

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ESTUDO COMPARATIVO DA RUGOSIDADE E ESTABILIDADE DA COR APÓS A UTILIZAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS DE POLIMENTO EM RESINA COMPOSTA ESTÉTICA

Trabalho submetido por
Micaela de Fátima Pinto Pereira de Barros Said
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

junho de 2023

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ESTUDO COMPARATIVO DA RUGOSIDADE E ESTABILIDADE DA COR APÓS A UTILIZAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS DE POLIMENTO EM RESINA COMPOSTA ESTÉTICA

Trabalho submetido por
Micaela de Fátima Pinto Pereira de Barros Said
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutora Alexandra Pinto Rodrigues

e coorientado por
Prof. Doutor Jorge Caldeira

junho de 2023

There is no elevator to success, you have to take the stairs
(Zig Ziglar)

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof. Doutora Alexandra Rodrigues, por toda a ajuda, incentivo e seguimento na concretização deste projeto de investigação, desde o momento em que consentiu orientar-me até à conclusão do projeto.

Ao meu co-orientador, Prof. Doutor Jorge Caldeira, pela sua inteira disponibilidade e apoio na realização de toda a parte laboratorial exigida e recolha de dados para a execução do meu projeto de investigação, bem como na discussão dos resultados obtidos.

Ao Prof. Doutor Mário Polido, pela cedência do laboratório e dos materiais necessários para dar início à componente laboratorial do projeto.

Ao Prof. Doutor Luís Proença por toda a disponibilidade e ajuda na análise estatística e na interpretação dos resultados obtidos no presente estudo.

À IUEM que, ao longo destes 5 anos, acolheu-me e garantiu todas as condições necessárias e essenciais para a concretização de um sonho de criança. A todos os professores do MIMD, um grande agradecimento pelas bases e conhecimento que me transmitiram, assim como a preparação que me ofereceram para a vida profissional que se avizinha. A todos os meus professores de todos os ciclos de ensino, a quem lhes devo grande parte do meu conhecimento, obrigada por me ajudarem a alcançar as bases necessárias para iniciar e concluir o ensino superior.

Aos meus pais e irmãos, o meu profundo agradecimento pelo apoio incondicional e suporte constante durante todos os bons e maus momentos do meu percurso desde o pré-escolar ao ensino universitário. Obrigada pela educação, preparação pessoal e profissional que me concederam desde criança. Foram, são e serão sempre o meu maior pilar.

À minha colega de box, Filipa, um grande agradecimento pela companhia numa das fases mais exigentes do nosso curso, nos momentos de aflição e progressos que fui adquirindo ao longo da nossa prática clínica. Ao meu grupo de amigos, Alexandra, João, Tânia e Maryana, obrigada pela ajuda nos momentos de desespero, pela companhia nas tardes e noites de estudo, pela motivação, pois sem vocês tudo teria sido diferente.

RESUMO

Objetivos: Avaliar a rugosidade de superfície e a estabilidade da cor após a utilização de três sistemas de polimento sobre a resina composta nanoparticulada estética *Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative*, 3M™, ESPE™, sendo que um dos sistemas de polimento avaliado foi recentemente lançado no mercado: *All Surfaces Access Diamond Polishers®* (A.S.A.P.® *Dailies*).

Materiais e Métodos: Nove discos (10 mm x 2 mm) de resina composta nanoparticulada (*Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative*) foram produzidos. Três amostras foram aleatoriamente distribuídas por três protocolos de polimento diferentes: sistema *Sof-Lex XT* com aplicação de pasta diamantada *DiaPolisher* (SPD), sistema *Diatech Polishers ShapeGuard Composite* (SGC) e o novo sistema de polimento *All Surfaces Access Diamond Polishers Dailies®* (ASAP). Após o polimento, a rugosidade de superfície foi medida pelo microscópio de força atômica, seguido pela imersão das amostras em vinho tinto (*Casal da Eira*, 11% vol.) durante 7 dias ininterruptamente, em estufa a 37°C. Ao fim deste período, sob renovação diária do meio de coloração, a respetiva variação da cor (ΔE) foi medida pelo espectrofotómetro. A análise estatística foi realizada pelo programa *IBM SPSS Statistics 28*, através dos testes ANOVA *Oneway*, t de *Student* para uma amostra, *Tukey HSD* e Correlação de *Spearman*.

Resultados: O protocolo ASAP apresentou menor rugosidade de superfície ($Sa = 9,50 \pm 0,77$ nm). O protocolo SPD apresentou maior rugosidade de superfície ($Sa = 70,40 \pm 2,99$ nm) e diferenças estatisticamente significativas com os protocolos SGC e ASAP ($p < 0,05$). Quanto à estabilidade de cor, o protocolo ASAP apresentou maior variação de cor ($\Delta E = -3,54 \pm 7,90$).

Conclusões: O protocolo de polimento que demonstrou significativamente maior rugosidade foi o protocolo SPD. Não existiram diferenças estatisticamente significativas para a alteração de cor entre os diferentes protocolos de polimento.

Palavras-chave: estabilidade da cor, pigmentação, rugosidade de superfície, polimento

ABSTRACT

Objectives: To evaluate surface roughness and color stability after the use of three polishing systems on nanofilled resin composite aesthetics Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative, 3M™, ESPETM, being one of this polishing systems recently launched on the market: *All Surfaces Access Diamond Polishers*® (A.S.A.P.® *Dailies*).

Materials and Methods: Nine discs (10 mm x 2 mm) of nanofilled resin composite (*Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative*) were produced. Three samples were randomly distributed over three different polishing protocols: Sof-Lex XT system with application of diamond paste *DiaPolisher* (SPD), *Diatech Polishers ShapeGuard Composite* (SGC) and a new polishing protocol *All Surfaces Access Diamond Polishers Dailies*® (ASAP). After polishing, the surface roughness was measured through atomic force microscopy, followed by immersion of samples on red wine (*Casal da Eira*, 11% vol.) for 7 days, uninterruptedly, in an oven at 37°C. At the end of this period, under daily renewal of the staining medium, the color change (ΔE) was measured by spectrophotometer. Statistics analysis was performed by *IBM SPSS Statistics 28*, through ANOVA *Oneway*, *one sample t-test*, *Tukey HSD* and *Spearman Correlation* tests.

Results: The lowest surface roughness was obtained in ASAP polishing protocol ($S_a = 9,50 \pm 0,77$ nm). The highest surface roughness was registered in SPD polishing protocol ($S_a = 70,40 \pm 2,99$ nm) and it has statistically significant differences with SGC e ASAP polishing protocols ($p < 0,05$). Regarding to color stability, the highest color change was measured in ASAP protocol ($\Delta E = -3,54 \pm 7,90$).

Conclusions: The SPD polishing protocol was the protocol with the highest significant roughness. No statistically significant differences were found for color change among the different polishing protocols.

Key words: color stability, staining, surface roughness, polishing

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABELAS	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS	12
LISTA DE SIGLAS	13
I. INTRODUÇÃO	15
1. Resina composta.....	15
1.1. Composição	15
1.1.1. Matriz orgânica	15
1.1.2. Partículas de carga inorgânica.....	16
1.1.3. Agentes de união	16
1.1.4. Sistema iniciador-ativador.....	17
1.1.5. Inibidores.....	17
1.1.6. Modificadores óticos	18
1.2. Propriedades da resina composta.....	18
1.3. Classificação	22
1.3.1. Quanto ao método de polimerização	22
1.3.1.1. Autopolimerizáveis.....	22
1.3.1.2. Fotopolimerizáveis	23
1.3.1.3. <i>Dual-Cured</i>	23
1.3.2. Quanto ao tamanho das partículas.....	24
1.3.2.1. Macroparticuladas	24
1.3.2.2. Microparticuladas	24
1.3.2.3. Híbridas	25
1.3.2.4. Microhíbridas	25
1.3.2.5. Nanoparticuladas e nanohíbridas.....	25
1.4. Acabamento e polimento	27

1.4.1.	Instrumentos	28
1.4.1.1.	Brocas diamantadas e de carbeto de tungstênio	29
1.4.1.2.	Lâminas de bisturi	30
1.4.1.3.	Discos	30
1.4.1.4.	Taças e pontas de borracha impregnadas	30
1.4.1.5.	Tiras de acabamento	31
1.4.1.6.	Pastas de polimento	31
2.	Rugosidade de superfície	31
2.1.	Metodologias de avaliação da rugosidade de superfície	32
3.	Cor.....	33
3.1.	Matiz.....	33
3.2.	Valor	33
3.3.	Croma	34
3.4.	Opacidade e translucidez	34
3.5.	Opalescência.....	35
3.6.	Fluorescência	35
3.7.	Iridescência.....	35
4.	Pigmentação	35
4.1.	Metodologias de avaliação da cor	36
5.	Enquadramento teórico	38
II.	OBJETIVOS.....	41
1.	Hipóteses de estudo.....	41
III.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
1.	Materiais utilizados	43
2.	Preparação das amostras.....	45
2.1.	Etapas da preparação das amostras.....	46
3.	Acabamento.....	47

4.	Polimento	48
4.1.	Protocolo SPD	49
4.2.	Protocolo SGC.....	50
4.3.	Protocolo ASAP	51
5.	Metodologia de avaliação da rugosidade de superfície.....	52
6.	Metodologia de avaliação da estabilidade da cor.....	53
7.	Análise estatística.....	55
IV.	RESULTADOS	57
1.	Rugosidade de superfície	57
2.	Estabilidade da cor	65
V.	DISCUSSÃO	69
VI.	CONCLUSÃO.....	81
VII.	BIBLIOGRAFIA	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Resina composta nanoparticulada <i>Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative</i>	44
Figura 2 – Discos Sof-Lex™	45
Figura 3 – <i>Diatech Polishers (Shapeguard Composite Plus)</i>	45
Figura 4 – A.S.A.P. <i>Dailies</i>	45
Figura 5 – Pasta diamantada <i>DiaPolisher</i>	45
Figura 6 – Molde metálico (10 mm x 2 mm)	45
Figura 7 – Radiômetro <i>Curing Radiometer Model 100</i>	46
Figura 8 – Fotopolimerizador <i>Elipar™ DeepCure-S</i>	46
Figura 9 - Resina composta em incrementos no interior do molde metálico, sobre placa de vidro e matriz de acetato	46
Figura 10 – Compactação da resina composta com espátula angulada	46
Figura 11 – Colocação da matriz de acetato	46
Figura 12 – Colocação da placa de vidro	47
Figura 13 – Medição da intensidade LED com o radiômetro	47
Figura 14 – Fotopolimerização do lado superior de 3 amostras sobre a matriz de acetato	47
Figura 15 – Medição da intensidade LED com o radiômetro	47
Figura 16 – Fotopolimerização do lado inferior de 3 amostras sobre a matriz de acetato	47
Figura 17 – 9 amostras de resina composta	47
Figura 18 – Papel abrasivo grão p1200	47
Figura 19 – Disco Sof-Lex™ XT grão grosso (vista de perfil)	49
Figura 20 – Disco Sof-Lex™ XT grão grosso (vista lateral)	49
Figura 21 – Disco Sof-Lex™ XT grão grosso (1º passo)	49
Figura 22 – Lavar e secar com <i>sani-tip</i>	49
Figura 23 – Disco <i>Sof-Lex™ XT</i> grão médio (vista de perfil)	50
Figura 24 – Disco <i>Sof-Lex™ XT</i> grão médio (vista angulada)	50
Figura 25 – Disco <i>Sof-Lex™ XT</i> grão médio (2º passo)	50
Figura 26 – Lavar e secar com <i>sani-tip</i>	50
Figura 27 – Disco <i>Sof-Lex™ XT</i> grão fino (vista de perfil)	50

Figura 28 – Disco <i>Sof-Lex</i> TM XT grão fino (vista angulada).....	50
Figura 29 – Disco <i>Sof-Lex</i> TM XT grão fino (3º passo)	50
Figura 30 – Lavar e secar com <i>sani-tip</i>	50
Figura 31 – Disco <i>Sof-Lex</i> TM XT grão ultrafino (vista de perfil)	50
Figura 32 – Disco <i>Sof-Lex</i> TM XT grão ultrafino (vista angulada)	50
Figura 33 – Disco <i>Sof-Lex</i> TM XT grão ultrafino (4º passo)	50
Figura 34 – Lavar e secar com <i>sani-tip</i>	50
Figura 35 – Disco <i>Diatech</i> TM <i>Shapeguard Spiral Wheel</i> Rosa (vista de perfil).....	51
Figura 36 – Disco <i>Diatech</i> TM <i>Shapeguard Spiral Wheel</i> Rosa (vista angulada).....	51
Figura 37 – Disco <i>Diatech</i> TM <i>Shapeguard Spiral Wheel</i> Rosa (1º passo).....	51
Figura 38 – Disco <i>Diatech</i> TM <i>Shapeguard Spiral Wheel</i> Azul (vista de perfil)	51
Figura 39 – Disco <i>Diatech</i> TM <i>Shapeguard Spiral Wheel</i> Azul (vista angulada)	51
Figura 40 – Disco <i>Diatech</i> TM <i>Shapeguard Spiral Wheel</i> Azul (2º passo).....	51
Figura 41 – Disco A.S.A.P. <i>Dailies Pre-polisher</i> (vista de perfil).....	52
Figura 42 – Disco A.S.A.P. <i>Dailies Pre-polisher</i> (vista angulada).....	52
Figura 43 – Disco A.S.A.P. <i>Dailies Pre-polisher</i> (1º passo).....	52
Figura 44 – Disco A.S.A.P. <i>Final high shine polisher</i> (vista de perfil)	52
Figura 45 – Disco A.S.A.P. <i>Final high shine polisher</i> (vista angulada)	52
Figura 46 – Disco A.S.A.P. <i>Final high shine polisher</i> (2º passo).....	52
Figura 47 – Microscópio de Força Atômica.....	52
Figura 48 – Amostra a ser analisada no microscópio de força atômica	52
Figura 49 – Espectrofotômetro	53
Figura 50 – Amostras imersas em vinho tinto <i>Casal da Eira</i>	54
Figura 51 – Amostra envolvida por <i>teflon</i>	54
Figura 52 – Amostra para análise a 90º	54
Figura 53 – Amostras submersas em vinho tinto na estufa	54
Figura 54 – Imagem AFM da amostra SGC2_MA (3D).....	57
Figura 55 – Imagem AFM da amostra SGC2_MA (2D).....	57
Figura 56 – Imagem AFM da referência de acabamento da amostra SGC1_A (3D).....	57
Figura 57 – Imagem AFM da referência de acabamento da amostra SGC1_A (2D).....	57
Figura 58 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD1_P (3D).....	58
Figura 59 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD1_P (2D).....	58
Figura 60– Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD2_P (3D).....	58
Figura 61 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD2_P (2D).....	58

Figura 62 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD3_P (3D).....	58
Figura 63 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD3_P (2D).....	58
Figura 64 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC1_P (3D)	58
Figura 65 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC1_P (2D)	59
Figura 66 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC2_P (3D)	59
Figura 67 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC2_P (2D)	59
Figura 68 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC3_P (3D)	59
Figura 69 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC3_P (2D)	59
Figura 70 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP1_P (3D).....	60
Figura 71 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP1_P (2D).....	60
Figura 72 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP2_P (3D).....	60
Figura 73 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP2_P (2D).....	60
Figura 74 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP3_P (3D).....	60
Figura 75 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP3_P (2D).....	60
Figura 76 – SGC1_A após imersão em vinho	68
Figura 77 – SGC2_MA após imersão em vinho.....	68
Figura 78 – Amostras sujeitas ao protocolo SPD após imersão em vinho	68
Figura 79 – Amostras sujeitas ao protocolo SGC após imersão em vinho.....	68
Figura 80 – Amostras sujeitas ao protocolo ASAP após imersão em vinho	68

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Características da resina composta nanoparticulada <i>Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative</i>	43
Tabela 2 – Sistemas de polimento	44
Tabela 3 – Protocolos de polimento	48
Tabela 4 – Média $\pm$ Desvio padrão, máximo e mínimo dos parâmetros de rugosidade Sa, Sp e Sv após a utilização dos 3 protocolos de polimento (nm)	61
Tabela 5 – Média $\pm$ Desvio padrão, máximo e mínimo dos parâmetros de rugosidade Sa, Sp e Sv das amostras SGC1_A e SGC2_MA (nm)	62
Tabela 6 – Teste ANOVA <i>Oneway</i>	63
Tabela 7 – Resultados da distribuição dos valores médios do parâmetro Sa (nm) após aplicação do Teste <i>Tukey HSD</i>	64
Tabela 8 – Resultados da distribuição dos valores médios do parâmetro Sp (nm) após aplicação do Teste <i>Tukey HSD</i>	64
Tabela 9 – Resultados da distribuição dos valores médios do parâmetro Sv (nm) após aplicação do Teste <i>Tukey HSD</i>	64
Tabela 10 – Teste t de <i>student</i> para uma amostra: protocolos de polimento e SGC1_A por comparação com o valor de referência de Sa = 251,96; Sp = 621,41; Sv = 805,29	64
Tabela 11 – Teste t de <i>student</i> para uma amostra: protocolos de polimento e SGC2_MA por comparação com o valor de referência de Sa = 14,36; Sp = 240,52; Sv = 148,42 ..	65
Tabela 12 – Média $\pm$ Desvio padrão, máximo e mínimo da variação da cor das amostras sujeitas a polimento	65
Tabela 13 – Variação da cor das amostras de referência de acabamento (SGC1_A) e polimerização contra matriz de acetato (SGC2_MA)	65
Tabela 14 – Teste t de <i>student</i> para uma amostra: protocolos de polimento e SGC1_A por comparação com o valor de referência $\Delta E = -22,06$	66
Tabela 15 – Teste t de <i>student</i> para uma amostra: protocolos de polimento e SGC2_MA por comparação com o valor de referência $\Delta E = -0,19$	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Média $\pm$ Desvio padrão do parâmetro de rugosidade S_a das amostras SGC1_A, SGC2_MA e amostras sujeitas aos diferentes protocolos de polimento	63
Gráfico 2 – Média da variação da cor nos 3 sistemas de polimento	66
Gráfico 3 – Correlação de <i>Spearman</i> entre S_a e ΔE	67

LISTA DE SIGLAS

AFM – Microscopia de Força Atómica

mW/cm² – miliwatt por centímetro quadrado

mm – milímetro

µm – micrómetro

nm – nanómetro

s – segundo

A.S.A.P. – *All Surface Access Diamond Polishers*®

Bis-GMA – *bisphenol A-glycidyl methacrylate*

UDMA – *urethane dimethacrylate*

TEGDMA – *triethylene glycol dimethacrylate*

Sa – média aritmética de rugosidade

Sp – pico máximo de altura da superfície

Sv – profundidade máxima do vale de superfície

CIE – *Commission Internationale de l'Eclairage*

rpm – rotações por minuto

IUEM – Instituto Universitário Egas Moniz

mL – mililitros

2D – bidimensional

3D – tridimensional

I. INTRODUÇÃO

1. Resina composta

Atualmente, as resinas compostas são dos materiais amplamente utilizados em procedimentos restauradores em dentes anteriores e posteriores por apresentarem ótimas qualidades estéticas e propriedades físicas melhoradas, conseguindo ser manipuladas em diferentes consistências que, após polimerização, se tornam numa estrutura rígida e duradoura (Gönülol & Yilmaz, 2012; Shen et al., 2022). Contudo, apresentam desvantagens, destacando-se a inadequada resistência ao desgaste sob as forças mastigatórias e infiltração marginal devido à contração de polimerização a que sempre se sujeita (Peutzfeldt, 1997).

As resinas compostas apresentam ainda outras aplicabilidades em medicina dentária, tais como selante de fossas e fissuras, *cavity liner*, *build-ups*, *inlays*, *onlays*, facetas, coroas, restaurações provisórias, cimentos endodônticos, meio de cimentação de restaurações indiretas, como coroas e pontes, e de aparelhos ortodônticos (Ferracane, 2011; Aminoroaya et al., 2021).

1.1. Composição

As resinas compostas são polímeros constituídos por 3 componentes major: matriz orgânica, partículas de carga inorgânica e agentes de união. Possuem outros constituintes, tais como: sistema iniciador-ativador, pigmentos, entre outros (Shen et al., 2022).

1.1.1. Matriz orgânica

A matriz orgânica corresponde à fase orgânica da resina composta e compreende monómeros metacrilatos, como o *bisphenol A-glycidyl methacrylate* (Bis-GMA) que, devido à sua elevada viscosidade, é combinado com outros monómeros dimetacrilatos, como o *urethane dimethacrylate* (UDMA) e o *triethylene glycol dimethacrylate* (TEGDMA), a fim de obter resina suficientemente fluida para manipulação clínica (Ferracane, 2011; Kumari et al., 2016).

Porém, estão descritas na literatura algumas falhas relacionadas com a utilização de monómeros mais fluidos, nomeadamente a maior contração de polimerização que apresentam, contrariando a vantagem de usar grandes monómeros, como Bis-GMA, pois quanto maior for a proporção de monómeros como o TEGDMA, maior a contração de polimerização e, consequentemente, maiores os riscos de infiltração marginal (Aminoroaya et al., 2021; Shen et al., 2022). Esta contração de polimerização decorre da redução da distância intermolecular dos monómeros durante a polimerização ao formar as ligações covalentes dos polímeros (Aminoroaya et al., 2021).

1.1.2. Partículas de carga inorgânica

As partículas de carga inorgânica, que correspondem à fase dispersa da resina composta, consistem em material inorgânico que é adicionado à fase orgânica, a fim de melhorar as propriedades mecânicas e físicas da matriz de resina, reduzindo o coeficiente de expansão térmica, a contração de polimerização, a absorção de água, solubilidade, minimizam o desgaste durante a mastigação e melhoram a radiopacidade e os resultados estéticos, melhorando a retenção de polimento (García et al., 2006; Kumari et al., 2016).

Estas partículas incluem uma fase dispersa vítrea, sílica, cristais, quartzo, partículas de cerâmica, que melhoram a dureza, a resistência ao desgaste e a translucidez do compósito. A incorporação de outras partículas, tais como o bário, estrôncio, zircônio, zinco ou alumínio confere a radiopacidade que as resinas compostas apresentam (García et al., 2006; Zhou et al., 2019).

1.1.3. Agentes de união

Os agentes de união são compostos que revestem e unem quimicamente as partículas de carga à matriz orgânica. O organo-silano é o agente mais comum (Peutzfeldt, 1997; Hilton et al., 2013).

Estes agentes de união são de imensa importância, pois conferem melhores propriedades químicas e mecânicas da resina composta, minimizam a separação das partículas de carga da matriz durante o desgaste, criam um ambiente hidrofóbico, que, consequentemente, reduz a absorção de água do compósito e fornecem um meio de distribuição de *stress*

entre as partículas e a matriz, permitindo que o compósito tenha um bom desempenho clínico (Sakaguchi et al., 2019).

1.1.4. Sistema iniciador-ativador

A polimerização da resina composta é uma reação de polimerização por adição que é iniciada pelo sistema iniciador-ativador canforoquinona-amina terciária quando é irradiada pelo ativador, ou seja, uma fonte de luz da região azul do espectro de luz visível. Divide-se em três fases: iniciação, propagação e terminação (Aromaa & Vallittu, 2018; Sakaguchi et al., 2019).

A iniciação resultante é responsável pela produção de radicais livres que podem ser gerados por ativação química ou por fontes externas (calor, luz) e promovem a união dos monómeros metacrilatos em cadeias de polímeros com ramos e ligações cruzadas durante a fase de propagação, estando esta reação ativa até que não existam monómeros livres ou até que o sistema de polimerização tenha atingido estabilidade. Porém, mesmo após a emissão de luz sobre o compósito, esta reação pode prolongar-se até pelo menos 24 horas (Aromaa & Vallittu, 2018; Aminoroaya et al., 2021).

1.1.5. Inibidores

Os inibidores são incorporados nos sistemas de resina composta com o intuito de minimizar ou prevenir a espontânea iniciação e propagação da polimerização que sucede da reação dos monómeros com os radicais livres (Landuyt et al., 2007; Kwon et al., 2011). Permitem estender o tempo de vida útil de armazenamento da resina e transporte, bem como assegurar um tempo de trabalho suficiente (Kwon et al., 2011).

Estes componentes são vantajosos em situações em que se formam radicais livres, por exemplo, por exposição à luz ambiente, uma vez que o inibidor reage mais rapidamente com um radical livre do que o radical livre consegue reagir com um monómero. Deste modo, previne a iniciação da polimerização dos monómeros e a subsequente propagação da cadeia. No entanto, caso todos os inibidores sejam consumidos, a propagação da polimerização pode prosseguir (Kwon et al., 2011; Shen et al., 2022).

1.1.6. Modificadores óticos

Às resinas compostas são adicionados modificadores de forma a simular a cor e a translucidez do dente natural. A cor é alcançada, adicionando vários pigmentos, normalmente quantidades ínfimas de partículas de óxidos metálicos (Shen et al., 2022).

Os compósitos de cores mais escuras e opacas não podem ser polimerizados à mesma profundidade que os compósitos de cores translúcidas e claras, pois os primeiros têm uma capacidade de fotopolimerização em profundidade diminuída porque os materiais opacos impedem a passagem da luz, o que requer um aumento do tempo de exposição ou polimerização em camadas mais finas (Sakaguchi et al., 2019; Shen et al., 2022).

1.2. Propriedades da resina composta

As propriedades da resina composta e o seu consequente desempenho clínico dependem da sua composição, sendo que algumas propriedades dependem tanto das partículas de carga como dos agentes de união e outras propriedades somente da matriz de resina (Peutzfeldt, 1997). Contudo, as propriedades das resinas compostas são consideravelmente influenciadas pelas partículas nelas incorporadas, pois influenciam diretamente a radiopacidade, a resistência à abrasão, o módulo de flexão, o coeficiente de expansão térmica e a contração de polimerização (Klapdohr & Moszner, 2005).

1.2.1. Contração de polimerização

A contração de polimerização é uma alteração dimensional que ocorre durante a polimerização da resina composta, na medida em que os monómeros presentes na matriz de resina aproximam-se e unem-se, formando uma ligação cruzada tridimensional, o que resulta numa contração na ordem dos 1.5-5%. Este fenómeno tem consequências, pois contribui para formação de *gaps* nas margens das restaurações, descoloração, sensibilidade pós-operatória, lesões de cárie secundária e fratura das restaurações (Zhou et al., 2019). Por isso, têm sido introduzidos vários métodos para minimizar esta contração, nomeadamente: (1) a utilização de monómeros de baixa contração (Zhou et al., 2019). Devido à elevada viscosidade do Bis-GMA, a este é associado o monómero

TEGDMA que, no entanto, apresenta uma maior contração de polimerização do que o Bis-GMA (Bis-GMA 5.2% e TEGDMA 12.5%), pelo que quanto mais reduzido for o conteúdo de Bis-GMA e maior o conteúdo de TEGDMA, maior será a contração de polimerização. Por isso, a introdução de monómeros de baixa contração, como a molécula *silorane* (resinas compostas à base de *silorane*) permitem reduzir a contração de polimerização para menos de 1% (Zimmerli et al., 2010; Maghaireh et al., 2017; He et al., 2018); (2) A luz de polimerização; (3) a quantidade de partículas, pois aumentando o conteúdo inorgânico, diminui a contração de polimerização (Zimmerli et al., 2010; Zhou et al., 2019); (4) restaurações segundo a técnica incremental (Zhou et al., 2019).

1.2.2. Coeficiente de expansão térmica

O coeficiente de expansão térmica da resina composta pode ser 2 a 6 vezes superior ao mesmo coeficiente do dente. Portanto, a resina composta expande e contrai mais do que o dente perante mudanças de temperatura, pelo que esta discordância pode conduzir à perda de adesão e a maior microinfiltração (Hilton et al., 2013). No entanto, este coeficiente pode ser reduzido, com o aumento do conteúdo inorgânico (Zimmerli et al., 2010).

1.2.3. Radiopacidade

As resinas compostas devem ser suficientemente radiopacas para que sejam detetáveis e distinguíveis do esmalte e da dentina radiograficamente de modo a permitir uma correta avaliação das restaurações, a deteção de lesões de cárie secundárias, defeitos marginais, contorno das restaurações, contactos com dentes adjacentes e falhas (Gul et al., 2017).

A incorporação de elementos metálicos pesados nas partículas de carga inorgânica, como o bário que muitas vezes substitui parcialmente o quartzo, aumenta a radiopacidade. Deve ser aplicada em quantidade suficiente de modo que a resina composta seja mais radiopaca do que o esmalte. Quando em excesso, verifica-se a redução da translucidez da resina composta (Fortin & Vargas, 2000; García et al., 2006).

1.2.4. Absorção de água

As resinas compostas, em meio oral, podem absorver algumas substâncias como água, saliva, compostos alimentares ou bebidas que podem influenciar a degradação da resina composta (Arregui et al., 2016). A absorção de água induz uma dilatação da matriz de resina que reduz as forças entre as cadeias de polímeros, podendo criar-se vias que facilitam a difusão da água devido a *gaps* entre as partículas e a matriz de resina que se formam devido à quebra hidrolítica da união entre o silano e as partículas de carga, matriz-partículas ou até mesmo a degradação das partículas, resultando no enfraquecimento da matriz de resina e o descolamento das partículas (Sideridou et al., 2011; Takamizawa et al., 2021). Contudo, este fenómeno pode ser benéfico na medida em que esta expansão do compósito compensa a contração de polimerização, melhorando a adaptação marginal (Sideridou et al., 2003).

A absorção de água pode ser minimizada, aumentando o conteúdo inorgânico (Zimmerli et al., 2010).

1.2.5. Resistência ao desgaste

O desgaste é consequência da interação mecânica entre duas superfícies em contacto e resulta na perda progressiva de materiais. A resistência da resina composta ao desgaste é influenciada pela distribuição das partículas de carga, pois o aumento do conteúdo inorgânico, melhora a resistência ao desgaste da resina composta. Para além disso, partículas esféricas e pequenas melhoram tanto as forças mecânicas, como a resistência ao desgaste (Zhou et al., 2019).

1.2.6. Forças de compressão, tensão e flexão

Os dentes e as restaurações estão constantemente sujeitos a forças de compressão e flexão durante a mastigação, pelo que as propriedades mecânicas dos materiais restauradores são importantes para a sua *performance* clínica nas áreas posteriores (Gömeç et al., 2005). O módulo de flexão para o compósito descreve os efeitos combinados da deformação compressiva e de tensão, pois o *stress* muda de direção dentro da amostra entre a parte superior e inferior (Gömeç et al., 2005).

A composição da resina composta influencia as forças de tensão e flexão do material, uma vez que a substituição do Bis-GMA pelo TEGDMA aumenta a força de tensão e compressão, mas reduz a força de flexão do material. O aumento do conteúdo inorgânico aumenta as forças de compressão e de tensão (Zimmerli et al., 2010).

1.2.7. Módulo de elasticidade

A elasticidade de um sólido descreve a capacidade que um corpo tenso tem em recuperar o seu tamanho e forma originais após uma deformação (Shen et al., 2022). Este comportamento é medido pelo módulo de elasticidade (Sakaguchi et al., 2019).

Nas resinas compostas, destaca-se a importância do módulo de elasticidade, pois permite prevenir microinfiltrações, lesões de cárie secundárias e desadaptação das restaurações (Gömeç et al., 2005). Este valor aumenta com o aumento do conteúdo inorgânico (Zimmerli et al., 2010).

1.2.8. Grau de conversão

O grau de conversão dos monómeros em polímero determina a extensão da reação de polimerização e é influenciado pela luz de ativação (García et al., 2006; Borges et al., 2009), nomeadamente o comprimento de onda da luz, o tempo de exposição, a distância entre a luz e a resina, a fonte e a intensidade da luz, a cor e espessura da resina. Estes fatores determinam o grau de polimerização e a quantidade libertada de monómeros que não reagiram. A libertação destes monómeros pode ser citotóxica, visto que pode desencadear efeitos adversos sistémicos e/ou locais e estimular o crescimento de bactérias em torno da restauração (García et al., 2006; Sideridou et al., 2003; Kwon et al., 2015). Logo, deve ser efetuada uma correta polimerização da resina composta de forma a garantir a biocompatibilidade e a segurança das restaurações (Kwon et al., 2015).

De um modo geral, com o aumento do conteúdo inorgânico, a contração de polimerização, o coeficiente de expansão e a absorção de água reduzem. No que diz respeito às forças de compressão e tensão, ao módulo de elasticidade e resistência, pelo contrário, aumentam (Zimmerli et al., 2010).

1.3. Classificação

As resinas compostas podem ser classificadas quanto ao método de polimerização em: fotopolimerizáveis, autopolimerizáveis ou a combinação dos dois métodos, *dual-cured*; e quanto ao tamanho das partículas de carga e à sua distribuição em: macroparticuladas, microparticuladas, híbridas, microhíbridas, nanoparticuladas e nanohíbridas (Alzraikat et al., 2018; Shen et al., 2022). Atualmente, as resinas mais utilizadas são as microparticuladas, as microhíbridas e os nanoparticuladas (Aytac et al., 2016).

1.3.1. Quanto ao método de polimerização

1.3.1.1. Autopolimerizáveis

As resinas compostas autopolimerizáveis apresentam-se em duas pastas separadas, a pasta catalisadora, contendo peróxido de benzoílo (o iniciador), e a pasta base, contendo os monómeros e a amina terciária aromática (o ativador) (Zhou et al., 2019; Shen et al., 2022). Uma vez misturadas as duas pastas, a amina terciária ativa o peróxido de benzoílo e desencadeia a formação de radicais livres que, por sua vez, reagem com os monómeros, iniciando-se a reação de polimerização (Zhou et al., 2019).

Este método de polimerização apresenta algumas vantagens, como a simplicidade do método, pois não requer qualquer outro equipamento, longo tempo de armazenamento, possibilidade de manipular o tempo de trabalho ao variar as proporções, entre outras. Contudo, apresenta limitações, tais como a pigmentação devido à oxidação do excesso de amina terciária aromática presente numa resina polimerizada que ocorre devido ao facto das aminas serem compostos reativos; e a falta de controlo do tempo de trabalho após a mistura das duas pastas, o que requer maior rapidez da parte do operador. Para minimizar este último inconveniente, são adicionados inibidores para suprimir a polimerização, prevenindo que a reação se desenrole prematuramente, bem como aumentar o tempo de manipulação (Kwon et al., 2011; Shen et al., 2022).

Dadas as características que apresentam, a maioria das resinas autopolimerizáveis não tem indicação para restaurações diretas, mas sim como material de cimentação, tal como os cimentos à base de resina (Kwon et al., 2011).

1.3.1.2. Fotopolimerizáveis

As resinas compostas fotopolimerizáveis apresentam-se numa só seringa e na sua composição apresentam o iniciador, a canforoquinona, associado a uma amina, normalmente alifática que acelera a reação de polimerização (Lu et al., 2005; Shen et al., 2022).

A polimerização é desencadeada pela luz visível e pelo sistema de iniciação canforoquinona/amina, pois quando a canforoquinona é submetida a uma fonte de luz (ativador) com comprimentos de onda correspondentes à luz azul (entre os 410 e 500 nm), é excitada por absorção de energia e interage com a amina, a fim de formar radicais livres e iniciar a reação de polimerização (Kwon et al., 2011; Zhou et al., 2019).

Contrariando certas limitações das resinas autopolimerizáveis, as fotopolimerizáveis não requerem mistura prévia, apresentando, portanto, menos porosidade e menor coloração, maior estabilidade da cor por ausência de amina aromática aceleradora, curto tempo de polimerização (40 segundos) e permitem que sejam completamente inseridas e contornadas antes da polimerização ser iniciada, pelo que são mais utilizadas do que as resinas autopolimerizáveis. Contudo, estas resinas devem ser adicionadas por incrementos de 2 mm de espessura devido à limitada profundidade de penetração da luz (Shen et al., 2022).

1.3.1.3. *Dual-Cured*

As resinas compostas *dual-cured* consistem numa combinação de componentes integrados nas resinas autopolimerizáveis e fotopolimerizáveis numa só resina composta. Apresentam-se em duas pastas: a pasta catalisadora, contendo peróxido de benzoílo, e a pasta base, contendo a canforoquinona, a amina alifática e a amina terciária aromática para ativação pela luz visível (Lu et al., 2005).

Estas resinas autopolimerizam lentamente, podendo esta reação ser acelerada quando fotopolimerizada, assegurando uma completa polimerização. Porém, pode apresentar porosidade resultante da mistura das duas pastas, ainda que possa ser minimizada com as seringas de mistura. A estabilidade da cor é menor comparativamente às resinas

fotopolimerizáveis, mas superior às resinas autopolimerizáveis, pois possui uma quantidade de amina aromática aceleradora em menor quantidade (Shen et al., 2022).

Estas resinas compostas são utilizadas em situações em que não seja possível uma adequada penetração da luz, como a cimentação de espigões canulares, e no fabrico de *build-ups* (Zhou et al., 2019; Shen et al., 2022).

1.3.2. Quanto ao tamanho das partículas

1.3.2.1. Macroparticuladas

As resinas macroparticuladas possuem partículas de carga (sílica ou vítreas) de dimensões na ordem dos 10-50 μm que, por sua vez, aumentam a viscosidade e conferem elevada resistência mecânica, possibilitando a sua utilização em áreas de maior *stress* e apresentam uma boa radiopacidade (Zimmerli et al., 2010; Ferracane, 2011; Shen et al., 2022).

No entanto, esta resina composta já não é utilizada por razões estéticas, pois acarreta dificuldades no polimento e possui reduzida resistência ao desgaste, especialmente após a escovagem repetitiva, devido ao facto da matriz de resina apresentar um desgaste mais rápido do que as partículas de carga. A superfície rugosa resultante diminui o brilho, promove a adesão de placa bacteriana e a coloração da restauração (Klapdohr & Moszner, 2004; Zimmerli et al., 2010; Gönülol & Yilmaz, 2012; Ferracane, 2011).

1.3.2.2. Microparticuladas

As resinas microparticuladas são compostas por partículas de tamanho compreendido entre os 40 e os 50 nm (Alzraikat et al., 2018).

Estas resinas compostas têm melhores propriedades estéticas por apresentarem excelente polimento e capacidade de reter a suavidade de superfície ao longo do tempo (Ilie & Hickel, 2011). Contudo, as fracas propriedades mecânicas restringem o seu uso a zonas livres de *stress* (Jung et al., 2007; Janus et al., 2010), uma vez que apresenta mais fraturas

associadas, bem como perda da forma anatômica devido ao desgaste (Zhou et al., 2019). Para além disso, possui uma maior absorção de água e coeficiente de expansão térmica, pelo que está indicada para restaurações em superfícies suaves, como as classes III e V, onde a estética e um bom polimento, que retarda a descoloração, são mais importantes ao invés de áreas sob *stress* (Aytac et al., 2016; Sakaguchi et al., 2019; Shen et al., 2022).

1.3.2.3. Híbridas

As resinas híbridas combinam partículas de carga de tamanho entre os 10 e 50 μm e superiores a 40 nm, a fim de adquirir uma melhor suavidade da superfície, enquanto mantém as propriedades mecânicas desejáveis. Esta composição permite o seu uso em regiões sujeitas a elevado *stress* que envolvam a estética, como por exemplo os bordos incisais, pelo que pode ser utilizada tanto para restaurações anteriores como para posteriores (Hilton et al., 2013; Shen et al., 2022).

1.3.2.4. Microhíbridas

As resinas microhíbridas contêm partículas com dimensões de 0.6 a 1 μm e 40 nm (Alzraikat et al., 2018). A redução do tamanho das partículas inorgânicas nestas resinas compostas a 1 μm ou menos contribui para a realização de restaurações polidas e brilhantes e, a longo prazo, melhorar a resistência ao desgaste para não criar superfícies rugosas que correspondem a uma das razões de descoloração das restaurações (Lu et al., 2005).

Estas resinas são amplamente utilizadas, uma vez que apresentam propriedades mecânicas e físicas ótimas, assim como boas propriedades de polimento (Janus et al., 2010). Têm indicação para restaurações tanto para dentes anteriores como posteriores (Gönülol & Yilmaz, 2012).

1.3.2.5. Nanoparticuladas e nanohíbridas

A nanotecnologia é conhecida por produzir e manipular materiais e estruturas na ordem dos 0.1-100 nm por diferentes métodos físicos e químicos. Esta tecnologia tem sido aplicada em medicina dentária e no desenvolvimento dos materiais dentários,

nomeadamente das resinas compostas e o seu uso é de especial interesse, pois melhorou as propriedades mecânicas e óticas deste material (Rastelli et al., 2012; Avsar et al., 2015).

Na medicina dentária moderna, os nanomateriais preferidos são os compósitos que contêm somente partículas nanométricas de sílica ou zircónia compreendidas entre 1 e 100 nm ao longo da matriz orgânica (Sakaguchi et al., 2019). Podem ser divididos em 2 grupos: as resinas compostas nanoparticuladas e nanohíbridas (Aytac et al., 2016).

As resinas nanoparticuladas são compostas por partículas nanométricas aproximadamente uniformes e dispersas na matriz de resina que, na sua maioria, consoante a intensidade da união das partículas, formam agregados (partículas fortemente unidas ou fundidas) e aglomerados (partículas levemente unidas) de nanopartículas, originando partículas secundárias, os *nanoclusters*, de dimensões que podem exceder os 100 nm (Aytac et al., 2016; Schmalz et al., 2017; Alzraikat et al., 2018; Sakaguchi et al., 2019; Maran et al., 2020).

As resinas nanohíbridas combinam partículas nanométricas e micrométricas (Maran et al., 2020), pois resultam da incorporação de partículas nanométricas nas resinas compostas microhíbridas. Por isso, apresentam partículas maiores de 0.4 a 5 μm , bem como partículas nanométricas, sendo assim, materiais híbridos e não verdadeiras resinas compostas nanoparticuladas (Ferracane, 2011; Sakaguchi et al., 2019).

A introdução das partículas nanométricas nas resinas compostas é de especial importância, pois o aumento do conteúdo inorgânico e a reduzida quantidade de matriz de resina permite uma menor contração de polimerização, melhores propriedades mecânicas, tais como a dureza, forças de tensão, de compressão e resistência à fratura, menor desgaste, bem como melhores propriedades óticas, uma vez que tem uma retenção do polimento e brilho superiores, melhorando a estética e a longevidade das restaurações, pois superfícies rugosas e não polidas contribuem para a descoloração da restauração, acumulação de placa, entre outras desvantagens. Para além disso, a dimensão destas partículas nanométricas é menor que o comprimento de onda da luz visível, pelo que não são detetáveis pelo olho humano e, quando irradiada por feixes de luz visível, ela atravessa o material, apresentando, portanto, elevada translucidez (Gönülol & Yilmaz, 2012; Rastelli et al. 2012; Yadav et al., 2016; Sakaguchi et al., 2019; Zhou et al., 2019).

Um dos principais objetivos da incorporação de nanopartículas nas resinas compostas é permitir criar materiais que possam restaurar tanto os dentes anteriores como os posteriores com elevado brilho e polimento (Alzraikat et al., 2018), pois combinam as forças mecânicas das resinas compostas híbridas e as propriedades estéticas ótimas das resinas microparticuladas (Jung et al., 2007).

1.4. Acabamento e polimento

O acabamento é o processo de remoção de defeitos e irregularidades da superfície resultantes do uso de instrumentos de corte ou abrasivos, conferindo um contorno anatômico à restauração, a fim de dar alguma suavidade e uma superfície sem manchas (Shen et al., 2022) e pode ser facilmente obtido quando a restauração é contornada e suavizada antes da polimerização (Hilton et al., 2013).

Alguns fatores podem afetar a eficácia do acabamento. Eles são a dureza dos abrasivos, a composição do substrato, o tamanho e forma do instrumento abrasivo, a pressão aplicada, a velocidade de polimento e a direção (Delgado et al., 2015).

O polimento é a etapa final e consiste na utilização de abrasivos de grãos menores, 5 µm ou menos, para tornar a superfície suave, brilhante e estética, simulando o esmalte e remover as riscas criadas pelos instrumentos de acabamento (Ergücü & Türkün, 2007; Aytac et al., 2016; Shen et al., 2022). Para as resinas compostas, as superfícies mais suaves são conseguidas quando polimerizadas contra uma matriz. Contudo, esta qualidade pode ser perdida pela necessidade frequente de remover excessos e recontornar as restaurações (Avsar et al., 2015).

Todas as resinas compostas aumentam a rugosidade com o tempo. A retenção do polimento ao longo do tempo depende largamente do tamanho das partículas de carga, pois compósitos de partículas maiores tendem a dificultar mais a obtenção de superfícies suaves e apresentam maior rugosidade de superfície com o tempo após a exposição da superfície à abrasão e à erosão de alimentos e bebidas (Ferracane, 2011; Hilton et al., 2013) e as resinas compostas de partículas de menor tamanho contribuem para uma menor rugosidade de superfície após o polimento (Gönülol & Yilmaz, 2012). Por isso, foi

selecionada a resina composta nanoparticulada para esta investigação por ter na sua composição partículas nanométricas (4 a 20 nm), onde as partículas de carga estão próximas umas das outras para proteger a matriz de resina dos abrasivos (Aytac et al., 2016). Na resina composta nanoparticulada, perante a abrasão, os *nanoclusters* são fraturados em nanopartículas que não são visíveis, melhorando o polimento (Zimmerli et al., 2010).

Estes dois procedimentos são de grande relevância, pois obtendo um nível de rugosidade aceitável (inferior a aproximadamente 0,2 µm), a superfície da restauração é protegida da retenção de bactérias e é possível dar conforto ao paciente, melhor saúde gengival, eficácia mastigatória e estética na medida em que uma superfície lisa resiste à acumulação de alimentos, melhor deslize dos alimentos sobre as faces oclusais durante a mastigação e facilita a higiene oral ao permitir o deslizamento do fio dentário, o que numa superfície rugosa, pelo contrário, aumenta a adesão de placa bacteriana, lesões de cárie secundárias, coloração dentária e inflamação gengival (Özgünaltay et al., 2003; Aytac et al., 2016; Shen et al., 2022). Para além disso, o acabamento e polimento permitem a remoção da camada de resina composta que entra em contacto com o oxigénio e não é polimerizada, para que se possa alcançar uma restauração esteticamente aceitável e mais resistente (Gömleksiz & Gömleksiz, 2021).

Por isso, um adequado acabamento e polimento são de especial importância no aumento da estética, da resistência à descoloração e longevidade das restaurações das resinas compostas, pois o sucesso clínico da resina composta depende da qualidade de superfície das restaurações, entre outros fatores (Özgünaltay et al., 2003; Aytac et al., 2016).

1.4.1. Instrumentos

Existe uma grande variedade de materiais e instrumentos de acabamento e polimento de restaurações com resina composta, nomeadamente: discos e pontas abrasivas, discos de silicone, brocas de acabamento diamantadas e de carbetto de tungsténio, taças de borracha abrasivas, tiras de lixa, escovas, instrumentos rotatórios diamantados e pastas de polimento (Chour et al., 2016; Gömleksiz & Gömleksiz, 2021; Monterubbianesi et al., 2021).

O uso dos instrumentos de acabamento e polimento deve ser sequencial, diminuindo progressivamente a abrasão, a fim de obter uma superfície lisa e brilhante (Ergücü & Türkün, 2007; Ehrmann et al., 2019).

Há sistemas *multi-step* e *one-step* (Chour et al., 2016). Recentemente, têm sido introduzidos no mercado borrachas sintéticas de silicone e materiais de polimento diamantados e estes demonstram desenvolver um brilho superior num curto espaço de tempo. Os fabricantes consideram estes materiais sistemas *one-step*, pois o contorno, acabamento e polimento é conseguido com um único instrumento (Ergücü & Türkün, 2007).

1.4.1.1. Brocas diamantadas e de carbeto de tungsténio

As brocas diamantadas e de carbeto de tungsténio podem ser utilizadas para desenvolver a macro e microanatomia adequadas à restauração (Hilton et al., 2013).

As brocas diamantadas apresentam grãos de tamanho 30 e 15 μm e as brocas de carbeto de tungsténio são laminadas (10-30 lâminas), sendo que as brocas com menos lâminas conferem cortes mais profundos e agressivos do que as brocas com mais lâminas (Chour et al., 2016; Ehrmann et al., 2019).

A seleção da broca de acabamento parece ser determinante na etapa de acabamento e polimento das restaurações, pois utilizando brocas de carbeto de tungsténio ao invés das brocas diamantadas antes do polimento, alcança-se uma superfície mais suave (Turssi et al., 2004; Daud et al., 2018).

Estas brocas podem ser usadas secas para melhor visualizar a anatomia a ser desenvolvida e suavizar as margens, originando uma transição da resina para o esmalte indetetável. Porém, devem ser sempre usadas com ligeira pressão, a fim de evitar um sobreaquecimento e provável destruição da superfície da resina composta (Hilton et al., 2013).

1.4.1.2. Lâminas de bisturi

O aperfeiçoamento nas margens gengivais e nas áreas interproximais pode ser realizado com as lâminas de bisturi, pois as brocas e os discos podem causar dano no tecido mole e cimento na área gengival (Hilton et al., 2013).

Uma lâmina de bisturi número 12 ou 12B é muitas vezes utilizada para remover o excesso de material na margem gengival em segurança (Hilton et al., 2013).

1.4.1.3. Discos

Os discos permitem contornar todas as superfícies do dente, remover excesso de material, contornar superfícies curvas, áreas marginais, faces linguais e vestibulares (Chour et al., 2016). Está descrito que um acabamento a seco realizado com discos é superior ou igual a um acabamento com água quanto à suavidade, dureza e estabilidade da cor. Porém, na ausência de água, os discos podem ser obstruídos por partículas abrasivas, diminuindo a eficácia destes materiais (Hilton et al., 2013).

Existem séries de discos de acabamento e polimento, cujo uso sequencial com grãos progressivamente mais finos produzem um acabamento suave e duradouro no sentido resina composta-dente. Os discos flexíveis *Sof-Lex* impregnados com partículas de óxido de alumínio são um exemplo deste tipo de discos e tornaram-se nos discos de eleição para acabamento e polimento. Contudo, tendem a originar superfícies planas que são pouco frequentes em dentes naturais, pois apresentam formas arredondadas (Hilton et al., 2013).

1.4.1.4. Taças e pontas de borracha impregnadas

As taças e pontas de borracha impregnadas de abrasivos são utilizadas sequencialmente para o acabamento e polimento, desde o grão grosso ao grão fino. O grão grosso pode ser eficaz para uma grande redução e acabamento, enquanto que o grão fino confere uma superfície suave e brilhante (Hilton et al., 2013).

Estes materiais de acabamento e polimento, ao contrário dos discos, têm acesso a sulcos e faces linguais côncavas dos dentes anteriores, mimetizando melhor a anatomia natural do dente (Hilton et al., 2013).

1.4.1.5. Tiras de acabamento

As tiras de acabamento metálicas ou plásticas são utilizadas para contornar e polir as superfícies proximais. A maioria das tiras metálicas são utilizadas em zonas de contacto proximal muito fortes para reduções grosseiras, quer seja de resina composta quer seja de esmalte, cimento ou dentina. O seu manuseamento requer cuidados para evitar lesar os tecidos moles (Shen et al., 2022; Hilton et al., 2013).

As tiras de plástico apresentam-se em diferentes larguras e tamanhos de grão e o seu uso deve ser sequencial para acabamento e polimento, do grão mais grosso para o grão mais fino (Hilton et al., 2013).

1.4.1.6. Pastas de polimento

As pastas de polimento contêm partículas abrasivas como o óxido de alumínio ou diamantadas e devem ser utilizadas juntamente com instrumentos rotatórios, tais como taças, escovas e rodas de feltro (Shen et al., 2022).

O uso das pastas de óxido de alumínio é efetuado com o aumento da quantidade de água com o prosseguir do polimento de partículas grossas para finas. As pastas diamantadas, por sua vez, são utilizadas em condições relativamente secas (Shen et al., 2022).

Este material de polimento apresenta algumas desvantagens, como o acesso dificultado às ameias, salpicos de pasta quando utilizado a alta velocidade ou quando molhadas e pode ainda gerar calor quando a refrigeração é inadequada ou o seu uso é contínuo (Shen et al., 2022).

2. Rugosidade de superfície

A rugosidade de superfície de uma resina composta depende tanto da sua composição e porosidade, assim como dos instrumentos e procedimentos utilizados durante o polimento (Senawongse et al Pongprueksa, 2007).

As partículas de carga inorgânica da resina composta influenciam a rugosidade de superfície, sendo que os materiais com partículas de maior tamanho apresentam, normalmente, maior rugosidade de superfície do que os materiais com partículas de menores dimensões (Senawongse & Pongprueksa, 2007), pois durante o desgaste da resina composta, as partículas inorgânicas destacam-se da matriz de resina e deixam defeitos que podem ser maiores ou menores, consoante o seu tamanho, aumentando a rugosidade de superfície (Lu et al., 2005; Dennis et al., 2021). Para além disso, a matriz de resina e as partículas possuem diferentes valores de dureza e, por isso, não desgastam no mesmo grau (Barbosa et al., 2005).

A rugosidade de superfície e a qualidade de polimento das resinas compostas dependem do acabamento e polimento das restaurações, bem como de vários fatores inerentes à composição da resina composta, particularmente do tipo, forma, tamanho e distribuição das partículas de carga, a composição da matriz de resina, o grau de conversão e a qualidade das ligações conferidas pelos agentes de união (Kakaboura et al., 2007; Ruivo et al., 2019). Também depende do tipo e dureza dos abrasivos presentes nos sistemas de polimento, entre outros fatores (Choi et al., 2005).

2.1. Metodologias de avaliação da rugosidade de superfície

Atualmente, existem vários métodos de avaliação da rugosidade de superfície: métodos qualitativos, como microscopia eletrónica de varrimento, e métodos quantitativos, como a profilometria (Kakaboura et al., 2007; Giacomelli et al., 2010).

Recentemente, um novo modo tem vindo a ser amplamente utilizado para avaliar com fiabilidade a rugosidade de superfície de materiais dentários, a análise por microscopia de força atómica (AFM) (Giacomelli et al., 2010).

A AFM fornece imagens topográficas tridimensionais detalhadas da rugosidade de superfície a uma resolução nanométrica (Kakaboura et al., 2007). Recorrendo a uma ponta muito afiada que é posicionada muito próxima da amostra, surge uma interação entre a ponta e a amostra que é registada por deflexão através de um feixe laser que reflete para

um “*cantiléver*” ligado à ponta, originando uma imagem precisa da amostra (Covani et al., 2006).

3. Cor

A percepção da cor consiste numa resposta à reflexão ou transmissão da luz por um objeto e depende da fonte de luz, do objeto a ser observado e do observador (Posavec et al., 2016).

A cor do dente resulta da combinação da luz refletida pelo esmalte e a luz dispersa e refletida tanto pelo esmalte como pela dentina (Posavec et al., 2016). É um importante componente estético em medicina dentária, pois os dentes pigmentados contribuem para um sorriso pouco harmonioso (Hilton et al., 2013). Ela é descrita por 3 variáveis do espaço de cor Munsell: matiz, valor e croma. Durante a seleção da cor, recomenda-se a determinação do valor em primeiro lugar, seguido pelo croma e por último o matiz (Ahn & Lee, 2008).

3.1. Matiz

O matiz corresponde à cor dominante de um objeto, ou seja, ao comprimento de onda dominante presente na distribuição do espectro, permitindo distinguir uma cor de outra. Esta variável é representada por A, B, C ou D nas escalas de cor *Vita Classic* que são usualmente utilizadas em medicina dentária (Sikri, 2010).

3.2. Valor

O valor diz respeito à escala de cinza, cujas variações dos níveis de cinzento entre o branco e o preto permitem distinguir o claro do escuro (Shen et al., 2022). Este é considerado o componente mais influente da cor, pelo que, em medicina dentária, deve ser a prioridade durante a seleção da mesma (Magne & Belser, 2003).

Por isso, dentes com alto valor correspondem a cores claras, enquanto que com baixo valor correspondem a cores escuras, sendo a sua medição independente do matiz e do croma (Shen et al., 2022). Para além disso, esta variável da cor cria ilusões quanto ao

tamanho e posição dos dentes, visto que quanto maior for o valor dos dentes, mais largos e próximos vão parecer (Magne & Belser, 2003).

3.3. Croma

O croma é o grau de saturação de um determinado matiz (Sikri, 2010). É de referir que o croma e o valor estão inversamente relacionados, pois um aumento do croma diminui o valor e vice-versa (Magne & Belser, 2003).

Para além da cor, os dentes têm outras particularidades na aparência, tais como a opacidade, translucidez, brilho, opalescência, fluorescência e iridescência (Hilton et al., 2013).

3.4. Opacidade e translucidez

A opacidade é a capacidade de um material impedir a passagem da luz através dele, podendo somente absorver alguma luz e refletir a restante, enquanto que a translucidez corresponde à capacidade de um material deixar passar a luz que, posteriormente, é dispersa (Sakaguchi et al., 2019).

No dente, o esmalte e a dentina apresentam diferentes valores de translucidez, permitindo a passagem de cerca de 70,1% de luz através do esmalte e 52,6% através da dentina. Atualmente, já existem resinas compostas para melhor mimetizar o dente, nomeadamente o “opaco” ou “dentina artificial” que são resinas que simulam a opacidade e translucidez da dentina e o “corpo” ou “esmalte artificial” para simular a opacidade e translucidez do esmalte (Villarreal et al., 2011). As regiões cervicais apresentam menor translucidez (Joiner, 2004).

A translucidez e opacidade são adaptados quanto necessário para simular o esmalte e a dentina. Para aumentar a opacidade, pode ser adicionado dióxido de titânio e óxido de alumínio pelo fabricante em quantidades mínimas (Shen et al., 2022).

3.5. Opalescência

A opalescência é uma propriedade ótica na qual um material aparenta ter uma cor quando reflete a luz, mas quando a transmite, apresenta outra cor. Este fenômeno ótico encontra-se presente no esmalte, aumentando o brilho do dente e a profundidade ótica (Sikri, 2010).

3.6. Fluorescência

É a capacidade de um material absorver luz e emití-la espontaneamente num diferente comprimento de onda e mais longo. É normalmente visível sob luz ultravioleta (Magne & Belser, 2003; Hilton et al., 2013). Esta propriedade é mais prevalente na dentina do que no esmalte (Magne & Belser, 2003).

3.7. Iridescência

A iridescência é o efeito de arco-íris sobre a superfície a ser visualizada. Variados graus de iridescência podem ser observados, dependendo de fatores, tais como o ângulo de visão, a direção, a localização e a iluminação do objeto (Joiner, 2004; Hilton et al., 2013).

4. Pigmentação

As resinas compostas têm sido um material amplamente utilizado em procedimentos estéticos devido às propriedades estéticas e mecânicas ótimas que apresentam e baixo custo associado. Contudo, a pigmentação pode ser uma das razões de falha das restaurações dentárias, pelo que a estabilidade da cor é uma propriedade ótica essencial a considerar nos procedimentos restauradores estéticos (Sulaiman et al., 2020).

Este defeito estético deve-se a alterações da cor da resina composta por fatores intrínsecos e extrínsecos (Paolone et al., 2022). A coloração intrínseca é permanente e exige substituição, enquanto que a coloração extrínseca pode ser reduzida por escovagem diária e polimento (Arregui et al., 2016).

Os fatores intrínsecos são inerentes à resina composta, pois a alteração de cor depende do tipo de foto-iniciador, da percentagem de ligações duplas remanescentes, oxidação de monómeros não polimerizados e aminas aceleradoras (Paolone et al., 2022). Nos casos de coloração intrínseca, considera-se a sua substituição por ser uma coloração permanente (Sulaiman et al., 2020).

Os fatores extrínsecos, por sua vez, referem-se à acumulação de placa, adsorção e absorção de corantes externos provenientes da dieta ou de hábitos tabágicos sobre a superfície da resina, comprometendo a estética. A coloração extrínseca pode ser reduzida através da escovagem diária ou através da remoção por polimento (Sulaiman et al., 2020; Paolone et al., 2022). Estes fatores relacionam-se com o desgaste da resina composta, em que se verifica um descolamento de partículas inorgânicas da matriz de resina, criando irregularidades que aumentam a rugosidade de superfície e, consequentemente, a suscetibilidade à coloração externa (Lu et al., 2005). A absorção de água e o pH dos meios de coloração podem influenciar variação da cor (Sulaiman et al., 2020).

Segundo o estudo realizado por Sulaiman et al. (2020), é expectável que as resinas nanoparticuladas, com polimerização, acabamento e polimento adequados, apresentem menores alterações de cor e, assim, melhor longevidade estética, pois quanto menores forem as partículas da resina composta, melhor é o polimento e, consequentemente, menor é a pigmentação e acumulação de placa (Ilie & Hickel, 2011; Avsar et al., 2015).

4.1. Metodologias de avaliação da cor

Na prática clínica, a seleção da cor com base no dente é realizada por percepção visual com recurso a escalas de cor não standardizadas e diferentes entre si. Este tipo de identificação da cor é subjetivo, uma vez que depende de vários fatores, como as condições de luminosidade, a translucidez, o dente a ser restaurado, o material restaurador, a escala de cor e de fatores intrínsecos do clínico, tais como a fadiga, o estado emocional e a idade (Lehmann et al., 2010; Vargas et al., 2023).

No entanto, existem instrumentos digitais de medição da cor independentes da percepção visual humana que permitem a identificação objetiva da cor do dente. Estes instrumentos podem ser o espectroradiómetro, espectrofotómetro ou colorímetro e devem ser precisos

e apresentar elevada repetibilidade. Contudo, estes aparelhos medem a cor de superfícies rasas, pelo que apresentam limitações durante a sua utilização sobre os dentes (Ahn & Lee, 2008; Lehmann et al., 2010; Lee et al., 2010; Sulaiman et al., 2020).

A medição da cor pode ser realizada por sistemas de cores desenvolvidos pela *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE), incluindo CIE XYZ e CIE L*a*b*. O espaço CIE L*a*b* recorre a 3 valores para medir a cor: CIE L* que mede a luminosidade do objeto, CIE a* que mede o vermelho (valor positivo) ou verde (valor negativo) e o CIE b* que mede o amarelo (valor positivo) ou azul (valor negativo) (Lee et al., 2010).

A variação de cor resultante (ΔE) expressa a diferença entre as coordenadas L*a*b* de diferentes amostras ou da mesma amostra em diferentes instâncias (Avsar et al., 2015) e é calculada pela seguinte fórmula: $\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ (Sakaguchi et al., 2019).

4.1.1. Espectrofotómetro

Os espectrofotómetros são instrumentos de medição da cor que avaliam a quantidade de luz emitida ou transmitida por um objeto por cada comprimento de onda do espectro visível. Em medicina dentária, esta medição pode ser de toda a superfície do dente ou somente numa localização (Tabatabaian et al., 2021).

A correta utilização do espectrofotómetro depende de alguns fatores, nomeadamente da magnitude da superfície a ser medida (uma superfície na totalidade ou unicamente uma localização), do posicionamento e angulação corretos do aparelho, posicionamento do dente e do *software* de análise da cor do aparelho (Tabatabaian et al., 2021).

O espectrofotómetro tem um elevado custo associado, é de difícil utilização em dentes *in vitro* e, para além disso, a cor selecionada pode não ser compatível com a resina composta a ser usada (Joiner, 2004; Villavicencio-Espinoza et al., 2018). Contudo, estes instrumentos são os mais precisos, destacando-se a sua importância devido à seleção precisa da cor que é exigida na área da estética. Atualmente, a utilização do

espectrofotômetro considera-se a metodologia de medição da cor em medicina dentária mais adequada (Posavec et al., 2016; Tabatabaian et al., 2021).

4.1.2. Colorímetro

O colorímetro é um aparelho que interpreta o espectro visível através de foto-detetores. Os sensores que apresenta avaliam a soma de diferentes comprimentos de onda do espectro refletidos por um objeto, indicando a cor do mesmo (Tabatabaian et al., 2021).

Muitas das investigações em dentes naturais *in vitro* ou *in vivo* têm sido realizadas com colorímetros por apresentarem uma boa repetibilidade na medição da cor neste tipo de estudos. Estes aparelhos de medição de cor recolhem dados, convertem-nos em parâmetros de cor, medindo nos termos X, Y, Z ou nos valores CIE Lab e especificam a cor dos dentes. A correta obtenção destes valores pelo colorímetro requer um posicionamento *standard*, distância constante entre o dente e o aparelho e um tamanho de abertura do porta-amostras viável para uma correta medição da cor (Joiner, 2004; Tabatabaian et al., 2021).

5. Enquadramento teórico

A exigência estética dos pacientes tem tido uma tendência crescente e, perante esta realidade, a resina composta tornou-se no material de eleição para realizar alguns procedimentos estéticos, nomeadamente as restaurações diretas (Soliman et al., 2020).

O sucesso clínico das restaurações com resina composta, além de outros fatores, depende da topografia da superfície, pois uma superfície rugosa acarreta certas complicações que podem ter impacto negativo na estética dentária, tais como: acumulação de placa bacteriana, inflamação gengival, irritação dos tecidos moles (língua, lábios e mucosa jugal), diminuição do brilho e aumento da descoloração, pelo que, a fim de evitar as consequências descritas, é imperativo obter uma superfície suave e com brilho (Soliman et al., 2020) que pode ser obtida, seguindo protocolos de acabamento e polimento.

A composição da resina composta nanoparticulada, que compreende partículas de reduzido tamanho (as partículas nanométricas e os *nanoclusters*), justifica a seleção deste material restaurador para o presente projeto de investigação, que visa avaliar a rugosidade de superfície por microscopia de força atômica após a utilização de 3 sistemas de polimento e o impacto que cada um deles tem sobre a estabilidade da cor, através da avaliação pelo espectrofotómetro. A análise destes dois parâmetros explica-se pelo facto do polimento da resina composta ser diretamente afetado pelo tamanho destas partículas, pois quanto menores forem, melhor será o polimento da resina e, consequentemente, melhores serão as suas propriedades óticas visto que, por sua vez, dependem da rugosidade de superfície. Assim, uma superfície suave é clinicamente importante, porque determina a estética das restaurações a resina composta (Avsar et al., 2015).

Em suma, a fim de responder à exigente demanda estética nas restaurações diretas com resina composta, apresento este estudo que aborda 3 sistemas de polimento, uma vez que permitirá conhecer a sua *performance* e limitações a níveis estéticos e, concomitantemente, conhecer os benefícios que o novo sistema A.S.A.P. *Dailies* oferece às restaurações e, deste modo, contribuir para futuros avanços na longevidade das restaurações diretas com resinas compostas nanoparticuladas.

II. OBJETIVOS

O presente projeto de investigação é realizado com o intuito de avaliar a rugosidade de superfície e estabilidade da cor após a utilização de três sistemas de polimento sobre a resina composta nanoparticulada estética *Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative*, 3M™, ESPE™, sendo que um dos sistemas de polimento avaliado foi recentemente lançado no mercado: *All Surfaces Access Diamond Polishers®* (A.S.A.P.® *Dailies*).

1. Hipóteses de estudo

Hipótese nula 1: A utilização de um novo sistema de polimento não influencia a rugosidade de superfície de uma resina composta nanoparticulada.

Hipótese nula 2: A utilização de um novo sistema de polimento não influencia a estabilidade da cor de uma resina composta nanoparticulada.

Hipótese nula 3: Não existem diferenças estatisticamente significativas de rugosidade de superfície entre o uso de diferentes sistemas de polimento na resina composta nanoparticulada.

Hipótese nula 4: Não existem diferenças estatisticamente significativas na estabilidade da cor entre o uso de diferentes sistemas de polimento na resina composta nanoparticulada.

Hipótese alternativa 1: A utilização de um novo sistema de polimento influencia a rugosidade de superfície de uma resina composta nanoparticulada.

Hipótese alternativa 2: A utilização de um novo sistema de polimento influencia a estabilidade da cor de uma resina composta nanoparticulada.

Hipótese alternativa 3: Existem diferenças estatisticamente significativas de rugosidade de superfície entre o uso de diferentes sistemas de polimento na resina composta nanoparticulada.

Hipótese alternativa 4: Existem diferenças estatisticamente significativas na estabilidade da cor entre o uso de diferentes sistemas de polimento na resina composta nanoparticulada.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Materiais utilizados

A componente laboratorial da presente investigação foi realizada com os seguintes materiais:

- Molde metálico (10 x 2 mm);
- Espátula reta;
- Espátula angulada;
- Fotopolimerizador *EliparTM DeepCure-S*;
- Matriz de acetato;
- Tesoura;
- Lâminas de vidro;
- 3 caixas de petri;
- Radiômetro;
- Papéis abrasivos *carbide silicon grit p1200*;
- Taça do sistema de polimento *Enhance, Dentsply sirona*;
- Pipeta graduada (10 mL) e Pompete;
- 3 tubos de ensaio;
- Estufa;
- Espectrofotômetro;
- Microscópio de força atômica.

Encontra-se descrita na tabela 1 a composição da resina composta nanoparticulada utilizada neste estudo, a resina *FiltekTM Supreme XTE Universal Restorative* (3MTM, ESPETM) (Figura 1).

Tabela 1 – Características da resina composta nanoparticulada *FiltekTM Supreme XTE Universal Restorative*

Cor	Matriz	Partículas de carga				Fabricante	Lote
		Tipo	Tamanho da partícula	Tamanho do cluster	Volume		
A1 (Body Shade)	Bis-GMA	Sílica	20 nm				
	Bis-EMA						
	UDMA	Zircónia	4 a 11 nm	0.6 a 10 µm	63,3%	3M TM	NF29014
	TEGDMA					ESPE TM , USA	
	PEGDMA	Zircónia/Sílica	4-11 nm/20 nm				



Figura 1 – Resina composta nanoparticulada *Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative*

Sobre as amostras de resina nanoparticulada, foram testados diferentes materiais de polimento que se encontram descritos na tabela 2 e representados nas figuras 2 a 5.

Tabela 2 – Sistemas de polimento

Material de Polimento	<i>Sof-Lex™ XT Finishing and Polishing Discs</i>	<i>Diatech Polishers (ShapeGuard Composite Plus)</i>	<i>DiaPolisher Paste</i>	<i>All Surface Access Diamond Polishers® (A. S.A.P.® Dailies)</i>
Tipo de instrumento	Discos flexíveis	Espiral flexível	Pasta diamantada	Espiral flexível
Partículas abrasivas	Óxido de alumínio	Diamantada	Diamantada	Diamantada
Tamanho do grão	Grosso (Laranja-escuro) 92-98 µm Médio (Laranja) 25-29 µm Fino (Laranja-claro) 16-21 µm Ultrafino (Amarelo) 2-5 µm	Rosa 32-69 µm Azul 4-8 µm	1 µm	<i>Pre-polisher (purple) 45 µm</i> <i>Final High Shine Polisher (peach) 3-6 µm</i>
Fabricante	3M™ ESPE™, Germany	Còltene/ Whaledent AG, Switzerland	GC, Japan	Clinician's Choice®, Canada
Lote	9928595	476363	2205181	2228100005



Figura 2 – Discos Sof-Lex™

Figura 3 – Diatech Polishers
(ShapeGuard Composite Plus)

Figura 4 – A.S.A.P. Dailies



Figura 5 – Pasta diamantada DiaPolisher

2. Preparação das amostras

Foram confeccionados 9 discos de resina composta nanoparticulada *Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative* com 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura com recurso a um molde metálico com as referidas dimensões, duas matrizes de acetato e duas lâminas de vidro, que se sequenciaram, de baixo para cima, da seguinte forma: lâmina de vidro (1º), matriz de acetato (2º), molde metálico com resina composta (3º), matriz de acetato (4º) e lâmina de vidro (5º).



Figura 6 – Molde metálico (10 mm x 2 mm)

Sobre a primeira lâmina de vidro e matriz de acetato, a resina composta foi compactada com uma espátula angulada no interior do molde (Figuras 9-10). Sobre ela, colocou-se a segunda matriz de acetato e, por fim, a lâmina de vidro com o intuito de nivelar a superfície da amostra (Figuras 11-12).

A fotopolimerização foi realizada com o fotopolimerizador *EliparTM DeepCure-S* (Figura 8) diretamente sobre a matriz de acetato, no centro da amostra, em ambos os lados durante 20 s, com uma intensidade variável entre 800 e 900 mW/cm², acima dos 550 mW/cm², o valor recomendado pelo fabricante (Figuras 13-16). A intensidade LED foi controlada ao longo da preparação das amostras, a cada 3 utilizações com o radiômetro *Curing Radiometer Model 100* (Figura 7).



Figura 7 – Radiômetro *Curing Radiometer Model 100*



Figura 8 – Fotopolimerizador *EliparTM DeepCure-S*

2.1. Etapas da preparação das amostras

As etapas da preparação das amostras encontram-se ilustradas nas figuras 9 a 17. Uma vez obtidas estas amostras, foram depositadas no interior de uma caixa de petri (Figura 17).

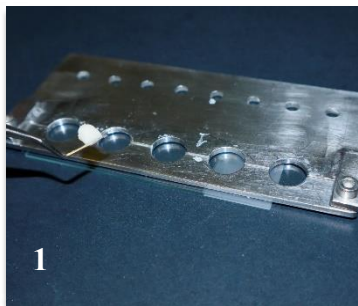


Figura 9 – Resina composta em incrementos no interior do molde metálico, sobre placa de vidro e matriz de acetato



Figura 10 – Compactação da resina composta com espátula angulada

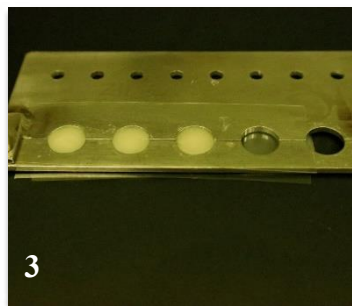


Figura 11 – Colocação da matriz de acetato

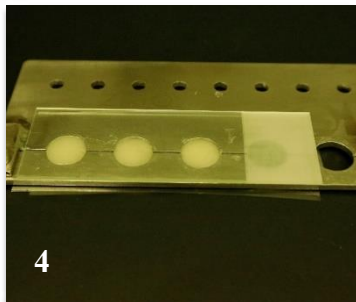


Figura 12 – Colocação da placa de vidro



Figura 13 – Medição da intensidade LED com o radiômetro

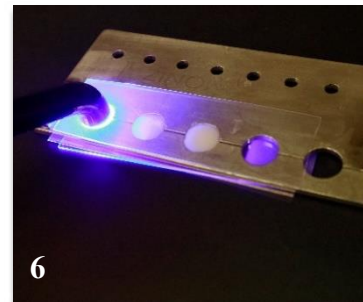


Figura 14 – Fotopolimerização do lado superior de 3 amostras sobre a matriz de acetato



Figura 15 – Medição da intensidade LED com o radiômetro

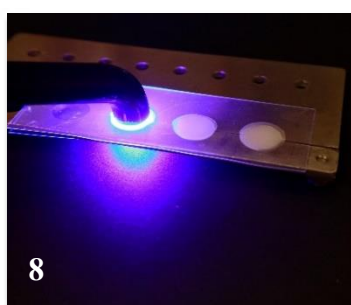


Figura 16 – Fotopolimerização do lado inferior de 3 amostras sobre a matriz de acetato



Figura 17 – 9 amostras de resina composta

3. Acabamento

Assim que se obteve as 9 amostras de resina composta, foi simulado o acabamento com papel abrasivo de grão p1200 no centro da amostra (Figura 18). Sobre cada disco, a simulação foi realizada com uma nova porção de papel abrasivo (Dennis et al., 2021).



Figura 18 – Papel abrasivo grão p1200

4. Polimento

Após o acabamento, as amostras de resina composta foram distribuídas aleatoriamente por 3 protocolos de polimento descritos na tabela 3, seguindo as instruções do fabricante e tendo por base a investigação de Dennis et al. (2021), a partir da qual se executaram os protocolos SPD e SGC.

Tabela 3 – Protocolos de polimento

	Protocolo SPD	Protocolo SGC	Protocolo ASAP
	<i>Sof-Lex + DiaPolisher Paste</i>	<i>Diatech Polishers (ShapeGuard Composite Plus)</i>	<i>A.S.A.P. Dailies</i>
Protocolos de polimento	1º <i>Sof-Lex™</i> XT grão grosso (vermelho);	1º <i>Diatech™ ShapeGuard Spiral Wheel</i> (Rosa);	1º <i>A.S.A.P. Dailies Pre-polisher</i> (Roxo);
	2º <i>Sof-Lex™</i> XT grão médio (laranja-escuro);	2º <i>Diatech™ ShapeGuard Spiral Wheel</i> (Azul).	2º <i>A.S.A.P. Dailies Final high shine polisher</i> (Rosa).
	3º <i>Sof-Lex™</i> XT grão fino (laranja-claro);		
	4º <i>Sof-Lex™</i> XT grão ultrafino (amarelo);		
	5º Pasta diamantada <i>DiaPolisher</i>		

Todos os sistemas de polimento foram realizados com o mesmo contra-ângulo, *Apple Dental*, pelo mesmo operador e cada disco foi usado somente uma vez, não tendo sido nenhum deles reutilizado. Contudo, as rotações por minuto (rpm) não puderam ser quantificadas com precisão devido à falta de meios de medição.

A denominação das amostras foi definida com base no nome do protocolo a que foram submetidas e na atribuição aleatória de um número de 1 a 3 e a letra “P” de polimento: SPD1_P, SPD2_P, SPD3_P, SGC1_P, SGC2_P, SGC3_P, ASAP1_P, ASAP2_P, ASAP3_P.

As duas únicas amostras cuja face oposta ao polimento referenciou o acabamento (A) e a superfície polimerizada contra uma matriz de acetato (MA), sem acabamento e polimento, denominam-se por SGC1_A e SGC2_MA, respetivamente.

4.1. Protocolo SPD

O protocolo SPD realizado nesta investigação seguiu o protocolo do estudo realizado por Dennis et al. (2021).

Em primeiro lugar, foram utilizados os discos *Sof-Lex XT* sequencialmente do mais abrasivo (grão grosso) para o menos abrasivo (grão ultrafino) sem água. Após cada utilização, lavou-se com água e secou-se com o auxílio de *sani-tip* para a remoção de detritos. As rpm diferiram entre os discos, aplicando-se uma velocidade média nos discos de grão grosso e grão médio e alta velocidade nos discos de grão fino e ultrafino, como consta nas instruções do fabricante (Figuras 19-34).

Após o polimento com os discos, foi aplicada a pasta de polimento *DiaPolisher* a uma velocidade moderada. De seguida, lavou-se e secou-se, de acordo com as instruções do fabricante.



Figura 19 – Disco *Sof-Lex™* XT grão grosso (vista de perfil)



Figura 20 – Disco *Sof-Lex™* XT grão grosso (vista angularada)



Figura 21 – Disco *Sof-Lex™* XT grão grosso (1º passo)

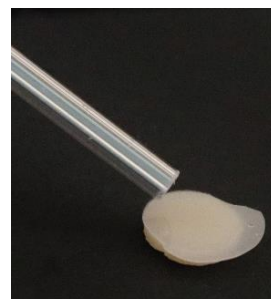


Figura 22 – Lavar e secar com *sani-tip*



Figura 23 – Disco Sof-Lex™ XT grão médio (vista de perfil)



Figura 24 – Disco Sof-Lex™ XT grão médio (vista angulada)

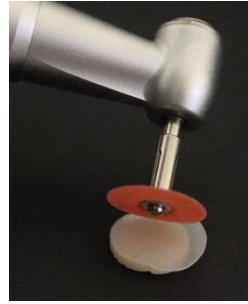


Figura 25 – Disco Sof-Lex™ XT grão médio (2º passo)



Figura 26 – Lavar e secar com *sani-tip*



Figura 27 – Disco Sof-Lex™ XT grão fino (vista de perfil)



Figura 28 – Disco Sof-Lex™ XT grão fino (vista angulada)

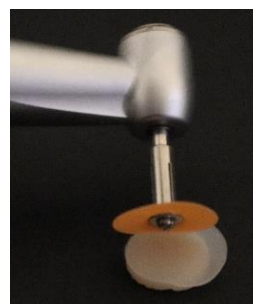


Figura 29 – Disco Sof-Lex™ XT grão fino (3º passo)

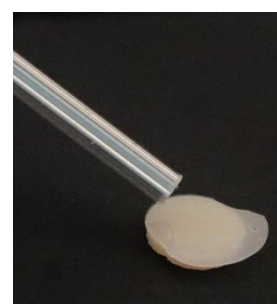


Figura 30 – Lavar e secar com *sani-tip*



Figura 31 – Disco Sof-Lex™ XT grão ultrafino (vista de perfil)



Figura 32 – Disco Sof-Lex™ XT grão ultrafino (vista angulada)



Figura 33 – Disco Sof-Lex™ XT grão ultrafino (4º passo)



Figura 34 – Lavar e secar com *sani-tip*

4.2. Protocolo SGC

O protocolo SGC, também foi efetuado no protocolo apresentado no estudo de Dennis et al. (2021) (Figuras 35-40).

Neste sistema de polimento de dois passos, ambos os discos *Diatech ShapeGuard* foram utilizados com água, primeiramente o disco rosa e de seguida o disco azul, a uma pressão reduzida e constante, segundo as instruções do fabricante.



Figura 35 – Disco
Diatech™ Shapeguard
Spiral Wheel Rosa
(vista de perfil)



Figura 36 – Disco
Diatech™ Shapeguard
Spiral Wheel Rosa
(vista angulada)

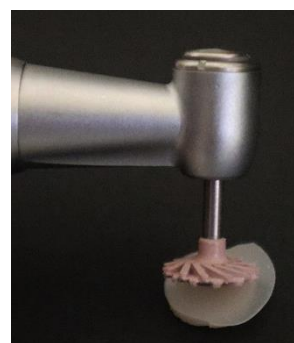


Figura 37 – Disco
Diatech™ Shapeguard
Spiral Wheel Rosa (1º
passo)



Figura 38 – Disco
Diatech™ Shapeguard
Spiral Wheel Azul
(vista de perfil)



Figura 39 – Disco
Diatech™ Shapeguard
Spiral Wheel Azul
(vista angulada)



Figura 40 – Disco
Diatech™ Shapeguard
Spiral Wheel Azul (2º
passo)

4.3. Protocolo ASAP

O novo protocolo de polimento a ser avaliado na presente investigação, ASAP, correspondente aos discos A.S.A.P. *Dailies*, foi executado, em primeiro lugar com o disco *Pre-polisher* roxo, e em segundo lugar, o disco *Final high shine polisher*, com recurso a água de modo intermitente, de acordo com as instruções do fabricante (Figuras 41- 46).



Figura 41 – Disco A.S.A.P. *Dailies Pre-polisher* (vista de perfil)



Figura 42 – Disco A.S.A.P. *Dailies Pre-polisher* (vista angularada)



Figura 43 – Disco A.S.A.P. *Dailies Pre-polisher* (1º passo)



Figura 44 – Disco A.S.A.P. *Final high shine polisher* (vista de perfil)



Figura 45 – Disco A.S.A.P. *Final high shine polisher* (vista angularada)



Figura 46 – Disco A.S.A.P. *Final high shine polisher* (2º passo)

5. Metodologia de avaliação da rugosidade de superfície

A avaliação da rugosidade de superfície das amostras de resina composta foi realizada com o microscópio de força atômica TT AFM *Workshop* no departamento de química da Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa (Figuras 47 e 48).



Figura 47 – Microscópio de Força Atômica



Figura 48 – Amostra a ser analisada no microscópio de força atômica

Em primeiro lugar, avaliou-se a rugosidade de superfície dos discos que continham a referência de acabamento (SGC1_A) e da face ideal de polimento fotopolimerizada contra a matriz de acetato (SGC2_MA). Estas referências encontravam-se na face oposta à face sujeita ao polimento pelo protocolo SGC de duas amostras (SGC1_P e SGC2_P), tendo sido efetuado o registo dos mesmos. De seguida, mediu-se a rugosidade de superfície da face dos 9 discos de resina composta sujeita a um dos três sistemas de polimento.

Todas as imagens obtidas, dimensionais e tridimensionais, resultam da seleção aleatória de uma determinada região da amostra. Cada uma delas apresenta uma dimensão de 40 x 40 μm , numa resolução de 512 x 512 pixels e foram individualmente divididas em 16 imagens, das quais se obtiveram as respetivas medições da rugosidade de superfície, tendo sido reunidas na totalidade dos 9 discos, 176 medições, das quais 144 são referentes ao polimento, 16 medições referem-se à amostra SGC1_A e 16 medições à amostra SGC2_MA. Estes dados foram obtidos através do programa *Gwyddion*, versão 2.62.

Registaram-se diferentes parâmetros de rugosidade, nomeadamente a média aritmética de rugosidade (S_a), pico máximo de altura da superfície (S_p) e profundidade máxima do vale de superfície (S_v), alguns dos valores registados no protocolo realizado por Dennis et al. (2021).

6. Metodologia de avaliação da estabilidade da cor

A estabilidade da cor das amostras de resina composta foi avaliada em duas fases com recurso ao espectrofotómetro *Spectrometer Flex STD UV/Vis/NIR, Sarspec*, lâmpada *DWHP* e *Light scan, spectroscopy software* no Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM) (Figura 49).



Figura 49 – Espectrofotómetro

A primeira medição foi realizada previamente à imersão das amostras em vinho tinto e a segunda após a imersão das mesmas neste meio de coloração.

Antes da análise da cor, cada amostra foi envolvida por uma tira de *teflon* nas faces oposta e laterais ao polimento para permitir a total reflexão da luz emitida pela fibra ótica do espectrofotômetro e, deste modo, evitar a passagem da luz pela mesma devido à translucidez que apresenta (Figura 51).

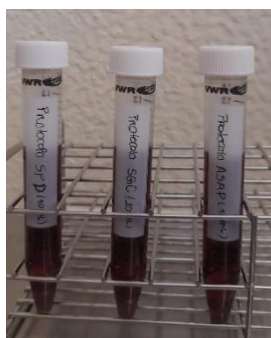


Figura 50 – Amostras imersas em vinho tinto
Casal da Eira



Figura 51 – Amostra envolvida por *teflon*

De seguida, todas as amostras foram analisadas pelo espectrofotômetro num ângulo de 90° (Figura 52). Uma vez registados os valores de L^* , a^* , b^* , as amostras foram colocadas em tubos de ensaio com 10 mL de vinho tinto *Casal da Eira*, 11% vol., 24h, por 7 dias numa estufa a 37°C sob constante agitação (Figuras 50 e 53).



Figura 52 – Amostra para análise a 90°



Figura 53 – Amostras submersas em vinho tinto na estufa

O meio de coloração foi renovado diariamente durante 7 dias e, após este período, foi sujeito a uma nova avaliação da cor com o espectrofotômetro, tal como descrito no estudo de Paolone et al. (2022).

7. Análise estatística

Finalizado o protocolo experimental, foi realizada a análise estatística no programa *IBM SPSS Statistics 28*, através dos testes *ANOVA Oneway*, *Post Hoc Tukey HSD* e *t de Student* para uma amostra com base nos dados obtidos da medição dos parâmetros de rugosidade de superfície (S_a , S_p e S_v) e variação da cor após o polimento e a imersão das amostras de resina composta em vinho tinto. O cálculo do valor de correlação de *Spearman* foi realizado para perceber se existe correlação ou não entre a rugosidade de superfície e a variação da cor da resina composta nanoparticulada no presente estudo.

IV. RESULTADOS

1. Rugosidade de superfície

Após a análise da rugosidade de superfície das amostras pelo microscópio de força atômica, obtiveram-se imagens bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D), correspondentes a uma área de $40 \times 40 \mu\text{m}$, numa resolução de 512×512 pixels.

A superfície observada nas amostras de referência SGC2_MA e SGC1_A encontram-se ilustradas nas figuras 54-57.

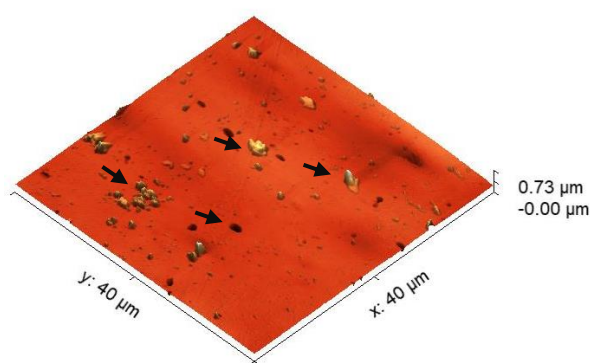


Figura 54 – Imagem AFM da amostra SGC2_MA (3D)

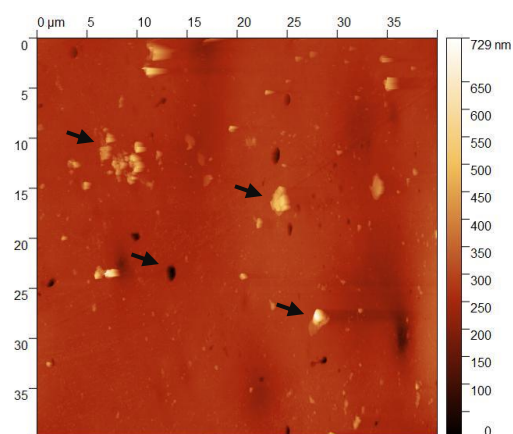


Figura 55 – Imagem AFM da amostra SGC2_MA (2D)

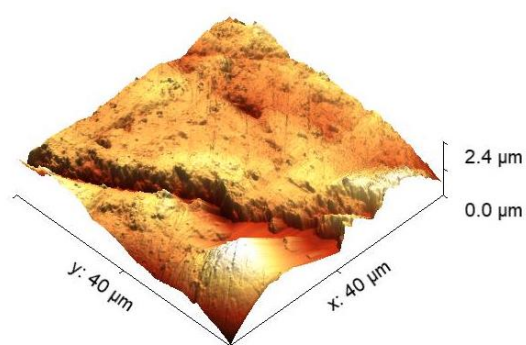


Figura 56 – Imagem AFM da referência de acabamento da amostra SGC1_A (3D)

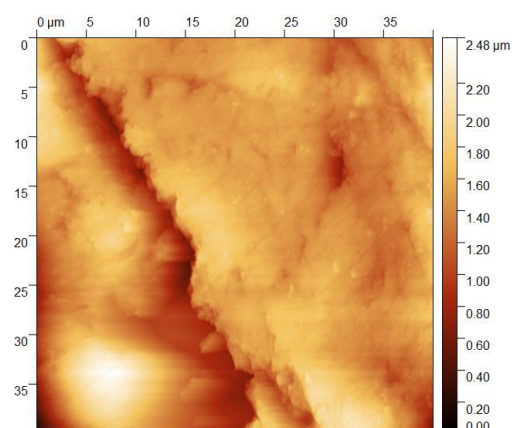


Figura 57 – Imagem AFM da referência de acabamento da amostra SGC1_A (2D)

As figuras 58-63 ilustram a superfície das amostras submetidas ao protocolo de polimento SPD.

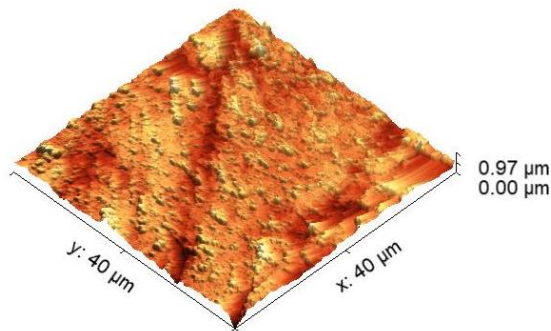


Figura 58 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD1_P (3D)

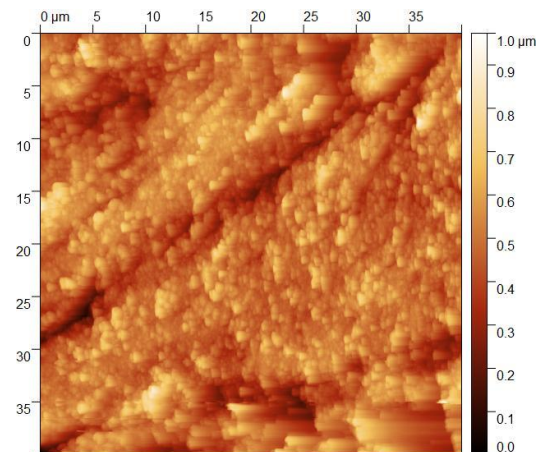


Figura 59 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD1_P (2D)

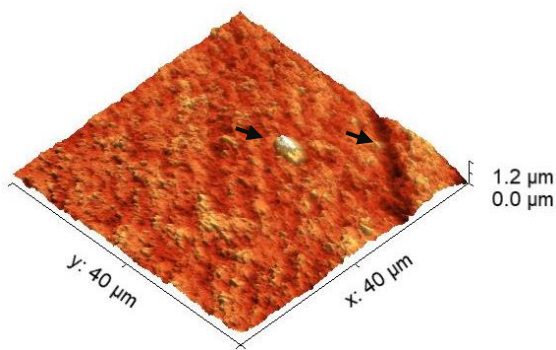


Figura 60 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD2_P (3D)

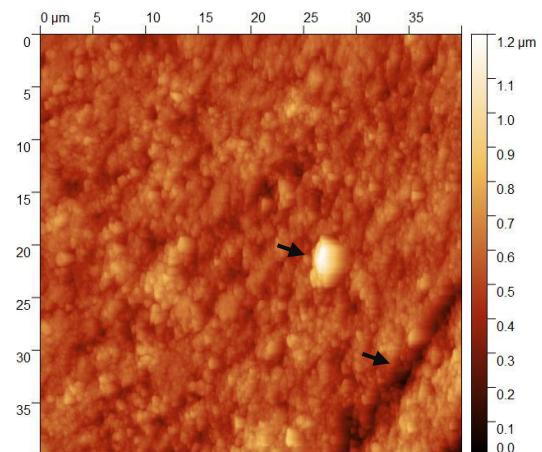


Figura 61 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD2_P (2D)

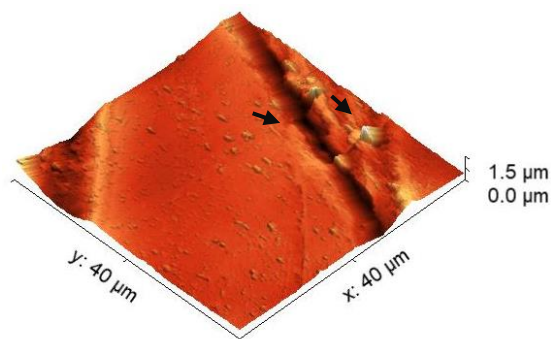


Figura 62 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD3_P (3D)

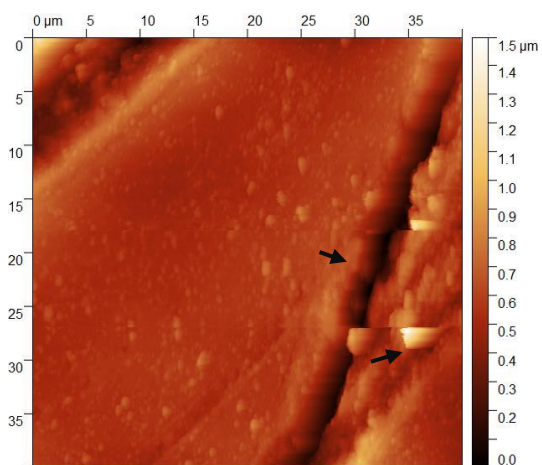


Figura 63 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SPD3_P (2D)

Nas figuras 64-69 estão representadas as imagens da superfície das amostras sujeitadas ao protocolo SGC.

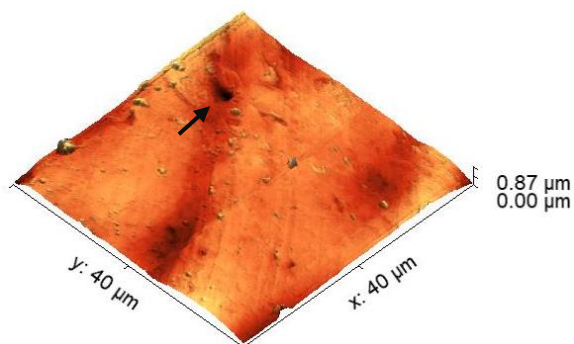


Figura 64 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC1_P (3D)

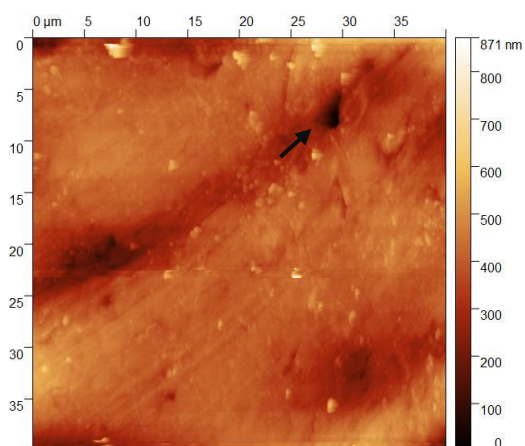


Figura 65 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC1_P (2D)

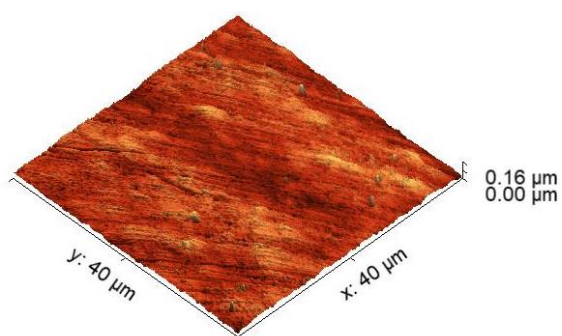


Figura 66 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC2_P (3D)

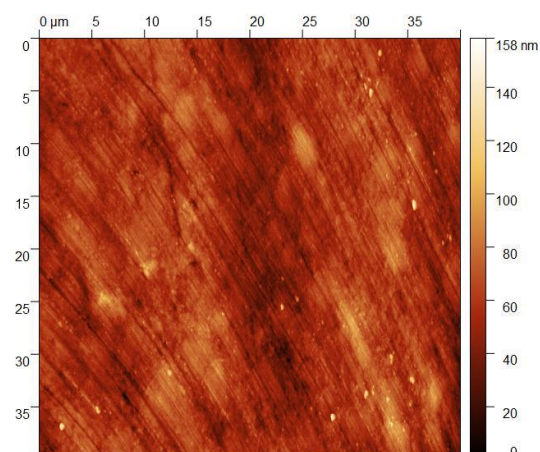


Figura 67 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC2_P (2D)

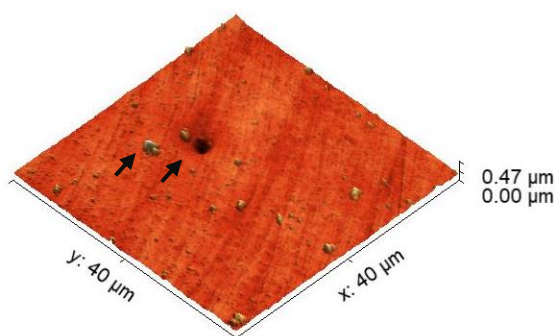


Figura 68 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC3_P (3D)

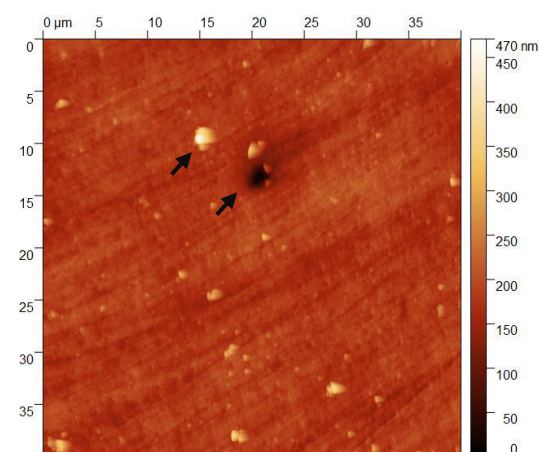


Figura 69 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra SGC3_P (2D)

A superfície das amostras submetidas ao protocolo de polimento ASAP encontra-se nas figuras 70-75.

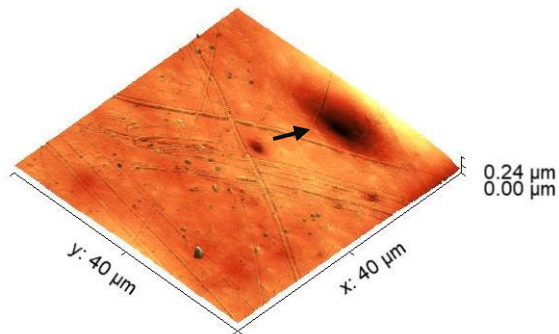


Figura 70 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP1_P (3D)

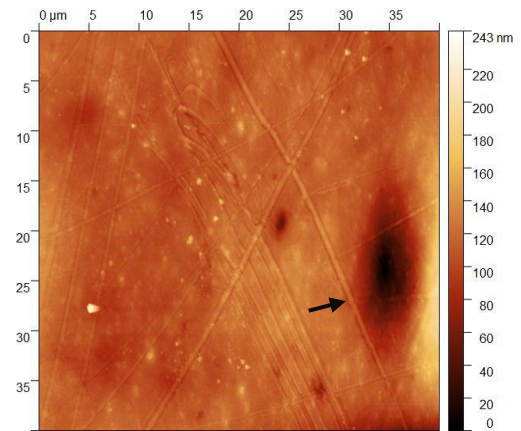


Figura 71 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP1_P (2D)

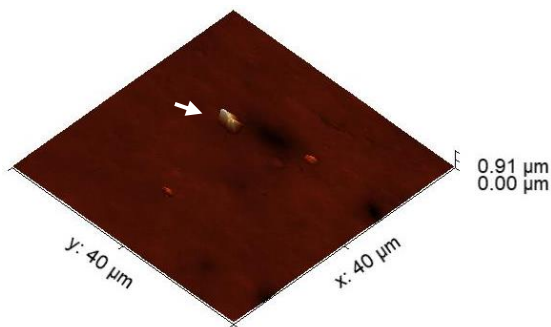


Figura 72 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP2_P (3D)

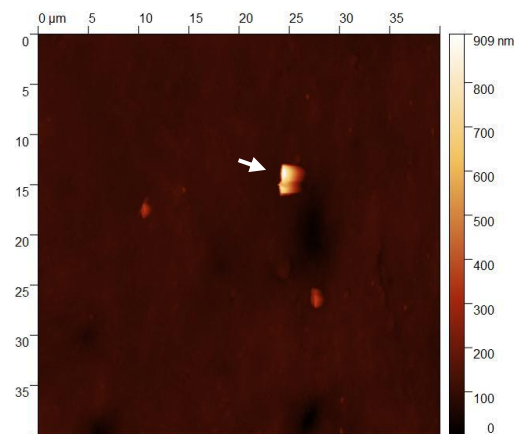


Figura 73 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP2_P (2D)

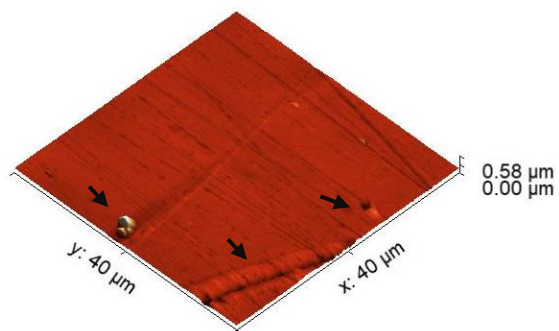


Figura 74 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP3_P (3D)

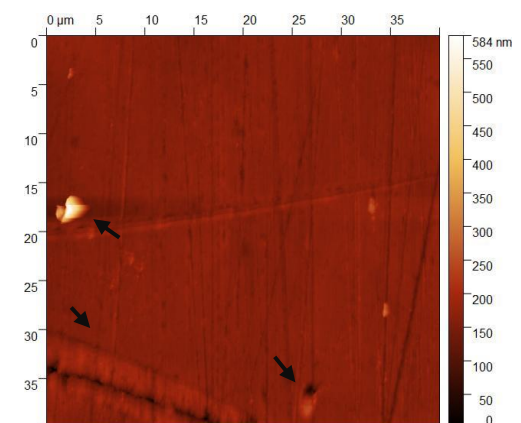


Figura 75 – Imagem AFM da superfície de polimento da amostra ASAP3_P (2D)

De cada imagem 2D obtida das diferentes amostras, registaram-se, por cada amostra, 16 medições de cada parâmetro de rugosidade: média aritmética de rugosidade (S_a), pico máximo de altura da superfície (S_p) e profundidade máxima do vale de superfície (S_v).

Foi efetuada a análise da estatística descritiva para um intervalo de confiança de 95% e nível de confiança de 5% dos parâmetros de rugosidade e registados os valores correspondentes à média, desvio-padrão, máximo e mínimo, em nm (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Média $\pm$ Desvio padrão, máximo e mínimo dos parâmetros de rugosidade S_a , S_p e S_v após a utilização dos 3 protocolos de polimento (nm)

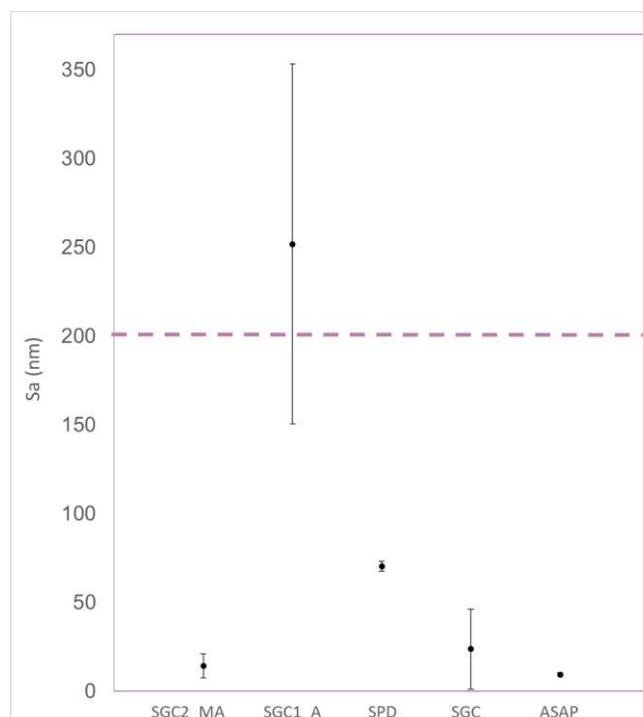
		SPD	SGC	ASAP
S_a	Média $\pm$ Desvio padrão	70,40 $\pm$ 2,99	23,77 $\pm$ 22,61	9,50 $\pm$ 0,77
	Máximo	73,29	49,83	10,27
	Mínimo	67,31	9,38	8,73
S_p	Média $\pm$ Desvio padrão	345, 80 $\pm$ 18,20	149,51 $\pm$ 96,14	89,66 $\pm$ 32,16
	Máximo	366,59	251,20	124,20
	Mínimo	332,76	60,10	60,58
S_v	Média $\pm$ Desvio padrão	273, 08 $\pm$ 4,87	104, 49 $\pm$ 93,93	49,50 $\pm$ 11,64
	Máximo	277,79	212,36	62,93
	Mínimo	268,06	40,72	42,34

Tabela 5 – Média $\pm$ Desvio padrão, máximo e mínimo dos parâmetros de rugosidade Sa, Sp e Sv das amostras SGC1_A e SGC2_MA (nm)

		SGC1_A	SGC2_MA
Sa	Média $\pm$ Desvio padrão	251,96 $\pm$ 104,80	14,36 $\pm$ 6,96
	Máximo	460	31,03
	Mínimo	66,32	5,27
Sp	Média $\pm$ Desvio padrão	621,41 $\pm$ 281,68	240,52 $\pm$ 110,93
	Máximo	1190	446,5
	Mínimo	183	64,6
Sv	Média $\pm$ Desvio padrão	805,29 $\pm$ 321,92	148,42 $\pm$ 69,26
	Máximo	1601	258,3
	Mínimo	413	50,3

O gráfico 1 apresenta a média e desvio-padrão de Sa da amostra de polimerização contra a matriz de acetato (SGC2_MA), da amostra de acabamento (SGC1_A) e de cada protocolo de polimento. O tracejado marca o valor de rugosidade de superfície a partir do qual há suscetibilidade à acumulação de bactérias ($0,2 \mu\text{m} = 200 \text{ nm}$).

Gráfico 1 – Média $\pm$ Desvio padrão do parâmetro de rugosidade S_a das amostras SGC1_A, SGC2_MA e amostras sujeitas aos diferentes protocolos de polimento



Através do teste ANOVA *Oneway*, compararam-se as médias dos parâmetros de rugosidade S_a , S_p e S_v obtidas das amostras sujeitas a cada um dos protocolos de polimento. Para todos os parâmetros de rugosidade obteve-se valor $p < 0,05$, o que significa que existe uma diferença significativa entre os valores médios de S_a , S_p e S_v dos três protocolos de polimento (Tabela 6).

Tabela 6 –Teste ANOVA *Oneway*

	Sa	Sp	Sv
Valor p	0,003	0,004	0,006

A análise dos resultados do teste *post hoc* de *Tukey HSD* permitiu inferir se existem diferenças estatisticamente significativas dos parâmetros de rugosidade entre os diferentes protocolos de polimento (Tabelas 7-9). Desta análise, verificou-se que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os protocolos SGC e ASAP em todos os parâmetros de rugosidade, existindo apenas diferenças estatisticamente significativas destes dois protocolos com o protocolo SPD.

Tabela 7 – Resultados da distribuição dos valores médios do parâmetro Sa (nm) após aplicação do Teste *Tukey HSD*

Sa	N	1	2
SGC	3	23,77	
ASAP	3	9,50	
SPD	3		70,40

Tabela 8 – Resultados da distribuição dos valores médios do parâmetro Sp (nm) após aplicação do Teste *Tukey HSD*

Sp	N	1	2
SGC	3	149,51	
ASAP	3	89,66	
SPD	3		345,80

Tabela 9 – Resultados da distribuição dos valores médios do parâmetro Sv (nm) após aplicação do Teste *Tukey HSD*

Sv	N	1	2
SGC	3	104,49	
ASAP	3	49,50	
SPD	3		273,08

Após a análise do teste t de *Student* para uma amostra que comparou os parâmetros Sa, Sp e Sv dos três protocolos de polimentos com os mesmos parâmetros na amostra SGC1_A, averiguou-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os protocolos de polimento e a amostra SGC1_A ($p < 0,05$) em todos os parâmetros de rugosidade (Tabela 10).

Tabela 10 – Teste t de *student* para uma amostra: protocolos de polimento e SGC1_A por comparação com o valor de referência de Sa = 251,96; Sp = 621,41; Sv = 805,29

Valor p	SPD	SGC	ASAP
Sa	< 0,001	0,003	< 0,001
Sp	0,001	0,014	0,001
Sv	< 0,001	0,006	< 0,001

Da comparação dos parâmetros Sa, Sp e Sv dos três protocolos de polimento com os mesmos parâmetros da amostra SGC2_MA, conclui-se que os protocolos de ASAP e SPD são estatisticamente diferentes da amostra SGC2_MA em todos os parâmetros de rugosidade ($p < 0,05$). O protocolo SGC não é estatisticamente diferente da amostra SGC2_MA para todos os parâmetros de rugosidade ($p > 0,05$) (Tabela 11).

Tabela 11 – Teste t de *student* para uma amostra: protocolos de polimento e SGC2_MA por comparação com o valor de referência de Sa = 14,36; Sp = 240,52; Sv = 148,42

Valor p	SPD	SGC	ASAP
Sa	<0,001	0,546	0,008
Sp	0,010	0,243	0,015
Sv	<0,001	0,503	0,005

2. Estabilidade da cor

A análise descritiva da variação da cor de todas as amostras foi efetuada para um intervalo de confiança de 95% e nível de confiança de 5%. Registaram-se os valores da média, desvio-padrão, máximo e mínimos (Tabela 12 e 13).

Tabela 12 – Média $\pm$ Desvio padrão, máximo e mínimo da variação da cor das amostras sujeitas a polimento

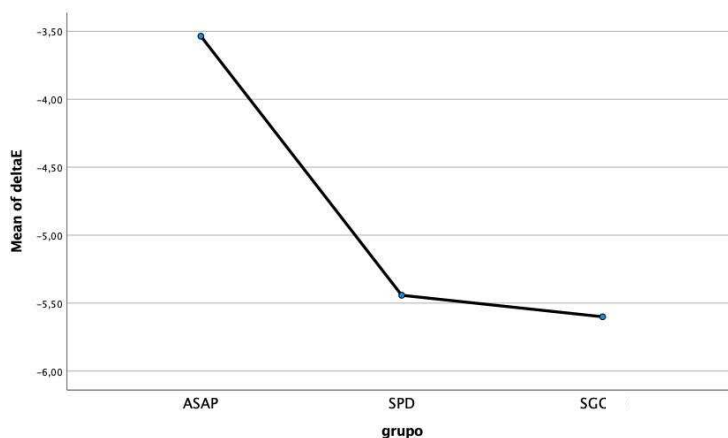
ΔE	SPD	SGC	ASAP
Média $\pm$ Desvio-padrão	-5,44 $\pm$ 4,77	-5,60 $\pm$ 0,31	-3,54 $\pm$ 7,90
Máximo	- 0,02	-5,38	1,75
Mínimo	-8,98	-5,96	-12,62

Tabela 13 –Variação da cor das amostras de referência de acabamento (SGC1_A) e polimerização contra matriz de acetato (SGC2_MA)

	SGC1_A	SGC2_MA
ΔE	50,26	30,75

Através da média da variação da cor de cada protocolo de polimento, obteve-se o gráfico 2.

Gráfico 2 – Média da variação da cor nos 3 sistemas de polimento



O teste ANOVA *Oneway* permitiu comparar a médias de ΔE dos três sistemas de polimento entre si e o valor p obtido foi de 0,873. Logo, não existem diferenças estatisticamente significativas de ΔE entre os três sistemas de polimento.

Foi realizado o Teste t de *Student* para uma amostra para comparar as médias da variação da cor dos diferentes sistemas de polimento com a média da variação da cor das amostras SGC1_A e SGC2_MA. Os valores do teste t de *Student* obtidos encontram-se descritos nas tabelas 14 e 15.

Tabela 14 – Teste t de *student* para uma amostra: protocolos de polimento e SGC1_A por comparação com o valor de referência $\Delta E = -22,06$

ΔE	SPD	SGC	ASAP
Valor p	0,026	<0,001	0,056

Da comparação de cada protocolo de polimento com a amostra de acabamento, obteve-se valor $p < 0,05$ para os protocolos SPD e SGC e $p > 0,05$ para o protocolo ASAP. Logo, existem diferenças estatisticamente significativas de ΔE para os protocolos SPD e o SGC face ao acabamento e não existem diferenças significativas com o protocolo ASAP (Tabela 14).

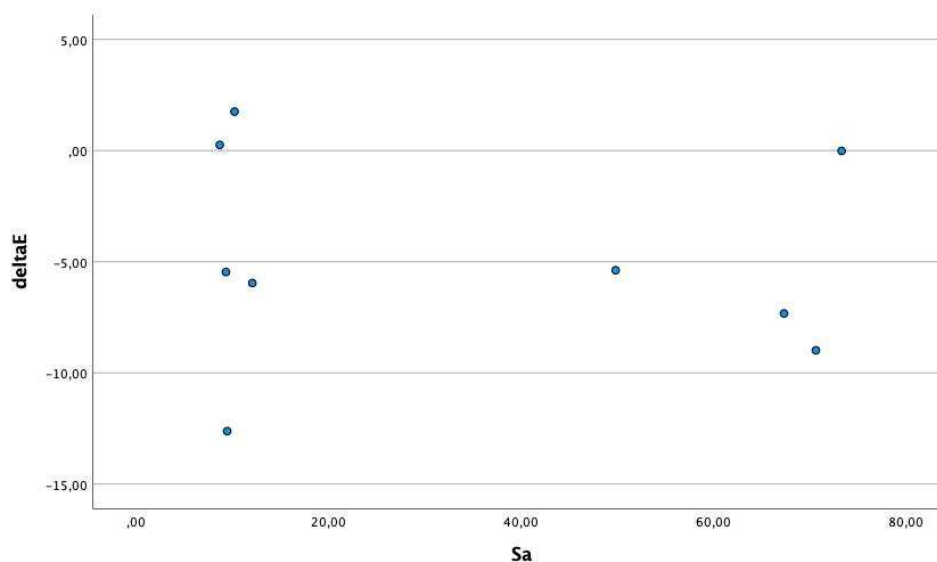
Tabela 15 – Teste t de *student* para uma amostra: protocolos de polimento e SGC2_MA por comparação com o valor de referência $\Delta E = -0,19$

ΔE	SPD	SGC	ASAP
Valor p	0,197	0,001	0,539

Comparando cada protocolo de polimento com a amostra SGC2_MA, verificou-se que os protocolos SPD e ASAP apresentaram valor $p > 0,05$ e o protocolo SGC apresentou valor $p < 0,05$. Isto significa que existem diferenças estatisticamente significativas de ΔE do protocolo SGC face à amostra de matriz de acetato, mas não existem diferenças estatisticamente significativas de ΔE dos protocolos SPD e ASAP face à amostra de matriz de acetato (Tabela 15).

Foi calculado o coeficiente de Correlação de *Spearman* para averiguar se existe ou não correlação entre a média de rugosidade de superfície (Sa) e a variação de cor (ΔE) no presente estudo.

Gráfico 3 – Correlação de *Spearman* entre Sa e ΔE



O valor de coeficiente ρ obtido foi de **-0,2** ($p = 0,606$), o que significa que existe correlação fraca negativa, mas não significativa entre a rugosidade de superfície e a variação de cor (Gráfico 3).



Figura 76 – SGC1_A após imersão em vinho



Figura 77 – SGC2_MA após imersão em vinho

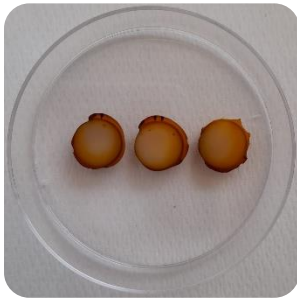


Figura 78 – Amostras sujeitas ao protocolo SPD após imersão em vinho

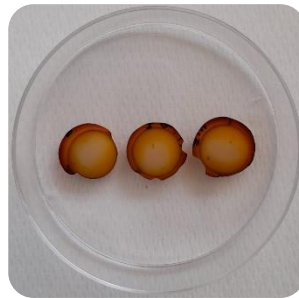


Figura 79 – Amostras sujeitas ao protocolo SGC após imersão em vinho



Figura 80 – Amostras sujeitas ao protocolo ASAP após imersão em vinho

As figuras 76-80 demonstram as amostras após a imersão em vinho tinto. Analisando macroscopicamente, as amostras sujeitas aos protocolos SPD e SGC apresentam uma menor variação de cor comparativamente às amostras submetidas ao protocolo ASAP. As amostras SGC1_A e SGC2_MA apresentam maiores variações de cor.

V. DISCUSSÃO

Após a análise do teste ANOVA *Oneway* para a rugosidade de superfície, a hipótese nula 3 foi rejeitada, uma vez que indicou existir diferenças estatisticamente significativas entre os valores médios de S_a dos três protocolos de polimento ($p < 0,05$; $p = 0,003$) (Tabela 6). O protocolo SPD é estatisticamente diferente dos protocolos SGC e ASAP, por apresentar um valor superior de S_a , ou seja, resultou numa superfície mais rugosa. Os protocolos SGC e ASAP não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si (Tabela 7).

Após a comparação da média do parâmetro S_a do protocolo ASAP com S_a da amostra ideal de polimento, SGC2_MA, pelo teste t de *Student* obteve-se valor $p < 0,05$ ($p = 0,008$). Logo a hipótese nula 1 foi rejeitada, pelo que o novo sistema de polimento ASAP influencia a rugosidade de superfície da resina composta nanoparticulada (Tabela 11).

Relativamente à variação da cor, segundo o teste ANOVA *Oneway*, não existem diferenças estatisticamente significativas na estabilidade da cor entre o uso de diferentes sistemas de polimento na resina composta nanoparticulada ($p > 0,05$; $p = 0,873$), por isso, a hipótese nula 4 é aceite. Porém, as amostras sujeitas ao protocolo ASAP tiveram uma maior variação da cor, comparativamente às amostras submetidas aos protocolos SPD e SGC (Gráfico 2).

Da comparação do novo sistema de polimento ASAP com a amostra SGC2_MA que representa o polimento ideal através do teste t de *Student*, obteve-se valor $p > 0,05$ ($p = 0,539$). Logo, a hipótese nula 2 é aceite, ou seja, o novo sistema de polimento não influencia a estabilidade da cor da resina composta nanoparticulada (Tabela 15).

Os protocolos de polimento aplicados foram efetuados tendo em consideração algumas precauções, nomeadamente: descartar os discos de polimento após cada utilização, o uso do mesmo contra-ângulo para todos os protocolos, efetuados pelo mesmo operador e respeitando as instruções do fabricante. Porém, devido à carência de meios de medição das rpm, deverão ter ocorrido variações neste valor entre as amostras num mesmo

protocolo de polimento, o que pode explicar as imagens diferentes obtidas principalmente no protocolo SPD (Figuras 58-63).

A análise da rugosidade de superfície foi realizada por AFM, permitindo uma visualização precisa da topografia de superfície com uma alta resolução comparativamente ao profilômetro, mas abrange uma área menor. Portanto, a rugosidade de superfície medida pelo AFM é somente representativa do local observado e não de toda a amostra, podendo nem representar a rugosidade de toda a superfície sujeita ao polimento do presente estudo, pelo que se trata de uma limitação (Janus et al., 2010). Foram registados diferentes parâmetros de rugosidade (S_a , S_p e S_v) para uma melhor representação do efeito de cada protocolo de polimento e não somente a média aritmética R_a , um parâmetro comumente medido em estudos idênticos (Dennis et al., 2021).

As amostras confeccionadas apresentavam 2 mm de espessura, 10 mm de diâmetro, mas com um aro de excesso de resina composta e foram armazenadas no interior de caixas de Petri por protocolo de polimento sem qualquer tipo de fixação. Contudo, este armazenamento trouxe implicações na observação por AFM, através da qual se verificou a presença de detritos na superfície de certas amostras (Figuras 60, 61, 62, 63, 68, 69, 72-75), particularmente na amostra de referência de matriz de acetato (SGC2_MA) (Figura 54 e 55) possivelmente devido ao facto das amostras não terem ficado imóveis no interior do recipiente, tendo ocorrido pequenas fraturas do excesso com as deslocções ao longo do tempo ou devido ao facto de as amostras não terem sido colocadas em água destilada como sucede em muitos estudos (Choi et al., 2005; Gönülol e Yilmaz, 2012; Zhang et al., 2021). Isto pode ter contribuído para o aumento da rugosidade de superfície, salientando, assim, a necessidade de um protocolo para o correto armazenamento e limpeza das amostras para evitar a distorção de resultados nas investigações futuras.

Estas condições de armazenamento traduziram-se, essencialmente, nos resultados de rugosidade de superfície da amostra SGC2_MA, por apresentar valores contrários aos que seriam expectáveis, pois o protocolo ASAP apresentou um valor médio de S_a e dos restantes parâmetros de rugosidade ($S_a = 9,50$ nm; $S_p = 89,66$; $S_v = 49,50$) inferiores aos mesmos parâmetros da amostra SGC2_MA, a referência de superfície mais suave da maioria das restaurações diretas que é obtida por polimerização da resina composta contra uma tira de matriz ($S_a = 14,36$ nm; $S_p = 240,52$ nm; $S_v = 148,42$ nm) (Senawongse &

Pongprueksa, 2007; Avsar et al., 2015). Contudo, o valor S_a da amostra SGC2_MA, a superfície não polida do presente estudo, é menos rugosa do que as superfícies polidas com os protocolos SPD e SGC.

Através do teste t de *Student* foi possível comparar os parâmetros de rugosidade da amostra SGC2_MA com as amostras sujeitas ao protocolo ASAP. Concluiu-se que para todos os parâmetros de rugosidade, SGC2_MA e o protocolo ASAP são estatisticamente diferentes entre si. Por isso, o novo sistema de polimento influencia a rugosidade de superfície ($p < 0,05$) (Tabela 11).

Relativamente à comparação da amostra SGC2_MA com os restantes protocolos de polimento através do teste t de *Student*, para todos os parâmetros de rugosidade, esta amostra de referência não apresentou diferenças estatisticamente significativas com o protocolo SGC ($p > 0,05$), mas apresentou diferenças com o protocolo SPD, possivelmente devido à maior rugosidade associada a este protocolo ($p < 0,05$) (Tabela 11).

Janus et al. (2010) apuraram que os valores mais baixos de rugosidade obtidos por AFM foram das amostras polimerizadas contra a matriz de acetato em todas as resinas compostas avaliadas, incluindo as nanoparticuladas *Filtek Supreme* ($n = 12$), verificando-se que as superfícies não polidas eram significativamente mais lisas do que as superfícies polidas com discos *Sof-Lex* e outro sistema de polimento avaliado. Senawongse e Pongprueksa (2007) através da análise de rugosidade pelo profilómetro, pelo contrário, verificaram que as resinas nanoparticuladas *Filtek Supreme XT* avaliadas ($n = 10$) não apresentaram diferenças significativas entre as superfícies não polidas (polimerizadas contra uma matriz de acetato) e as superfícies polidas, tendo sido o sistema *Sof-Lex* um dos protocolos avaliados.

Apesar da polimerização contra a matriz de acetato conferir superfícies menos rugosas, a etapa de acabamento é muitas vezes necessária para remover os excessos e recontornar as restaurações (Choi et al., 2005), etapa correspondente à amostra SGC1_A da presente investigação, pelo que se procedeu à avaliação de rugosidade desta amostra.

A análise da amostra SGC1_A foi realizada com o intuito de conhecer a importância que o polimento tem sobre o acabamento de uma restauração e de que forma é que cada protocolo de polimento executado neste estudo, individualmente, contribui para a redução da rugosidade de superfície.

A seleção do material a ser utilizado no acabamento foi fundamentada no estudo realizado por Dennis et al. (2021), que simulou o acabamento com papel abrasivo de grão p1200. Contudo, esta etapa foi realizada somente no centro da amostra, em movimentos em forma de “8”, a fim de obter uma rugosidade mais uniforme. Esta metodologia teve, certamente, implicações nos resultados de variação da cor das amostras, uma vez que se verificou, notavelmente, nos protocolos SPD e SGC uma menor variação da cor na área central que foi sujeita ao protocolo de polimento e apresentou maior pigmentação da periferia das mesmas amostras (Figuras 78 e 79). No entanto, este fenómeno é sustentado pela literatura, uma vez que comprova que superfícies polidas contribuem para uma menor pigmentação da resina composta (Avsar et al., 2015).

Partindo do pressuposto que os valores de SGC1_A são um valor aproximado do que terá sido a etapa de acabamento efetuada em todas as amostras previamente ao polimento, a transição destes valores para os resultados obtidos da rugosidade de superfície dos diferentes protocolos de polimento reduzem abruptamente, transitando do valor médio de Sa de acabamento de 251,96 nm para Sa = 70,40 nm no protocolo SPD, Sa = 23,77 nm no protocolo SGC e Sa = 9,50 nm no protocolo ASAP, bem como a média dos diferentes parâmetros de rugosidade (Tabelas 4 e 5). Este resultado também se confirmou no estudo de Zhang et al. (2021), uma vez que a rugosidade de superfície de todas as resinas compostas avaliadas aumentou com o acabamento e diminuiu depois do polimento. Isto confirma a necessidade do polimento das restaurações para minimizar a acumulação de placa bacteriana, irritação gengival, pigmentação de superfície, pois a etapa de acabamento por si só apresenta valores de rugosidade superiores ao valor de rugosidade aceitável numa restauração = 200 nm = 0,2 µm (Gráfico 1) (Avsar et al., 2015; Aytac et al., 2016).

Esta apreciação é apoiada pela análise do teste t de *Student*, através do qual foi possível comparar os parâmetros Sa, Sp e Sv dos diferentes sistemas de polimento com os respetivos parâmetros na amostra SGC1_A e verificou-se que existem diferenças

estatisticamente significativas entre os três protocolos de polimento e a amostra SGC1_A em todos os parâmetros de rugosidade ($p < 0,05$) (Tabela 10).

Sobre a superfície de algumas amostras, verificaram-se defeitos residuais, como cavidades (Figuras 54, 55, 64, 65, 68-71, 74 e 75) e riscas (Figuras 60-63, 74 e 75) provocadas pela separação de partículas vítreas e por abrasivos de maior tamanho, aumentando a rugosidade de superfície. Este microrelevo, tem a sua relevância clínica, pois têm sido relatados como possíveis locais de proteção de bactérias (Janus et al., 2010). Ono et al., (2007) concluíram que o polimento da resina composta é uma etapa importante no impedimento da adesão e crescimento do biofilme sobre a mesma porque a placa bacteriana adere melhor e mais rapidamente a superfícies rugosas.

Na presente investigação, o protocolo ASAP recentemente lançado no mercado foi efetuado segundo as instruções do fabricante e demonstrou ser o sistema com menos rugosidade de superfície ($S_a = 9,50$ nm), apresentando elevações mais baixas ($S_p = 89,66$ nm) e vales menos profundos ($S_v = 49,50$ nm), comparativamente aos protocolos SPD e SGC (Tabela 4). O teste *Tukey HSD* permitiu verificar que existem diferenças estatisticamente significativas entre os protocolos ASAP e SPD. No entanto, o protocolo ASAP não é estatisticamente diferente do protocolo SGC, pelo que aceitamos parcialmente a hipótese alternativa 3.

O protocolo ASAP registou melhores resultados do que os valores obtidos no estudo de Gönülol e Yilmaz (2012) e Choi et al. (2005) após o polimento de resinas nanoparticuladas *Filtek Supreme XT Dentin* e *Translucent* com discos *Sof-Lex* e outros sistemas de polimento avaliados em cada um dos estudos. Noutros estudos, como o descrito por Janus et al. (2010), o valor médio de rugosidade obtido após o polimento de resina nanoparticulada *Filtek Supreme XT* com os discos *Sof-Lex*, é inferior ao valor ao obtido pelo protocolo ASAP, ainda que numa área de observação inferior à visualizada no presente estudo ($20\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m}$). Assim, serão necessários mais estudos para avaliar e conhecer melhor os efeitos sobre a rugosidade de superfície que este novo material de polimento tem sobre as resinas compostas, comparativamente aos sistemas de polimento que já existem.

O protocolo de polimento SPD efetuado foi baseado no estudo realizado por Dennis et al. (2021) e selecionado por ser considerado o *gold standard*. Foi efetuado pelos discos *Sof-Lex XT* e a pasta diamantada *DiaPolisher* e resultou numa superfície mais rugosa comparativamente aos restantes 2 protocolos de polimento ($Sa = 70,40$ nm), tendo apresentado valores de Sp e Sv igualmente superiores ($Sp = 345,80$ nm e $Sv = 273,08$ nm), pelo que apresenta na sua superfície elevações mais altas e vales mais profundos do que nos restantes protocolos de polimento. Estes resultados são evidentes nas figuras 3D obtidas por AFM (Figuras 58-63). No entanto, apresenta um nível de rugosidade aceitável para as restaurações, $Sa < 200$ nm (Gráfico 1).

A análise do teste *Tukey HSD* permitiu concluir que existem diferenças estatisticamente significativas entre o protocolo SPD e os restantes (Tabelas 7-9). Estes valores não vão ao encontro dos resultados obtidos nalguns estudos. Choi et al. (2005) obtiveram valores de rugosidade média de superfície após o polimento com discos *Sof-Lex* de resinas nanoparticuladas *Filtek Supreme* ($n = 5$) inferiores aos resultados obtidos no presente estudo e não diferiu dos restantes sistemas de polimento avaliados nesse mesmo estudo, pois a rugosidade de superfície não variou com os diferentes protocolos de polimento.

A utilização da pasta diamantada após a utilização dos discos *Sof-Lex* no protocolo SPD pode justificar as diferenças dos resultados obtidos no presente estudo com os resultados obtidos noutras investigações, onde não foi utilizada.

O protocolo de polimento SGC executado com o sistema de polimento *Diatech Polishers* foi igualmente fundamentado no estudo de Dennis et al. (2021) por ter apresentado os melhores resultados de polimento sobre as resinas compostas microhíbridas e nanohíbridas avaliadas no referido estudo. Este protocolo foi efetuado sob irrigação com água e apresentou uma rugosidade média inferior à rugosidade obtida pelo protocolo SPD, mas superior à do protocolo ASAP ($Sa = 23,77$ nm), verificando-se o mesmo nos parâmetros Sp e Sv (Tabela 4), considerando-se, portanto, ainda abaixo do valor de rugosidade de superfície aceitável nas restaurações estéticas ($Sa < 200$ nm).

Dennis et al. (2021) obtiveram melhores resultados de polimento com discos com partículas diamantadas incorporadas na sua composição, nomeadamente *Diatech ShapeGuard* em resina nanohíbrida, assim como Wheeler et al. (2020) que obteve

superfícies mais suaves quando efetuado o polimento com o sistema *Diatech ShapeGuard*, mas em resina híbrida. Em ambas as investigações, o valor de rugosidade obtido por este sistema ronda os 0,09-0,22 μm . Elmarsafy et al. (2023) avaliaram também o efeito dos discos *Diatech ShapeGuard* sobre resinas nanoparticuladas *Filtek Supreme XT* ($n = 15$) e obtiveram o valor médio de 0,211 μm (21,1 nm), próximo do valor de S_a obtido para o protocolo SGC no presente estudo. Estes resultados sugerem que as superfícies mais suaves podem ser conseguidas com a utilização de sistemas de polimento com partículas abrasivas diamantadas e pastas diamantadas, pois melhoram a redução da rugosidade de superfície (Aytac et al., 2016; Dennis et al., 2021; Elmarsafy et al., 2023). No entanto, são necessários mais estudos para comparar sistemas de polimento impregnados com partículas de óxido de alumínio e com partículas diamantadas para poder fundamentar esta conclusão.

A flexibilidade do material, a dureza dos abrasivos, a geometria do instrumento e o modo de utilização influenciam a rugosidade de superfície das resinas compostas. A dureza do material de polimento deve ser superior à dureza das partículas de carga das resinas compostas e capaz de alcançar uma redução uniforme tanto da matriz de resina como das partículas de carga, pois caso contrário, os abrasivos removem somente a matriz de resina e deixam as partículas mais expostas à superfície (Choi et al., 2005; Elmarsafy et al., 2023).

Os discos *Sof-Lex* apresentam na sua composição partículas abrasivas de óxido de alumínio. Em muitos estudos já realizados, concluiu-se que os discos de óxido de alumínio são os que conferiram menores valores de rugosidade de superfície, como o estudo de Barbosa et al. (2005) que considera que estes poderão ser considerados os materiais de eleição de polimento de compósitos (Gönülol & Yilmaz, 2012). Quanto às partículas diamantadas, devido à dureza que apresentam, podem produzir superfícies mais suaves do que partículas de alumínio (Elmarsafy et al., 2023).

A dureza das partículas de óxido de alumínio é superior à dureza da maioria das partículas de carga contidas na composição das resinas compostas e, por isso, são capazes de remover quantidades idênticas de partículas inorgânicas e de matriz de resina, formando superfícies suaves (Dennis et al. 2021) e, no caso das resinas nanoparticuladas, os

agregados de partículas são clivados nas suas partículas primárias durante o polimento (Choi et al., 2005; Janus et al., 2010).

Gönülol e Yilmaz (2012) verificaram que os discos *Sof-Lex* impregnados com partículas de óxido de alumínio, sem pasta diamantada, originaram as superfícies menos rugosas para os diferentes tipos de resina composta avaliados, incluindo a resina nanoparticulada, tendo obtido valores muito inferiores aos resultados obtidos pelo protocolo SPD no presente estudo. Outros estudos registaram valores de rugosidade compreendidos entre 0,125-0,260 μm para *Filtek Supreme* com discos com partículas de óxido de alumínio (Janus et al., 2010), valores inferiores à rugosidade obtida pelo protocolo SPD realizada no presente estudo ($S_a = 70,40 \text{ nm}$) que, no entanto, encontra-se abaixo do limite de rugosidade considerado aceitável para as restaurações com resina composta.

A presente investigação não coincide com os resultados de alguns estudos similares descritos acima, pois os protocolos SGC e ASAP, que correspondem a discos de polimento impregnados com partículas diamantadas na sua composição, apresentaram menores valores de rugosidade ($S_a = 23,77 \text{ nm}$ e $S_a = 9,50 \text{ nm}$, respetivamente) do que o protocolo SPD. Por isso, estes valores estão em concordância com os resultados alcançados nalguns estudos, como Dennis et al. (2021) e Wheeler et al. (2020), que obtiveram superfícies mais suaves quando efetuado o polimento com o sistema *Diatech ShapeGuard* em resina composta nanohíbrida, microparticulada e híbrida, não havendo ainda estudos suficientes acerca do polimento pelos discos A.S.A.P. *Dailies*, pelo que são necessários mais investigações de sistemas de polimento com partículas diamantadas incluídas na sua composição, principalmente em resinas nanoparticuladas.

A metodologia de avaliação da estabilidade da cor adotada a partir da revisão narrativa realizada por Paolone et al. (2022) consistiu na imersão das amostras em vinho tinto, o terceiro meio de coloração mais utilizado em estudos similares (a seguir ao café e ao chá) durante 7 dias, 24h, a 37°C para simular a temperatura corporal. Este protocolo foi complementado com agitação das amostras no interior da estufa que impediu adesão das amostras entre si durante o período de coloração.

Em condições normais o consumo de vinho tinto não é permanente nem equivalente ao período de imersão adotado, pelo que este estudo *in vitro* não coincide na sua totalidade à realidade, mas pretende simular a pigmentação por vinho tinto a longo-prazo.

Variações da cor das restaurações estéticas com resultados de $\Delta E > 1$ são considerados visualmente perceptíveis e aceitáveis clinicamente até $\Delta E = 3,3$ (Türkün & Türkün, 2004). Visto que os resultados obtidos nesta investigação em todos os protocolos de polimento apresentam valores inferiores a 3.3, pois variam entre -5,44 e -3,54, são considerados clinicamente aceitáveis, tendo o protocolo SPD apresentado menor variação da cor ($\Delta E = -5,44$) e o protocolo ASAP maior variação da cor ($\Delta E = -3,54$). Do teste ANOVA *Oneway* para ΔE , verifica-se que não existem diferenças estatisticamente significativas na estabilidade da cor entre o uso dos diferentes sistemas de polimento ($p = 0,873$), logo a hipótese nula 4 foi aceite.

Considerando os valores de rugosidade de superfície obtidos por cada um dos sistemas de polimento, os resultados de ΔE contrariam o esperado, pois seria expectável que para uma superfície mais suave se verificasse uma menor variação de cor.

Do estudo de Nasim et al. (2010) era esperado que a resina nanoparticulada, por ter partículas de menor tamanho, teria também uma superfície mais suave e menos pigmentada. No entanto, verificou-se que a resina nanoparticulada avaliada apresentou uma menor estabilidade de cor comparativamente às resinas compostas microparticulada e microhíbrida. Na presente investigação, resultados coerentes com este padrão: maior variação da cor das amostras menos rugosas (protocolo ASAP) e menor coloração das amostras mais rugosas (protocolo SPD), possivelmente pode dever-se ao facto do AFM analisar somente uma parte da amostra (40 μm x 40 μm) e não analisar a amostra na sua totalidade.

Para além das amostras sujeitas ao protocolo ASAP, a amostra SGC2_MA apresenta igualmente uma superfície menos rugosa do que as amostras dos protocolos de polimento SPD e SGC. No entanto, apresentou uma variação de cor superior a todas as amostras sujeitas a qualquer um dos protocolos de polimento ($\Delta E = 30,75$). Resultados semelhantes também se verificaram noutros estudos. Reis et al. (2003) que concluíram que o comportamento da resina poderá estar relacionado com a composição da matriz e

partículas de carga e não somente da rugosidade de superfície. Ardu et al. (2018) também verificaram que a resina nanoparticulada apresentou uma maior variação da cor em vinho tinto, comparativamente a outras resinas, o que mais, uma vez, sugere que este resultado se relacione com a composição desta resina composta. Contudo, não é possível extrapolar estas conclusões para o presente estudo, pois não possui dados suficientes porque estudou-se apenas uma resina composta.

Nesta investigação, as amostras submetidas ao protocolo ASAP apresentaram uma variação da cor clinicamente aceitável. No entanto, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas com os valores elevados de ΔE das amostras SGC1_A e SGC2_MA (Tabelas 14 e 15), pelo que são necessários mais estudos para conhecer o efeito que este novo protocolo de polimento tem sobre a estabilidade da cor das resinas compostas nanoparticuladas.

A variação de cor da amostra SGC1_A foi a que apresentou uma maior variação da cor face às restantes amostras sujeitas a polimento ($\Delta E = 50,26$). Isto é conciliável com o que o está descrito na literatura que indica que superfícies mais rugosas, pigmentam mais, destacando-se, deste modo, a necessidade de um bom polimento para uma maior retenção da cor original da resina composta.

Nos protocolos SPD e SGC, as amostras apresentaram uma menor pigmentação no centro da amostra, o local de polimento. Para além disso, apresentaram diferenças de ΔE estatisticamente significativas com a amostra SGC1_A (Tabela 14), o que sugere que a rugosidade de superfície e o polimento também influenciam a estabilidade da cor (Figuras 76-80). Contudo, o cálculo do coeficiente de *Spearman* indica que a correlação existente entre S_a e ΔE no presente estudo é fraca e negativa (Gráfico 3). No estudo realizado por Choi et al. (2005), as resinas compostas polidas com sistemas de polimento com partículas de óxido de alumínio apresentaram maiores variações da cor, o que não se verificou neste estudo.

A resina composta nanoparticulada selecionada para este estudo corresponde a uma consistência *body* que normalmente é utilizada para mimetizar a opacidade e translucidez do esmalte. Tendo em conta a translucidez deste material, ou seja, a capacidade de permitir a passagem da luz, procedeu-se à colocação de um material branco, o *teflon*, que

envolveu a face oposta e as laterais do disco sujeita a análise pelo espectrofotômetro, a fim de refletir toda a luz que incidisse no material e tornar os resultados da avaliação da cor da resina composta de espessura de 2 mm mais reprodutível (Figuras 51 e 52) (Villarroel et al., 2011). Contudo, este procedimento pode ter afetado os valores obtidos da avaliação da estabilidade da cor, pois a amostra não estava devidamente adaptada ao porta-amostras do espectrofotômetro.

Para fins estatísticos, a quantidade da amostra ($n = 9$) foi igualmente uma limitação que, embora não tenha tido impacto na medição da rugosidade, refletiu-se na avaliação da estabilidade da cor, visto que só foi possível obter na totalidade somente duas medições por amostra (uma antes e uma depois da imersão em vinho tinto) numa angulação de 90°.

Da presente investigação, consideram-se necessários novos estudos para o sistema de polimento A.S.A.P. *Dailies* em amostras de maiores dimensões e mais medições por AFM numa amostra, para perceber melhor o impacto que este novo material de polimento tem na rugosidade de superfície e estabilidade da cor de resinas compostas, bem como o estudo dos diferentes materiais de polimento com partículas diamantadas com o intuito de confirmar esta tendência das partículas abrasivas diamantadas poderem ser mais eficazes na redução da rugosidade do que as partículas de óxido de alumínio, que são amplamente descritas na literatura por contribuírem para a obtenção de superfícies mais lisas. Para além disso, são necessárias mais investigações acerca da composição das resinas compostas com a finalidade de entender de que modo é que os seus componentes influenciam a estabilidade da cor após o polimento com diferentes protocolos, a fim de corresponder às exigências estéticas da atualidade.

VI. CONCLUSÃO

Concluindo, a análise e comparação dos resultados experimentais da rugosidade de superfície após a utilização dos 3 sistemas de polimento com a única referência de acabamento, confirmou que o polimento da resina composta é uma etapa essencial na redução da rugosidade de superfície após o acabamento das restaurações, contribuindo para uma superfície mais lisa, pois todos os protocolos apresentaram valores de rugosidade inferiores ao valor aceitável de $0,2\text{ }\mu\text{m}$. O novo sistema de polimento A.S.A.P. *Dailies* foi o protocolo de polimento que apresentou uma menor rugosidade de superfície.

No entanto, o impacto que a rugosidade de superfície tem na estabilidade da cor não se traduziu quanto o expectável e descrito na literatura, uma vez que o protocolo ASAP foi o que apresentou uma maior variação da cor em comparação com os restantes protocolos de polimento, embora tenha resultado numa superfície menos rugosa.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Ahn, J.-S., & Lee, Y.-K. (2008). Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 100(1), 18–28. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60129-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60129-8).
- Alzraikat, H., Burrow, M., Maghaireh, G., & Taha, N. (2018). *Nanofilled Resin Composite Properties and Clinical Performance: A Review*. 43(4), 173–190. <https://doi.org/10.2341/17-208-T>
- Aminoroaya, A., Neisiany, R. E., Khorasani, S. N., Panahi, P., Das, O., Madry, H., Cucchiarini, M., & Ramakrishna, S. (2021). A review of dental composites: Challenges, chemistry aspects, filler influences, and future insights. *Composites Part B: Engineering*, 256. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.108852>
- Ardu, S., Duc, O., Bella, E. D., Krejci, I., & Daher, R. (2018). Color stability of diferent composite resins after polishing. *Odontology*, 106(3), 328–333. <https://doi.org/10.1007/s10266-017-0337-y>
- Arregui, M., Giner, L., Ferrari, M., Vallés, M., & Mercadé, M. (2016). Six-month color change and water sorption of 9 new-generation flowable composites in 6 staining solutions. *Brazilian Oral Research*, 30(1). <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0123>
- Avsar, A., Yuzbasioglu, E., & Sarac, D. (2015). The Effect of Finishing and Polishing Techniques on the Surface Roughness and the Color of Nanocomposite Resin

- Restorative Materials. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 24(5), 881–890. <https://doi.org/10.17219/acem/23971>
- Aytac, F., Karaarslan, E. S., 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. <https://doi.org/10.1111/jerd.12215>
- Barakah, H. M., & Taher, N. M. (2014). Effect of polishing systems on stain susceptibility and surface roughness of nanocomposite resin material. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(3), 625–631.
- Barbosa, S. H., Zanata, R. L., Navarro, M. F. de 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. <https://doi.org/10.1590/s0103-64402005000100007>
- Borges, A., Chasqueira, F., & Portugal, J. (2009). Grau de Conversão de Resinas Compostas. Influência do Método de Fotopolimerização. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 50(4), 197–203.
- Choi, M.-S., Lee, Y.-K., Lim, B.-S., Rhee, S.-H., & Yang, H.-C. (2005). Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 16(4), 347–353. <https://doi.org/10.1007/s10856-005-0634-9>

- Chour, R. G., Moda, A., Arora, A., Arafath, M. Y., Shetty, V. K., & Rishal, Y. (2016). Comparative evaluation of effect of different polishing systems on surface roughness of composite resin: An in vitro study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 6(Suppl.2), 166–170. <https://doi.org/10.4103/2231-0762.189761>
- Clinician's Choice. (2022). *A.S.A.P. Dailies All Surface Access Diamond Polishers* [Brochure]. https://www.clinicianschoice.com/marketing/CCI22_SS_ASAP_Dailies.pdf
- Covani, U., Giacomelli, L., Krajewski, A., Ravaglioli, A., Spotorno, L., Loria, P., Das, S., & Nicolini, C. (2007). Biomaterials for orthopedics: A roughness analysis by atomic force microscopy. *Journal of Biomedical Materials Research*, 82(3), 723–730. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.31055>
- D'Alpino, P. H., Pereira, J. C., Rueggeberg, F., Svizero, N. R., Miyake, K., & Pashley, D. H. (2006). Efficacy of composite surface sealers in sealing cavosurface marginal gaps. *Journal of Dentistry*, 34(3), 252–259. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2005.06.010>
- Daud, A., Gray, G., Lynch, C. D., Wilson, N. H. F., & Blum, I. R. (2018). A randomised controlled study on the use of finishing and polishing systems on different resin composites using 3D contact optical profilometry and scanning electron microscopy. *Journal of Dentistry*, 71, 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.01.008>

- Delgado, A. J., Ritter, A. V., Donovan, T. E., Ziemiecki, T., & Heymann, H. O. (2015). Effect of Finishing Techniques on the Marginal Integrity of Resin-Based Composite and Resin-Modified Glass Ionomer Restoration. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(4), 184–193. <https://doi.org/10.1111/jerd.12140>
- Dennis, T., Zoltie, T., Wood, D., & Altaie, A. (2021). Reduced-step composite polishing systems—A new gold standard? *Journal of Dentistry*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103769>
- Ehrmann, E., Medioni, E., & Brulat-Bouchard, N. (2019). Finishing and polishing effects of multiblade burs on the surface texture of 5 resin composites: Microhardness and roughness testing. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 44(1). <https://doi.org/10.5395/rde.2019.44.e1>
- Elmarsafy, S. M., Abdelwahab, S. A., & Hussein, F. (2023). Influence of polishing systems on surface roughness of four resin composites subjected to thermocycling aging. *Dental Research Journal*, 20.
- Ergücü, Z., & Türkün, L. (2007). Surface Roughness of Novel Resin Composites Polished with One-step Systems. *Operative Dentistry*, 32(2), 185–192. <https://doi.org/10.2341/06-56>
- 3M ESPE. (2010). *Filtek™ Supreme XTE Universal Restorative System*. <https://multimedia.3m.com/mws/media/617969O/filtek-supreme-xte-technical->

product-profile-we.pdf

Ferracane, J. L. (2011). Resin composite—State of the art. *Dental Materials*, 27, 29–38.

<https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>

Fortin, D., & Vargas, M. A. (2000). The spectrum of composites: New techniques and materials. *Journal of the American Dental Association*, 131, 26–30.

<https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0399>

García, 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 Patología Oral y Cirugía Bucal*, 11(2), 215–220

Giacomelli, L., Derchi, G., Frustaci, A., Bruno, O., Covani, U., Barone, A., Santis, D. D., & 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.

Gömeç, Y., Dörter, C., Dabanoglu, A., & Koray, F. (2005). Effect of resin-based material combination on the compressive and the flexural strength. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(2), 122–127. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01394.x>

Gömleksiz, S., & Gömleksiz, O. (2022). The effect of contemporary finishing and polishing systems on the surface roughness of bulk fill resin composite and

nanocomposites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(6), 915–923.

<https://doi.org/10.1111/jerd.12874>

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

Gul, P., Çaglayan, F., Akgul, N., & Akgul, H. M. (2017). Comparison of radiopacity of different composite resins. *Journal of Conservative Dentistry*, 20(1), 17–20. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.209071>

He, J., Garoushi, S., Vallittu, P. K., & Lassila, L. (2018). Effect of low-shrinkage monomers on the physicochemical properties of experimental composite resin. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica*, 4(1), 30–37. <https://doi.org/10.1080/23337931.2018.1444488>

Hilton, T. J., Ferracane, J. L., & Broome, J. C. (2013). *Summit's Fundamentals of Operative Dentistry: A contemporary approach* (Quintessence Books).

Ilie, N., & Hickel, R. (2011). Resin composite restorative materials. *Australian Dental Journal*, 56, 59–66. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01296.x>

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.

<https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.09.014>

Joiner, A. (2004). Tooth colour: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32(Suppl.1), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>

Jung, M., Sehr, K., & Klimek, J. (2007). Surface Texture of Four Nanofilled and One Hybrid Composite After Finishing. *Operative Dentistry*, 32(1), 45–52.
<https://doi.org/10.2341/06-9>

Kakaboura, A., Fragouli, M., Rahiotis, C., & Silikas, N. (2005). 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, 155–163. <https://doi.org/10.1007/s10856-006-0675-8>

Klapdohr, S., & Moszner, N. (2005). New Inorganic Components for Dental Filling Composites. *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*, 136, 21–45.
<https://doi.org/10.1007/s00706-004-0254-y>

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*, 19(1), 56–62. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.173200>

Kwon, T.-Y., Bagheri, R., Kim, Y. K., Kim, K.-H., & Burrow, M. F. (2012). Cure mechanisms in materials for use in esthetic dentistry. *Journal of Investigative and*

- Clinical Dentistry*, 3(1), 3–16. <https://doi.org/10.1111/j.2041-1626.2012.00114.x>
- Kwon, H.-J., Oh, Y.-J., Jang, J.-H., Park, J.-E., Hwang, K.-S., & Park, Y.-D. (2015). The effect of polymerization conditions on the amounts of unreacted monomer and bisphenol A in dental composite resins. *Dental Materials Journal*, 34(3), 327–335. <https://doi.org/10.4012/dmj.2014-230>
- Landuyt, K. L. V., Snauwaert, J., Munck, J. D., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin, A., Coutinho, E., Suzuki, K., Lambrechts, P., & Meerbeek, B. V. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757–3785. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.04.044>
- Lee, Y.-K., Yu, B., & Lim, H.-N. (2010). Lightness, chroma, and hue distributions of a shade guide as measured by a spectroradiometer. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 104(3), 173–181. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(10\)60116-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(10)60116-3)
- Lehmann, K. M., Igiel, C., Schmidtman, I., & Scheller, H. (2010). Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry*, 38(Suppl.2), 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.006>
- Lu, H., Mehmood, A., Chow, A., & Powers, J. M. (2005). Influence of polymerization mode on flexural properties of esthetic resin luting agents. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 94(6), 549–554. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.09.016>

- Lu, H., Roeder, L. B., Lei, L., & Powers, J. M. (2005). Effect of Surface Roughness on Stain Resistance of Dental Resin Composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 17, 102–109. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2005.tb00094.x>
- Maghaireh, G. A., Taha, N. A., & Alzraikat, H. (2017). The Silorane-based Resin Composites: A Review. *Operative Dentistry*, 42(1), E24–E34. <https://doi.org/10.2341/15-311-LIT>
- Magne, P., & Belser, U. (2003). *Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach*. Quintessence Publishing Co.
- Maran, B. M., Geus, J. L. de, Gutiérrez, M. F., Heintze, S., Tardem, C., Barceleiro, M. O., Reis, A., & Loguercio, A. D. (2020). Nanofilled/nanohybrid and hybrid resin-based composite in patients with direct restorations in posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 99. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103407>
- Monterubbianesi, R., Tosco, V., Orilisi, G., Grandini, S., Orsini, G., & Putignano, A. (2021). Surface evaluations of a nanocomposite after different finishing and polishing systems for anterior and posterior restorations. *Microscopy Research and Technique*, 84(12), 2922–2929. <https://doi.org/10.1002/jemt.23850>
- Nasim, I., Neelakantan, P., Sujeer, R., & Subbarao, C. V. (2010). Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 38(Suppl.2), 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.05.020>

Ono, M., Nikaido, T., Ikeda, M., Imai, S., Hanada, N., Taga, J., & Matin, K. (2007).

Surface properties of resin composite materials relative to biofilm formation.

Dental Materials Journal, 26(5), 613–622. <https://doi.org/10.4012/dmj.26.613>

Özgünaltay, G., Yazici, A. R., & Görücü, J. (2003). Effect of finishing and polishing

procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. *Journal*

of Oral Rehabilitation, 30, 218–224. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842>

Paolone, G., Formiga, S., Palma, F. D., Abbruzzese, L., Chirico, L., Scolavino, S.,

Goracci, C., Cantatore, G., & Vichi, A. (2022). Color stability of resin-based

composites: Staining procedures with liquids—A narrative review. *Journal of*

Esthetic and Restorative Dentistry, 34(6), 865–887.

<https://doi.org/10.1111/jerd.12912>

Posavec, I., Prpić, V., & Zlatarić, D. K. (2016). Influence of Light Conditions and Light

Sources on Clinical Measurement of Natural Teeth Color using VITA Easyshade

Advance 4.0® Spectrophotometer. Pilot Study. *Acta Stomatologica Croatica*,

50(4), 337–347. <https://doi.org/10.15644/asc50/4/7>

Rastelli, A. N. S., Jacomassi, D. P., Faloni, A. P. S., Queiroz, T. P., Rojas, S. S., Bernardi,

M. I. B., Bagnato, V. S., & Hernandez, A. C. (2012). The Filler Content of the Dental

Composite Resins and Their Influence on Different Properties. *Microscopy Research and*

Technique, 75, 758–765. <https://doi.org/10.1002/jemt.21122>

- Reis, A. F., Giannini, M., Lovadino, J. R., & Ambrosano, G. M. (2003). Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dental Materials*, 19(1), 12–18. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(02\)00014-3](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(02)00014-3)
- Ruivo, M. A., Pacheco, R. R., Sebold, M., & Giannini, M. (2019). Surface roughness and filler particles characterization of resin-based composites. *Microscopy Research and Technique*, 82, 1756–1767. <https://doi.org/10.1002/jemt.23342>
- Sadeghi, M., Davari, A., & Lynch, C. D. (2013). The effect of re-bonding using surface sealant or adhesive system on microleakage of class V resin composite restorations. *Dental Research Journal*, 10(5), 596–601.
- Sakaguchi, R., Ferracane, J., & Powers, J. (2019). *Craig's Restorative Dental Materials* (14^a). Elsevier.
- Schmalz, G., Hickel, R., Landuyt, K. L. v., & Reichl, F.-X. (2017). Nanoparticles in dentistry. *Dental Materials*, 33(11), 1298–1314. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2017.08.193>
- Senawongse, P., & Pongprueksa, P. (2007). Surface Roughness of Nanofill and Nanohybrid Resin Composites after Polishing and Brushing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 19(5), 265–275. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2007.00116.x>

Shen, C., Rawls, H. R., & Esquivel-Upshaw, J. F. (2022). *Philips' Science of Dental Materials* (13^a). Elsevier.

Sideridou, I., Tserki, V., & Papanastasiou, G. (2003). Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 24(4), 655–665. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(02\)00380-0](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(02)00380-0)

Sideridou, I. D., Karabela, M. M., & Vouvoudi, E. C. (2011). Physical properties of current dental nanohybrid and nanofill light-cured resin composites. *Dental Materials*, 27(6), 598–607. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.02.015>

Sikri, V. K. (2010). Color: Implications in dentistry. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(4), 249–255. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.73381>

Soliman, H. A. N., Elkholy, N. R., Hamama, H. H., El-Sharkawy, F. M., Mahmoud, S. H., & Comisi, J. C. (2020). Effect of Different Polishing Systems on the Surface Roughness and Gloss of Novel Nanohybrid Resin Composites. *European Journal of Dentistry*, 15, 259–265. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1718477>

Sulaiman, T. A., Rodgers, B., Suliman, A. A., & Johnston, W. M. (2020). Color and translucency stability of contemporary resin-based restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(6), 899–905. <https://doi.org/10.1111/jerd.12640>

Tabatabaian, F., Beyabanaki, E., Alirezaei, P., & Epakchi, S. (2021). Visual and digital tooth shade selection methods, related effective factors and conditions, and their

- accuracy and precision: A literature review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(8), 1084–1104. <https://doi.org/10.1111/jerd.12816>
- Takamizawa, T., Ishii, R., Tamura, T., Yokoyama, M., Hirokane, E., Tsujimoto, A., Miyazaki, M., & Kitahara, N. (2021). Handling properties and surface characteristics of universal resin composites. *Dental Materials*, 37(9), 1390–1401. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.06.011>
- Türkün, L. S., & Türkün, M. (2004). Effect of Bleaching and Repolishing Procedures on Coffee and Tea Stain Removal from Three Anterior Composite Veneering Materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 16(5), 290–302. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2004.tb00056.x>
- Turssi, C. P., Ferracane, J. L., & Serra, M. C. (2005). Abrasive wear of resin composites as related to finishing and polishing procedures. *Dental Materials*, 21(7), 641–648. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.10.011>
- Vargas, M., Saisho, H., Maharishi, A., & Margeas, R. (2023). A practical, predictable, and reliable method to select shades for direct resin composite restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(1), 19–25. <https://doi.org/10.1111/jerd.13019>
- Villarroel, M., Fahl, N., Sousa, A. M. D., & Oliveira, O. B. D. (2011). Direct Esthetic Restorations Based on Translucency and Opacity of Composite Resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 23(2), 73–88.

<https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2010.00392.x>

- Villavicencio-Espinoza, C., Narimatsu, M., & Furuse, A. (2018). Using Cross-Polarized Photography as a Guide for Selecting Resin Composite Shade. *Operative Dentistry*, 43(2), 113–120. <https://doi.org/10.2341/16-227-T>
- Wheeler, J., Deb, S., & Millar, B. J. (2020). Evaluation of the effects of polishing systems on surface roughness and morphology of dental composite resin. *British Dental Journal*, 228(7), 527–532. <https://doi.org/10.1038/s41415-020-1370-8>
- 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.
- Zhang, L., Yu, P., & Wang, X.-Y. (2021). Surface roughness and gloss of polished nanofilled and nanohybrid resin composites. *Journal of Dental Sciences*, 16(4), 1198–1203. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.03.003>
- Zhou, X., Huang, X., Li, M., Peng, X., Wang, S., Zhou, X., & Cheng, L. (2019). Development and status of resin composite as dental restorative materials. *Journal of Applied Polymer Science*, 136. <https://doi.org/10.1002/APP.48180>
- Zimmerli, B., Strub, M., Jeger, F., Stadler, O., & Lussi, A. (2010). Composite materials: Composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*, 120(11), 972–986.