



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**ANÁLISE DA ALTERAÇÃO DA COLORAÇÃO DE RESINAS
COMPOSTAS QUANDO EXPOSTAS A CORANTES PASSÍVEIS
DE ENCONTRAR NA CAVIDADE ORAL**

Trabalho submetido por
Sara Manuela Simões Vaz Salgueiro
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**ANÁLISE DA ALTERAÇÃO DA COLORAÇÃO DE RESINAS
COMPOSTAS QUANDO EXPOSTAS A CORANTES PASSÍVEIS
DE ENCONTRAR NA CAVIDADE ORAL**

Trabalho submetido por
Sara Manuela Simões Vaz Salgueiro
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Mário Polido

e coorientado por
Prof. Doutora Joana Vasconcelos e Cruz

setembro de 2022

“Everyone can rise above their circumstances and achieve success if they are dedicated to and passionate about what they do.”

(Nelson Mandela)

Dedicatória

Para a minha Mãe.

Para a minha Avó.

Em memória da minha Avó Augusta e dos meus Tios Francisco e Maria Filomena.

Agradecimentos

Ao Prof. Doutor Mário Polido com quem desde cedo tive uma ligação muito bonita e inesperada. Obrigada, sobretudo por ser um homem de poucas palavras e muitas atitudes. Vai ter sempre um lugar muito especial no meu coração.

À Prof. Doutora Joana Vasconcelos e Cruz pela simpatia, por prontamente ter aceite coorientar a minha tese e por todo o apoio e auxílio prestados.

Ao Prof. Doutor José Brito pela dedicação e auxílio no tratamento estatístico dos dados.

À Prof. Doutora Joana Costa pelo apoio incondicional, pela paciência, e sobretudo me ter dado certezas quando eu mais precisei.

À Mestre Inês Caetano Santos por me ouvir quando estou nervosa e por me aconselhar nos momentos difíceis. Nunca me vou esquecer do dia em que nos conhecemos.

À Prof. Doutora Inês Caldeira Fernandes por me ensinar que às vezes vamos buscar forças onde menos esperamos. Por ter acreditado em mim e no meu trabalho. Agradeço-lhe pelas suas palavras, não imagina o impacto positivo que tiveram e continuam a ter em mim. Lembro-me sempre do que me disse naquele dia e encaro a vida de uma forma melhor.

À Prof. Doutora Alexandra Pinto pela partilha de conhecimentos e pelas maravilhosas sextas feiras de manhã.

Ao IUEM que será para sempre a minha casa.

À minha querida Mãe pelo constante apoio, por ser a minha companheira nas horas mais difíceis, por ter sempre acreditado em mim, pela força que sempre me deu, por ouvir os meus desabafos, e sobretudo pela magia da confiança que temos uma na outra. Pela pessoa maravilhosa que és. Tudo o que sou hoje a ti o devo. Sei que vamos estar para sempre juntas. Mais uma vez obrigada.

À minha avó por tudo o que fez e continua a fazer por mim. Nunca me esquecerei que estiveste constantemente presente na minha vida. Realmente não há palavras suficientes com que possa expressar o meu agradecimento e o meu amor por ti. A vida encarregou-se de me dar o melhor que poderia ter imaginado.

À Beatriz, à Beatriz, ao Bruno, ao Diogo, à Edna e à Marta por literalmente estarem comigo na alegria e na tristeza, na saúde e na doença. Cada vez percebo melhor o porquê de a vida não me ter dado irmãos de sangue.

Ao Francisco, à Joyce e à Helena pelos anos maravilhosos de clínica que me proporcionaram, e sobretudo pela amizade e apoio que sempre demonstraram.

À Bárbara e ao Nuno pela constante amizade e pelo apoio a nível laboratorial.

Resumo

Objetivo: Este estudo visa avaliar a alteração da coloração, através do sistema de cores CIE L*a*b*, de resinas compostas nanohíbridas e microhíbridas, quando as mesmas são expostas a soluções potencialmente causadoras de pigmentação durante um período de 14 dias.

Materiais e Métodos: Durante 14 dias foi avaliada a coloração de 225 discos de resina composta (10x2 mm). Foram utilizadas 3 resinas compostas diferentes (Clearfil Majesty™ ES-2 Premium, Elegance Composite Universal e Point 4™), cada uma dividida em 5 grupos experimentais de forma aleatória ($n = 15$). Por sua vez, cada grupo experimental foi aplicado em 5 soluções (1 solução controlo e 4 soluções potencialmente causadoras de pigmentação) diferentes. O grupo controlo correspondeu à solução com saliva artificial. As amostras (à exceção do grupo controlo) foram incorporadas nas respetivas soluções por um período de cinco minutos por dia, durante 14 dias. Sendo que nas vinte e três horas e cinquenta e cinco minutos restantes foram conservadas em saliva artificial. A coloração dos discos de resina foi avaliada 2 vezes, antes dos mesmos serem aplicados nas soluções (T0) e após 14 dias de aplicação nas soluções (T14), com o espectrofotómetro Spectro-Shade™ Micro. A análise estatística dos dados obtidos foi efetuada com o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 28.0, com um nível de significância de 5%. Aplicou-se a ANOVA two-way, o teste de Shapiro-Wilk e o teste de Levene.

Resultados: Verificaram-se diferenças significativas entre as resinas compostas quando expostas à mesma solução. Do mesmo modo, que se verificaram diferenças significativas entre as soluções, relativamente à sua capacidade de provocar alteração da coloração na mesma resina.

Conclusões: As soluções potencialmente causadoras de pigmentação provocaram alterações na coloração das diferentes resinas compostas. A solução correspondente ao café causou a maior variação cromática em todas as resinas compostas estudadas.

Palavras-chave: Alteração da Coloração; Resina Composta; Estética; Pigmentação.

Abstract

Objective: This study aims to evaluate the change in the coloration, through the CIE L*a*b* color system, of nanohybrid and microhybrid composite resins when they are exposed to solutions that can potentially cause pigmentation during a period of 14 days.

Materials and Methods: For 14 days the coloration of 225 composite resin discs (10x2 mm) was evaluated. Three different composite resins were used (Clearfil Majesty™ ES-2 Premium, Elegance Composite Universal e Point 4™), each divided into 5 experimental groups randomly ($n = 15$). Each experimental group was applied to 5 different solutions (1 control solution and 4 solutions that potentially could cause pigmentation). The control group corresponded to the solution with artificial saliva. The samples (except for the control group) were incorporated into the respective solutions for a period of five minutes every day for fourteen days. For the remaining twenty three hours and fifty five minutes they were kept in artificial saliva. The coloration of the resin discs was evaluated 2 times, before they were applied to the solutions (T0) and after 14 days of application in the solutions (T14), with the spectrophotometer Spectro-Shade™ Micro. The statistical analysis of the obtained data was performed by using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 28.0 software at a 5% significance level. The ANOVA two-way, the Shapiro-Wilk test, and the Levene test were applied.

Results: There were significant differences between the composite resins when exposed to the same solution. Similarly, there were significant differences between the solutions in their ability to cause color changes in the same resin.

Conclusions: The solutions potentially responsible for pigmentation caused changes in the coloration of the different composite resins. The solution corresponding to coffee caused the greatest chromatic variation in all the composite resins studied.

Keywords: Color Change; Composite Resin; Aesthetics; Pigmentation.

Índice

I. Introdução	15
1. Cor	15
1.1 Relevância da Alteração da Cor nas Restaurações Dentárias	16
1.2 Propriedades Óticas da Cor	16
1.2.1 Propriedades Primárias	17
1.2.2 Propriedades Secundárias	18
1.3 Métodos de avaliação da cor	19
1.3.1 Método Visual	20
1.3.2 Método Instrumental	20
1.3.2.1 Aparelhos de Medição da Cor	20
1.3.2.1.1 Colorímetros	20
1.3.2.1.2 Espectrofotômetros	21
1.3.2.1.2.1 SpectroShade™ Micro	21
1.3.2.1.2.2 CIE L*a*b*	22
1.4 Diferença da Cor	23
2. Importância da Estética e da Estabilidade Cromática	25
3. Resinas Compostas	26
3.1 Benefícios, Propriedades e Aplicações	26
3.2 Composição	26
3.2.1 Matriz Orgânica	27
3.2.2 Matriz Inorgânica	28
3.2.3 Relação entre a Matriz Orgânica e a Matriz Inorgânica	29
3.3 Resinas Compostas mais utilizadas atualmente	29
3.3.1 Nanoparticuladas	29
3.3.2 Nanohíbridas	30
3.3.3 Microhíbridas	30
4. Fotopolimerização	31
5. Pigmentação	33
5.1 Pigmentação Dentária Intrínseca e Extrínseca	33
5.2 Variação Cromática nos Materiais Dentários	33
5.2.1 Fatores Intrínsecos	33
5.2.2 Fatores Extrínsecos	34
6. Soluções	34
6.1 Saliva Artificial	34
6.2 Café	35
6.3 Sumo de Frutos Vermelhos	35

6.4	Clorexidina.....	35
6.5	Bebida Energética	36
II.	Objetivos.....	39
III.	Hipóteses de Estudo.....	39
IV.	Materiais e Métodos	41
1.	Materiais.....	41
2.	Metodologia.....	41
V.	Resultados	57
VI.	Discussão	75
VII.	Conclusões	87
	Perspetivas Futuras	88
VIII.	Bibliografia	89

Índice de Figuras

Figura 1- Desenho do protocolo experimental	42
Figura 2- Resina Composta “Clearfil Majesty™ ES-2 Premium” (Kuraray Noritake Dental Inc. - Okayama, Japan)	43
Figura 3 - Resina Composta “Elegance Composite Universal” (Medicaline - Castellón, Spain).....	44
Figura 4 - Resina Composta “Point 4™” (Kerr - Orange, CA, USA).....	44
Figura 5 - Confeção das Amostras através da compactação da Resina Composta no Porcelain Sampler.....	46
Figura 6 - Compressão da Resina Composta durante a confeção das Amostras.....	46
Figura 7 - Condição da Amostra após ser removida a compressão exercida anteriormente	47
Figura 8 - Fotopolimerização da Amostra	47
Figura 9 - Verificação da intensidade da luz do fotopolimerizador	48
Figura 10 - Amostras imediatamente após terem sido retiradas do Porcelain Sampler .	48
Figura 11 - Remoção dos excessos nas faces laterais dos discos de Resina Composta .	49
Figura 12 - Amostras após serem removidos os excessos das suas faces laterais.....	49
Figura 13 - Numeração dos discos de Resina Composta.....	50
Figura 14 - Demarcação dos discos de Resina Composta.....	51
Figura 15 - Amostras após serem numeradas e demarcadas	51
Figura 16- Estufa de incubação (Mettler INE 400) à temperatura de 37 °C	52
Figura 17 - Soluções utilizadas (1: saliva artificial; 2: café; 3: sumo de frutos vermelhos; 4: clorexidina; 5: bebida energética)	53
Figura 18- Amostras imersas nas soluções potencialmente causadoras de pigmentação (1: Café; 2: Sumo de Frutos Vermelhos; 3: Clorexidina; 4: Bebida Energética)	53
Figura 19 - Processo de calibração do espectrofotómetro Spectro-Shade™ Micro, inicialmente para a cor branco e, de seguida para a cor verde	54
Figura 20 - Amostras provenientes da Resina Composta “Clearfil Majesty™ ES-2 Premium” (Kuraray Noritake Dental Inc. - Okayama, Japan) após 14 dias de exposição às soluções	55
Figura 21 - Amostras provenientes da Resina Composta “Elegance Composite Universal” (Medicaline - Castellón, Spain) após 14 dias de exposição às soluções	55

Figura 22 - Amostras provenientes da Resina Composta “Point 4™” (Kerr - Orange, CA, USA) após 14 dias de exposição às soluções 56

Índice de Tabelas

Tabela 1: Materiais e respectivos fornecedores utilizados neste estudo	41
Tabela 2- Descrição das particularidades das Resinas Compostas utilizadas nesta Investigação.....	43
Tabela 3 - Descrição das particularidades das Soluções potencialmente causadoras de pigmentação utilizadas nesta Investigação	45
Tabela 4: Descrição dos Grupos Experimentais.....	50
Tabela 5 - Avaliação do efeito do tipo de resina (resinas 1, 2 e 3) e do tipo de bebida (bebidas 1, 2, 3, 4 e 5) às quais as resinas estiveram expostas, na variação ocorrida no parâmetro de cor ΔE entre o 1º e 14º dia de exposição.	58
Tabela 6 - Avaliação do efeito do tipo de resina (resinas 1, 2 e 3) e do tipo de bebida (bebidas 1, 2, 3, 4 e 5) às quais as resinas estiveram expostas, na variação ocorrida no parâmetro de cor ΔL entre o 1º e 14º dia de exposição.	58
Tabela 7 - Avaliação do efeito do tipo de resina (resinas 1, 2 e 3) e do tipo de bebida (bebidas 1, 2, 3, 4 e 5) às quais as resinas estiveram expostas, na variação ocorrida no parâmetro Δa de cor a entre o 1º e 14º dia de exposição.	58
Tabela 8 - Avaliação do efeito do tipo de resina (resinas 1, 2 e 3) e do tipo de bebida (bebidas 1, 2, 3, 4 e 5) às quais as resinas estiveram expostas, na variação ocorrida no parâmetro de cor Δb entre o 1º e 14º dia de exposição.....	59
Tabela 9 - Dados da variável dependente ΔE entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.....	59
Tabela 10- Dados da variável dependente ΔE entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.....	61
Tabela 11- Dados da variável dependente ΔL entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.....	63
Tabela 12- Dados da variável dependente ΔL entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.....	65
Tabela 13- Dados da variável dependente Δa entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.....	67
Tabela 14- Dados da variável dependente Δa entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.....	69
Tabela 15- Dados da variável dependente Δb entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.....	71

Tabela 16 - Dados da variável dependente Δb entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo. 73

Índice de Gráficos

Gráfico 1- Dados da variável dependente ΔE entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.....	60
Gráfico 2- Dados da variável dependente ΔE entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.....	62
Gráfico 3- Dados da variável dependente ΔL entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.....	64
Gráfico 4- Dados da variável dependente ΔL entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.....	66
Gráfico 5- Dados da variável dependente Δa entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.....	68
Gráfico 6- Dados da variável dependente Δa entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.....	70
Gráfico 7- Dados da variável dependente Δb entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.....	72
Gráfico 8- Dados da variável dependente Δb entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.....	74

Lista de Abreviaturas e Siglas

AGDMA- Acetylated glycerol dimethacrylate

AT- Acceptability threshold

Bis-EMA- Ethoxylated bisphenol α -glycol dimethacrylate

Bis-GMA- Bisphenol α -diglycidyl methacrylate

BPA- Bisphenol A

CaCl₂- Cloreto de Cálcio

CIE- Commission Internationale de L'Eclairage

D₃MA- Decanediol dimethacrylate

GDMA- Glycerol dimethacrylate

GTMA- Glycerol trimethacrylate

ISO- International Organization for Standardization

IUEM- Instituto Universitário Egas Moniz

HEMA- 2-hydroxyethyl methacrylate

H₂O- Água

KCl- Cloreto de Potássio

LED- Light Emitting Diode

n- Tamanho da amostra

NaCl- Cloreto de Sódio

NaH₂PO₄.H₂O- Dihidrogenofosfato de sódio monohidratado

Na₂HPO₄- Hidrogenofosfato dissódico

Na₂S.9H₂O- Sulfureto dissódico nona hidratado

NBS- National Bureau of Standards

p- Significância estatística

PT- Perceptibility threshold

SiO₂- Dióxido de silício

SPSS- Statistical Package for the Social Sciences

TEGDMA- Triethylene glycol dimethacrylate

UDMA- Urethane dimethacrylate

USPHS- Healthy Lifestyles Program of the Commissioned Corps of the United States
Public Health Service

UV- Ultravioleta

°C- Grau Celsius

Δa - Delta a

Δb - Delta b

ΔE - Delta E

ΔL - Delta L

I. Introdução

1. Cor

Apesar de não se poder afirmar que exista uma autoria certa, é consensual dizer-se que os olhos são o espelho da alma. A visão é um dos cinco sentidos básicos do ser humano. Com ela é despertada uma certa sensibilidade para avaliar vários parâmetros. Um dos mais importantes e que se destaca é sem dúvida a cor. É então neste pressuposto que esta investigação se irá basear.

A cor encontra-se associada à luz. Para que a visualização da cor possa ocorrer, a luz tem de ser refletida a partir de um objeto, estimulando os sensores presentes na retina do olho humano (cones e bastonetes), e enviando um sinal que é interpretado pelo córtex cerebral. Os materiais transparentes permitem a passagem da luz sem sofrerem alterações relevantes, estes dispersam, transmitem e absorvem a luz. Por sua vez os materiais opacos apenas refletem e absorvem a luz (Sikri, 2010).

A cor de um objeto compreende a alteração da energia espectral da fonte de iluminação pelo objeto e o processamento (por um observador) da energia espectral modificada do objeto em relação à energia direta proveniente da fonte de iluminação. São também abrangidas as variações geométricas da fonte de iluminação, do objeto e do observador, e qualquer interferência ótica integrante (Johnston, 2009).

A visualização da cor não é efetuada de acordo com regiões da luz estáticas, isto é, isoladas no espaço e no tempo. A luz refletida de uma superfície em direção ao olho humano varia no espaço e no tempo (Witzel & Gegenfurtner, 2018).

A cor auxilia o observador humano a reconhecer os objetos e o estado em que os mesmos se encontram. Esta distinção é realizada a um nível sensorial de codificação visual rápida e durante a recuperação de informação da imagem proveniente da memória (Witzel & Gegenfurtner, 2018).

Para o observador humano identificar os contornos dos objetos está dependente da conjugação da iluminação e dos contrastes cromáticos, provando-se assim, a relevância da cor na diferenciação dos objetos entre si, e entre o seu fundo (Witzel & Gegenfurtner, 2018).

Nos materiais dentários restauradores, a cor é geralmente classificada de acordo com a escala VITA Classical (A1-A4 cores na região do castanho e do avermelhado, B1-B4 cores na região do amarelo e do avermelhado, C1-C4 cores na região do cinzento, D2-D4 cores na região do cinzento e do avermelhado) (Rusnac et al., 2021).

A cor de uma restauração dentária é definida pelas capacidades de dispersão da luz da resina composta e pelas estruturas que a rodeiam (Islam et al., 2022).

1.1 Relevância da Alteração da Cor nas Restaurações Dentárias

O êxito dos materiais restauradores na Medicina Dentária é decidido de acordo com os seus efeitos estéticos e funcionais a longo prazo. Para se tentar atingir os padrões estéticos, é necessário conjugar quatro parâmetros: a posição, o contorno, a textura e a cor. Permanecer ciente do conceito de cor é fundamental para se alcançar uma boa estética. A cor aperfeiçoa a estética e faz com que a restauração contenha uma aparência natural e cativante (Sikri, 2010).

A aparência estética geral das restaurações é desenvolvida quando os materiais restauradores estéticos mimetizam a cor das estruturas dentárias adjacentes (Durand et al., 2021).

1.2 Propriedades Óticas da Cor

O aspeto da cor das resinas compostas é afetado por múltiplas causas, sendo uma delas as propriedades da cor (valor, croma e matiz) e a sua translucidez. Isto acontece devido ao facto de as resinas compostas serem materiais que possuem um certo grau de translucidez, possuindo a capacidade de refletir as cores de todas as estruturas dentárias que os rodeiam (Durand et al., 2021).

A cor é habitualmente definida de acordo com o sistema de Munsell, que retrata a cor no espaço, estando esta dividida em 3 parâmetros fundamentais: o matiz, o valor e o croma. Quando se recorre ao sistema Munsell para se determinar a cor, primeiro é definido o valor, seguidamente o croma, e só posteriormente o matiz, que irá depender da conjugação destes dois parâmetros iniciais (Islam et al., 2022; Sikri, 2010).

O matiz define-se como sendo o parâmetro que permite realizar a distinção entre os grupos das diferentes cores. É caracterizado como a gama principal de comprimentos de onda no espectro visível da luz que fornece a percepção da cor, mesmo que o comprimento

de onda exato da cor não se encontra presente. O matiz representa uma análise fisiológica e psicológica de uma adição de comprimentos de onda. O matiz é simbolizado na Escala Vita Classic por A, B, C ou D (Sikri, 2010).

O valor ou brilho representa a quantidade de luz que um objeto devolve. Munsell apresentou o valor numa escala cinza, que varia entre o branco e o negro. Os objetos cujo brilho é elevado contêm valores mais elevados na escala cinza (valor elevado) e os objetos cuja aparência é mais escura possuem valores mais diminuídos na escala cinza (valor diminuído). O brilho de uma coroa pode ser aumentado de duas formas: baixando o croma ou aumentando a refletividade da superfície. Reduzir o valor expressa uma diminuição do retorno da luz do objeto iluminado, sendo que a restante luz é absorvida ou dispersa noutra região (Sikri, 2010).

O croma simboliza a saturação, intensidade ou força do matiz (grau de saturação da cor). Por exemplo, se se adicionar um corante a um copo de água repetidamente, a sua intensidade aumenta, mas a cor conserva-se igual (matiz). Se se continuar a adicionar o corante, a solução obtém uma aparência cada vez mais escura. Deste modo, o aumento do croma tem uma relação inversamente proporcional com o valor. Se o croma aumenta, o valor diminui, existindo sempre uma correspondência entre estes 2 parâmetros. O aumento na numeração da Escala Vita Classic, corresponde ao aumento do croma (Sikri, 2010).

1.2.1 Propriedades Primárias

A percepção da cor pelo ser humano está associada ao espectro da luz visível, que se insere no olho e estimula os três tipos de recetores da cor presentes na retina. Estes recetores por sua vez, estão relacionados com o cérebro através do nervo ótico. Munsell deduziu que como existiriam 3 recetores de cor, o observador humano teria a capacidade de distinguir 3 parâmetros de cor. Deste modo, Munsell foi o primeiro a discriminar a cor em dimensões perceptualmente uniformes e independentes, o matiz, o valor e o croma, e a demonstrar metodicamente a cor no espaço tridimensional (Johnston, 2009).

Os limiares da perceptibilidade e da aceitabilidade são definidos de acordo com a variação e conjugação das 3 propriedades primárias da cor, valor, croma e matiz de cada material. Existem dois tipos de distinções da cor que são captadas pelo olho humano: a quantitativa (diferença no valor e/ou croma) e a qualitativa (diferença no matiz). Para a maioria dos

observadores o matiz seria o suficiente para se definir uma cor, não possuindo a capacidade de considerar o valor e o croma como parâmetros diferenciadores da cor (Pérez et al., 2022).

Habitualmente para que ocorra uma diferença de cor é necessário que existam simultaneamente diferenças no valor, no croma e no matiz, estando estes 3 parâmetros relacionados e ocorrendo possíveis interações entre os mesmos (Pérez et al., 2022).

É importante referir que o valor representa um parâmetro previsível relativamente aos materiais restauradores, sendo que o matiz e o croma encontram-se suscetíveis a sofrer alterações devido a possíveis pigmentações externas (Blackburn et al., 2021).

1.2.2 Propriedades Secundárias

Adicionalmente às propriedades primárias (matiz, valor e croma), a cor também possui propriedades secundárias, que têm uma influência significativa, tendo um impacto considerável no produto final. Estas são a translucidez, a opacidade, a fluorescência e o metamerismo, sendo a translucidez a que contém uma maior relevância (Islam et al., 2022; Rusnac et al., 2021).

A translucidez é definida como a quantidade relativa de luz que atravessa um material (Porojan et al., 2021), sendo um estado entre o transparente e o opaco (Rusnac et al., 2021). É geralmente referida como um parâmetro de translucidez relativa. A mesma é calculada através da diferença de cor de um material num fundo negro e num fundo branco (Porojan et al., 2021; Rusnac et al., 2021). Esta medição deve ser realizada com um espectrofotómetro na mesma zona do objeto, e a mesma deve conter uma espessura uniforme. Se o material for totalmente opaco, o valor da translucidez será 0. Se o valor de translucidez aumentar, conseqüentemente a translucidez do objeto também se intensifica (Porojan et al., 2021).

Nos materiais restauradores que possuem uma translucidez extremamente elevada, o resultado ótico final da restauração poderá ser altamente artificial (Blackburn et al., 2021; Rusnac et al., 2021).

A translucidez de um objeto intensifica-se posteriormente à polimerização através da variação verificada no índice de refração dos monómeros (Durand et al., 2021).

Para se efetuar uma correta medição da translucidez é fundamental que a mesma seja realizada numa superfície plana, pelo facto de a cor e a reflexão sofrerem alterações em superfícies irregulares (Johnston, 2009).

Os comprimentos de onda da luz compreendem graus de translucidez diferentes quando atravessam os materiais dentários (Sikri, 2010).

A opacidade corresponde à dispersão do comprimento de onda da luz visível, originando um material que aparenta apresentar uma coloração diferente. Uma cor quando a luz é refletida através dessa cor e outra quando a luz é transmitida através dessa mesma cor. Aparentando cores na região do azul, do laranja e do castanho em função da reflexão e da transmissão da cor (Porojan et al., 2021; Sikri, 2010).

Propriedades óticas, como a translucidez e a opacidade, são aspetos fundamentais para se conseguir atingir a estética pretendida e mimetizar o aspeto natural das restaurações (Porojan et al., 2021).

A fluorescência é estabelecida como sendo a absorção da luz por um objeto e a sua emissão espontânea num comprimento de onda mais longo. O processo decorre através da absorção de um fóton seguido da emissão espontânea do segundo fóton, num valor de energia igual ou inferior à do fóton absorvido (T. M. da Silva et al., 2017). A luz ambiente próxima da região UV é absorvida e emitida novamente maioritariamente na região azul do espectro, mas também nos restantes comprimentos de onda. Na prática clínica os pós fluorescentes são adicionados às coroas para aumentar a quantidade de luz restituída ao observador, bloqueando as variações cromáticas, e diminuindo o croma. Apresenta vantagens quando se pretende aumentar o valor sem alterar de modo negativo a translucidez (Sikri, 2010).

O metamerismo define-se como sendo um fenómeno que ocorre quando duas cores aparentam ser iguais quando submetidas a uma determinada condição de iluminação. Contudo, possuem uma reflexão desigual no espectro da luz. Esta ocorrência pode ser evitada se durante a seleção da cor a mesma for submetida a condições diferentes de iluminação (Sikri, 2010).

1.3 Métodos de avaliação da cor

Na Medicina Dentária existem 2 métodos para se avaliar e determinar a cor de um objeto. O método visual e o método instrumental (Bagheri et al., 2005; Ceci et al., 2017; Ertaş et al., 2006; Khosravi et al., 2016; Tanthanuch et al., 2016).

1.3.1 Método Visual

O método visual é geralmente o mais utilizado (Khosravi et al., 2016; Lepri & Palma-Dibb, 2014; Paravina et al., 2015), e é efetuado através da interpretação e comparação visual da cor, sendo extremamente subjetivo (Bagheri et al., 2005; Ceci et al., 2017; Ertaş et al., 2006). Como tal, apresenta algumas inconveniências, sendo pouco coerente e padronizado (Khosravi et al., 2016). Executa-se comparando as distintas escalas de cor (Vita Zahnfabrik ou Trubyte Bioform) ou através da análise da fotografia digital, estando sempre dependentes da iluminação (Lepri & Palma-Dibb, 2014).

1.3.2 Método Instrumental

No método instrumental a determinação da coloração é realizada através de instrumentos de correspondência de cor que são objetivos e podem ser quantificados, como espectrofotómetros e colorímetros, eliminando a interpretação subjetiva proveniente do método visual (Borges et al., 2021; Ceci et al., 2017; Ertaş et al., 2006; Khosravi et al., 2016; Valizadeh et al., 2020). O método instrumental é considerado o mais fidedigno (Şişmanoğlu & Sengez, 2022). O espectrofotómetro e o colorímetro possibilitam a diferenciação de pequenas alterações da coloração de objetos em superfícies planas (Bagheri et al., 2005; Ertaş et al., 2006; Tanthanuch et al., 2016).

1.3.2.1 Aparelhos de Medição da Cor

Os espectrofotómetros e os colorímetros são instrumentos extensamente utilizados para verificar variações de coloração nos materiais dentários (Ceci et al., 2017; Sikri, 2010). São objetivos e os seus resultados podem ser quantificados (Şişmanoğlu & Sengez, 2022).

1.3.2.1.1 Colorímetros

Os colorímetros medem a quantidade de luz refletida por determinados objetos (Ertaş et al., 2006). Utilizam habitualmente três ou quatro fotodiodos de sílica que possuem filtros de correção espectral. Estes filtros atuam como geradores de funções analógicas que limitam as características espectrais da luz que alcança a superfície do detetor. Os

colorímetros de filtro são considerados menos eficazes quando comparados com os instrumentos de digitalização, como o espectrofotómetro, devido à sua incapacidade de corresponder às funções padrão do observador. Contudo, devido à sua estrutura consistente e de análise rápida, estes dispositivos podem ser utilizados para controlo de qualidade da cor (Sikri, 2010).

Existem colorímetros que aproximam através de filtros a luz proveniente de uma determinada fonte e as características visuais particulares de um determinado ser humano. Estes dados de cor obtidos são somente válidos especificamente para essa fonte e esse mesmo observador (Johnston, 2009).

1.3.2.1.2 Espectrofotómetros

Os espectrofotómetros são instrumentos produzidos para fornecer medições da cor mais precisas, estes providenciam uma fonte de luz estável. Os mesmos possuem dois métodos de funcionamento. A digitalização tradicional em que um único detetor de fotodiodos regista a quantidade de luz de cada comprimento de onda. De seguida, a luz é dividida em pequenos intervalos de comprimento de onda e é analisada através de um monocromador. No segundo método (mais atual) existe uma matriz de diodos que possui uma unidade para cada comprimento de onda, permitindo a assimilação simultânea de todos os comprimentos de onda. Os dois métodos são significativamente mais lentos comparativamente aos colorímetros (Sikri, 2010).

O espectrofotómetro é um instrumento mais preciso na identificação de variações cromáticas nos materiais restauradores dentários (Borges et al., 2021; Khosravi et al., 2016), quando comparado com o colorímetro, pelo facto de não ser influenciado pela luz ambiente (Borges et al., 2021).

Os valores fornecidos pelo espectrofotómetro proporcionam a análise dos componentes fundamentais de uma série de cores no espectro e a capacidade de converter estes valores em diversos parâmetros de cor (Johnston, 2009).

1.3.2.1.2.1 SpectroShade™ Micro

O SpectroShade™ Micro (MHT Medical High Technologies, Verona, Itália) é um espectrofotómetro utilizado na Medicina Dentária. Produz uma imagem através da conjugação de uma câmara digital e de um espectrofotómetro LED, possuindo um

computador interno com um software analítico. O mesmo dispõe de maior precisão de valores relativamente a outros espectrofotômetros e outros métodos de avaliação da cor (Lazar et al., 2019).

1.3.2.1.2.2 CIE L*a*b*

O sistema de cores CIE L*a*b*, introduzido pela Commission Internationale de L'Eclairage (CIE), é definido como um sistema de medição da cor tridimensional, o mesmo é o mais utilizado em investigações em Medicina Dentária (Khosravi et al., 2016), dispondo de vantagens como a sua estabilidade, sensibilidade (deteta pequenas variações de cor) e objetividade (Ceci et al., 2017; Şişmanoğlu & Sengez, 2022; Witzel & Gegenfurtner, 2018). Foi inicialmente criado para possibilitar uma análise melhor na captação da cor. Este sistema mede o valor e o croma através de 3 parâmetros “L”, “a” e “b”. Neste sistema de Munsell “L” representa o brilho, “a” a região vermelho-verde, sendo que valores positivos (+) indicam proximidade à região vermelha e valores negativos (-) proximidade à região verde, e “b” a região amarelo-azul, sendo que valores positivos (+) indicam proximidade à região amarela e valores negativos (-) proximidade à região azul da cor no espaço.

O parâmetro “L” representa o valor. Este varia entre 0 e 100, sendo que 0 simboliza a cor negro e 100 simboliza a cor branco. Deste modo, valores a tender para 0 significam uma diminuição do brilho, ou seja, quanto mais elevado for o parâmetro mais brilho terá a amostra. Os parâmetros “a” e “b” representam o croma (Almejrjad et al., 2022; Koren et al., 2020; Lee et al., 2020; Poggio et al., 2017; Rusnac et al., 2021; Şişmanoğlu & Sengez, 2022).

A diferença de cor total (ΔE) é calculada através da seguinte fórmula: $\Delta E = ([\Delta L]^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ (Johnston, 2009; Poggio et al., 2017; Şişmanoğlu & Sengez, 2022; Valle Marçal et al., 2019). Sendo que ΔL é definido pela diferença entre a medição final e a medição inicial do parâmetro “L” da cor, Δa é definido pela diferença entre a medição final e a medição inicial do parâmetro “a” da cor e Δb é definido pela diferença entre a medição final e a medição inicial do parâmetro “b” da cor.

Hipoteticamente, se não existir variação da cor do material estudado, ΔE seria igual a 0, possuindo estabilidade cromática. Contudo a visão humana não dispõe da capacidade de realizar uma distinção da alteração da cor de forma tão minuciosa. Deste modo, valores

ligeiramente superiores a 0 não são distinguidos pelo observador, não existindo um valor estipulado de ΔE para que seja possível classificar a estabilidade cromática de um material (Şişmanoğlu & Sengez, 2022).

1.4 Diferença da Cor

A diferença de cor é extensamente utilizada em investigações na área da Medicina Dentária, com o objetivo de se conseguir verificar a estabilidade cromática dos polímeros pertencentes aos materiais restauradores utilizados (Johnston, 2009).

Para se poderem interpretar e avaliar as diferenças de cor existem dois parâmetros, o limiar da perçetibilidade e o limiar da aceitabilidade. A função dos mesmos consiste em melhorar a qualidade na escolha de materiais dentários, avaliar o seu comportamento a nível clínico e auxiliar na análise dos resultados obtidos em investigações, encontrando consequentemente uma uniformização dos mesmos (Paravina et al., 2015).

A investigação decorrente dos limiares da cor é complexa e apresenta algumas dificuldades associadas ao número de observadores, às condições em que é efetuada, ao método utilizado, e às disparidades entre a área observada pelo operador e a área medida pelo instrumento (Paravina et al., 2015).

Existe alguma controvérsia e aparenta não existir um consenso na literatura quando se trata de definir até que valor uma mudança de cor é aceitável ou não. Ainda não se conseguiu definir até que valor a visão humana reconhece ou não essa alteração, sendo isto justificado com o facto de divergir de indivíduo para indivíduo e de depender da ocasião (Borges et al., 2019; Hussain et al., 2021).

Sendo assim, alguns autores consideram os seguintes valores:

- $\Delta E = 1$, como sendo o limiar aceitável, e que com $\Delta E = 3,7$ existe diferença de cor (Yikilgan et al., 2019);
- $\Delta E = 1,8$ como sendo o limiar aceitável, e que o limiar perçetível seria $\Delta E = 0,8$ (Schroeder et al., 2019);
- $\Delta E < 1$ não seria detetado pelo olho humano e $1 < \Delta E < 3,3$ seria perçetível, mas aceitável clinicamente e $\Delta E > 3,3$ seria inaceitável clinicamente (Hussain et al., 2021);
- $\Delta E > 3,3$ corresponderia a uma alteração da cor significativa, e $2,3 \leq \Delta E \leq 2,8$ corresponderia a uma alteração da cor perçetível (Zhao et al., 2019);

- $\Delta E > 3,3$ há uma diferença de cor clinicamente perceptível (Tanthanuch et al., 2016);
- $\Delta E_{ab} < 3,3$ seria clinicamente aceitável (Bitencourt et al., 2020);
- Se ΔE estiver entre 3,3 e 3,7 existe uma alteração na cor, e se $\Delta E > 3,7$ é clinicamente perceptível (Chittem et al., 2017);
- $\Delta E < 3,3$ considera-se clinicamente aceitável (Khosravi et al., 2016);
- O USPHS considera que valores de ΔE entre 2,2 e 4,4 são clinicamente aceitáveis (Lepri & Palma-Dibb, 2014);
- $\Delta E < 3,3$ corresponderia a uma alteração de cor aceitável (Hasani et al., 2019);
- Valores de $\Delta E < 1$ não seriam perceptíveis através do olho humano, valores entre $\Delta E 1$ e 3 corresponderiam a diferenças de cor perceptíveis a clínicos experientes, valores de $\Delta E \geq 3,3$ seriam perceptíveis visualmente e clinicamente inaceitáveis (Patil et al., 2020);
- $\Delta E < 1$ a alteração de cor não seria reconhecível através do olho humano, que detetaria valores de $\Delta E > 1$. Os valores de $1 < \Delta E < 3,3$ seriam clinicamente aceitáveis, e qualquer valor $\Delta E > 3,3$ seria clinicamente não aceitável (Valizadeh et al., 2020).

A classificação definida pelo NBS considera:

- Valores de ΔE entre 0,0 e 0,5: alteração de cor extremamente ligeira;
- Valores de ΔE entre 0,5 e 1,5: alteração de cor ligeira;
- Valores de ΔE entre 1,5 e 3,0: alteração de cor perceptível;
- Valores de ΔE entre 3,0 e 6,0: alteração de cor acentuada;
- Valores de ΔE entre 6,0 e 12,0: alteração de cor extremamente acentuada;
- Valores de ΔE entre 12,0 ou maiores: alteração da cor inicial para outra cor.

Uma revisão sistemática publicada num jornal com um elevado fator de impacto (Morais Sampaio et al., 2021) considera os seguintes valores:

- Correlação Excelente ($\leq PT$) = $\Delta E_{ab} \leq 1,2$,
- Correlação Aceitável ($> PT, \leq AT$) = $1,2 < \Delta E_{ab} \leq 2,7$,
- Correlação Moderadamente Inaceitável ($> AT, \leq ATx2$) = $2,7 < \Delta E_{ab} \leq 5,4$,
- Correlação Claramente Inaceitável ($> AT, \leq ATx3$) = $5,4 < \Delta E_{ab} \leq 8,1$,
- Correlação Extremamente Inaceitável ($> ATx3$) = $\Delta E_{ab} > 8,1$.

2. Importância da Estética e da Estabilidade Cromática

A cor representa um dos parâmetros estéticos mais relevantes na Medicina Dentária (Paravina et al., 2015). A aparência e a cor dentária são uma preocupação frequente nos doentes de um modo geral. A estética dentária, nomeadamente a coloração dentária é um tema relevante tanto para o Médico Dentista, que pretende escolher uma cor apropriada do material restaurador, com o objetivo de mimetizar ao máximo o dente natural, como para o Técnico de Prótese que tenciona simular a fisionomia, aparência e a funcionalidade do dente natural, e sobretudo para os doentes que visam enfatizar o seu sorriso (Joiner & Luo, 2017).

A progressão das expectativas estéticas e as necessidades dos doentes favoreceram a difusão das resinas compostas (Elembaby et al., 2021).

Atualmente, os materiais restauradores estéticos são extremamente requisitados e procurados. Inicialmente deve-se escolher a cor adequada, posteriormente o objetivo será garantir a estabilidade cromática. Desta forma, a propriedade de resistência à pigmentação tornou-se tão significativa como as propriedades mecânicas ou físicas (Assaf et al., 2020).

Todos os materiais restauradores estéticos devem simular a aparência de um dente natural relativamente à cor, sendo que o sucesso de uma restauração estética é determinado inicialmente pela pertinência da cor e futuramente pela sua estabilidade cromática a longo prazo (Ceci et al., 2017; Poggio et al., 2017).

As resinas compostas possuem uma função primordial nas restaurações dentárias, especialmente nas regiões anteriores, devido às suas capacidades estéticas, mas sobretudo pela sua fácil manipulação e pela sua considerável biocompatibilidade. A coloração inadequada e a instabilidade cromática numa restauração a resina composta são das causas mais prevalentes para a sua substituição (Mada et al., 2018; Poggio et al., 2017; Usha et al., 2018).

É suposto que as resinas compostas utilizadas nas restaurações diretas contenham excelentes capacidades estéticas, resistência e durabilidade (Şişmanoğlu & Sengez, 2022). Devido a motivos estéticos, a estabilidade cromática dos materiais dentários é extremamente relevante na reabilitação oral (Seydaliyeva et al., 2020).

3. Resinas Compostas

3.1 Benefícios, Propriedades e Aplicações

As resinas compostas são materiais que possuem múltiplas funções. São utilizados em restaurações dentárias, forros cavitários, selantes, núcleos, coroas, restaurações provisórias, cimentos para próteses dentárias e dispositivos ortodônticos, cimentos endodônticos e espigões radiculares. A sua utilização tem vindo a aumentar significativamente (Ferracane, 2011).

Contêm excelentes propriedades mecânicas e físicas, e ainda a capacidade de possuírem particularidades antibacterianas e terapêuticas. Há uma procura cada vez maior por materiais que sejam minimamente invasivos, que apresentem um custo reduzido, e uma maior durabilidade, biocompatibilidade e estética (Cho et al., 2022; Ferracane, 2011; Yadav & Kumar, 2019).

Os benefícios das resinas compostas incluem estas necessidades, sendo que é possível a realização de restaurações diretas com uma estética admirável e de preparações dentárias extremamente conservadoras, que dispõem de uma boa integridade marginal e resistência ao desgaste e à abrasão. Além disto, possuem custos relativamente razoáveis (Rusnac et al., 2021; Yadav & Kumar, 2019).

3.2 Composição

Neste contexto, a palavra "composta" refere-se a um material, cuja estrutura é constituída através de dois ou mais elementos, com o objetivo de proporcionar melhores propriedades ou adicionar mais utilidades ao material original (Cho et al., 2022).

A constituição da resina composta sofreu uma considerável progressão desde a altura em que começou a ser utilizada (Cho et al., 2022; Ferracane, 2011). Define-se como sendo um complexo variável de partículas orgânicas (geralmente um dimetacrilato) e inorgânicas (geralmente um vidro radiopaco), catalisadores químicos, tais como iniciadores para desencadear a reação de polimerização, e inibidores para prevenir reações laterais de polimerização indesejadas ou a formação de subprodutos, um agente de união, entre a matriz orgânica e a matriz inorgânica (silano), pigmentos, diluentes e monómeros resinosos (Cho et al., 2022; Ferracane, 2011; Rusnac et al., 2021).

3.2.1 Matriz Orgânica

Os monómeros essenciais mais frequentemente utilizados na composição das resinas compostas são: o Bis-GMA, o Bis-EMA, e o UDMA. Os diluentes habitualmente aplicados para regular a viscosidade da resina composta correspondem ao TEGDMA, ao D₃MA e ao HEMA (Cho et al., 2022; Ferracane, 2011; Yadav & Kumar, 2019).

O Bis-GMA foi inserido nas resinas através de uma mistura de partículas de sílica, e desde então tem sido extensamente utilizado na composição da matriz orgânica. Principalmente pelas suas propriedades, como o elevado peso molecular, a elevada viscosidade, a baixa flexibilidade e a volatibilidade, conseqüentemente as mesmas determinam um aumento das suas capacidades mecânicas (Cho et al., 2022; Yadav & Kumar, 2019).

Necessita geralmente de ser complementado por um monómero de baixa viscosidade como o TEGDMA, com o objetivo de desenvolver a facilidade da sua manipulação clínica e melhorar o grau de conversão e a densidade das ligações, elevando a mobilidade dos monómeros e dos radicais durante o processo de fotopolimerização (Cho et al., 2022).

Existem outros monómeros, como o GDMA, o AGDMA, e o GTMA, que podem substituir o TEGDMA. Os mesmos demonstraram propriedades mecânicas e de citotoxicidade aceitáveis (Cho et al., 2022).

O monómero Bis-EMA dispõe de uma baixa viscosidade, de um elevado grau de conversão e de uma reduzida contração de polimerização relativamente ao Bis-GMA. Contudo, desencadeia a libertação de BPA, que quando encontrado em alta concentração está demonstrado ser prejudicial para o organismo humano (Cho et al., 2022; Yadav & Kumar, 2019).

Deste modo, introduziram-se monómeros como o UDMA e sem BPA. As resinas compostas constituídas por UDMA revelam uma elevada contração de polimerização e propriedades mecânicas mais vulneráveis quando comparadas com as do Bis-GMA. O UDMA apresenta uma maior flexibilidade e menor viscosidade do que o Bis-GMA devido ao comprimento das suas cadeias moleculares ser mais curto, conseqüentemente torna-se possível a adição de um maior número de partículas inorgânicas sem serem necessários monómeros diluentes complementares. No UDMA podem também, ser aplicados monómeros hidrofóbicos, o que resulta numa diminuição da absorção de água

e da solubilidade, e constitui obviamente uma vantagem (Cho et al., 2022; Yadav & Kumar, 2019).

Apesar de o monómero TEGDMA ter os benefícios de auxiliar a alcançar uma melhor viscosidade e facilitar a manipulação clínica da resina composta, a sua elevada contração de polimerização origina infiltrações na restauração, e por sua vez cáries secundárias frequentes (Cho et al., 2022).

A proporção entre os monómeros principais e os monómeros, cuja função é realizar a diluição tem sido altamente estudada, com a finalidade de aprimorar as propriedades mecânicas e físicas da resina composta (Cho et al., 2022).

3.2.2 Matriz Inorgânica

Os elementos que compõem a matriz inorgânica da resina composta contêm propriedades desiguais em relação aos da matriz orgânica. Com a união destes componentes, pretende-se através das partículas inorgânicas viabilizar melhores propriedades mecânicas e físicas à resina composta. Estas proporcionam resistência, dureza superficial, firmeza, estética, diminuição da contração de polimerização, resistência ao envelhecimento hidrotérmico e propriedades antibacterianas (Cho et al., 2022).

O resultado da ação das partículas inorgânicas em relação a estas propriedades varia consoante o seu tipo, tamanho, forma, proporção, dispersão e orientação, e da preparação da sua superfície. As partículas inorgânicas constituídas por vidro essencialmente de sílica são as mais célebres na composição da resina composta, pela sua força, dureza e elevada resistência a produtos químicos. Complementarmente as suas excelentes propriedades óticas permitem uma maior incidência da luz na matriz orgânica, e possuem flexibilidade para se poder harmonizar a cor da resina através da junção de pigmentos. Por este mesmo motivo, não é pertinente inserir fibras de carbono e nanotubos de carbono na resina composta, apesar de disporem de uma excecional resistência mecânica. As partículas cerâmicas fundamentalmente constituídas por zircónia e alumina são utilizadas para ampliar a elasticidade, a dureza, e a resistência ao desgaste. Tem de se salientar que uma elevada proporção de partículas cerâmicas pode causar um desgaste excessivo dos dentes antagonistas (Cho et al., 2022).

Numa tentativa de se tentarem transcender estas dificuldades, foram aplicadas partículas de sílica de dimensões nanométricas (10-100 nm). As mesmas possuem uma área de

superfície consideravelmente mais elevada em relação às partículas anteriores. Esta área de superfície maior solicita mais material para se poderem envolver todas as partículas, passando a existir um desequilíbrio na proporção entre partículas orgânicas e inorgânicas. Partículas de menores dimensões originam uma maior viscosidade, e conseqüentemente diminuem a mobilidade dos radicais no decorrer da polimerização, resultando num valor mais baixo do grau de conversão. As partículas de dimensões nanométricas são geralmente misturadas com micropartículas (0,1-5 µm) para suprimir esta discordância na proporção entre matriz orgânica e inorgânica, criando-se assim, as resinas compostas híbridas (Cho et al., 2022).

3.2.3 Relação entre a Matriz Orgânica e a Matriz Inorgânica

Com o objetivo de potenciar as características físicas e mecânicas das resinas compostas, é fundamental que ocorram reações entre a matriz orgânica e inorgânica da resina. Os monómeros de silano são constituídos por grupos funcionais orgânicos e inorgânicos, que possuem a capacidade de realizar a ligação química entre as partículas inorgânicas e orgânicas da resina, pretendendo favorecer a união entre as mesmas. São extremamente utilizados na composição das resinas compostas por estas razões. Contêm também a particularidade de conseguirem alterar a superfície da matriz inorgânica (Cho et al., 2022; Yadav & Kumar, 2019).

As resinas compostas fotopolimerizáveis são ativadas através da luz, iniciando-se assim as reações de polimerização. O iniciador mais comum é a canforoquinona e o acelerador corresponde a uma amina terciária, tipicamente aromática (Ferracane, 2011).

3.3 Resinas Compostas mais utilizadas atualmente

A classificação da resina composta pode ser realizada de acordo com as características das suas partículas inorgânicas, principalmente através do seu tamanho (Ferracane, 2011).

As resinas compostas utilizadas atualmente são as microparticuladas, microhíbridas, nanoparticuladas e nanohíbridas (Alencar et al., 2020).

3.3.1 Nanoparticuladas

As resinas compostas que contêm na sua matriz inorgânica exclusivamente partículas de dimensões nanométricas (5-100 nm) possuem maiores benefícios no polimento final, na estabilidade cromática, nas propriedades físicas e na durabilidade (Alencar et al., 2020).

A utilização de partículas com dimensões nanométricas confere às resinas compostas uma maior translucidez e conserva as propriedades físicas e mecânicas semelhantes às das resinas compostas híbridas (Abdelaziz et al., 2020).

As resinas constituídas por partículas de dimensões nanométricas são as mais utilizadas na prática clínica. São materiais com uma manipulação acessível, uma elevada resistência ao desgaste e melhor estética (Kılıç & Gök, 2021).

3.3.2 Nanohíbridas

Estas resinas compostas são constituídas por uma matriz orgânica e por uma matriz inorgânica de diferentes dimensões, micrométricas (0,5-1,0 μm) e nanométricas (<100 nm), respetivamente (Jaramillo-Cartagena et al., 2021; van Esterik et al., 2017). As partículas inorgânicas, cujas dimensões são nanométricas possibilitam o fortalecimento das características mecânicas da resina (van Esterik et al., 2017). A diminuição das dimensões das partículas inorgânicas permite a existência de uma superfície mais polida, menor rugosidade, maior estabilidade cromática, e conseqüentemente, uma melhor estética (Jaramillo-Cartagena et al., 2021).

3.3.3 Microhíbridas

A resina composta microhíbrida resultou de uma melhoria na dimensão das partículas das resinas compostas híbridas, através de técnicas de fresagem e trituração, originando-se uma resina composta constituída por partículas com uma média de cerca de 0,4-1,0 μm , que inicialmente foram denominadas de "minifillers", e posteriormente "microhíbridas". São consideradas resinas compostas universais, tendo em conta que podem ser utilizadas na maioria das restaurações, quer em dentes anteriores como posteriores, principalmente por conjugarem boas propriedades de resistência e polimento (Ferracane, 2011).

É complexo realizar-se a distinção entre as resinas compostas os nanohíbridas e microhíbridas. A sua capacidade de resistência à flexão é praticamente idêntica, sendo a das nanohíbridas ligeiramente inferior à das microhíbridas. Especula-se que as propriedades levemente inferiores da resina composta nanohíbrida podem ser resultado da incorporação de partículas de resina pré-polimerizada na mesma. Relativamente aos estudos clínicos, dois estudos demonstraram resultados promissores em preparações classe II para uma resina nanoparticulada e uma microhíbrida, e para uma resina

nanohíbrida e uma microhíbrida, com a microhíbrida a apresentar um escasso indício de uma melhor integridade marginal (Ferracane, 2011).

4. Fotopolimerização

As restaurações efetuadas com resina composta fazem parte das opções terapêuticas mais efetuadas no organismo humano, com um número superior a quinhentos milhões de restaurações realizadas anualmente no globo terrestre (Soares et al., 2017).

O comportamento das restaurações diretas a resina composta está dependente da ocorrência de uma correta fotopolimerização, pois esta afeta as suas propriedades físicas e mecânicas. Depende de múltiplos fatores como o índice de refração das partículas e dos polímeros, o tipo de monómeros, o tipo e o conteúdo das partículas presentes na resina composta (Soares et al., 2017; Strazzi-Sahyon et al., 2020). Os compostos químicos ativos presentes nos grupos metacrilato dos monómeros polimerizam-se através de um processo iniciado pela exposição à luz e/ou através de moléculas químicas, ocasionando assim, a primeira etapa do processo de polimerização em que se verifica uma reação em cadeia. De seguida decorre uma reação de reticulação, esta está relacionada com as características mecânicas e físicas da resina compostas, como a resistência à fratura, a contração de polimerização e a estabilidade dimensional (Cho et al., 2022). A reação de polimerização e a estrutura reticulada, proporcionam o endurecimento da resina composta (Grazioli et al., 2022).

Atualmente, a maioria das resinas compostas são ativadas através da exposição à luz, proporcionando uma inserção mais comedita e por incrementos das mesmas no interior da preparação. As resinas compostas ativadas através da luz possuem geralmente um iniciador, a canforquinona (o mais utilizado), e um catalisador, a amina (metacrilato de dimetilaminoetilo). O iniciador absorve a luz na região dos 470 nm, colocando as moléculas num estado excitado, o que juntamente com a amina, origina radicais iónicos, que por sua vez iniciam a polimerização dos radicais livres (Grazioli et al., 2022; Price & Rueggeberg, 2018; Rueggeberg et al., 2017).

A fotopolimerização detém um papel fundamental na transformação dos monómeros em polímeros, sucedendo conseqüentemente uma diminuição do volume destes elementos.

Isto ocorre devido ao facto de um polímero ocupar menos espaço do que os monómero, este processo é reconhecido como contração de polimerização (Soares et al., 2017).

Os instrumentos que emitem luz LED simbolizam as fontes de fotopolimerização mais utilizadas na prática clínica. Está descrita uma associação entre a intensidade da luz emitida e o tempo de exposição (quantidade de energia fornecida durante a ativação da luz) com o grau de conversão da resina composta (Alberton Da Silva et al., 2018).

A intensidade da luz na superfície da resina composta é um fator essencial para que a fotopolimerização ocorra de forma completa nas suas zonas superficiais e internas, influenciando ainda, a sua estabilidade cromática e a dureza. Esta tende a diminuir quanto mais afastada estiver a fonte de emissão de luz da superfície da resina composta (Price & Rueggeberg, 2018; Strazzi-Sahyon et al., 2020).

O funcionamento adequado e uma intensidade adequada fornecida pelos instrumentos que efetuam a fotopolimerização são primordiais para a sua durabilidade, e para as propriedades físicas, químicas e mecânicas da resina composta (Strazzi-Sahyon et al., 2020).

Um grau de conversão deficitário pode influenciar a biocompatibilidade, a dureza, a estabilidade cromática, a resistência à fratura e à flexão (propriedades mecânicas) da resina composta, reduzindo, portanto, a sua durabilidade. O grau de conversão é, por sua vez, influenciado por fatores como, as propriedades da luz emitida (radiação e comprimento de onda) e o tipo de fotopolimerizador (Grazioli et al., 2022; Strazzi-Sahyon et al., 2020).

Durante a fotopolimerização há um aumento gradual da viscosidade da resina composta, causando uma diminuição na sua fluidez e aptidão de escoamento. Desta forma, a sua elasticidade aumenta, por conseguinte a sua contração de polimerização (Soares et al., 2017).

Habitualmente as resinas compostas exibem uma contração de volume que varia entre menos de 1% até 6%, estes valores variam consoante a sua constituição e as suas condições da polimerização (Soares et al., 2017).

Um dos efeitos que a contração de polimerização pode apresentar é a rutura entre as margens da restauração e o dente, acabando por se formarem lacunas internas e marginais, e microfraturas do material restaurador e/ou da estrutura dentária (Soares et al., 2017).

A incorreta fotopolimerização da resina composta pode demonstrar diversas complicações. A inadequada fotopolimerização dos seus monómeros pode proporcionar a libertação dos mesmos, formando-se uma lacuna na região onde seria suposto que esses monómeros permanecessem. Deste modo há um favorecimento da degradação química, da absorção de água, alterando a coloração, e uma diminuição na eficácia das propriedades mecânicas da resina composta (Strazzi-Sahyon et al., 2020).

5. Pigmentação

5.1 Pigmentação Dentária Intrínseca e Extrínseca

A coloração dentária é afetada pelos seus pigmentos intrínsecos e pelos seus pigmentos extrínsecos, estes presentes na superfície do dente. A pigmentação extrínseca provém de pigmentos presentes nas substâncias alimentares e produtos relacionados com o tabaco. A pigmentação intrínseca surge através do envelhecimento, das tetraciclinas, das hemorragias intrapulpares, da calcificação por metamorfose, da necrose da polpa, e de determinadas doenças ou anomalias dentárias (Karaarslan et al., 2019).

A pigmentação extrínseca no ambiente oral pode ser causada pela adsorção e absorção dos corantes contidos nos alimentos e bebidas. Enquanto a pigmentação intrínseca é considerada permanente e requer substituição, a pigmentação extrínseca pode ser diminuída através da escovagem dentária ou removida através do polimento e branqueamento dentários (Sulaiman et al., 2021).

5.2 Variação Cromática nos Materiais Dentários

A estabilidade da cor e da translucidez da resina composta possuem uma enorme relevância devido à sua vulnerabilidade para sofrerem alterações cromáticas através de fatores intrínsecos, que atuam na região mais interna da restauração, e extrínsecos através da acumulação de placa bacteriana e pigmentos (Ceci et al., 2017; Sulaiman et al., 2021).

5.2.1 Fatores Intrínsecos

A alteração da coloração através de fatores intrínsecos é permanente e está relacionada com a composição da matriz orgânica (monómeros) da resina composta, com o tipo de partículas presentes na matriz inorgânica e respetiva quantidade, e com o iniciador e

ativador. Em resinas compostas fotopolimerizáveis, se a fotopolimerização for insuficiente e a canforoquinona não for convertida será causada uma descoloração amarelada. Por sua vez, as aminas aromáticas terciárias ou alifáticas, tendem a causar uma descoloração amarela ou castanha, consequência do efeito sofrido pelo contacto com a luz ou o calor (Alberton Da Silva et al., 2018; Assaf et al., 2020; Awliya et al., 2010; Falkensammer et al., 2013; Hussain et al., 2021; Malekipour et al., 2012).

5.2.2 Fatores Extrínsecos

A tendência de alteração cromática na resina composta através de fatores extrínsecos é compatível com a sua taxa de conversão durante a fotopolimerização e com as suas características físicas e químicas, sendo os fatores de adsorção e absorção da água primordiais. Na cavidade oral, devido à degradação superficial ou a uma ligeira absorção e adsorção de substâncias causadoras de pigmentação na camada superficial da resina composta, pode resultar uma descoloração da superfície das mesmas. A pigmentação através de fatores extrínsecos pode também estar associada à rugosidade da superfície, à integridade da superfície, à técnica de polimento utilizada, e aos pigmentos provenientes de substâncias alimentares (Alberton Da Silva et al., 2018; Assaf et al., 2020; Awliya et al., 2010; Ceci et al., 2017; Falkensammer et al., 2013; Hussain et al., 2021; Malekipour et al., 2012).

6. Soluções

Para a realização deste estudo foram seleccionadas 5 soluções (1 solução controlo e 4 soluções potencialmente causadoras de pigmentação).

6.1 Saliva Artificial

Para se avaliarem determinados materiais dentários e as suas respetivas propriedades, de forma correta, é necessário mimetizar ao máximo as condições a que os mesmos estariam sujeitos na cavidade oral. Uma parte fundamental deste processo seria a sua exposição à saliva, pela mesma se encontrar presente e por interagir com os materiais a serem testados, em circunstâncias normais (Pytko-Polonczyk et al., 2017).

Deste modo a saliva artificial tornou-se um elemento fundamental para a realização desta investigação.

Contudo, a saliva humana possui uma elevada complexidade e múltiplos componentes, além de que existe um número considerável de fatores individuais de cada ser humano que influenciam a mesma, e também as interações entre os seus constituintes. Não sendo assim, exequível a criação de uma fórmula sintética absolutamente idêntica à da saliva natural (Pytko-Polonczyk et al., 2017).

Outra limitação que dificulta a utilização da saliva artificial em estudos *in vitro* é a sua falta de estabilidade no exterior da cavidade oral (Pytko-Polonczyk et al., 2017).

O objetivo da utilização de saliva artificial é obter um ambiente estável e procedimentos padronizados na realização de investigações *in vitro*. Sendo que, se devem tentar maximizar as suas semelhanças com a saliva natural, relativamente às suas características físicas e químicas (Pytko-Polonczyk et al., 2017).

6.2 Café

O café é a bebida não alcoólica mais ingerida mundialmente (Antonietti et al., 2022). De acordo com a Federação Europeia do Café estima-se que a nível global sejam consumidas 3,5 mil milhões de chávenas por dia (Carlström & Larsson, 2018). É extremamente célebre devido ao efeito estimulante da cafeína, e é popular entre as mais variadas culturas (Caetano et al., 2019; Carlström & Larsson, 2018).

É constituído por cafeína, hidratos de carbono, lípidos, compostos azotados, vitaminas, minerais, alcaloides e compostos fenólicos (Antonietti et al., 2022). Acabando por se tornar uma mistura complexa de produtos químicos que produzem grandes quantidades de ácido cromogénico e cafeína (Caetano et al., 2019).

6.3 Sumo de Frutos Vermelhos

O sumo de frutos vermelhos é uma bebida frequentemente consumida a nível mundial (Alkhadim et al., 2020). Inclui morangos, mirtilos, louro, amoras, framboesas e groselhas, que são extensamente consumidos devido ao seu paladar e aparência (Li et al., 2019). Possui também, uma elevada quantidade de componentes biológicos (Samborska et al., 2019).

6.4 Clorexidina

A utilização de medicamentos antibacterianos é bastante frequente, sendo que os mesmos são aplicados como complemento na realização da higiene oral. São maioritariamente produtos compostos por óleos essenciais, cloreto de cetilpiridínio ou clorexidina.

A clorexidina está presente na higiene oral de cerca de 20,7% da população, sobretudo na forma de digluconato de clorexidina (98%) a uma concentração de 0,2% (26%) (Radzki et al., 2022).

A prescrição de elixires orais com o objetivo de controlar a cárie dentária e a doença periodontal tornou-se cada vez mais habitual. Nomeadamente em casos de incapacidade mental ou posteriormente a cirurgias periodontais (durante um período de 14 dias), em que o controlo da placa através de métodos mecânicos é realizado de forma deficitária. Deste modo a utilização de métodos químicos, como a utilização de uma solução antisséptica que contenha clorexidina torna-se indispensável (Khosravi et al., 2016).

A clorexidina é um composto biguanida, que reduz de modo eficiente a placa bacteriana. Contém um elevado potencial cromático, podendo causar alteração da coloração nas restaurações a resina composta. Estão descritos vários mecanismos de coloração referentes à clorexidina, entre os quais, degradação da clorexidina para libertar paracloranilina, reações de escurecimento não enzimático (reações de Maillard), desnaturação proteica da clorexidina com formação de sulfureto metálico e precipitação de pigmentos alimentares aniónicos por antissépticos catiónicos (Khosravi et al., 2016).

6.5 Bebida Energética

As bebidas energéticas fazem parte de um conjunto de produtos relativamente recentes dentro do amplo mercado dos refrigerantes (Zucconi et al., 2017). Nos últimos anos, o seu consumo tem vindo a aumentar exponencialmente a nível mundial, sendo especialmente popular entre os adolescentes e os jovens adultos. De acordo com a American Academy of Pediatrics, a prevalência estimada do seu consumo varia entre os 30% e os 50% nesta faixa etária (Branco et al., 2017; Breda et al., 2014; Luneke et al., 2020; Martins et al., 2018).

No ano de 2006, surgiram quase 500 novas marcas de bebidas energéticas a nível global. A sua indústria está claramente a propagar-se, sendo que as vendas em 2012 foram estimadas em mais de 12,5 mil milhões de dólares americanos, e tendo havido um aumento de 60% entre os anos de 2008 e 2012 (Breda et al., 2014).

Em Portugal, a prevalência da ingestão de bebidas energéticas está ainda pouco desenvolvida. Porém, em 2014, a Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE) efetuou um estudo, numa amostra da população do distrito de Lisboa, e verificou-se que o seu consumo seria de 42% entre os adolescentes (Branco et al., 2017).

As bebidas energéticas constituem um grupo de bebidas não alcoólicas, que possuem uma elevada quantidade de cafeína e outras substâncias estimulantes. Fazem também parte da sua constituição hidratos de carbono (glucoronolactona, dextrose, sacarose), aminoácidos (taurina), vitaminas (B riboflavina, piridoxina, L-carnitina), extratos de plantas (ginseng, guaraná, ginkgo biloba), carnitina, creatinina, vitaminas e adoçantes naturais e artificiais. Não existe uma definição bem estipulada atualmente, contudo, as mesmas são habitualmente reconhecidas através do seu nome comercial e divulgadas como tendo a capacidade de aumentar o desempenho a nível físico e intelectual, elevando a resistência da concentração e a redução do cansaço (Branco et al., 2017; Breda et al., 2014; Martins et al., 2018; Zucconi et al., 2017).

A cafeína é um alcaloide, atua como um estimulante do sistema nervoso central. O seu conteúdo nas bebidas energéticas pode variar entre 70 e 400 mg/L ou mais, dependendo dos limites máximos relativos ao conteúdo de cafeína estabelecidos em cada país.

A taurina é um aminoácido produzido pelo organismo humano, sendo fundamental para o desempenho cardiovascular, o desenvolvimento e atividade do músculo esquelético, da retina e do sistema nervoso central.

A glucoronolactona também está presente no organismo humano, fazendo parte da estrutura do tecido conjuntivo. A rápida difusão do seu consumo é cada vez mais eminente no mercado dos refrigerantes em muitos países (Zucconi et al., 2017).

A Red Bull™ é sem qualquer dúvida a marca que detém uma maior reputação na maioria dos mercados nacionais (Zucconi et al., 2017).

II. Objetivos

Este estudo visa avaliar a alteração da coloração, através do sistema de cores CIE L*a*b*, de resinas compostas nanohíbridas e microhíbridas, quando as mesmas são expostas a soluções potencialmente causadoras de pigmentação durante um período de 14 dias.

III. Hipóteses de Estudo

Hipótese Nula:

H0: Não existem alterações cromáticas significativas entre as resinas compostas quando expostas à mesma solução, e entre as soluções, relativamente à sua capacidade de provocar alteração da coloração na mesma resina, entre o 1º e o 14º dia.

Hipótese Alternativa:

H1: Existem alterações cromáticas significativas entre as resinas compostas quando expostas à mesma solução, e entre as soluções, relativamente à sua capacidade de provocar alteração da coloração na mesma resina, entre o 1º e o 14º dia.

IV. Materiais e Métodos

1. Materiais

Na Tabela 1 estão descritos os materiais e os respetivos fornecedores utilizados neste estudo.

Tabela 1: Materiais e respetivos fornecedores utilizados neste estudo

Material	Fornecedor
Radiómetro “Curing Radiometer Model 100”	Demetron Research Corporation - Danbury, USA (nº de série: 115651)
“Porcelain Sampler”	Smile Line - Saint-Imier, Switzerland
Fotopolimerizador “Coxo Dental DB-686-1B”	Foshan COXO Medical Instrument Co., Ltd - China
Estufa de Incubação Memmert INE 400	Memmert, Germany
Espectrofotómetro Spectro-Shade™ Micro	MHT - Verona, Itália
Agimatic-N	JP Selecta™ - Barcelona, Spain
Resina Composta “Clearfil Majesty™ ES-2 Premium”	Kuraray Noritake Dental Inc. - Okayama, Japan
Resina Composta “Elegance Composite Universal”	Medicaline - Castellón, Spain
Resina Composta “Point 4™”	Kerr - Orange, CA, USA
Solução Saliva Artificial	Laboratório de Microbiologia Aplicada Egas Moniz, Monte da Caparica, Almada, Portugal
Solução Café	Delta Cafés - Alentejo, Portugal
Solução Sumo de Frutos Vermelhos	Compal - Carnaxide, Portugal
Solução Clorexidina Kin Gingival Complex 0,12%	Laboratorios KIN - Spain
Solução Bebida Energética	Red Bull GmbH - Fuschl, Áustria
Álcool Etilico a 70%	Levigal - Anadia, Aveiro, Portugal

2. Metodologia

Na Figura 1 está representado o esquema do protocolo experimental.

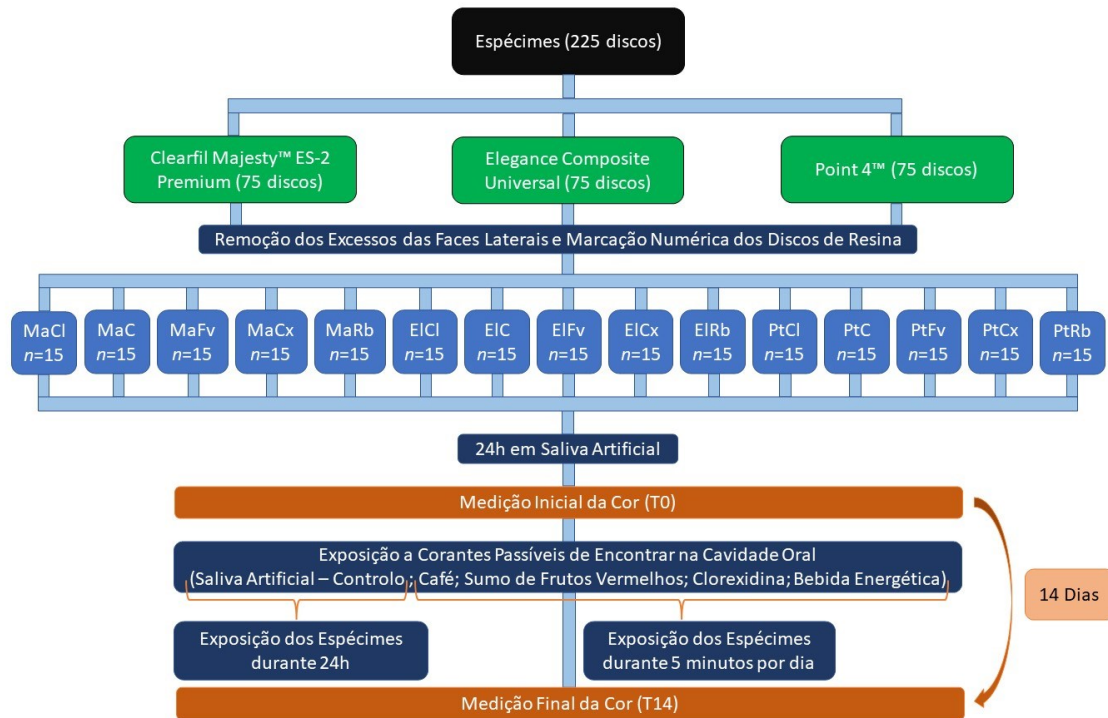


Figura 1- Desenho do protocolo experimental

A confecção das amostras, a sua colocação nas soluções possivelmente causadoras de pigmentação e respectiva análise de cor foram efetuadas pelo mesmo operador.

A variável quantitativa estudada nesta investigação foi a alteração da cor.

A distinção das amostras foi realizada em conformidade com a norma ISO 4049, e de acordo com estudos equiparáveis que destacam a alteração da cor das resinas compostas (Assaf et al., 2020; Ceci et al., 2017; Falkensammer et al., 2013; Khosravi et al., 2016; Lepri et al., 2014; Malekipour et al., 2012; J. Silva et al., 2019; Tanthanuch et al., 2016; Zhao et al., 2019).

Foram utilizadas três resinas compostas diferentes (Clearfil Majesty™ ES-2 Premium, Elegance Composite Universal e Point 4™), e a manipulação das mesmas realizou-se de acordo com as instruções do fabricante. Para cada resina, foi escolhida a cor A2 (Escala Vita). Os detalhes sobre as resinas compostas utilizadas nesta investigação estão explícitos na Tabela 2.

Tabela 2- Descrição das particularidades das Resinas Compostas utilizadas nesta Investigação

Nome Comercial	Fabricante	Composição	Tipo de Resina Composta	Dimensão das Partículas Inorgânicas	Nº do Lote	Cor
Clearfil Majesty™ ES-2 Premium	Kuraray Noritake Dental Inc. - Okayama, Japan	Matriz Orgânica: Bis-GMA, dimetacrilato aromático hidrofóbico, dimetacrilato alifático hidrofóbico, canforoquinona e BPA diglicidilmetacrilato; Filler: vidro de bário silanizado; Outros: aceleradores, iniciadores e pigmentos.	Nanohíbrida	Entre 0,37 μm e 1,5 μm	BC0129	A2
Elegance Composite Universal	Medicaline - Castellón, Spain	Matriz Orgânica: Bis-GMA, UDMA e TEGDMA; Filler: micro/nano sílica; Aditivos: iniciador, catalisador, estabilizador, outros.	Nanohíbrida	180 nm	52A19007	A2
Point 4™	Kerr - Orange, CA, USA	Matriz Orgânica: Bis-GMA, TEGDMA e Bis-EMA; Filler: vidro de bário e sílica.	Microhíbrida	0,4 μm	8523624	A2

Nas Figuras 2, 3 e 4 encontram-se as resinas compostas utilizadas nesta investigação.



Figura 2- Resina Composta “Clearfil Majesty™ ES-2 Premium” (Kuraray Noritake Dental Inc. - Okayama, Japan)



Figura 3 - Resina Composta “Elegance Composite Universal” (Medicaline - Castellón, Spain)



Figura 4 - Resina Composta “Point 4™” (Kerr - Orange, CA, USA)

Foram testadas 5 soluções potencialmente pigmentadoras saliva artificial, café, sumo de frutos vermelhos, clorexidina e bebida energética.

As especificações sobre as soluções utilizadas neste estudo estão discriminadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição das particularidades das Soluções potencialmente causadoras de pigmentação utilizadas nesta Investigação

Solução	Nome Comercial	Fabricante	Composição	Manipulação	Ph
Saliva Artificial	Saliva artificial, Fusayama/Meyer Solution	Laboratório de Microbiologia Aplicada Egas Moniz	0,4 g NaCl; 0,4 g KCl; 0,906 g CaCl ₂ ; H ₂ O; 0,39 g NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O; 0,142g Na ₂ HPO ₄ ; 0,005g Na ₂ S.9H ₂ O; 1g Ureia em 1000 ml H ₂ O destilada	Solução de utilização imediata	Compreendido entre 6,3 e 6,4
Cafê	Cafê Solúvel Aglomerado	Delta Cafés	Cafê Solúvel	Solução elaborada com aproximadamente 2 g de café solúvel em cerca de 100 ml de água destilada em ebulição	4,82
Sumo de Frutos Vermelhos	Compal Clássico Frutos Vermelhos	Compal	Água; Polpa de Morango (10%); Sumos de Uva (10%), Maçã (10%) e groselha (6,5%): à base de concentrados; Açúcar; Sumos de Arando (2%) e Framboesa (1,5%): à base de concentrados; Regulador de Acidez: Ácido Cítrico.	Solução de utilização imediata	3,12
Clorexidina 0,12%	Kin Gingival Complex	Laboratorios KIN	Água; Sorbitol; Glicerina; PEG-40 Óleo de Rícino Hidrogenado; Alantoína; Pantenol; Aroma de Metilparabeno de Sódio; Digluconato de Clorexidina; Ácido Cítrico; Salicilato de Metilo; Cloreto de Cetilpiridínio; Mentol; Propilparabeno de Sódio; Sucralose; Eugenol; d-Limoneno; Canela.	Solução de utilização imediata	5,51
Bebida Energética	Red Bull Energy Drink	Red Bull GmbH	Caféina; Taurina; Vitaminas do Grupo B; Açúcares (Sacarina); Água	Solução de utilização imediata	3,35

Confeccionaram-se 75 discos de cada resina composta, totalizando 225 discos, tendo sido divididos aleatoriamente por 15 grupos experimentais, cada um deles contendo 15 discos ($n = 15$).

A confecção dos discos passou pela inserção da resina composta num dispositivo denominado Porcelain Sampler, que permite a sua preparação de forma simples e rigorosa, respeitando as dimensões previamente pretendidas (10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura). Foi inserida resina composta com o auxílio de uma espátula reta e de uma espátula angulada, a mesma foi compactada com recurso a um brunidor esférico e a uma espátula angulada (Figura 5).

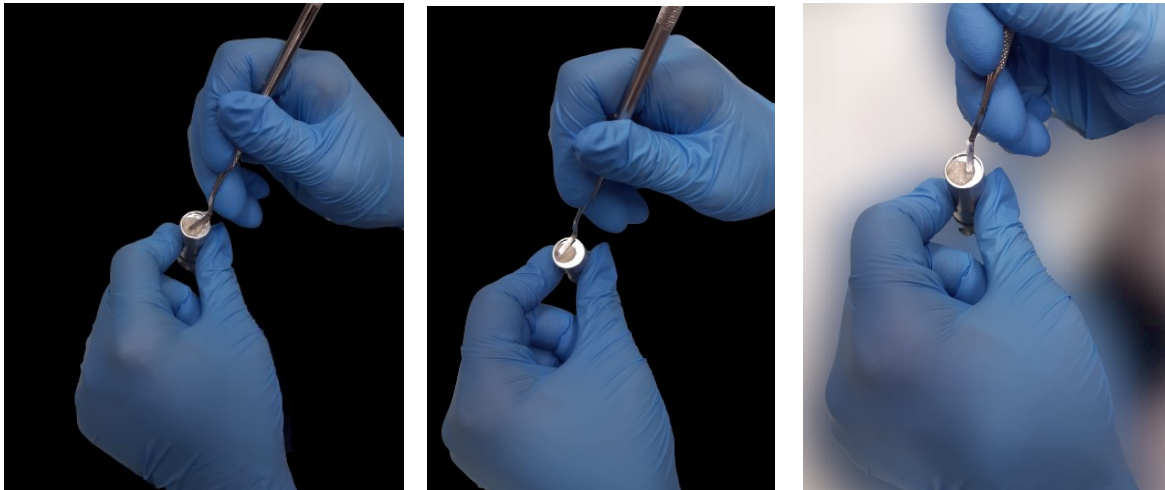


Figura 5 - Confeção das Amostras através da compactação da Resina Composta no Porcelain Sampler

Posteriormente, na parte superior do Porcelain Sampler foi colocado papel de acetato, e por cima do mesmo, foi ainda colocada uma placa de vidro durante 30 segundos, de forma que fosse exercida alguma compressão (254,83g), com a finalidade de tornar a superfície da resina composta mais lisa e mais uniforme e de forma a retirar os excessos e evitar a formação de uma camada de oxigénio durante a fotopolimerização (Figura 6) (Falkensammer et al., 2013; Lepri et al., 2014; Tanthanuch et al., 2016).

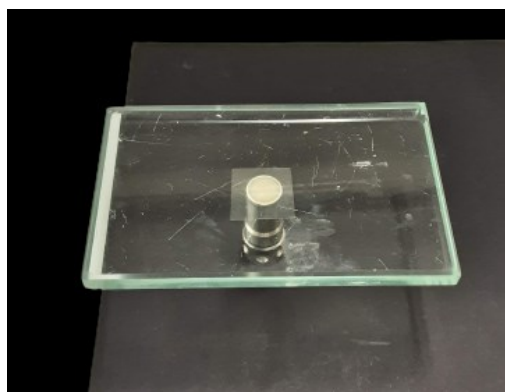


Figura 6 - Compressão da Resina Composta durante a confecção das Amostras

De seguida, removeu-se a compressão aplicada anteriormente e fotopolimerizaram-se os discos de resina em direção perpendicular, através da matriz de acetato, consoante as

instruções dos fabricantes de cada resina composta. A resina composta Clearfil Majesty™ ES-2 Premium foi fotopolimerizada durante 20 segundos, a resina Elegance Composite Universal durante 20 segundos e a resina Point 4™ durante 40 segundos. O fotopolimerizador (“Coxo Dental DB-686-1B”) foi aplicado sempre encostado à matriz de acetado de forma a garantir que todas as amostras seriam expostas à luz à mesma distância e à mesma direção (Figura 7 e 8).

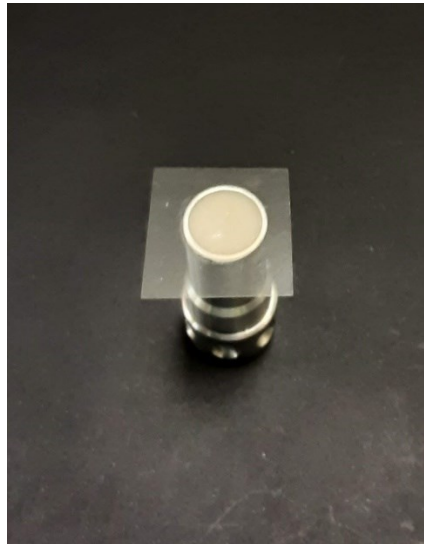


Figura 7 - Condição da Amostra após ser removida a compressão exercida anteriormente

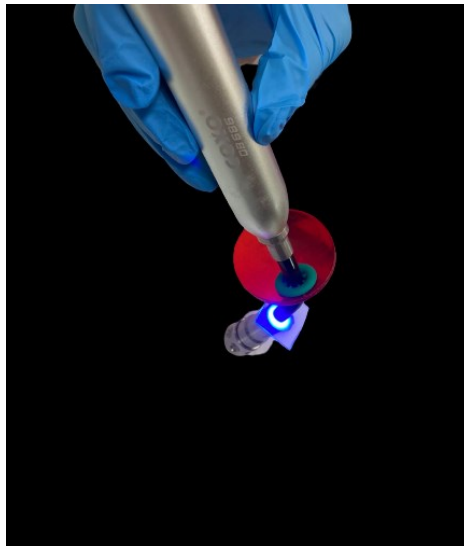


Figura 8 - Fotopolimerização da Amostra

A potência, a eficácia e a estabilidade da luz visível emitida pelo fotopolimerizador foram verificadas por um radiômetro (“Curing Radiometer Model 100”) a cada 5 utilizações do mesmo. A potência manteve-se sempre acima dos 900 mW/cm² (Figura 9). O fotopolimerizador e o Porcelain Sampler foram limpos com álcool a 70% depois de cada

utilização, de forma a evitar possíveis contaminações. Esta sequência foi uniformizada para todas as amostras.

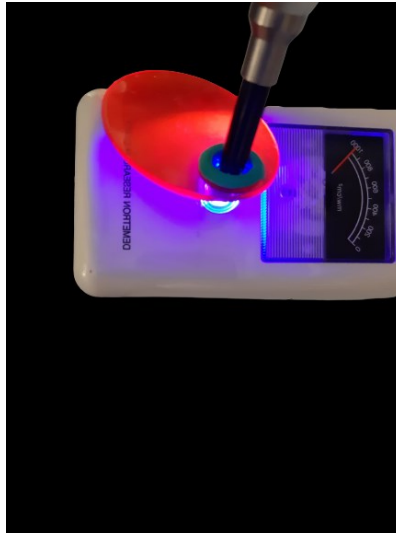


Figura 9 - Verificação da intensidade da luz do fotopolimerizador

Depois da fotopolimerização, a folha de acetado foi removida, e a amostra foi retirada do Porcelain Sampler. A colocação da folha de acetado atuou como se de um polimento se tratasse, não havendo necessidade de se realizar qualquer tipo de polimento adicional na face das amostras onde seria medida a sua cor, simulando assim condições semelhantes às da cavidade oral (Malekipour et al., 2012).

Na Figura 10 encontram-se representadas as amostras após terem sido retiradas do Porcelain Sampler.

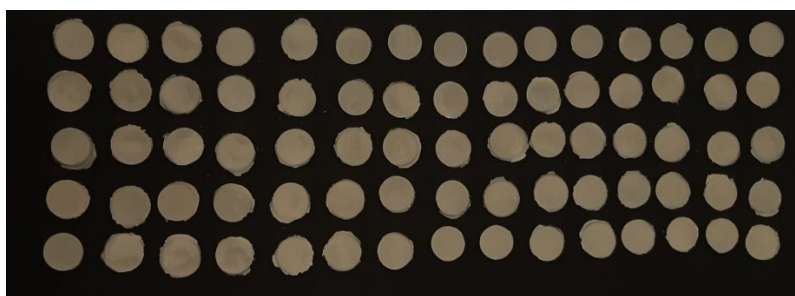


Figura 10 - Amostras imediatamente após terem sido retiradas do Porcelain Sampler

Foram removidos os excessos nas faces laterais de todos os discos de resina com discos de polimentos de contra-ângulo (Figura 11).

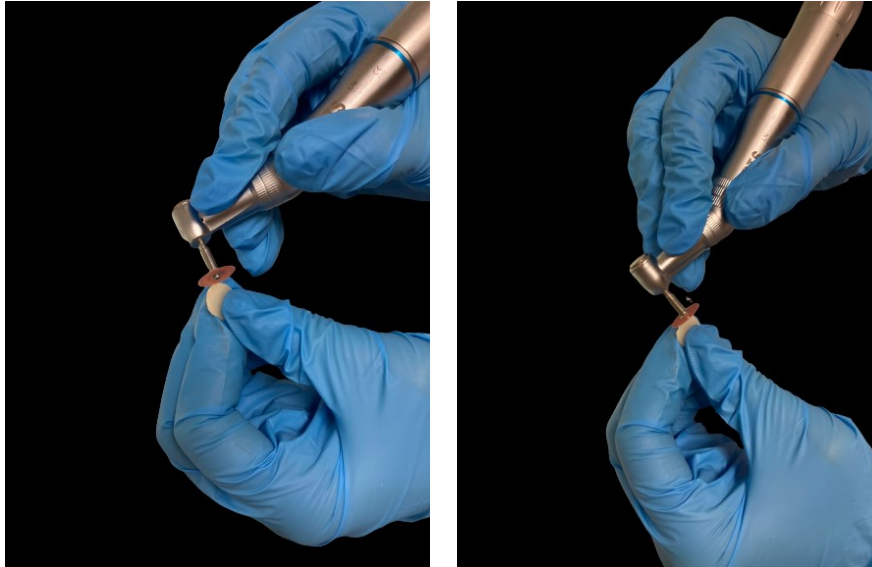


Figura 11 - Remoção dos excessos nas faces laterais dos discos de Resina Composta

Na Figura 12 apresentam-se os discos de resina composta após a remoção dos excessos das suas faces laterais.

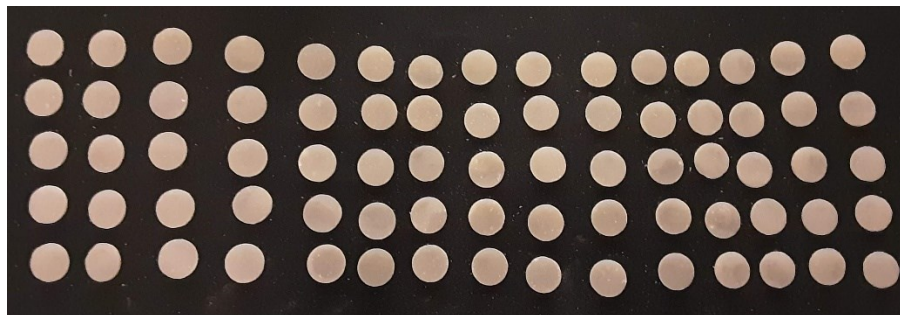


Figura 12 - Amostras após serem removidos os excessos das suas faces laterais

Dentro de cada grupo experimental os discos de resina foram numerados, e a face do disco onde não seria realizada a medição de cor foi marcada. Deste modo, foi possível distinguir cada disco e a respetiva face onde seria realizada a medição. Para cada resina composta foram formados 5 grupos experimentais ($n = 15$) que foram aleatoriamente imersos em 5 soluções potencialmente pigmentadoras (Figuras 13 e 14).

Os grupos experimentais encontram-se descritos na Tabela 4.

Tabela 4: Descrição dos Grupos Experimentais

Grupo Experimental	Resina Composta	Solução Corante
Grupo MaCl	Clearfil Majesty™ ES-2 Premium	Saliva Artificial (Solução Controle)
Grupo MaC	Clearfil Majesty™ ES-2 Premium	Café
Grupo MaFv	Clearfil Majesty™ ES-2 Premium	Sumo de Frutos Vermelhos
Grupo MaCx	Clearfil Majesty™ ES-2 Premium	Clorexidina
Grupo MaRb	Clearfil Majesty™ ES-2 Premium	Bebida Energética
Grupo EICl	Elegance Composite Universal	Saliva Artificial (Solução Controle)
Grupo EIC	Elegance Composite Universal	Café
Grupo EIFv	Elegance Composite Universal	Sumo de Frutos Vermelhos
Grupo EICx	Elegance Composite Universal	Clorexidina
Grupo EIRb	Elegance Composite Universal	Bebida Energética
Grupo PtCl	Point 4™	Saliva Artificial (Solução Controle)
Grupo PtC	Point 4™	Café
Grupo PtFv	Point 4™	Sumo de Frutos Vermelhos
Grupo PtCx	Point 4™	Clorexidina
Grupo PtRb	Point 4™	Bebida Energética

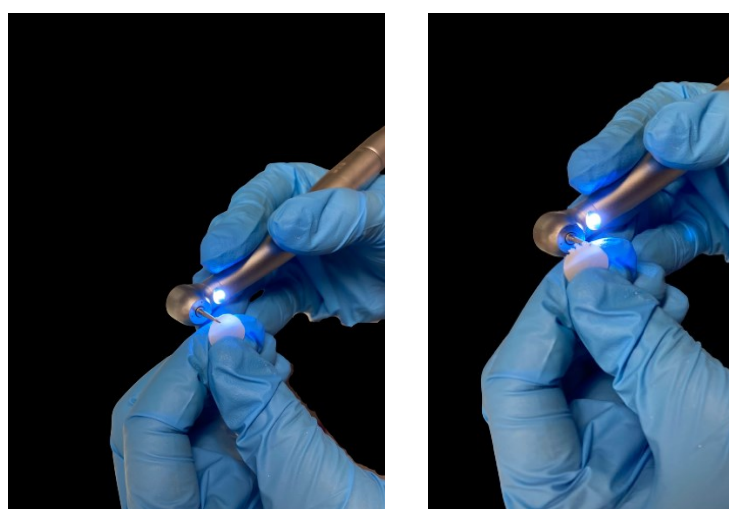


Figura 13 - Numeração dos discos de Resina Composta

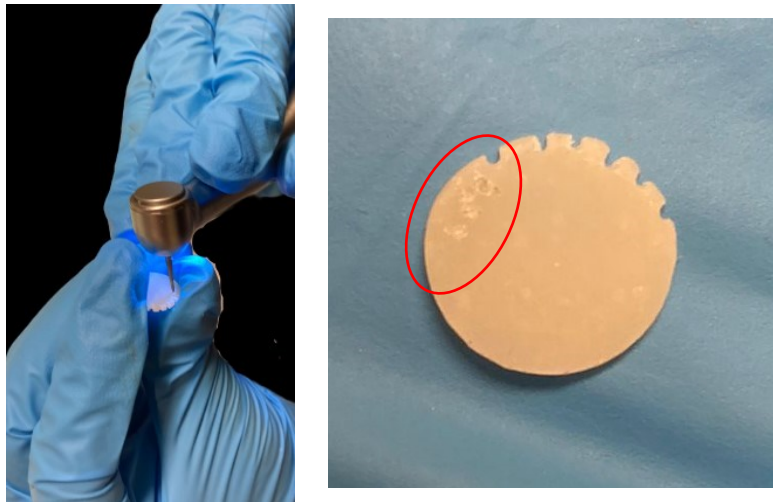


Figura 14 - Demarcação dos discos de Resina Composta

Na Figura 15 apresentam-se os discos de resina composta após serem numerados e demarcados.

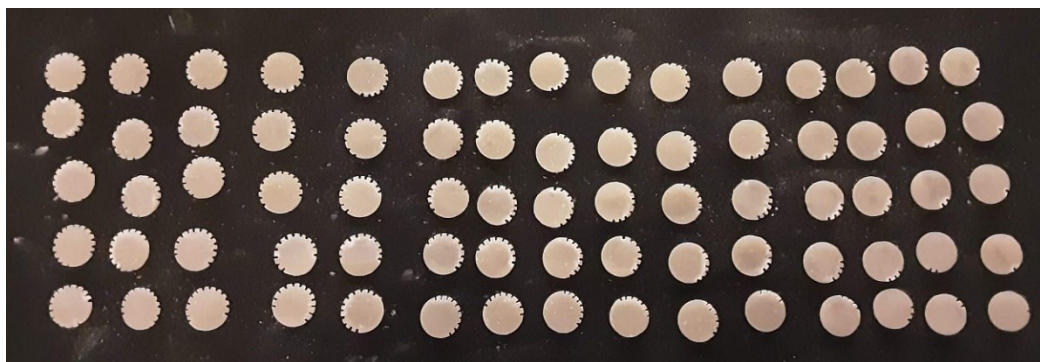


Figura 15 - Amostras após serem numeradas e demarcadas

De seguida, cada amostra foi lavada com água destilada durante 5 minutos e seca com papel absorvente.

Nas primeiras 24 horas, que decorreram após a sua confeção, cada disco de resina foi colocado em saliva artificial e armazenado numa estufa a 37 °C, com o objetivo de garantir uma correta polimerização (Khosravi et al., 2016).

No final das 24 horas, cada amostra foi lavada com água destilada durante 5 minutos e seca com papel absorvente. Nos 14 dias subsequentes, os discos de resina foram reciprocamente colocados nas soluções potencialmente causadoras de pigmentação.

No total foram realizadas 2 medições de cor aos discos de resina, uma após os discos estarem imersos inicialmente em saliva artificial durante 24 horas, previamente à

exposição dos mesmos aos meios potencialmente corantes (T0), e após 14 dias (T14), posteriormente à sua exposição aos meios potencialmente corantes.

Cada uma das 5 soluções foi renovada diariamente e colocada em frascos com tampa para evitar a evaporação das mesmas, a deposição de partículas e a alteração das suas propriedades (Assaf et al., 2020; Ceci et al., 2017).

O grupo controlo correspondeu à solução com saliva artificial, que esteve permanentemente numa estufa de incubação (Mettmert INE 400) à temperatura de 37 °C.

Na Figura 16 encontra-se representada a estufa de incubação utilizada neste estudo.



Figura 16- Estufa de incubação (Mettmert INE 400) à temperatura de 37 °C

As restantes soluções utilizadas foram café, sumo de frutos vermelhos, clorexidina (0,12%) e bebida energética.

Na Figura 17 encontram-se apresentadas as fotografias dos corantes utilizados.



Figura 17 - Soluções utilizadas (1: saliva artificial; 2: café; 3: sumo de frutos vermelhos; 4: clorexidina; 5: bebida energética)

O tempo de imersão dos discos de resina nas soluções passíveis de provocar alteração da coloração foi de 14 dias, tendo em conta que uma das soluções em que os discos de resina foram colocados foi a clorexidina, mimetizando assim o intervalo de tempo em que a mesma é habitualmente prescrita após os tratamentos dentários (Khosravi et al., 2016). Deste modo, foram padronizados os 14 dias para todas as soluções.

As amostras (à exceção do grupo controlo, uma vez que este se encontrou permanentemente imerso na solução controlo) foram incorporadas em 15 ml das respetivas soluções (de forma a garantir que estivessem completamente imersas) por um período de 5 minutos por dia, durante 14 dias (Figura 18).

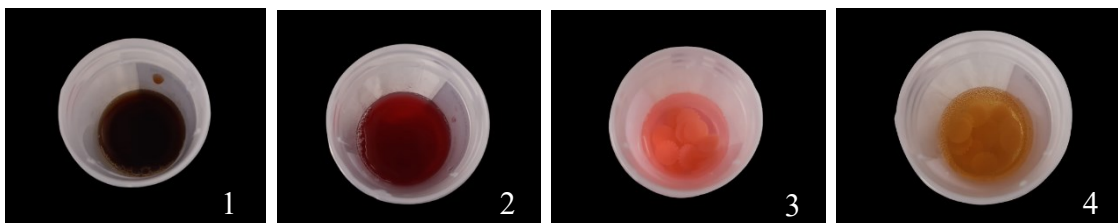


Figura 18- Amostras imersas nas soluções potencialmente causadoras de pigmentação (1: Café; 2: Sumo de Frutos Vermelhos; 3: Clorexidina; 4: Bebida Energética)

Assim sendo, nas 23h55 restantes as amostras foram conservadas em saliva artificial, numa estufa de incubação a 37 °C, para bloquear a passagem de luz (J. Silva et al., 2019) e para se assemelhar à temperatura da cavidade oral.

Após a imersão nas respetivas soluções, as amostras foram lavadas com água destilada durante 5 minutos e secas com papel absorvente, com o objetivo de garantir a completa eliminação de qualquer tipo de resíduo (Zhao et al., 2019).

Anteriormente a cada medição de cor todos os discos foram lavados com água destilada e secos com papel absorvente, para remoção de possíveis detritos e partículas existentes (Assaf et al., 2020). A coloração de cada amostra foi medida 5 vezes num fundo negro, de modo a simular uma classe III com inexistência da parede palatina dentária (Ardu, 2018) e a ausência de luz na cavidade oral (Ceci et al., 2017), sendo o valor final considerado a média dessas 5 medições.

Previamente a cada uma das medições, o espectrofotómetro foi calibrado a cada 3 medições, primeiro para a cor branco e, de seguida para a cor verde (Figura 19).

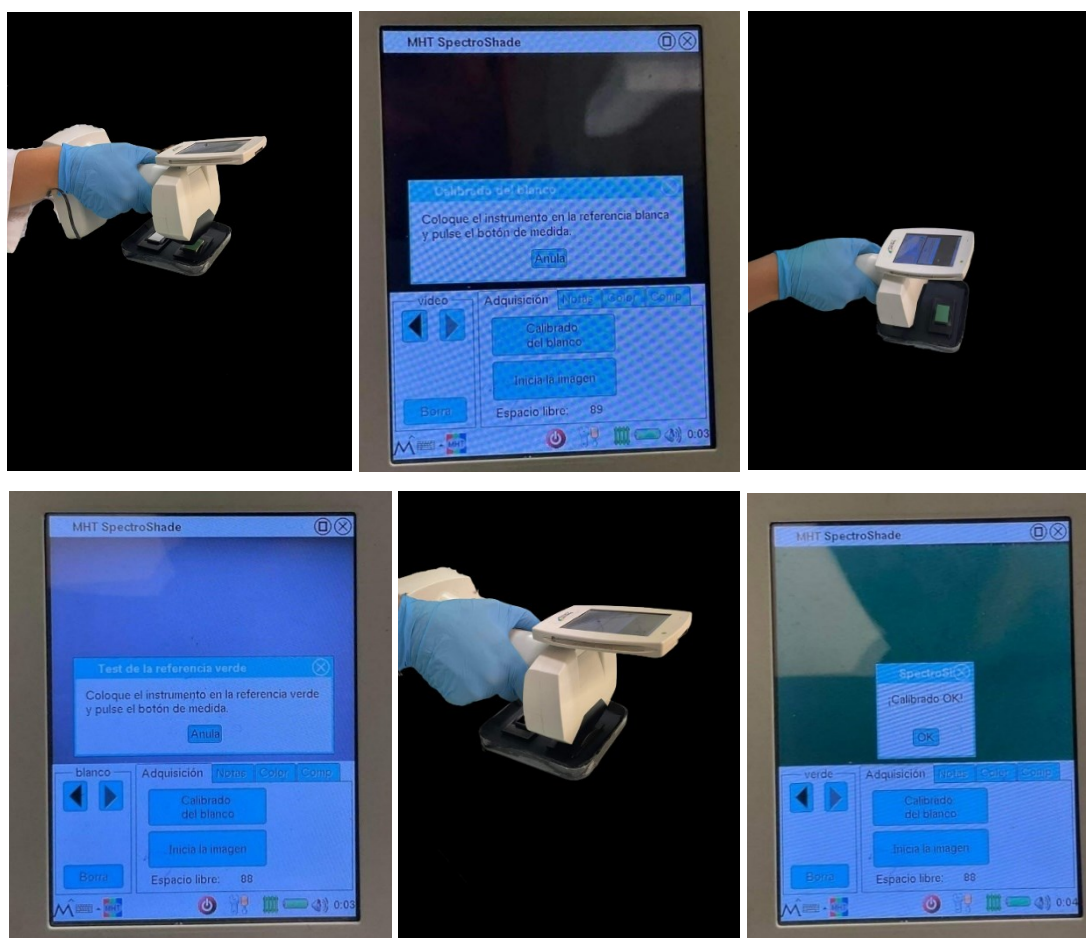


Figura 19 - Processo de calibração do espectrofotómetro Spectro-Shade™ Micro, inicialmente para a cor branco e, de seguida para a cor verde

Para se realizar de forma correta a medição de cor da amostra são necessários determinados requisitos. A amostra deve aparecer no centro do ecrã do espectrofotómetro, inserida num retângulo de cor amarela. A cor só pode ser medida quando surge também no ecrã uma linha verde, que indica a correta angulação entre o

espectrofotómetro e a amostra (existindo uma tolerância inferior a 3 graus). Simulando-se assim as condições ideais de iluminação, e possibilitando uma correta análise da cor.

De seguida procedeu-se à medição do sistema de cores CIE L*a*b*.

Nas Figuras 20, 21 e 22 encontram-se apresentadas as fotografias das amostras após 14 dias de exposição às soluções.

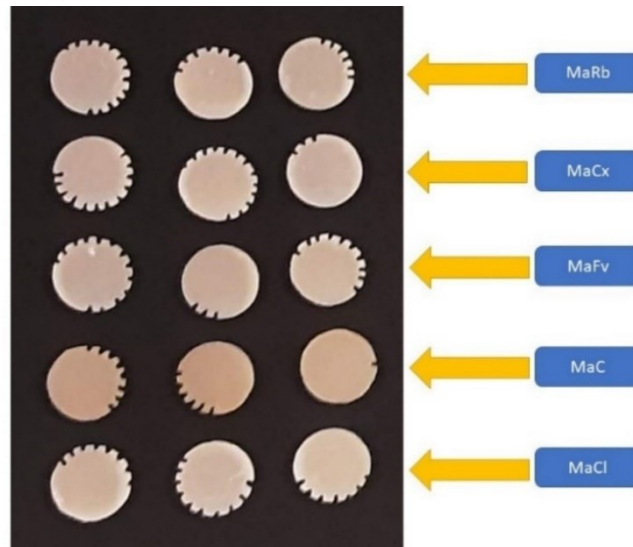


Figura 20 - Amostras provenientes da Resina Composta “Clearfil Majesty™ ES-2 Premium” (Kuraray Noritake Dental Inc. - Okayama, Japan) após 14 dias de exposição às soluções

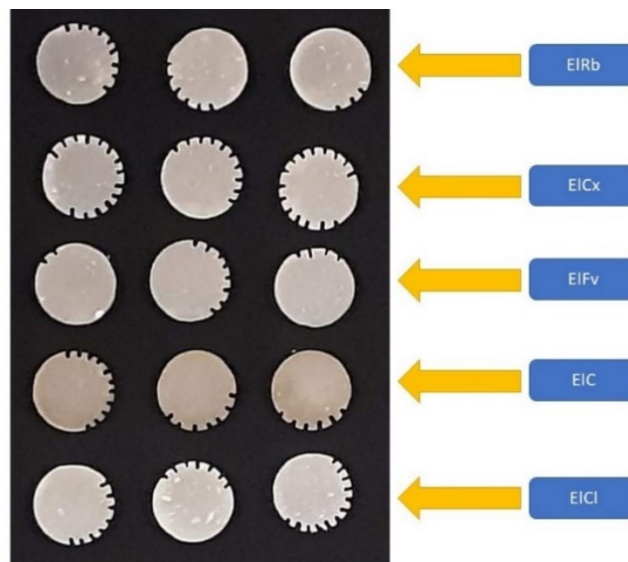


Figura 21 - Amostras provenientes da Resina Composta “Elegance Composite Universal” (Medicaline - Castellón, Spain) após 14 dias de exposição às soluções

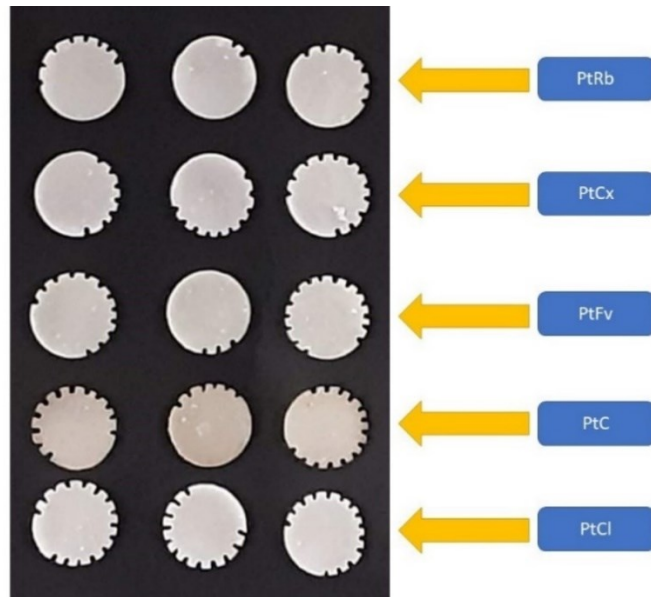


Figura 22 - Amostras provenientes da Resina Composta “Point 4™” (Kerr - Orange, CA, USA) após 14 dias de exposição às soluções

A coloração dos discos de resina foi avaliada no início da investigação, ou seja, antes dos mesmos serem aplicados nas soluções (T0), com o espectrofotômetro Spectro-Shade™ Micro (MHT - Verona, Itália).

Posteriormente, a mediação da alteração de cor das resinas compostas foi novamente realizada com recurso ao espectrofotômetro Spectro-Shade™ Micro (MHT - Verona, Itália) após estas terem estado expostas durante 5 minutos por dia, durante 14 dias (T14) a meios potencialmente pigmentadores (saliva artificial, café, sumo de frutos vermelhos, clorexidina e bebida energética). Totalizando assim 2 medições de cor aos discos de resina composta (T0 e T14).

De seguida procedeu-se à medição do sistema de cores CIE L*a*b*, tendo sido obtidos os valores dos parâmetros L, a e b para cada uma das amostras.

As diferenças de cor nestes 3 parâmetros específicos (ΔL , Δa , Δb) foram calculadas, entre a medição de cor inicial (T0) e a medição de cor após os 14 dias (T14). A diferença de cor total (ΔE) foi calculada através da seguinte fórmula: $\Delta E = ([\Delta L]^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{\frac{1}{2}}$.

V. Resultados

Foi considerada a seguinte legenda para o “tipo de resina”:

- 1: Resina “Clearfil Majesty™ ES-2 Premium” (Kuraray Noritake Dental Inc. - Okayama, Japan);
- 2: Resina “Elegance Composite Universal” (Medicaline - Castellón, Spain);
- 3: Resina “Point 4™” (Kerr - Orange, CA, USA).

Foi considerada a seguinte legenda para o “tipo de bebida”:

- 1: Saliva Artificial (Solução Controlo);
- 2: Café (Delta Cafés – Alentejo, Portugal);
- 3: Sumo de frutos vermelhos (Compal - Carnaxide, Portugal);
- 4: Clorexidina Kin Gingival Complex 0,12% (Laboratorios KIN - Spain);
- 5: Bebida energética (Red Bull GmbH – Fuschl, Áustria).

Aplicou-se a ANOVA two-way para avaliar o efeito do tipo de resina (resinas 1, 2 e 3) e do tipo de bebida (bebidas 1, 2, 3, 4 e 5) às quais as resinas estiveram expostas, nas variações ocorridas em 4 parâmetros de cor (E, l, a e b) entre o 1º e 14º dia de exposição (T=2).

O pressuposto de normalidade da distribuição das variáveis dependentes em cada subgrupo definido pelos 2 fatores independentes foi avaliado através do teste de Shapiro-Wilk, cujos resultados comprovam a validade do mesmo na esmagadora maioria dos casos. Quanto ao pressuposto da homogeneidade da variância das variáveis dependentes entre subgrupos, o teste de Levene revelou que o mesmo foi violado para todas as variáveis. No entanto, esta violação tem impacto nulo nos resultados porque todos os subgrupos considerados no design experimental apresentam exatamente a mesma dimensão ($n = 15$). A análise estatística foi efetuada com o software SPSS 28.0, ao nível de significância de 5%.

A aplicação do modelo ANOVA two-way aos dados das 4 variáveis produziu os resultados que se apresentam nas Tabelas 5 a 8. Com base nestes resultados conclui-se que, para cada uma das variáveis dependentes consideradas, existe interação significativa

entre os 2 fatores independentes (efeito representado nas tabelas pelo termo “**TipodeResina*TipodeBebida**”). Este resultado significa que os efeitos da exposição aos diferentes tipos de bebidas variam consoante o tipo de resina, pelo que as comparações entre grupos definidos por um dos fatores independente foram conduzidas para níveis fixos do outro fator, tal como descrito em seguida, separadamente para cada variável dependente.

Tabela 5 - Avaliação do efeito do tipo de resina (resinas 1, 2 e 3) e do tipo de bebida (bebidas 1, 2, 3, 4 e 5) às quais as resinas estiveram expostas, na variação ocorrida no parâmetro de cor ΔE entre o 1º e 14º dia de exposição.

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: $\Delta E2$					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TipodeResina	31,375	2	15,688	66,572	<,001
TipodeBebida	869,816	4	217,454	922,791	<,001
TipodeResina * TipodeBebida	18,863	8	2,358	10,006	<,001

Tabela 6 - Avaliação do efeito do tipo de resina (resinas 1, 2 e 3) e do tipo de bebida (bebidas 1, 2, 3, 4 e 5) às quais as resinas estiveram expostas, na variação ocorrida no parâmetro de cor ΔL entre o 1º e 14º dia de exposição.

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: $\Delta L2$					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TipodeResina	47,701	2	23,851	52,352	<,001
TipodeBebida	720,732	4	180,183	395,502	<,001
TipodeResina * TipodeBebida	15,951	8	1,994	4,377	<,001

Tabela 7 - Avaliação do efeito do tipo de resina (resinas 1, 2 e 3) e do tipo de bebida (bebidas 1, 2, 3, 4 e 5) às quais as resinas estiveram expostas, na variação ocorrida no parâmetro Δa de cor a entre o 1º e 14º dia de exposição.

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: $\Delta a2$					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TipodeResina	3,988	2	1,994	67,053	<,001
TipodeBebida	69,039	4	17,260	580,360	<,001
TipodeResina * TipodeBebida	3,642	8	0,455	15,308	<,001

Tabela 8 - Avaliação do efeito do tipo de resina (resinas 1, 2 e 3) e do tipo de bebida (bebidas 1, 2, 3, 4 e 5) às quais as resinas estiveram expostas, na variação ocorrida no parâmetro de cor Δb entre o 1º e 14º dia de exposição.

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Δb_2					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TipodeResina	90,391	2	45,196	347,404	<,001
TipodeBebida	381,685	4	95,421	733,472	<,001
TipodeResina * TipodeBebida	10,934	8	1,367	10,505	<,001

Análise dos dados da variável dependente ΔE em $T = 2$ (no que se segue, ΔE_2)

Considerando o tipo de bebida como fixo, verificam-se as seguintes diferenças significativas entre resinas (Tabela 9, Gráfico 1):

- para a bebida 1: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo ΔE mais elevado na resina 2, e entre as resinas 2 e 3, com ΔE mais elevado na resina 2.
- para a bebida 2: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo ΔE mais elevado na resina 2, e entre as resinas 2 e 3, com ΔE mais elevado na resina 2.
- para a bebida 3: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo ΔE mais elevado na resina 1.
- para a bebida 4: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo ΔE mais elevado na resina 2, entre as resinas 1 e 3, com ΔE mais elevado na resina 3, e entre as resinas 2 e 3, sendo ΔE mais elevado na resina 2.
- para a bebida 5: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo ΔE mais elevado na resina 2, e entre as resinas 2 e 3, com ΔE mais elevado na resina 2.

Tabela 9 - Dados da variável dependente ΔE entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.

Pairwise Comparisons				
Dependent Variable ΔE_2				
Tipo de Bebida	Tipo de Resina (I)	Tipo de Resina (J)	Mean Difference (I-J)	Sig.
1	1	2	-1,188*	0,000
1	1	3	-0,343	0,162

1	2	3	,845*	0,000
2	1	2	-1,241*	0,000
2	1	3	-0,346	0,157
2	2	3	,895*	0,000
3	1	2	,513*	0,013
3	1	3	0,326	0,201
3	2	3	-0,186	0,882
4	1	2	-1,253*	0,000
4	1	3	-,504*	0,015
4	2	3	,749*	0,000
5	1	2	-1,210*	0,000
5	1	3	-0,185	0,896
5	2	3	1,026*	0,000

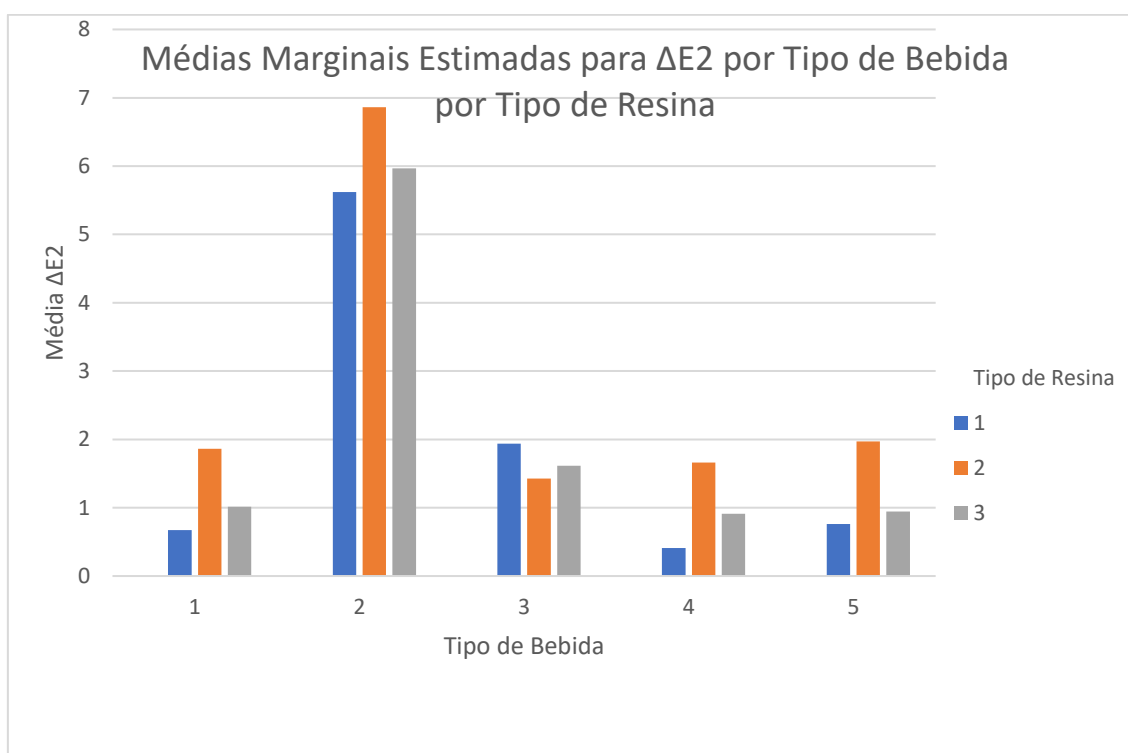


Gráfico 1- Dados da variável dependente ΔE entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.

Considerando o tipo de resina como fixo, verificam-se as seguintes diferenças significativas entre bebidas (Tabela 10, Gráfico 2):

- para a resina 1: verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 1 e 2, sendo ΔE mais elevado para a bebida 2, e entre as bebidas 1 e 3, com ΔE mais elevado para bebida 3; verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 2 e 3, 2 e 4, e 2 e 5, sendo ΔE mais elevado para a bebida 2 comparativamente as demais bebidas; para além disso, para

a bebida 3 verificam-se valores de ΔE significativamente mais elevados do que para as bebidas 4 e 5.

- para a resina 2: verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 1 e 2, sendo ΔE mais elevado para a bebida 2, e entre as bebidas 1 e 5, com ΔE mais elevado para a bebida 5; verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 2 e 3, 2 e 4, e 2 e 5, sendo ΔE mais elevado para a bebida 2 comparativamente as demais bebidas; para além disso, para a bebida 3 verificam-se valores de ΔE significativamente mais baixos do que para a bebida 5.

- para a resina 3: a bebida 1 resulta em valores de ΔE significativamente mais baixos do que para as bebidas 2 e 3; a bebida 2 resulta em valores significativamente mais elevados do que para as bebidas 3, 4 e 5; finalmente, a bebida 3 resulta em valores de ΔE significativamente mais elevados do que para as bebidas 4 e 5.

Tabela 10- Dados da variável dependente ΔE entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.

Pairwise Comparisons				
Dependent Variable: $\Delta E2$				
Tipo de Resina	Tipo de Bebida (I)	Tipo de Bebida (J)	Mean Difference (I-J)	Sig.
1	1	2	-4,950*	0,000
1	1	3	-1,267*	0,000
1	1	4	0,264	1,000
1	1	5	-0,089	1,000
1	2	3	3,683*	0,000
1	2	4	5,214*	0,000
1	2	5	4,861*	0,000
1	3	4	1,531*	0,000
1	3	5	1,178*	0,000
1	4	5	-0,353	0,478
2	1	2	-5,002*	0,000
2	1	3	0,435	0,150
2	1	4	0,199	1,000
2	1	5	-0,111	1,000
2	2	3	5,437*	0,000
2	2	4	5,201*	0,000
2	2	5	4,891*	0,000
2	3	4	-0,236	1,000
2	3	5	-,546*	0,024
2	4	5	-0,310	0,819

3	1	2	-4,952*	0,000
3	1	3	-,597*	0,009
3	1	4	0,103	1,000
3	1	5	0,070	1,000
3	2	3	4,355*	0,000
3	2	4	5,055*	0,000
3	2	5	5,022*	0,000
3	3	4	,700*	0,001
3	3	5	,667*	0,002
3	4	5	-0,033	1,000

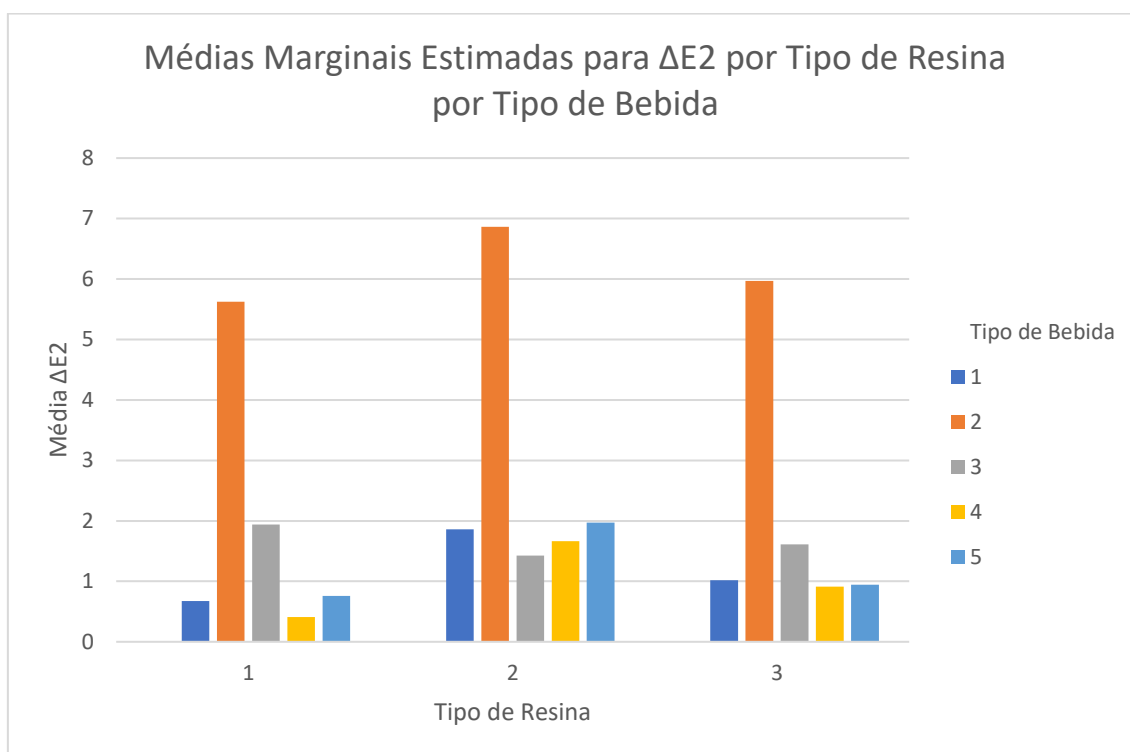


Gráfico 2- Dados da variável dependente ΔE entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.

Análise dos dados da variável dependente ΔL em $T = 2$ (no que se segue, ΔL_2)

Considerando o tipo de bebida como fixo, verificam-se as seguintes diferenças significativas entre resinas (Tabela 11, Gráfico 3):

- para a bebida 1: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo ΔL mais elevado na resina 2, e entre as resinas 2 e 3, com ΔL mais elevado na resina 2.
- para a bebida 2: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 3, sendo ΔL mais elevado na resina 1.

- para a bebida 3: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo ΔL mais elevado na resina 1, entre as resinas 1 e 3, com ΔL mais elevado na resina 1, e entre as resinas 2 e 3, sendo ΔL mais elevado na resina 3.

- para a bebida 4: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo ΔL mais elevado na resina 2, e entre as resinas 2 e 3, com ΔL mais elevado na resina 2.

- para a bebida 5: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo ΔL mais elevado na resina 2, e entre as resinas 2 e 3, com ΔL mais elevado na resina 2.

Tabela 11- Dados da variável dependente ΔL entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.

Pairwise Comparisons				
Dependent Variable: $\Delta L2$				
Tipo de Bebida	Tipo de Resina (I)	Tipo de Resina (J)	Mean Difference (I-J)	Sig.
1	1	2	-1,493*	0,000
1	1	3	-0,007	1,000
1	2	3	1,487*	0,000
2	1	2	-0,407	0,301
2	1	3	-,633*	0,033
2	2	3	-0,227	1,000
3	1	2	-1,467*	0,000
3	1	3	-,653*	0,026
3	2	3	,813*	0,003
4	1	2	-,940*	0,001
4	1	3	0,273	0,806
4	2	3	1,213*	0,000
5	1	2	-1,020*	0,000
5	1	3	-0,040	1,000
5	2	3	,980*	0,000

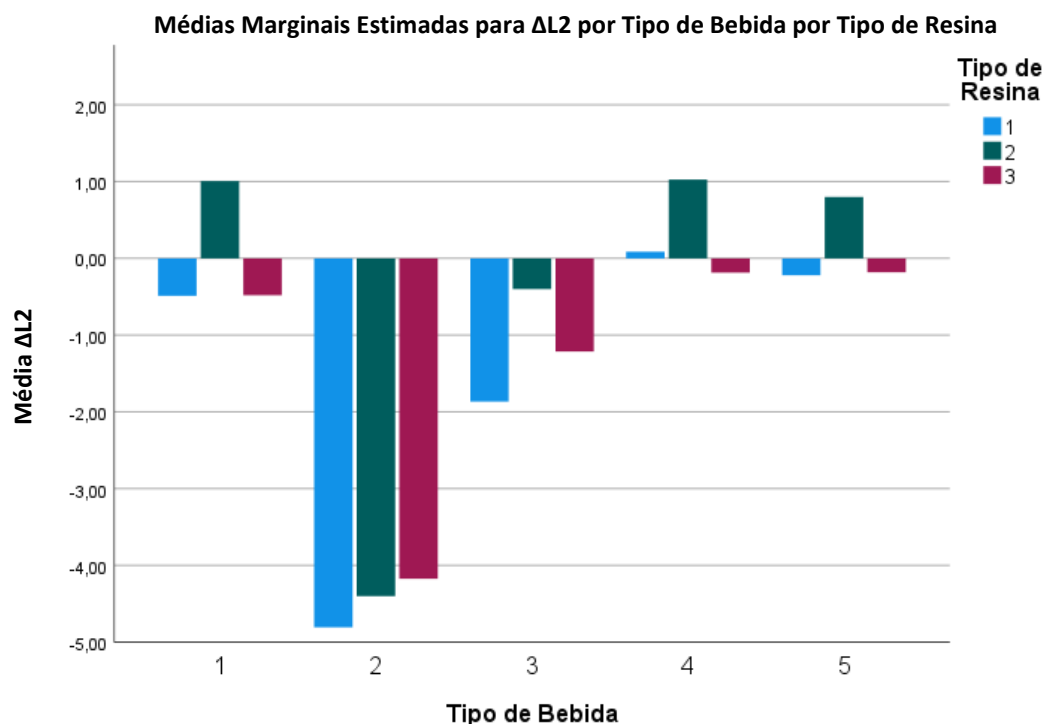


Gráfico 3- Dados da variável dependente ΔL entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.

Considerando o tipo de resina como fixo, verificam-se as seguintes diferenças significativas entre bebidas (Tabela 12, Gráfico 4):

- para a resina 1: verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 1 e 2, sendo ΔL mais elevado para a bebida 2, e entre as bebidas 1 e 3, com ΔL mais elevado para bebida 3; verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 2 e 3, 2 e 4, e 2 e 5, sendo ΔL mais elevado para a bebida 2 comparativamente as demais bebidas; para além disso, para a bebida 3 verificam-se valores de ΔL significativamente mais elevados do que para as bebidas 4 e 5.

- para a resina 2: verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 1 e 2, sendo ΔL mais elevado para a bebida 2, e entre as bebidas 1 e 3, com ΔL mais elevado para a bebida 1; verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 2 e 3, 2 e 4, e 2 e 5, sendo ΔL mais elevado para a bebida 2 comparativamente as demais bebidas; para além disso, para a bebida 3 verificam-se valores de ΔL significativamente mais baixos do que para as bebidas 4 e 5.

- para a resina 3: a bebida 1 resulta em valores de ΔL significativamente mais baixos do que para as bebidas 2 e 3; a bebida 2 resulta em valores significativamente mais elevados

do que para as bebidas 3, 4 e 5; finalmente, a bebida 3 resulta em valores de ΔL significativamente mais elevados do que para as bebidas 4 e 5.

Tabela 12- Dados da variável dependente ΔL entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.

Pairwise Comparisons				
Dependent Variable: $\Delta L2$				
Tipo de Resina	Tipo de Bebida (I)	Tipo de Bebida (J)	Mean Difference (I-J)	Sig.
1	1	2	4,320*	0,000
1	1	3	1,380*	0,000
1	1	4	-0,573	0,210
1	1	5	-0,267	1,000
1	2	3	-2,940*	0,000
1	2	4	-4,893*	0,000
1	2	5	-4,587*	0,000
1	3	4	-1,953*	0,000
1	3	5	-1,647*	0,000
1	4	5	0,307	1,000
2	1	2	5,407*	0,000
2	1	3	1,407*	0,000
2	1	4	-0,020	1,000
2	1	5	0,207	1,000
2	2	3	-4,000*	0,000
2	2	4	-5,427*	0,000
2	2	5	-5,200*	0,000
2	3	4	-1,427*	0,000
2	3	5	-1,200*	0,000
2	4	5	0,227	1,000
3	1	2	3,693*	0,000
3	1	3	,733*	0,033
3	1	4	-0,293	1,000
3	1	5	-0,300	1,000
3	2	3	-2,960*	0,000
3	2	4	-3,987*	0,000
3	2	5	-3,993*	0,000
3	3	4	-1,027*	0,000
3	3	5	-1,033*	0,000
3	4	5	-0,007	1,000

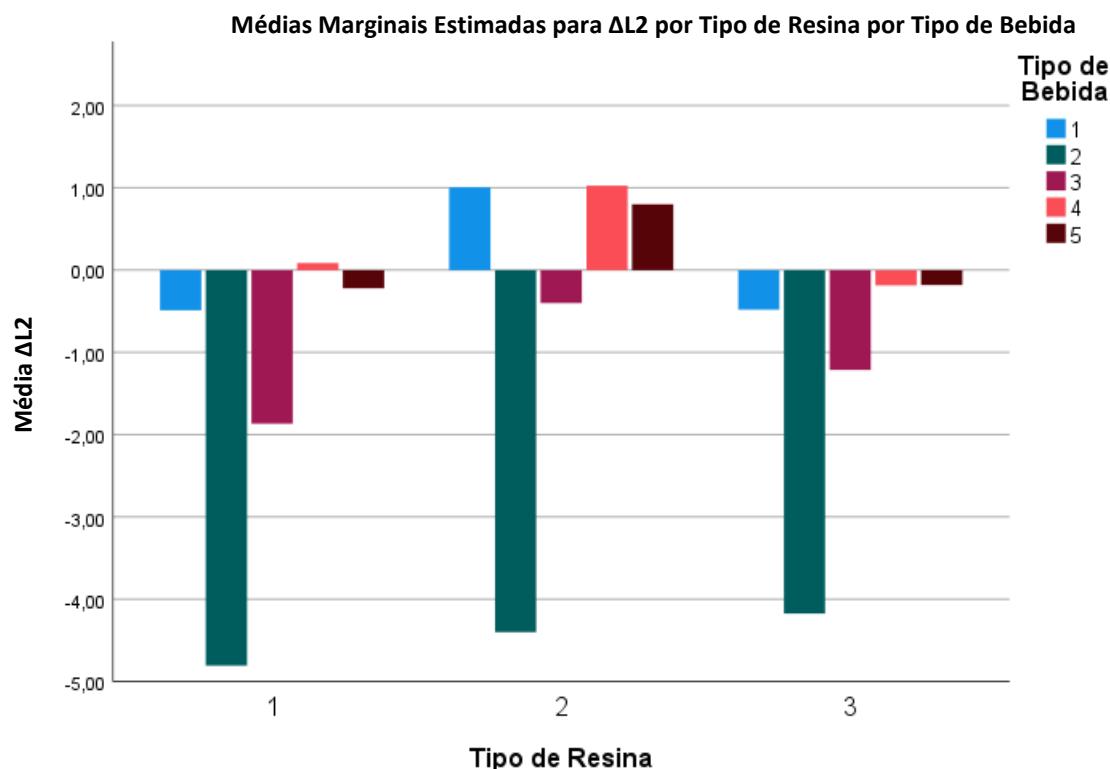


Gráfico 4- Dados da variável dependente ΔL entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.

Análise dos dados da variável dependente Δa em $T = 2$ (no que se segue, Δa_2)

Considerando o tipo de bebida como fixo, verificam-se as seguintes diferenças significativas entre resinas (Tabela 13, Gráfico 5):

- para a bebida 1: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo Δa mais elevado na resina 2, e entre as resinas 2 e 3, com Δa mais elevado na resina 2.
- para a bebida 2: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo Δa mais elevado na resina 2, e entre as resinas 1 e 3, com Δa mais elevado na resina 3.
- para a bebida 3: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo Δa mais elevado na resina 1, entre as resinas 1 e 3, com Δa mais elevado na resina 1, e entre as resinas 2 e 3, sendo Δa mais elevado na resina 2.
- para a bebida 4: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo Δa mais elevado na resina 2, entre as resinas 1 e 3, com Δa mais elevado na resina 3, e entre as resinas 2 e 3, sendo Δa mais elevado na resina 2.

- para a bebida 5: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo Δa mais elevado na resina 2, e entre as resinas 2 e 3, com Δa mais elevado na resina 2.

Tabela 13- Dados da variável dependente Δa entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.

Pairwise Comparisons				
Dependent Variable: Δa_2				
Tipo de Bebida	Tipo de Resina (I)	Tipo de Resina (J)	Mean Difference (I-J)	Sig.
1	1	2	,287*	0,000
1	1	3	-0,100	0,341
1	2	3	-,387*	0,000
2	1	2	-,320*	0,000
2	1	3	-,333*	0,000
2	2	3	-0,013	1,000
3	1	2	-,327*	0,000
3	1	3	-,567*	0,000
3	2	3	-,240*	0,001
4	1	2	,260*	0,000
4	1	3	-,167*	0,026
4	2	3	-,427*	0,000
5	1	2	,313*	0,000
5	1	3	-0,127	0,137
5	2	3	-,440*	0,000

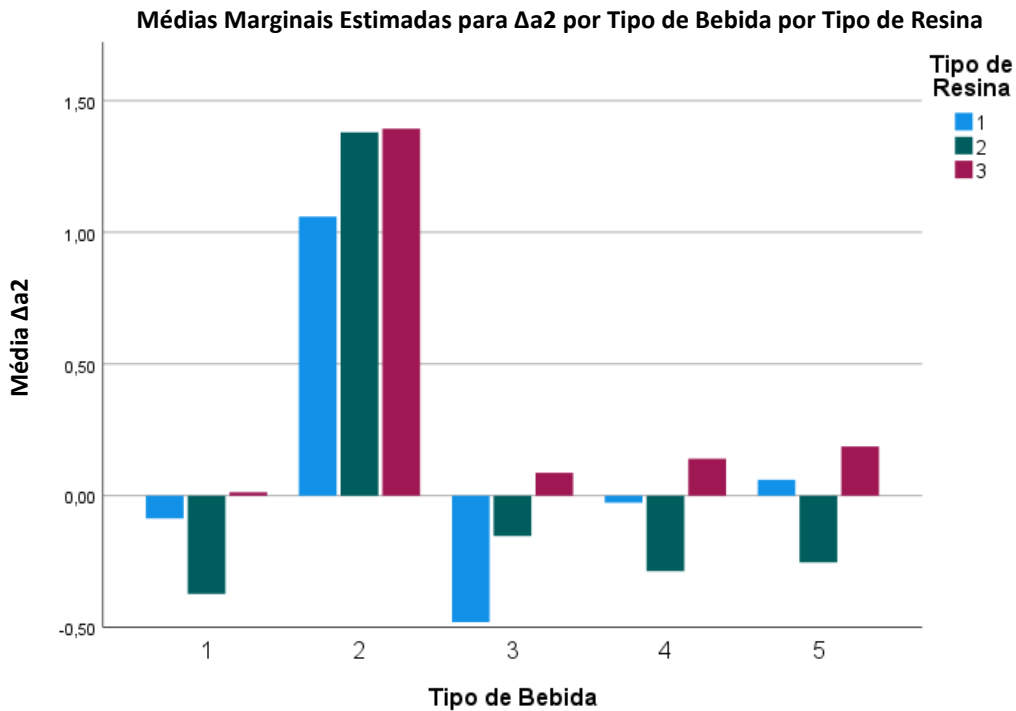


Gráfico 5- Dados da variável dependente Δa entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.

Considerando o tipo de resina como fixo, verificam-se as seguintes diferenças significativas entre bebidas (Tabela 14, Gráfico 6):

- para a resina 1: verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 1 e 2, sendo Δa mais elevado para a bebida 2, e entre as bebidas 1 e 3, com Δa mais elevado para bebida 3; verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 2 e 3, 2 e 4, e 2 e 5, sendo Δa mais elevado para a bebida 2 comparativamente as demais bebidas; para além disso, para a bebida 3 verificam-se valores de Δa significativamente mais elevados do que para as bebidas 4 e 5.

- para a resina 2: verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 1 e 2, sendo Δa mais elevado para a bebida 2, e entre as bebidas 1 e 3, com Δa mais elevado para a bebida 1; verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 2 e 3, 2 e 4, e 2 e 5, sendo Δa mais elevado para a bebida 2 comparativamente as demais bebidas.

- para a resina 3: a bebida 1 resulta em valores de Δa significativamente mais baixos do que para a bebida 2; a bebida 2 resulta em valores significativamente mais elevados do que para as bebidas 3, 4 e 5.

Tabela 14- Dados da variável dependente Δa entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.

Pairwise Comparisons				
Dependent Variable: Δa_2				
Tipo de Resina	Tipo de Bebida (I)	Tipo de Bebida (J)	Mean Difference (I-J)	Sig.
1	1	2	-1,147*	0,000
1	1	3	,393*	0,000
1	1	4	-0,060	1,000
1	1	5	-0,147	0,208
1	2	3	1,540*	0,000
1	2	4	1,087*	0,000
1	2	5	1,000*	0,000
1	3	4	-,453*	0,000
1	3	5	-,540*	0,000
1	4	5	-0,087	1,000
2	1	2	-1,753*	0,000
2	1	3	-,220*	0,006
2	1	4	-0,087	1,000
2	1	5	-0,120	0,581
2	2	3	1,533*	0,000
2	2	4	1,667*	0,000
2	2	5	1,633*	0,000
2	3	4	0,133	0,354
2	3	5	0,100	1,000
2	4	5	-0,033	1,000
3	1	2	-1,380*	0,000
3	1	3	-0,073	1,000
3	1	4	-0,127	0,455
3	1	5	-0,173	0,064
3	2	3	1,307*	0,000
3	2	4	1,253*	0,000
3	2	5	1,207*	0,000
3	3	4	-0,053	1,000
3	3	5	-0,100	1,000
3	4	5	-0,047	1,000

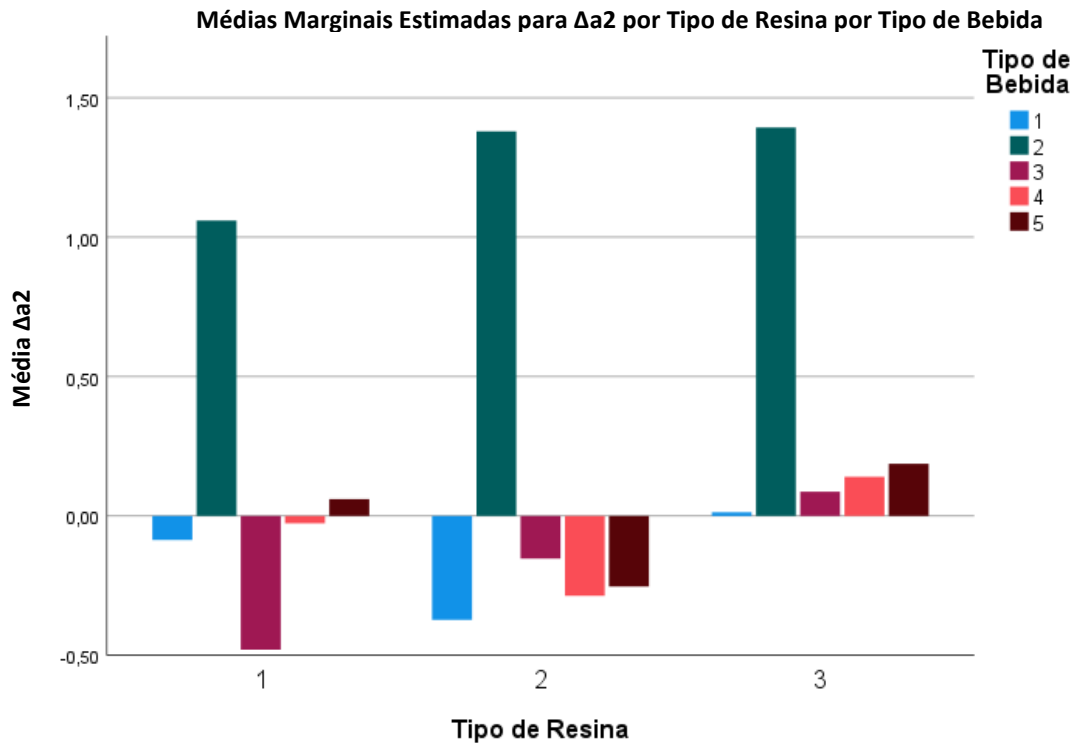


Gráfico 6- Dados da variável dependente Δa entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.

Análise dos dados da variável dependente Δb em $T = 2$ (no que se segue, Δb_2)

Considerando o tipo de bebida como fixo, verificam-se as seguintes diferenças significativas entre resinas (Tabela 15, Gráfico 7):

- para a bebida 1: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo Δb mais elevado na resina 2, entre as resinas 1 e 3, com Δb mais elevado na resina 3, e entre as resinas 2 e 3, sendo Δb mais elevado na resina 2.

- para a bebida 2: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo Δb mais elevado na resina 2, entre as resinas 1 e 3, com Δb mais elevado na resina 3, e entre as resinas 2 e 3, sendo Δb mais elevado na resina 2.

- para a bebida 3: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo Δb mais elevado na resina 2, e entre as resinas 1 e 3, com Δb mais elevado na resina 3.

- para a bebida 4: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo Δb mais elevado na resina 2, entre as resinas 1 e 3, com Δb mais elevado na resina 3, e entre as resinas 2 e 3, sendo Δb mais elevado na resina 2.

- para a bebida 5: verificam-se diferenças significativas entre as resinas 1 e 2, sendo Δb mais elevado na resina 2, entre as resinas 1 e 3, com Δb mais elevado na resina 3, e entre as resinas 2 e 3, sendo Δb mais elevado na resina 2.

Tabela 15- Dados da variável dependente Δb entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.

Pairwise Comparisons				
Dependent Variable: Δb_2				
Tipo de Bebida	Tipo de Resina (I)	Tipo de Resina (J)	Mean Difference (I-J)	Sig.
1	1	2	-1,493*	0,000
1	1	3	-,867*	0,000
1	2	3	,627*	0,000
2	1	2	-2,380*	0,000
2	1	3	-1,247*	0,000
2	2	3	1,133*	0,000
3	1	2	-1,027*	0,000
3	1	3	-,967*	0,000
3	2	3	0,060	1,000
4	1	2	-1,360*	0,000
4	1	3	-,560*	0,000
4	2	3	,800*	0,000
5	1	2	-1,500*	0,000
5	1	3	-,420*	0,005
5	2	3	1,080*	0,000

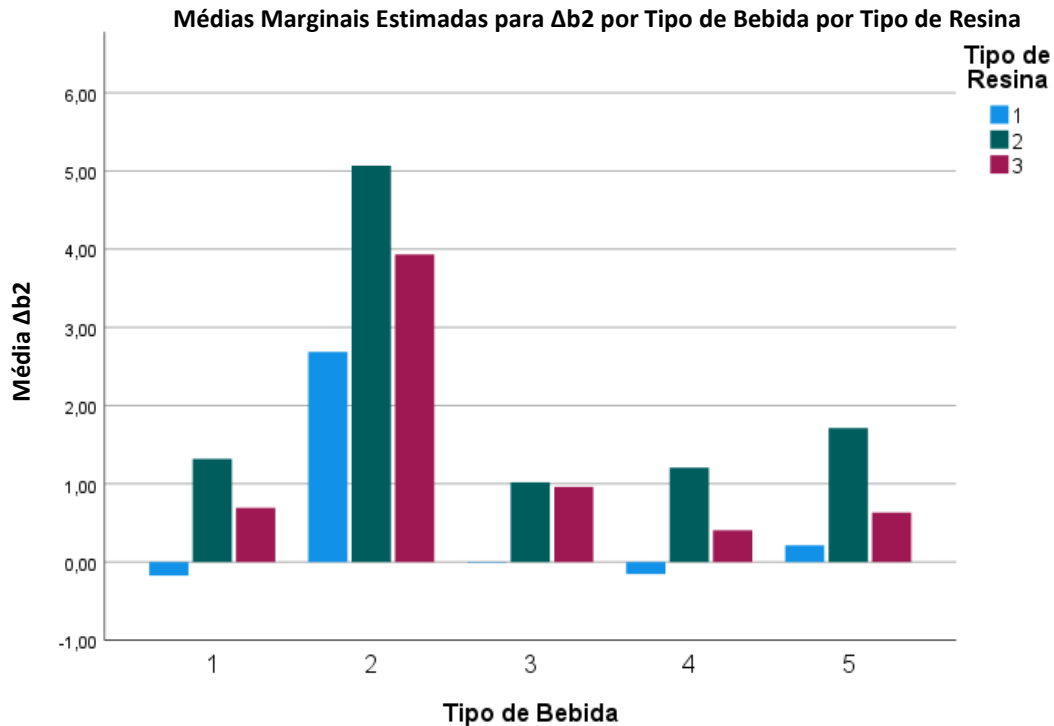


Gráfico 7- Dados da variável dependente Δb entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de bebida como fixo.

Considerando o tipo de resina como fixo, verificam-se as seguintes diferenças significativas entre bebidas (Tabela 16, Gráfico 8):

- para a resina 1: verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 1 e 2, sendo Δb mais elevado para a bebida 2, e entre as bebidas 1 e 5, com Δb mais elevado para bebida 5; verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 2 e 3, 2 e 4, e 2 e 5, sendo Δb mais elevado para a bebida 2 comparativamente as demais bebidas.

- para a resina 2: verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 1 e 2, sendo Δb mais elevado para a bebida 2, e entre as bebidas 1 e 5, com Δb mais elevado para a bebida 5; verificam-se diferenças significativas entre as bebidas 2 e 3, 2 e 4, e 2 e 5, sendo Δb mais elevado para a bebida 2 comparativamente as demais bebidas; para além disso, para a bebida 3 verificam-se valores de Δb significativamente mais baixos do que para a bebida 5; finalmente, para a bebida 4 verificaram-se valores de Δb significativamente mais baixos do que para a bebida 5.

- para a resina 3: a bebida 1 resulta em valores de Δb significativamente mais baixos do que para a bebida 2; a bebida 2 resulta em valores significativamente mais elevados do

que para as bebidas 3, 4 e 5; finalmente, a bebida 3 resulta em valores de Δb significativamente mais elevados do que para a bebida 4.

Tabela 16 - Dados da variável dependente Δb entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.

Pairwise Comparisons				
Dependent Variable: Δb_2				
Tipo de Resina	Tipo de Bebida (I)	Tipo de Bebida (J)	Mean Difference (I-J)	Sig. ^b
1	1	2	-2,860*	0,000
1	1	3	-0,167	1,000
1	1	4	-0,020	1,000
1	1	5	-,387*	0,037
1	2	3	2,693*	0,000
1	2	4	2,840*	0,000
1	2	5	2,473*	0,000
1	3	4	0,147	1,000
1	3	5	-0,220	0,963
1	4	5	-0,367	0,059
2	1	2	-3,747*	0,000
2	1	3	0,300	0,237
2	1	4	0,113	1,000
2	1	5	-,393*	0,032
2	2	3	4,047*	0,000
2	2	4	3,860*	0,000
2	2	5	3,353*	0,000
2	3	4	-0,187	1,000
2	3	5	-,693*	0,000
2	4	5	-,507*	0,002
3	1	2	-3,240*	0,000
3	1	3	-0,267	0,442
3	1	4	0,287	0,306
3	1	5	0,060	1,000
3	2	3	2,973*	0,000
3	2	4	3,527*	0,000
3	2	5	3,300*	0,000
3	3	4	,553*	0,000
3	3	5	0,327	0,139
3	4	5	-0,227	0,867

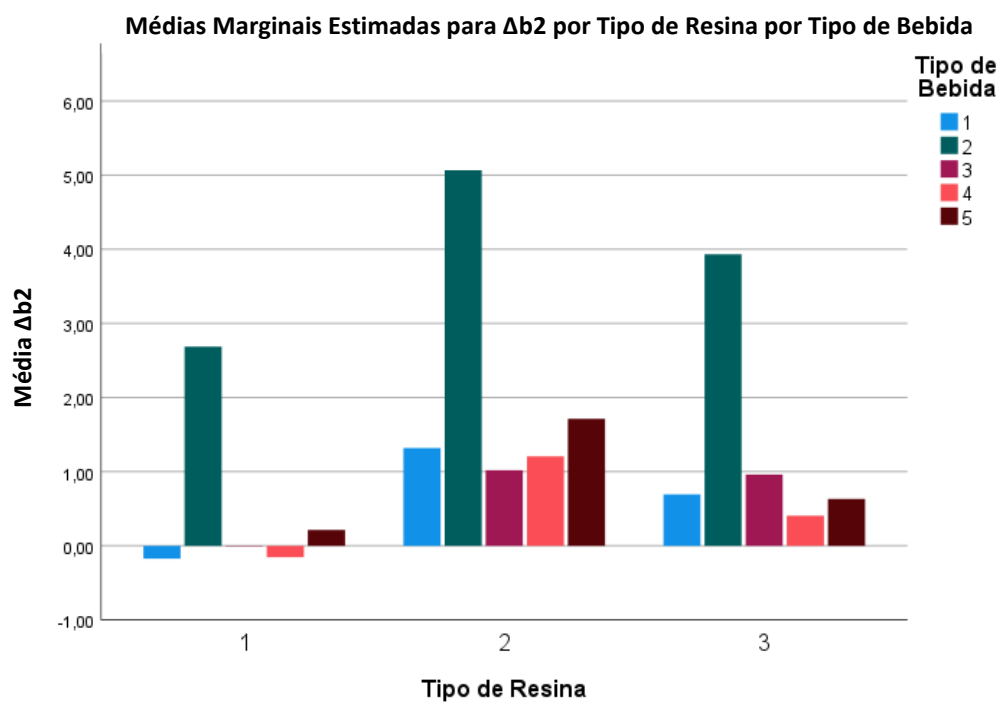


Gráfico 8- Dados da variável dependente Δb entre o 1º e 14º dia de exposição, considerando o tipo de resina como fixo.

VI. Discussão

A análise da alteração da coloração nesta investigação foi realizada através de um espectrofotómetro e do sistema de cores CIE $L^*a^*b^*$. Este método é uma referência e mede as diferenças de cor com resultados precisos, baseando-se na percepção humana. Tem a capacidade de medir a curva de reflexão da cor de um determinado objeto a cada 10 nm ou menos (Chittem et al., 2017; Tanthanuch et al., 2016; Valizadeh et al., 2020).

É importante mencionar que as fórmulas tridimensionais de medição de cor CIE $L^*a^*b^*$ e CIE2000 são recomendadas pela ISO para se contabilizar a diferença da cor (Yikilgan et al., 2019).

Atualmente as resinas compostas são bastante utilizadas como materiais restauradores estéticos, contendo as mesmas excelentes propriedades (Schroeder et al., 2019; Valizadeh et al., 2020). O sucesso de qualquer restauração estética depende da estabilidade da cor do material e da sua longevidade (Tanthanuch et al., 2016; Valizadeh et al., 2020).

Infelizmente, a alteração cromática nas restaurações a resina composta é uma das causas mais frequentes para a substituição das mesmas. A mudança da coloração pode ser considerada um indicador de envelhecimento ou de anomalias nas restaurações (Valizadeh et al., 2020).

Quando uma resina composta presente na cavidade oral está constantemente exposta à passagem de saliva, alimentos e outras substâncias, o que pode interferir com as suas propriedades estéticas. Deste modo, o estudo para determinar a sua vulnerabilidade à alteração da coloração merece mais atenção (Chittem et al., 2017; Lepri et al., 2014).

É importante referir-se que a severidade da pigmentação que ocorre *in vitro* é mais elevada do que a que realmente ocorre na cavidade oral (Valizadeh et al., 2020).

Define-se o conceito de absorção como correspondendo à inserção das substâncias internamente, enquanto a adsorção corresponde à deposição superficial de substâncias (Bitencourt et al., 2020).

Após 14 dias de contacto, durante 5 minutos por dia, com as soluções potencialmente causadoras de pigmentação todas as resinas compostas estudadas apresentaram uma variação significativa da cor.

Refere-se que entre as resinas houve uma diferença altamente significativa relativamente à alteração de cor, ou seja, quando expostas à mesma solução a resina nanohíbrida Elegance Composite Universal demonstrou uma menor resistência aos agentes causadores de pigmentação, seguida pela resina microhíbrida Point 4™, e finalmente pela resina nanohíbrida Clearfil Majesty™ ES-2 Premium.

A resina composta que apresentou a maior variação cromática no parâmetro ΔL e Δa para as soluções saliva artificial, clorexidina e bebida energética foi a Elegance Composite Universal. A mesma também apresentou a maior variação cromática no parâmetro Δb para todas as soluções.

A resina composta que apresentou a maior variação cromática no parâmetro ΔL para as soluções café e sumo de frutos vermelhos foi a Clearfil Majesty™ ES-2 Premium. A mesma apresentou a maior variação cromática no parâmetro Δa para a solução sumo de frutos vermelhos.

A resina composta que apresentou a maior variação cromática no parâmetro Δa para a solução café foi a Point 4™.

Segundo alguns autores, a alteração cromática das resinas compostas ocorre frequentemente devido a três fatores (Ceci et al., 2017; Tanthanuch et al., 2016; Valizadeh et al., 2020):

- Fatores extrínsecos, que resultam na acumulação de placa bacteriana e pigmentos;
- Fatores intrínsecos como, anomalias na superfície da resina composta, que potenciam a formação de rugosidades superficiais. Consequentemente há uma maior facilidade na inserção de pigmentos, por adsorção e absorção na sua superfície;
- Pigmentação intrínseca proveniente de reações físicas e químicas da resina composta, que ocorrem devido à radiação da luz visível, à radiação ultravioleta, à temperatura e ao calor.

A estabilidade cromática depende de vários fatores, como a composição da matriz orgânica da resina, do tipo e tamanho das partículas inorgânicas, da concentração dos iniciadores, ativadores e inibidores, das características hidrofílicas e hidrofóbicas da matriz orgânica da resina composta, do grau de conversão (dependendo do tempo de

fotopolimerização do material), do grau de absorção da água, do pH da solução, da presença de pigmentos (da sua concentração e tempo de exposição), da rugosidade da superfície, da temperatura, e da higiene oral (Chittem et al., 2017; Hasani et al., 2019; Hussain et al., 2021; Lepri et al., 2014; Meenakshi & Sirisha, 2020; Parks et al., 2021; Patil et al., 2020; Schroeder et al., 2019; Tanthanuch et al., 2016; Valizadeh et al., 2020; Yikilgan et al., 2019; Zhao et al., 2019).

O tempo é um fator extremamente importante para a estabilidade da cor (Lepri et al., 2014).

Além dos fatores referidos anteriormente, a alteração da coloração da resina composta pode ocorrer devido à presença de uma elevada quantidade de monómeros que não foram fotopolimerizados, indicando obviamente um baixo grau de conversão. Há, por conseguinte, uma maior solubilidade e uma menor estabilidade de cor (Hussain et al., 2021).

É importante salientar que se a matriz orgânica da resina composta possui a capacidade de absorver água, é também capaz de absorver outras substâncias, podendo potenciar a mudança da cor (Chittem et al., 2017).

A elevada temperatura do café pode ter tido influência na variação da cor. Devido a ter ocorrido uma distensão ligeira da amostra, efetuando-se uma melhor absorção dos pigmentos da solução (Parks et al., 2021).

A camada mais superficial da resina composta, que se encontra em contacto com o oxigénio não é sujeita a uma fotopolimerização completa, tornando-se mais porosa e vulnerável à absorção de água, e conseqüentemente mais suscetível à pigmentação (Tanthanuch et al., 2016).

As resinas compostas que são constituídas por partículas inorgânicas de maiores dimensões são mais suscetíveis à alteração da cor proveniente de pigmentação extrínseca (devido a absorverem mais água) do que as resinas constituídas por partículas inorgânicas de menores dimensões (devido à hidrólise entre a matriz orgânica e inorgânica). O que não está de acordo com os resultados obtidos neste estudo, uma vez que a resina composta nanohíbrida Elegance Composite Universal apresentou uma maior variação cromática do que a resina composta microhíbrida Point 4™, provavelmente pela diferença na

composição da sua matriz orgânica (Hasani et al., 2019; Khosravi et al., 2016; Schroeder et al., 2019; Valizadeh et al., 2020; Yikilgan et al., 2019).

Alguns autores concluíram que as resinas nanoparticuladas têm menor probabilidade de sofrerem alterações de cor proveniente de pigmentação extrínseca do que as resinas microparticuladas (Alkhadim et al., 2020; Patil et al., 2020; Poggio et al., 2017; Yikilgan et al., 2019).

Contudo, há estudos que verificaram mais variações de coloração nas resinas nanoparticuladas do que nas resinas microparticuladas (Ardu, 2018; Chittem et al., 2017; Hasani et al., 2019; Khosravi et al., 2016).

Nesta investigação verificou-se que a resina composta nanohíbrida Clearfil Majesty™ ES-2 Premium, que não continha TEGDMA demonstrou uma maior estabilidade de cor, seguida pela resina composta microhíbrida Point 4™, e finalmente pela resina composta nanohíbrida Elegance Composite Universal, que continha TEGDMA, tendo esta apresentado uma menor estabilidade de cor.

Os resultados obtidos estão de acordo com um estudo que comparou uma resina microhíbrida e uma resina nanohíbrida, que contém TEGDMA, sendo que a microhíbrida apresentou uma maior estabilidade de cor (Chittem et al., 2017).

Outro estudo relaciona uma resina nanohíbrida (que não contém TEGDMA), e duas resinas microhíbridas, sendo que a nanohíbrida apresentou uma maior estabilidade cromática (Poggio et al., 2017), de acordo com os resultados obtidos na presente investigação.

Contudo existem alguns estudos que diferem dos resultados obtidos, corroborando que as resinas compostas nanohíbridas mesmo contendo TEGDMA, apresentam uma melhor estabilidade cromática relativamente às resinas compostas microhíbridas (Patil et al., 2020; Yikilgan et al., 2019).

Há também um estudo em que se constatou que a resina composta microhíbrida avaliada obteve uma maior estabilidade cromática em comparação com a nanohíbrida (esta continha TEGDMA presente na sua constituição) (Hasani et al., 2019). No presente estudo também se verificaram estes resultados, tendo em que conta que a resina composta nanohíbrida Elegance Composite Universal (que continha TEGDMA) demonstrou uma menor estabilidade de cor comparativamente à resina composta microhíbrida Point 4™.

Outro autor descreve que se observou uma maior estabilidade cromática na resina composta microhíbrida em relação à resina composta nanohíbrida (Ardu, 2018). Na presente investigação também se verificaram resultados idênticos quando se compara a resina composta microhíbrida Point 4™ e a resina composta nanohíbrida Elegance Composite Universal. No entanto ao se comparar a resina composta microhíbrida Point 4™ e a resina composta nanohíbrida Clearfil Majesty™ ES-2 Premium não se obtêm resultados similares aos do estudo anteriormente referido (Ardu, 2018).

Um outro estudo analisou uma resina composta nanohíbrida e uma resina composta microhíbrida, relatando que não se verificaram diferenças significativas na estabilidade cromática entre as mesmas (Usha et al., 2018). No presente estudo, verifica-se o contrário, uma vez que existem diferenças altamente significativas entre as resinas compostas nanohíbridas e microhíbrida analisadas.

A composição da matriz orgânica da resina composta utilizada afeta a sua vulnerabilidade a possíveis agentes causadores de pigmentação. O UDMA possui uma maior capacidade de resistência à alteração da coloração do que o Bis-GMA, devido ao facto de o Bis-GMA possuir uma maior afinidade para absorver água (grupos hidróxidos hidrofílicos). Sabe-se que a adsorção de água pode enfraquecer a matriz orgânica e potenciar a mudança cromática (Yikilgan et al., 2019).

O UDMA apresenta uma menor alteração da coloração devido à sua baixa viscosidade e à sua baixa capacidade de adsorver água (cadeias alifáticas contendo resina que são menos hidrofílicas) (Hasani et al., 2019; Lepri et al., 2014). Neste estudo a resina composta que continha UDMA na sua composição (Elegance Composite Universal) foi a que apresentou uma maior variação cromática.

As resinas compostas cujo Bis-GMA faz parte da sua constituição exibem uma alteração cromática mais elevada do que as resinas compostas por UDMA e Bis-EMA (Meenakshi & Sirisha, 2020; Tanthanuch et al., 2016). O TEGDMA foi adicionado para diminuir a viscosidade da resina Bis-GMA. Por isso, a adição de TEGDMA, inspirada na melhoria das propriedades de manipulação, também apresenta propriedades de absorção de água (Chittem et al., 2017). Porém o Bis-GMA leva à formação de uma matriz mais rígida e absorve menos água quando comparado com o TEGDMA.

Várias investigações descreveram que as resinas que continham TEGDMA exibem uma maior mudança da coloração, devido a este absorver uma maior quantidade de água

(Tanthanuch et al., 2016; Yikilgan et al., 2019). Este facto está de acordo com o presente estudo, tendo em conta que as resinas compostas (Elegance Composite Universal e Point 4™) que contêm TEGDMA na sua constituição apresentaram uma maior variação cromática.

A absorção excessiva de água deprecia a longevidade da resina composta, expande e torna menos rígida a sua matriz orgânica, hidrolisando o silano, e potencia a formação de microfissuras. Consequentemente, as microfissuras instalam-se na interface entre a matriz orgânica e a matriz inorgânica da resina, agravando a degradação da sua superfície, alterando a forma como a luz é dispersa pelas partículas (a perceção da cor está diretamente ligada à dispersão), facilitando a inserção de pigmentos presentes nas soluções passíveis de encontrar na cavidade oral e aumentando a sua rugosidade da superfície (Chittem et al., 2017; Khosravi et al., 2016; Lepri et al., 2014; Patil et al., 2020; Tanthanuch et al., 2016; Valizadeh et al., 2020).

Por sua vez um aumento da rugosidade da superfície da resina composta resulta na intensificação da absorção e adsorção de pigmentos (Tanthanuch et al., 2016).

A rugosidade também influencia as propriedades óticas e a adesão dos microrganismos, favorecendo a retenção mecânica dos pigmentos e do biofilme (Bitencourt et al., 2020).

O baixo pH das soluções ingeridas pode promover alterações da coloração, devido a fomentar o desgaste, e consequentemente as irregularidades (Bitencourt et al., 2020).

A capacidade de pigmentação de uma solução depende não só do seu pH, mas também do tipo de pigmentos de que a mesma é composta (Meenakshi & Sirisha, 2020).

Os pigmentos presentes na solução de sumo de frutos vermelhos utilizada, provavelmente contribuíram para o seu elevado poder de pigmentação da resina Clearfil Majesty™ ES-2 Premium.

As amostras colocadas em saliva artificial também demonstraram uma variação nos valores de ΔE ao longo do tempo, isto ocorre provavelmente devido à absorção de água pela resina composta (Valizadeh et al., 2020).

A matriz inorgânica da resina também pode sofrer alterações de cor, através da infiltração de água e pigmentos na sua interface e superfície (Lepri et al., 2014; Yikilgan et al., 2019).

O SiO₂ presente nas resinas Elegance Composite Universal e Point 4™ causa uma elevada porosidade na superfície da resina composta, que pode resultar na degradação superficial da resina, e conseqüentemente no aumento da sua suscetibilidade à alteração da cor (Meenakshi & Sirisha, 2020; Yikilgan et al., 2019).

Os fundos negro e cinzento simulam melhor o ambiente clínico da cavidade oral do que o fundo branco (Hasani et al., 2019).

Dois autores descrevem que após a primeira semana de exposição às soluções potencialmente causadoras de pigmentação, a absorção diminui, e conseqüentemente há uma diminuição na variação cromática (Lepri & Palma-Dibb, 2014; Tanthanuch et al., 2016).

A cor do material também é afetada pela espessura da amostra (Patil et al., 2020). Nesta investigação todas as amostras foram concebidas com uma espessura de 2 mm.

A análise às soluções demonstrou que existiria uma diferença altamente significativa entre as mesmas, isto é, a sua capacidade de pigmentação difere quando aplicadas à mesma resina composta. Neste estudo a solução que provocou a maior alteração cromática em todas as resinas compostas foi o café, sendo a única que seria perceptível através do olho humano, com valores de $\Delta E > 5$, o que está em conformidade com os estudos realizados por diversos autores (Alberton Da Silva et al., 2018; Alkhadim et al., 2020; Ardu et al., 2018; Assaf et al., 2020; Hasani et al., 2019; Poggio et al., 2017; Schroeder et al., 2019; Valizadeh et al., 2020).

O café possui na sua composição um corante amarelo, que interage com a matriz orgânica presente na resina composta, e daí provocar uma elevada alteração cromática (Meenakshi & Sirisha, 2020; Schroeder et al., 2019). Estes pigmentos amarelos têm baixa polaridade, e uma vez absorvidos e adsorvidos possuem a capacidade de se inserirem nas camadas mais internas da matriz orgânica (Hussain et al., 2021; Valizadeh et al., 2020). Além disto, o seu pH ácido e a afinidade deste corante amarelo com os polímeros que constituem a resina composta contribuem ainda mais para esta alteração na coloração (Hasani et al., 2019; Valizadeh et al., 2020).

Todas as outras soluções não provocaram uma alteração de cor perceptível, com valores de $\Delta E < 2$. Relativamente à solução de frutos vermelhos estes valores não estão de acordo com um estudo realizado por outro autor (Alkhadim et al., 2020), possivelmente pelos

tempos de exposição diferirem. Neste estudo as amostras estiveram imersas na solução durante 5 minutos por dia, durante 14 dias, enquanto no estudo realizado pelo outro autor estiveram 8 semanas imersas ininterruptamente na solução.

Os resultados obtidos para a solução clorexidina coincidem com os dos estudos realizados por outros autores (Hasani et al., 2019; Khosravi et al., 2016), apesar de num dos estudos a percentagem de clorexidina ter sido 0,2% (Hasani et al., 2019), sendo superior à utilizada na presente investigação.

Referenciando a solução que continha bebida energética os resultados também se encontram de acordo com o estudo realizado por outro autor (Al-Dharrab, 2013), apesar de o tempo de exposição à solução variar. Neste estudo as amostras estiveram imersas na solução durante 5 minutos por dia, durante 14 dias, enquanto no estudo realizado pelo outro autor estiveram 60 dias imersas ininterruptamente na solução.

O café e o sumo de frutos vermelhos provocaram uma diminuição altamente significativa dos valores relativamente ao parâmetro “L” nas 3 resinas compostas estudadas, implicando conseqüentemente uma diminuição do brilho.

A clorexidina provocou um aumento altamente significativo dos valores relativamente ao parâmetro “L” nas resinas compostas Clearfil Majesty™ ES-2 Premium e Elegance Composite Universal, existindo conseqüentemente um aumento do brilho, e uma diminuição altamente significativa do valor deste parâmetro na resina composta Point 4™, o que se manifesta por uma diminuição do brilho.

A bebida energética provocou um aumento altamente significativo do valor relativamente ao parâmetro “L” na resina composta Elegance Composite Universal, implicando conseqüentemente um aumento do brilho, e uma diminuição altamente significativa nos valores deste parâmetro nas resinas compostas Clearfil Majesty™ ES-2 Premium e Point 4™, implicando conseqüentemente uma diminuição do brilho.

O café provocou um aumento altamente significativo dos valores relativamente ao parâmetro “a” nas 3 resinas compostas estudadas, implicando conseqüentemente uma aproximação à região vermelha do espetro da cor.

O sumo de frutos vermelhos e a clorexidina provocaram uma diminuição altamente significativa dos valores relativamente ao parâmetro “a” nas resinas compostas Clearfil Majesty™ ES-2 Premium e Elegance Composite Universal, implicando

consequentemente uma aproximação à região verde do espectro da cor, e um aumento altamente significativo dos valores deste parâmetro na resina composta Point 4™, implicando consequentemente uma aproximação à região vermelha do espectro da cor.

A bebida energética provocou um aumento altamente significativo dos valores relativamente ao parâmetro “a” nas resinas compostas Clearfil Majesty™ ES-2 Premium e Point 4™, implicando consequentemente uma aproximação à região vermelha do espectro da cor, e uma diminuição altamente significativa no valor deste parâmetro na resina composta Elegance Composite Universal, implicando consequentemente uma aproximação à região verde do espectro da cor.

O café e a bebida energética provocaram um aumento altamente significativo dos valores relativamente ao parâmetro “b” nas 3 resinas compostas estudadas, implicando consequentemente uma aproximação à região amarela do espectro da cor.

O sumo de frutos vermelhos provocou um aumento altamente significativo dos valores relativamente ao parâmetro “b” nas resinas compostas Elegance Composite Universal e Point 4™, implicando consequentemente uma aproximação à região amarela do espectro da cor. O mesmo não teve influência na alteração cromática da resina composta Clearfil Majesty™ ES-2 Premium.

A clorexidina provocou um aumento altamente significativo dos valores relativamente ao parâmetro “b” nas resinas compostas Elegance Composite Universal e Point 4™, implicando consequentemente uma aproximação à região amarela do espectro da cor, e uma diminuição altamente significativa do valor deste parâmetro na resina composta Clearfil Majesty™ ES-2 Premium., implicando consequentemente uma aproximação à região azul do espectro da cor.

A resina composta Elegance Composite Universal apresentou a maior variação relativamente à alteração cromática no parâmetro ΔE para as soluções saliva artificial, café, clorexidina e bebida energética.

A resina composta Clearfil Majesty™ ES-2 Premium apresentou a maior variação relativamente à alteração cromática no parâmetro ΔE para a solução sumo de frutos vermelhos.

A resina composta Elegance Composite Universal apresentou a maior variação relativamente à alteração cromática no parâmetro ΔL para as soluções saliva artificial, clorexidina e bebida energética. Existindo um aumento do brilho das amostras (aumento do parâmetro ΔL), e conseqüentemente uma tendência para as mesmas se tornarem mais claras.

A resina composta Clearfil Majesty™ ES-2 Premium apresentou a maior variação relativamente à alteração cromática no parâmetro ΔL para as soluções café e sumo de frutos vermelhos. Existindo uma diminuição do brilho das amostras (diminuição do parâmetro ΔL), e conseqüentemente uma tendência para o escurecimento das mesmas.

A resina composta Elegance Composite Universal apresentou a maior variação relativamente à alteração cromática no parâmetro Δa para as soluções saliva artificial, clorexidina e bebida energética. Existindo uma diminuição do parâmetro Δa , e conseqüentemente uma tendência para as amostras se aproximarem da região verde do espectro da cor.

A resina composta Point 4™ apresentou a maior variação relativamente à alteração cromática no parâmetro Δa para a solução café. Existindo um aumento do parâmetro Δa , e conseqüentemente uma tendência para as amostras se aproximarem da região vermelha do espectro da cor.

A resina composta Resina Clearfil Majesty™ ES-2 Premium apresentou a maior variação relativamente à alteração cromática no parâmetro Δa para a solução sumo de frutos vermelhos. Existindo uma diminuição do parâmetro Δa , e conseqüentemente uma tendência para as amostras se aproximarem da região verde do espectro da cor.

A resina composta Elegance Composite Universal apresentou a maior variação relativamente à alteração cromática no parâmetro Δb para todas as soluções. Existindo um aumento do parâmetro Δb , e conseqüentemente uma tendência para as amostras se aproximarem da região amarela do espectro da cor.

Pelo facto de se tratar de um estudo in vitro, esta investigação possui algumas limitações. As mesmas serão enumeradas de seguida:

- O facto de a higiene oral não ser considerada, por exemplo, hábitos como a escovagem ou o bochecho com elixires (Bitencourt et al., 2020; Schroeder et al., 2019; Valizadeh et al., 2020);
- As variações térmicas, abrasivas e de ph, e a fixação das soluções à placa bacteriana na cavidade oral não se conseguiram mimetizar (Chittem et al., 2017; Schroeder et al., 2019; Tanthanuch et al., 2016; Valizadeh et al., 2020);
- O efeito de proteção e de diluição da saliva não são avaliados. A saliva forma uma barreira que impede a aderência dos pigmentos à resina composta e dilui as soluções (Khosravi et al., 2016; Schroeder et al., 2019; Tanthanuch et al., 2016; Valizadeh et al., 2020);
- O facto de se ter substituído o polimento pela colocação de papel de acetato (Chittem et al., 2017; Schroeder et al., 2019);
- As adversidades em tentar simular ao máximo o intervalo de tempo em que as soluções permaneciam efetivamente em contacto com a resina composta antes da sua ingestão (Bitencourt et al., 2020);
- As amostras continham superfícies planas, por sua vez as restaurações de resina composta na cavidade oral possuem superfícies irregulares, convexas ou côncavas, o que poderia provocar uma diferença significativa (Valizadeh et al., 2020);
- As amostras estiveram imersas em soluções de forma estática, o que ocorre de forma adversa na cavidade oral, onde existe uma dinâmica (Valizadeh et al., 2020).

No sentido de se tentarem minimizar os efeitos da pigmentação extrínseca pode ser realizado um polimento com o objetivo de se remover a placa bacteriana acumulada e possível pigmentação superficial. Porém, se houver uma pequena infiltração, e consequentemente adsorção de soluções causadoras de pigmentação na superfície da resina composta, ou se ocorrer pigmentação intrínseca, através de reações físicas e químicas por parte da resina composta, poderá ser necessário refazer a restauração dentária (Tanthanuch et al., 2016).

VII. Conclusões

Através da realização deste estudo *in vitro*, tendo em conta as suas limitações e os resultados obtidos, pode-se concluir que:

1. Há diferenças altamente significativas entre as resinas compostas quando expostas às soluções potencialmente causadoras de pigmentação. Existem também diferenças altamente significativas entre as soluções, relativamente à sua capacidade de provocar alteração de coloração na mesma resina composta.
2. Independentemente de todas as soluções utilizadas terem causado uma variação cromática nos materiais restauradores estudados, a solução Café (Delta Cafés – Alentejo, Portugal) causou a maior alteração cromática nos parâmetros ΔE , ΔL , Δa e Δb em todas as resinas compostas. Existindo uma diminuição do brilho das amostras (diminuição do parâmetro ΔL), e conseqüentemente uma tendência para o escurecimento das mesmas.

A hipótese nula desta investigação deverá ser rejeitada, uma vez que existem alterações cromáticas significativas entre as resinas compostas quando expostas à mesma solução, e entre as soluções, relativamente à sua capacidade de provocar alteração da coloração na mesma resina, entre o 1º e o 14º dia.

Relevância Clínica: O consumo de substâncias alimentares que potenciam a alteração cromática dos materiais dentários aparenta ser inevitável atualmente. Conseqüentemente uma das maiores causas para que exista indicação para a substituição de uma restauração a resina composta é a alteração da sua coloração. A importância clínica deste estudo reflete-se sobretudo por melhorar a percepção do Médico Dentista em relação à capacidade de coloração das soluções utilizadas e os seus respetivos efeitos nas restaurações estéticas a resina composta.

Perspetivas Futuras

Realização deste estudo in vivo para uma melhor percepção das variantes (alterações a que a mesma está sujeita) presentes na cavidade oral;

Prolongar os dias de exposição à substância causadora de pigmentação;

Desenvolvimento de técnicas que possam evitar ou regredir a alteração da pigmentação das resinas compostas;

Desenvolvimento de um componente que possa ser inserido nas resinas compostas e que ofereça uma proteção mais eficaz das mesmas em relação à pigmentação extrínseca;

Avaliar quais os componentes das resinas compostas que estão mais sujeitos à pigmentação intrínseca e tentar desenvolver algum mecanismo de proteção dos mesmos;

Realizar um maior número de medições enquanto os discos de resina estão imersos de forma a perceber melhor o efeito cumulativo das substâncias;

Verificar se a temperatura a que as soluções se encontram quando estão em contacto com a cavidade oral revela alguma influência na alteração da coloração.

VIII. Bibliografia

- Abdelaziz, K. M., Mir, S., Khateeb, S. U., Baba, S. M., Alshahrani, S. S., Alshahrani, E. A., & Alsafi, Z. A. (2020). Influences of successive exposure to bleaching and fluoride preparations on the surface hardness and roughness of the aged resin composite restoratives. *Medicina (Lithuania)*, 56(9). <https://doi.org/10.3390/medicina56090476>
- Alberton Da Silva, V., Alberton Da Silva, S., Pecho, O. E., & Bacchi, A. (2018). Influence of composite type and light irradiance on color stability after immersion in different beverages. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(5). <https://doi.org/10.1111/jerd.12383>
- Al-Dharrab, A. (2013). Effect of energy drinks on the color stability of nanofilled composite resin. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 14(4), 704–711. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1388>
- Alencar, M. F., Pereira, M. T., De-Moraes, M. D. R., Santiago, S. L., & Passos, V. F. (2020). The effects of intrinsic and extrinsic acids on nanofilled and bulk fill resin composites: Roughness, surface hardness, and scanning electron microscopy analysis. *Microscopy Research and Technique*, 83(2). <https://doi.org/10.1002/jemt.23403>
- Alkhadim, Y. K., Hulbah, M. J., & Nassar, H. M. (2020). Color shift, color stability, and post-polishing surface roughness of esthetic resin composites. *Materials*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/ma13061376>
- Almejrads, L., Yang, C. C., Morton, D., & Lin, W. S. (2022). The Effects of Beverages and Surface Treatments on the Color Stability of 3D-Printed Interim Restorations. *Journal of Prosthodontics*, 31(2), 165–170. <https://doi.org/10.1111/jopr.13377>
- Antonietti, S., Silva, A. M., Simões, C., Almeida, D., Félix, L. M., Papetti, A., & Nunes, F. M. (2022). Chemical Composition and Potential Biological Activity of

Melanoidins From Instant Soluble Coffee and Instant Soluble Barley: A Comparative Study. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.825584>

Ardu, S. (2018). Staining susceptibility of recently developed resin composite materials. *Journal of Clinical Advances in Dentistry*. <https://doi.org/10.29328/journal.jcad.1001006>

Ardu, S., Duc, O., di Bella, E., Krejci, I., & Daher, R. (2018). Color stability of different composite resins after polishing. *Odontology*, 106(3), 328–333. <https://doi.org/10.1007/s10266-017-0337-y>

Assaf, C., Abou Samra, P., & Nahas, P. (2020). Discoloration of Resin Composites Induced by Coffee and Tomato Sauce and Subjected to Surface Polishing: An In Vitro Study. *Medical Science Monitor Basic Research*, 26, e923279. <https://doi.org/10.12659/MSMBR.923279>

Awliya, W. Y., Al-Alwani, D. J., Gashmer, E. S., & Al-Mandil, H. B. (2010). The effect of commonly used types of coffee on surface microhardness and color stability of resin-based composite restorations. *Saudi Dental Journal*, 22(4). <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2010.07.008>

Bagheri, R., Burrow, M. F., & Tyas, M. (2005). Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *Journal of Dentistry*, 33(5), 389–398. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.10.018>

Bitencourt, S. B., Catanoze, I. A., da Silva, E. V. F., dos Santos, P. H., dos Santos, D. M., Turcio, K. H. L., & Guiotti, A. M. (2020). Effect of acidic beverages on surface roughness and color stability of artificial teeth and acrylic resin. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 12(2). <https://doi.org/10.4047/jap.2020.12.2.55>

Blackburn, J., Jackson, T., Cook, R., & Sulaiman, T. A. (2021). Optical properties of a novel glass–ceramic restorative material. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(8), 1160–1165. <https://doi.org/10.1111/jerd.12809>

- Borges, M. G., Silva, G. R., Neves, F. T., Soares, C. J., Faria-E-silva, A. L., Carvalho, R. F., & Menezes, M. S. (2021). Oxygen inhibition of surface composites and its correlation with degree of conversion and colorstability. *Brazilian Dental Journal*, 31(1), 91–97. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202103641>
- Borges, M. G., Soares, C. J., Maia, T. S., Bicalho, A. A., Barbosa, T. P., Costa, H. L., & Menezes, M. S. (2019). *Effect of acidic drinks on shade matching, surface topography, and mechanical properties of conventional and bulk-fill composite resins.*
- Branco, L., Flor-de-Lima, F., Ferreira, C., Macedo, L., & Laranjeira, C. (2017). Energy Drinks: What's the Reality in Adolescence? *Acta Pediatr Port*, 48.
- Breda, J. J., Whiting, S. H., Encarnação, R., Norberg, S., Jones, R., Reinap, M., & Jewell, J. (2014). Energy drink consumption in Europe: A review of the risks, adverse health effects, and policy options to respond. In *Frontiers in Public Health* (Vol. 2, Issue OCT). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00134>
- Caetano, C., Valente, A., Oliveira, T., & Garagarza, C. (2019). Coffee consumption in hemodialysis patients: how many? *European Journal of Clinical Nutrition*, 73(6). <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0328-2>
- Carlström, M., & Larsson, S. C. (2018). Coffee consumption and reduced risk of developing type 2 diabetes: A systematic review with meta-analysis. In *Nutrition Reviews* (Vol. 76, Issue 6). <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy014>
- Ceci, M., Viola, M., Rattalino, D., Beltrami, R., Colombo, M., & Poggio, C. (2017). Discoloration of different esthetic restorative materials: A spectrophotometric evaluation. *European Journal of Dentistry*, 11(2), 149–156. https://doi.org/10.4103/ejd.ejd_313_16
- Chittem, J., Sajjan, G. S., & Kanumuri, M. V. (2017). Spectrophotometric evaluation of colour stability of nano hybrid composite resin in commonly used food colourants

in Asian countries. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(1), ZC61–ZC65. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/22919.9193>

Cho, K., Rajan, G., Farrar, P., Prentice, L., & Prusty, B. G. (2022). Dental resin composites: A review on materials to product realizations. In *Composites Part B: Engineering* (Vol. 230). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109495>

da Silva, T. M., da Silva, N. Y., Gonçalves, L. L., Alves, L. P., Fernandes, A. U., & de Paiva Gonçalves, S. E. (2017). Staining beverages and cigarette smoke on composite resin and human tooth fluorescence by direct spectrometry. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 18(5), 352–357. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2045>

Dentistry—Polymer-based restorative materials (2019) ISO 4049, 5th ed.

Durand, L. B., Ruiz-López, J., Perez, B. G., Ionescu, A. M., Carrillo-Pérez, F., Ghinea, R., & Pérez, M. M. (2021). Color, lightness, chroma, hue, and translucency adjustment potential of resin composites using CIEDE2000 color difference formula. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(6), 836–843. <https://doi.org/10.1111/jerd.12689>

Elembaby, A. E., Slais, M., Alawami, A., Alabbad, M., Alsowyan, M., Hanna, N., & Bahgat, H. (2021). Spectrophotometric Analysis of Different Flowable Restorative Materials. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 22(2), 111–116. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3031>

Ertaş, E., Güler, A. U., Yücel, A. Ç., Köprülü, H., & Güler, E. (2006). Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental Materials Journal*, 25(2). <https://doi.org/10.4012/dmj.25.371>

Falkensammer, F., Arnetzl, G. V., Wildburger, A., & Freudenthaler, J. (2013). Color stability of different composite resin materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 109(6). [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60323-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60323-6)

- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite - State of the art. In *Dental Materials* (Vol. 27, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
- Grazioli, G., Cuevas-Suarez, C. E., Mederos, M., de Leon, E., Garcia, A., Zamarripa-Calderón, E., & Piva, E. (2022). Evaluation of irradiance and radiant exposure on the polymerization and mechanical properties of a resin composite. *Brazilian Oral Research*, 36. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2022.vol36.0082>
- Hasani, E., Baghban, A. A., Sheikh-Al-Eslamian, S. M., & Sadr, A. (2019). Effect of bleaching on color change of composite after immersion in chlorhexidine and coffee. *Journal of Conservative Dentistry*, 22(6), 529–532. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_37_19
- Hussain, S. K., Al-Abbasi, S. W., Refaat, M. M., & Hussain, A. M. (2021). The effect of staining and bleaching on the color of two different types of composite restoration. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 13(12), 1233–1238. <https://doi.org/10.4317/jced.58837>
- Islam, M. S., Huda, N., Mahendran, S., Aryal AC, S., Nassar, M., & Rahman, M. M. (2022). The Blending Effect of Single-Shade Composite with Different Shades of Conventional Resin Composites—An In Vitro Study. *European Journal of Dentistry*. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1744369>
- Jaramillo-Cartagena, R., López-Galeano, E. J., Latorre-Correa, F., & Agudelo-Suárez, A. A. (2021). Effect of polishing systems on the surface roughness of nano-hybrid and nano-filling composite resins: A systematic review. In *Dentistry Journal* (Vol. 9, Issue 8). <https://doi.org/10.3390/dj9080095>
- Johnston, W. M. (2009). Color measurement in dentistry. In *Journal of Dentistry* (Vol. 37, Issue SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.03.011>
- Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*, 67, S3–S10. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.09.006>

- Karaarslan, E. S., Özmen, Z. C., Aytac, F., Bicakci, A. A., Buldur, M., Aydogan, L., Hologlu, F., & Özkocak, B. B. C. (2019). Evaluation of biochemical changes in dental tissues after different office bleaching methods. *Human and Experimental Toxicology*, 38(4). <https://doi.org/10.1177/0960327118817103>
- Khosravi, M., Esmaili, B., Nikzad, F., Khafri, S., & Nikzad, F. (2016). Color Stability of Nanofilled and Microhybrid Resin-Based Composites Following Exposure to Chlorhexidine Mouthrinses: An In Vitro Study. In *Journal of Dentistry* (Vol. 13, Issue 2). www.jdt.tums.ac.ir
- Kılıç, V., & Gök, A. (2021). Effect of different polishing systems on the surface roughness of various bulk-fill and nano-filled resin-based composites: An atomic force microscopy and scanning electron microscopy study. *Microscopy Research and Technique*, 84(9). <https://doi.org/10.1002/jemt.23761>
- Koren, D., Hegyesné Vecseri, B., Kun-Farkas, G., Urbin, Á., Nyitrai, Á., & Sipos, L. (2020). How to objectively determine the color of beer? *Journal of Food Science and Technology*, 57(3). <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04237-4>
- Lazar, R., Culic, B., Gasparik, C., Lazar, C., & Dudea, D. (2019). 343 SCIENCE The accuracy of dental shade matching using cross-polarization photography. In *International Journal of Computerized Dentistry* (Vol. 22, Issue 4).
- Lee, J., Okoye, L. O., Lima, P. P., Gakunga, P. T., & Amaechi, B. T. (2020). Investigation of the esthetic outcomes of white spot lesion treatments. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 23(9), 1312–1317. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_119_20
- Lepri, C. P., & Palma-Dibb, R. G. (2014). Influence of surface sealant on the color-stability of a composite resin immersed in different beverages. *Oral Health and Dental Management*, 13(3).
- Lepri, C. P., Vinícius, M., Ribeiro, M., Guenka, R., & Dibb, P.-. (2014). Influence of mounthrinse solutions on the color stability and microhardness of a composite resin.

In *Article in The International Journal of Esthetic Dentistry*.
<https://www.researchgate.net/publication/261884249>

- Li, S., Luo, H., Hu, M., Zhang, M., Feng, J., Liu, Y., Dong, Q., & Liu, B. (2019). Optical non-destructive techniques for small berry fruits: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2019.07.002>
- Luneke, A. C., Glassman, T. J., Dake, J. A., Blavos, A. A., Thompson, A. J., & Kruse-Diehr, A. J. (2020). Energy drink expectancies among college students. *Journal of American College Health*. <https://doi.org/10.1080/07448481.2020.1790569>
- Mada, D. C., Gasparik, C., Irimie, A. I., Mada, M. D., Dudea, D., & Campian, R. S. (2018). Evaluation of chromatic changes of a nanocomposite resin using the new whiteness index. *Clujul Medical*, 91(2). <https://doi.org/10.15386/cjmed-893>
- Malekipour, M. R., Sharafi, A., Kazemi, S., Khazaei, S., & Shirani, F. (2012). Comparison of color stability of a composite resin in different color media. In *Dental Research Journal*. www.drj.ir
- Martins, A., Ferreira, C., Sousa, D., & Costa, S. (2018). Consumption patterns of energy drinks in portuguese adolescents from a city in northern portugal. *Acta Medica Portuguesa*, 31(4). <https://doi.org/10.20344/amp.9403>
- Meenakshi, C. M., & Sirisha, K. (2020). Surface quality and color stability of posterior composites in acidic beverages. *Journal of Conservative Dentistry*, 23(1), 57–61. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_291_19
- Morais Sampaio, G. A. de, Rangel Peixoto, L., Vasconcelos Neves, G. de, & Nascimento Barbosa, D. do. (2021). Effect of mouthwashes on color stability of composite resins: A systematic review. In *Journal of Prosthetic Dentistry* (Vol. 126, Issue 3). <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.08.001>
- Paravina, R. D., Ghinea, R., Herrera, L. J., Bona, A. D., Igiel, C., Linninger, M., Sakai, M., Takahashi, H., Tashkandi, E., & del Mar Perez, M. (2015). Color difference

thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(S1), S1–S9. <https://doi.org/10.1111/jerd.12149>

Parks, H. B., Morrow, B. R., Pameijer, C., & Garcia-Godoy, F. (2021). Staining and whitening products induce color change in resin composites. *American Journal of Dentistry*, 34(5).

Patil, A., Muliya, V. S., Pentapati, K. C., & Kamath, S. (2020). Effect of green, tulsi, and areca teas on the color stability of two composite resin materials – An in vitro spectrophotometric analysis. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 12, 423–428. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S276858>

Pérez, M. M., Carrillo-Perez, F., Tejada-Casado, M., Ruiz-López, J., Benavides-Reyes, C., & Herrera, L. J. (2022). CIEDE2000 lightness, chroma and hue human gingiva thresholds. *Journal of Dentistry*, 124, 104213. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104213>

Poggio, C., Vialba, L., Berardengo, A., Federico, R., Colombo, M., Beltrami, R., & Scribante, A. (2017). Color Stability of New Esthetic Restorative Materials: A Spectrophotometric Analysis. *Journal of Functional Biomaterials*, 8(3), 26. <https://doi.org/10.3390/jfb8030026>

Porojan, L., Toma, F. R., Vasiliu, R. D., Topală-Ionel, F., Porojan, S. D., & Matichescu, A. (2021). Optical properties and color stability of dental peek related to artificial ageing and staining. *Polymers*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/polym13234102>

Price, R. B., & Rueggeberg, F. A. (2018). Light curing of restorative materials. In *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-47833-5.00006-X>

Pytko-Polonczyk, J., Jakubik, A., Przeklasa-Bierowiec, A., & Muszynska, B. (2017). Artificial saliva and its use in biological experiments. In *Journal of Physiology and Pharmacology* (Vol. 68, Issue 6).

- Radzki, D., Wilhelm-Węglarz, M., Pruska, K., Kusiak, A., & Ordyniec-Kwaśnica, I. (2022). A Fresh Look at Mouthwashes—What Is Inside and What Is It for? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph19073926>
- Rueggeberg, F. A., Giannini, M., Arrais, C. A. G., & Price, R. B. T. (2017). Light curing in dentistry and clinical implications: A literature review. In *Brazilian Oral Research* (Vol. 31). <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0061>
- Rusnac, M. E., Gasparik, C., Delean, A. G., Aghiorghiesei, A. I., & Ducea, D. (2021). Optical properties and masking capacity of flowable giomers. *Medicine and Pharmacy Reports*, 94(1), 99–105. <https://doi.org/10.15386/mpr-1924>
- Samborska, K., Eliasson, L., Marzec, A., Kowalska, J., Piotrowski, D., Lenart, A., & Kowalska, H. (2019). The effect of adding berry fruit juice concentrates and by-product extract to sugar solution on osmotic dehydration and sensory properties of apples. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4). <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03658-0>
- Schroeder, T., da Silva, P. B., Basso, G. R., Franco, M. C., Maske, T. T., & Cenci, M. S. (2019). Factors affecting the color stability and staining of esthetic restorations. *Odontology*, 107(4), 507–512. <https://doi.org/10.1007/s10266-019-00421-x>
- Seydaliyeva, A., Rues, S., Evagorou, Z., Hassel, A. J., Rammelsberg, P., & Zenthöfer, A. (2020). Color stability of polymer-infiltrated-ceramics compared with lithium disilicate ceramics and composite. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(1), 43–50. <https://doi.org/10.1111/jerd.12525>
- Sikri, V. (2010). Color: Implications in dentistry. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(4). <https://doi.org/10.4103/0972-0707.73381>
- Silva, J., Rafael, C. F., Vaz, P. C. S., Fernandes, J. C. A. S., & Volpato, C. A. M. (2019). Color stability of repairs on bis-acryl resin submitted to thermal aging and

immersion in beverages. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(5), 514–519. <https://doi.org/10.1111/jerd.12523>

Şişmanoğlu, S., & Sengez, G. (2022). Effects of Acidic Beverages on Color Stability of Bulk-Fill Composites with Different Viscosities. *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*, 24(2), 90–99. <https://doi.org/10.15517/IJDS.2022.49149>

Soares, C. J., Faria-E-Silva, A. L., Rodrigues, M. de P., Fernandes Vilela, A. B., Pfeifer, C. S., Tantbirojn, D., & Versluis, A. (2017). Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements - What do we need to know? In *Brazilian Oral Research* (Vol. 31). <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0062>

Strazzi-Sahyon, H., Rocha, E., Assunção, W., & dos Santos, P. (2020). Influence of Light-Curing Intensity on Color Stability and Microhardness of Composite Resins. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 40(1), 129–134. <https://doi.org/10.11607/prd.4437>

Sulaiman, T. A., Rodgers, B., Suliman, A. A., & Johnston, W. M. (2021). Color and translucency stability of contemporary resin-based restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(6), 899–905. <https://doi.org/10.1111/jerd.12640>

Tanthanuch, S., Kukiattrakoon, B., Peerasukprasert, T., Chanmanee, N., Chaisomboonphun, P., & Rodklai, A. (2016). The effect of red and white wine on color changes of nanofilled and nanohybrid resin composites. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 41(2), 130. <https://doi.org/10.5395/rde.2016.41.2.130>

Usha, C., Rao, S., & George, G. (2018). A comparative evaluation of the staining capacity of microhybrid and nanohybrid resin-based composite to indian spices and food colorants: An in vitro study. *Indian Journal of Dental Research*, 29(2), 201–205. https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_764_16

- Valizadeh, S., Asiaie, Z., Kiomarsi, N., & Kharazifard, M. J. (2020). Color stability of self-adhering composite resins in different solutions. *Dental and Medical Problems*, 57(1), 31–38. <https://doi.org/10.17219/dmp/114099>
- Valle Marçal, Y. L., Rolim Faria, G. D., Fernandes Aguiar, F. N., Nobre Ferraz, L., Baggio Aguiar, F. H., & Azevedo Miranda, D. de. (2019). Evaluation of the color change of the resins during and after the period of validity. *Dental, Oral and Craniofacial Research*, 5(2). <https://doi.org/10.15761/docr.1000292>
- van Esterik, F. A. S., Ghazanfari, S., Zandieh-Doulabi, B., Semeins, C. M., Kleverlaan, C. J., & Klein-Nulend, J. (2017). Mechanoresponsiveness of human adipose stem cells on nanocomposite and micro-hybrid composite. *Journal of Biomedical Materials Research - Part A*, 105(11). <https://doi.org/10.1002/jbm.a.36149>
- Witzel, C., & Gegenfurtner, K. R. (2018). Color Perception: Objects, Constancy, and Categories. *Annu. Rev. Vis. Sci*, 4, 16–17. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-091517>
- Yadav, R., & Kumar, M. (2019). Dental restorative composite materials: A review. In *Journal of Oral Biosciences* (Vol. 61, Issue 2). <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.04.001>
- Yikilgan, İ., Akgul, S., Hazar, A., Kedicı Alp, C., Baglar, S., & Bala, O. (2019). The Effects of Fresh Detox Juices on Color Stability and Roughness of Resin-Based Composites. *Journal of Prosthodontics*, 28(1), 82-e88. <https://doi.org/10.1111/jopr.12759>
- Zhao, X., Zanetti, F., Wang, L., Pan, J., Majeed, S., Malmstrom, H., Peitsch, M. C., Hoeng, J., & Ren, Y. (2019). Effects of different discoloration challenges and whitening treatments on dental hard tissues and composite resin restorations. *Journal of Dentistry*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.103182>

Zucconi, S., Volpato, C., Adinolfi, F., Gandini, E., Gentile, E., Loi, A., & Fioriti, L. (2017). Gathering consumption data on specific consumer groups of energy drinks. *EFSA Supporting Publications*, 10(3). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2013.en-394>