



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

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA DE FOTOPOLIMERIZAÇÃO E DA
GLICERINA NA ESTABILIDADE DA COR DAS RESINAS
COMPOSTAS**

Trabalho submetido por
Ana Sofia Corvelo Moiteiro da Silva Ramos
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Junho de 2014



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

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA DE FOTOPOLIMERIZAÇÃO E DA
GLICERINA NA ESTABILIDADE DA COR DAS RESINAS
COMPOSTAS**

Trabalho submetido por
Ana Sofia Corvelo Moiteiro da Silva Ramos
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutora Inês Caldeira Fernandes

Junho de 2014

Dedicatória

Aos meus avós que certamente ficariam muito felizes.

Agradecimentos

À minha orientadora, Professora Doutora Inês Caldeira Fernandes, pelo apoio e disponibilidade dedicados a este trabalho.

Ao Professor Doutor Mário Cruz Polido pelos conselhos e ensinamentos relativos à parte laboratorial.

Ao Professor Doutor Luís Proença por toda a paciência e ajuda com a análise estatística.

Aos meus pais por me terem permitido, de todas as formas, atingir este marco.

À Voco e à 3M ESPE pela cooperação e material disponibilizado.

Resumo

Objetivos: Avaliar a influência da distância de fotopolimerização e da aplicação de glicerina na estabilidade da cor de duas resinas compostas microhíbridas.

Materiais e Métodos: Confeccionaram-se 60 discos a partir de duas resinas compostas *Polofil*[®] *Supra* e *Filtek*[™] *Z250*, com 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura da seguinte forma: 10 discos com distância de fotopolimerização a 2 mm (grupos P2 e F2), 10 discos com distância de fotopolimerização a 6 mm (grupos P6 e F6) e 10 discos com aplicação de glicerina e distância de fotopolimerização a 2 mm (grupos P2G e F2G). Após a fotopolimerização realizou-se uma primeira leitura dos discos com espectrofotômetro e registaram-se os valores obtidos. De seguida, as amostras foram colocadas no termociclador onde se realizaram 2500 ciclos em água destilada a 5°C e 55°C durante 30 segundos, equivalentes a um período de três meses na cavidade oral. Foi realizada uma última leitura com espectrofotômetro. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente, através dos testes *Shapiro-Wilk* e *t-Student*.

Resultados: A resina *Polofil*[®] *Supra* obteve valores de ΔE^*_{ab} de 2.06 no grupo P2; 2.41 no grupo P6; e 1.43 no grupo P2G. A resina *Filtek*[™] *Z250* obteve valores de ΔE^*_{ab} de 1.13 no grupo F2; 3.03 no grupo F6; e 1.51 no grupo F2G. Após o teste *t-Student* obteve-se um valor de $p=0,003$ entre os grupos da resina *Filtek*[™] *Z250* fotopolimerizados a 6 mm e a 2 mm.

Conclusões: A distância de fotopolimerização não influenciou a estabilidade de cor da resina composta *Polofil*[®] *Supra*. A distância da fotopolimerização influenciou a estabilidade de cor da resina composta *Filtek*[™] *Z250*. A aplicação de glicerina não influenciou a estabilidade de cor das resinas compostas *Polofil*[®] *Supra* e *Filtek*[™] *Z250*.

Palavras-chave: distância de fotopolimerização; glicerina; resinas compostas; cor.

Abstract

Objectives: Determine if the distance of light-curing and the application of glycerin influences the colour stability of composites.

Materials and Methods: 60 samples were made with 10 mm diameter and 2 mm thickness, using two resins Polofil[®] Supra and Filtek[™] Z250 as indicated: 10 samples with curing distance of 2 mm (groups P2 and F2), 10 samples with 6 mm curing distance (groups P6 and F6) and 10 samples with application of glycerin and 2 mm curing distance (groups P2G and F2G). After polymerization, a first reading was made with spectrophotometer and the obtained values were recorded. Then the samples were placed in the thermocycler in which were held 2500 cycles in distilled water at 5°C and 55°C for 30 seconds, equivalent to a period of three months in oral cavity. A final reading was performed with spectrophotometer. The values were statistically analyzed by Shapiro-Wilk's test and Student's t-test.

Results: For Polofil[®] Supra the obtained values of ΔE^*ab were 2.06 for P2 group; 2.41 for P6 group; and 1.43 for P2G group. For Filtek[™] Z250 the obtained values of ΔE^*ab were 1.13 for F2 group; 3.03 for F6 group; and 1.51 for F2G group. Student's t-test was used yielding a value of $p=0.003$ between Filtek[™] Z250's groups photocured at 6 mm and 2 mm.

Conclusions: The light-curing distance did not influence the colour stability of Polofil[®] Supra composite. The light-curing distance influences the colour stability of Filtek[™] Z250. The application of glycerin did not affect the colour stability of Polofil[®] Supra and Filtek[™] Z250.

Key words: light-curing distance; glycerin; composites; colour.

Índice Geral

I. Introdução.....	página 18
1. Revisão Bibliográfica.....	página 19
1.1 Resinas Compostas.....	página 19
1.2 Resinas Compostas Híbridas.....	página 23
1.3 Resinas Compostas Microhíbridas.....	página 23
2. Fotopolimerização.....	página 24
3. Aparelhos de Fotopolimerização.....	página 26
4. Distância de Fotopolimerização.....	página 28
5. Inibição da Polimerização pelo Oxigénio.....	página 29
6. Cor.....	página 30
7. Estabilidade de Cor.....	página 32
8. Métodos de Avaliação da Cor.....	página 33
II. Objectivos e Hipóteses de Estudo.....	página 36
1. Objectivos.....	página 36
2. Hipóteses de Estudo.....	página 36

III. Materiais e Métodos.....	página 37
1. Materiais.....	página 37
2. Métodos.....	página 38
IV. Resultados.....	página 44
V. Discussão.....	página 54
VI. Conclusões.....	página 66
VII. Bibliografia.....	página 67

Anexos

Informações do fabricante da resina composta *Polofil[®] Supra* (Voco – Cuxhaven, Alemanha)

Informações do fabricante da resina composta *FiltekTM Z250* (3M ESPE – Minnesota, EUA)

Índice de Figuras

- Figura 1 Fórmula molecular do Bis-GMA
- Figura 2 Classificação baseada no tamanho das partículas
- Figura 3 Árvore do sistema *Munsell*
- Figura 4 Diagrama dos eixos do sistema CIELAB
- Figura 5 Molde de aço inoxidável (ISCSEM)
- Figura 6 Esquema representativo dos discos de resina composta realizados
- Figura 7 Resina composta *Polofil*[®] *Supra* cor A2, lote 1340178 (Voco – Cuxhaven, Alemanha) e resina composta *Filtek*[™] *Z250* cor A2, lote N520539 (3M ESPE – Minnesota, EUA)
- Figura 8 Fotopolimerizador Optilux 501(sds Kerr – Orange, EUA)
- Figura 9 Suportes de 6 mm e 2 mm de altura em resina acrílica transparente
- Figura 10 Esquema da fotopolimerização a 6 mm
- Figura 11 Fotopolimerização com o suporte de 6 mm
- Figura 12 Estufa (Mettler – Schwabach, Alemanha)

- Figura 13 Termociclador (Aralab – Rio de Mouro, Portugal)
- Figura 14 Amostras após termociclagem
- Figura 15 Esquema representativo da metodologia utilizada
- Figura 16 Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotômetro da resina composta *Polofil*[®] *Supra* (valores de L* do sistema CIELAB)
- Figura 17 Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotômetro da resina composta *Polofil*[®] *Supra* (valores de a* do sistema CIELAB)
- Figura 18 Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotômetro da resina composta *Polofil*[®] *Supra* (valores de b* do sistema CIELAB)
- Figura 19 Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotômetro da resina composta *Filtek*[™] *Z250* (valores de L* do sistema CIELAB)
- Figura 20 Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotômetro da resina composta *Filtek*[™] *Z250* (valores de a* do sistema CIELAB)
- Figura 21 Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotômetro da resina composta *Filtek*[™] *Z250* (valores de b* do sistema CIELAB)
- Figura 22 Apresentação dos resultados (valores de ΔE^*_{ab})

Índice de Tabelas

Tabela 1	Apresentação dos resultados
Tabela 2	Teste <i>Shapiro-Wilk</i>
Tabela 3	Teste <i>t de Student</i> hipótese nula 1
Tabela 4	Teste <i>t de Student</i> hipótese nula 2
Tabela 5	Teste <i>t de Student</i> entre resinas compostas <i>Polofil[®] Supra</i> e <i>FiltekTM Z250</i>
Tabela 6	Resumo dos estudos apresentados que avaliam a profundidade de polimerização segundo a distância de fotopolimerização

Lista de Abreviaturas

Bis-GMA	<i>Bisphenol A-glycidyl dimethacrylate</i>
Bis-DMA	<i>Bisphenol A dimethacrylate</i>
BPA	<i>Bisphenol-A</i>
CIELAB	<i>Comission Internationale de l'Eclairage 1976 (L*a*b*)</i>
cm ²	Centímetros cuadrados
EGDMA	<i>Ethylene glycol dimethacrylate</i>
ISO	<i>The International Organization for Standardization</i>
J/cm ²	Joule por centímetro cuadrado
LED	<i>Light-emiting diode</i>
mm	Milímetros
nm	Nanómetros
TEGDMA	<i>Triethylene glycol dimethacrylate</i>
UDMA	<i>Urethane dimethacrylate</i>
µm	Micrómetros
UV	Ultra-violeta

W	Watts
W/cm ²	Watts por centímetro quadrado
ΔE^*_{ab}	Diferença de cor
°	Graus
°C	Graus Celsius
%	Porcento

I. Introdução

A estética é hoje parte preponderante da sociedade moderna (Carvalho, Filho & Silva, 2003 e Khalaf, Alomari & Omar, 2014). Presentemente, os doentes consideram que um sorriso harmonioso é fulcral na auto-estima e na imagem que têm de si mesmos. Na tentativa de ir ao encontro desta necessidade, avanços tecnológicos e materiais têm sucedido em Medicina Dentária (Dudea *et al.*, 2012).

As resinas compostas são sem dúvida um material restaurador amplamente utilizado na prática clínica (Ferracane, 2011) com um grande potencial estético (Ardu *et al.*, 2010).

A sua introdução provocou uma revolução na Medicina Dentária restauradora, devido às propriedades estéticas, ao fácil manuseamento e à facilidade de polimerização (Jandt & Mills, 2013). A demanda por este material deveu-se também ao abandono da amálgama (Shawkat, Shortall, Addison & Palin, 2009). Porém apesar da eliminação da exposição ao mercúrio (Kahler, Kotousov & Swain, 2008) as resinas compostas continuam a apresentar uma menor longevidade do que a amálgama (Jokstad, 2002 e Anand & Balasubramanian, 2014).

Actualmente, a grande maioria das resinas compostas é fotopolimerizada através de uma reacção iniciada no espectro da luz visível azul (Jandt & Mills, 2013).

Uma das desvantagens deste material é a necessidade de uma técnica incremental devido à limitação da profundidade de polimerização. Outra é a formação de uma camada superficial inibida pelo oxigénio em cada incremento (Shawkat *et al.*, 2009). A formação desta camada pode ser impedida pela aplicação de glicerina (Park & Lee, 2011).

Clinicamente, existem situações em que o acesso aos aparelhos fotopolimerizadores pode estar facilitado ou dificultado. O grau de polimerização do material depende da intensidade e qualidade da luz que o alcança, assim como do tempo de exposição (Sfondrini, Cacciafesta, Scribante, Boehme & Jost-Brinkmann, 2006).

Presentemente na avaliação estética a cor é um dos parâmetros mais importantes e o seu estudo é essencial na estética dentária (Polo, Polo, Vinuela & Parga, 2013).

Deste modo este trabalho pretende avaliar se a distância da fotopolimerização, que muitas vezes não pode ser controlada pelo médico dentista e a aplicação de glicerina provocam alteração na cor das resinas compostas.

1. Revisão Bibliográfica

As resinas compostas foram introduzidas em 1963 por Rafael Bowen (Bowen, 1963; Lang, Jaarda & Wang 1992 e Bayne, 2013). Ao longo dos tempos têm sofrido alterações principalmente no reforço da carga e na diminuição do tamanho das partículas de modo a permitir um melhor polimento e uma maior resistência ao desgaste (Ferracane, 2011 e Andrade *et al.* 2014). Actualmente a investigação enfoca-se mais na matriz orgânica do material, de modo a se obter uma diminuição da contracção de polimerização (Ferracane, 2011). São assim um material restaurador muito utilizado devido ao seu fácil manuseamento e facilidade de polimerização através de uma reacção iniciada com luz (Jandt & Mills, 2013) e que tem sido progressivamente reformulado de forma a melhorar as suas propriedades mecânicas (Watts & Almazzawi, 2014).

1.1 Resinas Compostas

A criação de um novo monómero por Rafael Bowen nos anos 60, *bisphenol A-glycidyl dimethacrylate* (Bis-GMA), permitiu o surgimento das resinas compostas (Bowen, 1963; Júnior *et al.*, 2011 e Bayne, 2013). Estas foram criadas inicialmente para serem estritamente utilizadas em sectores dentários anteriores (Bowen 1963 e ADA Council on Scientific Affairs, 2003). Surgiram com a combinação de um polímero e partículas de sílica quimicamente tratadas, através de um agente de união – silano (Bayne, 2013).

Actualmente, as resinas compostas têm a mesma constituição base, sendo assim constituídas por uma matriz orgânica, partículas inorgânicas ou fase dispersa e um

agente de união (Garcia, Lozano, Vila, Escribano & Galve, 2006; Hentges, 2006; Kahler, Kotousov & Swain, 2008; Júnior *et al.*, 2011 e Bayne, 2013). Quanto à matriz orgânica, esta é constituída por monómeros, inibidores, modificadores de cor e sistemas iniciadores/activadores (Júnior *et al.*, 2011). A sua formulação consiste portanto num sistema de monómeros mono, di ou tri funcionais; num sistema de radicais livres de iniciação da polimerização; um sistema de aceleração, que permite que a reacção de polimerização ocorra num tempo clinicamente aceitável; um sistema estabilizador ou inibidor que maximiza a conservação e longevidade; e compostos que absorvem comprimentos de onda da luz ultra-violeta (UV), conferindo estabilidade cromática (Garcia *et al.*, 2006). Os monómeros são assim os constituintes principais da matriz orgânica. Os mais comumente utilizados são o Bis-GMA, *bisphenol A dimethacrylate* (bis-DMA), *urethane dimethacrylate* (UDMA), *triethylene glycol dimethacrylate* (TEGDMA) e *ethylene glycol dimethacrylate* (EGDMA) (Júnior *et al.*, 2011). O Bis-GMA é geralmente o principal (Garcia *et al.*, 2006; Hentges, 2006; Lee, Um & Lee, 2006 e Ferracane, 2011) e a sua fórmula molecular pode ser visualizada na figura 1. Porém, devido à sua elevada viscosidade são adicionados outros monómeros com acção diluente, geralmente o TEGDMA (Soderholm & Mariotti, 1999; Sideridou, Achilias, Spyroudi & Karabela, 2004; Garcia *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2006; Mikhail, Scricker, Azer, Brantley & Johnston 2013 e Sevkusic *et al.*, 2014). Devido às suas funções estes monómeros são designados por co-monómeros (Sevkusic *et al.*, 2014). Segundo Garcia *et al.* (2006) quanto menor o peso molecular médio do monómero ou da combinação de monómeros, maior a percentagem de contracção.

Relativamente ao sistema de iniciação da polimerização é formado, na maioria das resinas compostas fotopolimerizáveis, pela canforoquinona em combinação com uma amina terciária alifática como agente de redução (Garcia *et al.*, 2006 e Pongprueksa *et al.*, 2014).

Por sua vez, a fase dispersa é constituída por partículas de carga como quartzo, sílica coloidal ou vidro (Júnior *et al.*, 2011). As partículas inorgânicas têm como funções conferir melhores propriedades mecânicas (Sevkusic *et al.*, 2014) como diminuição da contracção de polimerização e do coeficiente de expansão térmica linear (Garcia *et al.*, 2006; Kahler, Kotousov & Swain 2008 e Júnior *et al.*, 2011), aumento da

resistência à abrasão e da dureza (Lee *et al.*, 2006). Além disto, aumentam a radioopacidade, a facilidade de manuseamento e a estética (Garcia *et al.*, 2006).

Relativamente ao agente de união, normalmente um silano, integra as partículas de carga na matriz orgânica, como referido por Hentges (2006) e Júnior *et al.* (2011).

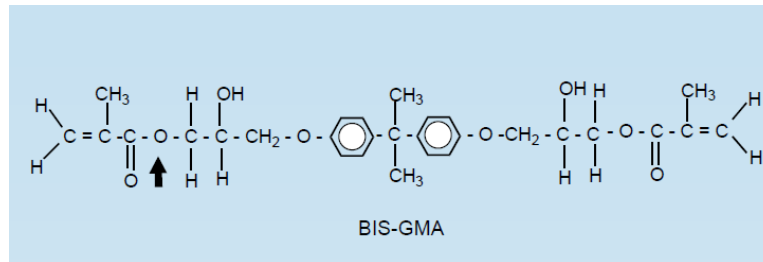


Figura 1. Fórmula molecular do Bis-GMA – (Adaptado de Soderholm e Mariotti, 1999)

Actualmente, a utilização de resinas compostas continua a crescer, em parte devido ao abandono da amálgama tanto por razões estéticas como ambientais (Park & Lee, 2011). Porém, também por se apresentarem como um material restaurador robusto e versátil (Shawkat *et al.*, 2009). Apesar de os monómeros presentes se poderem decompôr em *Bisphenol-A* (BPA), uma substância com potencial de estrogeneidade (Hentges, 2006 e Sevkusic *et al.*, 2014), as resinas compostas são consideradas materiais seguros com reacções de hipersensibilidade descritas apenas num pequeno número de indivíduos (American Dental Association Council on Scientific Affairs, 2003). Estas reacções são geralmente eczemas, asma ou reacções liquenóides e devem-se à presença de metacrilatos (Sevkusic *et al.*, 2014) Não são conhecidas utilizações directas de BPA na formulação de materiais dentários (Hentges, 2006 e ADA, 2013) e os valores verificados na saliva após a aplicação de resinas compostas e/ou selantes são drasticamente inferiores aos considerados tóxicos. (Hentges, 2006) Além disto, não se verificou ainda a presença desta substância no sangue após a utilização de resinas compostas (Hentges, 2006 e Fédération Dentaire Internationale, 2013).

Como em tantos outros materiais, desde cedo se tentou agrupar as resinas compostas de modo a facilitar a sua identificação e utilização clínica e experimental (Lang *et al.*, 1992 e Garcia *et al.*, 2006). Segundo Júnior *et al.* (2011), a maioria dos autores classifica as resinas compostas quanto ao tamanho médio das partículas de

carga, viscosidade ou forma de activação. A classificação quanto ao tamanho das partículas é a mais utilizada (Mikhail *et al.*, 2013), sendo considerada a convencional (Lee *et al.*, 2006 e Al-Ahdal, Silikas & Watts, 2014). Esta classificação encontra-se descrita na figura 2 e foi inicialmente proposta por Lutz e Phillips no ano de 1983 (Lang *et al.*, 1992 e Garcia *et al.*, 2006).

Classificação das Resinas Compostas	Tamanho das partículas	Utilizações Clínicas
Tradicionais	1 – 50 µm vidro ou sílica	Zonas de <i>stress</i> elevado
(Macroparticuladas)		
Híbridas	(1) 1 – 20 µm vidro (2) 40 nm sílica	Zonas de <i>stress</i> elevado com requisitos de polimento (Classes I, II, III e IV)
(partículas grandes)		
Microhíbridas	(1) 0,1 – 10 µm vidro (2) 40 nm sílica	Zonas de <i>stress</i> elevado com requisitos de polimento (Classes III e IV)
Nanohíbridas	(1) 0,1 – 2,0 µm vidro ou micropartículas resinosas (2) ≤ 100 nm	Zonas de <i>stress</i> moderado com requisitos de polimento (Classes III e IV)

Figura 2. Classificação baseada no tamanho das partículas – (Adaptado de Anusavice, Shen, Rawls (2013))

Assim, quanto ao tamanho das partículas, as resinas podem, entre outras, ser classificadas como híbridas ou microhíbridas quando existem partículas de tamanho macro e micro na sua constituição (Júnior *et al.*, 2011). Esta classificação, quanto à microestrutura, é essencial ao entendimento das propriedades do material (Lang *et al.*, 1992).

1.2 Resinas Compostas Híbridas

Surgiram a partir da combinação da tecnologia convencional e microparticulada (Summitt, 2013). Quanto ao tamanho das partículas maiores varia entre 0,4 e 4,0 μm (Summitt, 2013). Segundo Ferracane (2011) o tamanho oscila entre 1,0 a 5,0 μm . Relativamente às partículas micro são essencialmente constituídas por sílica coloidal ou sílica pirogénica. Estas têm propriedades mecânicas e físicas inferiores às partículas macro, apresentando maior absorção de água, maior coeficiente de expansão térmica, maior contracção de polimerização, menor módulo de elasticidade e menor resistência à tracção, como referido por Chain e Baratieri (1998) em Júnior *et al.* (2011). Apresentam dimensões de aproximadamente 0,04 μm (Garcia *et al.*, 2006; Ferracane, 2011 e Summitt, 2013). Segundo Ferracane (2011) as partículas micro, quando surgiram, foram assim erroneamente classificadas visto na realidade apresentarem dimensões dentro do intervalo da nanotecnologia de 1 a 100 nm. As partículas maiores, clinicamente, apresentam redução do brilho superficial e aumento da susceptibilidade à pigmentação, como citado por Júnior *et al.* (2011) de Chain e Baratieri (1998). A fase dispersa consiste em aproximadamente 60% do conteúdo total (Garcia *et al.*, 2006).

1.3 Resinas Compostas Microhíbridas

Presentemente as resinas compostas microhíbridas representam, segundo Al-kheraif (2011), uma melhoria nos compósitos convencionais. Sendo materiais indicados para restaurações anteriores e posteriores, apresentam uma boa estética, facilidade de polimento e resistência ao desgaste. Estas resinas, segundo o mesmo autor, contêm partículas irregulares de vidro ou quartzo, com diâmetros uniformes. São assim consideradas materiais universais devido às suas propriedades de polimento e resistência (Ferracane, 2011). De facto, quando comparadas com as resinas híbridas apresentam um melhor polimento, um brilho mais duradouro e um manuseamento mais fácil (Summitt, 2013).

A sua fase dispersa tem também uma distribuição de partículas macro e micro, sendo os diâmetros das maiores entre 0,4 a 3,0 μm e os das menores entre 0,04 a 0,2 μm

(Al-kheraif, 2011). De acordo com LeSage (2007), as partículas maiores são constituídas por duas ou mais partículas de vidro ou quartzo de forma irregular mas de diâmetro regular com um tamanho de 0,2 a 3,0 μm enquanto as menores têm uma dimensão média inferior a 1,0 μm (LeSage, 2007; Summitt, 2013).

Normalmente as resinas microhíbridas tendem a tornar-se mais escuras com a fotopolimerização. Além disso, as cores mais claras tendem a apresentar maiores variações de cor do que as mais cromáticas (Kim & Lee, 2008). As resinas microhíbridas são óptimas para estratificação de dentina devido à sua opacidade, contudo quando de partículas menores são boas substitutas do esmalte (LeSage, 2007).

A combinação de ambas as partículas resulta também na combinação das suas propriedades. A diferença entre resinas híbridas e microhíbridas reside na maior ou menor quantidade de um dos tipos de partículas, sendo que as microhíbridas apresentam maior quantidade de partículas micro do que partículas macro, como referido por Castro, Bandeira, Pozzobon, Gomes & Neto (2002) em Júnior *et al.* (2011).

2. Fotopolimerização

As resinas compostas têm, de facto, sido um material largamente utilizado na prática clínica. A sua facilidade de utilização depende muito da fotopolimerização, que por sua vez está dependente da presença na resina de fotoiniciadores que iniciam a reacção de polimerização quando expostos a luz azul (Price, Felix & Andreou, 2004). Maioritariamente este fotoiniciador é a canforoquinona (Garcia *et al.*, 2006; Ferracane, 2011 e Schneider, Cavalcante, Prah, Pfeifer & Ferracane, 2012). A canforoquinona tem cor amarela, o que em determinadas situações pode provocar alterações cromáticas na resina composta (Garcia *et al.*, 2006; Sarafianou, Iosifidou, Papadopoulos & Eliades, 2007 e Schneider, 2012). Principalmente quando presente em grandes quantidades (Garcia *et al.*, 2006). Igualmente, as aminas terciárias aromáticas que actuam como iniciadores também podem formar produtos de cor amarela a encarnada-acastanhada (Sarafianou *et al.*, 2007). Estes materiais são excelentes para procedimentos estéticos e as suas propriedades físicas e químicas dependem directamente da conversão de monómeros em polímeros (Al-kheraif, 2011).

A polimerização ocorre segundo uma reacção em cadeia induzida por radicais livres (Park & Lee, 2011). A polimerização é determinada pelo grau de conversão de monómeros em polímeros, indicativa do número de metacrilatos que reagiram durante o processo (Garcia *et al.*, 2006).

A densidade de potência (W/cm^2) também designada intensidade de luz ou irradiância é o número de fótons por segundo (W) captados por centímetro quadrado (cm^2) (Price *et al.*, 2004). Segundo Musanje e Darvell (2003) não existe ainda consenso quanto ao valor da intensidade de luz necessária para se obter uma correcta fotopolimerização, sendo necessário verificar este valor nas recomendações de cada fabricante (Musanje & Darvell, 2003). Apesar de haver valores mínimos de densidade de potência recomendados para a fotopolimerização das resinas compostas, foi descrito por Price *et al.* (2004) que num estudo realizado se determinaram valores inferiores a $300 \text{ mW}/\text{cm}^2$ em 55% dos aparelhos e noutro estudo 52% dos aparelhos apresentaram valores menores que $400 \text{ mW}/\text{cm}^2$. Por essa razão tempos maiores de polimerização devem ser utilizados. Estes autores sugerem também, pela mesma razão, que quando a distância da fotopolimerização aumenta, os tempos de polimerização recomendados devem ser proporcionalmente aumentados (Price *et al.*, 2004).

Para se atingir uma adequada polimerização a intensidade da radiação, o correcto comprimento de onda e o tempo de irradiação são fundamentais (Musanje & Darvell, 2003). Caso a resina composta não receba, aquando da fotopolimerização, um número suficiente de fótons no comprimento de onda adequado, o grau e a extensão da polimerização serão inadequados. Baixas conversões originam degradação; perda de substância; fracturas; falha da integridade marginal e menor dureza de superfície (Alkheraif, 2011 e Alrahlah, Silikas & Watts, 2014). Iguamente aumenta a citotoxicidade (Price *et al.*, 2004 e Alrahlah *et al.*, 2014) e diminui o módulo de elasticidade (Price *et al.*, 2004).

A densidade de potência captada pela superfície do compósito é afectada pela densidade de potência no final da lâmpada; pelo *design* e diâmetro da extremidade da luz polimerizadora; pela distância da lâmpada; pela espessura, composição, cor e translucidez da resina composta (Price *et al.*, 2004).

Segundo Uhl, Mills e Jandt (2003) foi demonstrado num estudo de Hansen e Asmussen (1993) que as luzes polimerizadoras com maior eficácia provocaram um maior aumento da temperatura da resina composta. O próprio aumento da temperatura agiliza a conversão (Price *et al.*, 2004). O aumento da temperatura deve-se tanto ao calor libertado pela lâmpada polimerizadora como à reacção exotérmica da resina composta. Este *stress* térmico pode ter consequências a nível pulpar, principalmente em cavidades profundas onde a densidade tubular é maior (Uhl, Mills & Jandt, 2003). De forma a minorar esta consequência devem ser utilizados incrementos de menor espessura e lâmpadas de menor intensidade (Uhl, Mills & Jandt, 2003).

Assim, a qualidade da fotopolimerização depende do aparelho de fotopolimerização; do tempo de polimerização; do método (início suave, nível de intensidade, contínua ou pulsátil, distância da exposição) e das características e formulações do material (cor/opacidade, partículas e monómeros) (Holroyd & Ilie, 2013). Segundo Garcia *et al.* (2006), factores como temperatura; espessura da resina composta (idealmente entre 1 e 2 mm); distância da luz (ótima quando inferior a 1 mm e posicionamento a 90°) têm igualmente influência na qualidade da fotopolimerização (Garcia *et al.*, 2006).

3. Aparelhos de Fotopolimerização

De forma a se alcançar uma eficaz polimerização existem diversas tecnologias de fotopolimerização. Estas agrupam-se em quatro grupos major: laser de iões de árgon, arcos de plasma, lâmpadas de halogéneo quartzo- tungsténio e tecnologia *light-emitting diode* (LED) (Rueggeberg, 2011).

Neste estudo utilizou-se luz polimerizadora de halogéneo quartzo- tungsténio. As lâmpadas de halogéneo quartzo-tungsténio foram até à década de 90 o *golden standard* da tecnologia de fotopolimerização (Rueggeberg, 2011). Actualmente, continuam a ser o meio mais utilizado de fotopolimerização (Al-kheraif, 2011). Emitem valores médios de intensidade de luz entre 400 mW/cm² e 500 mW/cm², podendo atingir 3000 mW/cm². (Rueggeberg, 2011). É uma tecnologia de fácil instalação e manuseamento e de relativo baixo preço. Os tempos de exposição típicos para uma

espessura de 2 mm são entre 40 a 60 segundos (Rueggeberg, 2011) com uma intensidade superior a 300 - 400 mW/ cm² (Price *et al.*, 2004).

Relativamente aos aparelhos LED representam presentemente o estado-da-arte da fotopolimerização em Medicina Dentária. Estes aparelhos emitem luz num comprimento de onda de aproximadamente 470 nm. Este comprimento de onda é o ideal para a maioria das resinas compostas visto que a canforoquinona tem a sua máxima absorção no comprimento de onda próximo aos 470 nm (Garcia *et al.*, 2006 e Al-kheraif, 2011). Porém, isto pode também consistir numa desvantagem impossibilitando a utilização de resinas com fotoiniciadores cuja absorção se realize noutros comprimentos de onda (Al-kheraif, 2011). De facto, segundo Neumann, Schmitt, Ferreira e Corrêa (2006), têm sido adicionados compostos na formulação de algumas resinas compostas para melhorar a cinética da polimerização e diminuir o efeito amarelo indesejado da canforoquinona. Estes compostos têm um pico de absorção mais próximo da radiação UV, onde portanto os aparelhos LED são menos eficazes (Neumann *et al.*, 2006). Como a luz é emitida num intervalo curto não existe necessidade de sistemas de filtro. Além disto, não são geradas emissões de infravermelhos o que diminui o gasto energético dos aparelhos e a produção de calor. A produção de luz é consistente (Al-kheraif, 2011). Resumindo, têm um espectro de emissão mais adequado à canforoquinona do que a tecnologia de halogéneo, apresentando uma maior eficácia de polimerização e não emitindo radiação de infravermelhos ao contrário das luzes de halogéneo quartzo-tungsténio (Uhl, Mills & Jandt, 2003). Portanto apresentam-se como aparelhos seguros, eficazes, económicos e com longevidade. A menor produção de calor do que nos aparelhos de halogéneo acarreta menores riscos para o órgão pulpo-dentinário (Sfondrini, Cacciafesta, Scribante, Boehme & Jost-Brinkmann, 2006). Contudo, como referido anteriormente, esta produção de calor maior na luz de halogéneo quartzo-tungsténio tem como vantagem aumentar o grau de polimerização (Price *et al.*, 2004).

A estabilidade de cor é cada vez mais uma característica fulcral nas resinas compostas dependendo de vários factores como: a composição da matriz orgânica; a tecnologia de fotopolimerização; o fotoiniciador; a irregularidade da superfície; a distância à fonte de luz e o grau de polimerização. Quanto menor o grau de conversão maior a quantidade de monómero que fica disponível para formar produtos com

alteração de cor. Portanto, a fotopolimerização e a distância a que esta se realiza têm influência na estabilidade da cor (Al-kheraif, 2011).

4. Distância de Fotopolimerização

Existem diversas situações clínicas nas quais é difícil colocar a luz fotopolimerizadora em contacto com a resina composta como em doentes não colaborantes, áreas de difícil acesso e cavidades profundas. Visto que o grau de polimerização depende da intensidade e qualidade da luz e do tempo de exposição, a impossibilidade de colocar a luz em contacto próximo pode originar um déficite de polimerização (Sfondrini *et al.*, 2006).

Independentemente do aparelho de fotopolimerização utilizado (arco de plasma, halogéneo quartzo-tungsténio ou LED) segundo Caldas, Almeida, Correr-Sobrinho, Sinhoreti e Consani (2003) quanto maior a distância da fotopolimerização menor a dureza final das resinas compostas. Price *et al.* (2004) descreveram que o aumento da distância da fotopolimerização tem diferentes resultados consoante os diferentes aparelhos de fotopolimerização. Segundo estes autores nas boxes que distam entre 6 a 8 mm, visto a luz emitida ser divergente, há uma redução de aproximadamente 50% da densidade de potência que alcança a parede gengival (Price *et al.* (2004). Num estudo realizado por Holroyd e Ilie (2013) a densidade de potência diminuiu aproximadamente 400 mW/cm^2 de uma distância de 4 mm para uma de 7 mm.

Segundo Al-kheraif (2011), a distância da fotopolimerização é um factor de risco na estabilidade de cor das resinas compostas, juntamente com a irregularidade da superfície, a composição da resina e a profundidade de polimerização. Também Garcia *et al.* (2006) e Sevkusic *et al.* (2014) referiram também que a distância da fotopolimerização é um factor com influência na qualidade da polimerização.

A distância de fotopolimerização habitualmente recomendada tem sido a de 1 mm (Garcia *et al.*, 2006 e Thomé, Steagall, Tachibana, Braga & Turbino, 2007). Presentemente, Anand e Balasubramanian (2014) recomendam que seja até 2 mm.

5. Inibição da Polimerização pelo Oxigénio

A presença de oxigénio aquando da fotopolimerização resulta na formação de uma camada inibida na superfície da resina composta (Shawkat *et al.*, 2009; Park & Lee, 2011 e Oyama *et al.*, 2012). Segundo Shawkat *et al.* (2009) estudos anteriores demonstraram que esta camada pode apresentar espessuras entre 4 µm a 40 µm. Porém, segundo Park e Lee (2011) os valores são entre 10 µm e 200 µm. A espessura parece depender de factores como a constituição química do monómero presente, a morfologia das partículas, a concentração de radicais livres e a quantidade de oxigénio consumida. A acção dos dois últimos factores pode ser minorada aumentando a concentração do fotoiniciador e a intensidade da luz polimerizadora (Shawkat *et al.*, 2009).

A inibição da polimerização pelo oxigénio ocorre visto este gás reagir com os radicais livres presentes na resina composta formando radicais de peróxido não-reactivos que retardam ou terminam a reacção de polimerização (Shawkat *et al.*, 2009 e Oyama *et al.*, 2012). Os radicais de peróxido são igualmente responsáveis pela repressão do estado de excitabilidade da canforoquinona, limitando assim o início da reacção (Oyama *et al.*, 2012). Assim, a presença de oxigénio diminui a excitabilidade do fotoiniciador e estabiliza os radicais livres (Park & Lee, 2011).

A existência desta camada inibida na restauração afecta o prognóstico da mesma visto levar a uma redução da dureza de superfície, da resistência ao desgaste e da adaptação marginal (Park & Lee, 2011). Existem autores, como Shawkat *et al.* (2009) que afirmam que esta camada pode ser adequadamente eliminada com o acabamento da restauração, com o uso de matrizes de acetato ou com a utilização de glicerina. Porém, outros como Park e Lee (2011) descrevem que esta camada não é completamente removida com procedimentos de ajuste oclusal, acabamento e polimento, ficando assim comprometida a qualidade da restauração. Contudo, concordando que as matrizes de acetato e glicerina têm uma acção redutora da inibição do oxigénio. De facto, Park e Lee (2011) descrevem, por um lado, a funcionalidade das matrizes nas cavidades proximais e vestibulo-linguais, e por outro, a da glicerina nas cavidades oclusais e áreas de acesso difícil. Os mesmos afirmam existirem poucos estudos comparativos entre a eficácia das matrizes de acetato versus a glicerina.

Como previamente descrito, o grau de polimerização é afectado pelo fotoiniciador; conteúdo e dimensão das partículas; cor, intensidade da luz e tempo de fotopolimerização. Park e Lee (2011) asseguram que estes factores influenciam igualmente a formação da camada inibida.

6. Cor

Numa restauração, a cor é um dos principais parâmetros avaliados pelos doentes, principalmente no sector anterior (Polo *et al.*, 2013).

Em 1932 Clark afirmou “a cor, como a forma, tem três dimensões porém não são de uso geral”, citado por Sproull (1973).

Em Medicina Dentária, a cor e a sua selecção têm por base o sistema *Munsell*. Este sistema pode ser representado por uma árvore que apresenta uma organização tridimensional das cores (Sproull, 1973), como representado na figura 3.

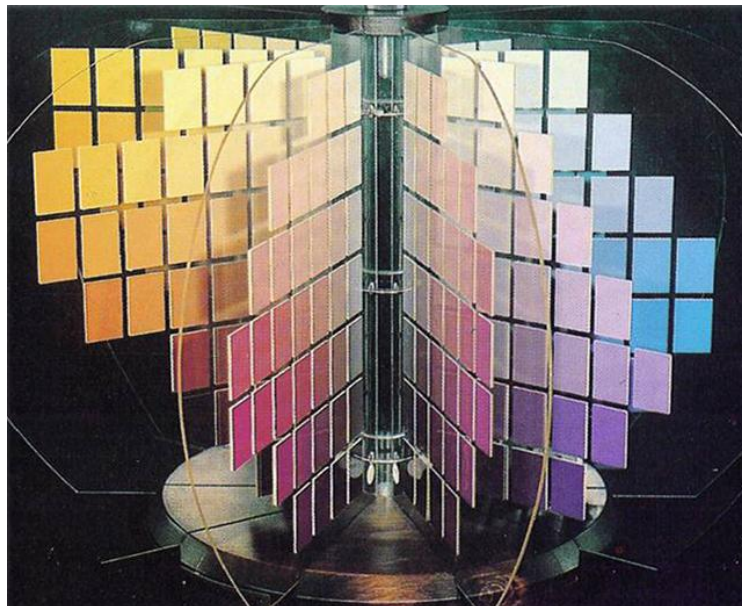


Figura 3. Árvore do sistema *Munsell* – (Adaptado de Sproull, 1973)

A cor apresenta portanto uma grande complexidade tanto objectiva quanto subjectiva com três dimensões. Estas dimensões são matiz, valor e croma e descrevem a cor assim como o comprimento, profundidade e largura descrevem a forma (Sproull,

1973). O matiz é a primeira dimensão e a mais fácil de descrever e compreender. Segundo Munsell (1961a) como citado por Sproull (1973) “é aquela qualidade pela qual distinguimos uma família de cor, como vermelho de amarelo, verde de azul ou roxo”. Quanto ao valor “é aquela qualidade pela qual distinguimos uma cor clara de uma cor escura” citado por Sproull (1973) de Munsell (1961a). Relativamente ao croma, muitas vezes confundido com o valor, “é aquela qualidade pela qual distinguimos uma cor forte de uma ténue; a intensidade de um matiz”, como citado por Sproull (1973) de Munsell (1961b). Assim, o croma refere-se à quantidade de matiz numa cor (Sproull, 1973).

Em 1931 tendo por base o sistema *Munsell*, Clark introduziu uma escala de cores para selecção da cor dentária (Yuan, Brewer, Monaco & Davis, 2007). Aquando da selecção da cor, é aconselhável iniciar-se pelo valor, seguindo-se o croma (Ahn & Lee, 2008).

Na área da investigação da cor tem sido utilizado o sistema CIE 1976 ($L^*a^*b^*$), cuja abreviatura é CIELAB (Schanda, 2007). Este sistema foi desenvolvido pela *Comission Internationale de l'Éclairage* em 1976. Utiliza três coordenadas L^* , a^* e b^* . A coordenada L^* corresponde ao eixo vertical e tem o seu valor máximo no 100. Representa a quantidade de branco, sendo que quando igual a 100 corresponde à cor branca e quando igual a 0 corresponde à cor preta. Os eixos a^* e b^* não têm limites numéricos. A coordenada a^* representa o eixo verde-vermelho, sendo que valores negativos representam um aumento de verde enquanto valores positivos correspondem a um aumento de vermelho. A coordenada b^* , por sua vez, representa o eixo azul-amarelo, correspondendo quando negativa a um aumento de azul e quando positiva a um aumento de amarelo. Uma cor específica tem a sua localização em determinada localização espacial dos três eixos (Yuan *et al.*, 2007; Ahn & Lee, 2008 e Chang *et al.*, 2013). A partir do conhecimento das três coordenadas em dois diferentes tempos é possível o cálculo de ΔE^*_{ab} . ΔE^*_{ab} representa a magnitude da diferença de cor, porém não indica a direcção da diferença (Yuan *et al.*, 2007). De acordo com Costa *et al.* (2010); Schmeling *et al.* (2010) e Chang *et al.* (2013) um valor de ΔE^*_{ab} superior a 3,3 é considerado como o limite aceitável clinicamente. Ou seja, com valores de ΔE^*_{ab} a partir de 3,3 50% dos observadores considera a restauração esteticamente inaceitável (Lee, 2005; Ikeda, Sidhu, Omata, Fujita e Sano, 2005 e Chu *et al.*, 2010). Por outro

lado, o limiar da perceptibilidade corresponde a um valor de ΔE^*_{ab} de 1,0 pois a diferença de cor é perceptível a 50% dos observadores (Chu *et al.*, 2010).

Desde que criado, o sistema CIELAB tem vindo a substituir sistemas mais antigos visto permitir uma homogeneização da avaliação da diferença de cor assim como a descrição da cor no meio técnico (Schanda, 2007). A figura 4 representa os três eixos do sistema CIELAB.

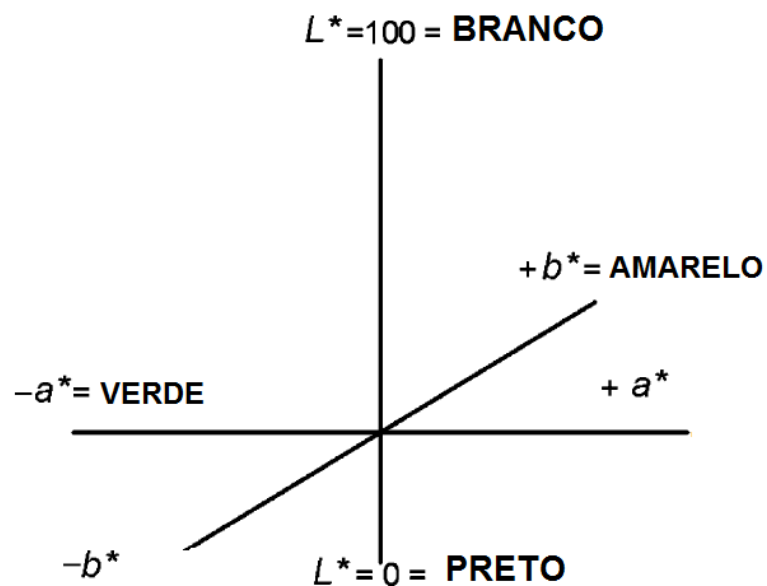


Figura 4. Diagrama dos eixos do sistema CIELAB – (Adaptado de Schanda 2007)

7. Estabilidade de Cor

A percepção da cor é um processo subjectivo que varia entre indivíduos (Alkheraif, 2011). Consoante este autor existem vários aspectos fundamentais na estabilidade de cor das resinas compostas, que podem ser agrupados em três categorias com ordem decrescente de importância: propriedades do material restaurador como composição, grau de polimerização e estabilidade biológica como a resistência à absorção e adsorção de substâncias pigmentantes; condições clínicas como o tipo de luz polimerizadora, o modo, tempo e distância de fotopolimerização; e por fim, o ambiente

no qual é colocada a restauração, como as características da superfície da resina composta (Al-kheraif, 2011).

Um dos problemas associados às resinas compostas é portanto a instabilidade cromática devido à incompleta conversão dos monómeros que ficam disponíveis para absorver substâncias pigmentantes (Nakazawa, 2009). As resinas compostas são mais hidrofílicas do que a cerâmica e logo mais facilmente influenciadas por corantes (Ardu *et al.*, 2010).

A susceptibilidade à pigmentação por corantes aquosos está directamente relacionada com o grau de absorção de água, logo com a natureza hidrofílica da matriz resinosa. Enquanto que resinas menos susceptíveis à absorção de água são mais susceptíveis à descoloração por soluções hidrofóbicas como óleos (Ardu *et al.*, 2010).

Foi demonstrado em diversos estudos que a própria absorção de água provoca alteração de cor (Khalil, 2005; EL-Sharkawy, Zaghloul & Ell-kappaney, 2012 e Svizero *et al.*, 2012). Sendo a água o principal componente da saliva (Khalil, 2005 e Prejmerean, Buruiana, Nunes, Moldovan & Colceriu, 2011) a exposição ao meio oral leva à absorção de água pelas resinas compostas e às respectivas consequências (EL-Sharkawy *et al.*, 2012).

8. Métodos de Avaliação da Cor

Segundo Yamamoto, Hosoya, Tsumura e Ogawa-Ochiai (2011) uma selecção precisa da cor dentária é uma das mais difíceis tarefas, visto todos os objectos apresentarem uma reflectância específica. Dois objectos podem, em termos de cor, ser idênticos sobre determinada iluminação mas diferentes sobre outra devido ao fenómeno metamerismo (Kim, Lee, Lim, Rhee e Yang, 2007; Sikri, 2010 e Yamamoto *et al.*, 2011).

Existem duas formas de se avaliar a cor em Medicina Dentária, uma subjectiva através da observação de escalas de cor, e uma objectiva através de aparelhos como o espectrofotómetro (Polo *et al.*, 2013).

O método subjectivo é condicionado por condições de avaliação inferiores às ideais; pelas ferramentas; pelo método; pela fadiga e estado de espírito do observador e pela utilização de determinados medicamentos, citado por Chu *et al.* (2010) de Ahmad (2000). Porém, enquanto o olho humano consegue fazer uma avaliação pormenorizada, conseguindo discernir pequenas diferenças, a comunicação dessa avaliação é que se apresenta mais fraca (Chu *et al.*, 2010).

Segundo Horn, Bulan-Brady e Hicks (1998), citado por Polo *et al.* (2013) o espectrofotómetro apresenta-se como um meio mais confiável de determinação da cor *in vitro* do que o olho humano. Os mesmos autores referem que essa conclusão também foi alcançada por Paul, Peter, Pietrobon e Hammerie (2002). Contudo, clinicamente, segundo Chu, Trushkowsky e Paravina (2010) o método subjectivo continua a ser o mais utilizado principalmente com o auxílio da escala de cor *Vitapan Classical* (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha) e suas derivações.

Devido ao crescente interesse pela estética muitos aparelhos de medição de cor têm sido introduzidos no mercado de forma a permitir uma selecção mais rigorosa da cor e um melhor controlo dos branqueamentos dentários (Chang *et al.*, 2013). A década de 90 marcou o nascimento desta nova tecnologia virada para a análise, comunicação e verificação da cor (Chu *et al.*, 2010). De facto, actualmente existem vários métodos objectivos de determinação de cor: câmaras digitais, colorímetros, espectrofotómetros e espectroradiómetros (Chu, Trushkowsky & Paravina, 2010; Sikri, 2010 e Yamamoto *et al.*, 2010).

Relativamente às câmaras fotográficas permitem uma aquisição fácil de imagens a três cores: vermelho, verde e azul. Como desvantagens têm a impossibilidade de simular diferentes iluminações e a necessidade da avaliação subjectiva pelo operador. São um dos meios mais básicos de aquisição de cor, como referido por Chu *et al.* (2010) e por Yamamoto *et al.* (2010).

Quanto aos colorímetros, filtram a luz nas regiões de vermelho, verde e azul do espectro visível. Não realizam o registo da reflectância espectral e tendem a ser menos exactos que os espectrofotómetros (Chu *et al.*, 2010).

Como mencionado por Chang *et al.* (2013), os “espectrofotómetros funcionam pela medição quantitativa das propriedades de reflexão ou transmissão de um material em função do seu comprimento de onda”. Estes instrumentos “medem a quantidade de energia de luz reflectida a partir de um objecto em intervalos de 1 - 25 nm ao longo do espectro visível” referido por Chu *et al.* (2010). Os dados obtidos pelo instrumento são frequentemente convertidos nas cores das respectivas escalas de cor dentária (Chu *et al.*, 2010). Estes aparelhos necessitam de um posicionamento correcto para uma medição rigorosa. Esta situação é condicionada intra-oralmente pela convexidade dos dentes (Polo *et al.*, 2013). A avaliação feita pelos espectrofotómetros é mais confiável do que a feita pelo olho humano (Polo *et al.*, 2013). De facto, segundo um estudo realizado por Paul, Peter, Pietrobon e Hammerie (2002) e descrito por Chu *et al.* (2010) quando comparados com a observação subjectiva, os espectrofotómetros apresentam uma acurácia superior em 33% e uma correspondência de 93,3%. Como referido por Paul, Peter, Rodoni e Pietrobon (2004) em Chu *et al.* (2010) são também aparelhos práticos e flexíveis.

II. Objectivos e Hipóteses de Estudo

1. Objectivos

Pretende-se com este trabalho de investigação determinar se a distância da luz fotopolimerizadora influencia a cor final das resinas compostas.

Igualmente objectiva-se precisar se a aplicação de glicerina na último incremento tem influência na cor das resina compostas.

2. Hipóteses de Estudo

Hipótese nula 1: a distância da luz fotopolimerizadora não influencia a estabilidade de cor das resinas compostas.

Hipótese nula 2: a utilização de glicerina não altera a estabilidade de cor das resinas compostas.

Hipótese alternativa 1: a distância da luz fotopolimerizadora influencia a estabilidade de cor das resinas compostas.

Hipótese alternativa 2: A glicerina altera a estabilidade de cor das resinas compostas.

III. Materiais e Métodos

1. Materiais

Os materiais utilizados foram:

- Molde de aço inoxidável com 5 orifícios circunferenciais com 2 mm de espessura e 10 mm de diâmetro (ISCSEM);
- Espátula recta (ASA Dental – Bozzano, Italy);
- Espátula angulada (ASA Dental – Bozzano, Italy);
- Godé (3M ESPE – Minnesota, EUA);
- Resina composta *Polofil*[®] *Supra* cor A2, lote 1340178 (Voco – Cuxhaven, Alemanha);
- Resina composta *Filtek*TM *Z250* cor A2, lote N520539 (3M ESPE – Minnesota, EUA);
- 2 Placas de vidro de mistura;
- 2 Folhas de acetato;
- Glicerina farmacêutica (Lacrilar – Ramalhal, Portugal);
- Pincel (Astek Innovations, Ltd. – Cheshire, Inglaterra);
- Aparelho fotopolimerizador Optilux 501 (sds Kerr – Orange, EUA);
- Radiómetro Optilux Radiometer (sds Kerr – Orange, EUA);
- Suporte do fotopolimerizador com 2 mm de altura em resina acrílica transparente;
- Suporte do fotopolimerizador com 6 mm de altura em resina acrílica transparente;
- Estufa de incubação (Mettler – Schwabach, Alemanha);
- Espectrofotómetro Spectro-Shade Micro (MHT – Verona, Itália) ;
- Fundo preto;
- Modelo frasco (Frasaco GmbH – Tettang, Alemanha);
- Aparelho de termociclagem (Aralab – Rio de Mouro, Portugal);
- Copos de armazenamento das amostras (Dentalab, S.L. – Barcelona, Espanha).

2. Métodos

Utilizando um molde de aço inoxidável com 2 mm de espessura e 10 mm de diâmetro foram criadas 60 amostras, 30 com a resina composta *Polofil[®] Supra* cor A2 (Voco – Cuxhaven, Alemanha) e 30 com a resina composta *Filtek[™] Z250* cor A2 (3M ESPE – Minnesota, EUA). O molde de aço inoxidável pode ser visualizado na figura 5 e o esquema da amostra realizada na figura 6.



Figura 5. Molde de aço inoxidável (ISCSEM)

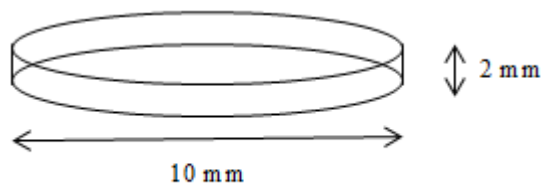


Figura 6. Esquema representativo dos discos de resina composta realizados

Na figura 7 encontram-se as resinas compostas utilizadas neste estudo.



Figura 7. Resina composta *Polofil[®] Supra* cor A2, lote 1340178 (Voco – Cuxhaven, Alemanha) e resina composta *Filtek[™] Z250* cor A2, lote N520539 (3M ESPE – Minnesota, EUA)

A metodologia foi a seguinte:

1. Colocação de uma placa de vidro;
2. Colocação de uma folha de acetato sobre a placa de vidro;
3. Colocação do molde de aço inoxidável sobre a folha de acetato;
4. Inserção da resina composta com o auxílio da espátula angulada;
5. Remoção dos excessos;
6. Colocação de outra folha de acetato;
7. Colocação de outra placa de vidro, realizando-se pressão de forma a tornar a superfície lisa (Lee, 2005 e Al-kheraif, 2011);
8. Remoção da placa de vidro;
9. Fotopolimerização por 10 segundos. O fotopolimerizador utilizado encontra-se na figura 8;



Figura 8. Fotopolimerizador Optilux 501(sds Kerr – Orange, EUA)

10. A avaliação da intensidade de radiação da luz com radiômetro foi feita no início de cada cinco fotopolimerizações;
11. Remoção da folha de acetato;
12. Aplicação de glicerina com pincel nas faces superiores das amostras dos grupos P2G e F2G;
13. Fotopolimerização das amostras de acordo com as recomendações dos fabricantes e utilizando os suportes da figura 9:

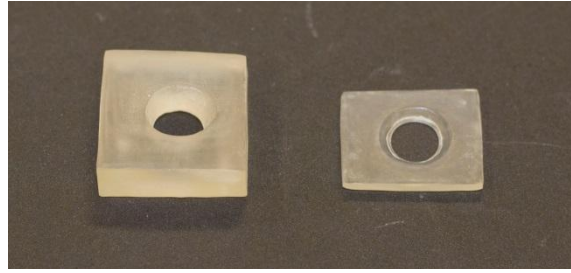


Figura 9. Suportes de 6 mm e 2 mm de altura em resina acrílica transparente

- Resina composta *Polofil[®] Supra*:
 - 10 amostras (grupo P2): fotopolimerizadas a 2 mm durante 40 segundos;
 - 10 amostras (grupo P6): fotopolimerizadas a 6 mm durante 40 segundos;
 - 10 amostras (grupo P2G): fotopolimerizadas a 2 mm durante 40 segundos;
- Resina composta *FiltekTM Z250*:
 - 10 amostras (grupo F2): fotopolimerizadas a 2 mm durante 20 segundos;
 - 10 amostras (grupo F6): fotopolimerizadas a 6 mm durante 20 segundos;
 - 10 amostras (grupo F2G): fotopolimerizadas a 2 mm durante 20 segundos;

O esquema da fotopolimerização a 6 mm encontra-se esquematizado na figura 10 e é possível ser visualizado na figura 11.

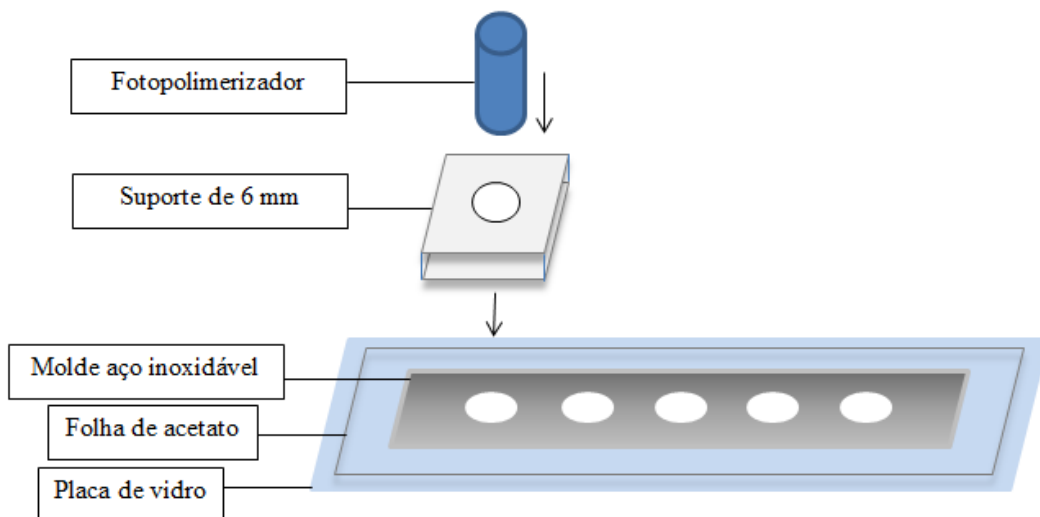


Figura 10. Esquema da fotopolimerização a 6 mm



Figura 11. Fotopolimerização com o suporte de 6 mm

14. Avaliação da intensidade de radiação da luz com radiómetro no início de cada cinco fotopolimerizações;
15. Lavagem com jacto de água corrente até à remoção completa dos resíduos de glicerina dos grupos P2G e F2G;
16. Armazenamento das amostras a 37°C em estufa durante 24 horas. A estufa utilizada encontra-se na figura 12;

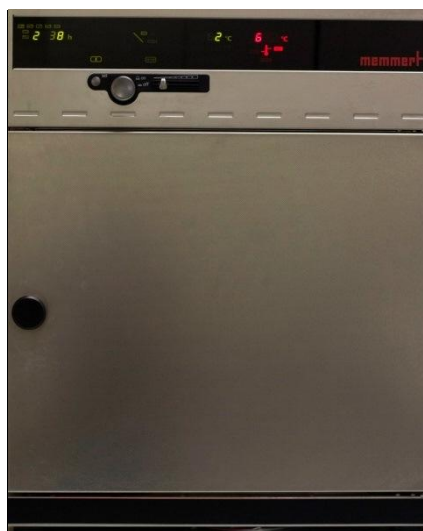


Figura 12. Estufa de incubação (Memmert – Schwabach, Alemanha)

17. Realização da primeira leitura da superfície das 60 amostras com espectrofotómetro em modelo frasco de modo a padronizar as leituras, sobre um fundo preto: realização de 3 leituras por amostra;
18. A calibragem do espectrofotómetro foi realizada a cada 3 leituras;

19. Termociclagem das amostras: 2500 ciclos em água destilada a 5°C e 55°C durante 30 segundos, de forma a simular 3 meses na cavidade oral (Munk *et al.*, 2005; Sokucu *et al.*, 2010 e Yun *et al.*, 2013). O termociclador encontra-se na figura 13;



Figura 13. Termociclador (Aralab – Rio de Mouro, Portugal)

20. Nova leitura em espectrofotómetro com modelo frasco sobre o fundo preto: realização de 3 leituras por amostra;

21. Realização da análise estatística:

- Para a análise estatística dos dados foi utilizado o *software* IBM SPSS Statistics 21 (SPSS, Inc., Chicago, EUA);

- As leituras com espectrofotómetro foram efectuadas utilizando as coordenadas do Sistema CIELAB desenvolvido pela *Comission Internationale de l'Eclairage*. Na avaliação da cor dentária têm sido utilizados diversos sistemas, porém este sistema é o mais frequentemente utilizado (Paravina, Kimura & Powers, 2006 e Ahn & Lee, 2008).

- Cálculo da média aritmética das 3 leituras de cada amostra (Costa *et al.*, 2010; Schmeling, 2010 e Al-kheraif, 2011);

- Cálculo do valor de ΔE^*_{ab} segundo a fórmula $\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ (Vichi, Ferrari & Davidson, 2004 e Yuan *et al.*, 2007);

- Realização do teste de ajustamento à normalidade *Shapiro-Wilk* e do teste paramétrico de hipóteses *t de Student*.

As amostras de cada grupo, após a termociclagem, encontram-se na figura 14.

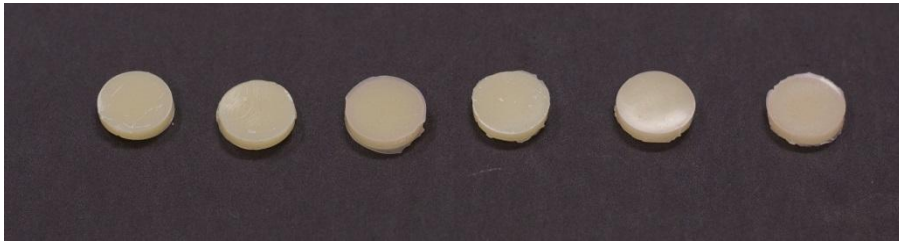


Figura 14. Amostras após termociclagem

A metodologia encontra-se esquematizada na figura 15.

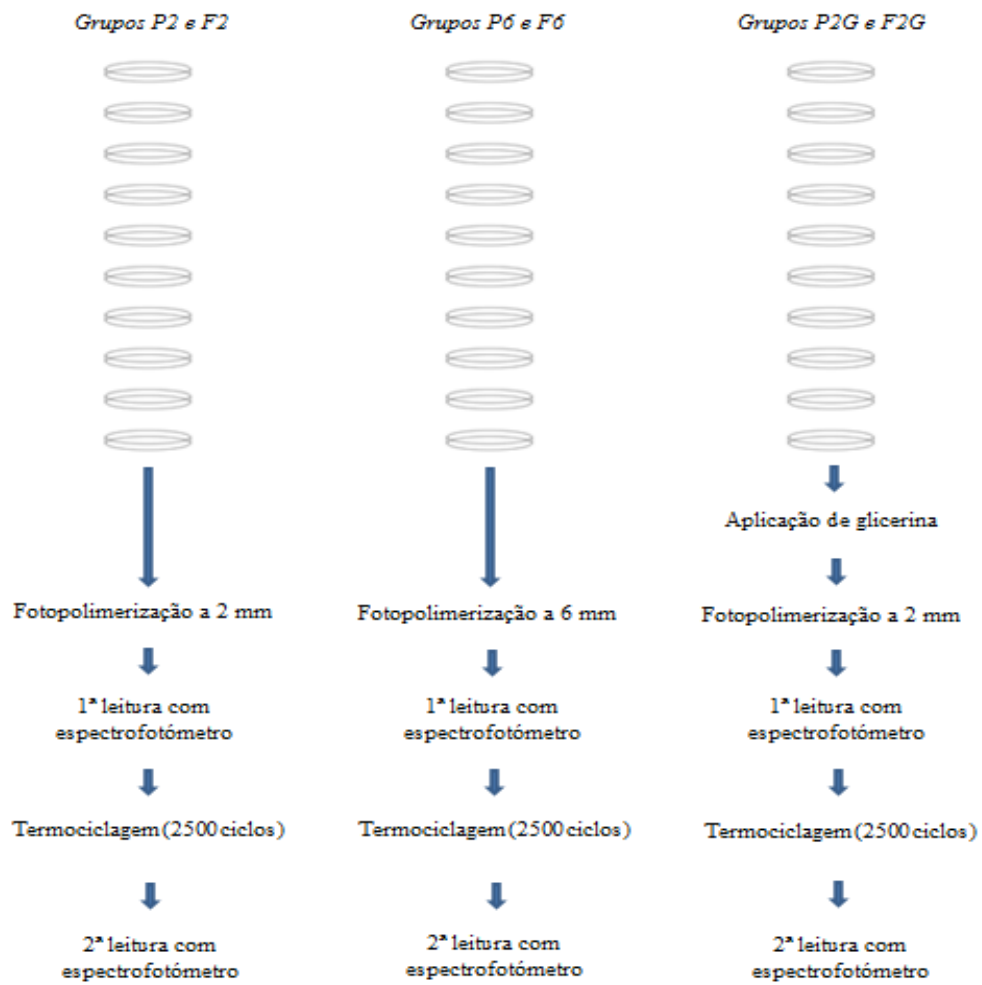


Figura 15. Esquema representativo da metodologia utilizada

IV. Resultados

Os resultados obtidos no presente estudo demonstraram algumas alterações na estabilidade da cor.

Na figura 16 encontram-se os valores da coordenada L* do sistema CIELAB das 10 amostras de cada grupo da resina composta *Polofil[®] Supra* em cada uma das leituras com espectrofotômetro.

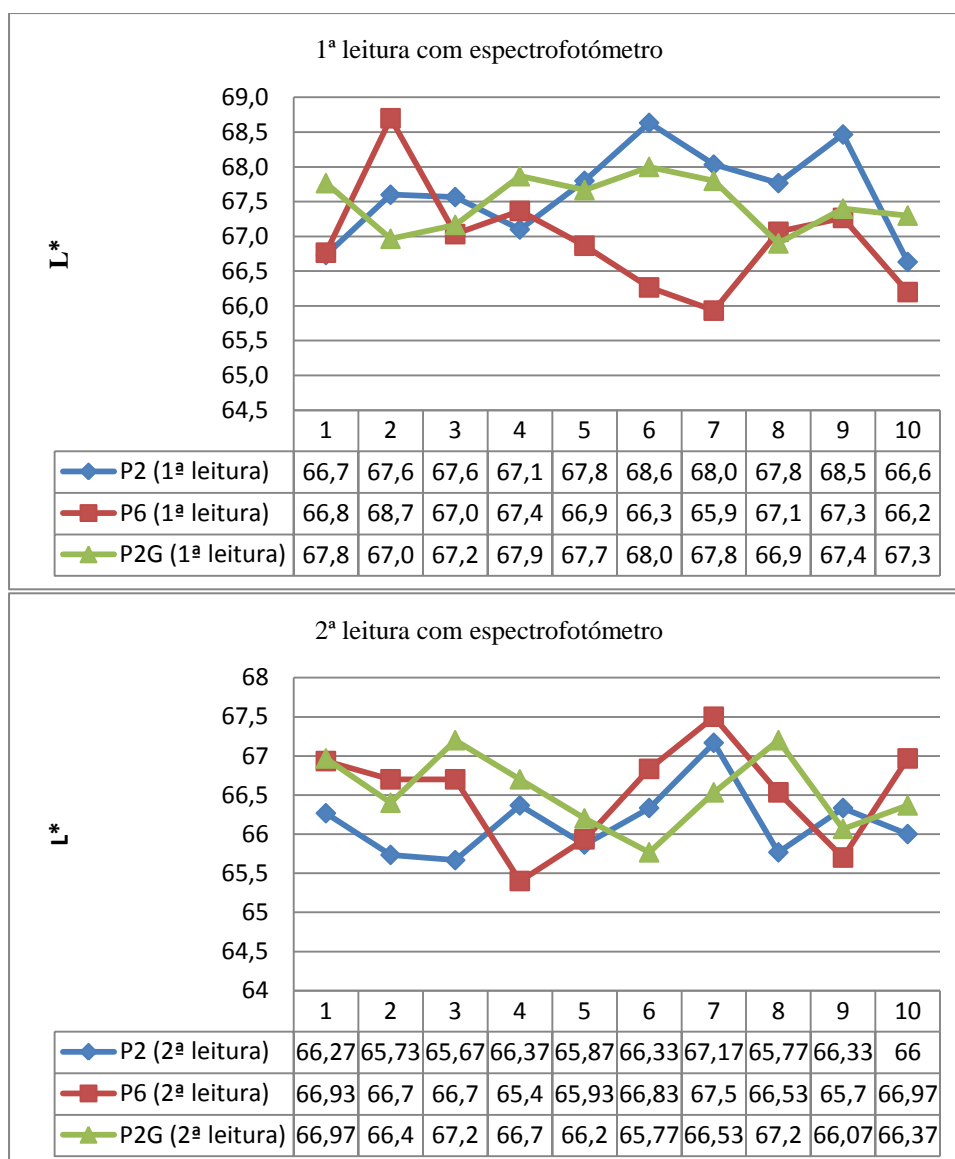


Figura 16. Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotômetro da resina composta *Polofil[®] Supra* (valores de L* do sistema CIELAB)

Na figura 17 encontram-se os valores da coordenada a^* do sistema CIELAB das 10 amostras de cada grupo da resina composta *Polofil[®] Supra* em cada uma das leituras.

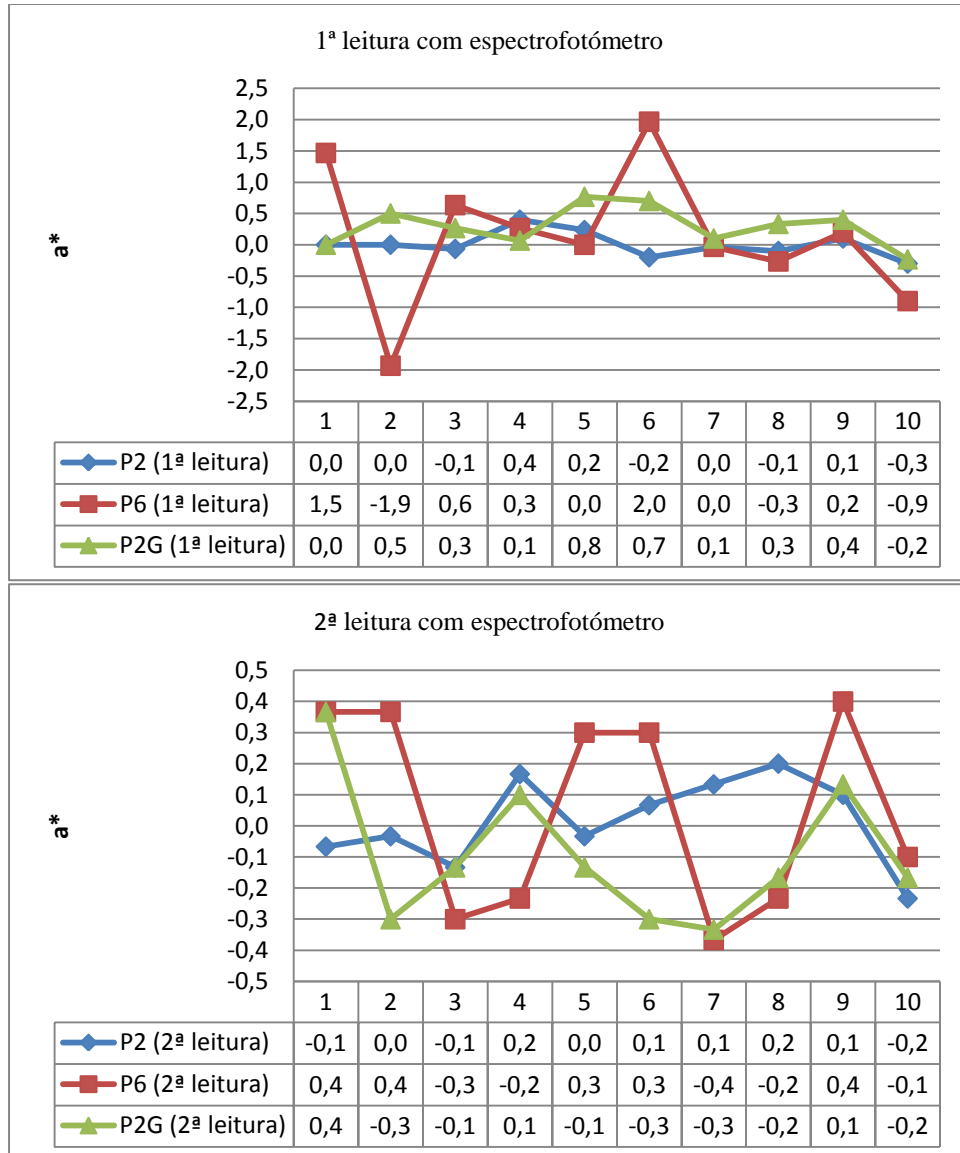


Figura 17. Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotómetro da resina composta *Polofil[®] Supra* (valores de a^* do sistema CIELAB)

Na figura 18 encontram-se os valores da coordenada b^* do sistema CIELAB de cada grupo das 10 amostras da resina composta *Polofil[®] Supra* em ambas as leituras.

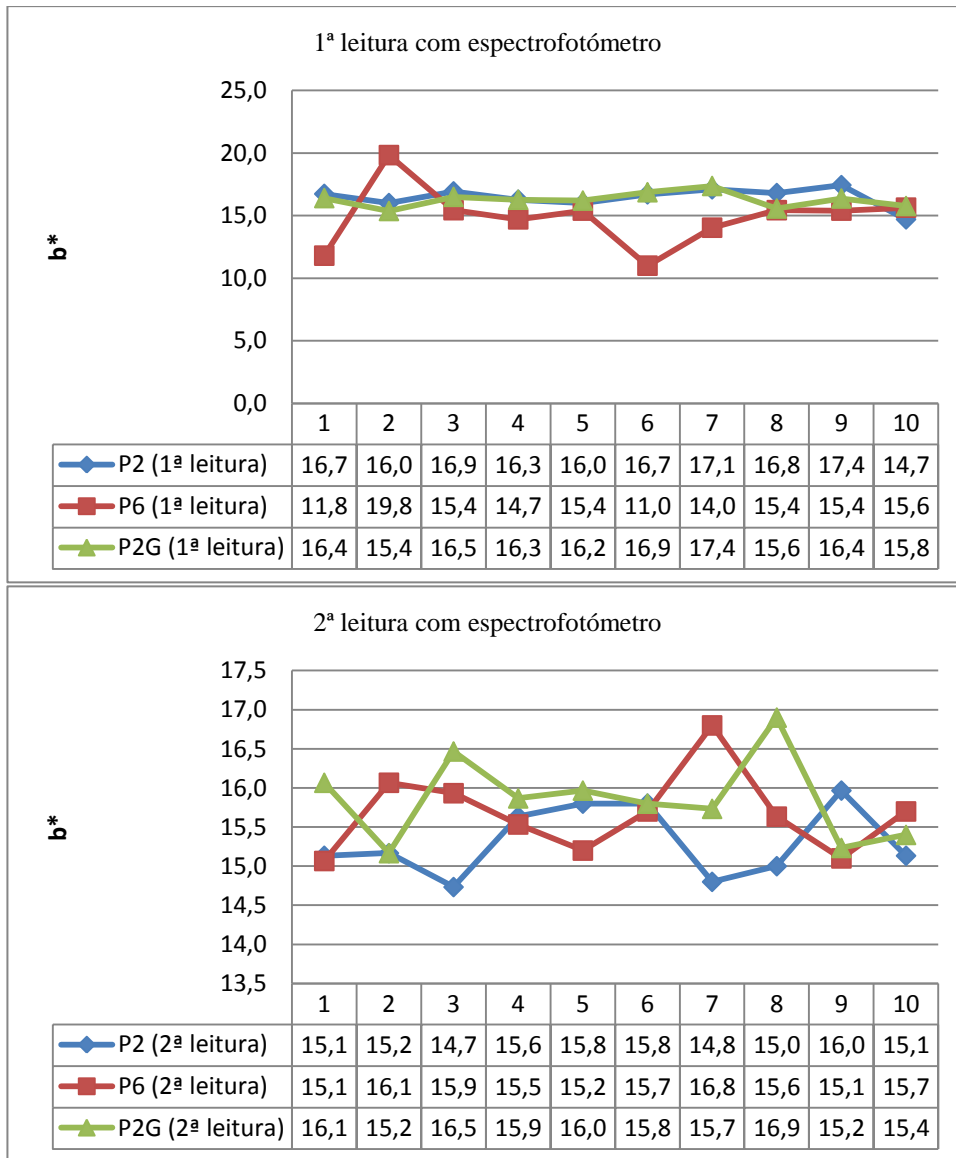


Figura 18. Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotómetro da resina composta *Polofil® Supra* (valores de b^* do sistema CIELAB)

Os valores da coordenada L^* do sistema CIELAB referentes às 10 amostras de cada grupo da resina composta *Filtek™ Z250* encontram-se na figura 19.

Resultados

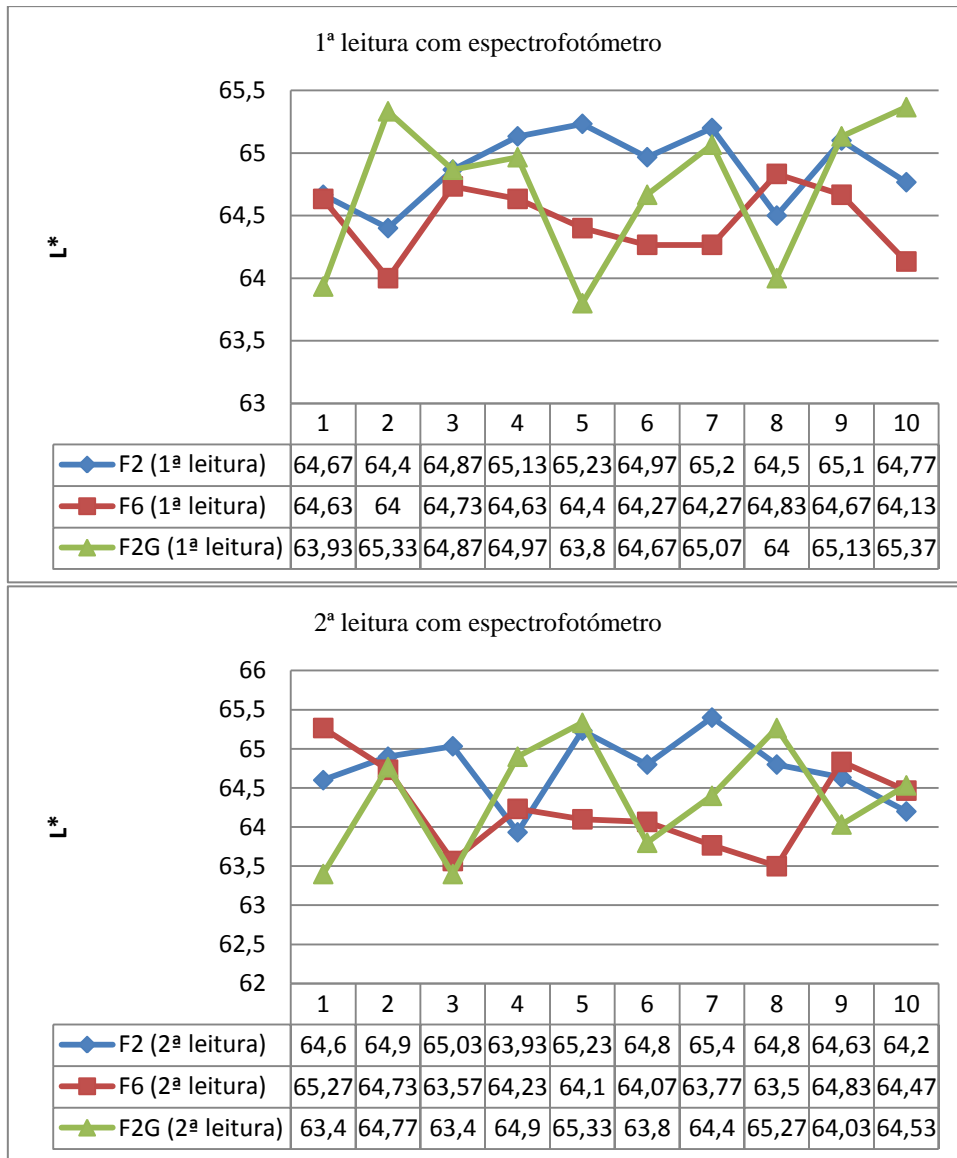


Figura 19. Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotômetro da resina composta *Filtek™ Z250* (valores de L* do sistema CIELAB)

Os valores da coordenada a* referentes às 10 amostras dos três grupos da resina composta *Filtek™ Z250* encontram-se na figura 20.

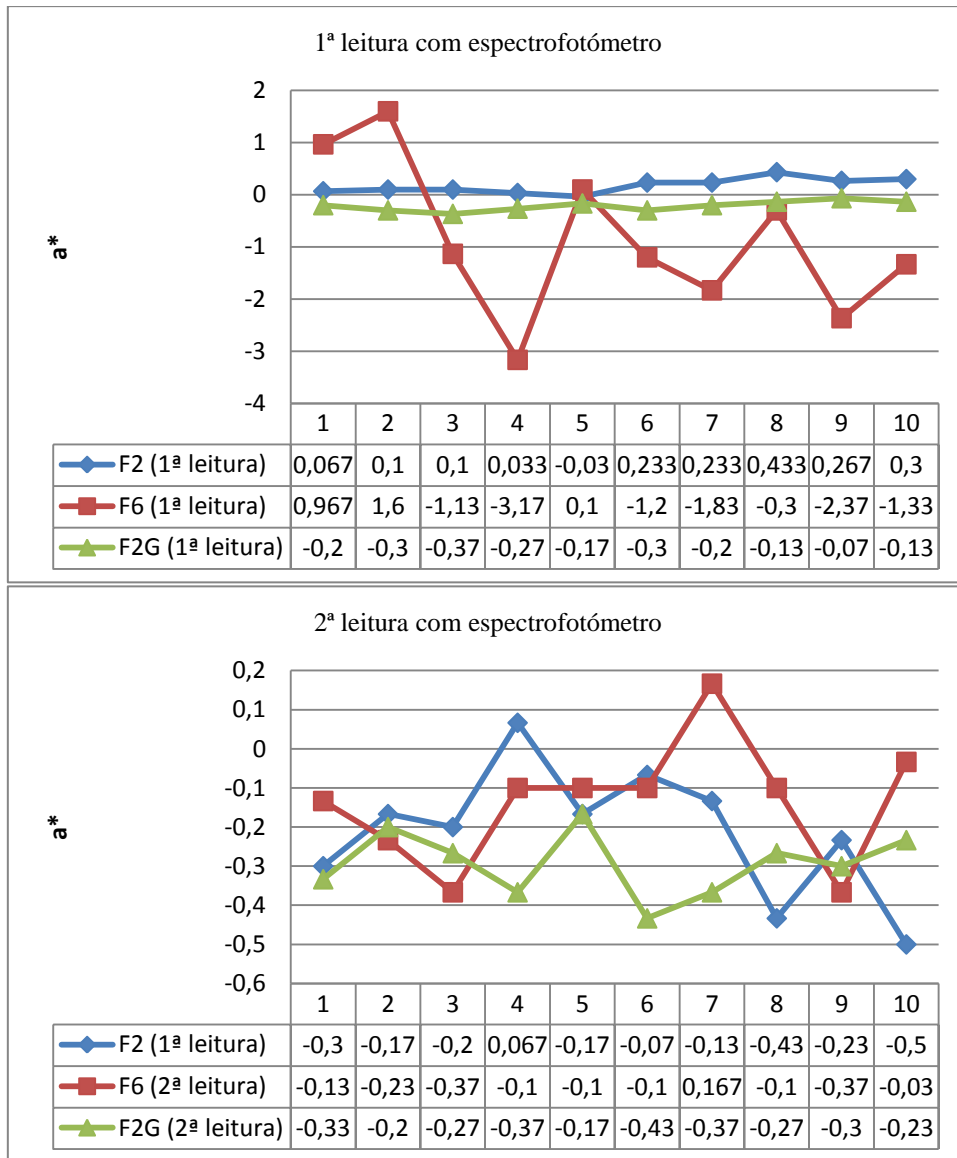


Figura 20. Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotómetro da resina composta *Filtek™ Z250* (valores de a^* do sistema CIELAB)

Os valores da coordenada b^* referentes às 10 amostras de cada grupo da resina composta *Filtek™ Z250* encontram-se na figura 21.

Resultados

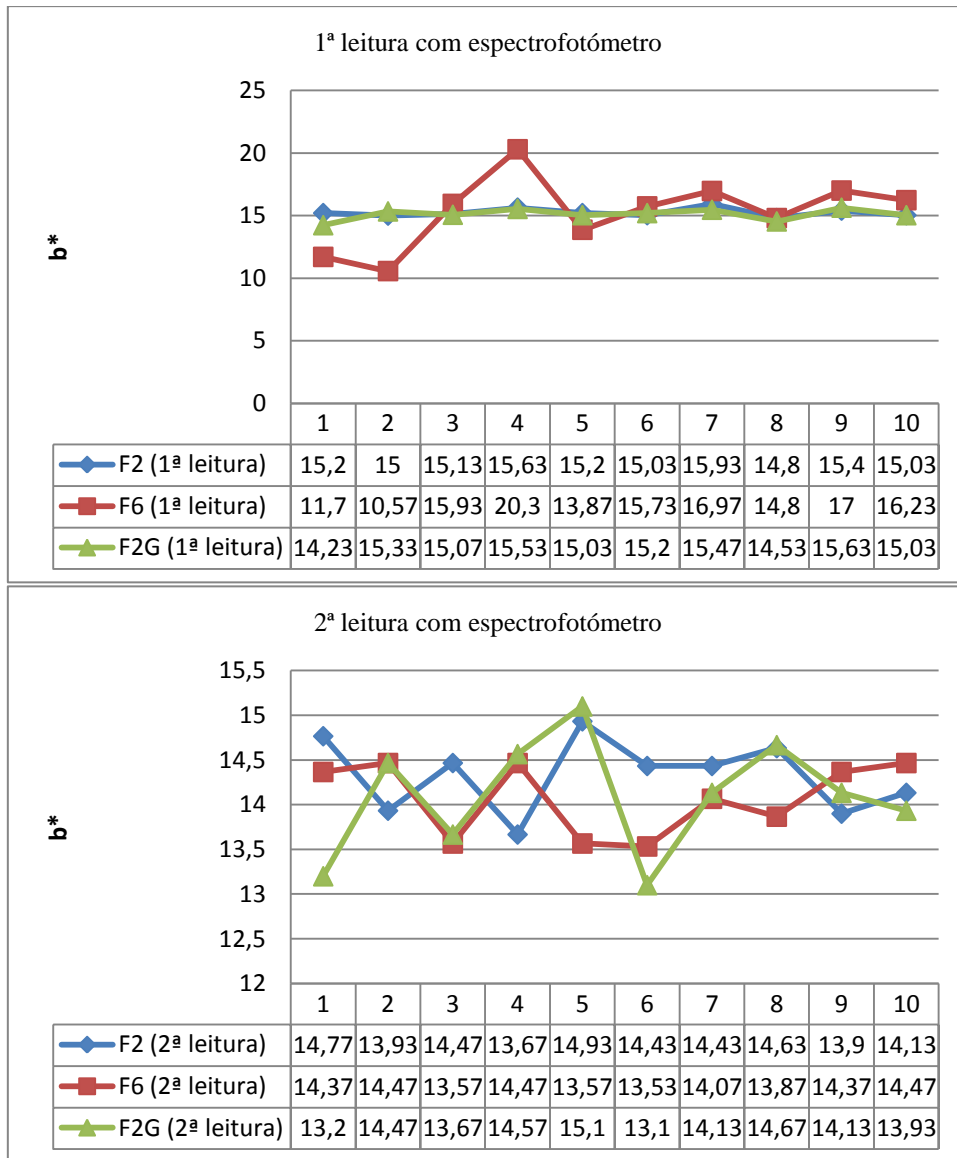


Figura 21. Apresentação dos resultados das duas leituras com espectrofotômetro da resina composta *Filtek™ Z250* (valores de b^* do sistema CIELAB)

Os valores das médias finais de ΔE^*_{ab} e respectivos desvios padrão estão descritos na tabela 1.

Tabela 1. Apresentação dos resultados

	<i>Grupo P2</i>	<i>Grupo P6</i>	<i>Grupo P2G</i>	<i>Grupo F2</i>	<i>Grupo F6</i>	<i>Grupo F2G</i>
média final de ΔE^*_{ab}	2,06	2,41	1,43	1,13	3,03	1,51
desvio padrão	$\pm 0,72$	$\pm 1,63$	$\pm 0,66$	$\pm 0,61$	$\pm 1,65$	$\pm 0,43$
intervalo de confiança 95%	1,54	1,25	0,96	0,70	1,85	1,20

Na figura 22 encontra-se um gráfico representativo das médias de ΔE^*_{ab} obtidas neste trabalho.

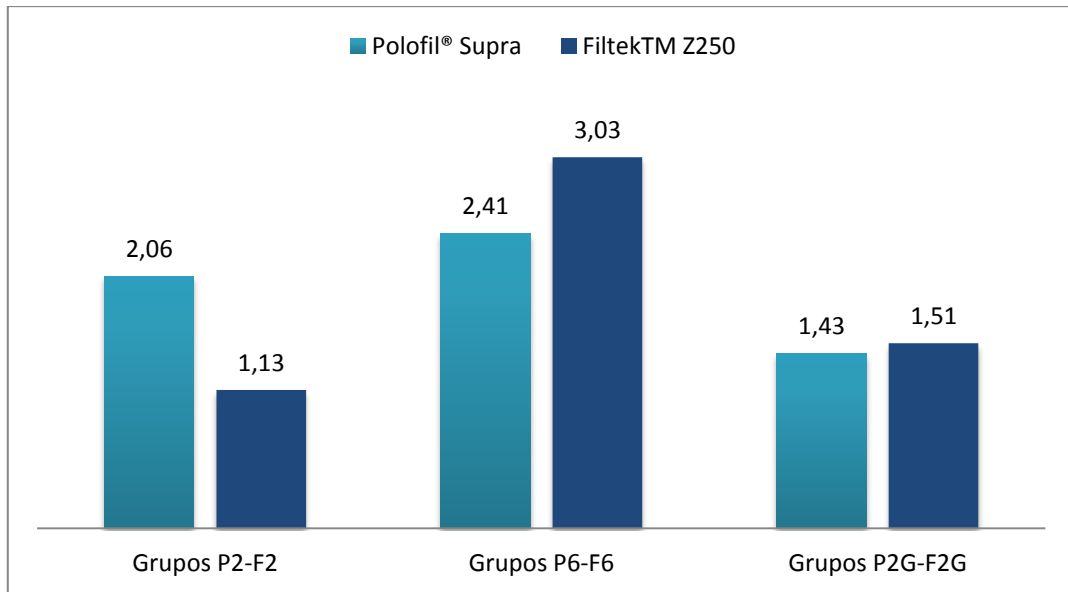


Figura 22. Apresentação dos resultados (valores de ΔE^*_{ab})

O menor valor de ΔE^*_{ab} foi obtido pela resina composta *Filtek™ Z250* fotopolimerizada a 2 mm enquanto o maior valor de ΔE^*_{ab} foi obtido pela mesma resina quando fotopolimerizada a 6 mm de distância.

De forma a se avaliar a normalidade da distribuição dos dados empregou-se o teste *Shapiro-Wilk*, cujos resultados estão expressos na tabela 2:

Tabela 2. Teste *Shapiro-Wilk*

<i>Shapiro-Wilk</i>						
	ΔE^*_{ab}	ΔE^*_{ab}	ΔE^*_{ab}	ΔE^*_{ab}	ΔE^*_{ab}	ΔE^*_{ab}
	<i>Grupo P2</i>	<i>Grupo P6</i>	<i>Grupo P2G</i>	<i>Grupo F2</i>	<i>Grupo F6</i>	<i>Grupo F2G</i>
Sig.	0,25	0,15	0,91	0,85	0,64	0,58

Após o teste verificou-se que todos os grupos apresentaram uma distribuição normal.

Como teste de hipóteses utilizou-se o teste *t de Student*. Foi estabelecido um nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados estatísticos dos testes *t de Student* estão descritos nas tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3. Teste *t de Student* hipótese nula 1

<i>t-Student</i>		
	<i>Grupo P2</i>	<i>Grupo F2</i>
	<i>Grupo P6</i>	<i>Grupo F6</i>
Sig.	0,545	0,003

Entre os grupos fotopolimerizados a 2 mm e a 6 mm da resina *Polofil® Supra* verificou-se um valor de $p=0,545$ logo, não estatisticamente significativo.

Por sua vez, entre os grupos fotopolimerizados a 2 mm e a 6 mm da resina *Filtek™ Z250* verificou-se um valor de $p=0,003$, portanto estatisticamente significativo.

Tabela 4. Teste *t de Student* hipótese nula 2

<i>t-Student</i>		
	<i>Grupo P2</i>	<i>Grupo F2</i>
	<i>Grupo P2G</i>	<i>Grupo F2G</i>
Sig.	0,058	0,125

Quando realizado o teste *t de Student* entre os grupos da resina composta *Polofil[®] Supra* e da *FiltekTM Z250* fotopolimerizados com e sem glicerina, os valores de *p* foram superiores a 0,05, não se obtendo assim significado estatístico.

Tabela 5. Teste *t de Student* entre resinas compostas *Polofil[®] Supra* e *FiltekTM Z250*

<i>t-Student</i>			
	<i>Grupo P6</i>	<i>Grupo P2</i>	<i>Grupo P2G</i>
	<i>Grupo F6</i>	<i>Grupo F2</i>	<i>Grupo F2G</i>
Sig.	0,406	0,006	0,771

Quando efectuada a relação entre as duas resinas compostas verificou-se uma diferença estatisticamente significativa ($p=0,006$) apenas entre os grupos fotopolimerizados a 2 mm de distância.

V. Discussão

A estabilidade cromática das resinas compostas tem uma grande importância estética devido à susceptibilidade à descoloração (Vichi *et al.*, 2004). Assim, o interesse pela cor e a sua estabilidade tem vindo a crescer nas últimas décadas em Medicina Dentária (Chu *et al.*, 2010).

No presente estudo foram avaliadas duas variáveis que poderão afectar a estabilidade da cor das resinas compostas. Este trabalho foi desenhado para avaliar a influência da distância de fotopolimerização e da aplicação de glicerina na estabilidade cromática de duas resinas compostas microhíbridas.

Assim como em diversos estudos, nomeadamente Lee *et al.* (2005), Yuan *et al.* (2007), Yu e Lee (2008), Schmeling *et al.* (2010) e Al-kheraif (2011) neste trabalho para a análise da cor foi utilizado um espectrofotómetro de modo a excluir a subjectividade da observação do operador (Al-kheraif, 2011). Do mesmo modo, em concordância com os trabalhos de Costa *et al.* (2010), Schmeling (2010) e Al-kheraif (2011) foram realizadas 3 leituras para se diminuírem possíveis erros de leitura provenientes do aparelho e/ou do operador (Schmeling, 2010).

Para efeitos de interpretação e discussão e visto que a habilidade do olho humano difere de indivíduo para indivíduo foram considerados os valores de ΔE^*_{ab} entre 1,0 e 3,3 (Vichi *et al.*, 2004 e Schmeling *et al.*, 2010). Pretendeu-se assim utilizar o intervalo de aceitabilidade, isto foi feito de acordo com outras investigações nomeadamente Vichi *et al.* (2004), Ikeda *et al.* (2005), Ardu *et al.* (2010), Costa *et al.* (2010) e Schmeling *et al.* (2010). Todos os valores finais de ΔE^*_{ab} obtidos se apresentaram dentro do intervalo estabelecido.

As diferenças na cor das resinas compostas estão relacionadas com os coeficientes de absorção e de dispersão da luz que são inerentes a cada resina. Estes coeficientes dependem da estrutura química e dos constituintes como opacificadores e pigmentos; tamanho e tipo de partículas inorgânicas; índice de refração entre matriz orgânica e fase dispersa; composição da matriz orgânica e grau de polimerização (Mikhail & Johnston, 2014). Assim como nos trabalhos de Price *et al.* (2004), Ikeda *et*

al. (2005), Lee *et al.* (2005), Corciolani, Vichi, Davidson e Ferrari, (2008), Schmelting *et al.* (2010) e EL-Sharkawy *et al.* (2012) de forma a diminuir a ação da cromaticidade na fotopolimerização foi utilizada a cor A2 da *Vitapan Classical Shade Guide* (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha), (Price *et al.*, 2004).

Como exposto anteriormente, à medida que a distância do fotopolimerizador aumenta diminui a percentagem de polimerização (Caldas *et al.*, 2003 e Sfondrini *et al.*, 2006). De acordo com Price *et al.* (2004), quando a 6 mm de distância a densidade de potência que alcança a superfície pode sofrer uma redução até 50% devido à divergência do cone de luz (Price *et al.*, 2004). Esta diminuição da densidade de potência leva à diminuição do grau de polimerização que pode ter consequências a nível da estabilidade de cor (Al-kheraif, 2011 e Svizero *et al.*, 2012). Relativamente à diminuição da intensidade com a distância e da consequente diminuição da profundidade de polimerização diversos estudos têm sido realizados. No trabalho de Bennet e Watts (2004) foram analisados três diferentes tempos e distâncias de polimerização com dois fotopolimerizadores LED e um halogéneo. A densidade de potência e a profundidade de polimerização diminuíram com o aumento da distância em todos os aparelhos utilizados. O fotopolimerizador halogéneo estudado foi o mesmo do presente trabalho – *Optilux 501* (sds Kerr – Orange, EUA) – e obteve valores de densidade de potência e de profundidade de polimerização superiores ao dos aparelhos LED. No mesmo ano, o trabalho de Price *et al.* (2004) avaliou o efeito da composição das resinas compostas e de duas distâncias de polimerização – 2 e 9 mm – na *performance* de três tipos de fotopolimerizadores. Os autores concluíram que o tipo de resina composta e a distância da polimerização influenciam o desempenho do fotopolimerizador. Noutro estudo, de Rode, Kawano e Turbino (2007), que investigou a profundidade de polimerização da resina composta *Filtek™ Z250* com diferentes espessuras fotopolimerizada por diferentes aparelhos às distâncias de 0, 3, 6 e 9 mm deduziu-se também que o aumento da distância de fotopolimerização leva a uma diminuição da profundidade de polimerização. Nesse trabalho o grupo fotopolimerizado com aparelho halogéneo quartzo-tungsténio mostrou uma diminuição da profundidade de polimerização a partir das amostras com 3 mm de espessura, porém apenas se registaram diferenças estatisticamente significativas nos grupos fotopolimerizados com aparelhos LED e laser Argon. Num outro estudo realizado por Corciolani *et al.* (2008), utilizando um nanocompósito cor A2 da *Vitapan Classical Shade Guide* (Vita

Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) fotopolimerizado a onze diferentes distâncias entre 0 mm e 10 mm e com dois aparelhos de polimerização, cada um com dois diferentes diâmetros, inferiu-se que a profundidade de polimerização é significativamente influenciada pela distância de fotopolimerização. De facto, esses autores concluíram que existe uma relação inversa entre distância de fotopolimerização e profundidade de polimerização. Além disso, uma distância superior a 5 mm resultou numa significativa diminuição da profundidade de polimerização, contudo obtendo-se para todas as distâncias uma profundidade de polimerização superior a 2 mm (Corciolani *et al.*, 2008). O mesmo se verificou no trabalho de Aravamudhan, Rakowski e Fan (2006) onde foram utilizados quatro aparelhos LED e um halogéneo com dois diâmetros e se avaliou a polimerização de uma resina composta híbrida cor A2 da *Vitapan Classical Shade Guide* (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) a 6 diferentes distâncias de fotopolimerização de 2 em 2 mm entre 0 mm e 10 mm. De facto, no referido estudo concluiu-se que a intensidade da luz assim como a profundidade de polimerização diminuem com o aumento da distância, porém esta diminuição não é linear para todos os aparelhos estudados, dependendo portanto das características de cada um. Um dos aparelhos estudados foi o *Optilux 501* (sds Kerr – Orange, EUA) com 8 mm de diâmetro, o mesmo usado no presente trabalho e para distâncias de 6 mm apresentou um valor de densidade de potência de 31% da registada a 0 mm de distância e um valor de 77,9 % de profundidade de polimerização. Dos seis aparelhos estudados foi o que apresentou piores resultados a partir dos 6 mm de distância. Porém, mais uma vez, os valores de profundidade de polimerização foram superiores a 2 mm, a espessura habitualmente recomendada para os incrementos de resina, em todas as distâncias de fotopolimerização (Aravamudhan *et al.*, 2006). Na tabela 6 encontra-se uma descrição sucinta dos estudos supra referidos.

Como descrito previamente, a alteração cromática é influenciada por factores intrínsecos como composição da matriz orgânica, tipo de fotoiniciador e grau de polimerização, e factores extrínsecos como exposição a radiação UV, calor, água e pigmentos alimentares (Svizero *et al.*, 2012). Portanto, a diminuição da profundidade de polimerização é um factor preponderante na estabilidade da cor.

Tabela 6. Análise dos estudos que avaliam a profundidade de polimerização segundo a distância de fotopolimerização

	Distâncias de Fotopolimerização	Outras variáveis estudadas		Conclusões
Bennet & Watts (2004)	0, 4, 8 mm	Aparelhos de fotopolimerização	Tempo de irradiação	A profundidade de polimerização depende da distância de fotopolimerização e do tempo de irradiação
		Halógeno, LED	10, 20, 40 seg.	
Aravamudhan et al. (2006)	0, 2, 4, 6, 8, 10 mm	Aparelhos de fotopolimerização		A intensidade e a profundidade de polimerização diminuem com o aumento da distância de fotopolimerização
		Halógeno e LED		
Rode et al. (2007)	0, 3, 6, 9 mm	Aparelhos de fotopolimerização	Diferentes espessuras das amostras	Um aumento da distância de fotopolimerização promove uma diminuição da profundidade de polimerização para todos os tipos de fotopolimerizadores estudados
		Halógeno, LED, laser Argon	0, 1, 2, 3, 4 mm	

Corciolani et al. (2008)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mm	Aparelhos de fotopolimerização	Diâmetro das pontas dos fotopolimerizadores	A distância de fotopolimerização influencia significativamente a profundidade de polimerização
		LED	8, 11, 13 mm	

É aceite que a própria absorção/adsorção de água está directamente relacionada com a estabilidade de cor das resinas compostas (Khalil, 2005; EL-Sharkawy *et al.* 2012 e Svizero *et al.*, 2012). Isto foi verificado em alguns estudos. Nomeadamente no trabalho de Al-kheraif (2011), que avaliou a susceptibilidade a duas soluções pigmentantes de uma resina composta microhíbrida cor A3 e B3 da *Vitapan Classical Shade Guide* (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha), fotopolimerizada com diferentes aparelhos de polimerização, o próprio grupo-controlo após 7 dias de imersão em água destilada demonstrou alteração cromática, com um valor de $\Delta E^*_{ab} > 3,3$ e logo clinicamente inaceitável (Al-kheraif, 2011). Estes resultados foram constatados no presente estudo, porém com valores dentro do intervalo de aceitabilidade. Também no estudo de EL-Sharkawy *et al.* (2012) que avaliou o efeito da água na estabilidade de cor de diferentes materiais incluindo uma resina composta microhíbrida cor A2 da *Vitapan Classical Shade Guide* (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) concluiu esta ser susceptível à absorção de água e à alteração de cor. Concluiu também que a natureza da matriz resinosa é fundamental na característica de absorção de água, sendo as diferenças mais evidentes entre diferentes tipos de materiais (EL-Sharkawy *et al.*, 2012).

Ao contrário dos estudos supracitados, cujos grupos foram apenas imersos em soluções aquosas, no presente trabalho de modo a simular o envelhecimento foi utilizado um procedimento largamente usado: a termociclagem (Munck *et al.*, 2005). A termociclagem é um procedimento *in vitro* que permite simular as variações térmicas extremas ocorridas na cavidade oral (Elekdak-Turk, Turk, Isci & Ozkalayci, 2008; Koyuturik, Kusgoz, Ulker & Yesilyurt, 2008 e Yun *et al.*, 2013). Segundo a norma ISO TR 11450 de 1994 da *International Organization for Standardization* (ISO) a

termociclagem deve ser realizada com 500 ciclos de 30 segundos às temperaturas de 5°C e 55°C (Munk *et al.*, 2005 e Yuasa *et al.*, 2010). Porém vários autores referem que este número de ciclos é insuficiente para alcançar um envelhecimento realístico (Munk *et al.*, 2005 e Yuasa *et al.*, 2010). Neste trabalho realizaram-se 2500 ciclos que correspondem a 3 meses na cavidade oral (Munk *et al.*, 2005; Sokucu *et al.*, 2010 e Yun *et al.*, 2013). Os ciclos foram portanto de 30 segundos entre 5° e 55° C e foram feitos de acordo com a ISO, como referido por Elekdak-Turk *et al.* (2008) e assim como realizado por Lee, Lee e Lim (2004), Munk *et al.* (2005), Elekdak-Turk *et al.* (2008), Koyuturk *et al.* (2008), Yuasa *et al.* (2010) e Yun *et al.* (2013). Então a termociclagem é um processo que simula o envelhecimento através de alterações térmicas e de humidade (Munck *et al.*, 2005; Koyuturk *et al.*, 2008 e Yun *et al.*, 2013) e que por conseguinte leva à absorção de água pelos materiais expostos. Vários estudos têm demonstrado alterações da cor de resinas compostas após termociclagem. No estudo de Lee *et al.* (2005) após a realização de 2000 ciclos de termociclagem a 5° e 55° C em água destilada, as oito resinas compostas cor A2 da *Vitapan Classical Shade Guide* (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) analisadas demonstraram alterações de cor, porém dentro dos valores clinicamente aceitáveis. O mesmo se verificou no presente trabalho, onde todos os grupos manifestaram valores de ΔE^*_{ab} dentro do intervalo de aceitabilidade. Contudo, no trabalho de Lee (2005) a realização de 3000 ciclos entre 5° e 55° C em água destilada, com banhos de 15 segundos provocou alterações da cor nas duas resinas compostas utilizadas com valores de ΔE^*_{ab} variáveis, sendo alguns superiores a 3,3 e logo clinicamente inaceitáveis.

Uma das possíveis explicações para a alteração cromática ocorrida após a termociclagem é então a absorção de água pelos materiais resinosos. Isto ocorre porque o envelhecimento leva à modificação da matriz resinosa e da interface entre carga inorgânica e polímeros. Crê-se que esta interface seja o principal local de conservação das moléculas de água (Toledano *et al.*, 2003 e Svizero *et al.*, 2012). Logo, apesar de manifestarem uma diminuta absorção de água, as partículas inorgânicas têm um papel na susceptibilidade à descoloração quando presente uma fraca união matriz orgânica – partículas inorgânicas. Uma solução para esta fragilidade na composição das resinas compostas poderá ser a silanização das partículas (Ardu *et al.*, 2010), que adquire assim uma importância na estabilidade cromática.

Outros factores, além da termociclagem, podem ter influência na absorção de água e consequente alteração da cor. Um deles, analisado neste trabalho, é a qualidade da polimerização. De facto, segundo Svizero *et al.* (2012) a qualidade da fotopolimerização condiciona o tamanho das porosidades que se formam que posteriormente permitem a entrada das moléculas de água. Portanto, a variação da distância de fotopolimerização também pode aumentar o número de áreas incompletamente polimerizadas que podem depois sofrer absorção de água (Sokucu *et al.*, 2010 e Svizero *et al.*, 2012). Biradar, Biradar e Arvind (2012) indicaram de facto que a distância da fotopolimerização é um dos factores que afecta esta característica de absorção de água que além de responsável por alterações cromáticas pode limitar a longevidade da restauração (Sokucu *et al.*, 2010). As diferenças no grau de polimerização a diferentes distâncias devem-se portanto à intensidade efectiva que alcança o incremento (Anand & Balasubramanian, 2014). Esta intensidade ao ser menor do que o recomendado condiciona a própria estrutura da resina composta com consequências na absorção de água e na estabilidade da cor. De acordo com Svizero *et al.* (2012), quando exposta a uma baixa intensidade de luz a estrutura polimérica formada é mais linear devido à menor formação de centros de crescimento enquanto que quando há um aumento da densidade de potência a estrutura obtida é reticulada. Os mesmos autores referem que Ferracane (2005) afirmou que esta estrutura reticulada apresenta menos espaços para a entrada de moléculas passíveis de provocar alterações na cor. Nesse estudo efectuado por Svizero *et al.* (2012) foi demonstrado que quanto maior a distância de fotopolimerização maior a absorção de água e a alteração de cor. Porém a absorção de água não alterou a cor até um nível considerável, tendo os valores de ΔE^*_{ab} permanecido abaixo de 1,0 e logo imperceptíveis (Svizero *et al.*, 2012). Nesse trabalho foram utilizadas quatro distâncias de 0, 5, 10 e 15 mm para fotopolimerizar a resina microhíbrida *Filtek™ Z250* cor A3 da *Vitapan Classical Shade Guide* (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha). Após isto as amostras foram imersas em água destilada e em sumo de uva. Com o aumento da distância de fotopolimerização aumentou a absorção de água, devido à maior presença de áreas com défice de polimerização (Svizero *et al.*, 2012). Porém relativamente à alteração de cor apenas se estabeleceu uma diferença estatística entre os grupos fotopolimerizados a 5 mm e a 15 mm. Com as leituras aos 7, 14, 21 e 28 dias não se obtiveram diferenças estatísticas na estabilidade cromática entre os grupos imersos em água destilada, não tendo ocorrido portanto influência do tempo na alteração da cor. No presente estudo a evidência de

alteração cromática foi estabelecida para a resina composta *Filtek™ Z250* entre distâncias com uma diferença de 4 mm e com valores de ΔE^*_{ab} superiores ao limite de perceptibilidade. Assim, estabeleceu-se uma diferença significativa a um menor intervalo de distância de fotopolimerização. Isto poder-se-á dever, como referido anteriormente, ao facto de se ter realizado um processo de envelhecimento de 3 meses ao invés de imersão em água destilada.

Igualmente a composição dos materiais poderá afectar a absorção de moléculas de água. Ambas as resinas utilizadas neste trabalho contêm como principal monómero o Bis-GMA, um monómero que contém grupos hidróxido hidrofílicos. Na realidade, todos os materiais com altos níveis de Bis-GMA apresentam uma maior absorção de água e conseqüente alteração da cor quando comparados com aqueles que têm altas proporções de UDMA, que contém cadeias alifáticas menos hidrofílicas (Ardu *et al.* 2010). Sarafianou *et al.*, (2007) afirmaram também que a substituição parcial de TEGDMA por UDMA diminui a absorção de água e a susceptibilidade à pigmentação. De facto, de acordo com Lucena, Gomes e Santos (2010) a ordem de sorção de água pelos monómeros é TEGDMA>Bis-GMA>UDMA. Segundo os mesmo autores, isto deve-se à presença de ligações hidrofílicas de éter em TEGDMA, grupos hidróxido em Bis-GMA e ligações de uretano em UDMA.

Tendo em conta os resultados obtidos, a resina composta *Filtek™ Z250*, quando em meio oral, poderá apresentar uma alteração cromática ainda maior conseqüente à exposição a corantes alimentares que têm um poder de pigmentação superior à água assim como o verificado em diversos trabalhos, nomeadamente nos de Khalil (2005); Al-kheraif (2011); EL-Sharkawy *et al.* (2012) e Svizero *et al.* (2012). Isto apesar de ter sido demonstrado no estudo de Yap e Wee (2002) que resinas compostas expostas a termociclagem absorvem mais água do que as não expostas (Sokucu *et al.* 2010) e de ser impossível estabelecer uma relação exacta entre as condições *in vitro* e *in vivo* (Al-kheraif, 2011). Além disso, em estudos experimentais, como este, todas as faces das amostras de resina estão expostas à absorção de água ao contrário do que ocorre na cavidade oral (Khalil, 2005).

Relativamente à resina composta *Polofil® Supra* quando exposta às mesmas condições de diferentes distâncias de fotopolimerização não sofreu alterações de cor semelhantes às da *Filtek™ Z250*. Logo, a *Polofil® Supra* demonstrou ser uma resina

composta pouco susceptível à distância de fotopolimerização em termos de estabilidade de cor. Uma possível explicação poderia ser a diferente percentagem de conteúdo orgânico/inorgânico, visto que quanto menor o conteúdo inorgânico e maior o orgânico, maior a absorção de água (Khalil, 2005). Porém, ambas as resinas compostas são microhíbridas com uma percentagem de conteúdo inorgânico similar, de 60% do seu volume, e com uma composição orgânica semelhante. Todavia apresentaram quanto à estabilidade de cor diferentes comportamentos, o que também pode ser justificado pelas diferentes percentagens de monómeros presentes.

Por outro lado, quando fotopolimerizada a 2 mm a resina composta *Polofil*[®] *Supra* demonstrou uma estabilidade cromática estatisticamente inferior à resina composta *Filtek*TM *Z250*. Ou seja, após se estabelecer a relação entre as duas resinas compostas fotopolimerizadas à mesma distância de 2 mm obteve-se uma diferença estatisticamente significativa entre o grupo P2 e o grupo F2. Entre estes grupos obteve-se um valor de $p < 0,01$ o que determina um nível de confiança superior a 99%. Logo, o valor de ΔE^*_{ab} do grupo P2 foi estatisticamente superior ao do grupo F2. Este maior valor de ΔE^*_{ab} do grupo P2 aproximou os valores deste grupo ao do grupo P6. Isto poderá em parte justificar o facto de, no presente trabalho, apenas a resina composta *Filtek*TM *Z250* ter sido influenciada pelas diferentes distâncias de fotopolimerização. Pois conseqüentemente, quando aplicado o teste paramétrico de hipóteses entre os grupos P2 e P6, devido à proximidade de valores, não se estabeleceu uma diferença estatística,.

Deste modo, relativamente à primeira hipótese nula: a distância da luz fotopolimerizadora não influencia a estabilidade de cor das resinas compostas, foi rejeitada apenas para a resina composta *Filtek*TM *Z250*. De facto, um nível de significância inferior a 0,05 apenas foi obtido com esta resina. Esta diferença estatística ocorreu devido a uma diminuição da coordenada a^* no grupo fotopolimerizado a 6 mm, ou seja, a um aumento da cor verde. Quanto à resina composta *Polofil*[®] *Supra* a hipótese nula 1 foi aceite. Como referido previamente, todos os resultados obtidos se apresentaram inferiores a 3,3, ou seja, dentro do intervalo de aceitabilidade. O que determina que mais de 50% dos observadores consideraria esteticamente aceitável as diferenças de cor entre a restauração e o dente (Chu *et al.*, 2010).

Com este estudo pretendeu-se igualmente avaliar se a utilização de glicerina influencia a estabilidade da cor das resinas compostas. Esta avaliação foi realizada apenas à distância de fotopolimerização de 2 mm visto este produto ser comumente aplicado na última camada de resina composta, no qual é possível portanto uma maior proximidade da luz polimerizadora. A glicerina actua como um inibidor do oxigénio, conhecido inibidor da polimerização das resinas compostas (Shawkat *et al.*, 2009 e Park & Lee, 2011). A presente investigação foi desenhada assumindo a acção inibitória da glicerina. De acordo com Shawkat (2009) a formação de uma camada inibida pelo oxigénio deverá ser responsável por algum grau de descoloração já que esta camada não se encontra devidamente polimerizada. Porém, neste trabalho demonstrou-se que a aplicação de glicerina não melhora as propriedades ópticas estudadas. Em parte, isto pode dever-se à adicional polimerização que ocorre nos dias seguintes à fotopolimerização, como referido por Park e Lee (2011). Geralmente, permanecem radicais livres nas resinas compostas mesmo após a activação por luz que reagem com monómeros livres para produzir uma polimerização em cadeia. Esta polimerização adicional ocorre principalmente durante a primeira hora mas pode continuar até um mês depois (Park & Lee, 2011) e leva a pequenas alterações na cor (Ardu *et al.*, 2010). No estudo realizado por Carvalho *et al.* (2012) que avaliou um fotopolimerizador LED e um halogéneo com duas energias de densidade diferentes, obtiveram-se valores inferiores de sorção e solubilidade com o aparelho halogéneo à menor energia de densidade de 16 J/cm^2 . Tal resultado foi associado à maior produção de calor por estes aparelhos que é responsável pela aceleração da polimerização e pela polimerização pós-activação. Assim a utilização de um fotopolimerizador halogéneo quartzo-tungsténio no presente trabalho poderá também ter sido responsável por esses efeitos. Outra possível justificação poderá ser o conteúdo tanto orgânico como inorgânico das resinas compostas estudadas. Isto porque apesar da existência de TEGDMA em ambas as resinas, que resulta num aumento da difusão de oxigénio para a superfície da resina composta e num conseqüente aumento dos efeitos inibitórios do oxigénio e da espessura da camada inibida (Shawkat *et al.* 2009) não se demonstraram benefícios estéticos na utilização de glicerina. Talvez devido ao grande conteúdo inorgânico das resinas estudadas, uma vez que as partículas inorgânicas agem como um obstáculo à difusão de oxigénio (Shawkat *et al.* 2009) havendo descrições de que quando superior a 40% essa diminuição da difusão é valorizável (Shawkat, 2009). Do mesmo modo, a utilização de uma folha de acetato durante a pré-fotopolimerização de 10 segundos poderá ter

influenciado a inibição pelo oxigénio e assim ter condicionado os resultados obtidos relativos à utilização de glicerina. De facto, segundo Steinhaus, Hausnerova, Haenel, Großgarten e Möglinger (2014) a maior parte do processo de polimerização ocorre nos primeiros 10 a 20 segundos de irradiação. Além disto, diversos estudos como os de Price *et al.* (2004), Costa *et al.* (2010) e Biradar *et al.* (2012) utilizaram folhas ou matrizes de acetato de modo a eliminar a inibição pelo oxigénio, reforçando a sua acção relativa a este gás. De facto, no estudo realizado por Park e Lee (2011) que avaliou a utilização de matrizes de acetato demonstrou-se que estas são eficazes contra a inibição da polimerização pelo oxigénio. Por outro lado, com o presente trabalho não ficou comprovado que as resinas compostas utilizadas não são susceptíveis à inibição pelo oxigénio e à consequente formação de uma camada inibida mas sim que a possível presença desta camada não tem uma acção deletéria em termos de estabilidade de cor, após 3 meses. Portanto, quanto à segunda hipótese nula: a utilização de glicerina não influencia a estabilidade de cor das resinas compostas foi aceite para ambas as resinas compostas utilizadas. Assim, a aplicação de glicerina não teve consequências na estabilidade de cor das resinas compostas *Polofil[®] Supra* e *Filtek[™] Z250*.

Relativamente à distância de fotopolimerização, apesar de o recomendado pelo fabricante 3M ESPE para a cor A2 da *Vitapan Classical Shade Guide* (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) da resina composta *Filtek[™] Z250* ser um tempo de fotopolimerização de 20 segundos para uma espessura de 2,5 mm, tendo em conta os resultados obtidos, novos estudos deverão ser realizados de forma a se averiguar se o aumento do tempo e/ou da densidade de potência devem ser proporcionais ao aumento da distância de fotopolimerização. Pois apesar de esta parecer uma relação algo evidente nem sempre um aumento do tempo de exposição e da intensidade da luz implicam um aumento da profundidade de polimerização, visto existir um limiar de eficácia de polimerização assim como uma saturação máxima (Shawkat, 2009 e Holroyd & Ilie, 2013). Contudo no estudo supra-referido de Bennet e Watts (2004) o aumento do tempo de polimerização até 40 segundos aumentou a profundidade de polimerização de uma resina composta híbrida. Outra possível solução será a utilização de um fotopolimerizador com um diâmetro menor e que assim alcance uma maior proximidade (Bhamra & Fleming, 2008 e Corciolani *et al.*, 2008).

Concluindo, novos trabalhos deverão ser realizados, principalmente com o intuito de se averiguar se o grau de polimerização pode ser maximizado com o aumento do tempo de fotopolimerização e/ou da densidade de potência, quando em situações de maior afastamento do aparelho fotopolimerizador. Assim como estudos com distâncias maiores de fotopolimerização, já que em alguns casos as paredes gengivais de certas boxes podem distar 8 mm (Price *et al.*, 2004). Igualmente, trabalhos com diferentes resinas compostas, visto os resultados obtidos não poderem ser extrapolados devido à influência da composição (Toledano *et. al.*, 2003). Simultaneamente a utilização de diferentes aparelhos de fotopolimerização, nomeadamente aparelhos LED que constituem hoje o *golden standard* (Al-kheraif, 2011). Novos estudos no âmbito da cor deverão igualmente ser realizados tendo como base o sistema CIEDE2000, que actualmente já se apresenta como uma fórmula mais precisa e melhor indicadora da perceptibilidade e aceitabilidade da cor do que o sistema CIELAB (Lee, 2005 e Perez, 2010). De facto, a fórmula CIEDE2000, baseada no sistema CIELAB, foi adoptada como a nova fórmula de diferença de cor da *Comission Internationale de l'Eclairage* (Lee, 2005).

VI. Conclusões

Dentro das limitações deste estudo e com base nos resultados obtidos conclui-se que:

1. A hipótese nula 1 foi aceita para a resina composta *Polofil[®] Supra*, uma vez que a distância de fotopolimerização não influenciou a estabilidade de cor da referida resina composta.
2. A hipótese nula 1 foi rejeitada para a resina composta *FiltekTM Z250*, sendo que a distância de fotopolimerização influenciou a estabilidade de cor da resina composta *FiltekTM Z250*, porém dentro do intervalo de aceitabilidade.
3. A hipótese nula 2 foi aceita para ambas as resinas compostas, dado que a glicerina não influenciou a estabilidade de cor da resina composta *Polofil[®] Supra* nem da resina composta *FiltekTM Z250*.
4. Quando fotopolimerizada a 2 mm de distância a resina composta *FiltekTM Z250* apresentou uma maior estabilidade de cor do que a resina composta *Polofil[®] Supra*.
5. Quando fotopolimerizadas a 6 mm de distância não se verificaram diferenças de estabilidade de cor entre as resinas compostas *Polofil[®] Supra* e *FiltekTM Z250*.

VII. Bibliografia

- ADA (2013). ADA statement on bisphenol A and dental materials. Disponível em: <http://www.ada.org/en/member-center/oral-health-topics/bisphenol-a> Consultado em: 16 de Maio de 2014
- 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), 19-28
- Al-Ahdal, K., Silikas, N., Watts, D. (2014). Rheological properties of resin composites according to variations in composition and temperature. *Dental Materials*, 30, 517-524
- Al-kheraif, A. (2011). Effects of curing units and staining solutions on the color susceptibility of a microhybrid composite resin. *Journal of Dental Sciences*, 6, 33-40
- Alrahlah, A., Silikas, N., Watts, D. (2014). Post-cure depth of bulk fill dental resin-composites. *Dental Materials*, 30, 149-154
- American Dental Association Council on Scientific Affairs (2003). Direct and indirect restorative materials. *The Journal of American Dental Association*, 134, 463-472
- Anand, V., Balasubramanian, V. (2014). Effect of resin chemistry on depth of cure and cytotoxicity of dental resin composites. *Materials Science and Engineering B*, 181, 33-38
- Andrade, I., Basting, R., Rodrigues, J., Amaral, F., Turssi, C., França, F. (2014). Microhardness and color monitoring of nanofilled resin composite after bleaching and staining. *European Journal of Dentistry*, 8(2), 160-165
- Anusavice, K., Shen, C., Rawls, H. (2013). *Phillips' science of dental materials*. In direct restorative materials (pp. 279). Missouri, EUA: Elsevier Saunders
- Aravamudhan, K., Rakowski, D., Fan, P. (2006). Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. *Dental Materials*, 22, 988-994

- Ardu, S., Braut, V., Gutemberg, D., Krejci, I., Dietschi, D., Docent, P., Feilzer, A. (2010). A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quintessence International*, 41(8), 695-702b
- Bayne, S. (2013). JADA Landmark Series - Beginnings of the dental composite revolution. *Journal of American Dental Association*, 144(8), 880-884
- Bennett, A., Watts, D. (2004). Performance of two blue light-emitting-diode dental light curing units with distance and irradiation-time. *Dental Materials*, 20, 7279
- Bhamra, G., Fleming, G. (2008). Effects of halogen light irradiation variables (tip diameter, irradiance, irradiation protocol) on flexural strength properties of resin-based composites. *Journal of Dentistry*, 36, 643-650
- Biradar, B., Biradar, S., Arvind, M. (2012). Evaluation of the effect of water on three different light cured composite restorative materials stored in water: an in vitro study. *International Journal of Dentistry*, doi:10.1155/2012/640942
- Bowen, T. (1963). Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *The Journal of American Dental Association*, 66, 57-64
- Caldas, D. B., Almeida, J. B., Correr-Sobrinho, L., Sinhoreti, M. A., Consani, S. (2003). Influence of curing tip distance on resin composite Knoop hardness number, using three different light curing units. *Operative Dentistry*, 28, 315-320
- Carvalho, P., Filho, P., Silva, C. (2003). Etiologia e prevenção do manchamento das restaurações estéticas com resinas compostas. *International Journal of Dentistry*, 2(1), 236-240
- Carvalho, A., Moreira, F., Fonseca, R., Soares, C., Franco, E., Souza, J., Lopes, L. (2012). Effect of light sources and curing mode techniques on sorption, solubility and biaxial flexural strength of a composite resin. *Journal of Applied Oral Sciences*, 20(2), 246-252
- Chang, J-Y., Chen, W-C., Huang T-K., Wang, J-C., Fu, P-S., Chen, J-H. e Hung, C-C. (2013). Evaluation of the accuracy and limitations of three tooth-color measuring

machines. *Journal of Dental Sciences*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jds.2013.04.004>

Consultado em: 10 de Janeiro de 2014

- Chu, S., J., Trushkowsky, R. D., Paravina, R. D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, 38, e2-e16
- Corciolani, G., Vichi, A., Davidson, C., Ferrari, M. (2008). The influence of tip geometry and distance on light-curing efficacy. *Operative Dentistry*, 33(3), 325-331
- Costa, J., Fox, P., Ferracane, J. (2010). Comparison of various resin composite shades and layering technique whit a shade guide. *Journal Esthetic Restorative Dentistry*, 22 (2), 114-126
- Dudea, D., Lasserre, J-F., Alb, C., Culic, B., Ciutrla, I., Colosi, H. (2012). Patients' perspective on dental aesthetics in a South-eastern European community. *Journal of Dentistry*, 40, 72-8
- Elekdak-Turk, S., Turk, T., Isci, D., Ozkalayci, N. (2008). Thermocycling effects on shear bond strength of a self-etching primer. *Angle Orthodontist*, 78(2), 351-356
- EL-Sharkawy, F., Zaghoul, N., Ell-kappaney, A. (2012). Effect of water absorption on color stability of different resin based restorative materials in vitro study. *International Journal of Composite Materials*, 2(2), 7-10
- Fédération Dentaire Internationale, FDI – World Dental Federation. (2013). FDI review of the scientific evidences on BPA in restorative materials. Disponível em <http://www.fdiworldental.org/publications/statements/bpa-review-scientific-evidences.aspx>. Consultado em 16 de Maio de 2014
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite – State of the art. *Dental Materials*, 27, 29-38
- Garcia, A., Lozano, M., Vila, J., Escribano, A., Galve, P. (2006). Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirurgia Bucal*, 11, E215-E220

- Hentges, S. (2006). Bisphenol-A in dental composites. *International Academy of Oral Medicine & Toxicology* <http://iaomt.org/bisphenol-a-dental-composites/> Consultado em 12 de Abril de 2014
- Holroyd, M., Ilie, N. (2013). Effects of exposure time and exposure distance on the degree of cure in light-activated pit and fissure sealants. *Journal of Dentistry* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2013.10.005> Consultado em: 15 de Outubro de 2013
- Ikeda, T., Sidhu, S. K., Omata, Y., Fujita, M., Sano, H. (2005). Colour and translucency of opaque shades and body-shades of resin composites. *European Journal of Oral Sciences*, 113, 170-173
- Jandt, K. D., Mills, R. W. (2013). A brief history of LED photopolymerization. *Dental Materials*, 29, 605-617
- Jokstad, A. (2002). How long do fillings last? *Evidence-Based Dentistry*, 3, 96-99 doi:10.1038/sj.ebd.6400146
- Júnior, P., Cardoso, R., Magalhães, B., Guimarães, R., Silva, C., Beatrice, L. (2011). Selecionando corretamente as resinas compostas. *International Journal of Dentistry*, 10 (2), 91-96
- Kahler, B., Kotousov, A., Swain, M. (2008). On the design of dental resin-based composites: a micromechanical approach. *Acta Biomaterialia*, 4, 165-172
- Khalaf, M., Alomari, Q., Omar, R. (2014). Factors relating to usage patterns of amalgam and resin composite for posterior restorations – a prospective analysis, *Journal of Dentistry*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2014.04.010>
- Khalil, W. (2005). Measurement of water sorption of five different composite resin materials. *Journal of College of Dentistry of University of Baghdad*, 17(3), 37-41
- Kim, S.-H., Lee, Y.-K., Lim, B.-S., Rhee, S.-H., Yang, H.-C. (2007). Metameric effect between dental porcelain and porcelain repairing resin composite. *Dental Materials*, 23, 374-379

- Kim, S-H., Lee, Y-K (2008). Changes in color and color coordinates of an indirect resin composite during curing cycle. *Journal of Dentistry*, 36, 337-342
- Koyuturik, A., Kusgoz, A., Ulker, M., Yesilyurt, C. (2008). Effects of mechanical and thermal aging on microleakage of different fissure sealants. *Dental Materials Journal*, 27(6), 795-801
- Lang, B., Jaarda, M., Wang, R. (1992). Filler particle size and composite resin classification systems. *Journal of Oral Rehabilitation*, 19, 569-584
- Lee, S.-H., Lee, Y.-K., Lim, B.-S. (2004). Influence of thermocycling on the optical properties of laboratory resin composites and an all-ceramic material. *Journal of Materials Science*, 15, 1221-1226
- Lee, Y-K. (2005). Comparison of CIELAB ΔE^* and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dental Materials*, 21, 678-682
- Lee, J-H., Um, C-M., Lee, I-B. (2006). Rheological properties of resin composites according to variations in monomer and filler composition. *Dental Materials*, 22, 515-526
- LeSage, B. (2007). Aesthetic anterior composite restorations: a guide to direct placement. *The Dental Clinics of North America*, 51, 359-378
- Lucena, M., Gomes, R., Santos, M. (2010). Avaliação da rugosidade superficial da resina composta Filtek Z350 3M/ESPE de baixa viscosidade exposta a enxaguatórios com e sem álcool. *Odontologia Clínico-Científica*, 9(1), 59-64
- Mikhail, S., Scricker, S., Azer, S., Brantley, W., Johnston, W. (2013). Optical characteristics of contemporary dental composite resin materials. *Journal of Dentistry*, 41, 771-778
- Mikhail, S., Johnston, W. (2014). Confirmation of theoretical colour predictions for layering dental composite materials. *Journal of Dentistry*, 42, 419-424

- Munk, J., Landuyt, K., Coutinho, E., Poitevin, A., Peumans, M., Lambrechts, P., Meerbeek, B. (2005). Micro-tensile bond strength of adhesives bonded to class-I cavity-bottom dentin after thermo-cycling. *Dental Materials*, 21, 999-1007
- Musanje, L., Darvell B. (2003). Polymerization of resin composite restorative materials: exposure reciprocity. *Dental Materials*, 19, 531-541
- Nakazawa, M. (2009). Color stability of indirect composite materials polymerized with different polymerization systems. *Journal of Oral Science*, 51(2), 267-273
- Neumann, M., Schmitt, C., Ferreira, G., Corrêa, I. (2006). The initiating radical yields and the efficiency of polymerization for various dental photoinitiators excited by different light curing units. *Dental Materials*, 22, 576-584
- Obici, A., Sinhoreti, A., Frollini, E., Correr-Sobrinho, E., Goes, M., Henriques, G. (2006). *Polymer Testing*, 25, 282-288
- Oyama, K., Tsujimoto, A., Otsuka, E., Shimizu, Y., Shiratsuchi, K., Tsubota, K., Takamizawa, T., Miyazaki, M. (2012). Influence of oxygen inhibition on the surface free energy and enamel bond strength of self-etch adhesives. *Dental Materials Journal*, 31(1), 26-31
- Paravina, R. D., Kimura, M., Powers, J. M. (2006). Color compatibility of resin composites of identical shade designation. *Quintessence International*, 37, 713-719
- Park, H-H., Lee, I-B. (2011). Effect of glycerin on the surface hardness of composites after curing. *Journal of Korean Academy of Conservative Dentistry*, 36(6), 483-489
- Paula, A., Tango, R., Sinhoreti, M., Alves, M., Puppim-Rontani, R. (2010). Effect of Thickness of Indirect Restoration and distance from the light-curing unit tip on the hardness of a dual-cure resin cement. *Brazilian Dental Journal*, 21(2), 117-122.
- Perez, M., Ghinea, R., Herrera, L., Ionescu, A., Pomares, H., Pulgar, R., Paravina, R. (2011). Dental ceramics: a CIEDE2000 acceptability thresholds for lightness, chroma and hue differences. *Journal of Dentistry*, 39s, e37-e44

- Polo, C. G., Polo, M. G., Vinuela, A. C., Parga, J. A. (2013). Differences between the human eye and the spectrophotometer in the shade matching of tooth colour. *Journal of Dentistry*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2013.10.005>
- Pongprueksa, P., Miletic, V., Janssens, H., Van Landuyt, K., De Munk, J., Godderis, L., Van Meerbeek, B. (2014). Degree of conversion and monomer elution of CQ/amine and TPO adhesives. *Dental Materials*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2014.03.007>
- Prejmerean, C., Buruiana, T., Nunes, T., Moldovan, M., Colceriu, L. (2011). *Biocomposites based on new monomer systems reinforced with micro/nanoparticles and glass fibers, metal, ceramic and polymeric composites for various uses* (pp. 244-245). Rijeka, Croatia: Intech
- Price, R., Felix, C., Andreou, P. (2004). Effects of resin composite composition and irradiation distance on the performance of curing lights. *Biomaterials*, 25, 4465-4477
- Rode, K., Kawano, Y., Turbino, M. (2007). Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. *Operative Dentistry*, 32(6), 571-578
- Rueggeberg, F. (2011). State-of-the-art: Dental photocuring – A review. *Dental Materials*, 27, 39-52
- Sarafianou, A., Iosifidou, S., Papadopoulos, T., Eliades, G. (2007). Color stability and degree of cure of direct composite restoratives after accelerated aging. *Operative Dentistry*, 32(4), 406-411
- Schanda, János (2007). *Colorimetry, Understanding the CIE System* (pp. 61-63). Hoboken, New Jersey, EUA: Autor.
- Schmeling, M., Meyer-Filho, A., Andrada, M., Baratieri, L. N. (2010). Chromatic Influence of value resin composites. *Operative Dentistry*, 35 (1), 44-49
- Schneider, L., Cavalcante, L., Prahl, S., Pfeifer, C., Ferracane, J. (2012). Curing efficiency of dental resin composites formulated with camphorquinone or trimethylbenzoyl-diphenyl-phosphine oxide. *Dental Materials*, 28, 392-397

- Sevkusic, M., Schuster, L., Rothmund, L., Dettinger, K., Maier, M., Hickel, R. ...Reichl, F.-X. (2014). The elution and breakdown behavior of constituents from various light-cured composites. *Dental Materials*, 619-631
- Shawkat, E. S. (2009). The effect of the oxygen inhibition layer on interfacial bond strengths and stain resistance of dental resin composites (Tese de Mestrado). University of Birmingham, Inglaterra
- Shawkat, E. S., Shortall, A. C., Addison, O., Palin, W. M. (2009). Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites. *Dental Materials*, 25, 1338-1346
- Sideridou, I., Achilias, D., Spyroudi, C., Karabela, M. (2004). Water sorption characteristics of light-cured dental resins and composites based on Bis-EMA/PCDMA. *Biomaterials*, 25, 367-376
- Sfondrini, M. F., Cacciafesta, V., Scribante, A., Boehme, A., Jost-Brinkmann, P. G. (2006). Effect of light-tip distance on the shear bond strengths of resin-modified glass ionomer cured with high-intensity halogen, light-emitting diode, and plasma arc lights. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 129 (4), 541-546
- Soderholm, K-J., Mariotti, A. (1999). Bis-Gma – Based resins in dentistry: are they safe? *Journal of American Dental Association*, 130, 201-209
- Sokucu, O., Siso, S., Ozturk, F., Nalcaci, R. (2010). Shear bond strength of orthodontic brackets cured with different light sources under thermocycling. *European Journal of Dentistry*, 4, 257- 262
- Sproull, R. (1973). Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 29(4), 416-424
- Steinhaus, J., Hausnerova, B., Haenel, T., Großgarten, M., Möglinger, B. (2014). Curing kinetics of visible light curing dental resin composites investigated by dielectric analysis (DEA). *Dental Materials*, 30, 372-380

- Summitt, J. (2013). *Summitt's fundamentals of operative dentistry a contemporary approach* (pp. 249-253). Hanover Park, EUA: Bryn Grisham
- Svizero, N., Alonso, R., Wang, L., Palma-Dibb, R., Atta, M., Alpino, P. (2012). Kinetic of water diffusion and color stability of a resin composite as a function of the curing tip distance. *Materials Research*, 15(4), 603-610
- Thomé, T., Steagall, W., Tachibana, A., Braga, S., Turbino, M. (2007). Influence of the distance of the curing light source and composite shade on hardness of two composites. *Journal of Applied Oral Science*, 15(6), 486-491
- Toledano, M., Osorio, R., Osorio, E., Fuentes, V., Prati, C., García-Godoy, F. (2003). *Journal of Dentistry*, 31, 43-50
- Uhl, A., Mills, R., Jandt, K. (2003) Polymerization and light-induced heat of dental composites cured with LED and halogen technology. *Biomaterials*, 24, 1809-1820
- Vandewalle, K. S., Roberts, H. W., Miniotis, N. (2006). Critical appraisal. Quartz-tungsten-halogen and light-emitting diode curing lights. *Journal Esthetic Restorative Dentistry*, 18, 161-167
- Vichi, A., Corcolani, G., Ferrari, M., Davidson, C. L. (2004). Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dental Materials*, 20, 530-534
- Watts, D., Alnazzawi, A. (2014). Temperature-dependent polymerization shrinkage stress kinetics of resin-composites. *Dental Materials*, 30, 654-660
- Yamamoto, S., Hosoya, Y., Tsumura, Norimichi, Ogawa-Ochiai, K. (2011). Principal component analysis for dental shade color. *Dental Materials*, 28, 736-742
- Yu, B., Lee, Y. K. (2008). Influence of color parameters of resin composites on their translucency. *Dental Materials*, 24, 1236-1242
- Yuan, J., Brewer, J., Monaco, E., Davis, E. (2007). Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 98(2), 111-119

Yuasa, T., Iijima, M., Ito, S., Muguruma, T., Saito, T. e Mizoguchi I. (2010). Effects of long-term storage and thermocycling on bond strength of two self-etching primer adhesive systems. *European Journal of Orthodontics*, 32, 285-290

Yun, Li, Ling e Fok (2013). Effect of artificial aging on the bond durability of fissure sealants. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 15(3), 251-258

Anexos

Informações do fabricante Voco – Cuxhaven, Alemanha, resina composta *Polofil[®] Supra*

Retirado de http://www.voco.com/en/products/_products/polofil_supra/index.html a 21 de Novembro de 2013

Polofil[®] Supra é uma resina composta para restaurações, fotopolimerizável e radiopaca. Devido ao sistema de cargas supra microfinas, o *Polofil[®] Supra* pode ser utilizado universalmente para restaurações nos dentes anteriores e posteriores bem como para inlays.

Quanto à constituição 60% do seu volume (= 76,5% de peso) é formado por cargas inorgânicas, microcargas (aprox. 0,05 µm) e partículas pequenas (aprox. 0,5 - 2 µm).

O *Polofil[®] Supra* distingue-se pela sua elevada estabilidade e consistência de cor. O *Polofil[®] Supra* polimeriza-se com a ajuda de luz (luz ultravioleta). Encontra-se disponível em seringas de dosagem prática.

O *Polofil[®] Supra* encontra-se disponível em 7 cores: tons avermelhados-acastanhados A1, A2, A3, A3.5; tons amarelados B2, B3; incisal I

Quanto às áreas de aplicação:

- × restaurações das classes I, II e V na área dos dentes posteriores que não são expostos a cargas oclusais;
- × reconstrução de dentes anteriores com lesões traumáticas;
- × facetas para dentes anteriores descolorados;
- × correcções de forma e cor para uma melhor estética;
- × fixação de dentes anteriores frouxos;
- × selagem extensa de fissuras em molares e pré-molares;
- × restaurações das classes III, IV e V nos dentes anteriores;
- × reparações de facetas;
- × reconstruções de cotos para coroas;

- × inlays com compósitos.

Quanto ao modo de aplicação:

- × Depois de limpar o dente com a pasta de limpeza sem fluoretos procede-se à selecção da cor do material. A escala de cores *Polofil® Supra* é composta pelo material original e corresponde à cor de uma restauração colocada e suficientemente endurecida. Para obter a melhor comparação com a cor do dente, é possível humedecer a amostra de cor.
- × A preparação da cavidade é realizada segundo as regras da técnica de restauração adesiva. Para obter uma selagem marginal óptima e para reconstruções de cantos é obrigatório aplicar a técnica da restauração adesiva.
- × As cavidades muito profundas devem eventualmente ser tratadas com preparados de hidróxido de cálcio.
- × Aplicar o agente adesivo de acordo com as instruções de utilização.
- × Seleccionar a cor de *Polofil® Supra* adequada e aplicar o material.
- × Tratamento posterior:
 - As restaurações com uma espessura superior a 2 mm devem ser aplicadas e endurecidas camada por camada (polimerizar cada camada durante 40 - 60 s). Para fotopolimerizar este material, os convencionais aparelhos de polimerização são adequados. A produção de luz deve ser de um mínimo de 500 mW/cm² nos aparelhos de polimerização pelo halogéneo e 300 mW/cm² nos aparelhos LED. A profundidade de endurecimento varia entre 2 mm e 5 mm, dependendo da cor; para a cor de dentina opaca B₄ é de aproximadamente 2 mm depois de uma exposição à luz de 60 s. Sob o esmalte (aproximadamente 1 mm) a profundidade do endurecimento é de 2 - 3 mm para as cores translúcidas.
- × Posicionar a fonte de luz halogénea o mais perto possível da superfície da restauração. Se a distância for superior a 5 mm, as profundidades de endurecimento também podem ser inferiores e é possível que o endurecimento esteja limitado à zona sobre a qual a luz incide. Um endurecimento insuficiente pode resultar em descolorações e irritações da polpa.
- × O acabamento e o polimento da restauração podem ser efectuados sob refrigeração, imediatamente após a remoção dos elementos auxiliares para a

conformação (p. ex. com pontas diamantadas finas ou extrafinas e/ou discos de polimento).

O *Polofil[®] Supra* pode ser utilizado em inlays directos e indirectos, de acordo com os métodos conhecidos. Os valores de estabilidade física são melhorados por meio do endurecimento externo habitual (adicional).

Quanto às indicações:

Se a secagem da cavidade e o seguimento da técnica de aplicação prescrita não forem possíveis ou se existem alergias comprovadas a determinados componentes (Bis-GMA, diuretano dimetacrilato, TEGDMA, BHT, hidroximetacrilato), deve-se dispensar a utilização de *Polofil[®] Supra*.

Preparados que contenham eugenol ou óleo de cravos interferem no processo de endurecimento dos compósitos.. Assim, deve-se evitar a utilização de cimentos à base de óxido de zinco-eugenol ou outros materiais que contenham eugenol.

O contacto com elixires orais catiónicos, bem como com reveladores de placa e cloro-hexidina pode resultar em descoloração.

Informações do fabricante 3M ESPE – Minnesota, EUA, resina composta *FiltekTM Z250*

Retirado de http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE-NA/dental-professionals/products/espe-catalog/~/?N=5144829+3294735961&rt=rud a 21 de Dezembro de 2013

O material universal 3MTM ESPETM *FiltekTM Z250* é um compósito restaurador activado por luz visível, radiopaco. Concebido para ser utilizado em restaurações anteriores e posteriores.

A carga do 3M *FiltekTM Z250* é zirconio/sílica. A carga inorgânica é de 60% por volume (sem tratamento com silano) com uma variação de tamanho de partículas de

0,01 a 3,5 μm . O material restaurador *FiltekTM Z250* contém resinas bis-GMA, UDMA, TEGDMA e bis-EMA.

Deve ser utilizado um adesivo dentário para ligar permanentemente a restauração à estrutura dentária.

O material restaurador está disponível em diversas tonalidades. E embalado em seringas tradicionais e em cápsulas de dose única.

O restaurador *FiltekTM Z250* é indicado para uso em:

- × restaurações directas anteriores e posteriores;
- × reconstrução de cotos;
- × talas/Splinting;
- × restaurações indirectas incluindo inlays/embutimentos, onlays e facetas.

Quanto ao modo de utilização:

- × Preparação;
- × Profilaxia: Os dentes devem ser limpos com pedra-pomes e água para remover as manchas. Antes de isolar o dente seleccione a(s) cor(es) apropriada(s) do material de restauração;
- × A precisão da selecção da tonalidade pode ser melhorada seguindo as seguintes sugestões:
 - Tonalidade: Os dentes não são monocromáticos. O dente pode ser dividido em três secções, cada uma com a sua cor característica;
 - Área gengival: As restaurações da área gengival do dente terão várias quantidades de amarelo;
 - Área corporal: As restaurações no corpo do dente podem ser compostas por tonalidades de cinzento, amarelo ou castanho;
 - Área incisal: As arestas incisais podem conter azul ou cinzento. Também se deve tentar adaptar a translucência desta zona, assim como a extensão da parte translúcida do dente a restaurar e os dentes próximos;
 - Profundidade da restauração: A quantidade de cor exibida pelo material de restauração varia com a sua espessura. Para avaliar a cor a usar

compare a espessura da restauração com a mais parecida no guia de cores.

- × Maqueta: Colocar a tonalidade escolhida do material restaurador no dente não desmineralizado;
- × Manipule o material para que fique parecido com o local da restauração e com uma espessura semelhante. Polimerize. Avalie a correspondência das tonalidades sob diversas fontes de luz;
- × Remover o material de restauração do dente não desmineralizado/são com um explorador;
- × Repetir o processo até se obter uma correspondência aceitável da tonalidade;
- × Isolamento: O dique de borracha é o método preferido de isolamento. Podem ser também utilizados rolos de algodão e um aspirador de saliva.