebonding* ou *glazing*, o selamento de superfície, é o procedimento realizado depois dos três passos antes mencionados (Vargas *et al.*, 2013).

Durante o acabamento e polimento podem ser criadas localizações com diferentes rugosidades e/ou defeitos marginais. O selamento elimina essas localizações e tem ação preventiva na pigmentação da superfície da resina composta (Bayne *et al.*, 1994).

Esta camada é constituída por uma resina de baixa viscosidade suscetível ao desgaste, o que faz com que o seu efeito a longo prazo seja questionável. Desta forma, o *glaze* torna-se um passo opcional, raramente necessário para restaurações anteriores (Vargas *et al.*, 2013).

3.2 Instrumentos e Técnicas

Os instrumentos utilizados para o acabamento e polimento são classificados segundo a sua abrasividade. Assim, estes instrumentos são divididos em dois grupos: abrasão a dois corpos e abrasão a três corpos. Na abrasão a dois corpos, as partículas abrasivas estão ligadas diretamente ao substrato, ou seja, borrachas e discos de polimento, entre outros. Na abrasão a três corpos existem partículas abrasivas dispersas intencionalmente entre o instrumento e o substrato, que são exemplo, as pastas de abrasivas de polimento (Jefferies, 2007).

Também se podem dividir segundo a sua técnica – sistemas de um passo e sistema de passos

múltiplos (Schmitt *et al.*, 2011).

Os sistemas de polimento de um passo são constituídos por um único instrumento. Podem ser utilizados para procedimentos de contorno, acabamento e de polimento, conseguindo-se assim um brilho na superfície das resinas compostas num tempo de trabalho mínimo (Ergüçü & Türkün, 2007; Ozel, Korkmaz, Attar & Karabulut, 2008).

O sistema de passos múltiplos é constituído por uma sequência de instrumentos com diferente granulometria. O procedimento é normalmente executado por ordem decrescente de abrasividade, ou seja, é feita uma remoção gradual de material à superfície da restauração (Jung, Eichelberger & Klimek, 2007).

Posto isto, foram vários os estudos que ao longo tempo demonstraram e concluíram que com os sistemas de passos múltiplos se obtém uma superfície com menos rugosidade e com um efeito de brilho superior (Watanabe *et al.*, 2005; Schmitt *et al.*, 2011)

São muitas as técnicas e materiais que podem ser utilizados no quotidiano clínico, tais como: brocas diamantadas e de carbetto de tungsténio, discos e lixas de polimento, borrachas de polimento, pastas de polimento, escovas e feltros (Jefferies, 2007; Vargas *et al.*, 2013).

Os discos de polimento normalmente são de óxido de alumínio (Al_2O_3) pois este apresenta uma dureza superior às partículas de carga inorgânica do material restaurador, o que promove uma superfície mais suave (Jefferies, 2007; Antonson *et al.*, 2011).

As borrachas de polimento são constituídas por partículas abrasivas distribuídas numa matriz elástica. São comercializadas em diversas formas (discos, copos, taças e pontas) e tamanhos. A sua matriz pode ser natural ou sintética, de silicone ou outro polímero elástico sintético (Jefferies, 2007). As borrachas tendem a ser mais eficazes que os discos de Al_2O_3 devido à sua forma, que contorna melhor a anatomia dentária (Vargas *et al.*, 2013).

No que respeita a pastas de polimento, estas são compostas por partículas ultrafinas de óxido de alumínio ou de diamante (Lainović *et al.*, 2014)

Tanto as escovas como os feltros, neste procedimento, têm o papel de alcançar fossas, fissuras

e faces interproximais de restaurações (Jefferies, 2007).

3.3 Importância do Acabamento e Polimento

Dado que a rugosidade da superfície de uma restauração influencia a acumulação de placa bacteriana, isto significa que aumenta a probabilidade de aparecimento de lesão de cárie. O acabamento/polimento interfere também na pigmentação, no desgaste e na estética, sendo que estes procedimentos potenciam a longevidade da restauração (Aykent *et al.*, 2010; Barakah & Taher, 2014; Lainović *et al.*, 2014).

Também se verifica que interfere na função mastigatória dado que restaurações devidamente polidas permitem que os alimentos se desloquem facilmente entre as peças dentárias resultando numa eficiente mastigação. Verifica-se ainda que superfícies oclusais lisas levam a um menor desgaste da peça dentária oponente, quando comparadas com superfícies indevidamente polidas (Anusavice *et al.*, 2013).

4. Resistência ao Desgaste

Resistência ao desgaste é uma propriedade mecânica das resinas compostas e designa-se como a capacidade de resistir à perda de material à superfície em resultado do contacto abrasivo com a peça dentária oponente. O desgaste depende de fatores como: a composição da resina, a localização da restauração e os contactos oclusais (Heymann *et al.*, 2013).

Fenómenos como abrasão, adesão, fadiga e corrosão levam ao processo de desgaste. Estes fenómenos podem ocorrer individualmente ou em simultâneo (Mair, Vowles, Stolarski & Lloyd, 1996; Wang *et al.*, 2013)

5. Polimerização

A polimerização é o processo no qual a resina passa da fase plástica para a fase semi-sólida. (AlShaafi, 2017).

Durante este processo, os monómeros contidos na resina composta devem converter-se em polímeros, contudo alguns monómeros permanecem inalterados na matriz polimérica (Peutzfeldt, Sahafi & Asmussen, 2000; AlShaafi, 2017).

A percentagem de monómeros convertidos dita a força e a dureza do material, isto é, quanto mais alta, maiores as propriedades referidas (Peutzfeldt *et al.*, 2000).

Numa restauração, o método de polimerização utilizado pode influenciar a direção da contração, a estabilidade de cor, o acabamento e a porosidade interna do biomaterial. Existem então dois métodos – autopolimerização e fotopolimerização (Heymann *et al.*, 2013).

5.1 Autopolimerização

Para a polimerização de materiais autopolimerizáveis é necessária a mistura de dois componentes: o catalisador e a base. Desta mistura resulta uma reação química que desencadeia a polimerização. Este procedimento é passível de incorporar ar na mistura e de aumentar a porosidade interna do material, facto que degrada o material gradualmente (Heymann *et al.*, 2013).

As resinas autopolimerizáveis apresentam algumas desvantagens como a menor estabilidade de cor, quando comparadas às resinas fotopolimerizáveis, devido à oxidação pela presença de aceleradores de amina aromática. Por outro lado, a tensão marginal aquando da polimerização é menor em resinas autopolimerizáveis, dado que a formação de ligações é mais lenta (Anusavice *et al.*, 2013).

5.2 Fotopolimerização

Para a polimerização de materiais fotopolimerizáveis, que é o caso das resinas compostas usadas neste estudo, é necessária uma unidade de luz para que a reação de polimerização ocorra. É necessário também que a resina contenha um monómero diacrilato com um sistema fotoiniciador que, ao ser irradiado com luz azul, é despoletado o aparecimento de ligações cruzadas (Anusavice *et al.*, 2013).

Hoje em dia a fotopolimerização é executada com LED, que emite luz entre os 400 nm e os 500 nm. A fotopolimerização é um passo importante para a maximização das propriedades das resinas e para o sucesso da restauração a longo prazo (Price, Ferracane & Shortall, 2015; AlShaafi, 2017).

As resinas fotopolimerizáveis permitem completar a inserção e contorno da restauração antes de iniciar a polimerização, sendo esta uma vantagem sobre resinas de autopolimerização

(Anusavice *et al.*, 2013).

5.3 Contração de Polimerização

As resinas compostas ao endurecerem contraem e este fenómeno é inevitável. A contração induz uma separação entre o dente e a resina composta. Assim, de forma a reduzir esta separação, é fundamental uma boa técnica adesiva (Heymann *et al.*, 2013).

Para prevenir falhas clínicas, é utilizada a técnica incremental. A espessura máxima dos incrementos de resina é de 2 mm para uma adequada penetração de luz e eficaz polimerização (AlShaafi, 2017).

A contração de polimerização não causa problemas significativos quando a preparação é apenas composta por paredes de esmalte. Contudo, quando a preparação se estende pela superfície radicular pode ocorrer a formação de *gaps* localizados na junção entre a resina e a superfície da raiz (Heymann *et al.*, 2013).

Outro conceito que pode ajudar a minimizar a contração de polimerização é fator de configuração, também designado por fator-C. Este é definido como o rácio da área de superfícies aderidas para a área de superfícies não-aderidas. Quanto maior for o fator-C, maior será o *stress* formado na margem da restauração. Isto poderá levar à formação de *gaps* e desadaptação marginal (Anusavice *et al.*, 2013).

6. Estudo da Rugosidade de Superfície das Resinas Compostas

6.1 Rugosidade de Superfície

A rugosidade de superfície pode definir-se como a função da microestrutura criada por uma série de processos físicos usados no sentido de modificar a superfície. É descrita por um parâmetro chamado rugosidade aritmética (Ra), que corresponde à rugosidade média de superfície. É importante que a rugosidade de uma restauração seja igual ou inferior à rugosidade do esmalte dentário das áreas de contacto oclusal (El Feninat, Elouatik, Ellis, Sacher & Stangel, 2001; Ergücü & Türkün, 2007).

Quanto à textura da superfície, esta deve ser o mais suave possível, principalmente junto à margem gengival de modo a obter saúde gengival otimizada (Heymann *et al.*, 2013).

6.2 Microscópio de Força Atómica (AFM)

São vários os métodos de avaliação da rugosidade de superfície. Podem ser divididos em métodos qualitativos e quantitativos. São exemplos de métodos qualitativos, a microscopia ótica, a microscopia eletrónica de varrimento e microscopia de força atómica. São exemplos de métodos quantitativos, a medição do perfil de superfície (Kakaboura, Fragouli, Rahiotis & Silikas, 2007).

A medição feita pelo AFM é resultado das forças de interação entre uma ponta e uma superfície. A ponta apresenta um raio inferior a 10 nm e está a uma distância que varia entre 0,2 nm e 10 nm da superfície. A ponta afiada está segura num *cantilever* flexível que vai tocando suavemente a superfície da amostra e registando através das forças geradas – atração e repulsão (Oliveira, Albuquerque, Cruz & Leite, 2012).

As amostras são observadas a uma escala nanométrica, com análise 3D (Gurdogan, Ozdemir-Ozenen & Sandalli, 2017).

De realçar que apesar do contacto entre a ponta do aparelho e a superfície da amostra, a medição não é invasiva o suficiente para degradar as amostras em teste. Este facto faz com que este método de avaliação da rugosidade de um material permita uma análise antes e após o tratamento (Varanda, Prado, Simão & Dias, 2013).

II. OBJETIVOS E HIPÓTESES DO ESTUDO

Os objetivos são:

Avaliar o comportamento de resinas compostas aplicando dois protocolos com sistemas de acabamento e polimento.

Comparar quatro resinas compostas com diferentes tamanhos de partículas (microhíbridas, nanohíbridas e nanoparticuladas), no que diz respeito à rugosidade de superfície após a aplicação de dois diferentes protocolos de polimento.

Avaliar a influência da composição das resinas compostas estudadas na rugosidade de superfície.

As hipóteses são:

Hipótese Nula (H_0): Não existem diferenças significativas no efeito dos sistemas de acabamento e polimento na rugosidade de superfície das resinas compostas.

Hipótese Alternativa (H_1): Existem diferenças significativas no efeito dos sistemas de acabamento e polimento na rugosidade de superfície das resinas compostas.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Protocolo Experimental

No presente estudo foi avaliada a rugosidade de superfície das resinas compostas *Brilliant Everglow™* (Coltène/Whaledent), *Essencia™* (GC Corporation), *Filtek™ Supreme XTE* (3M™ ESPE™) e *G-ænial™* (GC Corporation) (Figura 1 e Tabela 1).



Figura 1 – Resinas compostas: a) Brilliant Everglow™; b) Essencia™; c) Filtek™ Supreme XTE; d) G-ænial™

As amostras foram submetidas a dois protocolos e um grupo de controlo para cada uma delas (Tabela 2), cada um com características específicas (Tabela 3). O controlo corresponde apenas ao acabamento.

Tabela 1 – Características das resinas compostas testadas

	Brilliant Everglow™	Essencia™	Filtek™ Supreme XTE	G-ænial™
Tipo de RC	Nanohíbrida	Nanohíbrida	Nanoparticulada	Microhíbrida
Matriz Orgânica	Bis-GMA Bis-EMA TEGDMA	UDMA Bis-MEPP	Bis-GMA Bis-EMA TEGDMA UDMA	UDMA Dimetacrilatos
Matriz Inorgânica	Vidro Sílica amorfa Óxido de Zinco (0,02-1 µm)	PPRF (10 µm): Vidro Bário (300 nm) Sílica (16 nm)	<i>Nanoclusters</i> Zircônia-Sílica (0,6-1,4 µm) Dióxido de Silício (20nm)	PPRF (16-17 µm): Sílica, Estrôncio e Floreto de Lantânio
Volume de partículas de carga (%)	56	81	63,3	63
Cor	A2B2	A2	A1E	A2
Fabricante	Coltène/Whaledent® AG Altstätten, Suíça	GC Corporation, Tokio, Japan	3M™ ESPE™, St. Paul, MN, USA	GC Corporation, Tokio, Japan
Lote	H27727	1601251	N680705	1412101

Tabela 2 – Esquema dos procedimentos dos protocolos aplicados

	Protocolo de polimento 0 (controlo)	Protocolo de polimento 1	Protocolo de polimento 2
Procedimento 1	Disco de Carbetto de Silício de grão 1000	Disco Sof-Lex™ XT de grão médio	Disco Sof-Lex™ XT de grão médio
Procedimento 2	-	Disco Sof-Lex™ XT de grão fino	Disco Sof-Lex™ XT de grão fino
Procedimento 3	-	Espiral Sof-Lex™ de pré-polimento	Borracha em disco do Enhance® Finishing System
Procedimento 4	-	Espiral Sof-Lex™ de polimento	Espiral Sof-Lex™ de polimento
Procedimento 5	-	-	Pasta de polimento Diashine® + Escova

Tabela 3 - Características dos sistemas de acabamento e polimento

Sistemas de polimento	Tipo de Instrumento	Composição	Fabricante	Lote
Discos Sof-Lex™ XT	Grão Médio (29 µm)	Óxido de Alumínio Base de poliéster Alumina	3M™ ESPE™, St. Paul, MN, USA	N779245
	Grão Fino (14 µm)			N774610
Espirais Sof-Lex™	Grão Fino: Pre-Polishing	Elastômero com partículas de Al ₂ O ₃	3M™ ESPE™, St. Paul, MN, USA	N508797
	Grão Ultrafino: Diamond Polishing			N782180
Enhance® Finishing System	Borracha em forma de disco (partículas abrasivas de 40 µm)	Resina polimerizada de UDMA Óxido de alumínio Sílica	Dentsply, Surrey, UK	1508171
Diashine® Intra Oral Polishing Compound 2g	Pasta diamantada de grão fino	Partículas diamantadas	VH Technologies Ltd, Seattle, WA, USA	-
RA LATCH 12mm Round Brush	Escova com cerdas de pelo de cabra	-	VH Technologies Ltd, Seattle, WA, USA	-
SiC Grinding Paper	Disco de grão 1000	Carbeto de Silício	Struers, Ballerup, Denmark	-

As amostras foram organizadas em doze grupos, cada um composto por três discos de resina. Os grupos foram divididos de acordo com a resina composta e com o protocolo de polimento e foi-lhes atribuído um nome para identificação (Tabela 4).

Tabela 4 – Nomenclatura dos grupos utilizados no estudo

	Brilliant Everglow™	Essentia™	Filtek™ Supreme XTE	G-ænial™
Protocolo 0 (controlo)	BP0	EP0	FP0	GP0
Protocolo 1	BP1	EP1	FP1	GP1
Protocolo 2	BP2	EP2	FP2	GP2

2. Confeção das Amostras e Materiais

Foram confeccionadas 36 amostras, em forma de disco, de resina composta com auxílio de um molde cilíndrico de aço inoxidável com 2 mm de altura por 12 mm de diâmetro, da marca *Smile Line USA Inc* (Colorado, EUA). De forma a minimizar a formação de camada de oxigênio foi colocada uma matriz de acetato e, sobre esta, foi colocada uma lâmina de microscópio, para assegurar que o excesso de material extravasava (Aytac *et al.*, 2016) e que não havia formação de bolhas de ar (Figura 2).

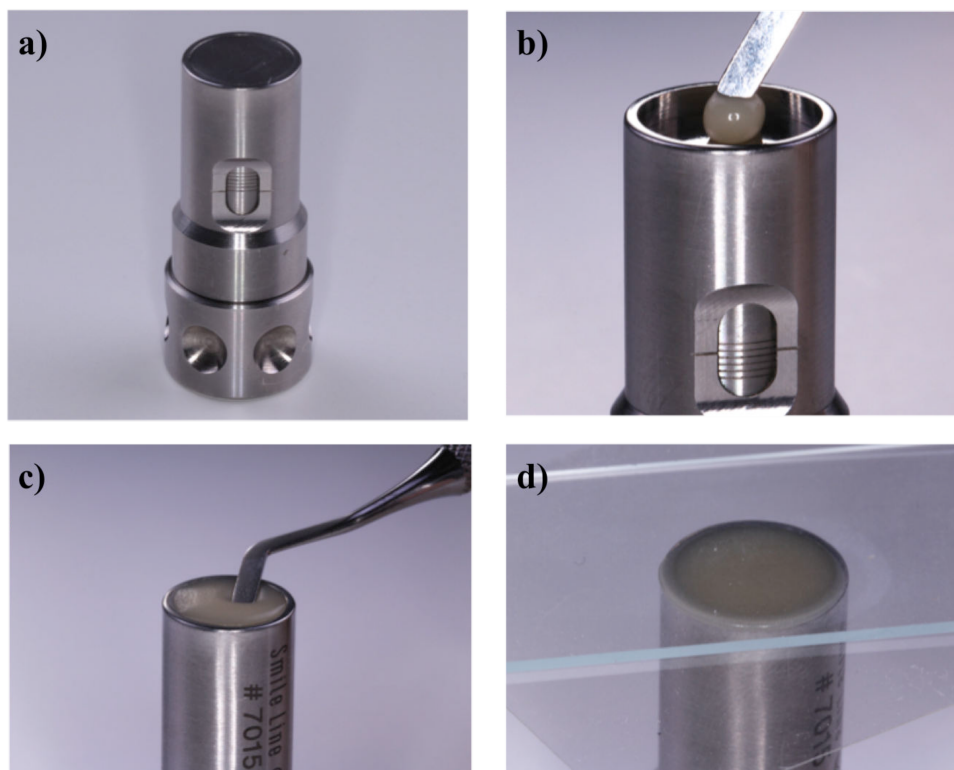


Figura 2 – a) Molde para confeção das amostras; b) Aplicação da resina no molde com altura predefinida; c) Compactação do material no molde; d) Colocação da matriz de acetato e lâmina de vidro

Dado que este passo garantia também o nivelamento do material, procedeu-se de seguida à fotopolimerização com o aparelho *Elipar™ DeepCure-S LED Curing Light* da 3M™ ESPE™ (St. Paul, EUA) com uma intensidade de 900 mW/cm^2 , confirmada pelo radiómetro *Model 100 Curing Radiometer* P/N 10503 (Demetron Research Corporation, Dunbury, EUA)

(Figura 3 e 4). Foram feitas medições periódicas a cada 6 amostras durante o processo a fim de controlar a intensidade e ter polimerizações homogêneas. O tempo de polimerização foi estabelecido de acordo com as recomendações de cada fabricante.

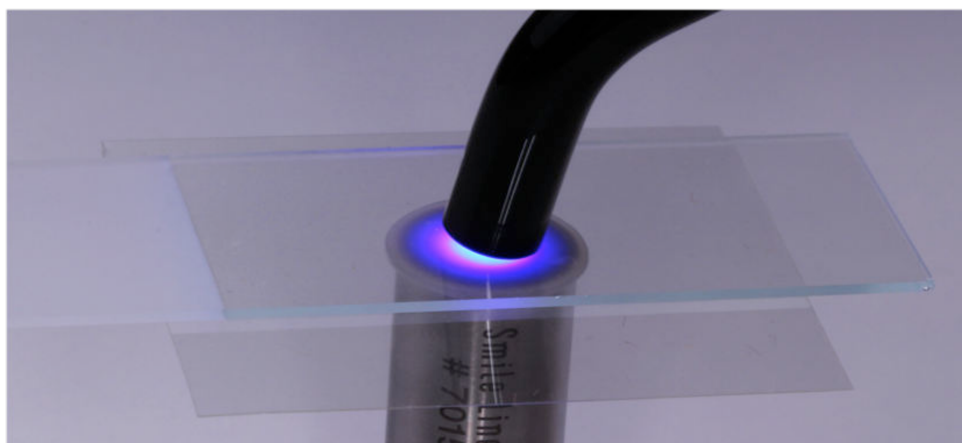


Figura 3 – Fotolimerização da amostra

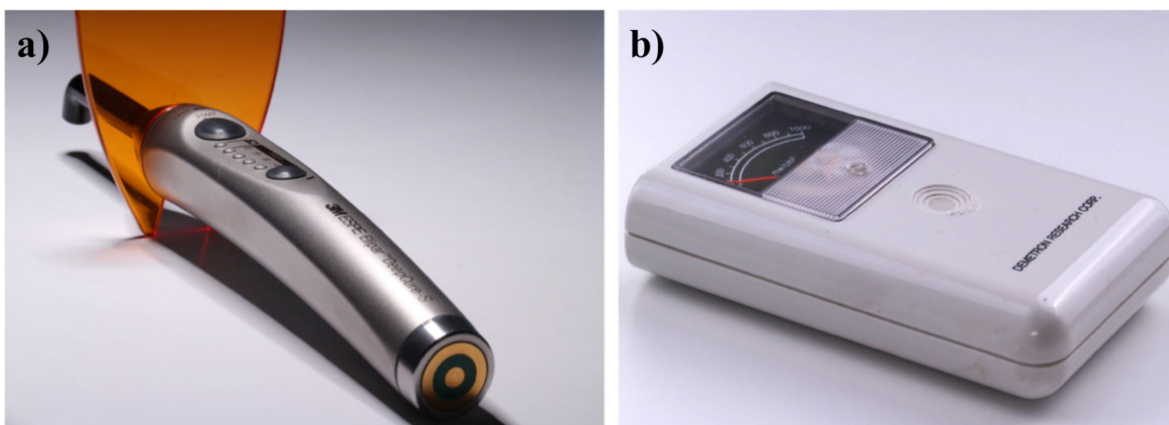


Figura 4 – a) Fotopolimerizador Elipar™; b) Radiômetro Model 100

Em protocolos de autorias antecedentes ao longo dos anos tal como Nagem Filho, D’Azevedo, Nagem & Marsola (2003), Scheibe, Almeida, Medeiros, Costa & Alves (2009), Antonson *et al.* (2011) e Abzal *et al.* (2016), todas as amostras foram submersas em água destilada e conservadas a 37°C durante 24 horas após a polimerização.

Decorridas as 24 horas, foi aplicado um polimento com disco de Papel de Carbetto de Silício (Struers, Dinamarca) de grão 1000 com água corrente, no equipamento *LaboForce-1* (Struers, Dinamarca) (Figura 5) durante 10 segundos (Yildiz, Sirin, Karaarslan, Simsek, Ozsevik & Usumez, 2015).

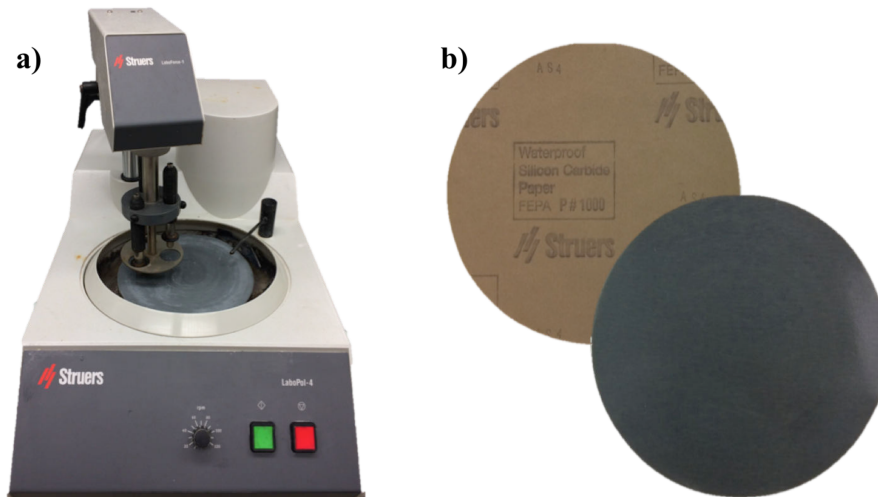


Figura 5 – a) Máquina de polimento LaboForce-1; b) discos de polimento Struers (frente e verso)

Posteriormente, as amostras foram lavadas e secas com seringa de água/ar e, à exceção das que incluem o protocolo de controlo, seguiram para o tratamento com os sistemas de acabamento e polimento.

Todos os instrumentos de polimento foram utilizados a baixa rotação com contra-ângulo *KMD DPS Line M4* (KMD Precision Europa, Bilbao-Vizcaya, Espanha) durante 30 segundos em cada amostra (Nair *et al.*, 2016).

À exceção das escovas de cerdas, cada instrumento de polimento foi utilizado apenas uma vez.

Dado que, segundo Dodge, Dale, Cooley & Duke (1991), o polimento sem refrigeração pode apresentar iguais ou melhores resultados do que com refrigeração, principalmente aquando da utilização discos flexíveis de Al_2O_3 ; a utilização dos Discos *Sof-Lex™ XT* e da escova *RA LATCH 12mm Round Brush* com a pasta *Diashine® Polishing Compound* foi feita a seco.

Nos restantes instrumentos foi usada pulverização intermitente de água para evitar o sobreaquecimento e a impregnação do próprio instrumento na superfície da amostra. No final de cada procedimento e no final do protocolo em si, as amostras foram lavadas e limpas. Nas Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 estão representados os instrumentos utilizados nos Protocolos 1 e 2.



Figura 6 – Disco Sof-Lex™ XT (grão médio)



Figura 7 – Disco Sof-Lex™ XT (grão fino)



Figura 8 – Espiral Sof-Lex™ Pre-polishing



Figura 9 – Espiral Sof-Lex™ Diamond Polishing



Figura 10 – Disco de borracha do Sistema Enhance®



Figura 11 – Escova RA LATCH 12mm Round Brush com aplicação da pasta diamantada Diashine®



Figura 12 – Pasta diamantada Diashine® Intra Oral Polishing Compound

Todos os procedimentos mencionados, sem exceção, foram executados pelo mesmo operador a fim de minimizar possíveis erros que pudessem surgir e de simular da melhor forma as condições clínicas.

Antes de serem analisadas, as amostras (Figura 13 a 13) foram novamente submersas em água destilada e conservadas a 37°C durante 24 horas (Patel, Chhabra & Jain, 2016).

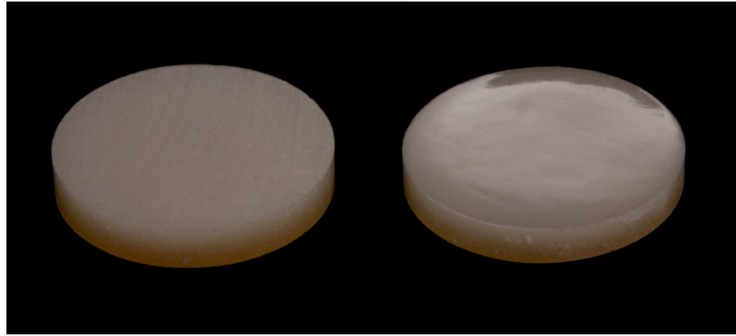


Figura 13 – Brilliant Everglow™: BP0 e BP1



Figura 14 – Brilliant Everglow™: BP0 e BP2

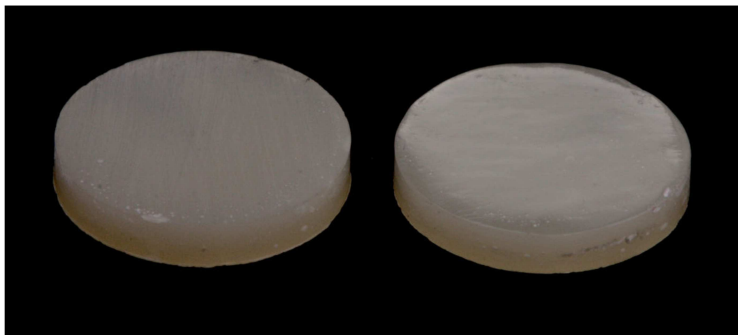


Figura 15 – Essentia™: EP0 e EP1

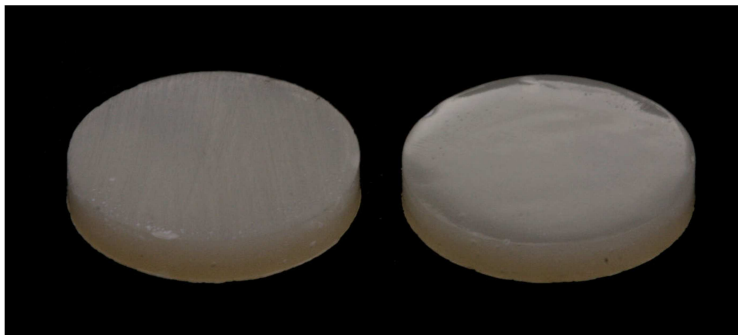


Figura 16 – Essentia™: EP0 e EP2

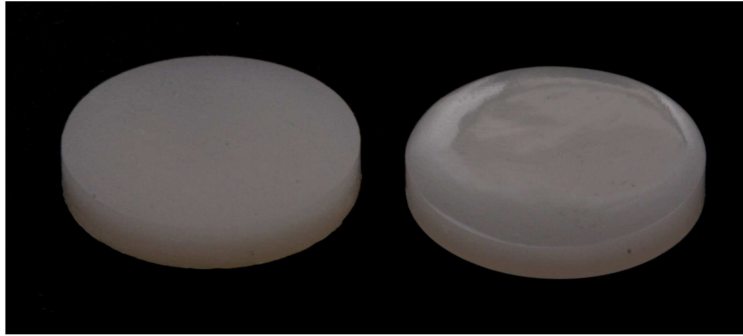


Figura 17 – Filtek™ Supreme XTE: FP0 e FP1

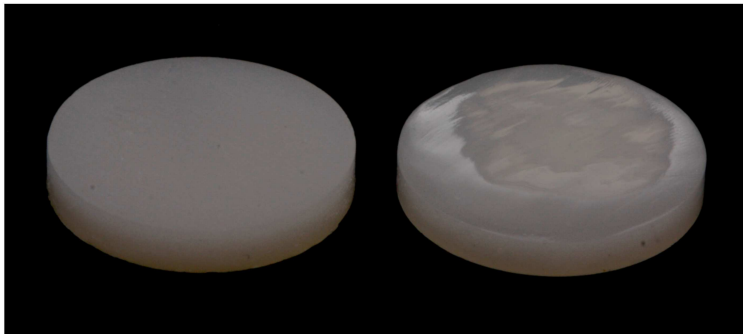


Figura 18 – Filtek™ Supreme XTE: FP0 e FP2

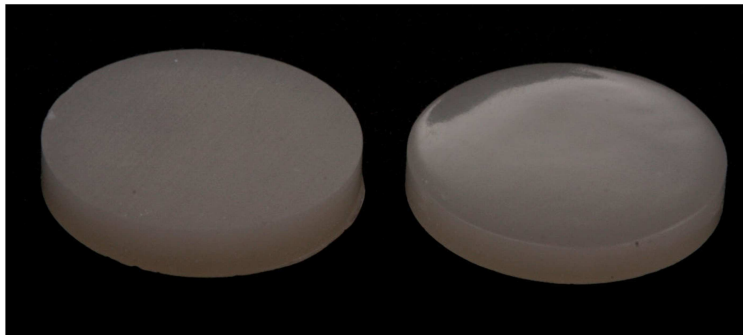


Figura 19 – G-ænial™: GP0 e GP1

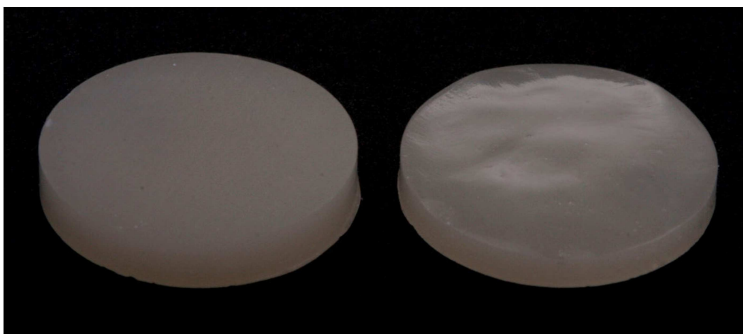


Figura 20 – G-ænial™: GP0 e GP2

3. Análise da Rugosidade de Superfície

A rugosidade de superfície (R_a) foi avaliada através de um Microscópio de Força Atômica, o AFM *Workshop*TM TT (Califórnia, EUA) (Figura 21 e 22) (Giacomelli *et al.*, 2010; Țălu, Stach, Lainović, Vilotić, Blažić, Alb & Kakaš, 2015; Kumari, Bhat & Bansal, 2016; Gurdogan *et al.*, 2017).

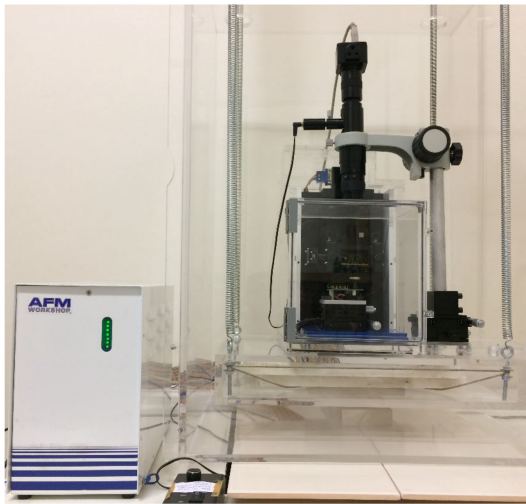


Figura 21 – AFM *Workshop*TM TT

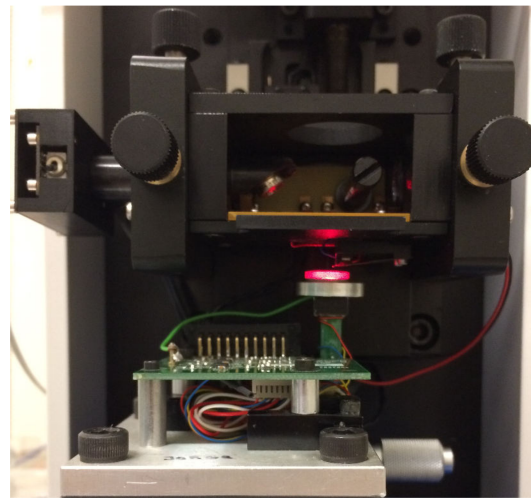


Figura 22 – Amostra em análise no AFM

Foi feita uma observação em cada amostra, numa localização aleatória, obtendo-se uma imagem de $40\ \mu\text{m} \times 40\ \mu\text{m}$. E, tal como descrito no estudo de Can Say, Yurdagüven, Yaman & Özer (2014), a deflexão e altura foram obtidas com uma resolução de $512 \times 512\ \text{pixels}$.

A escala de frequência utilizada para os protocolos de acabamento/polimento foi de $0,8\ \text{Hz}$, para os protocolos de controlo, dada a rugosidade mais elevada, foi utilizada a escala de $0,2\ \text{Hz}$.

Em cada imagem obtida ($40\ \mu\text{m} \times 40\ \mu\text{m}$), foi calculado o valor de R_a recolhido de 16 observações de $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$, perfazendo um total de 576 observações pelas quatro resinas compostas. A análise das amostras foi realizada através do programa *Gwyddion* versão 2.48 (Brno, República Checa).

4. Análise Estatística

A análise estatística dos valores obtidos da rugosidade de superfície ficou a cargo do programa *IBM[®] SPSS[®] Statistics 24* (NY, EUA).

IV. RESULTADOS

1. Estatística descritiva

Foi realizada uma análise descritiva para as resinas e protocolos de polimento, onde foi avaliada a média, o desvio padrão e os valores mínimo e máximo de rugosidade de superfície (Tabela 5). Procedeu-se também à identificação e exclusão dos *outliers* com o intuito de sinalizar valores que pudessem ser anormais e divergir nas conclusões.

Tabela 5 – Medidas descritivas relativas às Resinas e Protocolo

Resina	Polimento	N	R_a (nm) (MD±DP)	Máx – Min (nm)
Brilliant Everglow™	P0	40	77,9 ± 22,9	139,4 – 34,1
	P1	48	23,9 ± 4,4	32,6 – 15,3
	P2	48	21,8 ± 7,1	37,4 – 10,8
Essentia™	P0	47	120,4 ± 49,8	260,6 – 41,3
	P1	45	29,9 ± 4,5	40,7 – 22,9
	P2	46	27,5 ± 10,1	49,9 – 15,2
Filtek™ Supreme XTE	P0	48	195,0 ± 78,7	337,0 – 101,1
	P1	47	13,9 ± 2,2	18,5 – 9,3
	P2	47	13,7 ± 3,3	21,6 – 8,3
G-ænial™	P0	48	151,5 ± 47,8	242,9 – 66,3
	P1	48	25,7 ± 7,4	43,5 – 11,3
	P2	46	41,3 ± 14,6	76,8 – 14,2

Ao observar a Tabela 5, podemos destacar alguns dos valores. A variável R_a varia entre 8,3 nm e 337,0 nm, tendo ambos os valores pertencido à resina composta *Filtek™ Supreme XTE*, com o Protocolo 2 e Protocolo 0 (FP2 e FP0), respetivamente. Os P0, nas quatro resinas testadas apresentam uma dispersão de rugosidade elevada em torno da média relativamente aos demais protocolos. Apesar da resina *Filtek™ Supreme XTE* ter tido os melhores resultados de polimento propriamente dito, com o controlo (P0), obteve-se a seguinte sequência crescente de valores de média de R_a : B=41,2 nm < E=59,2 nm < G=72,8 nm < F=74,2 nm. No que diz respeito aos Protocolos, também por ordem crescente de valores de média de R_a , temos: P1=23,4 nm < P2=26,1 nm < P0=136,2 nm.

Dadas as médias de rugosidade de superfície foi possível obter os gráficos abaixo representados, onde podem ser analisados os valores médios de rugosidade em cada resina composta para os diferentes protocolos de polimento (Gráfico 1) e em cada polimento para as diferentes resinas compostas (Gráfico 2).

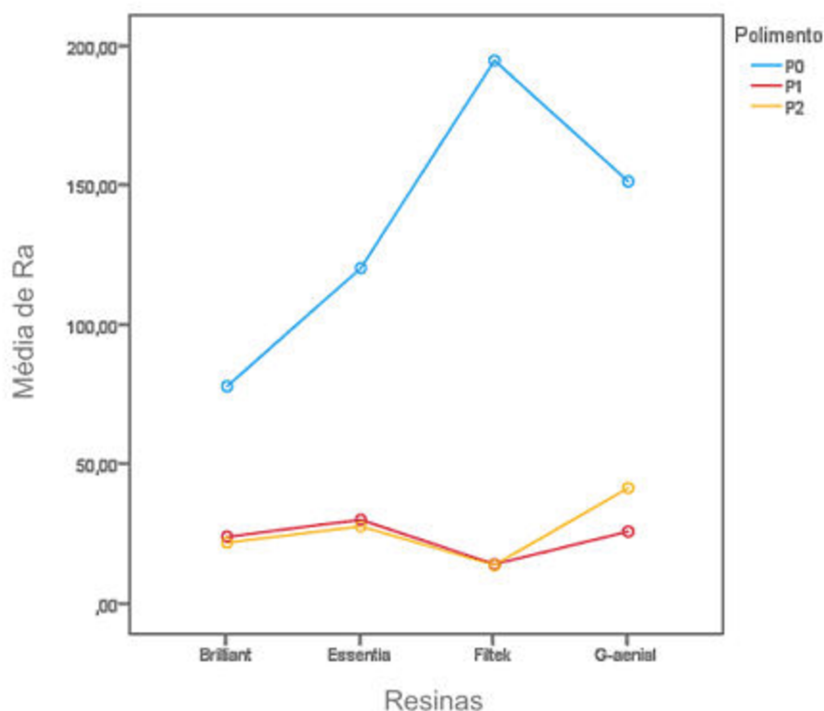


Gráfico 1 – Valores médios da rugosidade de superfície (nm) nos protocolos de polimento vs resinas

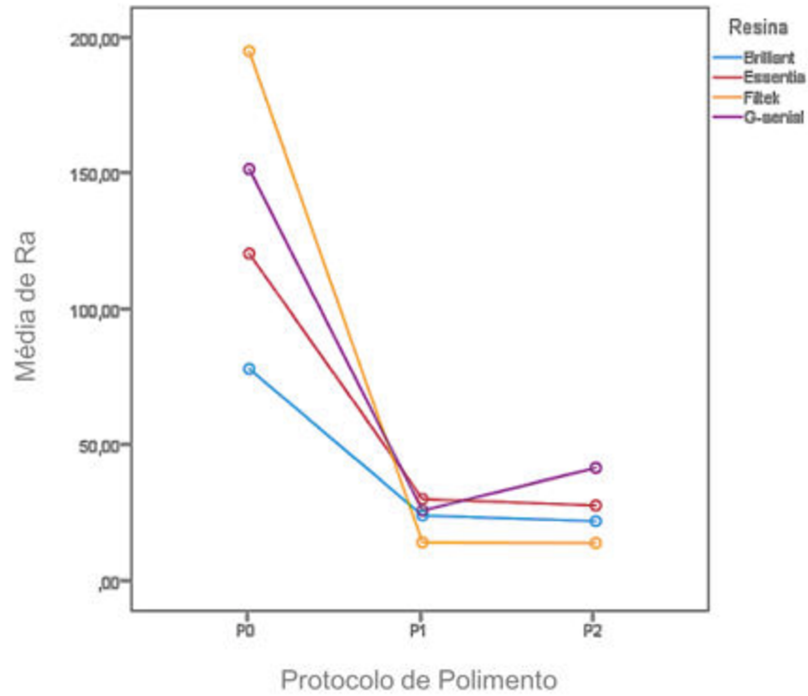


Gráfico 2 – Valores médios da rugosidade de superfície (nm) nas resinas vs protocolos de polimento

Quanto à homogeneidade das variâncias, esta foi verificada com teste de *Levene* e *Kolmogorov-Smirnov* e foram validados os pressupostos de aplicação dos testes *Anova two-way* e *Anova one-way*, que serão detalhados na próxima secção.

2. Interação entre o tipo de Protocolo e o tipo de Resina na Rugosidade de Superfície

Com o propósito de determinar a influência da resina composta e do protocolo de polimento na rugosidade de superfície, isto é, avaliar se a resina e o protocolo afetam significativamente a R_a , foi realizado o teste Anova *two-way*.

Tabela 6 – Interações Resina/Polimento

	<i>p</i>	Eta Pacial Quadrado
Resina	<0,001	0,150
Polimento	<0,001	0,733
Resina * Polimento	<0,001	0,321

Pela análise da Tabela 6 é possível afirmar que a rugosidade de superfície é significativamente influenciada pelo fator **Polimento**, pelo fator **Resina** e pelo efeito conjugado resina e polimento (**Resina * Polimento**). Ou seja, é estatisticamente significativo para um nível de significância de $p < 0,001$, tendo sido o **Polimento** a apresentar maior influência (Eta=0,773).

3. Comparação das médias da Rugosidade de Superfície

Com o propósito de comparar a diferença das médias da rugosidade de superfície entre resinas e entre polimentos foi utilizado o teste Anova *one-way* com correção de *Brown-Forsythe*, identificando diferenças significativas entre os protocolos para cada uma das resinas ($p < 0,001$). Procedeu-se à comparação múltipla de médias de *Tukey* (Tabela 7 e 8).

Tabela 7 – Comparações múltiplas entre Resinas

Resina (I)	Resina (J)	Diferencia de média (I-J)	Erro	<i>p</i>
Brilliant	Essentia	-20,95	3,85	<0,001
	Filtek	-36,06	3,82	<0,001
	G-ænial	-34,31	3,82	<0,001
Essentia	Brilliant	-20,94	3,85	<0,001
	Filtek	-15,11	3,81	<0,001
	G-ænial	-13,37	3,81	0,003
Filtek	Brilliant	36,06	3,82	<0,001
	Essentia	15,11	3,81	<0,001
	G-ænial	1,74	3,78	0,967
G-ænial	Brilliant	34,31	3,82	<0,001
	Essentia	13,36	3,81	0,003
	Filtek	-1,74	3,78	0,967

Tabela 8 – Comparações múltiplas entre Protocolos de Polimento

Polimento (I)	Polimento (J)	Diferencia de média (I-J)	Erro	p
P0	P1	115,52	3,309	<0,001
	P2	112,86	3,313	<0,001
P1	P0	-115,52	3,309	<0,001
	P2	-2,66	3,291	0,698
P2	P0	-112,86	3,313	<0,001
	P1	2,66	3,291	0,698

A análise do teste *post-hoc de Tukey* de comparação múltipla de médias indica que a média das rugosidades de superfície das resinas é significativamente diferente ($p < 0,05$), à exceção das resinas *Filtek™ Supreme XTE* e *G-aenial™* que não são significativamente diferentes ($p = 0,967$).

Em relação ao teste de comparação múltipla das médias das rugosidades dos protocolos de polimento observa-se que $P0 \neq P1$ e $P0 \neq P2$, dado que $p < 0,001$. A diferença entre as médias da rugosidade entre os protocolos P1 e P2 não é estatisticamente diferente, dado que $p = 0,698$.

4. Topografia de Superfície

As figuras apresentadas nesta secção (Figura 23 a 35) correspondem às imagens, a duas e três dimensões, representativas da topografia da superfície das quatro resinas compostas e protocolos de polimento. Estas imagens permitem uma comparação visual gráfica da morfologia das diversas superfícies analisadas.

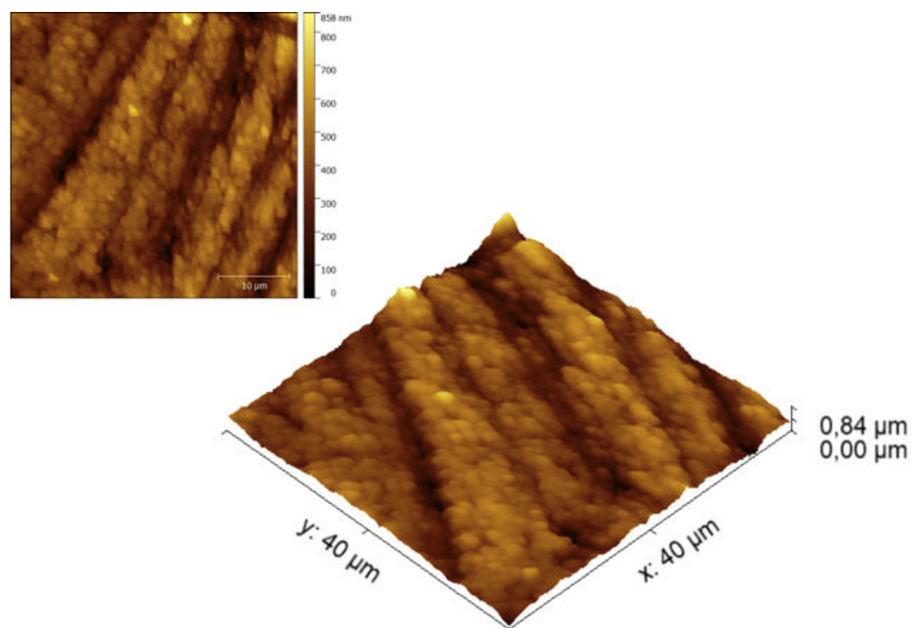


Figura 23 – Imagens AFM da resina Brilliant Everglow™ com Protocolo 0

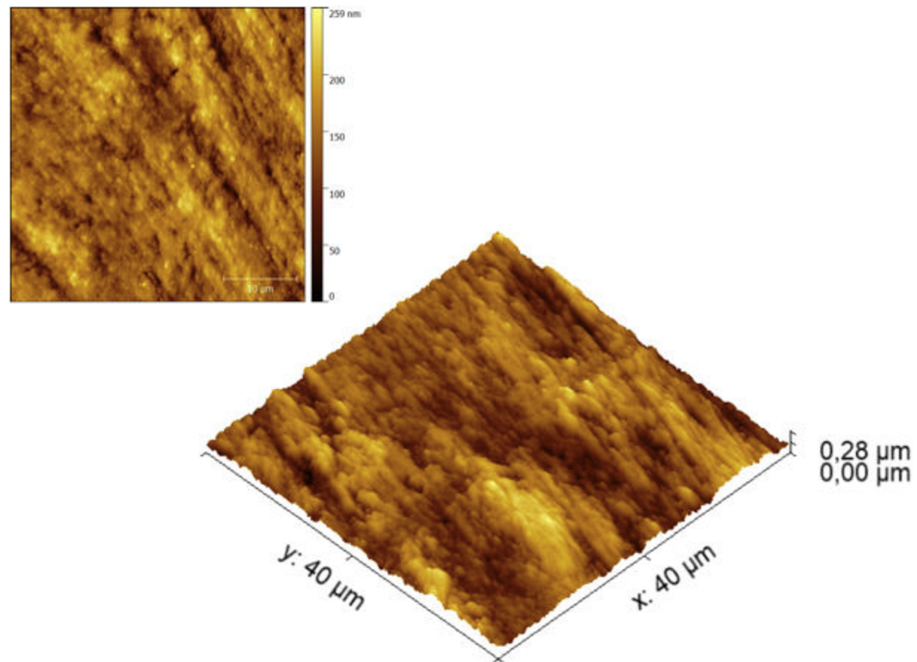


Figura 24 – Imagens AFM da resina Brilliant Everglow™ com Protocolo 1

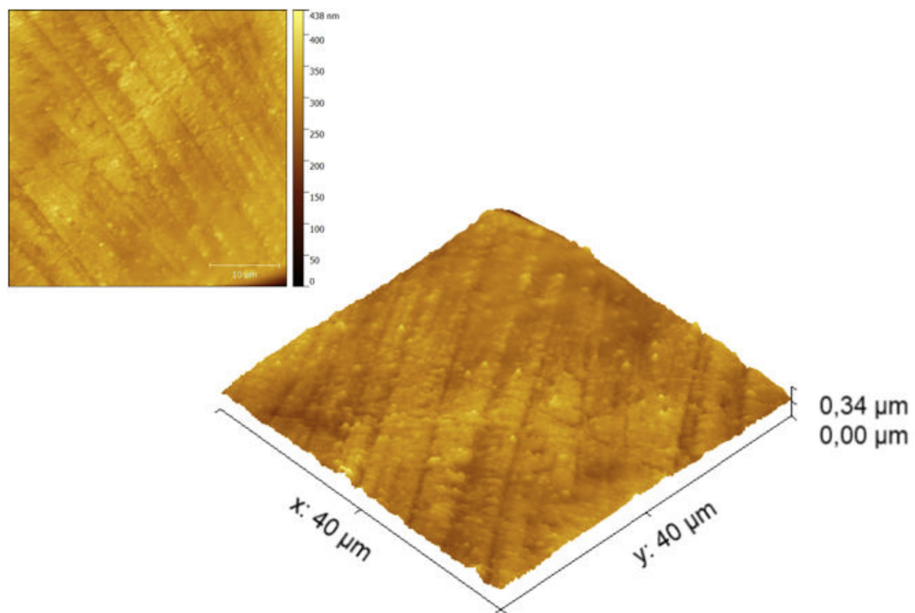


Figura 25 – Imagens AFM da resina Brilliant Everglow™ com Protocolo 2

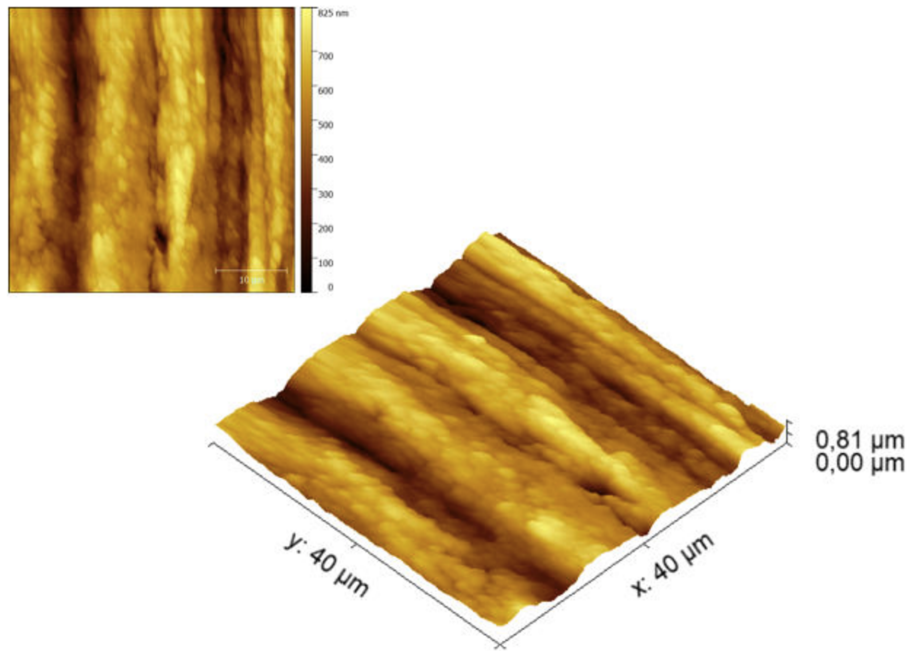


Figura 26 – Imagens AFM da resina Essencia™ com Protocolo 0

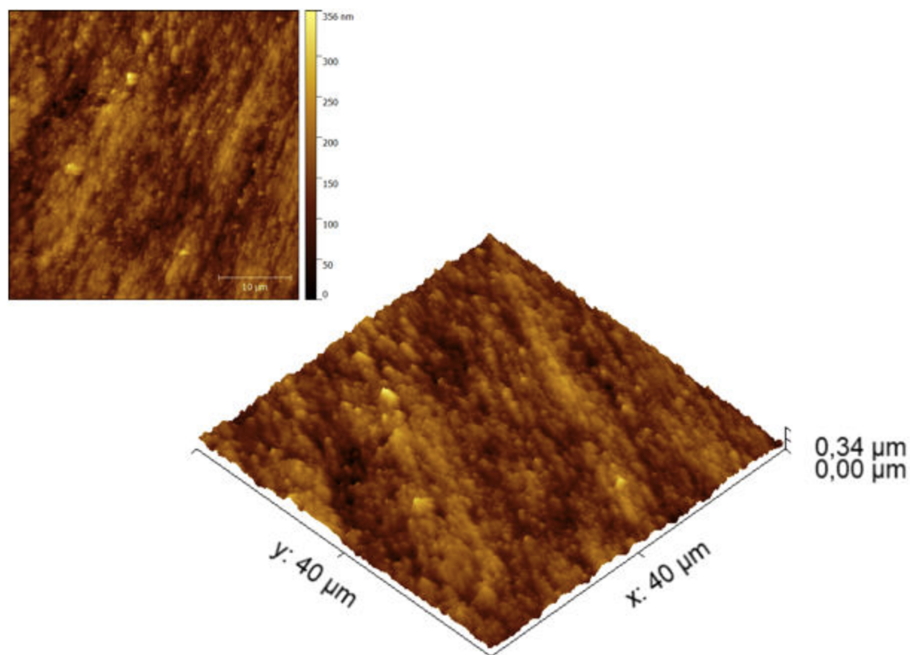


Figura 27 – Imagens AFM da resina Essencia™ com Protocolo 1

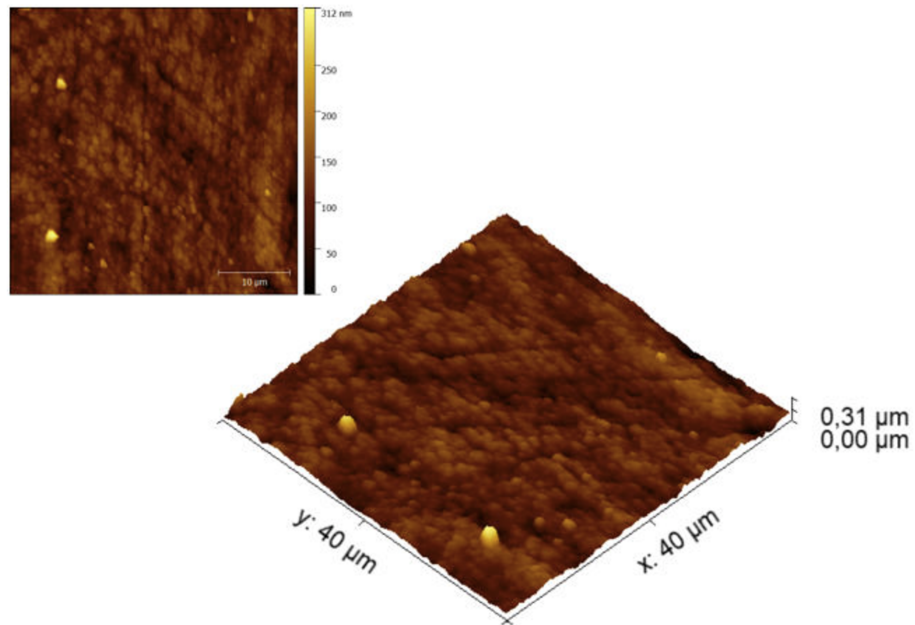


Figura 28 – Imagens AFM da resina Essencia™ com Protocolo 2

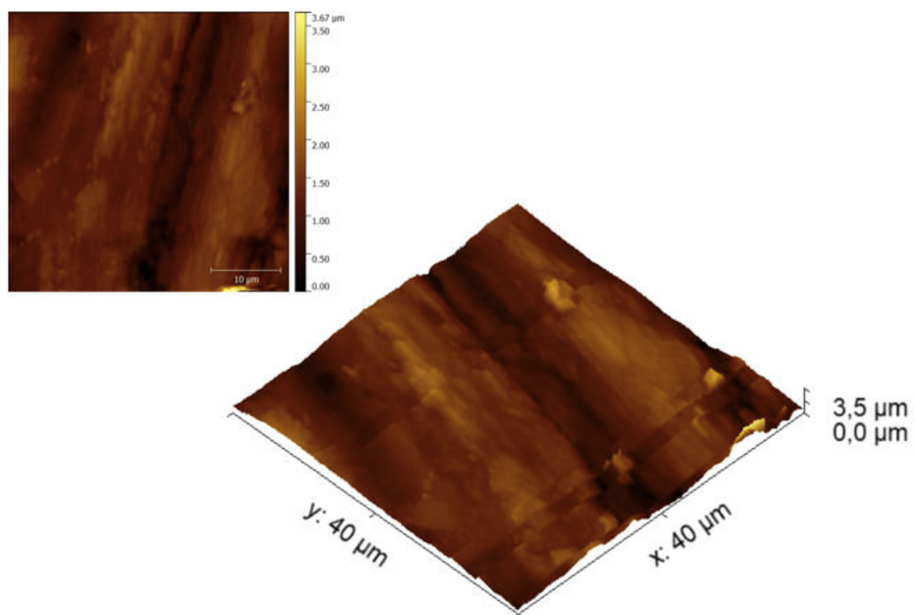


Figura 29 – Imagens AFM da resina Filtek™ Supreme XTE com Protocolo 0

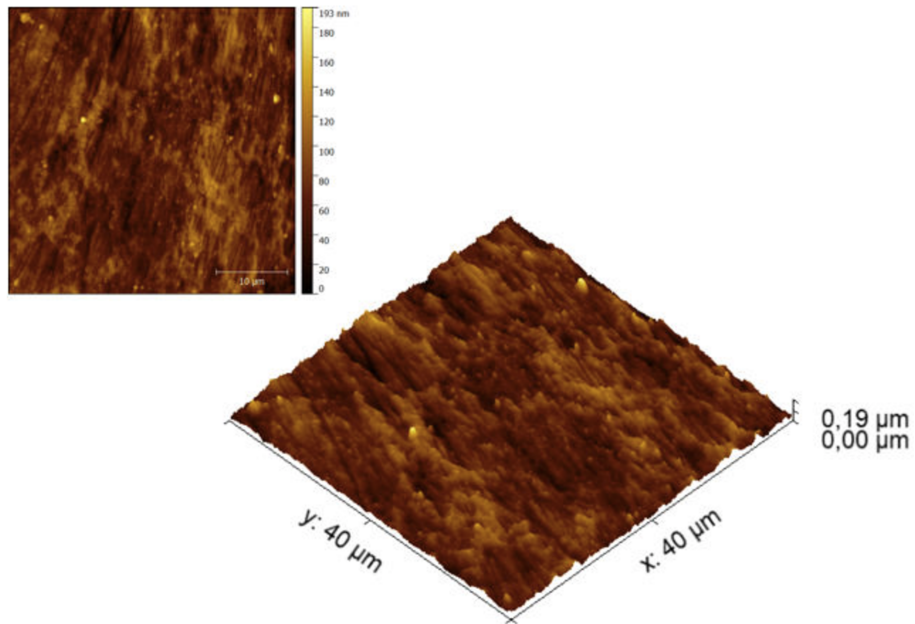


Figura 30 – Imagens AFM da resina Filtek™ Supreme XTE com Protocolo 1

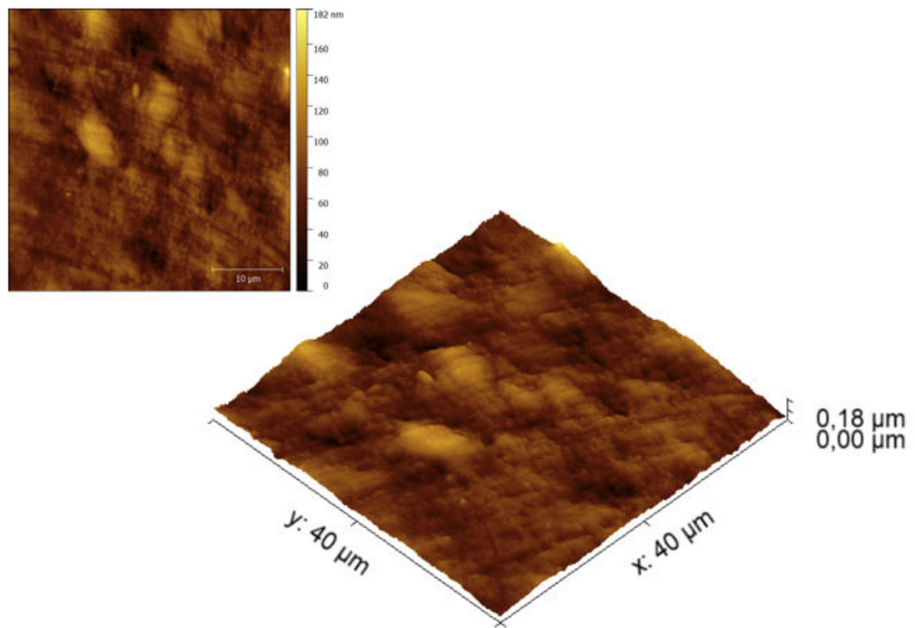


Figura 31 – Imagens AFM da resina Filtek™ Supreme XTE com Protocolo 2

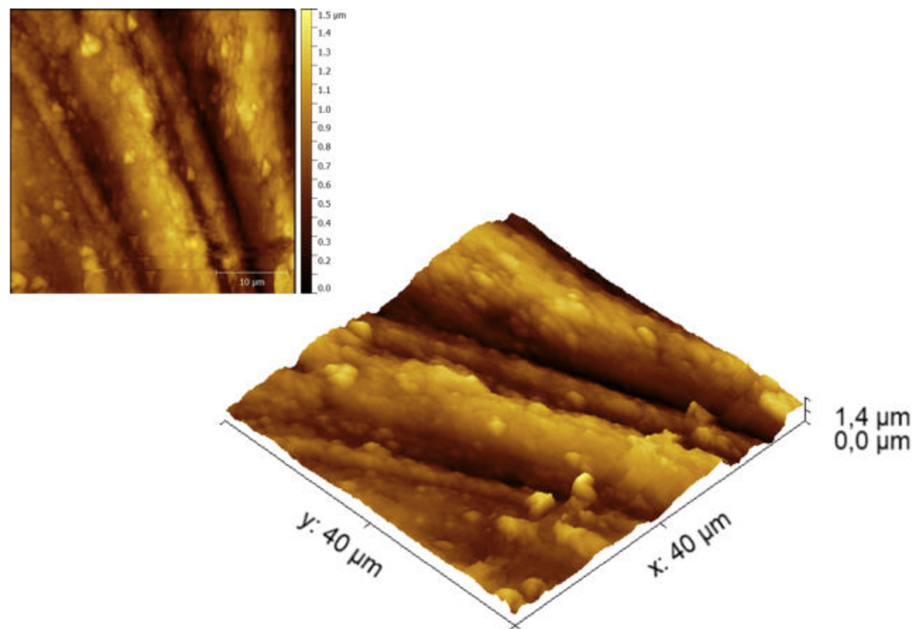


Figura 32 – Imagens AFM da resina G-aenial™ com Protocolo 0

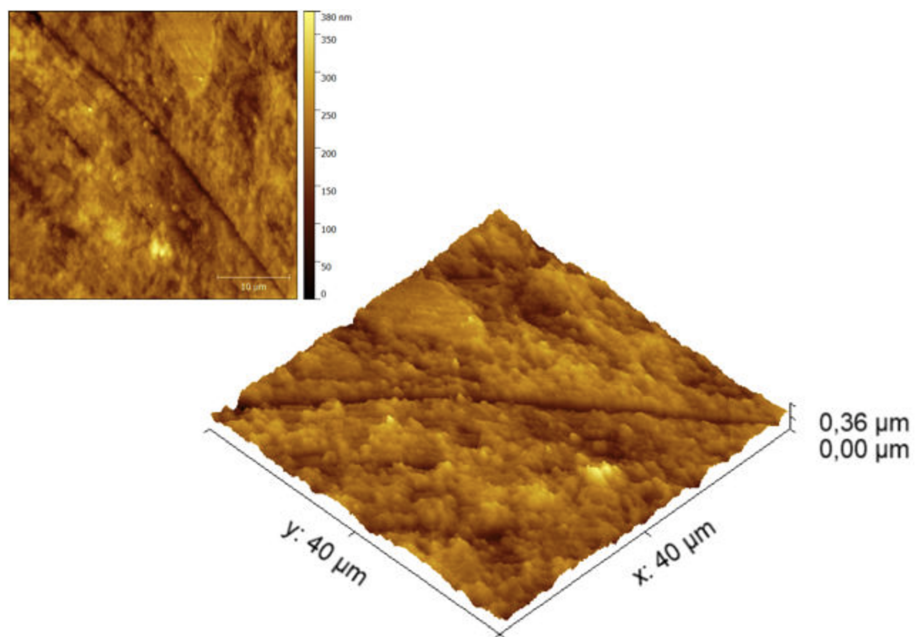


Figura 33 – Imagens AFM da resina G-aenial™ com Protocolo 1

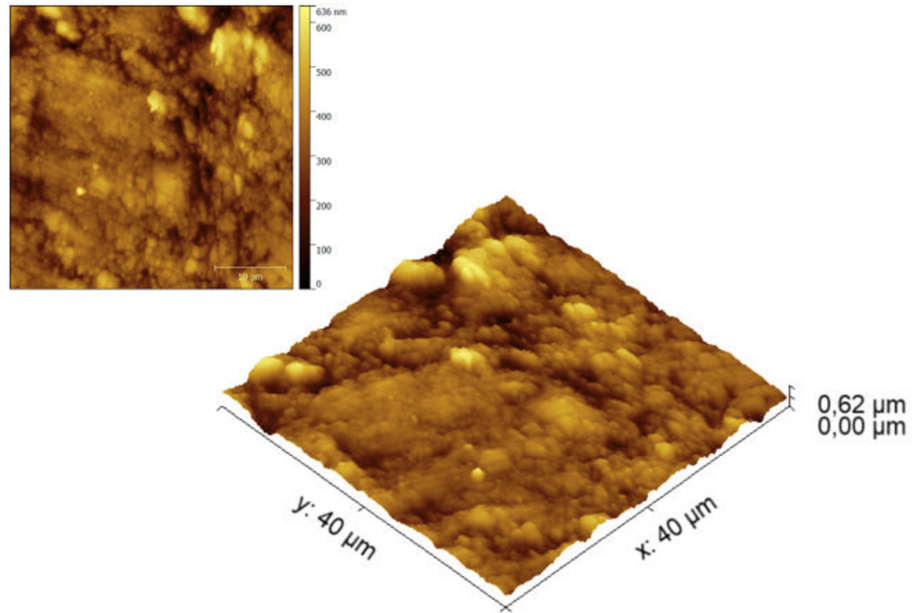


Figura 34 – Imagens AFM da resina G-aenial™ com Protocolo 2

Ao longo deste capítulo foram enunciados os dados estatísticos e os resultados laboratoriais. Desta forma, no próximo capítulo será elaborada uma análise pormenorizada da rugosidade das superfícies onde todos os valores serão comparados e escrutinados.

V. DISCUSSÃO

A análise de estudos tem vindo a demonstrar que a rugosidade de superfície de uma restauração direta afeta diretamente a saúde gengival da peça dentária reabilitada, isto é, um acabamento e polimento inadequados podem resultar num aumento do desgaste e acumulação de placa devido à redução da eficácia dos procedimentos de higiene oral e ao aumento da acumulação de placa bacteriana (Litonjua, Cabanilla & Abbott, 2012; Ferreira *et al.*, 2015).

Neste sentido, a pertinência deste estudo procurava investigar se os protocolos de polimento satisfaziam um valor máximo de 0,2 μm (igual a 200 nm) como referido por Bollen, Lambrechts & Quirynen (1997) e Yadav *et al.* (2016), valor esse, a partir do qual é estimada a adesão da placa bacteriana à superfície dentária.

Para verificar e avaliar com rigor esse valor, que se traduz na rugosidade de superfície da resina, foi utilizado o microscópio de força atómica.

Ao contrário de outros meios de análise, o AFM tem uma elevada capacidade de resolução que permite uma observação precisa da topografia de superfície das amostras em 2D e 3D (Kakaboura *et al.*, 2007; Janus *et al.*, 2010; Varanda *et al.*, 2013). Por essa razão foi eleito instrumento de análise deste estudo.

Existe uma variedade substancial de instrumentos e sistemas de acabamento e polimento de resinas compostas descritos na literatura, cujo objetivo é a obtenção de uma superfície com baixa rugosidade. Todavia surgem constantemente novos sistemas de polimento no mercado, sendo necessária a investigação do efeito dos mesmos (Antonson *et al.*, 2011; Gönülol & Yilmaz, 2012).

Nesta investigação tentámos ir de encontro a sistemas que, segundo a literatura, tivessem a sua eficácia testada e demonstrada, como é o caso dos instrumentos de polimento à base de óxido de alumínio (Janus *et al.*, 2010; Schmitt *et al.*, 2011; Ruschel, Basso, Andrada & Maia, 2014).

A aplicação clínica de formas como discos (*Sof-Lex™ XT*) e espirais (*Sof-Lex™*) são especialmente vantajosas em dentes anteriores, por exemplo quando executados nos bordos ou ameias incisais. As espirais adaptam-se às variadas superfícies dentárias (Jefferies, 2007).

Verificando os resultados enunciados no capítulo anterior, e observando as médias dos resultados extraídos nas resinas e protocolos testados, é possível observar que, à exceção do protocolo de controlo, como esperado, a R_a tomou valores substancialmente inferiores a 200 nm.

Os resultados obtidos mostram que a rugosidade de superfície é uma das características das resinas compostas que evidenciou ser influenciada pelo tipo de acabamento e polimento aplicado, a um nível de significância de $p < 0,001$, tal como demonstrado por Aytac *et al.* (2016).

Avaliando os três protocolos nas resinas *Brilliant Everglow™*, *Essentia™*, *Filtek™ Supreme XTE* e *G-aenial™* aceita-se a hipótese alternativa, a qual assume a existência de diferenças estatisticamente significativas no efeito dos sistemas de acabamento e polimento na rugosidade de superfície das resinas compostas de composição microhíbrida, nanohíbrida e nanoparticulada.

De uma forma geral, com uma média de 136,2 nm, o Protocolo 0 (P0) ($p < 0,001$), grupo de controlo, foi aquele que produziu uma superfície mais rugosa nas várias resinas, sendo desta forma o que clinicamente desempenhará uma pior prestação como demonstrado por Schmitt *et al.* (2011) e Yildiz *et al.* (2015).

Como já referido, com o P0, pretendeu-se corresponder a um acabamento sem aplicação de polimento. A fase de acabamento apenas visa um contorno grosseiro das margens da restauração, removendo irregularidades profundas e auxiliando na anatomia. Sendo assim, este enaltece-se o facto de ser necessário a aplicação de um método de polimento eficaz para que se obtenha uma superfície suave, de baixa rugosidade e com elevado lustre, como é possível observar nas Figuras 23, 26, 29 e 32.

Observando os resultados do Protocolo 1 (P1) (Figuras 24, 27, 30 e 33), é o protocolo que apresenta resultados de menor R_a com média de 23,4 nm, em comparação com os restantes.

A boa prestação deste protocolo era expectável devido ao facto de, tal como demonstrado por Lu, Roeder & Powers (2003), Janus *et al.* (2010) e Gönülol & Yilmaz (2012), os discos flexíveis de óxido de alumínio (discos *Sof-Lex™ XT* utilizados no P1) serem considerados os melhores instrumentos de polimento no qual, segundo Aytac *et al.* (2016) removem igualmente as partículas de carga inorgânica e a matriz orgânica da superfície da resina composta e, por esse motivo, estes instrumentos demonstraram uma maior suavidade de superfície.

Ainda neste protocolo após a utilização dos discos, aplicaram-se as espirais *Sof-Lex™*, também com partículas de óxido de alumínio, mas com partículas abrasivas de menor granulometria.

A abrasividade das espirais em estudo não é suficiente para remover as partículas de carga inorgânica à superfície da resina composta e alterar a sua topografia. Assim verifica-se que a exclusiva utilização das espirais *Sof-Lex™* não é suficiente para reduzir a rugosidade à superfície da resina, o que salienta o facto de ser necessária a utilização de um material com abrasividade superior, como é o caso dos discos *Sof-Lex™ XT*. Dados os resultados, e de acordo com Kemalglu, Karacolak & Türkün (2017), destaca-se a eficácia do método de passos múltiplos com discos de Al_2O_3 .

Logo a seguir, com uma média de rugosidade de 26,1 nm, ficou o Protocolo 2 (P2) representado nas Figuras 25, 28, 31 e 34. Contudo, observando com mais detalhe, e avaliando a Tabela 5, é possível ver que apenas se verifica tal média devido à discrepância na resina *G-aenial™*, ou seja, o P2 obteve melhor performance que o P1 nas resinas compostas *Brilliant Everglow™*, *Essentia™* e *Filtek™ Supreme XTE*, com exceção da *G-aenial™*.

De acordo com a literatura Da Costa *et al.* (2007) e Lainović *et al.* (2014), uma pasta que contenha partículas abrasivas diamantadas proporciona uma superfície mais suave e com maior lustre, que é o caso da pasta *Diashine® Polishing Compound* aplicada com uma escova intraoral de cerdas de pelo de cabra *RA LATCH 12mm Round Brush*, usadas neste estudo. As

escovas têm a vantagem de alcançar sulcos, e outros acidentes anatómicos com facilidade (Jefferies, 2007).

Estes valores de menor rugosidade neste protocolo podem ser justificados também pelo maior número de passos e, conseqüentemente, a um tempo total de polimento superior.

Apesar de o polimento influenciar perentoriamente a rugosidade, a capacidade de polimento de uma resina composta está associada ao tamanho das suas partículas de carga (Gedik, Hürmüzlü, Coskun, Bektas & Özdemir, 2005; Jung, Sehr & Klimek, 2007). E é de referir ainda que quanto maiores as partículas presentes maior será o valor da R_a (Lu *et al.*, 2003).

Assim, a *G-aenial*TM, como resina microhíbrida, em teoria, pode justificar este comportamento pelo baixo volume, distribuição pouco homogênea das suas partículas e ser mais suscetível à perda das mesmas devido às grandes dimensões das partículas de carga inorgânica relativamente às demais. Isto que faz com que, aquando da remoção de material à superfície, induzido pelas partículas abrasivas dos sistemas de polimento, crie irregularidades e ranhuras de maior profundidade. Essas irregularidades fizeram-se pronunciar com a utilização de borracha e de pasta diamantada com escova.

Analisando as características gerais das quatro resinas (Tabela 1), é expectável que a resina nanoparticulada *Filtek*TM *Supreme XTE* tenha uma prestação superior a nível de rugosidade de superfície, pois é constituída por *nanoclusters* e apresenta também percentagens mais elevadas de partículas de carga inorgânica. Por essa razão, as irregularidades produzidas apresentam baixas dimensões, o que se poderá traduzir em resultados mais baixos de R_a .

Tal como demonstram Antonson *et al.* (2011) e Gönülol & Yilmaz (2012) a presença de *nanoclusters* de zircónia-sílica na resina nanoparticulada fez com que os valores de R_a fossem inferiores aos valores das resinas nanohíbridas e microhíbrida.

As resinas *Brilliant Everglow*TM e *Essentia*TM, ambas nanohíbridas, possuem na sua constituição partículas de vidro de sílica, o que significa que a porosidade aumenta e que se traduz numa superfície com valores mais elevados de rugosidade.

Os valores médios de rugosidade da *Essentia*TM (29,9 nm em P1 e 27, 5 nm em P2), foram

mais elevados que os apresentados pela *Brilliant Everglow*TM. Isto pode ser justificado pela presença de PPRF na primeira resina, que faz com que ocorra rutura da matriz orgânica que a compõe, havendo perda de partículas de resina pré-polimerizada (Senawongse & Pongprueksa, 2007).

Não obstante, de acordo com este estudo e analisando a Tabela 7, pode observar-se que os protocolos P1 e P2 obtiveram resultados semelhantes para as diferentes resinas compostas, sem diferenças estatisticamente significativas ($p=0,698$). Entende-se assim que a utilização de borracha de partículas abrasivas de Al_2O_3 e pasta diamantada de grão fino no Protocolo 2, não evidenciou melhorias relevantes no resultado final de rugosidade, apenas exibindo vantagem no que respeita ao lustre e brilho da superfície da amostra de resina.

VI. CONCLUSÃO

Tendo em conta as limitações adjacentes a um estudo de investigação *in vitro*, foi possível concluir que a rugosidade de superfície é influenciada pelo protocolo de acabamento/polimento aplicado e, principalmente, pelo tipo de resina composta testada.

Pode-se também concluir que: a resina *Filtek™ Supreme XTE* apresentou os valores de R_a mais baixos para os dois protocolos de polimento, ou seja, muito provavelmente demonstraria a melhor performance a nível clínico.

Este estudo sugere a preferência por uma resina nanoparticulada, assumindo que a influência da composição por nanómeros e de *nanoclusters* determinou o sucesso da rugosidade, quando aplicados os protocolos avaliados.

A premissa da hipótese nula deve ser parcialmente aceite, uma vez que não foram demonstradas diferenças estatisticamente significativas na rugosidade de superfície entre os protocolos de polimento P1 e P2.

Quanto a perspectivas futuras, seria pertinente que os protocolos testados no presente estudo fossem avaliados do ponto de vista clínico, visando corroborar ou refutar os resultados obtidos.

Seria também pertinente realizar estudos das presentes resinas compostas, no que respeita à retenção do brilho de superfície e à estabilidade de cor ao longo do tempo, assim como testes de microdureza.

VII. BIBLIOGRAFIA

Abzal, M. S., Rathakrishnan, M., Prakash, V., Vivekanandhan, P., Subbiya, A., & Sukumaran, V. G. (2016). Evaluation of surface roughness of three different composite resins with three different polishing systems. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 19(2), 171–174. <http://doi.org/10.4103/0972-0707.178703>

AlShaafi, M. M. (2017). Factors affecting polymerization of resin-based composites: A literature review. *The Saudi Dental Journal*, 29(2), 48–58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.01.002>

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(1), 9–17. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.01.006>

Anusavice, K.J., Shen, C. & Rawls, H.R. (2013). Materials and Processes for Cutting, Grinding, Finishing, and Polishing (12 Eds), *Phillip's Science of Dental Materials* (pp. 231-253). St.Louis, EUA: Elsevier Saunders.

Anusavice, K.J., Shen, C. & Rawls, H.R. (2013). Resin-Based Composites (12 Eds) *Phillip's Science of Dental Materials* (pp. 275-306). St.Louis, EUA: Elsevier Saunders.

Aykent, F., Yondem, I., Ozyesil, A. G., Gunal, S. K., Avunduk, M. C., & Ozkan, S. (2010). Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 103(4), 221–227. doi: 10.1016/S0022-3913(10)60034-0

Aytac, F., Sirin Karaarslan, E., Agaccioglu, M., Tastan, E., Buldur, M., & Kuyucu, E. (2016). Effects of Novel Finishing and Polishing Systems on Surface Roughness and Morphology of Nanocomposites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 28(4), 247–261.

Barakah, H. M., & Taher, N. M. (2014). Effect of polishing systems on stain susceptibility and surface roughness of nanocomposite resin material. *Journal of Prosthetic*

Dentistry, 112(3), 625–631. <http://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.12.007>

Bayne, S.C., Heymann, H.O., Swift Jr., E.J., (1994) Update on dental composite restorations. *Journal of the American Dental Association*, 125(6), 687–701.

Bollen, C.M., 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 Journal*, 13(4), 258–69.

Can Say, E., Yurdagüven, H., Yaman, B. C., & Özer, F. (2014). Surface roughness and morphology of resin composites polished with two-step polishing systems. *Dental Materials Journal*, 33(3), 332–342. doi: 10.4012/dmj.2013-287

Curtis, A. R., Palin, W. M., Fleming, G. J. P., Shortall, A. C. C., & Marquis, P. M. (2009). The mechanical properties of nanofilled resin-based composites: The impact of dry and wet cyclic pre-loading on bi-axial flexure strength. *Dental Materials*, 25(2), 188–197. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.06.003>

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*, 19(4), 214–224. <http://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2007.00104.x>

Demarco, F. F., Collares, K., Coelho-De-Souza, F. H., Correa, M. B., Cenci, M. S., Moraes, R. R., & Opdam, N. J. M. (2015). Anterior composite restorations: A systematic review on long-term survival and reasons for failure. *Dental Materials*, 31(10), 1214–1224. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2015.07.005>

Dodge, W. W., Dale, R. A., Cooley, R. L., & Duke, E. S. (1991). Comparison of wet and dry finishing of resin composites with aluminum oxide discs. *Dental Materials*, 7(1), 18–20. [http://doi.org/10.1016/0109-5641\(91\)90020-Y](http://doi.org/10.1016/0109-5641(91)90020-Y)

El Feninat, F., Elouatik, S., Ellis, T. H., Sacher, E., & Stangel, I. (2001). Quantitative assessment of surface roughness as measured by AFM: Application to polished human dentin. *Applied Surface Science*, 183(3–4), 205–215. doi: 10.1016/S0169-4332(01)00558-X

Ergücü, Z., & Türkün, L. S. (2007). Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. *Operative Dentistry*, 32(2), 185–192. <http://doi.org/10.2341/06-56>

Ergücü, Z., Türkün, L.S., Aladag A. (2008). Color stability of nanocomposites polished with one-step systems. *Operative Dentistry*, 33(4), 413–20.

Ferracane, J. L. (2010). Resin composite - State of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29–38. doi:10.1016/j.dental.2010.10.020

Ferracane, J.L. (1995). Current trends in dental composites. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 6(4), 302–18.

Ferreira, P. M., Souto, S. H. A., Borges, B. C. D., Assunção, I. V. de, & Costa, G. de F. A. da. (2015). Impact of a novel polishing method on the surface roughness and micromorphology of nanofilled and microhybrid composite resins. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria E Cirurgia Maxilofacial*, 56(1), 18–24. <http://doi.org/10.1016/j.rpemd.2015.01.002>

Garcia, A.H., Lozano, M.A.M., Vila, J.C., Escribano, A.B., Galve P.F. (2006) Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirurgia Bucal*, 11(2), 215–20.

Gedik, R., Hürmüzlü, F., Coskun, A., Bektas, Ö. Ö., & Özdemir, A. K. (2005). Surface roughness of new microhybrid resin-based composites. *The Journal of the American Dental Association*, 136, 1106–1112.

Giacomelli, L., Derchi, G., Frustaci, A., Bruno O., Covani, U., Barone, A., ... Chiappelli, F. (2010). Surface roughness of commercial composites after different polishing protocols: an analysis with atomic force microscopy. *The Open Dentistry Journal*, 4, 191–194.

Gönülol, N. & Yilmaz, F. (2012). The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *Journal of Dentistry*, 40(2), 64–70. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.07.005>

Gurdogan, E. B., Ozdemir-Ozenen, D., Sandalli, N. (2017) Evaluation of Surface Roughness Characteristics Using Atomic Force Microscopy and Inspection of Microhardness Following Resin Inf]ltration with Icon®. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(3) 201-208. DOI: 10.1111/jerd.12279

Heymann, H.O., Ritter, A.V. & Roberson, T.M. (2013). Introduction to Composite Restorations. In Heymann, H.O., Jr, E.J.S. & Ritter, A.V. (Eds.), *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry* (pp. 216-228). St.Louis, EUA: Elsevier Saunders.

Ilie, N., Hickel, R. (2009) Investigations on mechanical behavior of dental composites. *Clinical Oral Investigations*, 13, 427–438. DOI: 10.1007/s00784-009-0258-4

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*, 26(5), 416–425. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2009.09.014>

Jefferies, S. R. (2007). Abrasive Finishing and Polishing in Restorative Dentistry: A State-of-the-Art Review. *Dental Clinics of North America*, 51, 379–397. <http://doi.org/10.1016/j.cden.2006.12.002>

Jones, C.S., Billington, R.W. & Pearson, G.J. (2004). The in vivo perception of roughness of restorations. *British Dental Journal*, 196(1), 42–45.

Joniot, S., Salomon, J.P., Dejou, J. & Gregoire, 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.

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. <http://doi.org/10.2341/06-101>

Jung, M., Sehr, K., & Klimek, J. (2007). Surface texture of four nanofilled and one hybrid composite after finishing. *Operative Dentistry*, 32(1), 45–52. doi: 10.2341/06-9

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.

Karabela, M. M. & Sideridou, I. D. (2011). Synthesis and study of properties of dental resin composites with different nanosilica particles size. *Dental Materials*, 27, 825–835.

Kemaloglu, H., Karacolak, G. & Türkün L. S. (2017) Can Reduced-Step Polishers Be as Effective as Multiple-Step Polishers in Enhancing Surface Smoothness?. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(1), 31–40. <http://doi.org/10.1111/jerd.12233>

Korkmaz, Y., Ozel, E., Attar, N. & Aksoy, G. (2008) The Influence of One-step Polishing Systems on the Surface Roughness and Microhardness of Nanocomposites. *Operative Dentistry*, 33(1), 44–50.

Kumari, C. M., Bhat, K. M., & Bansal, R. (2016). Evaluation of surface roughness of different restorative composites after polishing using atomic force microscopy. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 19(1), 56–62. <http://doi.org/10.4103/0972-0707.173200>

Lainović, T., Blažić, L., Kukuruzović, D., Vilotić, M., Ivanišević, A., & Kakaš, D. (2014). Effect of diamond paste finishing on surface topography and roughness of dental nanohybrid composites - AFM analysis. *Procedia Engineering*, 69, 945–951. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.074>

Litonjua, L.A., Cabanilla, L.L. & Abbott, L.J. (2012). Plaque formation and marginal gingivitis associated with restorative materials. *Compendium of Continuing of Education on Dentistry*, 33(1), 6–10.

Lu, H., Lee, Y.K., Oguri, M., & Powers, J. M. (2006). Properties of a dental resin composite with a spherical inorganic filler. *Operative Dentistry*, 31, 734–740. <http://doi.org/10.2341/05-154>

Lu, H., Roeder, L. B. & Powers, J.M. (2003) Effect of Polishing Systems on the Surface Roughness of Microhybrid Composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 15(5),

293–303.

Lutz, F., Phillips, R.W. (1983) A classification and evaluation of composite resin systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 50(4), 480–8.

Mair, L.H., Stolarski, T.A., Vowles, R. W., & Lloyd, C. H. (1996). Wear: mechanisms, manifestations and measurement. Report of a workshop. *Journal of Dentistry*, 24(1-2), 141–148.

Nagem Filho, H., D’Azevedo, M.T., Nagem, H.D. & Marsola, F.P. (2003) Surface Roughness of Composite Resins After Finishing and Polishing. *Brazilian Dental Journal*, 14(1), 37–41. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402003000100007>

Nair, V. S., Sainudeen, S., Padmanabhan, P., Vijayashankar, L. V., Sujathan, U., & Pillai, R. (2016). Three-dimensional evaluation of surface roughness of resin composites after finishing and polishing. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 19(1), 91–95. <http://doi.org/10.4103/0972-0707.173208>

Oliveira, R. R. L. De, Albuquerque, D. A. C., Cruz, T. G. S., & Leite, F. M. Y. & F. L. (2012). Measurement of the Nanoscale Roughness by Atomic Force Microscopy: Basic Principles and Applications. *Atomic Force Microscopy - Imaging, Measuring and Manipulating Surfaces at the Atomic Scale*, 256, 147–74. <http://doi.org/DOI: 10.5772/37583>

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. <https://doi.org/10.4012/dmj.27.755>

Patel, B., Chhabra, N., & Jain, D. (2016). Effect of different polishing systems on the surface roughness of nano-hybrid composites. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 19(1), 37–40. <http://doi.org/10.4103/0972-0707.173192>

Peutzfeldt, A. (1997). Resin composites in dentistry: the monomer systems. *European Journal of Oral Sciences*, 105(2), 97–116. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1997.tb00188.x>

Peutzfeldt, A., Sahafi, A. & Asmussen, E. (2000). Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dental Materials*, 16(5), 330–336.

Price, R. B., Ferracane, J. L., & Shortall, A.C. (2015). Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. *Journal of Dental Research*, 94(9), 1179–86.

Rodríguez, H. A., Giraldo, L. F., & Casanova, H. (2015). Formation of functionalized nanoclusters by solvent evaporation and their effect on the physicochemical properties of dental composite resins. *Dental Materials*, 31(7), 789–798. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2015.04.001>

Ruschel, V. C., Basso, G. R., de Andrada, M. A. C., Maia, H. P. (2014). Effects of different polishing systems on the surface roughness and microhardness of a silorane-based composite. *Applied Adhesion Science*, 2(1), 7-10. <https://doi.org/10.1186/2196-4351-2-7>

Ryba, T.M., Dunn, W.J. & Murchison, D.F. (2002) Surface roughness of various packable composites. *Operative Dentistry*, 27(3), 243–247.

Scheibe, K., Almeida, K., Madeiros, I., Costa, J., & Alves, 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. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572009000100005>

Schmitt, V. L., Puppini-Rontani, R. M., Naufel, F. S., Nahsan, F. P. S., Sinhoret, M. A. C., & Baseggio, W. (2011). Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *ISRN Dentistry*, 1–6. doi:10.5402/2011/617672

Țălu, Ș., Stach, S., Lainović, T., Vilotić, M., Blažić, L., Alb, S. F. & Kakaš, D. (2015). Surface roughness and morphology of dental nanocomposites polished by four different procedures evaluated by a multifractal approach. *Applied Surface Science*, 330, 20–19.

van Noort, R., & Davis, L. G. (1993). A prospective study of the survival of chemically activated anterior resin composite restorations in general dental practice: 5-year results. *Journal of Dentistry*, 21(4), 209–215. [http://doi.org/10.1016/0300-5712\(93\)90128-D](http://doi.org/10.1016/0300-5712(93)90128-D)

Varanda, E., Prado, M. Do, Simão, R. A., & Dias, K. R. H. C. (2013). Effect of in-office bleaching agents on the surface roughness and morphology of different dental composites: An AFM study. *Microscopy Research and Technique*, 76(5), 481–485. <http://doi.org/10.1002/jemt.22190>

Vargas, M. A., Bergeron, C., Murchison, D. F., Roeters, J. & Chan, D. C. N. (2013). Direct Anterior Restorations. In Hilton, T.J., Ferracane, J.L. & Broome, J.C., *Summitt's fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach* (pp.249-278). Illinois, EUA: Quintessence Publishing Co Inc.

Wang, R., Bao, S., Liu, F., Jiang, X., Zhang, Q., Sun, B., & Zhu, M. (2013). Wear behavior of light-cured resin composites with bimodal silica nanostructures as fillers. *Materials Science and Engineering C*, 33(8), 4759–4766. <http://doi.org/10.1016/j.msec.2013.07.039>

Watanabe, T., Miyazaki, M., Takamizawa, T., Kurokawa, H., Rikuta, A., & Ando, S. (2005). Influence of polishing duration on surface roughness of resin composites. *Journal of Oral Science*, 47(1), 21–25. <https://doi.org/10.2334/josnurd.47.21>

Yadav, R. D., Raisingani, D., Jindal, D. & Mathur, R. (2016) A Comparative Analysis of Different Finishing and Polishing Devices on Nanofilled, Microfilled, and Hybrid Composite: A Scanning Electron Microscopy and Profilometric Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 9(3), 201–208.

Yildiz, E., Sirin Karaarslan, E., Simsek, M., Ozsevik, A. S., & Usumez, A. (2015). Color stability and surface roughness of polished anterior restorative materials. *Dental Materials Journal*, 34(5), 629–39. <https://doi.org/10.4012/dmj.2014-344>