

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Édina Zapparoli

**Análise das alterações cromáticas de resinas termicamente ativada e de
impressão 3D submetidas à imersão em diferentes soluções – um estudo in
vitro**

Florianópolis

2021

Édina Zapparoli

Análise das alterações cromáticas de resinas termicamente ativada e de impressão 3D submetidas à imersão em diferentes soluções – um estudo in vitro

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título de Bacharel em Odontologia

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Analucia Gebler Philippi

Co-orientadora: Prof^a. Me. Gabriela Panca Sabatini

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Zapparoli, Édina

Análise das alterações cromáticas de resinas termicamente ativada e de impressão 3d submetidas à imersão em diferentes soluções - um estudo in vitro / Édina Zapparoli ; orientador, Analucia Gebler Philippi, coorientador, Gabriela Panca Sabatini, 2021.
107 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Odontologia. 2. Alteração de cor. 3. Resinas odontológicas. 4. Imersão em soluções . 5. Espectrofotômetro e Fotocolorimetria. I. Gebler Philippi, Analucia . II. Panca Sabatini, Gabriela. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Odontologia. IV. Título.

Édina Zapparoli

Análise das alterações cromáticas de resinas termicamente ativada e de impressão 3D submetidas à imersão em diferentes soluções – um estudo in vitro

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Cirurgiã-Dentista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Odontologia

Florianópolis, 16 de abril de 2021.

Pro.^a, Dr.^a. Glaucia Santos Zimmermann
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a, Dr.^a Analucia Gebler Philippi
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof.^a, Dr.^a Renata Gondo Machado
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Me. Roberta Pinto Pereira
Avaliadora
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

*Dedico este trabalho a todos àqueles que, mesmo invisíveis aos olhos de muitos,
brilharão ao transformarem o mundo.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, e melhores amigos, **Olacir e Renilse**. Meus olhos se enchem de lágrimas quando penso em quão sortuda eu sou por ter vocês na minha vida. Obrigada por me levantarem todas as vezes que caí, por acreditarem nos meus sonhos como se fossem seus, por me ensinarem a amar o próximo e a sempre lutar por um mundo melhor. Vocês são minha maior inspiração e minha maior riqueza. Nunca esqueçam que todo o amor que existe no meu coração será sempre de vocês.

À minha querida orientadora, professora **Analucia**. Obrigada por me ensinar tanto em tão pouco tempo. Obrigada por sempre estar ao meu lado, por sempre me acalmar, por confiar no meu trabalho, por ser tão amiga e doce comigo. Você tem uma alma tão linda, profe, sinto muito orgulho em ter trabalhado contigo, você me fez evoluir muito como pessoa e como profissional. Minha admiração por você é gigante, sou imensamente grata por tudo!

Minha co-orientadora maravilhosa **Gabriela**. Gabi, você é meu exemplo. Toda sua doçura e amor ao lidar com o próximo, tua dedicação ímpar e excelência em tudo que faz me fazem querer ser como você. Obrigada por todo carinho e amizade, você estará para sempre no meu coração.

Ao professor **Rubens Tango**, por toda a ajuda neste trabalho. Professor, foi um prazer imenso aprender com você. Obrigada por ser esse professor incrível, tua generosidade, paciência e gentileza jamais serão esquecidas. Sou imensamente grata!

Meus anjos da guarda, **Roberta e Gregory**. Vocês são a prova viva de que Deus escolhe a dedo quem entra na nossa vida e porquê. Não existem palavras suficientes para agradecer todo amor, carinho e amizade que recebi de vocês nessa jornada. Obrigada por todas as chamadas de vídeo, pelos áudios infinitos, por me ajudarem a calibrar o Easyshade às 22:00 da noite anterior à viagem de vocês. Obrigada por me ouvirem chorar quando ninguém podia ouvir, por me ajudarem a carregar um peso que sozinha não conseguia. Meu coração explode de alegria em saber que o mundo recebeu duas almas como as suas, e que sorte a minha por tê-las encontrado. Amo vocês.

Aos amigos **Joyce, Karini, Gabriela, Carolina, Leonardo e Luis Felipe**. Nunca conheci um grupo de amigos que tivessem tanto amor um pelo outro como nós temos. Jamais vou esquecer de todas as festas, das nossas cervejinhas no Curupira

para afogar as mágoas do semestre (e por vezes do coração), das pizzas com coca-cola. Dos segredos compartilhados, dos puxões de orelha e do como sempre incentivamos uns aos outros. Obrigada por serem tão maravilhosos comigo, por me fazerem chorar de rir, por me defenderem, por estarem ao meu lado nos 5 anos mais felizes da minha vida. Eu amo tanto vocês, mas tanto! Contem sempre comigo, meus amores. Nossa conexão é de alma e é para a vida toda.

Ao meu querido amigo **Guto**, que mesmo estando em outro continente, com 5 horas a mais de fuso horário, sempre me apoiou nos momentos difíceis, torceu pelo meu sucesso e comemorou minhas vitórias. Obrigada por sempre estar ao meu lado, meu bem. Tua alegria e pensamentos positivos me fizeram chegar até aqui. Você tem um lugar especial no meu coração.

À minha querida amiga **Dalva**, você é uma das pessoas mais lindas que tive a oportunidade de conhecer! Obrigada por sempre estar ao meu lado (apesar da nossa rotina corrida), por todos os conselhos, pelos abraços mais gostosos que existem e por amar Fanta Uva tanto quanto eu. Estarei sempre ao seu lado, onde quer que eu esteja.

À irmã que a Odontologia me deu, **Michelle**. Antes de entrar na universidade pedi a Deus que colocasse no meu caminho alguém de coração puro, sincera, parceira e que comemorasse comigo todas as conquistas, sem inveja ou qualquer sentimento negativo. Que fosse uma pessoa que eu pudesse levar da universidade para minha vida... pois bem, ele colocou você. Obrigada por ter me aguentado durante esses 5 anos, amiga! Obrigada por fazer da tua família, minha família. Por ser essa pessoa linda, que tanto me ouviu, aconselhou e ajudou durante todos esses anos. Amo muito você, saiba que estarei sempre ao seu lado.

À minha professora de inglês e grande amiga, **Suzane**. Obrigada por me apoiar tanto, amiga! Teu espírito livre, alma leve e coração bom fizeram minha caminhada ser muito mais divertida e feliz. Sortuda eu de nossos caminhos terem se cruzado. Conte sempre comigo.

Às minhas lindas **Alessandra, Laura, Larissa, Thayná e Alana**. Tenho certeza que cada uma de vocês entrou na minha vida para me ensinar alguma coisa. Ale, tua doçura e simplicidade me ensinaram a nunca querer parecer ser mais do que eu realmente sou, com você também aprendi que um cafezinho e uma boa conversa são um acalento para a alma. Laura, obrigada por me mostrar como ser forte, corajosa e como devo lutar por tudo que sonho. Lari, você me ensinou como transformar

situações difíceis em momentos alegres, repletos de sorrisos, abraços e bom humor. Thay, obrigada por me ensinar que tranquilidade e amor ao próximo são essenciais para uma vida feliz. Alana, obrigada por me mostrar como extrair o melhor das pessoas, simpatia e carisma são armas poderosas. Obrigada, meus amores, por me fazerem evoluir como pessoa durante esses cinco anos. Cada uma de vocês deixou um pedacinho de si em mim, obrigada por terem sido minha família dentro da UFSC. Amo vocês com todo meu coração, vocês tornaram minha caminhada inesquecível.

À minha grande amiga **Selma**. Amiga, não tenho palavras para agradecer por toda ajuda que me deste durante esse trabalho. Obrigada por transformar 2 semanas de trabalho laboratorial (que seriam uma tortura) em um momento divertido, de risadas, cantorias e dancinhas em meio à poltriz e o rugosímetro. Obrigada por ser essa amiga tão incrível, Deus foi muito generoso em colocar na minha vida uma pessoa como você. Nossa amizade é pra sempre, estarei sempre ao seu lado, para o que você precisar.

Ao meu querido amigo **Rangel**, por ter sido tão paciente e amável comigo durante toda a graduação. Obrigada por ter me socorrido antes das provas, por emprestar material e por ter, gentilmente, cedido os teus corpos de prova para serem utilizados neste trabalho. Você tem um futuro brilhante, amigo! Tenho muito orgulho da pessoa e do profissional que você é. Obrigada, de coração, por tudo!

À todos amigos, familiares, servidores da UFSC e professores que estiveram comigo nessa caminhada, meu muito obrigada! Sem vocês eu não conseguiria chegar até aqui, vocês estarão sempre no meu coração e nas minhas orações.

Por fim, obrigada UFSC! Obrigada por ser meu segundo lar, por me receber com tanto carinho e por ser o lugar onde criei as mais lindas memórias.

*“Live as if you were to die tomorrow.
Learn as if you were to live forever.”*

- Mahatma Gandhi

RESUMO

Para modernizar a Odontologia reabilitadora com o uso de técnicas digitais, é necessário investigar diferentes tipos de resinas para fabricação de próteses, capazes de proporcionar estabilidade estética, maior adaptação e retenção aos tecidos e, conseqüentemente, uma maior satisfação dos pacientes quanto ao seu sorriso. O objetivo deste estudo é analisar as alterações cromáticas ocorridas em resinas utilizadas para impressão de próteses quando imersas em diferentes soluções. Os espécimes (n=240) com dimensões de 10x10x2mm foram divididos em quatro grupos principais: um grupo fabricado com resina PMMA termicamente ativada (n=60), e 3 grupos fabricados com diferentes resinas de impressão (n=180). Os grupos foram subdivididos conforme o meio de armazenamento: água destilada (grupo controle n=15), café (n=15), chá preto (n=15) e vinho tinto (n=15). A medição da cor foi realizada antes e depois do processo de imersão (60 e 120 horas), com o espectrofotômetro EasyShade Vita e a partir de análise fotocolorimétrica (Protocolo eLabor_aid® (eLAB)). Os dados colhidos foram comparados por meio do teste Kruskal-Wallis e pelos limiares de perceptibilidade e aceitabilidade. A correlação (r) entre os diferentes métodos (Easyshade e eLAB) foi verificada por meio do teste de correlação de Spearman. Concluiu-se que as resinas acrílicas termicamente ativadas mostraram maior estabilidade de cor em relação as resinas de impressão 3D. O café foi a solução que gerou maior pigmentação em todas as resinas avaliadas e em ambos os métodos ($\Delta E=2,94$ - $\Delta E=17,75$), seguido pelo chá quando avaliado através do eLAB ($\Delta E=1,63$ - $\Delta E=5,51$) e pelo vinho quando avaliado através do Easyshade ($\Delta E=3,35$ - $\Delta E=6,13$). A fotocolorimetria digital mostrou-se uma ferramenta confiável em relação à espectrofotometria, com uma correlação positiva em L^* ($R^2=0,960$), a^* ($R^2=0,716$) e b^* ($R^2=0,761$).

Palavras-chave: Cor, Dentadura, Espectrofotômetro; eLABor_aid; eLAB.

ABSTRACT

In order to modernize Reconstructive Dentistry with digital techniques, it is necessary to investigate different resins for prosthesis fabrication, that are able to provide esthetic stability, better fitting and retention, and consequently, greater satisfaction of the patients with their smiles. The aim of this study is to analyse the chromatic alterations in resins used for the impression of prosthesis immersed in different solutions. The specimens (n= 240) with 10X10X2mm were divided in 4 main groups: one group fabricated with thermopolymerized PMMA (n=60) and 3 groups fabricated with different impression resins (n=180). The groups were subdivided according to the solution: distilled water (control, n=15), coffee (n=15), black tea (n=15) and wine (n=15). The color measurements were performed before and after immersion (60 and 120 hours), with the spectrophotometer Easyshade (Vita) and the digital photocolometric protocol eLABor_aid® (eLAB). Data were analysed through Kruskal-Wallis and the perceptibility and acceptability threshold. The correlation (r) between the two methods (easyshade and eLAB) was verified through the Spearman correlation. It was concluded that thermopolymerized acrylic resins showed better color stability when compared to 3D printed resins. Coffee caused the greater color alteration in all evaluated resins and for both methods ($\Delta E=2,94$ - $\Delta E=17,75$), followed by black tea when analysed through eLAB ($\Delta E=1,63$ - $\Delta E=5,51$) and wine when evaluated with easyshade ($\Delta E=3,35$ - $\Delta E=6,13$). Digital photocolometry was considered a reliable tool compared to the spectrophotometry, with a positive correlation in L* ($R^2=0,960$), a* ($R^2=0,716$) and b* ($R^2=0,761$).

Keywords: Color; Denture; Spectrophotometer; eLABor_aid; eLAB.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectro da luz visível.....	23
Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura mostrando cones e os bastonetes da retina. Os cones são as células em verde e os bastonetes, as células mais alongadas. Ampliação de 2500x e coloração não especificada.	27
Figura 3. Teste de Ishihara para Deficiência de Cor.	30
Figura 4. Teste de matiz Farnsworth-Munsell 100.	30
Figura 5. Sistemas Aditivos e Substrativos de cores.....	33
Figura 6. Espaço de cores de Munsell.	34
Figura 7. Gráfico de matizes de Munsell.	35
Figura 8. Representação dos conceitos de matiz, valor e croma.	36
Figura 9. Representação do Espaço de cores CIE L*a*b.....	37
Figura 10. Espectrofotômetro VITA Easyshade V.....	42
Figura 11. Técnica de impressão DLP. O tanque de resina transparente possibilita a cura da resina através dos raios laser.....	47
Figura 12. Cadeia molecular dos compostos TEGDMA e Bis-GMA, com suas respectivas ligações éter e grupo hidroxila.	48
Figura 13. Dimensão dos corpos de prova.....	67
Figura 14. Protocolo de acabamento com disco diamantado.....	70
Figura 15. Conferência das dimensões dos espécimes com paquímetro digital.	70
Figura 16. Realização do protocolo de acabamento com lixas d'água.....	71
Figura 17. Amostras de resina Yller Rosa sendo imersas em chá preto.....	72
Figura 18. Demarcação dos espécimes com broca carbide multilaminada.....	72
Figura 19. Imersão dos espécimes em banho ultrassônico.	73
Figura 20. Solução de chá preto com espécimes em imersão.	75
Figura 21. Secagem das amostras com jatos de ar frio.	75
Figura 22. Ponteira do Easyshade posicionada sobre a guia de silicone.....	77
Figura 23. Guia de silicone para padronização das medições de cor através	78
Figura 24. Resina Yller Rosa, filtro Polar_eyes e cartão de balanço de brancos.....	79
Figura 25. Tomada fotográfica da resina Yller Rosa.	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Grupos de resinas e métodos de medição de cor empregados em cada grupo.	76
Quadro 2. Valores de referência de alteração de cor, conforme os limites de 50:50% perceptibilidade (LP) e 50:50% aceitabilidade (LA).	80
Quadro 3. Comparação entre as médias e desvio padrão dos valores de ΔE_{ab1} , ΔE_{ab2} e ΔE_{ab3} pela técnica Easyshade.	82
Quadro 4. Comparação entre as médias e desvio padrão dos valores de ΔE_{ab1} , ΔE_{ab2} e ΔE_{ab3} pela técnica eLAB.	83
Quadro 5. Correlação das variáveis a, b e L entre Easyshade e eLAB.	87
Quadro 6. Valores médios de alteração de cor (ΔE_{ab}) e desvio padrão dos materiais submetidos à imersão em corantes em diferentes intervalos de tempo e classificação de acordo com limite 50:50% de perceptibilidade (PT) e 50:50% de aceitabilidade (AT). Os valores em verde representam variação de cor de compatibilidades excelente e aceitável (CE e CA) e em vermelho, extremamente inaceitáveis (IEI).	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valores de médias e desvio padrão de ΔE_{ab} quando avaliados pelo Easyshade nas diferentes soluções em T0-T1.....	84
Gráfico 2. Valores de médias e desvio padrão de ΔE_{ab} quando avaliados pelo Easyshade nas diferentes soluções em T0-T2.....	85
Gráfico 3. Valores de médias e desvio padrão de ΔE_{ab} quando avaliados pelo eLAB nas diferentes soluções em T0-T1.	85
Gráfico 4. Valores de médias e desvio padrão de ΔE_{ab} quando avaliados pelo eLAB nas diferentes soluções em T0-T2.	86
Gráfico 5. Gráfico de dispersão dos valores de L entre as técnicas Easyshade e eLAB.	88
Gráfico 6. Gráfico de dispersão dos valores de a entre as técnicas Easyshade e eLAB.	89
Gráfico 7. Gráfico de dispersão dos valores de b entre as técnicas Easyshade e eLAB.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Materiais para confecção de base de próteses totais convencionais.....66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LP - Limite de Perceptibilidade

LA - Limite de Aceitabilidade

Bis-GMA - Bisfenol glicidil metacrilato

CAD - Computer-Aided Design (Desenho auxiliado por computador)

CAI - Computer-Aided Imaging (Imagem auxiliada por computador)

CAM - Computer-Aided Manufacturing (Fabricação auxiliada por computador)

CIE – Commission Internationale de L'Eclairage (Comissão Internacional de Iluminação)

CVC - Confusão de Visão de Cores

3D - 3 Dimensões

DLP - Digital Light Processins (Processamento Digital por Luz)

DOF - Depth of field (Profundidade de campo)

DSLR – Digital Single-Lenx Reflex (Camera Reflez Monobjectiva Digital)

et al. – e outros

HMDMA - Hexametil dimetacrilato

HPLC - High Performance Liquid Chromatography (Cromatografia líquida de alta eficiência)

IR – Índice de refração

ISO - International Organization for Standardization (representa a sensibilidade à sensor de imagem à luz)

µm – Micrômetro

OH – Grupamento Hidroxila

PMMA - Polimetil metacrilato

RAAT - Resina acrílica ativada termicamente

RAAQ - Resina acrílica ativada quimicamente

RAW – Bruto

RGB – Red, Green and Blue (vermelho, verde e azul)

SCE - Componente especular excluído

SCI - Componente especular incluído

SLA - Estereolitografia

TEGDMA - Dimetacrilato de trietilenoglicol

UDMA - Uretano dimetacrilato

LISTA DE SÍMBOLOS

+ = Positivo

- = Negativo

® = Registrado

™ = Trade Mark (marca comercial)

μ = Micro

Δ = Delta (Variação)

≥ = Maior ou igual

≤ = Menor ou igual

≈ = Aproximadamente

= - igual

± - mais ou menos

² - ao quadrado

√ - raiz quadrada

% - por cento

/ - barra

K - kelvin

° - graus

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 LUZ	23
2.2 COR	24
2.2.1 Definição	24
2.2.2 Processo de visão humana	24
2.2.3 Percepção das cores e seu grau de aceitação	27
2.2.4 Alterações na percepção das cores	29
2.2.5 Diferença entre corantes e pigmentos.....	31
2.3 MODELOS DE CORES.....	31
2.3.1 Cores Aditivas	32
2.3.2 Cores Subtrativas.....	32
2.4 DESCRIÇÃO DAS CORES PELOS SISTEMAS COLORIMÉTRICOS	33
2.4.1 Matiz	34
2.4.2 Valor	35
2.4.3 Croma.....	35
2.4.4 Criação do CIELAB.....	36
2.5.5 Criação da CIEDE 2000	39
2.5 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA COR.....	40
2.5.1 Método Visual	40
2.5.2 Espectrofotocolorimetria.....	41
2.5.3 Fotocolorimetria Digital	43
2.6 FLUXO DIGITAL	46
2.6.1 CAI (Computer-Aided Imaging) – Aquisição De Imagens	46
2.6.2 CAD (Computer-Aided Design) – Desenho Virtual da Peça Protética	46
2.6.3 CAM (Computer-Aided Manufacturing) – Produção da Peça Protética	46
2.6.3.1. <i>Manufatura Aditiva ou Impressão 3D</i>	46
2.7 RESINAS ACRÍLICAS ATIVADAS TERMICAMENTE (RAAT)	48
2.8 ALTERAÇÕES DE COR EM RESINAS TERMOATIVADAS E DE IMPRESSÃO 3D.....	50
3 OBJETIVOS	64
3.1 OBJETIVO GERAL	64
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	64
4 MATERIAIS E MÉTODOS	65
4.1 DESENHO EXPERIMENTAL.....	65

4.2 HIPÓTESE NULA.....	65
4.3 CÁLCULO AMOSTRAL.....	65
4.4 GRUPOS EXPERIMENTAIS.....	65
4.5 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	66
4.5.1 Confeção corpos de prova de resina de impressão.....	67
4.5.2 Confeção corpos de prova de resina PMMA termoativada	67
4.6 AJUSTE DAS DIMENSÕES.....	69
4.7 RUGOSIDADE SUPERFICIAL.....	71
4.8 PROTOCOLO DE LIMPEZA	73
4.9 IMERSÃO DAS AMOSTRAS	74
4.10 AVALIAÇÃO COLORIMÉTRICA	76
4.11 AVALIAÇÃO COM ESPECTROFOTÔMETRO	77
4.12 AVALIAÇÃO COM O MÉTODO eLABor_aid® (eLAB).....	78
5 RESULTADOS.....	82
6 DISCUSSÃO	93
7 CONCLUSÃO	99
REFERÊNCIAS.....	100
ANEXO A – Ata de apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso.....	106

1 INTRODUÇÃO

A cor é algo muito maior que apenas uma propriedade física, ela é uma sensação humana (JOINER; LUO, 2017). Esta sensação que faz com que uma correta seleção de cores seja tão importante na Odontologia, já que buscamos, cada vez mais, usar os materiais para reproduzir, de forma natural, as estruturas da cavidade oral (JOHNSTON, 2009). Dessa forma, dentre todas as propriedades que os materiais dentários apresentam, a estabilidade de cor é uma das mais importantes clinicamente, tendo em vista que as alterações de cor são fortes parâmetros de envelhecimento ou danificação do material (IMIRZALIOGLU et al., 2010)

Os avanços nas pesquisas científicas sobre o funcionamento da visão humana proporcionaram maiores informações sobre como nossa percepção de cor é afetada pelo ambiente, por doenças, pelo envelhecimento e até por medicamentos (CARSTEN, 2003; SHAMMAS; ALLA, 2011). Por esse motivo, diversas pesquisas laboratoriais e clínicas de medição instrumental de cor foram publicadas, estabelecendo limites visuais de perceptibilidade e aceitabilidade para as diferenças de cor encontradas (BREWER; WEE; SEGHI, 2004). Então, pode-se dizer que os limites visuais são ferramentas essenciais para uma interpretação realista das diferenças de cores (STAMENKOVIĆ et al., 2020).

Tecnologias têm evoluído continuamente para que tenhamos maior sucesso na compatibilidade da cor, na comunicação com os laboratórios protéticos e na reprodução clínica, aumentando assim a eficácia do trabalho restaurador (CHU; TRUSHKOWSKY; PARAVINA, 2010). Existem diversos métodos de medição de cor, que vão desde comparações visuais utilizando guias de cores, a medições instrumentais com espectrofotômetros, colorímetros, espectrorradiômetros e técnicas de análise digital de imagens (JOINER; LUO, 2017). O método visual é o mais utilizado pelos cirurgiões-dentistas por ser o mais rápido e de menor custo, porém é um método muito subjetivo e influenciável por fatores pessoais (CAL; GÜNERI; KOSE, 2006; VAN DER BURGT et al., 1990). Atualmente, os espectrofotômetros são considerados o “padrão-ouro” em aferição de cor por serem instrumentos de precisão e utilidade na Odontologia. Apesar dos aspectos positivos, esses dispositivos possuem limitações

ao medir a cor de objetos translúcidos que possuam multicamadas (CAL; GÜNERI; KOSE, 2006; JARAD; RUSSELL; MOSS, 2005).

Todavia, o uso de imagens digitais como método de avaliação de cor está em ascensão. Isso porque as câmeras são ferramentas facilmente encontradas em consultórios e laboratórios por possuírem baixo custo e serem fáceis de manusear. Além disso, assim que a imagem é gerada, é feito o processamento da imagem e obtido o valor correspondente à cor, o que torna esse método cada vez mais presente e importante na prática clínica (CARNEY; JOHNSTON, 2016).

A resina à base de PMMA (polimetilmetacrilato) ainda é o material mais escolhido para confecção de próteses totais, devido a sua fácil manipulação, reparo e polimento. Ademais, o PMMA é um material de baixo custo, que possui propriedades físico-químicas adequadas e uma boa estética (ALP; JOHNSTON; YILMAZ, 2019). Porém, materiais com base resinosa (tanto PMMA termoativado quanto resinas para CAD/CAM) podem ter sua cor alterada, tanto por fatores extrínsecos quanto intrínsecos. Os fatores intrínsecos envolvem, além de mudanças na estrutura química do material, alterações de cor por ficarem imersos em água por longos períodos de tempo. Já os fatores extrínsecos estão relacionados à absorção e adsorção de corantes, causada por agentes externos, decorrentes da ingestão de bebidas como café, vinho e chá (BUYUKYILMAZ; EYSTEIN RUYTER, 1994; UM; RUYTER, 1991).

O uso de desenho auxiliado por computador (CAD) e manufatura auxiliada por computador (CAM) em Odontologia tem crescido significativamente, propiciando o desenvolvimento de impressoras que, além de utilizarem sistemas aditivos de impressão, estão mais acessíveis, menores e mais leves. Dessa forma, para incentivar essa demanda, novas resinas para impressão 3D são lançadas no mercado. Porém, apesar de serem consideradas superiores em relação às propriedades mecânicas (GRUBER et al., 2020), pouco se sabe sobre como as propriedades ópticas dos materiais de impressão 3D se comportam quando colocadas em uso por longos períodos de tempo, além de faltarem evidências científicas sobre a estabilidade da cor dessas resinas (KESSLER et al., 2019).

Sendo assim, esse estudo tem como objetivo avaliar a estabilidade de cor das resinas de impressão e termoativadas a partir de dois protocolos de medição de cor – protocolo fotográfico eLAB® e espectrofotometria –, avaliar a capacidade de pigmentação das soluções de café, chá preto, vinho tinto e água destilada nas resinas,

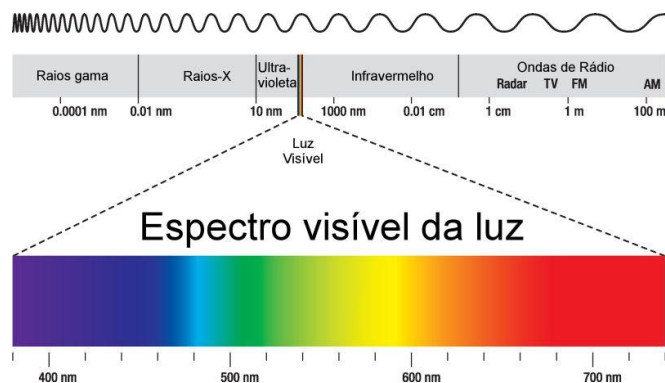
comparar a estabilidade de cor de dois tipos de resina, além de comparar as ferramentas de avaliação de estabilidade de cor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 LUZ

Em 2011, Shammás e Alla explicam que somos rodeados por diferentes tipos de ondas eletromagnéticas no nosso dia a dia (como ondas de rádio, micro-ondas, raios x, infravermelho, raios ultravioleta, raios gama, representado na Figura 1, porém estas não são perceptíveis ao olho humano. O único tipo de onda eletromagnética capaz de ser percebida pelo olho humano é a luz visível. Todas as ondas eletromagnéticas são classificadas através de comprimentos de onda e frequências específicas, dessa forma, nossos olhos só conseguem reconhecer as ondas que estão dentro da banda de 380nm a 780nm, correspondente à luz branca (também chamada de luz visível). Porém, a luz branca que vemos não é realmente branca, ela é uma junção de uma combinação de cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Isso pode ser comprovado através de um experimento feito pelo físico Isaac Newton em 1676, que fez a luz passar através de um prisma de cristal para entender o comportamento da onda. Como consequência, Newton observou que a luz atravessava o prisma e mudava sua direção de propagação, dividindo-se em diferentes faixas de comprimentos de onda, sendo possível ver as cores individualmente. Assim, quando a luz atinge um objeto, ela pode ter três comportamentos distintos: pode ser absorvida (tornando o objeto preto), refletida (tornando o objeto branco) e transmitida.

Figura 1. Espectro da luz visível.



Fonte: InfoEscola

2.2 COR

2.2.1 Definição

MacAdam (1985) sugeriu o uso do termo “cor” de três formas distintas quando aplicado em diferentes áreas de conhecimento: na área química, como termo genérico para corantes e pigmentos; na física, como um fenômeno óptico e nas ciências biológicas como método visual e uma sensação causada pela nossa consciência, decorrente do processo visual humano a partir da interação luz-objeto.

Shammas e Alla (2011) definem cor como uma particularidade da luz. Como os objetos não possuem cor, é necessário que a luz incida sobre eles, que os mesmos absorvam os comprimentos de onda e reflitam um, gerando uma cor específica.

2.2.2 Processo de visão humana

Clark (1931) diz que a Refletância Espectral serve para medir como as cores se distribuem, além do poder de reflexão que cada cor possui dentro de cada comprimento de onda. Essa medida é relevante pois mostra como a cor se comporta em determinado tipo de iluminação, pois, como é sabido, duas cores que são perfeitamente compatíveis a luz do dia podem não combinar quando vistas sob luz artificial, tudo dependerá se suas características espectrais são idênticas ou não.

Saleski (1972) explica como as fontes de luz influenciam nossa percepção. A luz incandescente, que é popularmente utilizada em residências e nas luzes dos refletores, irradia altas quantidades de energia luminosa na faixa de cor vermelho-amarelo do espectro de luz e pouca energia na faixa do azul. Então, quando usarmos esse tipo de lâmpada para iluminar objetos de cores azul, amarela ou vermelha, veremos que o vermelho e o amarelo serão cores muito saturadas (cores fortes) e o azul, pouco saturada (cor fraca). Quando utilizamos uma luz fluorescente (fonte de luz “fria”), esta irradia altas quantidades de comprimentos de onda azul e verde e pouco do vermelho, gerando vermelhos fracos e azuis/verdes fortes (muito saturados). Então, a luz fluorescente, muito utilizada para iluminar os consultórios dentários, pode causar erro na seleção da cor de uma resina, por exemplo. Então, como seria a iluminação ideal para uma boa seleção de cor? A fonte de luz deve possuir um

conjunto de comprimentos de ondas completo (padrão de cores iguais), deve ter intensidade suficiente para se sobrepôr a luz que já está no ambiente, deve ser confortável aos olhos e não deve mudar ao decorrer do dia e das estações do ano. Apesar da luz natural ter a maioria das características descritas acima, ela varia constantemente durante o dia (qualitativamente e quantitativamente). Em detrimento disso, para analisar a qualidade dessa luz, é necessário analisar dois pontos: a temperatura da cor e qual é a distribuição espectral de cada comprimento de onda. Isso porque a temperatura da luz pode variar de 1.000 Kelvins (K) no entardecer a 20.000 K quando o céu está azul. Além do mais, a energia espectral também pode mudar a qualidade da luz, transformando o céu azul do meio dia (grande quantidade de energia azul) em um pôr-do-sol vermelho-alaranjado, onde praticamente não há energia azul. Por isso é tão importante e necessária a padronização da fonte de luz. Logo, para profissionais que trabalham diretamente com cor, como pintores, tintureiros e coloristas, uma precisa reprodução das cores acontece quando a luz se aproxima à luz do hemisfério norte, quando o tempo está levemente nublado ao meio dia. A partir dessa preferência, Gage e Macbeth, em 1936, desenvolveram um filtro de luz que imitava a luz preferida pelos profissionais, estando esta em uma temperatura entre 6.000 K e 8.000 K. A partir desse filtro que os espectrofotômetros e os colorímetros confirmaram essa teoria e foram largamente utilizados.

Chamberlain e Chamberlain (1980) explicam que em um ambiente muito ou pouco iluminado, a íris é a estrutura responsável por regular a quantidade de luz que entra nos olhos, se dilatando ou se contraindo conforme o grau de iluminação ambiente. Também pontuam que cada indivíduo tem uma quantidade específica e diferente de células oculares (tanto cones como bastonetes), isso faz os cientistas acreditarem ser o motivo pelo qual pessoas com a visão de cores normais tenham percepções de cores diferentes.

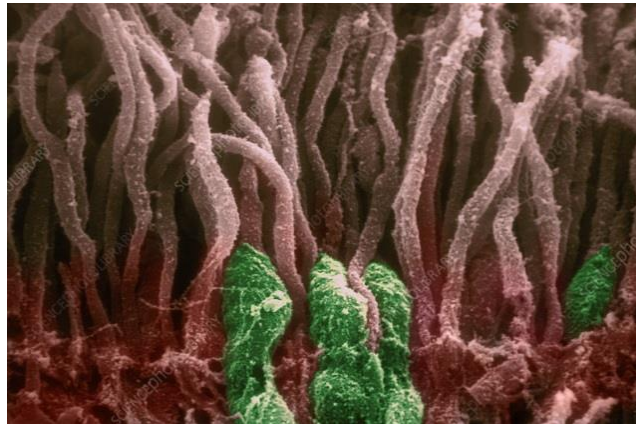
Para Hill (1997) a percepção das cores é necessariamente influenciada por três fatores: a fonte luminosa, o objeto e o observador. A fonte de luz é capaz de mudar a percepção das cores pois cada fonte de luz emite quantidades diferentes de cada um dos comprimentos de onda que compõem o espectro da luz visível. Sendo assim, o conjunto de cores que um objeto adquire depois de ser iluminado por uma fonte luminosa é chamado Refletância Espectral (ou Transmitância). É através dessa característica que conseguimos quantificar a cor de forma numérica e representá-las graficamente, sendo possível saber se a luz que toca o objeto está sendo absorvida

ou refletida. Dessa forma, quando um objeto parece vermelho é porque este está absorvendo os comprimentos de onda da luz e refletindo o comprimento de onda da cor vermelha.

Para Brewer, Wee e Seghi (2004), apesar de convencionarmos a luz natural como a melhor luz para uma boa equivalência de cores, esta não confiável, pois ela não tem temperatura fixa e sua intensidade tende a mudar com a oscilação das nuvens e os poluentes suspensos no ar. Porém, existem outros conceitos que alteram a percepção das cores. Em relação a esses conceitos, Brewer, Wee e Seghi (2004) pontuam que, quando nossos olhos analisam um ambiente, ocorre uma modificação rápida e contínua na sensibilidade dos olhos à cor. Então, para que exista, de fato, uma correspondência de cores, é preciso que haja contraste simultâneo, contraste sucessivo e constância colorimétrica. O contraste simultâneo é uma alteração imediata na sensibilidade à cor que se caracteriza por uma mudança no matiz devido às cores que estão próximas. Contraste sucessivo é a criação de uma imagem negativa (de cor complementar) que acontece depois de se observar um objeto colorido. E a constância da cor ocorre porque já temos um padrão de cores dos objetos formados em nossa mente, então, mesmo que a luz recebida pelos olhos varie, os objetos aparentam ter a mesma cor. Eles também acrescentam que, não só os objetos possuem cor, mas os corantes e pigmentos também são capazes de refletir a luz e produzir uma cor, pois a composição química desses materiais é capaz de absorver determinados comprimentos de onda do espectro visível em detrimento de outros. Então, quando a luz atinge um objeto, este absorve parte da luz e reflete um comprimento de onda específico. Quando a luz entra através dos olhos, é provocada a sensação de cor.

Ragain (2015) explica que quando a luz refletida de um objeto atravessa os olhos, ela passa pela córnea, é focalizada na retina e se transforma em impulso nervoso, o qual é enviado ao córtex cerebral. A retina é uma estrutura do olho formada por células cônicas (cones) e em forma de bastão (bastonetes), representados na Figura 2. Os cones são responsáveis por criar a sensação de cor, por isso são divididos em cones vermelhos, azuis e verdes. Já os bastonetes são células monocromáticas responsáveis pela adaptação da visão humana à escuridão e esses fotorreceptores são mais numerosos e sensíveis a luz que os cones.

Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura mostrando cones e os bastonetes da retina. Os cones são as células em verde e os bastonetes, as células mais alongadas. Ampliação de 2500x e coloração não especificada.



Fonte: Sciencephotolibrary, 2020.

2.2.3 Percepção das cores e seu grau de aceitação

Paravina *et al.* (2015) realizaram um estudo a fim de determinar o limiar de perceptibilidade 50:50% (LP) e o limiar de aceitabilidade 50:50% (LA) da cor clinicamente. O limiar LP retrata um contexto em que 50% dos observadores percebem uma diferença de cor entre 2 objetos, enquanto os outros 50% não identificam nenhuma diferença. Similarmente, o limiar de aceitabilidade (LA) 50:50% demonstra que a diferença de cor é considerada aceitável para 50% dos observadores, ao passo que os outros 50% cogitariam um procedimento restaurador para a correção da cor. Sessenta pares de amostras, divididas em 3 conjuntos de 20 pares (em tons médios para claros, tons médios para escuros e tons escuros) foram analisados por 25 observadores divididos em 5 grupos de 5 pessoas: dentistas (D), estudantes de odontologia (S), auxiliares de odontologia (A), técnicos em odontologia (T) e leigos (L). A análise dos foram feitas a partir do CIELAB e CIEDE2000. Como resultados de CIELAB, os valores obtidos de LP foram de $\Delta E_{ab} = 1,22$, enquanto LA foi $\Delta E_{ab} = 2,66$. Como valores obtidos de CIEDE2000, o valor de LP de $\Delta E_{00} = 0,8$ e LA de $\Delta E_{00} = 1,8$. Sendo assim, concluiu-se que os valores analisados foram significativamente diferentes.

Ren *et al.* (2015) avaliaram os indicadores de aceitabilidade (LA) 50:50% e perceptibilidade (LA) 50:50% quando analisada a estabilidade de cor de resinas

acrílicas para base de próteses. Com um espectrofotômetro, foram analisadas a cor de 291 amostras, as quais passaram por processo de envelhecimento acelerado. A análise colorimétrica foi realizada através do sistema de cores CIELAB, e a diferença de cor calculada pela fórmula de CIEDE2000 (ΔE_{00}). As avaliações de aceitabilidade e perceptibilidade foram feitas por 32 cirurgiões-dentistas. Como resultados, obtiveram PT de $\Delta E_{00}=1,71$ e AT de $\Delta E_{00}=4,0$, sendo estes possíveis de serem utilizados como valores de perceptibilidade e aceitabilidade para resinas acrílicas de bases de próteses.

Gómez-Polo *et al.* (2017) realizaram um estudo para determinar qual fórmula, CIELAB ou CIEDE2000, retratava melhor a diferença na percepção das cores. Cinquenta e seis participantes foram orientados a agrupar 21 tipos de discos de cores em tom rosa em grupos que tivessem cores não distinguíveis. A diferença de cor a partir do CIELAB foi de $\Delta E_{ab}=0,719$, enquanto a fórmula do CIEDE2000 $\Delta E_{00}= 0,726$.

Paravina *et al.* (2019) realizaram uma revisão de literatura sobre os limiares de perceptibilidade e aceitabilidade em odontologia e sua equivalência visual ou disparidade de cores. Assim, organizaram a classificação dos limites LA e LP, graduando as alterações de cor da seguinte forma: “compatibilidade excelente” ($\Delta E_{ab} \leq 1,2$), “compatibilidade aceitável” ($1,2 < \Delta E_{ab} \leq 2,7$), “incompatibilidade moderadamente inaceitável” ($2,7 < \Delta E_{ab} \leq 5,4$), “incompatibilidade claramente inaceitável” ($5,4 < \Delta E_{ab} \leq 8,1$) e “incompatibilidade extremamente inaceitável” ($\Delta E_{ab} > 8,1$). Concluíram, então, que a fórmula da CIEDE2000 foi a que melhor representou a diferença de cores vista pelo olho humano, já que esta apresentou 95% de conformidade com os achados visuais. Em contrapartida, a fórmula de CIELAB apresentou concordância de 75%. Eles também explicam que, quando se obtém valores mais altos de porcentagem de perceptibilidade, temos como consequência maiores diferenças de cor, enquanto os valores elevados de aceitabilidade (também em porcentagem) resultam em menores diferenças de cor.

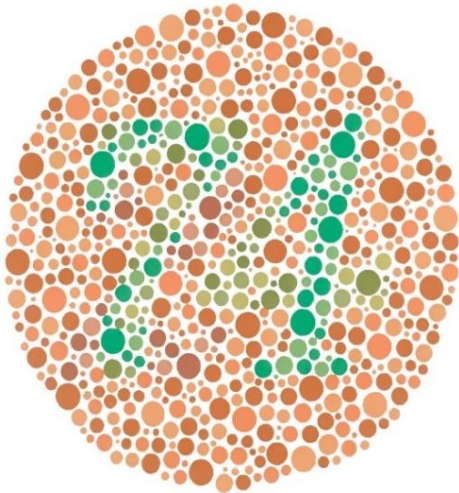
2.2.4 Alterações na percepção das cores

Para Carsten (2003), apesar de todo esse sistema perfeito que é a visão humana, um fenômeno chamado Confusão de Visão de Cores (CVC) pode acontecer. A CVC pode ser adquirida ou genética. O daltonismo é um exemplo de CVC genética, que afeta aproximadamente 2% das mulheres e 8% dos homens. Essa alteração genética pode ocorrer pela carência de cones, diferença na sensibilidade espectral ou ausência dos sinais que diferenciam as cores, como por exemplo o vermelho-esverdeado e o amarelo-azulado. Já o CVC adquirido é multifatorial e pode ocorrer com qualquer pessoa. Como exemplo temos a emoção, que muda o diâmetro pupilar; o envelhecimento, que promove o amarelamento da córnea, dificultando a diferenciação do azul e do roxo; exposição à fumaça do cigarro, à radiação solar e à laser; doenças crônicas (como diabetes, glaucoma, leucemia, doença hepática), alcoolismo e até medicamentos como analgésicos, anti-hipertensivos, antibióticos e contraceptivos orais podem prejudicar a visão das cores.

Shammas e Alla (2011) mostram que o metamerismo é outro fator que afeta a percepção das cores. O metamerismo acontece quando dois objetos aparentam ter cores idênticas sob um determinado tipo de iluminação, mas que, quando trocados de luz, aparentam ter cores completamente diferentes. Para contornar esse problema, é necessário que se escolha uma sombra como padrão e se confirme sua existência em diferentes iluminações (luz incandescente, luz fluorescente, luz natural, por exemplo).

Ragain (2015) acredita que profissionais como cirurgiões-dentistas, assistentes e higienistas dentais devem testar sua acuidade visual. Dentre os testes existentes estão o American Optical Company Hardy-Rand-Ritter (AO H-R-R Test) (Southbridge, MA, USA) e o Teste de Ishihara para Deficiência de Cor (Tokyo, Japan) (Figura 3). Estes testes usam placas pseudo-isocromáticas para avaliar se existe algum tipo de alteração na visão cromática, muito utilizado para detecção de daltonismo. Já o Teste Farnsworth-Munsell 100 Hue (Teste F-M 100 Hue) (Munsell Color, Macbeth, Divisão de Kollmorgen Corp, Baltimore, MD, EUA) (Figura 4) serve para avaliar o quanto a pessoa consegue identificar pequenas diferenças de cor entre um objeto e outro, além de detectar se a visão possui algum defeito ou não.

Figura 3. Teste de Ishihara para Deficiência de Cor.



Fonte: Martinato

Figura 4. Teste de matiz Farnsworth-Munsell 100.



Fonte: Xrite

Para Suliman *et al.* (2019), a dispersão da luz e a translucidez são duas propriedades do objeto que afetam a percepção das cores. A translucidez ocorre quando a quantidade de luz que incide na superfície de um objeto, é transmitida através desse objeto e espalhada, não sendo dispersada. A dispersão é a propriedade que torna o objeto opaco e é dependente do da quantidade de superfícies de dispersão, do índice de refração, além do tamanho e formato dental. Quando a superfície dental está em contato com a saliva ou substâncias líquidas, a água entra e ocupa o espaço existente entre os prismas de esmalte, fazendo com que os raios de luz se espalhem de maneira menos caótica, gerando menos reflexão e mais transmissão dessa luz. Quando o dente perde o contato com o meio líquido e desidrata, a água que ocupava os espaços interprismáticos é substituída pelo ar, fazendo com que a luz se espalhe de maneira caótica, alterando o IR e gerando um aumento na reflexão. Assim, há uma consequente diminuição da translucidez do dente, o que faz este parecer mais opaco (mais branco) devido à maior luminosidade.

2.2.5 Diferença entre corantes e pigmentos

Berns (2019), relata que, antigamente, corante era definido como uma substância solúvel capaz de colorir um elemento de um solvente. Já pigmento era dito como um material formado por partículas insolúveis, que quando colocado no meio a ser colorido, gerava dispersão da luz e produzia a cor. Apesar dessa distinção ainda ser aceita, existem muitos critérios a serem levados em consideração para diferenciar esses dois gêneros de substâncias. Então, a classificação é regida pelo modo como a substância é utilizada, podendo ser ele um corante ou um pigmento. Também se categoriza corantes como sendo um material solúvel (a maioria destes é solúvel em água em alguma etapa do processo de coloração) e pigmentos, insolúveis. Além disso, outra distinção utilizada é a de que corantes são, majoritariamente, substâncias orgânicas enquanto os pigmentos são inorgânicos (mas não são necessariamente a maioria). E, por último, classifica-se como corante quando substância química que se dissolve no meio e gera uma mistura transparente, contrapondo os pigmentos, que não se dissolvem no meio e dispersam a luz, resultando em substâncias opacas ou translúcidas. Então, quando um objeto é colorido e este obtêm uma cor opaca, pigmentos foram utilizados sobre o objeto. Se o objeto colorido obter cor mas sua transparência continuar existindo, corantes foram utilizados para o processo. Porém, a definição mais utilizada se baseia em como o corante se liga ao substrato. Se a substância se ligar ao substrato sem a necessidade de um aglutinante, ela é classificada como corante. Os pigmentos, por outro lado, necessitam de um aglutinante para se fixarem ao substrato, justamente por não possuírem afinidade com o mesmo.

2.3 MODELOS DE CORES

Isaac Newton foi quem observou, pela primeira vez, que a quando a luz solar atravessa um prisma, ela sofre um fenômeno chamado difração, e é separada em diferentes comprimentos de ondas, resultando nas diferentes cores do espectro da luz visível. Anos mais tarde, em 1801, o físico Thomas Young realizou um experimento inverso ao de Newton. Young fez com que os raios separados de luz se juntassem

novamente após atravessarem uma lente, restaurando, assim, a cor branca. A partir dessa experiência, Young descobriu que quando misturadas duas das cores que formam a luz (ou até mais), resultaria em uma cor mais clara e brilhante, próxima ao branco. Por exemplo, se combinadas as cores vermelho e verde, a cor resultante será amarelo claro. Além disso, Young estabeleceu que as cores vermelho, verde e azul-violeta são cores chamadas “cores primárias”, pois, quando misturadas são capazes de produzir as demais cores do espectro de luz visível. Além do mais, a combinação de nenhuma outra cor será capaz de gerar uma cor primária. Caso as três cores primárias sejam misturadas entre si, tem-se a criação da cor branca. Já a cor “secundária” é a cor resultante da mistura de duas cores “primárias”. Dessa forma, para retornar ao branco, a cor secundária precisa, necessariamente, da presença da terceira cor primária (nesse caso, chamada cor complementar). Fondriest (2004), também ressalta que misturar cores de luz não é a mesma coisa que misturar cores de pigmentos (já que estes são opacos). A partir dessa afirmação, temos dois conceitos importantes a serem discutidos: o de cores aditivas e o de cores subtrativas. Tais conceitos são dependentes do modo como a cor é transmitida.

2.3.1 Cores Aditivas

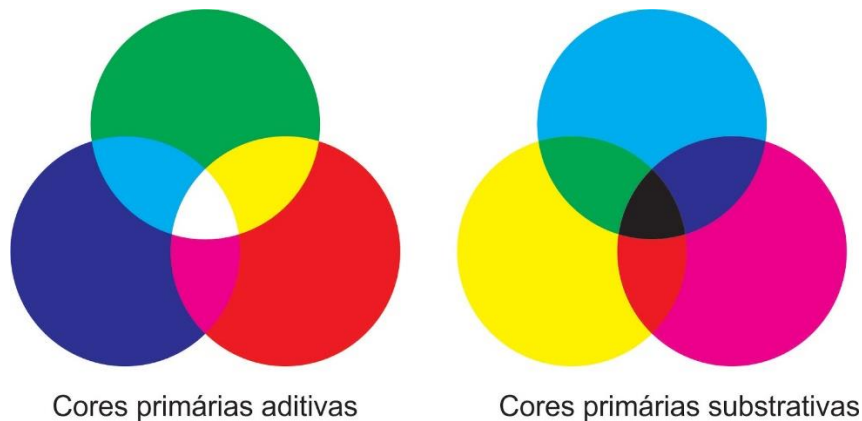
É a cor resultante da mistura das cores primárias da luz. As cores primárias que representam o modelo aditivo são vermelho, verde e azul-violeta. Então, quando misturamos raios de luz de comprimentos de onda diferentes, a cor que o olho é capaz de perceber se parecerá mais clara do que as cores iniciais das luzes que se fundiram. Caso as três cores primárias aditivas sejam combinadas, a cor resultante será o branco. Um exemplo de sistema aditivo é o RGB (*red-blue-green*). (FONDRIEST, 2004)

2.3.2 Cores Subtrativas

É a cor resultante da mistura de pigmentos opacos ou translúcidos, responsáveis pela reflexão da luz. De acordo com Fondriest (2004), quando profissionais que trabalham com cor (pintores, ceramistas, cirurgiões-dentistas)

utilizam pigmentos com opacidades diferentes para alcançar a cor desejada, quanto mais cores são adicionadas a mistura, menor será a reflexão da luz. Devido a isso, nossos olhos percebem cores mais escuras ou acinzentadas. As cores primárias subtrativas são o vermelho, o amarelo e o azul. Tais cores combinadas podem produzir a cor preta (mistura dos pigmentos opacos) ou cinza (mistura dos pigmentos translúcidos) (Figura 5), dependendo de como forem misturadas. São muito utilizadas para impressão em papel, seguindo o modelo “CMY” (Cyan-Magenta-Yellow).

Figura 5. Sistemas Aditivos e Subtrativos de cores.



Fonte: FazFácil.com

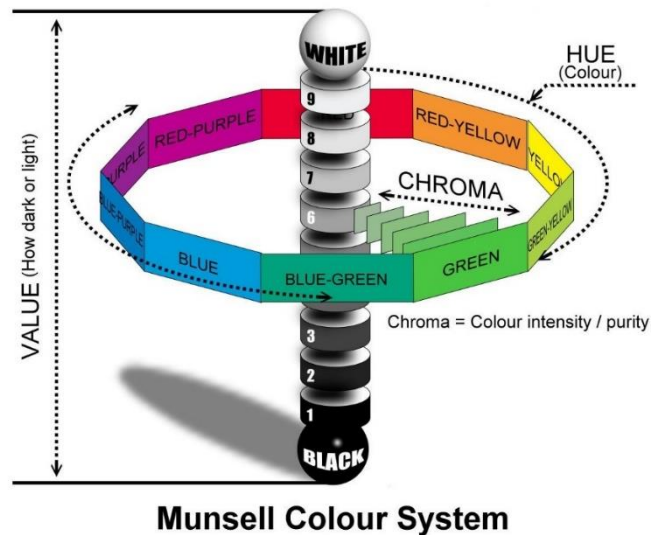
2.4 DESCRIÇÃO DAS CORES PELOS SISTEMAS COLORIMÉTRICOS

Mclaren (1987), já relatava que informar a cor para outras pessoas era uma das grandes dificuldades do cirurgião dentista durante seu trabalho e que, em detrimento disso, houve a necessidade de se criar várias escalas de cores.

Ragain (1998) explicam que o termo “espaço de cores” se refere a arranjos exclusivos de cores. Isso significa que, para que consigamos passar as informações sobre cor de forma precisa, precisamos ter um modelo de cores que seja referência para ambos os profissionais, sendo assim possível o correto entendimento das informações colorimétricas. Então, em 1905, o pintor americano Albert Henry Munsell desenvolveu o primeiro sistema de cores que, de fato, foi funcional e amplamente

respeitado. No sistema de cores de Munsell, todas as percepções possíveis de cores podem ser descritas por três variáveis dispostas na forma tridimensional: matiz, croma e valor (Figura 6).

Figura 6. Espaço de cores de Munsell.



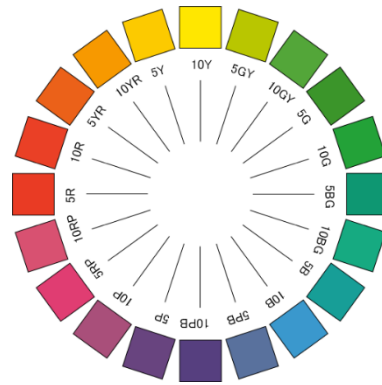
Fonte: PaintBasket.com

2.4.1 Matiz

Matiz é a cor. É a qualidade que diferencia uma cor da outra, ou melhor, como nomeamos as cores (Figura 8). Por exemplo, temos as cores vermelho, amarelo, verde, azul. Quando se trata de odontologia, o matiz é representado pelas letras A, B, C e D, na qual cada letra representa uma cor específica na escala de cores Lumin Vacuum (Vita): marrom, amarelo, cinza e rosa, respectivamente. (FONDRIEST, 2004)

Munsell chamava o vermelho, amarelo, verde, azul e roxo de matizes principais. Depois de inserir 5 matizes intermediários (totalizando 10 matizes), ele classificou os setores de matizes através de letras: R, YR, Y, GY, G, BG, B, PB, P, e RP (Figura 7). Posteriormente, o círculo de matizes foi dividido em 100 partes, no qual o ponto 0 fora fixado na cor vermelha. (RAGAIN, 2016)

Figura 7. Gráfico de matizes de Munsell.



Fonte: Cerradoinvitro

2.4.2 Valor

O valor indica a luminosidade da cor, o brilho (Figura 8). Munsell definiu que a escala de valor vai de 0 (preto puro), passando pelo cinza e atingindo 10 (branco puro). Esse brilho pode ser estimado sem levar o matiz em consideração, pois as cores branco, preto e cinza são consideradas acromáticas. Sendo assim, um objeto considerado brilhante (alto valor) tem baixa quantidade de cinza, e um objeto cujo valor é baixo, aparecerá escuro pela maior quantidade de cinza em sua composição (MUNSELL COLOR, [s.d.]). Fondriest (2004) traz um excelente exemplo de como o valor é importante na prática clínica. Alguns tons, como o azul, possuem uma faixa de valor maior que outras cores. Isso significa que se for adicionado cinza nessa cor, ela continuará sendo vista como azul. Já cores como o laranja e o amarelo perdem o seu matiz conforme cinza é adicionado a cor, pois seu valor diminui.

2.4.3 Cromo

Croma é a intensidade da cor, a saturação (Figura 8). Quanto mais pigmento for adicionado a determinada cor, mais intensa essa cor vai ficar, ou seja, aumenta-se a saturação. Porém, quanto mais pigmento for adicionado mais forte a cor se torna (mais escura), diminuindo, conseqüentemente, o seu valor. A escala de cores Lumin

Vacuum (Vita) utiliza essa informação em sua escala na forma de números consecutivos às letras A, B, C e D (que representam o matiz). Os números que representam o croma vão de 1 a 4, sendo 1 o menos saturado e 4, o mais saturado. Então, Ragain (2016) resume que as cores de baixo croma são consideradas cores fracas e as de alto croma, cores fortes ou vivas.

Figura 8. Representação dos conceitos de matiz, valor e croma.



Fonte: Autora

2.4.4 Criação do CIELAB

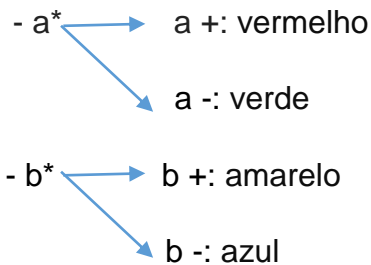
Westland (2003) explica que o conceito de cores aditivas possibilitou a criação de um novo sistema de especificação de cores, pois somente a mistura das três cores primárias é capaz de gerar todas as outras cores. Então, os valores chamados triestímulos indicam a quantidade de cada cor primária utilizada.

Em 1931, criou-se um comitê para uniformizar as áreas relacionadas à aparência e cor, a Commission International de l'Éclairage (CIE) ou também conhecida como Comissão Internacional de Iluminação. Essa comissão foi responsável pela criação do conceito de valores triestímulos (coordenadas X, Y e Z), ou seja, são valores baseados em como o olho humano percebe uma cor. Essa percepção ocorre a partir de três receptores da retina, os quais captam as cores primárias: vermelho, verde e azul. (JOINER, 2004)

Baseando-se nessa teoria, em 1976, a CIE cria um novo espaço de cores: $L^*a^*b^*$ (também conhecido como CIELAB). Para Ragain (2016), este espaço se tornou um dos mais populares para aferição de cor e é um dos mais utilizados em praticamente todas as áreas. Este espaço foi criado para diminuir alguns problemas que ocorriam no espaço de eixos X, Y, Z original: as distâncias com valores iguais no diagrama de cores não condiziam com a diferença de cores observadas. Então, nesse novo espaço, tem-se três eixos: L^* , a^* e b^* (Figura 9).

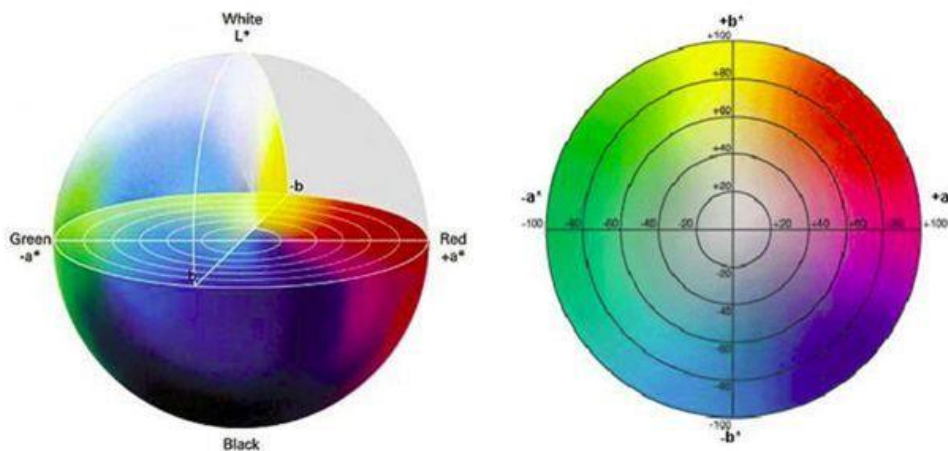
⇒ L^* : coordenada que indica a luminosidade (valor) de um objeto, que varia de 0 (preto puro) a 100 (branco puro)

⇒ a^* e b^* : coordenadas de cromaticidade. No diagrama, elas indicam a direção da cor.



O centro do eixo é acromático e, à medida que os valores de a^* e b^* aumentam e o ponto sai do centro, a saturação da cor aumenta.

Figura 9. Representação do Espaço de cores CIE $L^*a^*b^*$.



Fonte: Infosign

Porém, o que fazer quando as diferenças de cores são tão pequenas? No espaço de cores $L^*a^*b^*$, essa diferença de cor pode ser expressa por um único valor numérico (ΔE_{ab}), que indica o tamanho da diferença de cor, mas não no que as cores são diferentes. Essa variação pode ser calculada através da fórmula abaixo, na qual Δ representa variação.

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$



$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

Dessa forma:

- ΔL^* = cálculo da diferença entre o L^* final e o L^* inicial (diferença de luminosidade)
- Δa^* = cálculo da diferença entre o a^* final e o a^* inicial
- Δb^* = cálculo da diferença entre o b^* final e o b^* inicial

Ao passo que L^* representa o valor de luminosidade refletida pelo objeto, ΔL^* representando a diferença de luminosidade, teremos:

- ΔL^* +: L^* final é mais claro do que o L^* inicial -> amostra clareou
- ΔL^* -: L^* final é mais escuro que o L^* inicial -> amostra escureceu

Como a^* e b^* indicam a direção da cor no espaço de cores CIE, teremos:

Δa^* representando a diferença no eixo de cor entre verde e vermelho, então:

- Δa^* +: a cor caminha em direção ao eixo vermelho ($+a^*$)
- Δa^* -: a cor caminha em direção ao eixo verde ($-a^*$)

Δb^* representando diferença de cor no eixo azul e amarelo, teremos:

- $\Delta b +$: a cor caminha em direção ao eixo amarelo ($+b^*$)
- $\Delta b -$: a cor caminha em direção ao eixo azul ($-b^*$)

2.5.5 Criação da CIEDE 2000

Em 2001, a CIE publicou uma nova fórmula para calcular a diferença de cores, chamada CIEDE2000, sendo esta uma extensão do modelo CIE1976. Luo, Cui e Rigg (2001), que descreveram a metodologia utilizada para desenvolver a fórmula, explicam que a equação foi desenvolvida tendo como base a equação CIELAB. A CIEDE2000, além de considerar os valores de matiz, croma e valor, também criou um valor intermediário à diferença entre matiz e croma. Esta alteração foi necessária para melhorar o comportamento dos tons de azul. Além disso, um fator de escala para o coeficiente a^* da escala L^*a^*b (cromaticidade) também foi adicionado, a fim de melhorar o comportamento dos tons de cinza.

Para Suliman *et al.* (2019) essas mudanças foram necessárias para corrigir um erro existente, sendo este a falta de compatibilidade entre a diferença de cor constatada visualmente e o diferença de cor obtida numericamente, decorrente da ausência de uniformidade do espaço L^*a^*b . Na nova fórmula criada para o CIEDE2000, o delta E (ΔE_{00}) é a diferença total de cor, quando existem duas referências de cores que possuem diferenças nas suas luminosidades (L), matiz (H) e croma (C). Destrinchando a fórmula, teremos:

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}}$$

$\Delta L'$: diferença de luminosidade entre duas amostras

$\Delta H'$: diferença de matiz entre duas amostras

$\Delta C'$: diferença de croma entre duas amostras

R_T : função que demonstra a relação entre matiz e croma, na região de cor azul

S_L , S_C e S_H : chamadas “funções de ponderação”, são responsáveis por transformar a diferença total da cor em uma variação da diferença das cores no local onde se encontra os pares de cores.

k_L , k_C e k_H : corrigem, empiricamente, as diferenças de medidas com as diferenças de CIEDE2000 em cada coordenada.

2.5 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA COR

Brewer, Wee e Seghi (2004) apontam como métodos de determinação de cor em odontologia: o método visual (compara a cor dental com escalas de cores) e o instrumental (colorímetros, espectrofotômetros, espectrorradiômetros e imagens digitais).

Em Odontologia, um dos maiores desafios encontrados é mimetizar as estruturas orais de forma natural, utilizando materiais protéticos e restauradores. Para Johnston (2009), para atingir esse objetivo, é necessário determinar a cor e especificar a tonalidade da maneira mais precisa possível, levando em consideração as condições de iluminação ambiente. E, apesar de os dentes terem toda a atenção da colorimetria, esse cenário muda a medida que as próteses de pele facial e gengiva têm ganhado maior importância nos últimos anos.

Chu, Trushkowsky e Paravina (2010) citam o quanto a odontologia tem se modernizado na última década e o quão crescentes são os usos de tecnologias para estudos, comunicação e apuração de cor. Como a determinação de cor era feita, antigamente, de forma subjetiva, sem controle dos métodos utilizados e das condições ambientes, vários autores dedicaram-se a encontrar maneiras de quantificar precisamente a cor dos dentes.

2.5.1 Método Visual

Van Der Burgt *et al.* (1990) consideram o método visual como o mais utilizado para medição de cores dentro da odontologia. Este método consiste em comparar a cor dental vista clinicamente com uma escala comercial de cores pré-definida. Esse é

o motivo pelo qual este método é considerado o mais econômico, fácil e rápida utilização.

Porém, esse método de seleção de cor pode ser visto como muito subjetivo, pois fatores como cansaço, aspecto emocional, envelhecimento, metamerismo e condições de iluminação do local podem influenciar negativamente na seleção da cor. Porém, além do fator humano, as guias de cores também podem dificultar uma avaliação de cor precisa. Isso porque podem ocorrer diferenças no tom das cores entre os diferentes fabricantes, falta de tonalidades que reproduzam as cores encontradas nos dentes naturais e a ausência de controle do fabricante em relação aos vários lotes de um mesmo guia de cores. Então, na tentativa de se eliminar essas variáveis impossíveis de serem completamente controladas é que foram necessários novos métodos de análise de cor (CAL; GÜNERI; KOSE, 2006).

2.5.2 Espectrofotocolorimetria

Cal, Güneri e Kose (2006) pontuam que, tanto a eletrônica óptica quanto a ciência da computação são capazes de fornecer uma determinação de cor rápida e objetiva, além de captarem mudanças sutis na cor. Os espectrofotômetros têm demonstrado importante utilidade na área odontológica ao passo que conseguem identificar a cor de objetos opacos e alguns objetos translúcidos. Porém, em grande parte dos casos, tais instrumentos não têm funcionado de maneira adequada em objetos translúcidos de maior complexidade, como os multicamadas.

Kim-Pusateri *et al.* (2009) realizaram um estudo determinar a confiabilidade e precisão de 4 diferentes espectrofotômetros: SpectroShade (MHT Optic Research AG, Suíça), VITA Easyshade (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha) (Figura 10), ShadeVision (X-Rite America, Grandville, MI) e Shadescan (Cynovad, Montreal, Canada). As cores foram medidas em 3 diferentes guias de cores disponíveis comercialmente, sendo elas Vitapan Clássico (Vident, -Brea, Calif), Vitapan 3-D Master (Vident) e Chromascop (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Foram obtidas 10 guias de cores de cada fabricante, as quais passaram por protocolos de limpeza antes das medições. Tais medições ocorreram dentro de uma caixa preta fosca para simular o ambiente oral. Um gabarito de posicionamento foi usado para

padronizar os dispositivos em cada medição de cor. Além do mais, cada aba de cor foi colocada em meio a uma matriz que simulava a gengiva. Como resultados, o ShadeVision, 99,0% foi o dispositivo mais confiável, seguido do SpectroShade, 96,9%; VITA Easyshade, 96,4%; e ShadeScan, 87,4%. Já o em relação a precisão dos valores, VITA Easyshade foi considerado o dispositivo mais preciso (92,6%), seguido do ShadeVision (84,8%); SpectroShade (80,2%) e ShadeScan (66,8%). Sendo assim, os dispositivos indicaram ser altamente confiáveis e com grande previsibilidade nas análises de cor.

Figura 10. Espectrofotômetro VITA Easyshade V.



Fonte: medicalexpo.com

Um estudo de Bahannan (2014) com 204 estudantes de odontologia, entre 20-30 anos, de ambos os sexos avaliou a diferença da compatibilidade de cores resultantes do método visual (Escala Vita-3D Master e do instrumental (espectrofotômetro Easyshade Compact). O teste visual de Ishihara foi utilizado para desclassificar os participantes que possuíam algum tipo de deficiência em visualizar cores. Para o teste foi criado um modelo de gesso da maxila, no qual os seis dentes anteriores foram retirados e substituídos por dentes artificiais. Os participantes deveriam escolher a melhor compatibilidade de cor utilizando cada método. Como resultados, 36,3% dos estudantes escolheram a cor correta utilizando o método visual, enquanto 80,4% obtiveram uma melhor compatibilidade de cor através do espectrofotômetro. Dessa forma, tanto o nível de experiência em odontologia ($p=$

0,177) quanto o gênero ($p=0,560$) não influenciaram na qualidade da determinação das cores. Além do mais, o método instrumental se mostrou consideravelmente melhor do que o método visual. Isso demonstrou que o método visual não é um método confiável devido a sua subjetividade e que o uso de dispositivos podem oferecer uma melhor compatibilidade de cor.

O funcionamento dos espectrofotômetros ocorre devido a luz branca que é transmitida pelo aparelho. Essa luz é dispersada pelo interior de um prisma de formato triangular, em intervalos de comprimento de onda 1-25 nanômetros, os quais, após atingir a superfície dental, retornam para o aparelho e são registrados no dispositivo na forma de cor. Porém, todos os dispositivos de medição de cor utilizados em odontologia sofrem um efeito chamado “perda de borda”. Isso quer dizer que alguns fótons emitidos se perdem e não são registrados pelo aparelho. Mesmo com essa “perda de borda”, os espectrofotômetros ainda são considerados os equipamentos mais precisos na determinação da cor dental (RUTKŪNAS; DIRSĖ; BILIUS, 2019).

2.5.3 Fotocolorimetria Digital

Jarad, Russell e Moss (2005) compararam o método espectrofotométrico considerado “padrão ouro” em aferição de cor com o método de imagens digitais, além da habilidade dos observadores em avaliar a cor a partir de tais métodos. Para o estudo, foram utilizados dois guias de cores (Vita Lumin) com 9 tonalidades (A2, A3, A3.5, B2, B3, B4, C1, C2 e C3) e um terceiro guia digital feito a partir de fotografias digitais coletadas do segundo guia. As fotos foram realizadas com flash circular Nikon SB21B acoplado a câmera digital Nikon Coolpix 990 e as fotos processadas no software Adobe Photoshop. Primeiramente, os 10 participantes presentes fizeram uma correspondência entre as cores das 3 cópias de cada guia das 9 tonalidades (27 amostras) ao guia de cores digital previamente preparado, em uma tela de computador (correspondência de cores computadorizada). Em seguida, com o uso do espectrofotômetro, os participantes avaliaram a cor das mesmas guias estando estas acopladas a face de um boneco modelo. Os valores de cor obtidos tanto pelo espectrofotômetro quanto pelas imagens digitais foram dados a partir do sistema CIELAB. Como resultados, houve diferença estatisticamente significativa entre os

métodos de avaliação de cor ($p < 0,001$), sendo a correspondência de cores geradas através do espectrofotômetro de 43% de acerto em comparação com o método digital, que obteve 61% de acerto dos participantes. Também foi encontrada uma forte correlação ($p < 0,001$) dos valores de cor do CIELAB entre ambos os métodos de avaliação de cor. Portanto, concluiu-se que os participantes obtiveram melhor correspondência de cor ao utilizarem o método de fotocolorimetria digital, o que corrobora a afirmação de que as câmeras fotográficas são excelentes meios de medir a cor de dentes e materiais na prática clínica diária.

Foi realizado um estudo por Cal, Güneri e Kose (2006), no qual comparou-se a análise de cor aferida com espectrofotômetro em relação à fotocolorimetria digital. Para tal, foram analisadas as cores de três guias de cores de um mesmo fabricante (Chromascope) com ambos os métodos. Para padronizar o local de medição do espectrofotômetro, foi fabricado um guia de silicone, sendo medida a região central de cada aba de tonalidade (terço médio). Para as tomadas fotográficas, as guias de cores foram posicionadas sobre um papelão preto. A câmera fotográfica foi fixada a um tripé para manter a distância padrão (40cm) e posicionada perpendicularmente. Após obtidas as imagens, estas foram analisadas em software (Adobe Photoshop 6.0) e, para que a cor da mesma região da guia fosse avaliada, áreas circulares com diâmetro de 74 pixels foram fixadas sobre a imagem. Os valores de L^* , a^* e b^* , foram obtidos em ambos os métodos três vezes e a média aritmética dos valores foi considerada. Como resultados, observou-se que os valores de a^* e b^* obtidos com o espectrofotômetro tiveram correlação com os valores a^* e b^* obtidos pela fotografia digital. Quando analisados os valores de L^* , obtidos com espectrofotômetro, das abas de tonalidades das três guias de cores percebeu-se que não houve disparidade de cores entre elas ($p > 0,05$). Em contrapartida, o método fotocolorimétrico apresentou diferenças significativas entre os valores de L^* das abas de cores ($p = 0,000$), gerando mais subgrupos que o espectrofotômetro. Os dois métodos mostraram diferenças significativas nos valores de a^* e b^* entre as abas de cores ($p < 0,05$). Os dois métodos de aferição de cor mostraram diferença de cor entre a primeira guia avaliada em relação às duas seguintes. Os resultados obtidos pela fotocolorimetria foram correlacionados com os resultados espectrofotométricos, especialmente nos valores de a^* e b^* .

Carney e Johnston (2016) relatam que é crescente o desejo de se utilizar as imagens digitais como método de avaliação de cor, tanto de estruturas dentais quanto dos materiais restauradores. Concomitantemente, cresce a utilização dessas imagens para a comunicação no meio odontológico, já que as câmeras são instrumentos cada vez mais encontrados em consultórios e laboratórios devido ao seu baixo custo e facilidade de manuseio. Além do mais, assim que a imagem é gerada, o processamento dos dados e a análise da cor é feita de maneira simples, o que torna esse método cada vez mais presente e importante na prática clínica.

Clary *et al.* (2016) acreditam que a padronização da fotografia na área odontológica faz-se necessária, pois possibilita a obtenção de uma cor final idêntica à real, além de permitir a sobreposição de imagens para prever como ficará o caso após o tratamento.

Hein, Tapia e Bazos (2017) descreveram o protocolo fotográfico chamado eLABor_aid[®]. Este protocolo permite que o cirurgião-dentista e seu técnico em prótese dentária comuniquem-se de maneira clara e eficaz, pois possibilita o envio da correspondência exata das cores vistas no consultório, sem que haja necessidade de encontros presenciais ou a disponibilidade da escala de cores no momento. Para isso, o cirurgião dentista necessita de uma câmera fotográfica DSLR (digital single lens reflex), lente macro, flashes para a câmera, um cartão de balanço de brancos, um filtro polarizador padronizado e um software. Para a aquisição da imagem, a câmera deve estar ajustada ao modo manual. A velocidade do obturador deve ser fixada em 1/125 para suavizar a luz ambiente e conciliar a atuação do flash. Além do mais, para registrar de forma correta a profundidade do campo (DOF) e evitar problemas indesejáveis decorrentes da difração (ocorridas principalmente no sensor APS-C), deve-se ajustar a abertura em f22. O sensor de sensibilidade deve ser configurado em ISO 100, o formato da imagem em RAW e o flash circular externo em 1/1. Além da necessidade de toda essa configuração de câmera, é indispensável o uso de um filtro polarizador e de um cartão de balanço de brancos. O filtro polarizador (polar_eyes, Emulation) atenua o brilho decorrente do excesso de iluminação gerado pelo flash e o cartão de balanço de brancos (white_balance, Emulation) é responsável por padronizar o vetor RGB (vermelho-verde-azul) da foto, que pode variar devido às diferentes marcas de câmeras. Para o processamento da foto, é utilizado o software Lightroom Classic CC e a cor é registrada através do Classic Color Meter, o qual é

capaz de obter a cor através dos valores de L^* , a^* e b^* geradas em decorrência da aplicação do protocolo.

2.6 FLUXO DIGITAL

2.6.1 CAI (Computer-Aided Imaging) – Aquisição De Imagens

Para Alhazzawi (2016) existem duas formas de aquisição das imagens do paciente no momento de planejamento da peça protética: direta e indireta. A forma direta é através do escaneamento intraoral, o qual é feito diretamente na boca do paciente. Já a forma indireta é realizada através do escaneamento de bancada, o qual é obtida a imagem e, posteriormente, criado um modelo em gesso.

2.6.2 CAD (Computer-Aided Design) – Desenho Virtual da Peça Protética

O Computer-Aided Design é realizado através de softwares, no qual se projeta o desenho da peça protética virtualmente, sendo posteriormente, enviado para a etapa de produção (fresagem ou impressão) (ALHAZZAWI, 2016).

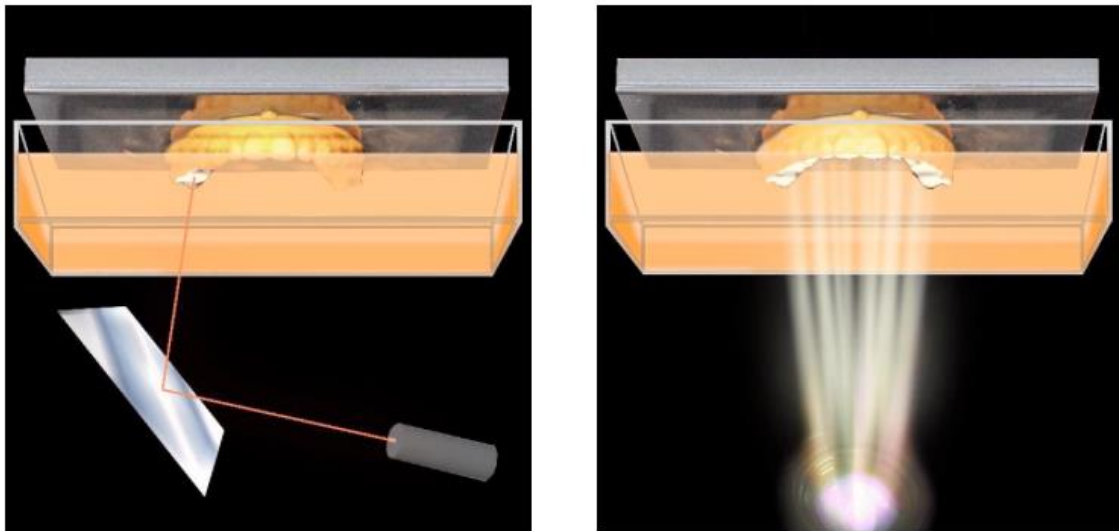
2.6.3 CAM (Computer-Aided Manufacturing) – Produção da Peça Protética

Alhazzawi (2016) cita que as peças protéticas podem ser produzidas a partir de dois processos CAD/CAM: através da Manufatura Subtrativa e da Manufatura Aditiva. A manufatura subtrativa utiliza o sistema de fresagem/usinagem, no qual grandes blocos sólidos produzidos em diferentes materiais restauradores são “esculpidos” por ferramentas de corte. Na manufatura aditiva, camadas de materiais são unidos uns aos outros até produzir o objeto anteriormente projetado sob a forma de modelo 3D nos softwares de CAD.

2.6.3.1. Manufatura Aditiva ou Impressão 3D

Edelhoff *et al.* (2012) apontam que, no que diz respeito às propriedades materiais, os materiais empregues na impressão aditiva, teoricamente, ainda são inferiores ao utilizados no método subtrativo. O termo “Impressão 3D” ou manufatura aditiva é empregada como um termo geral, que engloba vários processos. Existem dois métodos de impressão 3D mais empregados em odontologia: a estereolitografia (SLA) e a técnica de processamento digital de luz (DLP). A técnica SLA e DLP utilizam uma cuba de resina de fotopolimerizável, no qual uma placa de construção da impressora desce e deposita pequenos incrementos, expondo o polímero líquido à luz para a polimerização. Na técnica SLA, o laser UV ou diodo laser desenha, transversalmente, camada por camada até finalizar o objeto. Ela proporciona maior nível de detalhes, maior resolução, e maior qualidade de acabamento superior. Já na técnica DLP, usa-se um projetor digital para incidir apenas uma imagem de cada camada por vez sobre toda a plataforma de construção (Figura 11). Esta é uma técnica de impressão mais rápida, muito utilizada para o desenvolvimento de modelos odontológicos.

Figura 11. Técnica de impressão DLP. O tanque de resina transparente possibilita a cura da resina através dos raios laser.



Fonte: Google

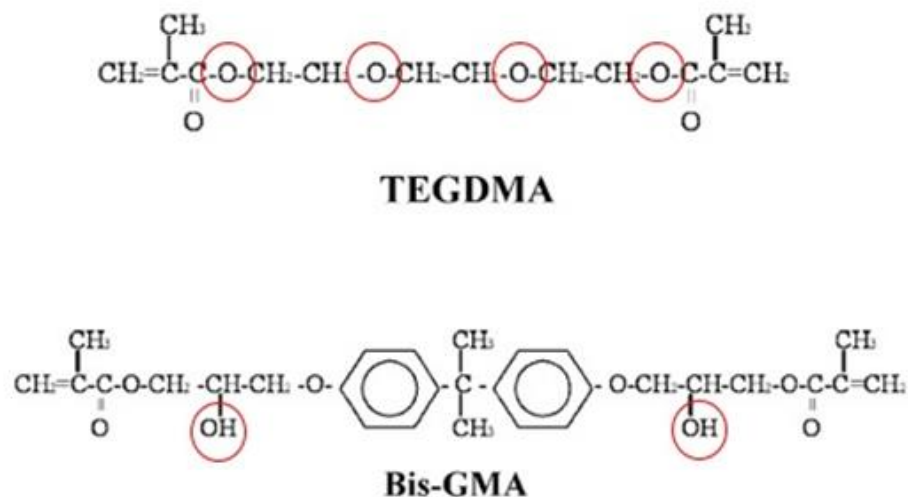
Para Kessler *et al.* (2019), a utilização de desenho auxiliado por computador (CAD) e manufatura auxiliada por computador (CAM) tem se desenvolvido de forma

significativa. Na odontologia, os sistemas CAM mais utilizados ainda são os fresados. No entanto, novos sistemas aditivos entraram no mercado nos últimos anos, impulsionando o desenvolvimento de novos materiais para odontologia. No entanto, pouco se sabe sobre as propriedades dos materiais de impressão 3D em um longo período de uso.

2.7 RESINAS ACRÍLICAS ATIVADAS TERMICAMENTE (RAAT)

Venz e Dickens (1991) explicam que resinas acrílicas sofrem diferença com relação à sorção de água, em um prazo de 6 meses, dependendo do tipo do seu monômero. Dessa forma, os monômeros que mais absorvem água seguem a seguinte ordem: TEGDMA > Bis-GMA > UDMA > HMDMA. Esta diferença ocorre pela presença de ligações éter no TEGDMA, grupos hidroxila (OH) no Bis-GMA, ligações de uretano no UDMA, e grupos éster em todos os monômeros, inclusive o HMDMA (Figura 12).

Figura 12. Cadeia molecular dos compostos TEGDMA e Bis-GMA, com suas respectivas ligações éter e grupo hidroxila.



Fonte: Ferracane (2006) – Imagem modificada pela autora.

Phillips (1993) explica sobre uma propriedade bastante importante das resinas acrílicas, a sorção. A sorção é quando os processos de absorção e adsorção acontecem simultaneamente, fazendo com que a água entre na matriz por difusão e

se fixe nas cadeias poliméricas. Absorção é a ação de incorporar uma substância (geralmente líquida ou gasosa) dentro de um material/substância (geralmente sólido), através de reações químicas e capilaridade. Já a adsorção é a deposição de moléculas contidas em outra substância na superfície de um material.

Polimetilmetacrilato (PMMA) trata-se de um composto resinoso sintético, apresentado ao profissional em sistema de pó (polímero) e monômero (líquido). O monômero é composto, basicamente, por metilmetacrilato/metacrilato de metila e hidroquinona, sendo a hidroquinona um ativo que inibe a polimerização, garantindo a estabilidade do material durante o tempo de armazenamento (ANUSAVICE, 1996).

A reação de polimerização do PMMA pode acontecer através de reações químicas, adição térmica ou adição de luz. Sendo assim, essas resinas podem ser classificadas em Resina Acrílica Ativada Quimicamente (RAAQ), Resina Acrílica Ativada Termicamente (RAAT) e Resina Acrílica Fotoativada. No caso das resinas ativadas termicamente, a energia capaz de desencadear o processo de polimerização provém de calor seco, energia de micro-ondas e quando a resina é aquecida em água (ANUSAVICE, 1996).

Kimpara *et al.* (1999) explicam que, quando a resina RAAT é ativada termicamente, em um curto intervalo de tempo, sob temperaturas superiores às necessárias para haja a polimerização, aumentam as chances dessa resina ter maior porosidade. Porém, se esse processo for realizado de maneira muito lenta, a resina pode perder sua porosidade

Ferracane, Berge e Condon (1998) descrevem que, quando o polímero entra em contato com um solvente ele sofre um efeito chamado plastificação. A plastificação nada mais é que o amolecimento da matriz resinosa, que ocorre pela separação das cadeias poliméricas por moléculas que não participam das ligações na cadeia, só ocupam espaço. A taxa de amolecimento da resina está diretamente ligada à taxa de absorção do solvente, o qual ocorre no momento que a resina é imersa na solução, atingindo sua saturação em um ou dois meses.

Ferracane (2006) explica que os polímeros utilizados para fabricar materiais restauradores e protéticos são, geralmente, compostos de mono ou di-metacrilatos, No entanto, os polímeros protéticos são predominantemente compostos por

polimetilmetacrilato. Como a estrutura química dos materiais protéticos é semelhante à dos materiais restauradores, esses se comportam de maneira semelhante quando imersos em água. Então, alguns fatores são relevantes para entendermos o quanto as resinas acrílicas sofrem influência do meio aquoso, dentre eles: fatores químicos como a hidrofiliabilidade do polímero e as diferenças de solubilidade entre a resina e seu solvente e fatores estruturais como densidade da rede de polímeros e porosidade dessa rede. A hidrofiliabilidade é uma propriedade natural dos polímeros, resultante das interações das ligações poliméricas com seu monômero. Os três monômeros mais empregados em materiais dentários são o Bis-GMA, o UDMA e o TEGDMA. Esses compósitos possuem, além de heteroátomos contendo carbono, hidrogênio e nitrogênio, grupo éster, ligações ésteres e uretano. Essas estruturas tornam o material mais suscetível ao processo de hidrólise, fazendo com que a resina absorva água de forma possivelmente negativa. A quantidade de água que a resina será capaz de absorver depende da densidade da sua rede polimérica e da diferença de solubilidade entre o solvente e o material. Quanto menor for a diferença de solubilidade entre ambos, maior será a absorção do solvente pelo material, visto que a solubilidade é a energia de coesão existente entre as moléculas do solvente. Quando o líquido penetra na cadeia de polímeros do material, ele provoca separação das ligações, o que gera uma leve expansão. Porém, como o material possui uma espécie de porosidade entre as cadeias, o líquido entra e se aloja ali, fazendo com que o PMMA não se expanda de fato. Desse modo, quando o material possui sua rede polimérica bastante densa (a maioria dos materiais dentários), ele absorve menos solvente por não ter espaço suficiente para o líquido se alojar. Assim, a estrutura química e o tempo de exposição ao solvente são fatores importantes a serem considerados quando se quer analisar a absorção de água de um material.

2.8 ALTERAÇÕES DE COR EM RESINAS TERMOATIVADAS E DE IMPRESSÃO 3D

Chan, Fuller e Hormati (1980) compararam a capacidade de pigmentação de diferentes bebidas frequentemente consumidas, sendo elas café, coca, chá, molho de soja. Para isso, foram utilizados 40 terceiros molares recém extraídos que, após serem limpos, tiveram classes V feitas em suas faces vestibular e lingual, a fim de serem posteriormente restaurados com dois tipos de resinas compostas, Adaptic (utilizada

na vestibular) e Concise (utilizada na lingual). Posteriormente, os espécimes foram divididos em 5 grupos de 8 amostras e imersos nas soluções, servindo como grupo controle a água destilada. As soluções de café e chá foram preparadas como consumidas normalmente e o molho de soja e a coca-cola foram utilizadas em seu formato industrial. Todas as amostras foram colocadas em incubadora a 37°C por 6 semanas, sendo avaliada a cor de 7 em 7 dias através de comparação com uma escala de cor marrom (não especificada) cujos valores variam de 0 (menor pigmentação) a 10 (maior pigmentação). Fotos foram tiradas em cada medição de cor. Após 6 semanas, metade das amostras foi retirada das soluções, escovadas com dentifício por 2 minutos, enxaguadas e secas. A outra metade da amostra foi embebida em solução de Bioplastic e seccionada longitudinalmente, a fim de se observar o quão profunda foi a penetração dos pigmentos. Como resultados, todas as amostras obtiveram valores de escala de marrom entre 0 – 4, sendo a água destilada a que obteve valores nulos. A diferença de cor causada pelo café e pelo molho de soja (3,0 e 2,9, respectivamente) foram consideravelmente maiores que o chá e a coca (1,8 para ambas). Além do mais, notou-se que a pigmentação foi ficando mais intensa com o passar do tempo e que a primeira semana causou a maior alteração de cor, sendo que a maior parte das amostras atingiu um platô durante várias semanas. Dessa forma, a maior pigmentação ocorreu durante a primeira semana, continuando na segunda semana. O estudo também constatou que a pigmentação das amostras foi superficial, atingindo profundidades de 3 μ - 5 μ , sendo impossível removê-las das resinas compostas completamente após escovação com dentifício.

Um e Ruyter (1991) testaram a estabilidade de cor de três resinas compostas termopolimerizáveis (Vitapan Monopast, Vita Zahnfabrik (VI); Isosit, Ivoclar AG (IS) e Biodent K -f- B Plus, DeTrey Dentsply (BI) e duas resinas compostas polimerizadas por luz (Visio-gem, ESPE GmbH (VG) e Dentacolor, Kulzer Inc (DC)) quando submersos em café fervido, café coado, chá à 50°C e água destilada por 0,5, 1, 2, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, e 1,000 horas em incubadora a 50°C \pm 1°C. A cor foi mensurada com espectrofotômetro a partir do espaço de cores CIELAB. Como resultados, os pesquisadores relataram que, após 48 horas de imersão, o chá foi quem provocou as maiores alterações de cor dentre as 4 soluções. As resinas que tiveram maior estabilidade de cor quando imersas em ambas as soluções de café foram as resinas termo IS e BI, enquanto VI e VG apresentaram baixa estabilidade. Ao analisar

os valores de ΔE_{ab} das amostras imersas nas duas soluções de café, percebeu-se que, quanto mais o tempo passava, mais o ΔE_{ab} aumentava de forma gradativa. Já o chá pigmentou mais rapidamente nas primeiras 24 horas de imersão e, após 48 horas, o ΔE_{ab} as amostras de todas as resinas ultrapassou o valor de $\Delta E_{ab}=22$. Então, a diferença entre o ΔE_{ab} mais alto (VI) e o mais baixo (VG) na solução de chá foi de aproximadamente 8 pontos. Ao analisar a coloração dos corpos de prova, aqueles que estiveram imersos nas soluções de café ficaram com aparência amarelada, enquanto os que estavam no chá ficaram com coloração marrom-amarelada. As características de cor dos espécimes também foram avaliadas através da cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Dessa forma, viu-se que os corantes amarelos do café são menos polares (consequentemente menos hidrofílicos) que os corantes amarelos do chá. Como as resinas compostas possuem caráter hidrofílico, a pigmentação por chá se dá de maneira mais rápida e intensa do que por café. A pigmentação pelo chá foi retirada das amostras facilmente, o que ocorreu provavelmente pela adsorção dos corantes do chá (polares) na superfície das amostras. Em compensação, a pigmentação gerada pelo café aconteceu tanto por absorção dos corantes quanto por absorção na superfície. Isso porque os corantes menos polares do café adentram mais profundamente nos materiais, devido a sua compatibilidade com determinadas redes poliméricas. Assim, materiais com maior caráter hidrofílico são corados por corantes hidrofílicos que estão dissolvidos em meio aquoso. Já materiais hidrofóbicos são pigmentados por soluções hidrofóbicas, porém contidas em meio oleoso. Quanto à absorção de água, esta aconteceu mais rapidamente nos primeiros 14 dias, alcançando um equilíbrio após 4 a 5 meses.

Buyukillmaz e Ruyter (1994) expuseram uma resina polimerizada por luz (Triad, Dentsply (T)), três termopolimerizáveis (SR Ivoclar Plus, Ivoclar (I); Meliodent, Bayer Dental (M) e Vertex RS, Dentimex (V)) e três autopolimerizáveis (Palapress Vario, Heraeus Kulzer (PV); Perform, Whaledent (P) e Probase Cold, Ivoclar (PC)) à soluções de café, chá, água destilada no escuro à $50^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e água em temperatura de $37^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ em luz solar artificial. Três amostras de cada marca foram colocadas em recipientes de vidro contendo as soluções de café e chá, levadas para incubadora, onde ficaram armazenadas por 1, 2, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 48, 72 e 96 horas. Depois que a cor foi mensurada no respectivo tempo, as amostras foram novamente imersas em soluções recém preparadas. Para testar a pigmentação em água destilada, amostras de cada resina foram também expostas a essa solução e colocadas em incubadora

por 6, 12, 24, 48, 96, 168, 336, 720 e 1.440 horas a $50^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$. A cor de todos os espécimes foi medida com espectrofotômetro e o espaço de cores utilizado foi o CIELAB. Como resultado, após 96 horas de imersão, constatou-se que o café produziu alterações de cor levemente maiores que o chá, sendo a resina T a mais estável com relação a mudança de cor ($\Delta E_{ab}\approx 8,0$ no café e $\Delta E_{ab}\approx 7,0$ no chá) e a resina M, a menos estável ($\Delta E_{ab}=12,86$ no café e $\Delta E_{ab}=11,47$ no chá). A diferença entre o maior valor e o menor valor de ΔE_{ab} foi de 4 unidades e ocorreu no tempo 18hrs para a solução de café e em 24 horas para a solução de chá, o que demonstra que o café pigmentou as amostras mais rapidamente que o chá. Após as 1000 horas de imersão, o café continuou sendo a solução de maior pigmentação seguida pelo chá, o que mostra que longos períodos de exposição não aumentam essa coloração. Quando a resina M ficou 1000 horas imersa, seu ΔE_{ab} passou de 12,86 para 11,70 (café) e de 11,47 para 7,05 (chá), o que pode estar relacionado a mudanças na superfície da resina ocorridas pela absorção de água. Já em água destilada no escuro a 50°C , as amostras se mostraram resistentes aos manchamentos quando comparadas às soluções de chá e café. Todos os materiais apresentaram pequenas alterações de cor, sendo os materiais I, P e V os mais estáveis com $\Delta E_{ab}<1$ e M, PV, PC e T com $\Delta E_{ab}>1,0$, tornando as mudanças de cor perceptíveis.

Lai, Lui e Lee (2003) avaliaram a estabilidade de cor, a sorção de água e a resistência ao manchamentos de 4 tipos de resinas quando imersas em café, chá e água. Foram utilizadas uma resina copoliamida (Flexite Supreme, Rapid Injection Systems, Minneola, NY), 2 resinas termopolimerizáveis (Vertex, Dentimex, Zeist, Holanda e QC-20, Dentsply, Surrey, UK) e um silicone (Gingivamoll, Regneri, Karlsruhe, Alemanha). As resinas foram imersas nas soluções por 6 meses a 37°C e suas alterações de cor foram mensuradas com espectrofotômetro. Foram realizadas 3 medições de cor e feita a média dos valores antes da imersão e após 7, 14, 30, 60, 120 e 180 dias, sendo CIELAB o espaço de cores escolhido. Como resultados, todos os fatores analisados (tempo, material e tipo de solução) foram considerados estatisticamente significantes ($p<0,001$). Além do mais, percebeu-se que, quanto mais as resinas ficavam imersas, maior era a intensidade da pigmentação. Em imersão de café, as resinas termoativadas foram as que menos pigmentaram, sendo o silicone o material que mais alterou sua cor. Em água destilada, todos os materiais apresentaram boa estabilidade de cor, sendo o silicone o material com melhores

resultados ($P < 0,05$). Após 180 dias de imersão em café, as resinas termoativadas tiveram valores medianos comparados aos demais materiais, sendo o silicone o que obteve o maior valor médio de $\Delta E_{ab} = 7,31$ comparado às demais imersões ($p < 0,001$). Os materiais testados e os períodos de imersão afetaram de forma significativa a quantidade de água absorvida ($p < 0,001$), sendo a interação entre condições também significativa ($p < 0,001$). Todos os materiais, com exceção do silicone, absorveram água rapidamente nos primeiros 7 dias e alcançaram um platô após 28 dias de submersão. A diferença de polaridade dos materiais testados pode impactar tanto a capacidade que esse material tem de ser pigmentado quanto a propagação da água. As resinas termoativadas apresentaram valores intermediários de absorção de água comparado ao silicone, o qual absorveu menos água (sendo considerado hidrofóbico) e à copoliâmida (hidrofílica) após 56 dias. A quantidade de pigmentação acontece pelo fato de que “semelhantes atraem semelhantes”, ou seja, resinas hidrofóbicas são coradas por soluções igualmente hidrofóbicas (como o café) e resinas hidrofílicas são coradas por soluções que contenham corantes de caráter hidrofílico (como o chá). Quando imersas em café, as resinas termoativadas tiveram seus valores de ΔE_{ab} : resina Vertex - $\Delta E_{ab7} = 0,62$, $\Delta E_{ab14} = 1,30$ e QC com seu $\Delta E_{ab7} = 0,57$ e $\Delta E_{ab14} = 0,84$.

Patel *et al.* (2004) analisaram se o acabamento de superfície e os tipos de soluções de armazenamento afetam a coloração de compostos de base resinosa e de resinas não preenchidas. No estudo, a pigmentação das amostras ocorreu entre o segundo dia (quando imersas em água) e sétimo dia (quando imersas nas soluções de vinho, café e cola). O vinho tinto produziu os maiores resultados de alteração de cor em todas as técnicas de acabamento de superfície. O cabernet sauvignon é um vinho de cor bordô escura e tem 12% de álcool por volume, o que faz com que o álcool facilite a pigmentação por amolecer a matriz da resinosa. Sendo assim, a quantidade de álcool presente no vinho desempenhou uma mudança significativa na cor da superfície das resinas com acabamento em poliéster.

Imirzalioglu *et al.* (2010) realizaram um estudo *in vitro* para determinar o efeito de 4 soluções (saliva (grupo controle), saliva+chá, saliva+café, saliva+nicotina) na cor de diferentes tipos de resinas acrílicas para base de próteses: autopolimerizáveis (Vertex Dentimex, Zeist, Holland) termopolimerizadas (Meliodent, Bayer, Strawberry Hill, Newbury, Berks, UK), moldadas por injeção (PalaXpress Kulzer, Wehrheim,

German), autopolimerizadas (Wertex Dentimex, Zeist, Holland) e um revestimento macio (Ufi Gel VOCO, Cuxhaven, Germany). A cor inicial foi medida com colorímetro e o espaço de cores escolhido foi o CIELAB. Os espécimes foram imersos nas soluções por 30 dias, à 37°C em ambiente escuro para simular as condições orais. Para detectar com mais finalidade o depósito de manchas decorrente dos alimentos, as soluções não foram trocadas no decorrer do experimento, sendo as medições de cor feitas nos 1°, 7° e 30° dias, após as amostras serem lavadas com água e secas com jatos de ar. O valor de ΔE_{ab} considerado padrão foi de $\Delta E_{ab} > 1$ sendo as alterações de cor perceptíveis a olho nu e $\Delta E_{ab} < 3,7$ como valores clinicamente aceitáveis. Com resultado, a resina termopolimerizável apresentou diferença de cor entre o grupo controle e as amostras imersas em solução de saliva+café entre o 1° e 7° dias (aumentando o ΔE_{ab} de 1,76 para 2,72) e entre o 7° e 30° dias (diminuição de ΔE_{ab} de 2,72 para 1,77) sendo valor de $p=0,001$. Então, a solução de café foi a única que causou diferenças significativas de cor nas amostras das resinas termopolimerizáveis, principalmente no 7° dia ($\Delta E_{ab}=2,72$). Já as outras soluções causaram alterações de cor perceptíveis a olho nu, porém não significativas ($p>0,05$). Para a resina moldada por injeção, as diferenças de cor foram percebidas apenas no grupo imersos em café entre o 7° e 30° dias (valor de ΔE_{ab} decresceu de 3,03 para 2,12 e $p=0,033$). A resina autopolimerizável não mostrou mudanças importantes de cor ao longo do tempo ($p>0,05$) em nenhuma das soluções. Para o revestimento macio, observou-se que apenas a solução contendo nicotina foi capaz de alterar a cor, entre o 1° e o 7° dia (ΔE_{ab} variou de 2,11 para 3,73) e do 1° ao 30° dia (ΔE_{ab} aumentou de 2,11 para 3,46).

Sepúlveda-Navarro *et al.* (2011), determinaram a estabilidade de cor de dois tipos de resinas termopolimerizáveis (Lucitone 550, Dentsply Ind. e Com. Ltda, Petrópolis, Brazil e Vipi Cril, Dental VIPI Ltda., Pirassununga, Brazil) e um material para base de prótese feito a partir de nylon (Transflex, Curitiba, Brazil) após imersas em água destilada (grupo controle), café, vinho tinto e coca-cola. Os 120 espécimes, 40 para cada material, foram preparados de acordo com as recomendações dos fabricantes, polidos e imersos em água destilada por 24 horas a 37°C e, logo após, feitas as medições de cor inicial (T_0). Os pesquisadores optaram pelo uso do espectrofotômetro, pois este mede a reflexão das cores do espectro de luz de maneira mais precisa que o colorímetro. O sistema colorimétrico utilizado para aferir o ΔE_{ab} foi

o CIELAB. Cada amostra foi suspensa por um fio dental e mantida em frascos individuais de 20ml a 37° e mantidas ali por 30 dias. Após o 15° (T1) e o 30° dias (T2), novas medições de cor foram feitas. Como resultado, Sepúlveda-Navarro *et al* (2010) observaram que, quando as amostras foram imersas em vinho tinto, entre os tempos T0-T1 os valores de ΔE_{ab} ficaram entre 4,0 e 6,0 para todas as resinas e em T0-T2, ΔE_{ab} teve valores entre 10,0 e 13,0 (também para todas as resinas). Nos tempos T1-T2, o vinho continuou sendo o único a mudar a cor de todas as resinas significativamente ($p < 0,0001$). Então, nas três resinas o vinho tinto foi o responsável pela alteração de cor mais intensa ($p < 0,001$), seguido pelo café ($p < 0,01$) quando comparadas as soluções controles. No café, resinas termopolimerizáveis tiveram seus valores de ΔE_{ab} 1,5 e 2,0 em T0-T1, 1,5 e 2,2 em T0-T2 e T1-T2. O Transflex também teve mudança de coloração quando imerso em coca-cola (ΔE_{ab} variando entre 2,0 e 4,0 e $p < 0,01$). Os valores foram considerados clinicamente aceitáveis.

Singh e Aggarwal (2012), através de um estudo *in vitro*, analisaram as alterações de cor ocorridas após a imersão de 4 marcas de resinas acrílicas termopolimerizáveis para base de prótese (Ashvin, Lucitone-199, DPI e Travelon-HI) em soluções de café, chá, e açafrão durante 30 dias. As soluções foram preparadas com 8g de corante para 400ml de água destilada a 100°C. Após esfriarem, as soluções foram coadas e divididas em 4 porções, sendo imersas nas soluções 5 amostras de cada marca de resina. Os 12 recipientes foram mantidos incubados em temperatura de $37^{\circ} \pm 1^{\circ}C$ e as soluções foram renovadas nos 10° e 20° dias. Para as medições de cor, as amostras foram lavadas com água destilada e secas. A cor foi mensurada a partir da escala de cores CIELAB com espectrofotômetro nos dias 0, 10°, 20° e 30°. O estudo mostrou que as diferenças de cor foram significativas em todos os tipos de resinas termopolimerizáveis analisadas, tanto entre os grupos quanto dentro dos mesmos ($p < 0,05$). O açafrão foi o corante que causou maiores impactos na coloração das resinas, seguidos pelo chá e depois pelo café. Quando as marcas foram imersas em chá, Lucitone variou seu ΔE_{ab} de 3,53 (10° dia) para 4,60 e 5,28 (20° e 30° dias, respectivamente). Travelon-HI teve seu ΔE_{ab} aumentado de 3,60 para 4,23 e 4,64. A resina DPI obteve valores de ΔE_{ab} na faixa de 2,78, 3,74 e 4,67. Por fim, Ashvin foi a que menos apresentou variação de cor quando imersa em chá, com $\Delta E_{ab}=2,34$, $\Delta E_{ab}=3,04$ e $\Delta E_{ab}=3,81$ (10°, 20 e 30° dias). Quando imersas no café as resinas apresentaram os seguintes resultados: Lucitone variou seu ΔE_{ab} de 2,76 (10° dia)

para 3,48 (20º dia) e 3,97 (30º dia), sendo a resina que mais pigmentou quando imersa nessa solução. Para Travelon-HI, a variação ocorreu de 2,17 (10º dia) para 2,94 (20º dia) e 3,45 (30º dia). A resina DPI obteve $\Delta E_{ab}=1,48$ no 10º dia, $\Delta E_{ab}=2,44$ e $\Delta E_{ab}=3,57$ no 30º dia. Por fim, Ashvin foi a resina que obteve as menores variações de cor quando exposta ao café, apresentando $\Delta E_{ab}= 1,38$ (10º dia), $\Delta E_{ab}= 2,03$ (20º dia) e $\Delta E_{ab}= 2,82$ (30º dia). O que os pesquisadores notaram foi que o ΔE_{ab} aumentou com o decorrer do tempo, porém não nas mesmas proporções após 10, 20 e 30 dias. Até o 10º dia, as resinas apresentaram maior pigmentação comparadas ao 20º e 30º dias. De acordo com os autores, isso ocorre devido ao processo de sorção da resina, que satura com os pigmentos em certo momento, não permitindo posteriores aderências. Além do mais, os pesquisadores acreditam que o açafrão gerou maior pigmentação por ser um corante de maior caráter polar.

Stawarczyk *et al.* (2012) realizaram um estudo no qual testaram a capacidade de descoloração de 4 resinas fabricadas por CAD/CAM (fresadas), 4 resinas polimerizadas manualmente (a base de polimetilmetacrilato) e uma resina vitrocerâmica como controle. As amostras (N= 300) foram divididas em 3 grupos (n=30) e imersas por 1, 7, 29, 90, 180 dias em café, chá preto e vinho tinto. Foi verificado que a resina utilizada em CAD/CAM pigmentou mais que as resinas com base de PMMA. Isso porque a base da matriz polimérica da resina de PMMA tem UDMA em sua composição, o qual é mais resistente a pigmentação devido a sua baixa capacidade de absorver água, além de sua solubilidade. Já a resina CAD/CAM tem em sua matriz, além do UDMA, o monômero Bis-GMA, o qual possui grupamentos hidroxila (-OH) responsáveis por atrair água para o interior da matriz. No estudo, a absorção de água pela matriz de Bis-GMA aumentou de 3% a 6%, enquanto a de TEGDMA aumentou de 0% para 1%. A duração do armazenamento das resinas nas soluções teve impacto significativo na cor. As amostras de CAD/CAM pigmentaram mais com o passar do tempo em comparação as resinas de PMMA. Os parâmetros de polimerização (tempo, temperatura e prensagem) das resinas CAD/CAM devem ser considerados, ao passo que, se não forem satisfatórios fazem o material absorver o seu meio de armazenamento.

No estudo de Goiato *et al.* (2013), foi avaliado o efeito da termociclagem e as soluções de bochecho e bebidas nas mudanças de cor de resinas acrílicas. Para isso,

foram confeccionadas 224 amostras a partir de 4 marcas de resina acrílica termopolimerizáveis (Onda Cryl, Classico Dental Products, São Paulo, Brazil (OC); QC20 Dentsply Ltda., Rio de Janeiro, Brazil (QC); Clássico Classico Dental Products, São Paulo, Brazil (CL) e Lucitone, Dentsply Ltd., Rio de Janeiro, Brazil (LU)), sendo 56 pertencente a cada tipo de resina. Oito espécimes foram imersos em três marcas de enxaguantes bucais (Colgate Plax Fresh Mint (PC), Listerine® Cool Mint (LI) e Oral-B® - Sabor menta – Sem álcool (OB), soluções de coca-cola, café, vinho tinto seco e saliva artificial (grupo controle). As amostras, após termociclagem de 5000 ciclos (Convel, Araçatuba, Brasil), foram colocadas em uma das soluções ou em saliva artificial. A termociclagem foi realizada a fim de simular como os materiais se comportariam se estivessem em boca por 5 anos. As alterações de cor foram obtidas com espectrofotômetro e a escala de cores empregada foi a CIELAB. O ΔE_{ab} foi obtido a partir dos seguintes tempos: antes de serem imersos e após termociclagem (T1), 1h (T2), 3h (T3), 24hr (T4), 48hr (T5) e 96hr (T6). Como resultados, eles perceberam que a termociclagem por si só, já é um fator de alteração de cor das resinas acrílicas para base de prótese. Além do mais, viram que todos os fatores estudados (resina acrílica, tempo de imersão e solução) influenciaram nas mudanças de cor ($p < 0.001$), com exceção do enxaguante bucal, o qual não foi correlacionado à resina acrílica. O tempo T6 causou mudanças significativas nos valores de ΔE_{ab} da resina QC em comparação com as demais resinas e tempos analisados, fazendo com que esta fosse a resina que obteve maiores variações de cor dentre as resinas avaliadas, com menor valor de $\Delta E_{ab}=5,12$, quando imerso em saliva artificial e maior valor $\Delta E_{ab}=10,33$ quando imersa em enxaguante bucal Oral B Sabor Menta – Sem álcool (OB). Também observaram que a resina Lucitone (LU) teve os maiores valores de ΔE_{ab} nos tempos T1 a T5, sendo $\Delta E_{ab}=1,78$ em T1 quando imersa em saliva artificial e $\Delta E_{ab}=3,45$ em café. Quando imersa em vinho tinto, apenas a resina acrílica termopolimerizável OC não mostrou diferenças de cor estatisticamente significativas em comparação às outras marcas.

Amin, Rehman e Azizudin (2014) analisaram o efeito de bebidas altamente consumidas na estabilidade de cor da resina termopolimerizável (Vertex rapid simplified, Holanda). Com as soluções de açafrão, chá, café e coca devidamente preparadas, as amostras foram divididas em 6 grupos com 10 amostras cada. Antes de serem mergulhadas nas soluções, 10 amostras tiveram a cor aferida com

espectrofotômetro como linha de base (dia zero). Os outros 5 grupos tiveram a sua cor medida após a imersão nas soluções (água destilada, açafião, café, chá e coca). Os exemplares ficaram imersos nas soluções por 24 horas durante 30 dias, porém, após cada ciclo de 24 horas, as amostras eram retiradas das soluções, lavadas com água destilada e secas ao ar. Esse ciclo foi repetido com todos os grupos e a cor foi mensurada após 30 dias, a partir do sistema colorimétrico CIELAB. A cor foi quantificada através dos valores do NBS (National Bureau of Standards), o qual multiplica o valor de ΔE_{ab} por 0,92 e classifica a mudança de cor como traço (0-0,5), leve (0,5-1,5), notável (1,5-3,0), apreciável (3,0-6,0), muito (6,0-12,0) e muitíssimo (>12). Como resultado, todas as amostras apresentaram diferença de cor ao final de 30 dias. Os valores de ΔE_{ab} de cada solução foram: grupo controle ($\Delta E_{ab}=0,02$), água destilada ($\Delta E_{ab}=0,21$), café ($\Delta E_{ab}=6,24$), açafião ($\Delta E_{ab}=7,13$), coca ($\Delta E_{ab}=5,12$) e chá ($\Delta E_{ab}=6,13$). De acordo com os valores de NBS, traços de mudança de cor foram encontrados na amostra base (dia 0), mudança leve em água destilada, apreciável em café, muito em solução de açafião e apreciável em coca e chá. Sendo assim, a maior alteração colorimétrica ocorreu nas amostras que estiveram em solução de açafião e a menor, em água destilada. Em todas as bebidas analisadas foram encontrados valores de $p < 0,001$.

Arocha *et al.* (2014) estudaram a capacidade de pigmentação de compósitos indiretos fabricados a partir de blocos de resina CAD/CAM (Lava Ultimate (LULT) e Paradigm (PRD)) em comparação com os fabricados convencionalmente em laboratório com resinas compostas (Adoro (ADR) e Premise Indirect (PMI)). Para tal, 120 amostras foram imersas em soluções de café, vinho tinto, chá preto e água destilada (grupo controle) por 4 semanas. As amostras foram confeccionadas com 10mm x 2mm (diâmetro e espessura) e sua cor foi avaliada nos tempos T0, T1 (1ª semana), T2 (2ª semana), T3 (3ª semana) e T4 (4ª semana) através de espectrofotômetro, utilizando o espaço de cores CIELAB. A resina que obteve menor estabilidade de cor foi LULT e a resina que menos foi pigmentada pelos corantes foi ARD. Dessa forma, percebeu-se que as duas resinas fabricadas a partir de CAD/CAM pigmentaram mais do que as resinas produzidas convencionalmente. Além do mais, foi constatado que o vinho tinto foi responsável pelas maiores alterações de cor, tanto nas resinas fabricadas por CAD/CAM quanto nas convencionais de laboratório em qualquer período avaliado, devido a sua capacidade de amolecer a matriz de resinosa.

O café foi a segunda solução que mais pigmentou as resinas, seguida pelo chá preto e água destilada.

Al-Qarni *et al.* (2019) realizaram um estudo *in vitro* para comparar o efeito de bebidas na coloração de dois tipos de resinas: resinas acrílicas utilizadas para fabricação de próteses totais a partir de CAD/CAM (fresadas e moldadas por injeção) e resinas acrílicas convencionais. As soluções utilizadas foram café, vinho tinto e água destilada (grupo controle). O tempo de imersão foi fixado em 7 dias para mimetizar uma exposição diária média de 5 a 7 minutos ao café ou ao vinho, o que equivale de 34 a 67 meses exposição aos corantes. As medições de cor foram feitas com espectrofotômetro através do espaço de cores CIELAB. Para interpretação clínica dos resultados através de métodos visuais, foi utilizado o limiar de perceptibilidade 50:50% ($\Delta E_{ab}=1,2$) e o limiar de aceitabilidade 50:50% ($\Delta E_{ab}=2,7$). Como resultado, percebeu-se que o café e o vinho tinto alteraram a cor das amostras de resina para base de prótese de maneira significativamente maior em comparação com as amostras em água destilada ($p<0,001$). Quando imersas no café, as resinas CAD/CAM fresadas apresentaram valores não significativos ($p<0,05$), pois sua variação de cor foi intermediária às variações das outras técnicas. Já no vinho tinto, as resinas fresadas tiveram alteração de cor maior que as resinas moldadas por injeção ($p=0,003$).

Dayan *et al.* (2019) compararam a estabilidade de cor dos polimetilmetacrilatos para base de prótese convencionais (termopolimerizáveis, autopolimerizáveis e polimerizados por luz) com blocos de PMMA confeccionados a partir de CAD/CAM. Para serem imersas nas soluções de café, vinho tinto, coca e água destilada, as 240 amostras foram divididas em 4 grupos principais de acordo com o tipo de resina ($n=15$) e em 4 subgrupos ($n=10$) de acordo com cada tipo de solução. As amostras foram imersas 2 vezes ao dia, por 15 minutos, durante 30 dias, sendo as soluções renovadas diariamente. A cor foi aferida antes e depois do armazenamento, no 7º e 30º dias, com espectrofotômetro, utilizando o espaço de cores CIELAB. Para fins de comparação, valores de $1,0 \geq \Delta E_{ab} \leq 3,3$ foram considerados aceitáveis e valores de $\Delta E_{ab} > 3,3$, inaceitáveis. O resultado da pesquisa mostra que a resina de PMMA termopolimerizável alterou sua cor após imersa em água destilada por 7 dias ($\Delta E_{ab}=1,06$), comparando-se com os outros meios de armazenamento. Já após 30 dias, essa resina pigmentou mais quando imersa em vinho tinto, sendo $\Delta E_{ab}= 2,17$ e

$p < 0.001$. Nas resinas CAD/CAM, o vinho tinto continuou sendo responsável pela maior alteração de cor, apresentando $\Delta E_{ab} = 0,90$ no 7º dia e $\Delta E_{ab} = 2,04$ e valor de $p < 0.001$ no 30º dia. Então, todas as soluções causaram algum tipo de mudança de cor nas resinas, porém as alterações de cor, tanto na resina termopolimerizável quanto nas resinas para CAD/CAM, foram consideradas aceitáveis após 30 dias. Além do mais, as resinas para CAD/CAM mostraram melhor estabilidade de cor do que os outros tipos de resinas utilizadas para confecção de base de próteses.

Kessler *et al.* (2019) investigaram como ocorria o desgaste de 3 materiais provisórios de impressão 3D por adição, um PMMA para fresagem a partir de CAD/CAM (grupo controle negativo) e uma resina composta (grupo controle positivo). Eles concluíram que o conteúdo de preenchimento da resina pode alterar o desgaste de materiais impressos em 3D, bem como de materiais restauradores dentais. Além do mais, a degradação da superfície das resinas impressas em 3D pode alterar a estabilidade da cor. Quanto menos conteúdo de preenchimento a resina possui, maior a sua deterioração. Usualmente, as resinas de impressão 3D contêm poucas partículas de carga inorgânicas. Essa é uma característica do processo de fabricação da impressão 3D, o qual necessita que a viscosidade da resina seja a mais baixa possível, a fim de favorecer o escoamento do material durante o processo de impressão, além de proporcionar uma superfície lisa e bem acabada. As resinas de impressão 3D são apresentadas, de modo comercial, em frascos de até um litro, o que possibilita seu armazenamento por um maior período de tempo. Porém, pode ocorrer deposição das partículas maiores no fundo do frasco, o que culmina em uma resina com distribuição de cargas irregular. Durante a impressão, pode ocorrer a deposição de camadas diferentes de partículas de preenchimento, o que gera uma polimerização inadequada da resina, fator que intensifica a degradação da superfície. Isso acontece porque, quando a luz da impressora é dispersa dentro do material, ela reflete nas cargas e se espalha de maneira igual, gerando a correta polimerização. Se as cargas estão aglomeradas, a luz do laser que incide sobre a resina sofre uma mudança no seu índice de refração, fazendo com que essa luz seja espalhada de maneira mais potente no local de incidência, reduzindo a profundidade de polimerização. Essa redução pode fazer com que, além das camadas anteriores já depositadas na impressão não sejam unidas à nova camada, o laser polimerize somente a resina que está ao seu redor, diminuindo as propriedades mecânicas, a

resistência da resina e até encerrando o processo de impressão. Em contrapartida, se a quantidade de cargas for muito baixa, podemos ter um maior espalhamento da luz, o que aumentaria o volume de resina polimerizada, formando camadas muito espessas.

Gruber *et al.* (2020) analisaram a estabilidade de cor de resina acrílica para base de prótese termopolimerizável em comparação às resinas confeccionadas por CAD/CAM (tanto fresadas quanto impressas) quando imersas em café, água destilada, vinho e processo de ciclagem térmica. Foram confeccionados um total de 176 espécimes, sendo os grupos divididos pela cor que a resina apresentava (rosa ou cor de dente), no qual cada grupo gerou subgrupos que continham 16 amostras cada ($n=16$). Para análise da cor, foi utilizado espectrofotômetro calibrado com cartão de brancos e o espaço de cores escolhido foi o CIELAB. A cor foi registrada em T(0) e T(30), sendo extraídos dois valores: componente especular incluído (SCI) e componente especular excluído (SCE). Quando medimos com a componente especular excluída, estamos eliminando a dispersão luminosa, o que indica valores de aparência da superfície. Já quando medimos com a componente especular incluída estamos inserindo a dispersão luminosa, indicando valores de avaliação de cor. Com relação ao limiar de perceptibilidade (LP), valores de $\Delta E_{ab} \leq 1,2$ foram considerados como adequados. Valores entre $\Delta E_{ab} \geq 1,2$ e $\leq 2,7$ foram considerados aceitáveis, indicando o limiar de aceitabilidade (LA). Já valores acima $\Delta E_{ab} > 2,7$ foram considerados inaceitáveis. As resinas de impressão, tanto cor rosa quanto cor de dente, tiveram maiores mudanças de cor em comparação com as resinas fresadas e convencionais de ambas as cores em água destilada, tanto no componente especular incluído quanto no excluído. Quando imersas em vinho tinto, as resinas de impressão rosa e cor de dente continuaram tendo maiores variações de cor, tanto para SCI quanto para SCE comparadas às outras resinas. Como valores, a resina de impressão rosa apresentou $\Delta E_{ab}(SCI)=2,945$ e $\Delta E_{ab}(SCE)=3,273$ enquanto a cor de dente teve seu $\Delta E_{ab}(SCI)=3,603$ e $\Delta E_{ab}(SCE)=3,708$, sendo estes valores acima de LA. Entre os outros grupos não foi observada mudança de cor em nenhum dos ΔE_{ab} . Por fim, quando imersas em café, a resina de impressão cor rosa teve valores significativamente maiores que os outros grupos de resinas, sendo seu $\Delta E_{ab}(SCI)=2,908$ ($p < 0,001$) e $\Delta E_{ab}(SCE)=3,203$ ($p < 0,001$), estando acima do limite

LA. Não foi encontrada diferenças significativas entre as outras resinas de tom rosa em ambos os ΔE_{ab} .

Stamenković *et al.* (2020), investigaram a pigmentação de materiais fabricados através CAD/CAM após protocolo de polimento e exposição à café, vinho tinto e envelhecimento acelerado. Os materiais utilizados foram: resinas nanocerâmicas, cerâmica de dissilicato de lítio, cerâmica com silicato de lítio e cerâmica infiltrada com polímero. Duzentos e oitenta e oito amostras foram confeccionadas e, após a medição de cor T(0), foram imersas nas soluções em incubadora a 37°C (no escuro) por 2,5 dias (T1) e 5 dias (T2), correspondendo a exposição às soluções durante 10 min/dia por 1 ano e 2 anos, respectivamente. Todas as medições de cor foram realizadas com espectrofotômetro de mesa e os espaços de cor utilizados foram o CIELAB e CIEDE2000. A cor também foi avaliada visualmente através dos limites LA e LP, por ser uma interpretação real das diferenças representadas pelos números. Essa diferença de cor foi graduada do 1 ao 5, pela análise dos valores de ΔE_{ab00} e ΔE_{ab} : foi considerado estabilidade de cor 5 “excelente” ($\Delta E_{ab00} \leq 0,8$), 4 “aceitável” ($>0,8$ e $\leq 1,8$), 3 incompatibilidade de cor “moderada” ($\leq LA \times 2$), 2 incompatibilidade “clara” ($> LA \times$ e $\leq LA \times 3$) e 1 incompatibilidade pronunciada ($> LA \times 3$). O tempo T0-T2 foi o intervalo que gerou as maiores mudanças de cor em imersão de café, com exceção dos materiais silicato de lítio e dissilicato de lítio. Todos os materiais que ficaram imersos em café e vinho tinto por longos períodos de tempo apresentaram aumento significativo na mudança de sua cor, exceto os materiais que continham silicato de lítio e dissilicato de lítio. Materiais CAD/CAM que contém polímeros na sua composição tendem a absorver os pigmentos contidos nas soluções. Isso porque o Bis-GMA é extremamente hidrofílico em decorrência de grupos hidroxilas laterais, o que contribui para uma maior sorção de água e, conseqüentemente, maior pigmentação. Esse é o motivo pelo qual materiais que não continham Bis-GMA se mostraram mais estáveis a mudança de cor do que materiais que continham pouca quantidade de Bis-GMA (apenas 20%) e monômeros de baixa viscosidade. Também, percebeu-se que as maiores diferenças de cor foram notadas após maiores tempos de imersão e que a composição do material está diretamente relacionada à estabilidade da cor (exceto nas cerâmicas com silicato e dissilicato de lítio).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar alterações cromáticas de resinas de impressão e resinas termoativadas utilizadas em base de prótese com o uso de diferentes corantes.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a estabilidade de cor das resinas Temp PRINT™ (GC Europe), Cosmos Denture® (Yllor) e Diamond D® (Keystone) quando imersas nas soluções de café, chá preto, vinho tinto e água destilada com o uso do protocolo eLAB®;
- Avaliar a estabilidade de cor das resinas Temp PRINT™ (GC Europe), Cosmos Denture® (Yllor) e Diamond D® (Keystone) quando imersas nas soluções de café, chá preto, vinho tinto e água destilada com o uso do espectrofotômetro Easyshade;
- Comparar a estabilidade de cor dos dois tipos de resina;
- Comparar as duas ferramentas de medição de cor.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DESENHO EXPERIMENTAL

O projeto caracteriza-se como um estudo experimental *in vitro*.

4.2 HIPÓTESE NULA

A hipótese nula deste trabalho é de que não há diferença significativa nos valores de medição de cor entre resinas de impressão 3D e convencionais (termoativadas) utilizadas para a confecção de bases de próteses totais convencionais com o uso de diferentes corantes.

4.3 CÁLCULO AMOSTRAL

O cálculo amostral foi realizado utilizando as médias e desvio-padrão de um estudo prévio publicado por Gruber *et al.* (2020), com o programa G*Power versão 3.1.9.4. O cálculo do tamanho amostral foi realizado supondo que o tamanho de efeito para a diferença entre as duas diferentes resinas (Resina para impressão 3D e PMMA termoativado) seria de, pelo menos, 0,4 (efeito grande de acordo com COHEN, 1969, p.348). Além do tamanho de efeito ($f=0,4$), foram considerados para o cálculo do tamanho amostral: alfa de 0,05 e poder de teste de 0,8 (80%) para análise da diferença entre os grupos (Anova one-way). Dessa forma, para detectar uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos de resina serão necessárias um total de 04 amostras por grupo. Para uma maior homogeneidade da amostra em cada grupo, aumentou-se seu tamanho em 15 unidades, totalizando 240 amostras (60 em cada grupo).

4.4 GRUPOS EXPERIMENTAIS

Os grupos experimentais do presente estudo serão como descritos no quadro abaixo (Tabela 1):

Tabela 1. Materiais para confecção de base de próteses totais convencionais.

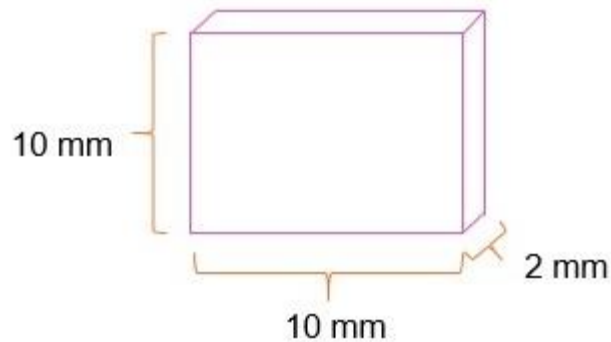
Material	Método	Marca e Fabricante	Grupo Experimental	Tamanho da amostra (n)
Resina de Impressão 3D	CAD/CAM (Impressão 3D)	Temp PRINT™, GC Europe¥	Teste (GC)	60
		Cosmos Denture®, Yller¶ Cor Branca	Teste (YB)	60
		Cosmos Denture®, Yller¶ Cor Rosa	Teste (YR)	60
Resina de PMMA termoativada	Fabricação Convencional (Polimerização por Microondas)	Diamond D®, Keystone§	Controle (D)	60
			TOTAL	240

¶ Yller® Biomateriais S/A, Pelotas, Brasil. § Keystone® Industries, EUA. ¥ GC Europe AG®, Europa.

4.5 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Para o presente estudo, foram avaliadas as alterações colorimétricas em dois diferentes tipos de resinas aplicadas na confecção de base de prótese: as resinas de impressão Temp PRINT™ (GC Europe), Cosmos Denture®, Yller¶ (Cor Branca), e Cosmos Denture® Yller (cor rosa) e a resina PMMA termoativada Diamond D® (Keystone), sendo a resina de PMMA ativada termicamente o grupo controle e as de impressão, os grupos testes. Todos os materiais foram utilizados de acordo com as recomendações do fabricante. Foram preparadas 240 amostras, no formato quadrangular de dimensões 10mm x 10mm x 2mm (diâmetro, largura e espessura, como consta na Figura 13).

Figura 13. Dimensão dos corpos de prova.



Fonte: Autora

4.5.1 Confeção corpos de prova de resina de impressão

Sessenta amostras da resina GC® (GC Europe) foram projetadas a partir do programa programa DentalCAD® (Exocad, Alemanha), com formato quadrangular de 10mm x 10mm x 2mm (largura, comprimento e espessura, respectivamente), conforme estudo de AL-Qarni *et al.* (2019). Para a impressão das 120 amostras com a resina Cosmos Denture® (Yllor® Biomateriais, Brasil), foi enviado o desenho do corpo de prova projetado em arquivo STL para o componente CAM da impressora 3D, completando a impressão de todas as amostras necessárias para o estudo.

4.5.2 Confeção corpos de prova de resina PMMA termoativada

Para realizar a confecção dos corpos de prova de resina de PMMA termoativada (Keystone®, EUA), foi necessário utilizar os corpos de prova de resina de impressão Cosmos Denture (Yllor®, Biomateriais), já confeccionados previamente, como modelos para para a criação de moldes em gesso. Para isso, cinco modelos foram preparados da seguinte forma: primeiramente, acrescentou-se a uma das extremidades dos modelos aproximadamente 2mm de cera 7 (Lysanda®, Brasil), para facilitar a remoção destes dos moldes após o processo de polimerização. Em seguida,

os modelos foram lubrificados e, após o término da preparação dos mesmos, Gesso Especial Tipo 4 Super Duro (Dentona®, Alemanha) foi espatulado em espatulador de gesso a vácuo (Polidental Indústria e Comércio Ltda., Brasil) de acordo com as instruções do fabricante (100g de pó para 23ml de água destilada) por 30 segundos. O gesso, já finalizado, foi acomodado em mufla de fibra de plástico (VIPI®, Brasil) previamente lubrificada. Após posicionar os modelos com cera dentro do gesso, foi esperado pelo término do processo de cristalização e uma camada de isolante para gesso foi aplicada no conjunto. A contra-mufla, previamente lubrificada, foi posicionada sobre a mufla, seus parafusos apertados levemente e foi preenchida com o mesmo gesso utilizado anteriormente nas mesmas proporções. Para que não houvesse a formação de bolhas, o conjunto mufla/contra-mufla foi colocado sob vibração em um aparelho vibrador. Terminado o processo, o conjunto mufla/contra-mufla ficou em repouso sobre uma bancada até a completa cristalização do gesso. Já em temperatura ambiente, a mufla e a contra-mufla foram separadas e os espécimes retirados com o auxílio de uma espátula lecron, através da cera afixada nas amostras. Após avaliação visual e aprovação dos moldes criados no gesso, estes foram isolados com isolante de gesso e, após seco o isolante, uma camada de vaselina foi aplicada sobre as bordas da mufla.

Optou-se, para este estudo, a utilização do método de polimerização por microondas, lançado pelo Ministério da Saúde (2013) no Manual Técnico de Confecção de Próteses Totais pela Técnica de Polimerização em Microondas.

A manipulação da resina iniciou assim que os moldes da mufla já estavam preparados, seguindo as recomendações do fabricante. Colocou-se 9g de Monômero Acrílico Termopolimerizável Diamond D® (lote nº: JB4556) em um pote paladon de vidro e adicionou-se 21g de Polímero Acrílico Termopolimerizável Diamond D® (lote nº: IH3642) aos poucos, seguindo as recomendações do fabricante. A mistura foi realizada com espátula metálica nº 36 com delicados movimentos, para incorporar de maneira eficaz o pó no líquido. Com o pote fechado, aguardou-se até que a mistura completasse a fase plástica. Em seguida, a resina acrílica já pronta foi acondicionada nos moldes da mufla, sendo esta fechada sem a colocação dos parafusos e levada até uma Prensa Hidráulica de 4 toneladas (VH Midas Dental Products, Brasil) para receber uma pressão de 1,250 toneladas por 20 minutos, a fim de que o material em excesso escoasse. A prensa foi constantemente supervisionada para que a pressão

estivesse sempre no valor desejado. Findado o tempo de prensa e antes de ser removida da mesma, a mufla/contra-mufla teve seus parafusos colocados e apertados completamente.

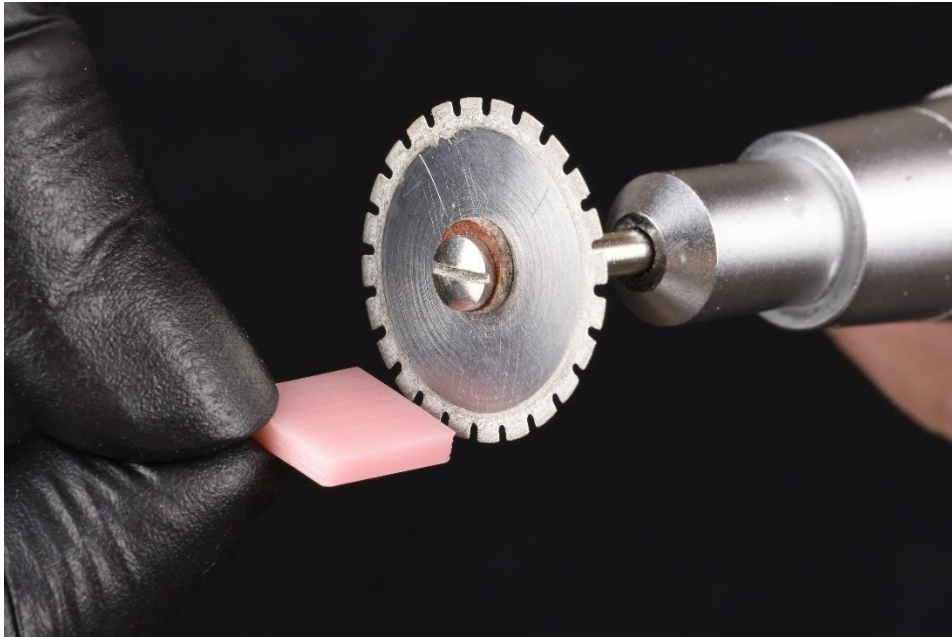
Então, o conjunto mufla/contra-mufla foi levado até o microondas Electrolux® MEF41 (800 - 1000 Watts de potência) para que fosse realizada a polimerização, conforme instruções do Ministério da Saúde e do fabricante. O fabricante recomenda dividir o processo de polimerização em três etapas quando utilizado o Monômero Acrílico Termopolimerizável (lote nº: JB4556) em microondas de potência entre 800 W a 1000 W.

Na primeira fase da polimerização, o microondas teve sua potência calibrada em 40%, e o tempo de duração foi de três minutos. Na segunda fase, aumentou-se a potência para 60%, mantendo-se o tempo de 3 minutos. Na última fase, a mufla/contra-mufla ficou no microondas por apenas 2 minutos em potência de 80%. Assim que finalizou-se o processo de polimerização, a mufla foi deixada por 20 minutos sobre uma bancada e mais 20 minutos imersa em água fria. Assim que a mufla atingiu a temperatura ambiente, foi aberta e as amostras em resina foram removidas do gesso.

4.6 AJUSTE DAS DIMENSÕES

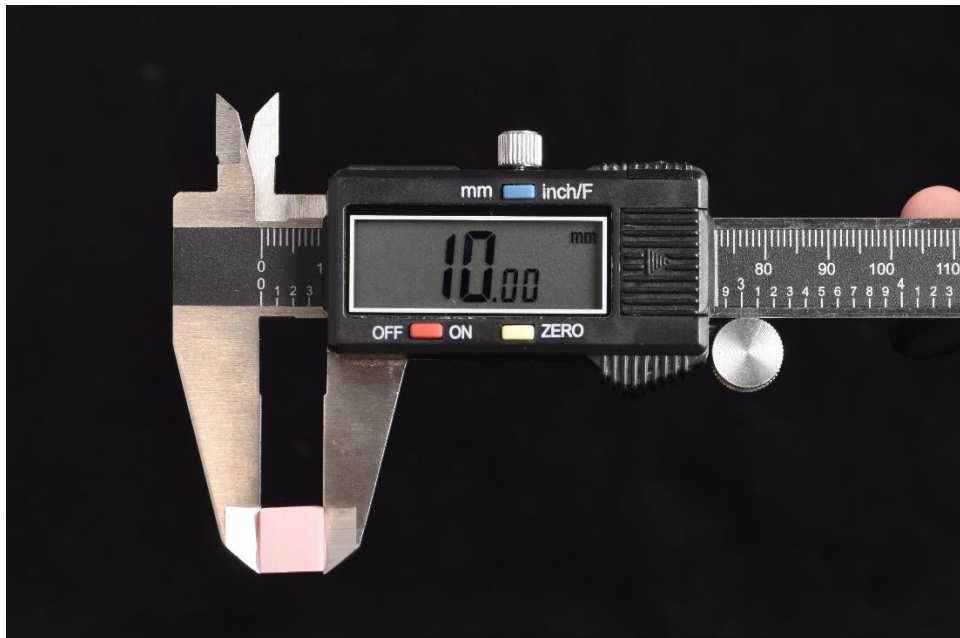
Após a confecção das amostras, as dimensões das mesmas foram ajustadas com discos diamantado (American Burrs®, Brasil) e carborundum (American Burrs®, Brasil) (Figura 14). Tais dimensões foram conferidas com paquímetro digital Neiko Stainless Hardened Digital Caliper 0-150mm (Neiko®) (Figura 15) e inspeção visual do operador.

Figura 14. Protocolo de acabamento com disco diamantado.



Fonte: Autora

Figura 15. Conferência das dimensões dos espécimes com paquímetro digital.

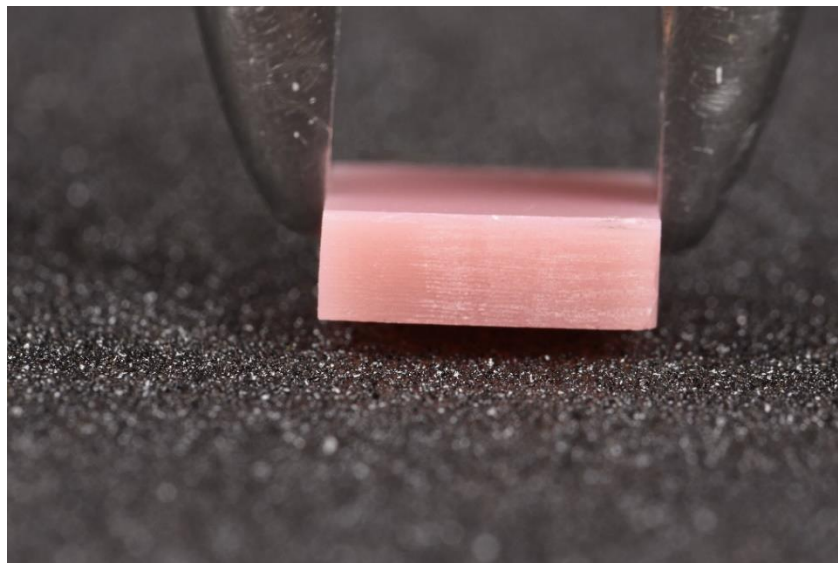


Fonte: Autora

4.7 RUGOSIDADE SUPERFICIAL

Para garantir que todas as amostras tivessem a mesma padronização de rugosidade superficial (até $2\mu\text{m}$), as amostras passaram por um protocolo de acabamento. Para isso, foi utilizada uma sequência de lixas d'água de nº 100 (3M, Wetordry™, Brasil), 120 (3M, Wetordry™, Brasil) e 240 (3M, Wetordry™, Brasil), acopladas a uma Politriz Struers DP-10 com água (Panambra, Industrial e Técnica S.A., Brasil) por 5 segundos cada lixa em ambos os lados. Para garantir a segurança do operador, foi utilizado um fórceps cirúrgico para estabilizar as amostras e para garantir que a impressão de força realizada pela amostra sobre a lixa fosse leve e constante (Figura 16).

Figura 16. Realização do protocolo de acabamento com lixas d'água.



Fonte: Autora

Após finalizado o protocolo de acabamento, foram executados testes de rugosidade superficial utilizando rugosímetro Instrutherm RP-100 (Instrutherm®, Brasil), com unidade de medida ajustada em micrômetros, em ambos os lados de todas as amostras. As medições foram realizadas três vezes e a média aritmética simples dos valores registrados foi considerada. Após os testes de rugosidades finalizados, as amostras foram separadas em grupos de acordo com o tipo de resina. Cada resina foi subdividida em mais 4 subgrupos com 15 amostras, cada qual representando uma solução ao qual a resina seria imersa (Figura 17). Cada amostra

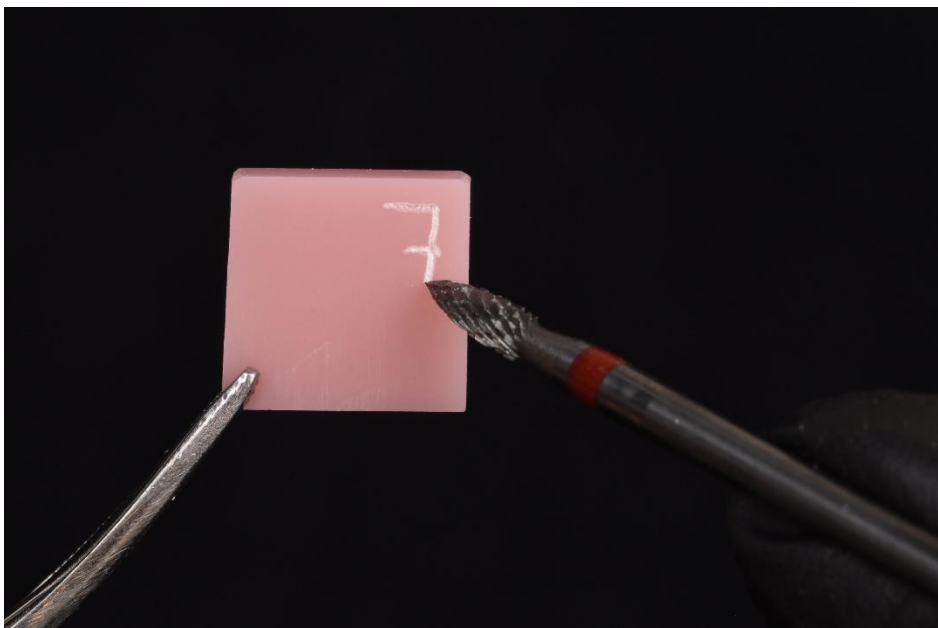
de resina foi numerada com um número de 1 a 15 em uma de suas faces com broca multilaminadas carbide 12 lâminas (American Burrs®, Brasil), peça reta e micromotor, para garantir que a face a qual seria avaliada a cor fosse sempre a mesma (a que não fosse numerada) (Figura 18).

Figura 17. Amostras de resina Yller Rosa sendo imersas em chá preto.



Fonte: Autora

Figura 18. Demarcação dos espécimes com broca carbide multilaminada.



Fonte: Autora

4.8 PROTOCOLO DE LIMPEZA

A fim garantir que as amostras estivessem perfeitamente limpas antes da imersão nos corantes, foi realizado um banho ultrassônico nas amostras (Figura 19). Para isso, as amostras foram imersas em uma cuba ultrassônica Schuster L100 (Schuster, Brasil) com água destilada por 10 minutos, com as faces não numeradas voltadas para baixo. Assim que a limpeza foi realizada, as amostras foram retiradas da cuba ultrassônica e secas por aproximadamente 1 minuto, com caneta tríplice e jato de ar e acondicionadas em recipientes fechados conforme o grupo ao qual pertenciam. Todo o manuseio das amostras após o protocolo de limpeza foi realizado com pinça clínica e luvas, com o objetivo de não deixar resquícios de pele ou sujeira que pudessem, futuramente, alterar a pigmentação dos corantes ou causar variação de cor indesejada.

Figura 19. Imersão dos espécimes em banho ultrassônico.



Fonte: Autora

4.9 IMERSÃO DAS AMOSTRAS

Para essa etapa, manteve-se a divisão das amostras em 4 grupos principais (N=60) de acordo com a marca de cada resina. Cada grupo foi dividido em mais 4 subgrupos (n=15) de acordo com o meio de armazenamento: água destilada (grupo controle), café, chá preto e vinho tinto. Todas as etapas do estudo foram realizadas à temperatura ambiente de 23° para garantir uma padronização e evitar possíveis alterações devido a temperatura.

A solução de café foi preparada utilizando 60g de café 3 Corações Tradicional (Tres®, Brasil), passado em um filtro de papel n° 103 (Melitta®, Brasil) com 600ml de água fervente. Açúcar não foi adicionado à solução. Para a preparação do chá, foi fervido 1 litro de água potável e colocado 10g de chá preto (uma colher de chá em natura) em infusão por 5 minutos. Após esse tempo, o chá foi coado através de um filtro de papel n° 103 (Melitta®, Brasil), para que nenhum resquício de chá ficasse na solução. Tanto o chá quanto o café, após preparados, permaneceram em repouso até esfriar e atingir a temperatura de 50°C, temperatura conferida através de termômetro digital (Incoterm, Brasil). O vinho tinto utilizado (Collina Vinho Tinto de Mesa Seco - Cooperativa Agroindustrial Nova Aliança Ltda) não necessitou de protocolo especial de preparação e foi utilizado em temperatura ambiente. Assim que as soluções atingiram a temperatura ideal, 15 amostras de cada resina foram colocadas com a face a ser analisada voltada para cima em potes fechados contendo cada uma das soluções (Figura 20), e armazenados em estufa a 37°C ± 1°C.

Figura 20. Solução de chá preto com espécimes em imersão.



Fonte: Autora

As amostras foram armazenadas em suas respectivas soluções por um período de 5 dias, sendo as soluções trocadas diariamente. Após finalizado cada período de imersão (60 e 120 horas), as amostras foram retiradas de suas soluções, lavadas em água corrente por 20 segundos e secas com jatos de ar frio por aproximadamente 1 minuto (Figura 21). Logo em seguida, as medições de cor foram realizadas, tanto com o espectrofotômetro quanto através da fotocolorimetria.

Figura 21. Secagem das amostras com jatos de ar frio.



Fonte: Autor

4.10 AVALIAÇÃO COLORIMÉTRICA

Nem todos os grupos de resinas possibilitaram que a aferição de cor fosse realizada por ambos os métodos. Dessa forma, a avaliação colorimétrica foi efetuada de acordo com o *Quadro 1* abaixo:

Quadro 1. Grupos de resinas e métodos de medição de cor empregados em cada grupo.

GRUPOS DE RESINAS		MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE COR	
		Espectrofotômetro Easysshade VITA	Protocolo eLABor_aid®
Resinas Impressão 3D	Temp PRINT™, GC Europe (GC)	Sim	Sim
	Cosmos Denture®, Yllert Cor Branca (YB)	Sim	Sim
	Cosmos Denture®, Yllert Cor Rosa (YR)	Não	Sim
Resina Termoativada	Diamond D®, Keystone§ (D)	Sim	Sim

Fonte: Autora

4.11 AVALIAÇÃO COM ESPECTROFOTÔMETRO

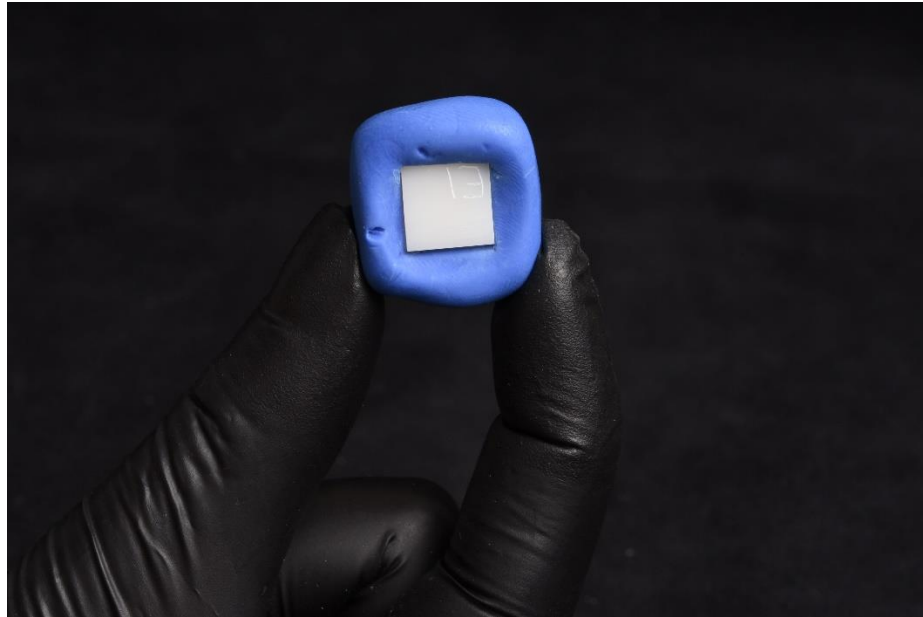
O registro da cor foi realizado antes e após as imersões nos tempos 0, 60 e 120 horas, de acordo com a escala de cores CIEL*a*b* a partir do espectrofotômetro Easyshade VITA System 3D-Master® (VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co, Alemanha) (Figura 22). Para isso, foi criada uma guia de silicone de adição ao qual, em sua parte superior, confeccionou-se um orifício para encaixar a ponteira do Easyshade e, na parte inferior, encaixava-se a resina (Figura 23). Essa guia com a resina acoplada foi colocada sobre um fundo preto, com o intuito de absorver a luz dispersada pelo espectrofotômetro, padronizando as medições de cor. A diferença de coloração (ΔE_{ab}) foi calculada a partir da equação $\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$, sendo realizadas 3 medições em cada amostra e a média aritmética simples dos valores foi considerada. Todos os valores foram elencados em tabelas criadas no software Excel. O valor de Δ representa a variação entre o valor inicial e o valor final, em todas as variáveis analisadas (L^* , a^* e b^*). A resina Yllor Rosa foi a única resina que teve sua alteração de cor aferida apenas através do protocolo eLAB, devido a sua incompatibilidade com as medições do espectrofotômetro.

Figura 22. Ponteira do Easyshade posicionada sobre a guia de silicone.



Fonte: Autora

Figura 23. Guia de silicone para padronização das medições de cor através

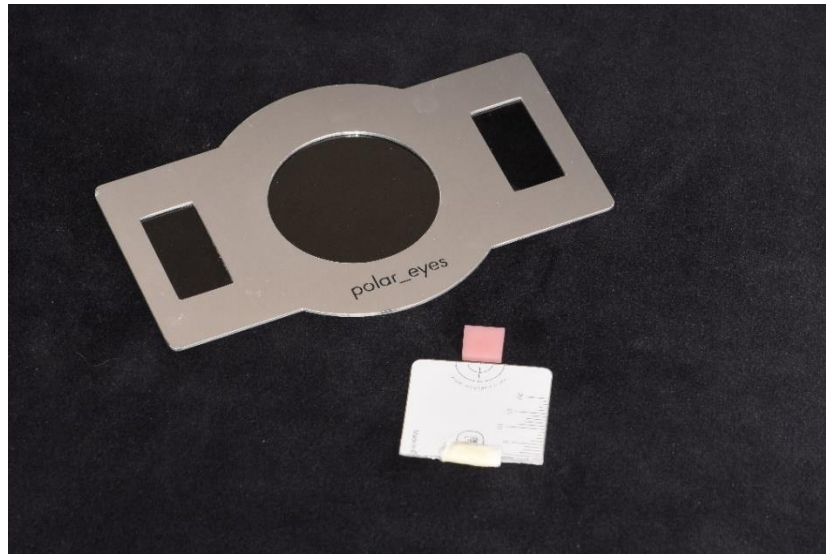


Fonte: Autora

4.12 AVALIAÇÃO COM O MÉTODO eLABor_aid® (eLAB)

Para a análise fotocolorimétrica, foi realizada 1 tomada fotográfica na face dos corpos de prova não numerada. Para tal registro, foi utilizada uma câmera Nikon D7200 com as padronizações realizadas de acordo com o Protocolo eLABor_aid®: para que a influência da luz do ambiente fosse a mais real possível e garantir a sincronização do flash, a velocidade do obturador foi padronizada em 1/125 s. Para o alcance de uma adequada profundidade de campo (DOF), o valor de abertura foi definido em f 22, o qual auxilia na diminuição de problemas relacionados à difrações ocorridas no sensor APS-C. A sensibilidade do sensor de 100 ISO foi configurada em 250 e o formato da imagem definido como RAW. O ajuste do foco ficou entre 0,4 e 0,35, com flash circular externo acoplado e configurado na intensidade de 1, aliado a um filtro polarizador cruzado (Polar_eyes, Emulation). Cartão de balanço de brancos (White_balance, Emulation) e fundo preto também foram utilizados nessa etapa (Figura 24).

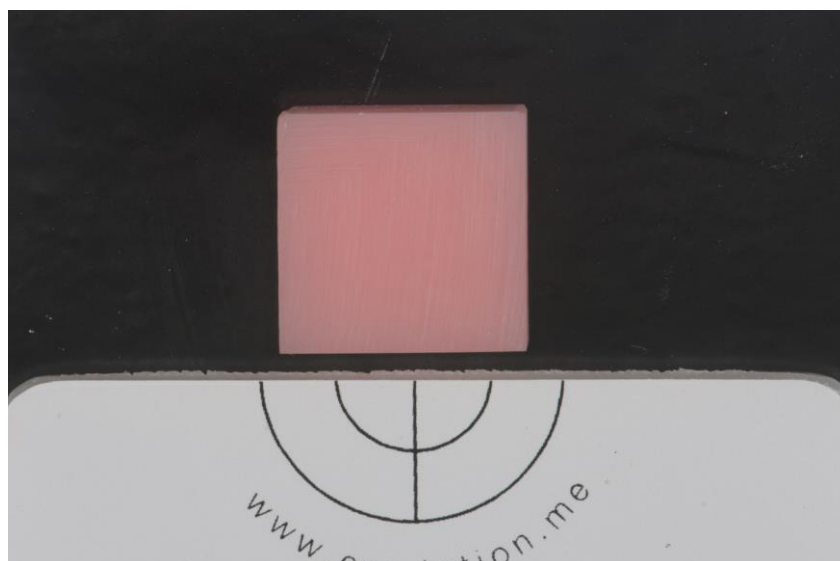
Figura 24. Resina Yller Rosa, filtro Polar_eyes e cartão de balanço de brancos.



Fonte: Autora

Feitas as tomadas fotográficas (Figura 25), o processamento das fotos foi executado através do software de processamento fotográfico digital eLAB Prime (eLAB, Alemanha) e o registro da cor foi realizado através do protocolo criado pela CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) a partir do espaço de cor $L^*a^*b^*$ (também referido como CIELAB). Nesse espaço de cores, cada letra do sistema representa um aspecto da cor: "L" representa a luminosidade/brilho, "a*" configura a matiz entre as cores verde e vermelho e "b*" a matiz entre o amarelo e o azul.

Figura 25. Tomada fotográfica da resina Yller Rosa.



Fonte: Autora

Após o processamento, as fotos foram organizadas separando-as pelo tempo em que as tomadas fotográficas foram realizadas, o grupo de resina fotografado e seus respectivos grupos de soluções. A medida dos valores de L^*a^*b foi realizada através do programa Classic Color Meter (© 2011-2018, Ricci Adams). A magnificação foi fixada em 1x e a grade de padronização aplicada sobre cada foto, sendo esta padronizada com dimensões proporcionais ao tamanho da ponteira do espectrofotômetro digital utilizado, ou seja, o tamanho da abertura da guia utilizada nas medições de cor através do Easyshade. Os registros dos valores foram tabelados no software Microsoft Excel (© Microsoft 2019) e a alteração de cor (ΔE_{ab}) de cada tomada fotográfica realizada foi calculado no mesmo. As medidas iniciais de $L^*a^*b^*$ foram usadas para obtenção do valor de ΔE dos tempos 0, 2,5 e 5 dias, o qual indica o tamanho da diferença da cor e não como elas são diferentes (RAGAIN, 2016), através da seguinte equação: $\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$. Esta fórmula foi aplicada utilizando como valores finais aqueles obtidos após 60 e 120 horas de imersão e os valores iniciais, obtidos no tempo T0.

As alterações de cor (ΔE_{ab}) também foram classificadas de acordo com os limites de 50:50% perceptibilidade (LP) e 50:50% aceitabilidade (LA), seguindo os critérios de Paravina, Pérez e Ghinea (2019), o qual graduou as alterações de cor da seguinte forma: “compatibilidade excelente” ($\Delta E_{ab} \leq 1,2$), “compatibilidade aceitável” ($1,2 < \Delta E_{ab} \leq 2,7$), “incompatibilidade moderadamente inaceitável” ($2,7 < \Delta E_{ab} \leq 5,4$), “incompatibilidade claramente inaceitável” ($5,4 < \Delta E_{ab} \leq 8,1$) e “incompatibilidade extremamente inaceitável” ($\Delta E_{ab} > 8,1$), como demonstradas no Quadro 2.

Quadro 2. Valores de referência de alteração de cor, conforme os limites de 50:50% perceptibilidade (LP) e 50:50% aceitabilidade (LA).

CLASSIFICAÇÃO	ABREVIACÃO	VALOR DE REFERÊNCIA
Compatibilidade Excelente	CE	$\Delta E_{ab} \leq 1,2$
Compatibilidade Aceitável	CA	$1,2 < \Delta E_{ab} \leq 2,7$

Incompatibilidade Moderadamente Inaceitável	IMI	$2,7 < \Delta E_{ab} \leq 5,4$
Incompatibilidade Claramente Inaceitável	ICI	$5,4 < \Delta E_{ab} \leq 8,1$
Incompatibilidade Extremamente Inaceitável	IEI	$\Delta E_{ab} > 8,1$

Fonte: Autora

5 RESULTADOS

A descrição da amostra foi realizada por meio de média e desvio padrão para as variáveis ΔE_{ab1} (T0-T1), ΔE_{ab2} (T1-T2) e ΔE_{ab3} (T0-T2). A normalidade dos dados foi testada utilizando o teste Shapiro-Wilk. Os dados não apresentaram distribuição normal ($p < 0,05$). A comparação entre os deltas 1, 2 e 3 para cada grupo e tipo de resina foi feito por meio do teste Kruskal-Wallis. A correlação (r) entre os diferentes métodos (Easyshade e eLab) foi verificada por meio do teste de correlação de Spearman para os valores de a^* , b^* e L^* , de acordo com os grupos e resinas. A classificação das correlações obedeceu o seguinte critério: $r < 0,3$: fraca; $0,3 \leq r \leq 0,5$: moderada; $r > 0,5$: forte. Gráficos de dispersão foram produzidos para os valores de a^* , b^* e L^* . O nível de confiança adotado foi de 5% ($p \leq 0,05$). Todas as análises dos dados foram realizadas utilizando o SPSS Statistics for Windows, versão 16.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA).

Nos Quadro 3 e Quadro 4, os deltas 1, 2 e 3 foram comparados entre si, nas diferentes técnicas (Easyshade e eLAB). Para a técnica Easyshade, houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os diferentes deltas dos grupos: Café e Vinho na resina GC e em todos os grupos (água destilada, café, chá e vinho) da resina Yllor Branca. Para a técnica eLAB, todos os grupos da resina GC, os grupos café e chá da Diamond, café, chá e vinho da resina Yllor Branca e todos os grupos da resina Yllor Rosa, apresentaram diferenças significativas entre os deltas 1, 2 e 3.

Quadro 3. Comparação entre as médias e desvio padrão dos valores de ΔE_{ab1} , ΔE_{ab2} e ΔE_{ab3} pela técnica Easyshade.

EASYSHADE				
	SOLUÇÃO	ΔE_{ab1} (T0-T1)	ΔE_{ab2} (T1-T2)	ΔE_{ab3} (T0-T2)
GC	ÁGUA	2,32±3,36	3,23±2,99	4,30±3,48
	CAFÉ	8,11±2,09*	2,93±1,30*	10,78±2,47*
	CHÁ	3,75±3,57	3,41±2,64	4,30±1,98
	VINHO	5,46±4,12*	3,33±2,52*	6,13±4,54*

DIAMOND (D)	ÁGUA	4,49±3,08	2,28±1,95	3,35±1,87
	CAFÉ	4,85±3,79	4,98±2,97	5,21±2,49
	CHÁ	3,26±1,96	3,06±1,64	2,80±1,30
	VINHO	3,80±2,07	2,84±2,06	4,54±2,75
YLLER BRANCA (YB)	ÁGUA	2,13±1,04*	1,11±1,39*	1,69±0,34*
	CAFÉ	13,55±4,35*	2,68±1,74*	15,45±5,03*
	CHÁ	2,32±1,30*	1,89±1,18*	3,56±1,83*
	VINHO	3,35±1,79*	2,17±1,27*	3,59±1,97*
YLLER ROSA (YR)	ÁGUA	-	-	-
	CAFÉ	-	-	-
	CHÁ	-	-	-
	VINHO	-	-	-

* representa valor de $p < 0,05$

Fonte: Autora

Quadro 4. Comparação entre as médias e desvio padrão dos valores de $\Delta Eab1$, $\Delta Eab2$ e $\Delta Eab3$ pela técnica eLAB.

eLAB				
	SOLUÇÃO	$\Delta Eab1$ (T0-T1)	$\Delta Eab2$ (T1-T2)	$\Delta Eab3$ (T0-T2)
GC	ÁGUA	2,38±1,25*	0,97±0,48*	3,02±0,91*
	CAFÉ	5,41±1,13*	2,17±0,57*	7,11±1,24*
	CHÁ	2,35±2,57*	1,20±0,43*	3,03±2,40*
	VINHO	2,07±0,72*	1,27±0,40*	2,75±0,75*
DIAMOND (D)	ÁGUA	2,06±1,65	1,53±0,79	2,31±1,76
	CAFÉ	2,94±1,02*	1,78±1,09*	3,52±1,31*
	CHÁ	1,63±1,42*	1,70±0,56*	2,47 ±0,86*
	VINHO	1,67±0,95	1,50±1,03	1,88±1,18
YLLER BRANCA (YB)	ÁGUA	1,22±0,73	1,28±2,26	1,47±2,42
	CAFÉ	12,81±4,89*	7,01±6,08*	17,75±4,38*

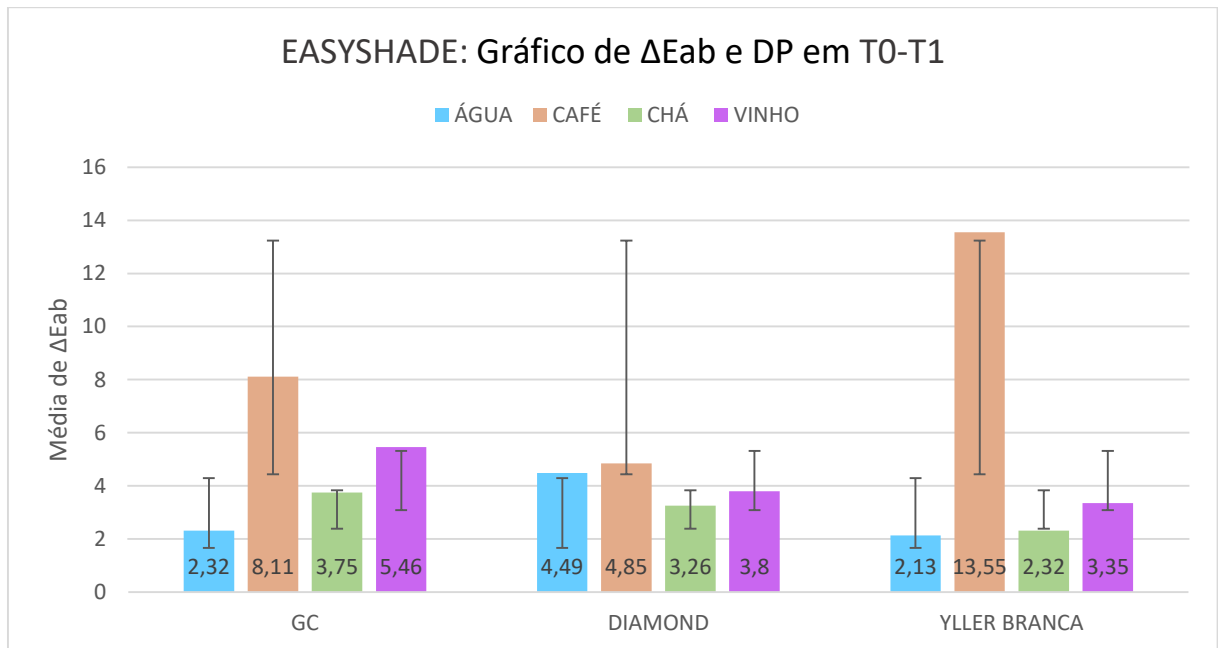
	CHÁ	2,49±0,70*	3,21±3,90*	5,51±4,20*
	VINHO	2,97±1,10*	2,57±3,94*	5,23±4,46*
YLLER ROSA (YR)	ÁGUA	1,76±1,63*	1,55±3,93*	2,80±4,47*
	CAFÉ	5,83±1,84*	1,66±1,52*	6,38±2,05*
	CHÁ	2,03±0,47*	1,94±4,75*	3,62±4,80*
	VINHO	2,94±0,76*	1,06±0,45*	2,94±1,07*

Fonte: Autora

* representa valor de $p < 0,05$

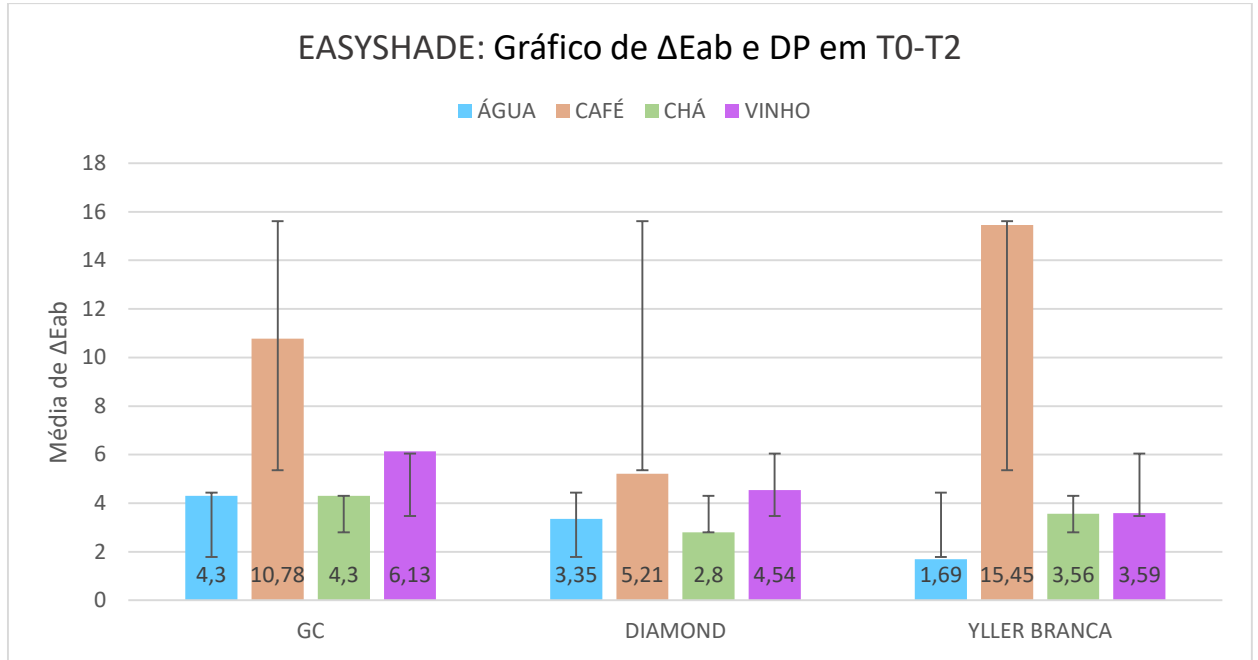
Para melhor representação dos dados numéricos referentes aos quadros acima, seguem os Gráfico 1, Gráfico 2, Gráfico 3 e Gráfico 4 com os valores de médias e desvio padrão de ΔE_{ab} , em ambas as técnicas colorimétricas, nos tempos T0-T1 e T0-T2.

Gráfico 1. Valores de médias e desvio padrão de ΔE_{ab} quando avaliados pelo Easyshade nas diferentes soluções em T0-T1.



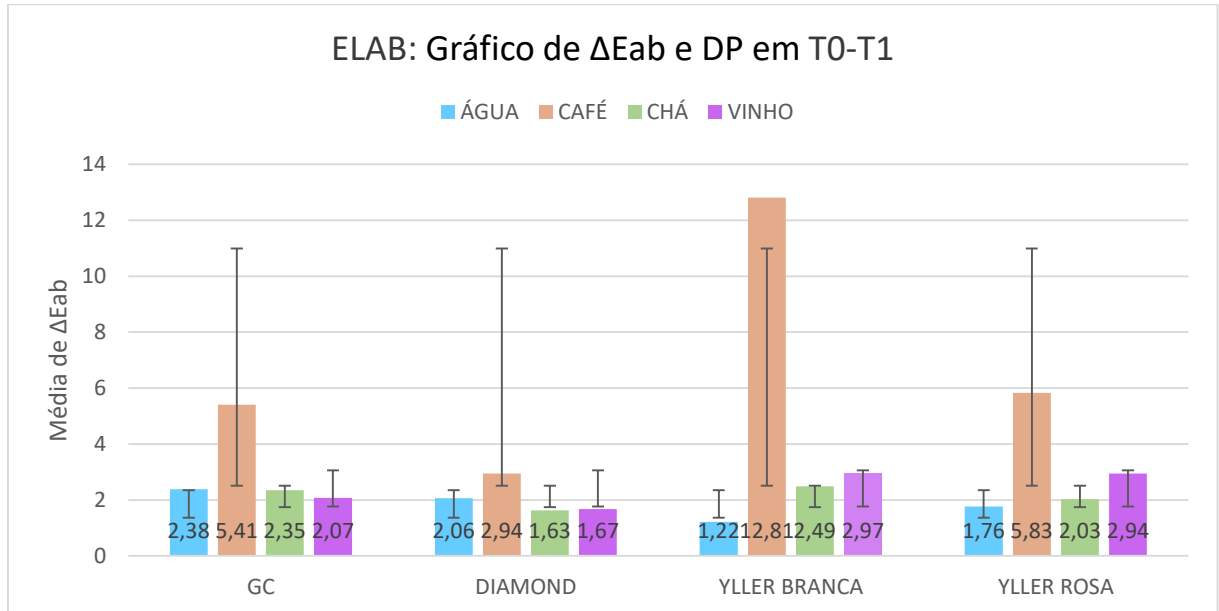
Fonte: Autora

Gráfico 2. Valores de médias e desvio padrão de ΔE_{ab} quando avaliados pelo Easyshade nas diferentes soluções em T0-T2.



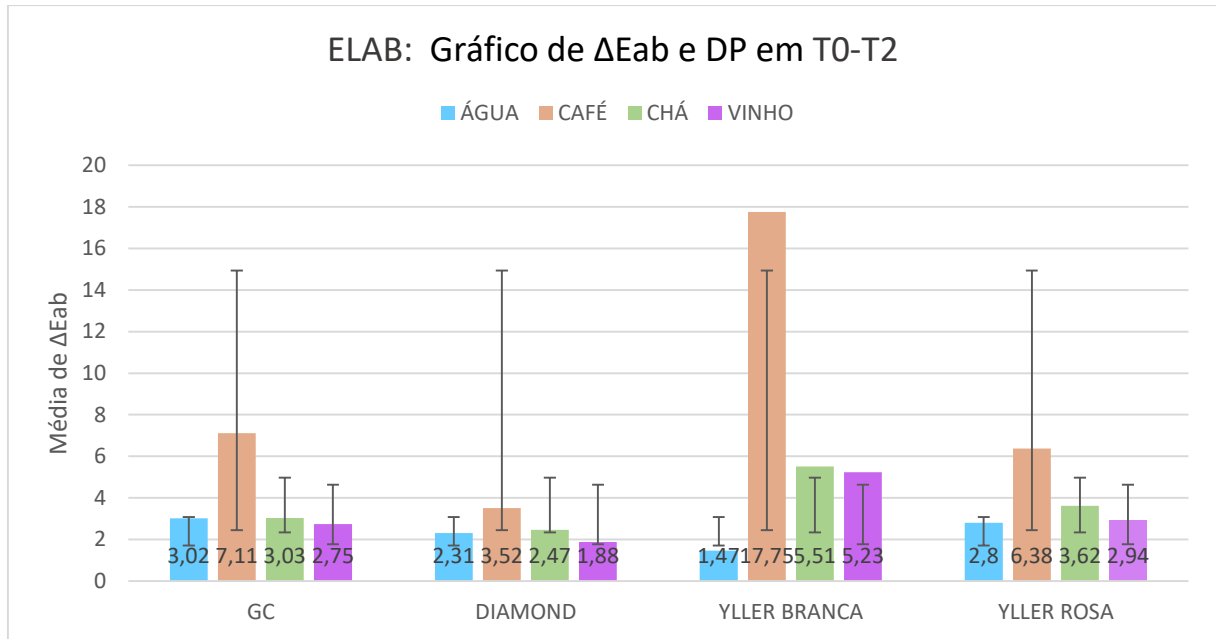
Fonte: Autora

Gráfico 3. Valores de médias e desvio padrão de ΔE_{ab} quando avaliados pelo eLAB nas diferentes soluções em T0-T1.



Fonte: Autora

Gráfico 4. Valores de médias e desvio padrão de ΔE_{ab} quando avaliados pelo eLAB nas diferentes soluções em T0-T2.



Fonte: Autora

O Quadro 5 apresenta as correlações entre os métodos Easyshade e eLAB para as variáveis L^* , a^* e b^* , de acordo com o tipo de resina e o grupo (corante). No grupo água destilada, houve correlação positiva entre os valores de L^* para a resina GC ($r=0,363$; $p=0,014$), entre os valores de a^* para GC ($r=0,409$; $p=0,005$) e Diamond ($r=0,327$; $p=0,028$), e entre os valores de b^* para Diamond ($r=0,322$; $p=0,031$) e Yller Branca ($r=0,564$; $p<0,001$). No grupo café, os valores de L^* e b^* foram correlacionados em todas as resinas e os valores de a^* foram correlacionados para GC ($r=0,888$; $p<0,001$) e Yller Branca ($r=0,620$; $p<0,001$). Para o grupo chá, os valores de a^* e b^* apresentaram correlação significativa nas resinas GC e Yller Branca, e os valores de L^* somente para a resina GC ($r=0,402$; $p=0,006$). Por fim, no grupo vinho, houve correlação entre os valores de L^* para a resina Yller Branca ($r=0,542$; $p<0,001$), entre os valores de a^* para a resina GC ($r=0,620$; $p<0,001$) e os valores de b^* para as resinas GC ($r=0,513$; $p<0,001$) e Yller Branca ($r=0,763$; $p<0,001$). Todas as correlações significativas entre os métodos foram positivas.

Quadro 5. Correlação das variáveis a, b e L entre Easyshade e eLAB.

			GC			D			YB			
Spearman's rho			Easy L	Easy a	Easy b	Easy L	Easy a	Easy b	Easy L	Easy a	Easy b	
Água Destilada	eLAB L	rho	0,363*			0,055			-0,083			
		p-valor	0,014			0,721			0,589			
		n	45			45			45			
	eLAB a	rho		0,409**			0,327*			-	0,196	
		p-valor		0,005			0,028			0,197		
		n		45			45			45		
	eLAB b	rho			0,270				0,322*			0,564**
		p-valor			0,073				0,031			<0,001
		n			45				45			45
Café	eLAB L	rho	0,878**			0,550**			0,770**			
		p-valor	<0,001			<0,001			<0,001			
		n	45			45			45			
	eLAB a	rho		0,888**			-	0,020			0,620**	
		p-valor		<0,001			0,894			<0,001		
		n		45			45			45		
	eLAB b	rho			0,920**				0,365*			0,949**
		p-valor			<0,001				0,014			<0,001
		n			45				45			45
Chá	eLAB L	rho	0,402**			0,128			0,204			
		p-valor	0,006			0,403			0,179			
		n	45			45			45			
	eLAB a	rho		0,569**			0,220				0,484**	
		p-valor		<0,001			0,147			0,001		
		n		45			45			45		
	eLAB b	rho			0,453**				0,231			0,683**
		p-valor			0,002				0,127			<0,001

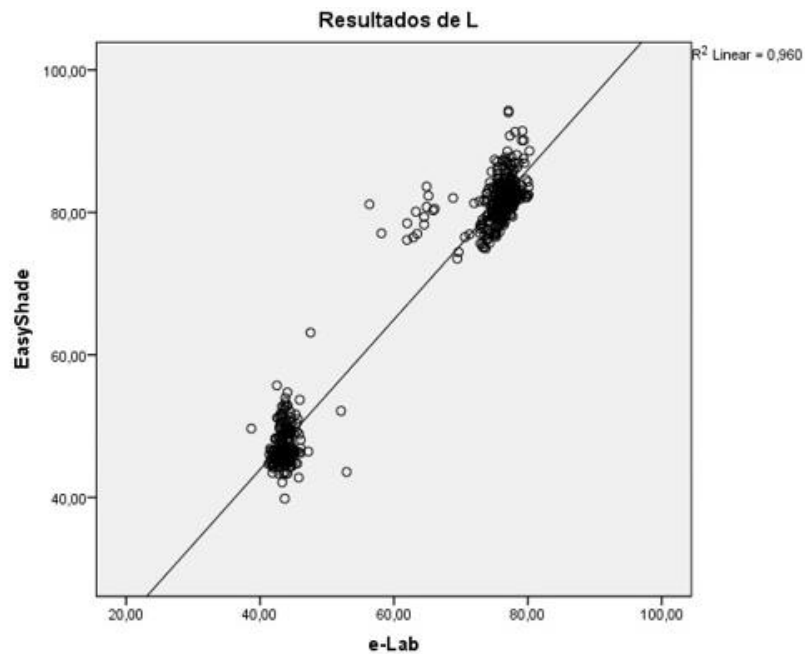
		n			45			45			45
Vinho	eLAB L	rho	0,187				0,145			0,542**	
		p-valor	0,218				0,342			<0,001	
		n	45				45			45	
	eLAB a	rho		0,620**				0,030			0,066
		p-valor		<0,001				0,844			0,665
		n		45				45			45
	eLAB b	rho				0,513**			-		0,763**
		p-valor				<0,001			0,197		<0,001
		n				45			45		45

* Correlação forte; ** Correlação muito forte

Fonte: Autora

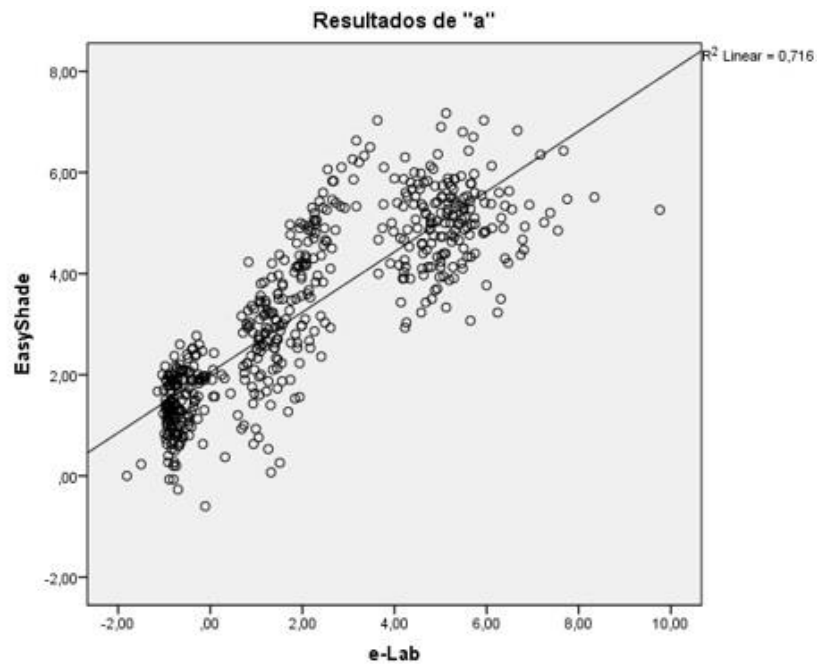
Os gráficos de dispersão Gráfico 5, Gráfico 6 e Gráfico 7 ilustram, de maneira mais simples, as correlações entre os métodos Easyshade e eLAB para as variáveis L*, a* e b* apresentadas na tabela acima.

Gráfico 5. Gráfico de dispersão dos valores de L entre as técnicas Easyshade e eLAB.



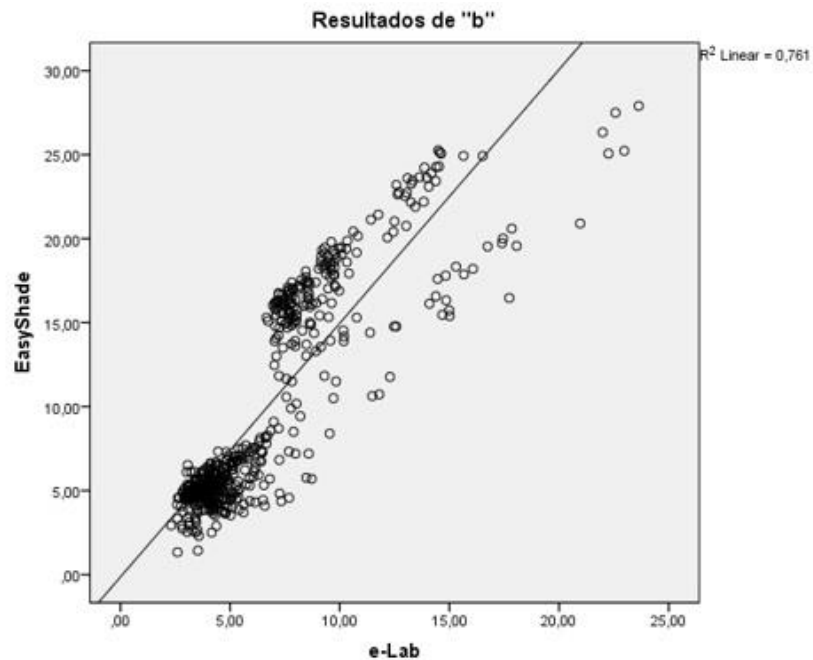
Fonte: Autora

Gráfico 6. Gráfico de dispersão dos valores de a entre as técnicas Easyshade e eLAB.



Fonte: Autora

Gráfico 7. Gráfico de dispersão dos valores de b entre as técnicas Easyshade e eLAB.



Fonte: Autora

Ao analisarmos os limites LA e LP, a resina GC não apresentou valores abaixo do limite de perceptibilidade ($\Delta E_{ab} \leq 1,2$) quando avaliada com o Easyshade, o que

também foi observado quando da avaliação com eLAB. Comparando-se as soluções, essa resina mostrou ΔE_{ab} abaixo do limite de aceitabilidade ($\Delta E_{ab} \leq 2,7$) apenas quando imersa em água destilada no intervalo T0-T1 (2,32 e 2,38) para Easyshade e eLAB, respectivamente. Já para T0-T2, a água destilada provocou uma diferença de cor considerada moderadamente inaceitável (4,30 e 3,02) para Easyshade e eLAB, respectivamente. A imersão em café foi a que causou a maior alteração de cor dessa resina, resultando em incompatibilidade extremamente inaceitável quando imersa em café para T0-T1 (8,11) e T0-T2 (10,78) e incompatibilidade claramente inaceitável para T0-T1 (5,41) e T0-T2 (7,11), com Easyshade e eLAB, respectivamente. A imersão em vinho provocou incompatibilidade claramente inaceitável nos tempos T0-T1 (5,46) e T0-T2 (6,13), enquanto o chá gerou alterações de cor moderadamente inaceitáveis para ambos os intervalos de tempo com o Easyshade. Diferentemente do Easyshade, que apontou a água destilada como solução causadora das menores variações de cor nesta resina, o eLAB mostrou resultado similar entre a imersão em vinho e água. Para T0-T1, observou compatibilidade aceitável ($\Delta E_{ab}=2,07$) e incompatibilidade moderadamente inaceitável (2,75) para T0-T2, quando da imersão em vinho. A imersão em chá ocasionou valores similares aos observados com água.

A resina Diamond, quando avaliada com o Easyshade, apresentou valores de alteração de cor classificadas como incompatibilidade moderadamente inaceitável com todas as soluções nos diferentes intervalos de tempo. As soluções de café e chá foram responsáveis pelos maiores e menores valores de ΔE_{ab} , respectivamente, sendo que a água e vinho apresentaram valores intermediários. Já com eLAB, a resina Diamond exibiu valores de ΔE_{ab} abaixo de LA, exceto para imersão em café que provocou alterações classificadas como incompatibilidade moderadamente inaceitável (2,94 e 3,52) para T0-T1 e T0-T2, respectivamente.

Quando da avaliação com Easyshade, a resina Yllor Branca, de modo geral, foi a que apresentou os menores valores de ΔE_{ab} quando imersa em água destilada, chá e vinho, atingindo o limite de aceitabilidade quando imersa em água destilada (T0-T1 e T0-T2) e em chá em T0-T1. Porém, apesar dessa aparente estabilidade de cor, o café foi capaz de gerar forte pigmentação nesta resina, acarretando valores extremamente inaceitáveis, no qual $\Delta E_{ab}=13,51$ (T0-T1) e $\Delta E_{ab}=15,45$ (T2-T0). Para eLAB, a resina Yllor Branca demonstrou valores abaixo de PT quando imersa em água destilada para T0-T1 e manteve a diferença de cor abaixo de AT para T0-T2 (1,47).

Essa pouca variação de cor fez a água destilada ser a solução que menos pigmentou essa resina, em concordância com os valores obtidos com Easyshade. Em contrapartida, o café continuou gerando valores extremamente inaceitáveis em T0-T1 ($\Delta E_{ab}=12,81$) e em T0-T2 ($\Delta E_{ab}=17,75$), sendo a solução com maior capacidade de pigmentação. O chá manteve valores dentro de AT em T0-T1 ($\Delta E_{ab}=2,49$), elevando seu ΔE_{ab} para valores claramente inaceitáveis em T0-T2. O vinho, por fim, gerou valores moderadamente inaceitáveis em ambos os tempos.

Como resultados, a resina Yllor Rosa apresentou seu ΔE_{ab} dentro do limite de aceitabilidade nas soluções de água destilada e chá durante o tempo T0-T1 (1,76 e 2,03, respectivamente), elevando seu ΔE_{ab} para moderadamente inaceitável em ambas as soluções no tempo T0-T2. O café foi a solução que causou as maiores alterações de cor dentre as soluções avaliadas, com valores claramente inaceitáveis em T0-T1 (5,83) e T0-T2 (6,38). Por fim, o vinho foi a única solução manteve seu ΔE_{ab} constante em ambos os tempos (2,94), sendo a pigmentação considerada moderadamente inaceitável. Os valores de referência estão elencados no Quadro 6 abaixo.

Quadro 6. Valores médios de alteração de cor (ΔE_{ab}) e desvio padrão dos materiais submetidos à imersão em corantes em diferentes intervalos de tempo e classificação de acordo com limite 50:50% de perceptibilidade (PT) e 50:50% de aceitabilidade (AT). Os valores em verde representam variação de cor de compatibilidades excelente e aceitável (CE e CA) e em vermelho, extremamente inaceitáveis (IEI).

		EASYSHADE				eLAB			
		ΔE_{ab1} (T1-T0)	DP	ΔE_{ab3} (T2-T0)	DP	ΔE_{ab1} (T1-T0)	DP	ΔE_{ab3} (T2-T0)	DP
CG	ÁGUA	2,32	3,36	4,30	3,48	2,38	1,25	3,02	0,91
	CAFÉ	8,11	2,09	10,78	2,47	5,41	1,13	7,11	1,24
	CHÁ	3,75	3,57	4,30	1,98	2,35	2,57	3,03	2,40
	VINHO	5,46	4,12	6,13	4,54	2,07	0,72	2,75	0,75

DIAMOND	ÁGUA	4,49	3,08	3,35	1,87	2,06	1,65	2,31	1,76
	CAFÉ	4,85	3,79	5,21	2,49	2,94	1,02	3,52	1,31
	CHÁ	3,26	1,96	2,80	1,30	1,63	1,42	2,47	0,86
	VINHO	3,80	2,07	4,54	2,75	1,67	0,95	1,88	1,18
YLLER BRANCA	ÁGUA	2,13	1,04	1,69	0,34	1,22	0,73	1,47	2,42
	CAFÉ	13,55	4,35	15,45	5,03	12,81	4,89	17,75	4,38
	CHÁ	2,32	1,30	3,56	1,83	2,49	0,70	5,51	4,20
	VINHO	3,35	1,79	3,59	1,97	2,97	1,10	5,23	4,46
YLLER ROSA	ÁGUA	-		-		1,76	1,63	2,80	4,47
	CAFÉ	-		-		5,83	1,84	6,38	2,05
	CHÁ	-		-		2,03	0,47	3,62	4,80
	VINHO	-		-		2,94	0,76	2,94	1,07

Fonte: Autora

6 DISCUSSÃO

Dia após dia é crescente a demanda por estéticas do sorriso mais avançadas e realistas, capazes de satisfazer um novo perfil de paciente, que prioriza a beleza em detrimento da função. Para isso, é necessário que se conheça o que há de mais novo em materiais dentários protéticos e em sistemas de avaliação de cor, capazes de entregar ao paciente trabalhos com qualidade que vão muito além das suas expectativas. Logo, esse estudo foi realizado a fim de conhecer o comportamento das resinas de impressão 3D para base de prótese quando imersas em bebidas consumidas frequentemente (café, chá preto, vinho tinto) e avaliar a acurácia de dois métodos diferentes de avaliação de cor. No presente estudo, foi refutada a hipótese nula de que não há diferença nas propriedades ópticas das resinas de prótese total confeccionadas através de diferentes métodos de polimerização.

Os resultados do presente estudo foram analisados através da fórmula de diferença de cor CIELAB (ΔE_{ab}). Apesar de sabermos que a fórmula do CIEDE2000 (ΔE_{00}) exibe uma melhor correlação entre a percepção humana e as diferenças de cores, optamos por utilizar a fórmula CIELAB clássica, devido à maior disponibilidade de estudos utilizando essa classificação. Além do mais, na prática, os valores de CIELAB e CIEDE2000 são considerados intercambiáveis, viabilizando o uso dessa fórmula no presente estudo (GÓMEZ-POLO et al., 2017). Até o presente momento, nenhum estudo foi realizado comparando a técnica de análise de cor espectrofotométrica com a de análise de cor via protocolo Elabor_aid (eLAB).

Os resultados foram interpretados a partir da análise dos limiares visuais, como proposto por Paravina, Pérez e Ghinea (2019). Esse método nos fornece uma visão clínica dos resultados, ao passo que nos mostra como seria a visão de um observador e como ele descreveria tal mudança de cor. Para isto, foram considerados $\Delta E_{ab} \leq 1,2$ =Compatibilidade Excelente (CE); $1,2 < \Delta E_{ab} \leq 2,7$ =Compatibilidade Aceitável (CA); $2,7 < \Delta E_{ab} \leq 5,4$ =Incompatibilidade Moderadamente Inaceitável (IMI); $5,4 < \Delta E_{ab} \leq 8,1$ =Incompatibilidade Claramente Inaceitável (ICI); $\Delta E_{ab} > 8,1$ =Incompatibilidade Extremamente Inaceitável (IEI).

No presente estudo, as amostras de resinas ficaram em imersão por 60 horas (2,5 dias) e 120 horas (5 dias), mimetizando uma exposição diária aos corantes de 10 minutos, durante 1 e 2 anos (respectivamente) conforme o estudo de Stamenkovic et al. (2020). Chan, Fuller e Hormati (1980); Imirzalioglu et al. (2010); Lai, Lui e Lee

(2003) relatam que a pigmentação dos materiais protéticos quando em contato com solução se intensificam com o decorrer do tempo, coincidindo com os achados deste estudo.

Observou-se, também, que todas as resinas de impressão apresentaram menor estabilidade de cor em comparação com a resina acrílica termicamente ativada. Além do mais, dentre todas as soluções, o café foi o responsável pelas maiores pigmentações, em todas as resinas, tempos e métodos de avaliação de cor. A variação de cor percebida ao olho humano é de $\Delta E_{ab} \leq 1,2$ e a variação considerada aceitável clinicamente é de $1,2 < \Delta E_{ab} \leq 2,7$. Alterações de cor acima do limite LA foram encontradas quando as resinas de impressão foram imersas em café e vinho (quando as amostras eram avaliadas com Easyshade) e café e chá (quando avaliadas com eLAB) em ambos os tempos. Isso significa que, mesmo em um curto período de tempo (60 horas), as soluções foram capazes de pigmentar as resinas, alterando sua cor para valores acima do aceitável clinicamente, enquanto a resina acrílica termicamente ativada manteve sua estabilidade de cor. Resultados semelhantes foram observados por Gruber *et al.* (2020) onde as resinas de impressão 3D mostraram fortes alterações de cor, demonstrando baixa estabilidade colorimétrica após 30 dias, e por Shin *et al.* (2020) onde as resinas de impressão 3D também foram consideradas de baixa estabilidade de cor, alterando sua cor além do limite LA em 7 dias.

Pressupõe-se que existam algumas razões para essa baixa estabilidade de cor das resinas de impressão 3D. A manufatura 3D acontece por adição de camadas, as quais podem ser mais definidas e com maior qualidade (técnica SLA) ou serem fabricadas através de uma técnica mais rápida e menos precisa, como a DLP. Kimpara, Paes-Junior e Seraidarian (1999) pontuam que o processo DLP pode gerar uma incorreta polimerização. Isso porque, quando realizada em curto intervalo de tempo ou em temperaturas superiores às necessárias, podem aumentar a porosidade da resina, o que pode ter acontecido com as resinas de impressão utilizadas neste trabalho, pois todas foram fabricadas a partir desse mesmo processo. Outro motivo, de acordo com Ferracane (2006), poderia estar na diferença de solubilidade entre resina e solvente e na composição da rede polimérica. Compósitos com Bis-GMA, TEGDMA e UDMA possuem grupamentos que os tornam mais hidrofílicos que outros materiais, o que faz com que absorvam água de maneira desvantajosa. Porém, a resina GC teve fortes alterações de cor mesmo não possuindo metil metacrilato (MMA) em sua composição. Entre as três resinas de impressão, a Yllor Rosa e a Yllor Branca

tiveram valores de pigmentação diferentes quando expostas ao café, principalmente. A priori, por serem resinas da mesma marca, deveriam pigmentar nas mesmas proporções para todas as soluções, porém isso não aconteceu. A resina Yller Branca teve valores IEI ($\Delta E_{ab}=17,75$) em T0-T2 comparado ao $\Delta E_{ab}=6,38$ da Yller Rosa no mesmo tempo para medições com eLAB. Essa diferença de pigmentação entre as resinas pode ter ocorrido devido a composição do material (diferença na quantidade de cargas inorgânicas), que de acordo com o fabricante, não é a mesma entre as duas cores. Também pode ter ocorrido falha na polimerização das resinas de impressão (seja por temperatura excessiva, falta de tempo de exposição da resina ao calor, distribuição das cargas de forma irregular no processo de impressão), conforme explicado por Kessler *et al.* (2019). Infelizmente, a empresa não especifica quais são os componentes de cada resina, dificultando essa avaliação.

As resinas de impressão tiveram a maior alteração de cor em T0-T1 e T0-T2, de acordo com os dois métodos de avaliação de cor quando imersas em café. Gruber *et al.* (2020) avaliaram a cor de resinas de impressão quando imersas em café por 30 dias. Bem como nesta pesquisa, os grupos de resinas de impressão 3D demonstraram mudanças de cor significativamente maiores do que os grupos de resina termopolimerizável, estando acima do limite LA. Chan, Fuller e Hormati (1980) observaram o mesmo comportamento em resinas compostas, onde a diferença de cor causada pelo café foi de $\Delta E_{ab}=3,0$. Apesar de termos imerso as resinas por apenas 5 dias, o café também se mostrou ser a solução com maior capacidade de pigmentação. De acordo com Um e Ruyter (1991), a pigmentação por café acontece tanto pelos processos de absorção dos corantes quanto por adsorção em superfície. Isso se deve à menor polaridade dos corantes amarelos do café (mais hidrofóbicos), o qual permite que estes entrem mais profundamente nos materiais.

Depois do café, o vinho foi a solução que mais pigmentou todas as resinas quando avaliadas através do Easyshade (especialmente a resina GC). As resinas de impressão tiveram seus valores acima do limite LA (exceto Yller Rosa, que não pode ser avaliada). Já com eLAB, o vinho provocou alterações de cor medianas, com maiores valores de ΔE_{ab} na resina Yller Branca. Alguns estudos mostram que o álcool influencia na plastificação da matriz, o que gera maiores manchamentos (STAMENKOVIĆ *et al.*, 2020). Além do mais, de acordo com Patel *et al.* (2004) é possível que vinhos com maiores percentuais de álcool tornem as superfícies resinosas mais ásperas, o que poderia facilitar a adsorção de pigmentos. Como o

vinho utilizado nesse estudo possuía 10% de álcool em volume, a pigmentação não foi tão intensa.

Depois do café, o chá preto foi a solução que causou maior pigmentação nas resinas quando avaliadas pelo eLAB, gerando na resina Yller Branca valores ICI ao final dos 5 dias. Já a DIAMOND foi a única resina a estar abaixo dos limites de LA em T0-T1 e T0-T2. Um e Ruyter (1991) relatam que os corantes amarelos do chá, por serem mais hidrofílicos, pigmentam de maneira mais rápida e mais intensa que o café, porém, essa pigmentação ocorre apenas superficialmente. Isso explica porque os valores da pigmentação do chá aumentaram de um tempo para outro em quase todas as resinas, porém não são maiores que os valores apresentados pelo café. Lai, Lui e Lee (2003) também corroboram a afirmação de que resinas de caráter hidrofílico são coradas por soluções igualmente hidrofílicas, como o chá. Imirzalioglu *et al.* (2010) não viram mudanças estatisticamente significativas na pigmentação do chá nas resinas termopolimerizáveis. Este estudo também não encontrou diferenças estatisticamente significativas na variação das resinas termopolimerizáveis em chá quando avaliado com Easyshade, porém encontrou quando a análise decorreu com eLAB ($p < 0,001$). Esta diferença com certeza está relacionada com as diferentes metodologias utilizadas.

Quando imersa em água destilada, a resina de impressão Yller Branca foi a resina com maior estabilidade de cor, em ambos os tempos e métodos. Já a resina GC, após os 5 dias de imersão, mostrou alterações de cor IMI em ambos os métodos, bem como Yller Rosa quando avaliada através do eLAB. A resina DIAMOND obteve alterações de cor IMI (Easyshade) e valores de ΔE_{ab} dentro do limite de LA (eLAB) ao final do período de imersão. Lai, Lui e Lee (2003) afirmam que as resinas termopolimerizáveis absorveram água rapidamente nos primeiros 7 dias, porém mantém boa estabilidade de cor. Este achado difere de nossa investigação, onde a resina DIAMOND obteve valores de ΔE_{ab} mais altos que o esperado em T0-T1 e T0-T2, quando avaliada com Easyshade. Esta diferença demonstra a necessidade de protocolos que avaliem a cor mais precisamente, pois os valores demonstrados pelo Easyshade tiveram maior oscilação que os aferidos pelo eLAB. As primeiras medições de cor das amostras em água destilada nos grupos GC e DIAMOND mostraram cores muito “escuras” em relação ao esperado. Presumimos que essa inusitada variação de cor tenha ocorrido devido a sorção de água pela resina. A água absorvida é capaz de se alojar no interior da matriz resinosa e,

consequentemente, alterar o índice de refração do material. Quando dispositivos como o Easyshade enviam um feixe luminoso para a resina e esta devolve menos fótons de luz para o aparelho, o mesmo registra uma cor mais escura em comparação a cor registrada com a resina desidratada. O eLAB, por ser um método mais sensível, registrou alteração de cor em todas as resinas quando imersas em água, porém com menores variações do que as apontadas pelo Easyshade.

Mesmo diante de todas as limitações que um estudo *in vitro* possui, foi observado que existe uma forte correlação positiva entre o método de análise de cor espectrofotométrico e o fotolorimétrico ($L^* = R^2=0,960$; $a^* = R^2=0,716$ e $b^* = R^2=0,761$). Escolhemos realizar as avaliações de cor com espectrofotômetro por este ser considerado o padrão-ouro existente em avaliação de cor (JARAD; RUSSELL; MOSS, 2005). Apesar de ser um excelente método, encontramos alguns inconvenientes decorrentes da técnica. Primeiramente, nem sempre conseguimos a calibração do aparelho de maneira instantânea, necessitando repetir a calibração algumas vezes. Apesar da facilidade em utilizar o aparelho, por sua portabilidade e tela de início intuitiva, por vezes foram necessárias mais de cinco medições até que se conseguissem valores aproximados uns dos outros para posterior registro. O aparelho lê com bastante facilidade amostras de cores que se assemelham aos dentes, porém, ao ter que aferir a cor das resinas Yllor Rosa, o aparelho não foi capaz de fazê-lo. Isso pode ocorrer porque, de acordo com Cal, Güneri e Kose (2006), espectrofotômetros não leem de maneira adequada a cor em objetos translúcidos de maior complexidade, como os multicamadas, o que é o caso de resinas de impressão 3D.

Diferentemente, a fotolorimetria aferiu a cor de todas as amostras, independente da coloração. Além do mais, pela técnica fotográfica se conseguiu registros regulares da cor durante as três medições, não havendo variações exorbitantes. Ao utilizarmos um software para o processamento das fotos, também conseguimos fazer com que todas as 720 fotos tiradas tivessem sua cor padronizada a partir do cartão de balanço de brancos. Outro ponto positivo da técnica fotolorimétrica é a capacidade que o cirurgião-dentista tem de rever a cor do elemento dental ou da base da prótese a hora que for necessário, diferentemente do Easyshade, que necessita da presença física do paciente para tal. Dessa forma, ambas as técnicas são excelentes formas de se obter a coloração dental clinicamente. Porém, a facilidade da utilização da técnica fotolorimétrica, aliada ao baixo

investimento necessário, certamente difundirá a utilização de fotografias digitais para obtenção da cor dental.

As limitações deste estudo foram a escassez de pesquisas utilizando resinas de impressão 3D aditivas, que utilizassem o mesmo tempo de imersão e os mesmos métodos de avaliação de cor.

7 CONCLUSÃO

Assim, pode-se concluir que:

- As resinas de impressão 3D apresentaram menor estabilidade de cor quando avaliadas com o protocolo eLAB®, sendo a resina Cosmos Denture® (Ylller) de cor branca a que obteve maiores variações de cor;
- As resinas de impressão 3D Temp PRINT™ (GC Europe) e Cosmos Denture® (Ylller) de cor branca apresentaram menor estabilidade de cor quando avaliadas com o com o espectrofotômetro;
- O café foi a solução que gerou maior pigmentação em todas as resinas avaliadas e em ambos os métodos, seguido pelo chá quando avaliado através do Elab e pelo vinho quando avaliado através do Easyshade;
- Comparando-se a estabilidade de cor das resinas de impressão 3D em comparação às resinas acrílicas termicamente ativadas, as resinas de impressão 3D mostraram-se inferiores às resinas convencionais;
- A fotolorimetria digital (eLAB) se mostrou uma ferramenta de fácil utilização, mais sensível e com menores variações de cor entre as medições, tornando-a mais confiável em relação ao método atualmente considerado padrão-ouro.

REFERÊNCIAS

- AL-QARNI, F. D. et al. Stainability of acrylic resin materials used in CAD-CAM and conventional complete dentures. **Journal of Prosthetic Dentistry**, p. 1–8, 2019.
- ALGHAZZAWI, T. F. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 60, n. 2, p. 72–84, 2016.
- ALP, G.; JOHNSTON, W. M.; YILMAZ, B. Optical properties and surface roughness of prepolymerized poly(methyl methacrylate) denture base materials. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 121, n. 2, p. 347–352, 2019.
- AMIN, F.; REHMAN, A.; AZIZUDIN, S. Spectrophotometric Assessment of Color Changes of Heat Cure Acrylic Resins after Exposure to Commonly Consumed Beverages. **Journal of the Dow University of Health Sciences (JDUHS)**, v. 8, n. 2, p. 62–66, 2014.
- ANUSAVICE, K. J. Phillips science of dental materials. In: 10. ed. Philadelphia: WB Saunders Company, 1996. p. 237–71.
- AROCHA, M. A. et al. Colour stainability of indirect CAD–CAM processed composites vs. conventionally laboratory processed composites after immersion in staining solutions. **Journal of Dentistry**, v. 42, n. 7, p. 831–838, jul. 2014.
- BAHANNAN, S. A. Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. **Journal of Dentistry**, v. 42, n. 1, p. 48–52, 2014.
- BERNS, R. S. **Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology**. 4. ed. [s.l.] Wiley-Interscience, 2019.
- BREWER, J. D.; WEE, A.; SEGHI, R. Advances in color matching. **Dental Clinics of North America**, v. 48, n. 2, p. 341–358, 2004.
- BUYUKYILMAZ, S.; EYSTEIN RUYTER, I. Color stability of denture base polymers. **International Journal of Prosthodontics**, v. 7, n. 4, p. 372–382, 1994.
- CAL, E.; GÜNERI, P.; KOSE, T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 33, n. 3, p. 221–228, 2006.

CARNEY, M. N.; JOHNSTON, W. M. A novel regression model from RGB image data to spectroradiometric correlates optimized for tooth colored shades. **Journal of Dentistry**, v. 51, p. 45–48, 2016.

CARSTEN, D. L. Successful shade matching--what does it take? **Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)**, v. 24, n. 3, p. 175–8, 180, 182 passim; quiz 188, mar. 2003.

CHAMBERLAIN, G. J.; CHAMBERLAIN, D. G. **Colour—Its Measurement, Computation and Application**. Philadelphia: Heyden & Son, 1980.

CHAN, K. C.; FULLER, J. L.; HORMATI, A. A. The ability of foods to stain two composite resins. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 43, n. 5, p. 542–545, 1980.

CHU, S. J.; TRUSHKOWSKY, R. D.; PARAVINA, R. D. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. **Journal of Dentistry**, v. 38, n. SUPPL. 2, p. 1–16, 2010.

CLARK, E. B. An Analysis of Tooth Color. **The Journal of the American Dental Association (1922)**, v. 18, n. 11, p. 2093–2103, 1931.

CLARY, J. A. et al. Influence of light source, polarization, education, and training on shade matching quality. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 116, n. 1, p. 91–97, 2016.

DAYAN, C. et al. A color stability comparison of conventional and CAD/CAM polymethyl methacrylate denture base materials. **Acta Stomatologica Croatica**, v. 53, n. 2, p. 158–167, 2019.

EDELHOFF D, BEUER F, SCHWEIGER J, BRIX O, STIMMELMAYR M, G. J. CAD/CAM-generated high-density polymer restorations for the pretreatment of complex cases: a case report. **Quintessence international**, v. 43, p. 457–467, 2012.

FERRACANE, J. L. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. **Dental Materials**, v. 22, n. 3, p. 211–222, 2006.

FERRACANE, J. L.; BERGE, H. X.; CONDON, J. R. In vitro aging of dental composites in water - Effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. **Journal of Biomedical Materials Research**, v. 42, n. 3, p. 465–472, 1998.

FONDRIEST, J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies.

The Journal of Prosthetic Dentistry, v. 91, n. 6, p. 553, 2004.

GAGE, H. P.; MACBETH, N. Filters for Artificial Daylighting, Theirs Grading and Use. **Transactions of the Illuminating Engineering Society**, v. 31, p. 995, 1936.

GOIATO, M. C. et al. Effect of different solutions on color stability of acrylic resin-based dentures. **Brazilian Oral Research**, v. 28, n. 1, p. 1–7, 17 dez. 2013.

GÓMEZ-POLO, C. et al. Comparison of the CIELab and CIEDE 2000 Color Difference Formulas on Gingival Color Space. **Journal of Prosthodontics**, p. 1–8, 2017.

GRUBER, S. et al. CAD/CAM Complete Denture Resins: An In Vitro Evaluation of Color Stability. **Journal of Prosthodontics**, 2020.

HEIN, S.; TAPIA, J.; BAZOS, P. eLABor_aid: a new approach to digital shade management. **The international journal of esthetic dentistry**, v. 12, n. 2, p. 186–202, 2017.

HILL, A. R. How we see colour. In: MCDONALD, R. (Ed.). . **Colour physics for industry**. 2. ed. Huddersfield: Society Of Dyers and Colourists, 1997. p. 211–281.

IMIRZALIOGLU, P. et al. Color stability of denture acrylic resins and a soft lining material against tea, coffee, and nicotine. **Journal of Prosthodontics**, v. 19, n. 2, p. 118–124, 2010.

JARAD, F. D.; RUSSELL, M. D.; MOSS, B. W. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. **British Dental Journal**, v. 199, n. 1, p. 43–49, 2005.

JOHNSTON, W. M. Color measurement in dentistry. **Journal of Dentistry**, v. 37, n. SUPPL. 1, p. e2–e6, 2009.

JOINER, A. Tooth colour: A review of the literature. **Journal of Dentistry**, v. 32, n. SUPPL., p. 3–12, 2004.

JOINER, A.; LUO, W. Tooth colour and whiteness: A review. **Journal of Dentistry**, v. 67, p. S3–S10, 1 dez. 2017.

KESSLER, A. et al. Three-body wear of 3D printed temporary materials. **Dental Materials**, v. 35, n. 12, p. 1805–1812, 2019.

KIM-PUSATERI, S. et al. Reliability and accuracy of four dental shade-matching

- devices. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 101, n. 3, p. 193–199, 2009.
- KIMPARA, ESTEVÃO TOMOMITSU; PAES JUNIOR, TARCISIO JOSÉ DE ARRUDA; SERAIDARIAN, PAULO ISAIAS; UEMURA, E. S. Processamento alternativo para eliminar porosidades em resina acrílica para bases de próteses totais. **Revista Brasileira de Prótese Clínica**, v. 1, n. 4, p. 325–9, 1999.
- LAI, Y. L.; LUI, H. F.; LEE, S. Y. In vitro color stability, stain resistance, and water sorption of four removable gingival flange materials. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 90, n. 3, p. 293–300, 2003.
- LUO, M. R.; CUI, G.; RIGG, B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. **Color Research and Application**, v. 26, n. 5, p. 340–350, 2001.
- MACADAM, D. L. **Color Measurement, Theme and Variations**. 2. ed. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1985.
- MCLAREN, K. Colour space, colour scales and colour difference. In: **Colour physics for industry**. 2. ed. [s.l.] Huddersfield: H. Charlesworth & Co Ltd, 1987. p. 97–115.
- MUNSELL COLOR. “**Color Standards**”. Disponível em: <<https://munsell.com/color-products/color-standards>>. Acesso em: 7 maio. 2020.
- PARAVINA, R. D. et al. Color difference thresholds in dentistry. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 27, n. S1, p. S1–S9, 2015.
- PARAVINA, R. D.; PÉREZ, M. M.; GHINEA, R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 31, n. 2, p. 103–112, 2019.
- PATEL, S. B. et al. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. **Journal of the American Dental Association**, v. 135, n. 5, p. 587–594, 2004.
- PHILLIPS RW. **Skinner materiais dentários**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.
- RAGAIN, J. A Review of Color Science in Dentistry: The Process of Color Vision. **Journal of Dentistry, Oral Disorders and Therapy**, v. 3, n. 1, p. 01–04, 2015.
- RAGAIN, J. C. **Matching the optical properties of direct esthetic dental restorative**

materials to those of human enamel and dentin. [s.l.] University of Michigan, 1998.

RAGAIN, J. C. A Review of Color Science in Dentistry: Colorimetry and Color Space. **Journal of Dentistry, Oral Disorders & Therapy**, v. 4, n. 1, p. 01–05, 2016.

REN, J. et al. Determining color difference thresholds in denture base acrylic resin. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 114, n. 5, p. 702–708, 2015.

RUTKŪNAS, V.; DIRSĖ, J.; BILIUS, V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination. **Journal of Prosthetic Dentistry**, p. 1–8, 2019.

SALESKI, C. G. Color, light, and shade matching. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 27, n. 3, p. 263–268, 1972.

SEPÚLVEDA-NAVARRO, W. F. et al. Color stability of resins and nylon as denture base material in beverages. **Journal of Prosthodontics**, v. 20, n. 8, p. 632–638, 2011.

SHAMMAS, M.; ALLA, R. K. Color and shade matching in dentistry. **Trends in Biomaterials and Artificial Organs**, v. 25, n. 4, p. 172–175, 2011.

SHIN, J. W. et al. Evaluation of the color stability of 3d-printed crown and bridge materials against various sources of discoloration: An in vitro study. **Materials**, v. 13, n. 23, p. 1–13, 2020.

SINGH, S. V.; AGGARWAL, P. Effect of tea, coffee and turmeric solutions on the colour of denture base acrylic resin: An in vitro study. **Journal of Indian Prosthodontist Society**, v. 12, n. 3, p. 149–153, 2012.

STAMENKOVIĆ, D. D. et al. Staining and aging-dependent changes in color of CAD-CAM materials. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 31, n. 3, p. 377–383, out. 2020.

STAWARCZYK, B. et al. Discoloration of manually fabricated resins and industrially fabricated CAD/ CAM blocks versus glass-ceramic: Effect of storage media, duration, and subsequent polishing. **Dental Materials Journal**, v. 31, n. 3, p. 377–383, 2012.

SULIMAN, S. et al. Effect of time on tooth dehydration and rehydration. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 31, n. 2, p. 118–123, 2019.

UM, C. M.; RUYTER, I. E. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. **Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)**, v. 22, n. 5, p. 377–86,

1991.

VAN DER BURGT, T. P. et al. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 63, n. 2, p. 155–162, fev. 1990.

VENZ, S.; DICKENS, B. NIR-spectroscopic investigation of water sorption characteristics of dental resins and composites. **Journal of Biomedical Materials Research**, v. 25, n. 10, p. 1231–1248, 1991.

WESTLAND, S. Review of the CIE system of colorimetry and its use in dentistry. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 15, n. SUPPL. 1, p. 5–12, 2003.


ANEXO A – ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ODONTOLOGIA**

ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO


Aos 16 dias do mês de Abril de 2021, às 15:00 horas, em sessão pública no (a) por meio da Conferência Web utilizando a plataforma CAFe - RNP, na presença da Banca Examinadora presidida pela Professora Dr^a Analucia Gebler Philippi e pelos examinadores Professora Dr^a Renata Gondo Machado e pela Mestre Roberta Pinto Pereira, a acadêmica Édina Zapparoli apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação intitulado: **“Análise das alterações cromáticas de resinas termicamente ativada e de impressão 3D submetidas à imersão em diferentes soluções – um estudo in vitro”** como requisito curricular indispensável à aprovação na Disciplina de Defesa do TCC e a integralização do Curso de Graduação em Odontologia. A Banca Examinadora, após reunião em sessão reservada, deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO do referido Trabalho de Conclusão do Curso, divulgando o resultado formalmente ao aluno e aos demais presentes, e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais componentes da Banca Examinadora e pelo aluno orientando.

 Documento assinado digitalmente
Analucia Gebler Philippi
Data: 22/04/2021 10:46:47-0300
CPF: 753.116.669-00
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Presidente da Banca Examinadora

 Documento assinado digitalmente
Renata Gondo
Data: 22/04/2021 18:28:37-0300
CPF: 695.766.961-00
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Examinador 1

 Documento assinado digitalmente
Roberta Pinto Pereira
Data: 22/04/2021 10:54:20-0300
CPF: 142.104.997-06
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Examinador 2

 Documento assinado digitalmente
Édina Zapparoli
Data: 22/04/2021 19:59:28-0300
CPF: 018.411.850-60
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Aluno