



CURSO DE ODONTOLOGIA

ANA CAROLINE BARBOSA SALGADO

**INFLUÊNCIA DAS SOLUÇÕES CORANTES NA ESTABILIDADE DE COR
DE RESINAS PARA IMPRESSÃO 3D DE PROVISÓRIOS
INFLUENCE OF DYE SOLUTIONS ON COLOR STABILITY OF RESINS FOR
3D PRINTING PROVISIONALS**

SALVADOR

2024.2

ANA CAROLINE BARBOSA SALGADO

**INFLUÊNCIA DAS SOLUÇÕES CORANTES NA ESTABILIDADE DE COR
DE RESINAS PARA IMPRESSÃO 3D DE PROVISÓRIOS**
INFLUENCE OF DYE SOLUTIONS ON COLOR STABILITY OF RESINS FOR
3D PRINTING PROVISIONALS

Artigo apresentado ao Curso de Odontologia da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública como requisito parcial para obtenção do título de Cirurgião Dentista.

Orientador: Prof. Dra. Adriana Oliveira Carvalho.

Coorientador: Prof. Dra. Emilena Maria Castor Xisto Lima

SALVADOR

2024.2

Com todo o meu carinho e profunda gratidão, dedico este trabalho à minha mãe, Jucinha Barbosa, e à minha avó, Ana Barbosa. Agradeço de coração por todo o amor, apoio e sacrifícios que fizeram para que eu chegasse até aqui. O incentivo de vocês foi fundamental para que eu superasse cada desafio e alcançasse todas as etapas dessa jornada. Este trabalho é, em grande parte, um reflexo da dedicação e do amor incondicional que sempre recebi de ambas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho e me amparar em cada passo desta jornada. A Sua presença constante, mesmo nos momentos de dúvida, me trouxe a paz necessária para seguir em frente. Em cada desafio superado e conquista alcançada, senti Sua orientação e carinho, demonstrando que nunca estive sozinha. A Ele, minha eterna gratidão, pela força e sabedoria que me concedeu.

À minha mãe, Jucinha, por ser a base da minha formação. Seu amor incondicional e confiança em meu potencial sustentaram minha caminhada. Sua sabedoria e apoio foram essenciais, especialmente nos momentos em que duvidei de mim mesma. Este trabalho é um reflexo do seu amor, dedicação e paciência. Te amo infinitamente e sou imensamente grata por tudo o que fez e faz por mim.

À minha avó Ana, fonte inesgotável de amor e sabedoria. Desde a minha infância, seus ensinamentos de fé, esperança e gratidão me guiaram. Sua presença, mesmo nos momentos mais difíceis, sempre me trouxe conforto e clareza. Agradeço por tudo o que me ensinou e por ser uma das maiores influências em minha vida. Te amo, vizinha, e sou eternamente grata por tudo o que faz por mim.

Ao meu vizinho, Paíta (in memoriam), cuja presença permanece viva em meu coração. Seu legado de amor e generosidade me guia até hoje. Em cada momento de angústia, suas palavras e sua forma de viver continuam a me dar força. Este trabalho também é fruto do seu exemplo, que nunca se apagará. Estará para sempre em meu coração.

Aos meus tios, pelas orações e apoio durante toda trajetória.

Às minhas irmãs do coração, Yane e Mimi, por serem minha base emocional e apoio constante. Em todas as fases da minha vida, estiveram ao meu lado, oferecendo risos, conselhos e apoio. Este trabalho é um reflexo do amor e companheirismo de vocês.

Ao meu namorado, Breno, pelo carinho, paciência e compreensão. Seu apoio foi fundamental para o meu crescimento, tanto pessoal quanto acadêmico. Nos momentos mais desafiadores, sua presença e incentivo foram essenciais para que eu seguisse em frente. Este trabalho também é resultado de seu amor e dedicação.

Ao meu amigo irmão, Fabrício, por toda ajuda e amizade incondicional.

Às minhas amigas de vida, Gisele, Laís, Lívia, Laura, Rebeca, Geo, e à Gio, em especial, por estarem ao meu lado em cada etapa dessa caminhada. O apoio, risos e companheirismo de vocês tornaram tudo mais leve e significativo, especialmente nos momentos mais difíceis.

Às minhas amigas de curso, Kali, Mylla, Bia, e Cath por tornarem esta jornada acadêmica mais rica e especial. Cada uma de vocês foi uma fonte de apoio e alegria, este trabalho é resultado de muito esforço e da energia positiva que recebi de todas.

À minha orientadora, Prof. Dra. Adriana Carvalho, e coorientadora, Prof. Dra. Emilena Xisto, minhas sinceras palavras de gratidão pela paciência, orientação e confiança, por me incentivarem a ir além dos meus limites e por estarem ao meu lado em todas as etapas desse processo. O exemplo de profissionalismo, seriedade e competência de ambas me motivou a buscar a excelência em tudo o que faço. Suas contribuições foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Serei eternamente grata pela oportunidade de aprender com vocês e por todo o conhecimento que compartilharam comigo. Obrigada, de coração, por deixarem essa jornada mais rica e transformadora.

À minha querida e amada mentora, Prof. Dra. Andrea Lira, que me recebeu com tanto afeto e carinhosamente se tornou minha "mamy". Minha eterna gratidão por toda paciência acolhimento e dedicação desde o início de nossa caminhada juntas. Sua sabedoria e exemplo de profissionalismo foram fundamentais para o meu crescimento. Foi com você que desenvolvi a verdadeira paixão pela prótese, área pela qual sou profundamente apaixonada, e que me proporcionou a certeza de que estou no caminho certo. A cada ensinamento, a cada conversa, você reafirmou minha vocação e me fez acreditar em meu potencial, sempre com palavras que tocaram meu coração. Você, minha querida mentora, é uma parte crucial da minha trajetória e será sempre uma referência.

Aos Mestres, Urbino Tunes, Roberta Tunes, Roberta Naves, Blanca Torres, Paulo Feitosa, João Dantas, Maurício Lago e Adriano Perez, obrigada por serem fontes de inspiração e excelência, moldando minha formação acadêmica e me motivando a seguir em frente. Levarei comigo tudo o que aprendi com vocês.

À minha banca externa, Dr. Luciano Regis, meus sinceros agradecimentos pela oportunidade de crescimento e aprendizado. Foi uma honra ser acolhida como sua estagiária, cada momento compartilhado está guardado em meu

coração. Sua generosidade, dedicação e experiência me fizeram enxergar a odontologia com outros olhos. Muito obrigada por me permitir aprender ao seu lado.

Aos funcionários da instituição, agradeço pelos gestos de carinho, apoio e acolhimento ao longo dessa jornada. Cada palavra de incentivo fez a diferença nos momentos em que mais precisei de suporte.

Aos pacientes, minha mais profunda gratidão pela confiança em meu trabalho. São eles que tornam a teoria em prática, e por isso, sempre terei um carinho especial por cada um.

À Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, minha gratidão pela formação de qualidade e pelas oportunidades que me proporcionou. Me sinto privilegiada por fazer parte dessa instituição que me acolheu durante toda a minha trajetória acadêmica. “Deus me livre de não ser Bahiana!!!”.

Agradeço imensamente ao PIBIC pela bolsa concedida, que foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto e para a expansão dos meus horizontes no campo da pesquisa científica.

Deixo aqui minha eterna gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para concretização desse sonho.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 METODOLOGIA.....	12
2.1 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS.....	12
2.2 DIVISÃO DOS CORPOS DE PROVA	14
2.3 IMERSÃO EM SOLUÇÕES CORANTES	15
2.4 MENSURAÇÃO DE ΔE.....	16
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	17
3 RESULTADOS	18
4 DISCUSSÃO.....	19
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS.....	24
ANEXO A - DIRETRIZES PARA AUTORES.....	26
ANEXO B - ARTIGOS REFERENCIADOS	27

RESUMO

Introdução A estabilidade de cor é uma das características ópticas mais importantes e de relevância clínica dos materiais dentários, já que a mudança de cor indica envelhecimento ou deterioração do material. Em situações clínicas onde a utilização de coroas provisórias por longos períodos são requeridas, o material restaurador provisório deve ter boas propriedades mecânicas e físicas.

Objetivo Este estudo visa avaliar a estabilidade de cor de duas resinas para impressão 3D de provisórios (MakertechLabs PriZma 3D Bio Prov/B e Yller Bioma 3D Cosmos-Temp/C) após imersão em diferentes soluções. Métodos Primeiramente, as duas resinas líquidas para impressão 3D foram homogeneizadas por agitação manual. Em seguida, discos (10 mm x 2 mm) impressos foram submetidos ao processo de pós-cura em uma câmara de luz UV, com tempos de exposição de 20 minutos para a resina (B) e 10 minutos para a resina (C). Após esse processo, os espécimes foram divididos aleatoriamente em oito grupos, de acordo com as soluções corantes utilizadas (n=15 por grupo): G1: B + café, G2: B + refrigerante Coca-Cola, G3: B + vinho tinto, G4: B + água destilada (controle), G5: C + café, G6: C + refrigerante Coca-Cola, G7: C + vinho tinto e G8: C + água destilada (controle), a 37°C durante 7 dias, a qual foram trocadas a cada 24 horas. A cor dos protótipos foi mensurada através de um espectrofotômetro (Vita Easyshade Advance) antes (T0) e após 7 dias de imersão nas soluções (T1). A mudança de cor (ΔE) foi calculada utilizando o modelo CIE Lab, através da fórmula padrão $[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]$. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente através do software R Core Team (2024).

Resultados Ao comparar as resinas entre T0 e T1, todas as amostras sofreram mudanças de cor. Para Bioprov, o subgrupo imerso em café (G1) apresentou a maior alteração significativa em relação ao controle (G4). Já a Cosmos não apresentou diferenças entre os quatro subgrupos, mas as alterações foram uniformemente superiores ao aceitável. Ao comparar as duas resinas a Cosmos demonstrou uma variação de cor significativamente maior que Bioprov, sugerindo que o material e o tempo de imersão impactam significativamente na alteração de ΔE .

Conclusão Este estudo conclui que ambas as resinas para impressão 3D de provisórios sofreram mudança de cor após 7 dias de imersão em soluções corantes mesmo está sendo água destilada.

PALAVRAS-CHAVE: Cor, Restauração Dentária Temporária, Impressão em 3D, Tecnologia Digital.

ABSTRACT

Introduction The stability of color is one of the most important optical properties and of clinical relevance in dental materials, as color changes indicate aging or material deterioration. In clinical situations where the use of temporary crowns for extended periods is required, the provisional restorative material must exhibit good mechanical and physical properties. **Objective** This study aims to evaluate the color stability of two 3D-printed provisional resins (Makertech Labs PriZma 3D Bio Prov/B and Yllor Bioma 3D Cosmos-Temp/C) after immersion in different solutions. **Methods** Initially, the two liquid 3D printing resins were homogenized by manual stirring. Subsequently, printed discs (10 mm x 2 mm) were subjected to post-curing in a UV light chamber, with exposure times of 20 minutes for resin (B) and 10 minutes for resin (C). After this process, the specimens were randomly divided into eight groups based on the staining solutions used (n=15 per group): G1: B + coffee, G2: B + Coca-Cola soda, G3: B + red wine, G4: B + distilled water (control), G5: C + coffee, G6: C + Coca-Cola soda, G7: C + red wine, and G8: C + distilled water (control), at 37°C for 7 days, with solutions being replaced every 24 hours. The color of the prototypes was measured using a spectrophotometer (Vita Easyshade Advance) before (T0) and after 7 days of immersion in the solutions (T1). The color change (ΔE) was calculated using the CIE Lab model with the standard formula $[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]$. The data obtained were statistically analyzed using R Core Team software (2024). **Results** When comparing the resins between T0 and T1, all samples showed color changes. For Bioprov, the subgroup immersed in coffee (G1) exhibited the most significant alteration compared to the control group (G4). In contrast, Cosmos did not show differences among the four subgroups, although the changes uniformly exceeded the acceptable threshold. Comparing the two resins, Cosmos demonstrated significantly greater color variation than Bioprov, suggesting that the material and immersion time significantly impact ΔE changes. **Conclusion** This study concludes that both 3D-printed provisional resins underwent color changes after 7 days of immersion in staining solutions, even when immersed in distilled water.

KEY-WORDS: Color, Temporary Dental Restoration, 3D Printing, Digital Technology.

1 INTRODUÇÃO

A estabilidade de cor é uma das características ópticas mais importantes e de relevância clínica dos materiais dentários, já que a mudança de cor indica envelhecimento ou deterioração do material¹. A alteração da cor impacta diretamente o resultado estético do material restaurador, influenciando assim a satisfação do paciente. Nesse sentido, é fundamental a fabricação cuidadosa de coroas provisórias para garantir a obtenção de próteses definitivas de alta qualidade². Em situações clínicas onde a utilização de coroas provisórias por longos períodos são requeridas, o material restaurador provisório deve ter boas propriedades mecânicas e físicas^{2;3}. Os materiais restauradores utilizados para confecção de coroas provisórias na Odontologia são expostos a vários agentes corantes, incluindo comidas, bebidas e até produtos de higiene oral, contribuindo para a pigmentação do material⁴.

A confecção de coroa provisória é um procedimento utilizado na Odontologia para criar uma restauração protética temporária que será adicionada sobre um dente preparado enquanto a coroa definitiva está sendo fabricada pelo laboratório. Para confecção de uma coroa provisória pela técnica convencional, são utilizados polímeros baseados em poli metacrilato de metila (PMMA), poli metacrilato de etila (PEMA) ou n-poli metacrilato de butila (PBMA), resinas acrílicas e bisacrílicas⁵.

Atualmente, na área da Odontologia as resinas compostas desenvolvidas para impressão 3D podem ser categorizadas em dois tipos principais. As resinas nanohíbridas, por um lado, conferem melhorias notáveis, tais como resistência e estabilidade, sendo frequentemente empregadas na fabricação de coroas provisórias. Por outro lado, as resinas microhíbridas destacam-se por suas características estéticas e duráveis. A inclusão de cargas inorgânicas tem o potencial de alterar a finalidade do material, fortalecendo a resistência a flexão e o módulo de elasticidade, ao mesmo tempo que aprimora a dureza das resinas impressas, contribuindo para evitar sobrecargas nas estruturas dentárias existentes⁶.

Com o avanço da Odontologia digital nos últimos anos, manufaturados CAD/CAM e materiais para impressão 3D tem sido amplamente utilizado. Comparado a fresagem CAD/CAM a técnica de impressão 3D reduz o tempo de

fabricação e causa um menor desperdício da matéria-prima assim ela pode ser uma opção de baixo custo para a confecção de coroas provisórias⁷.

Entretanto, é visível a falta de estudos que forneçam informações sobre as propriedades ópticas destes novos materiais⁸. Assim o objetivo inicial deste estudo foi comparar a estabilidade de cor de dois tipos de resinas para impressão 3D de provisórios disponíveis no mercado, utilizando as coordenadas CIELab (Commission Internationale de L'Éclairage). Em seguida, buscou-se avaliar a relevância clínica desses materiais, comparando a diferença de cor (ΔE) entre as duas resinas antes e após a imersão nas soluções corantes.

A hipótese nula afirma que as resinas utilizadas para impressão 3D de coroas provisórias neste estudo não sofreriam alterações de cor após serem imersas por 7 dias em diferentes soluções. No entanto, essa hipótese foi rejeitada, pois os resultados indicaram alterações na cor das resinas.

2 METODOLOGIA

A Tabela 1 apresenta a composição dos materiais restauradores 3D utilizados neste estudo, juntamente com seus parâmetros de impressão e os protocolos de pós-cura, conforme as orientações dos fabricantes.

Grupo experimental/ Cor/ Fabricante e N° lote	Composição/ Software e Impressora 3D	Parâmetros de impressão 3D	Parâmetros de pós cura
Prisma 3D Bio Prov/ A1/ Makertech Labs/ 099324	Monômeros, Oligômeros, Fotoiniciadores, Pigmentos, Estabilizantes./ Chitubox/ Anycubic Photon Mono	Altura da Camada 8 mm/ C. Base 0,05/ T. Exposição 60,000s/ Exposição base 2s (+ 0,5s).	Banho das amostras 5 min/ Tempos de pós cura 20 min/ Tempo de polimento 1 min
COSMOS 3D Temp/ A1/ Yller Biomateriais/ 00015064	Monômeros, Oligômeros, Fotoiniciadores, Pigmentos, Estabilizantes./ Chitubox/ Anycubic Photon Mono	Altura da Camada 4mm/ C. Base 0,05/ T. Exposição 50,000s/ Exposição base 2,5s.	Banho das amostras 10 min/ Tempos de pós cura 10 min/ Tempo de polimento 1 min

Tabela 1. Resinas 3D de provisórios utilizados no estudo, Software e parâmetros de calibração da impressora 3D e Parâmetros de pós processamento de acordo com o fabricante.

2.1 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS

Um total de 120 discos, com diâmetro de 10 mm e espessura de 2 mm, foram produzidos a partir de dois materiais para impressão 3D de coroas provisórias: PriZma-Bioprov/Makertech® (B) (São Paulo, SP, Brasil) e Cosmos-Temp/Yllor® (C) (São Paulo, SP, Brasil) conforme ilustrado na Figura 1a. O design dos discos foi elaborado utilizando o software Exocad e salvo no formato STL, com os suportes de impressão posicionados a 90°.

Em seguida, o arquivo de design foi importado para o software de fatiamento ChiTuBox, Figura 1b que os converteu em designs digitais 3D. Para a execução na impressora 3D os parâmetros de impressão foram ajustados conforme as instruções de cada fabricante. (Tabela 1)

Ambas as resinas líquidas para impressão 3D foram homogenizadas através da agitação manual para garantir maior consistência nas propriedades mecânicas e ópticas desse matéria. Em seguida a impressora 3D Anycubic Photon® (Smart Dent, São Paulo, SP, Brasil), foi utilizada para impressão dos corpos de prova. A primeira remessa foi impressa com a resina PriZma-Bioprov/Makertech, seguida por mais 60 corpos de prova utilizando a resina Cosmos-Temp/Yllor. Após a impressão, os discos 3D foram submetidos a um processo de banho com álcool isopropílico 99,5% PA (Labsynth®, Diadema, SP, Brasil) por 5 e 10 minutos, respectivamente, com o objetivo de remover monômeros residuais. (Figura 1c) Posteriormente foram secos e submetidos ao processo de pós-cura em uma câmara de luz UV por 20 e 10 minutos, respectivamente. Para polimerização pós-processamento a máquina de lavagem e cura, (Wash & Cure 2.0 – Anycubic®, Shenzhen, Guangdong, China) conforme as instruções dos fabricantes. (Tabela 1)

Após a polimerização, os discos tiveram seu diâmetro e espessura conferidos com um paquímetro, (Mitutoyo®, Jundiaí, SP, Brasil) aceitando uma tolerância de 0,05 mm, (Figura 1d) os que não preenchiam esse requisito foram descartados. Em seguida, os espécimes foram padronizados através do polimento manual utilizando lixa T216® (São Paulo, SP, Brasil) de granulação 1200, por um minuto para cada espécime, (Figura 1d) simulando a etapa clínica do procedimento, visando remover a porosidade superficial de cada disco, promovendo redução da rugosidade. Para identificação da face a ser mensurada, foi realizada uma marcação em cada amostra com o auxílio de turbina NSK® (São Paulo, SP, Brasil) e broca KG® 1012 (São Paulo, SP, Brasil)

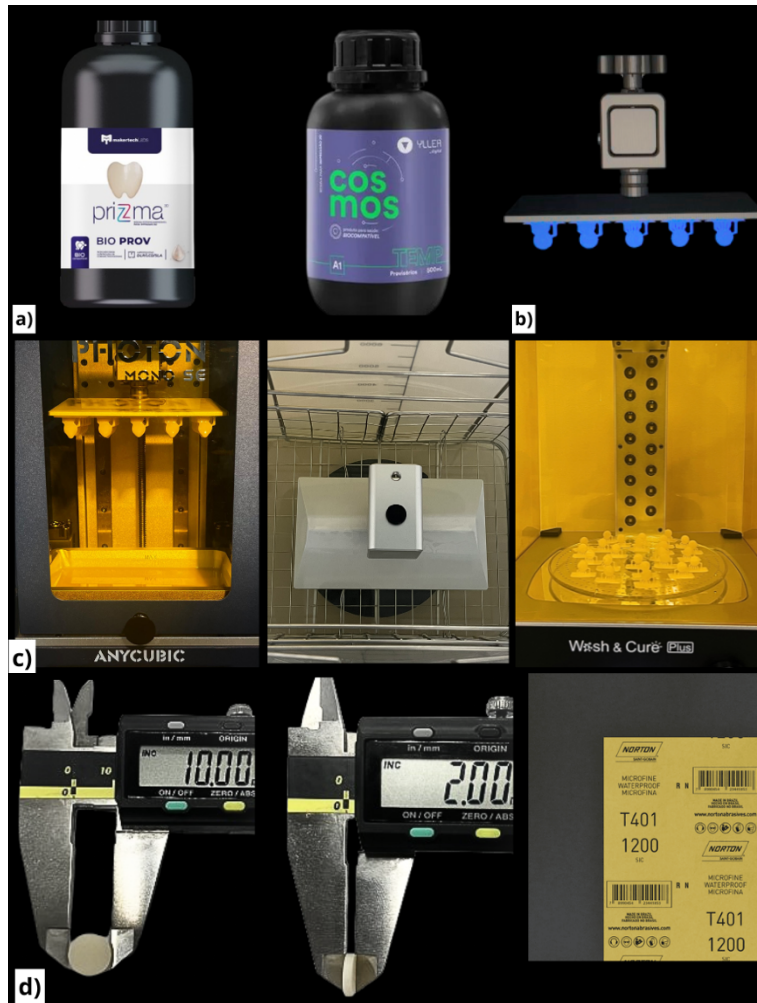


Figura 1: a) Resinas fotoativadas utilizada para confecção dos corpos de provas; b) design dos discos, posicionados em 90° no software ChiTuBox; c) Impressão, banho, e fotoativação; d) Espessura dos espécimes e material de polimento;

2.2. DIVISÃO DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova de cada resina foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas, estabelecendo a linha de base (T0). Esse procedimento simula a reidratação que ocorre no primeiro dia de uso das restaurações provisórias no meio bucal. Já que a maior parte da absorção significativa de água desses materiais acontece nas primeiras horas após a exposição ao ambiente úmido. (Figura 1e)

Após esse período, os corpos de prova foram distribuídos em 8 subgrupos (n=15) para cada uma das quatro soluções corantes: G1: M+café, G2: M+refrigerante da marca Coca-Cola, G3: M+vinho tinto, G4: M+água destilada (controle), G5: C+café, G6: C+refrigerante da marca Coca-Cola, G7: C+vinho tinto e G8: C+água destilada (controle).



Figura 1: e) Imersão em água destilada por 24h e distribuição dos grupos;

2.3 IMERSÃO EM SOLUÇÕES CORANTES

Após a mensuração da linha de base (T0), os corpos de prova foram trocados a cada 24 horas, período padrão para cada subgrupo de solução. Segundo o fabricante do café (Três Corações[®], MG, Brasil) o tempo médio de consumo é de 15 minutos para três xícaras, conforme demonstrado na Tabela 2. Assim, o tempo de imersão simulou o consumo da bebida ao longo de um mês.

Os espécimes foram submersos por sete dias, os subgrupos G1 e G5 foram armazenados em café a 37°C, utilizando 3,6g de café dissolvidos em 300mL de água destilada fervente, conforme a concentração sugerida pelo fabricante. Após 10 minutos de agitação, a solução foi filtrada com um filtro de café (Três Corações[®], MG, Brasil). Os subgrupos G2 e G6 foram imersos em refrigerante da marca Coca-Cola[®] (Atlanta, GA, EUA), G3 e G7 em vinho tinto suave (Vinícola San Martin[®], São Paulo, SP, Brasil) simulando também o tempo de consumo médio ao longo de um mês. Já o G4 e G8 (subgrupo controle) foram armazenados em água destilada, (Ciclo Farma[®], São Paulo, SP, Brasil) todos a 37°C. Após uma semana de imersão, os espécimes foram enxaguados em água destilada por 5 minutos e secos com papel toalha antes da mensuração da cor. Conforme demonstrado no fluxograma (Figura 2).

Soluções	Quantidade ao dia	Tempo
Café	3 Xícaras	10 a 15 min
Coca-Cola	1 Copo	15 min
Vinho	1 Taça	30 min

Tabela 2. Rotação de 24h dos corpos de prova e simulação de consumo em um mês.

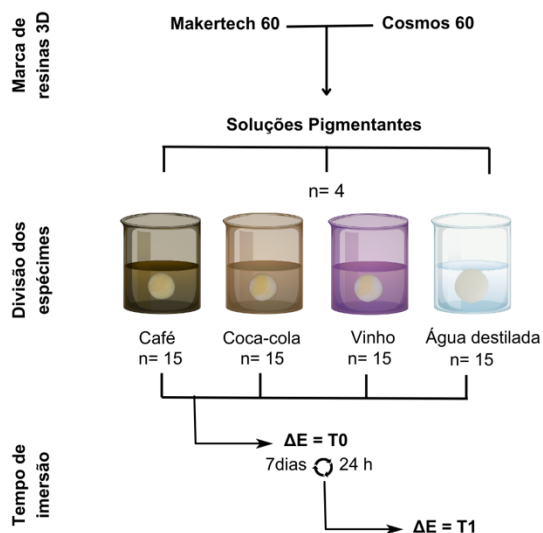


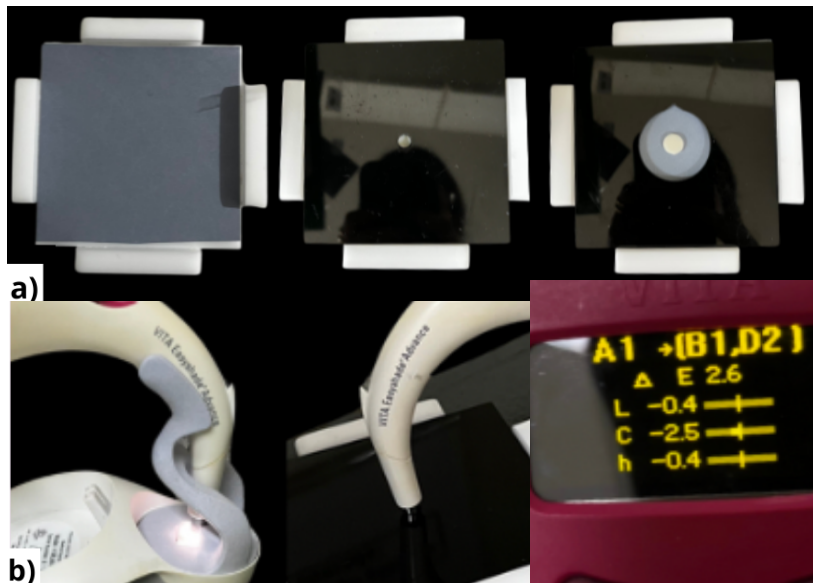
Figura 2: Fluxograma do estudo.

2.4 MENSURAÇÃO DE ΔE

A mensuração da cor foi realizada em cada espécime ($n=15$) de cada subgrupo ($n=4$) antes da imersão (linha de base = T_0) com o auxílio de um espectrofotômetro digital (VITA Easyshade[®] V, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha), nas mesmas condições de iluminação e avaliador. O aparelho foi calibrado conforme as instruções do fabricante e configurado na função "Verificação de cor da restauração" para avaliar as coordenadas CIELab das amostras (Figura 3a). A mensuração foi repetida três vezes para cada espécime, sobre um fundo cinza, que proporciona uniformidade e não altera a percepção da cor.¹¹ A ponta do espectrofotômetro foi posicionada a 90° perpendicularmente ao centro de cada disco, utilizando um dispositivo de acrílico preto com um orifício central de 10 mm x 2 mm, desenvolvido para padronizar as condições de análise (Figura 3b). O processo foi iniciado ao pressionar a tecla de medição, e dois sinais sonoros indicaram o término da leitura. Os valores CIELab de cada espécime foram registrados, e os valores médios resultantes foram usados para calcular ΔE . Esse processo foi repetido novamente após sete dias de imersão nas soluções corantes (T_1).

Para determinar e avaliar quantitativamente a correspondência de cor, foi utilizado o critério recomendado pela CIELab (Commission Internationale de l'Éclairage - CIE). A diferença de cor é expressa matematicamente pelo valor de ΔE , que representa a variação total da cor da amostra em relação ao padrão.

Esse valor é calculado pela fórmula: $\Delta E^2 = [(\Delta L)^2 + (\Delta c)^2 + (\Delta h)^2]$. Os resultados foram analisados descritivamente por meio de gráficos e tabelas.



3:a) Dispositivo auxiliar a mensuração, b) Mensuração com VITA Easyshade

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Primeiramente, os dados obtidos foram normalizados para a realização de testes não paramétricos. A mediana foi utilizada como medida de tendência central para analisar os dados de cada grupo, que foi dividido em partes iguais. Os quartis foram empregados para avaliar a dispersão dos dados. Os resultados foram organizados em tabelas, mostrando a variação de ΔE entre os tempos T0 e T1.

Em seguida, aplicou-se o teste de postos sinalizados de Wilcoxon para amostras relacionadas, com o objetivo de comparar as diferenças de ΔE entre as medianas nos dois momentos. Para a análise de relevância clínica, foi adotado um limite de ΔE de 3,3 correspondente ao limite de aceitabilidade previamente relatado de 50%.¹¹ Isso indica que os observadores percebem claramente a diferença de cor, considerando 50% como aceitável e 50% como inaceitável.

O teste U de Mann-Whitney para amostras independentes foi utilizado para comparar a pigmentação de cada marca de resina com base nos valores de ΔE , adotando um nível de significância de ($p < 0,05$) para verificar a normalidade. Além disso, o teste de Kruskal-Wallis foi aplicado para comparar

os quatro grupos de forma independente dentro de cada solução. Todos os testes estatísticos foram realizados com o auxílio do software especializado R Core Team (2024).

3 RESULTADOS

Ao avaliar o ΔE , com o auxílio do espectrofotômetro digital e escala VITA Classical[®] para os 120 corpos da linha de base (T0), revelou que, para a resina Bioprov[®], apenas 25% das amostras apresentaram alteração na tonalidade, variando entre A1 e B1 em relação à cor prometida pelo fabricante (A1). Em contrapartida, a resina Cosmos[®] teve alteração de 36,67% nas tonalidades das amostras (B1), divergindo da cor padrão prometida pelo fabricante (A1). Além disso, 13,33% das amostras Cosmos apontaram desvio entre as tonalidades A1 e B1.

Ao analisar a mediana do ΔE entre os tempos T0 e T1 para cada marca de resina 3D e seus respectivos subgrupos imersos em diferentes soluções, observou-se o impacto na coloração da resina após sete dias em contato com cada solução. Embora a resina Bioprov[®] tenha apresentado um valor mais elevado em T0, mostrou maior estabilidade de cor após esse período. Em contrapartida, a Cosmos[®], que inicialmente apresentou valores mais baixos, exibiu aumentos notáveis ao comparar T0 e T1. (Tabela 3; Figura 4)

O Teste de Mann-Whitney U (para duas amostras independentes) e o Teste de Kruskal-Wallis (para três ou mais amostras independentes), revelaram que o tempo foi significativo para a alteração de coloração em todos os subgrupos, independentemente da marca da resina ou da solução em que foram imersas ($p = 0,001$). (Tabela 3)

Para o grupo Bioprov[®], observou-se que todas as soluções corantes promoveram diferenças significativas entre as amostras relacionadas. Apresentando uma alteração de cor significativa ($p = 0,003$), modificando o ΔE . (Tabela 3c) Ao comparar a diferença entre a mediana das quatro soluções testadas, o subgrupo G1 apresentou o maior valor de alteração de cor ($\Delta E = 2,8$), enquanto o subgrupo G4 teve o menor valor ($\Delta E = 0,9$), ambos alcançando significância estatística ($p < 0,05$) e mantendo-se dentro do nível de aceitabilidade clínica ($< 3,3$). No caso da resina Cosmos[®], não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas no potencial de pigmentação das

soluções corantes sobre a resina ($p = 0,117$). O subgrupo G7 apresentou a maior alteração de cor ($\Delta E = 5,6$), seguido pelos subgrupos G6 ($\Delta E = 5,4$) e G8 ($\Delta E = 5,4$), que mostraram o mesmo nível de pigmentação, e, por fim, o G5, com a menor alteração ($\Delta E = 5,3$). Todos esses resultados superaram o padrão de normalidade ($p < 0,05$) e ultrapassaram o limite de aceitabilidade clínica ($> 3,3$), conforme expressos na Tabela 3.

Soluções	(ΔE) T0 (M) (C) T1 (M) (C)	P-valor	Resinas (M) (C)
Café (G1/ G5)	6,0 2,8 8,8 8,1	0,0001	0,003 0,117
Coca-Cola (G2/ G6)	5,8 2,5 7,9 7,9	0,0001	
Vinho (G3/ G7)	5,5 3,6 7,0 9,2	0,0001	
Controle (G4/G8)	5,7 3,8 6,6 9,2	0,0001	

Tabela 3. Avaliação da Mediana do (ΔE) T0 e T1 de ambas as resinas; Impacto de Diferentes Soluções, análise da diferença (P- valor); Comparação da Diferença de (ΔE) entre as Quatro Soluções em cada resina.

4 DISCUSSÃO

A hipótese nula de que as resinas para impressão 3D de provisórios não apresentariam alterações de cor após 7 dias de imersão em diferentes soluções foi completamente rejeitada. Todas as resinas testadas sofreram alterações de cor, independentemente da solução utilizada.

Os resultados desta pesquisa mostraram que a resina Bioprov[®] teve uma alteração de tonalidade de 25%, enquanto a resina Cosmos[®] apresentou uma mudança mais significativa, com 36,67% das amostras mostrando variações visíveis. Essa diferença pode indicar uma polimerização inadequada dos monômeros na resina Cosmos[®], dado que a qualidade da polimerização é influenciada por fatores como o tempo e o método de pós-cura. Esse aspecto pode ter contribuído para uma maior absorção de água durante o período de 24 horas imersos em água, antes da mensuração T0 na linha de base. Alinhando-se com as observações de Sto-Montero⁹, que enfatizam a importância do tempo de pós-cura na obtenção de boas propriedades mecânicas e estéticas. Vichi¹⁰, argumenta que a absorção de água pode causar a degradação dos componentes da matriz resinosa, elevando a solubilidade e provocando a lixiviação de

monômeros residuais, o que, por sua vez, contribui para a alteração da cor do material.

A análise da diferença de cor (ΔE) revelou alterações significativas em todos os grupos experimentais ($p < 0,05$), evidenciando a sensibilidade da pigmentação das resinas a variáveis externas. Costa⁴ afirma que o tempo de exposição a agentes pigmentantes é um fator crítico na intensidade da coloração das resinas. Com base nos achados deste estudo, a resina Bioprov[®], apesar de um ΔE elevado em T0, mostrou maior resistência à pigmentação após sete dias em comparação à resina Cosmos[®].

Magne¹¹, discute que a estrutura interna e a composição química das resinas afetam a absorção de pigmentos. Resinas com redes poliméricas menos densas tendem a ser mais vulneráveis à penetração de corantes, resultando em variações de cor. Portanto, a Cosmos[®], que apresentou aumentos notáveis de ΔE , pode ser mais suscetível a essa vulnerabilidade devido a uma polimerização inadequada.

O processo de impressão envolveu a criação de discos com 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, seguindo um design padronizado. A orientação dos suportes a 90° foi uma escolha estratégica, visando minimizar problemas de adesão entre as camadas. Essa abordagem é crucial, pois a adesão inadequada pode comprometer tanto a integridade estrutural quanto a estética do produto final. Estudos anteriores, como o de Castro et al. 2023¹², demonstraram que a impressão na orientação de 90° geralmente resulta em melhor precisão e propriedades mecânicas para a maioria das resinas. Mudhaffer¹³, também ressalta que essa orientação favorece resistência e módulo de flexão, em comparação com orientações de 0° e 45°. Em contrapartida, Espinar¹⁴ não encontra diferenças estatísticas significativas entre as orientações de 0° e 90°, sugerindo que fatores adicionais podem influenciar essas propriedades.

Alem da orientação a quantidade de camadas impressas e a espessura delas também desempenham um papel significativo na interação das resinas com corantes. Um maior número de camadas, frequentemente associado a uma espessura maior, pode resultar em superfícies mais rugosas e porosas, aumentando a absorção de corantes. Sasany¹⁵, demonstrou que a espessura da camada impacta as propriedades ópticas e a rugosidade das resinas. Camadas mais espessas (100 μm) mostraram maior rugosidade e alterações de cor significativas em comparação com camadas mais finas (25 μm). Esses achados

sugerem que superfícies rugosas, resultantes de camadas mais espessas, facilitam a absorção de corantes, especialmente em soluções como café e vinho. Lee et al. 2022¹⁶ corroboram essa ideia, indicando que a espessura da camada e a orientação de impressão afetam tanto a estabilidade de cor quanto a manchabilidade das resinas, com camadas mais espessas apresentando maior alteração de cor (ΔE) ao longo do tempo. Para o processo de construção de camadas, o parâmetro recomendado pelo fabricante da resina Bioprov[®] foi de 8 mm de altura, com uma camada base de 0,05 mm. Para a resina Cosmo[®], a indicação foi de 4 mm de altura e uma camada base de 0,05 mm (Tabela 1b). No entanto, no contexto deste estudo, esses parâmetros não influenciaram positivamente os resultados. Embora a camada da Cosmo[®] fosse mais fina, apresentou potencial de pigmentação superior ao da Bioprov[®], o que contradiz as evidências descritas na literatura e em estudos anteriores.

Em relação ao tempo de pós-cura, o fabricante da resina Bioprov[®] recomendou um período de 20 minutos, enquanto para a resina Cosmo[®] a sugestão foi de 10 minutos. Com base nos resultados obtidos, observou-se que um tempo de pós-cura mais prolongado proporcionou melhores resultados quanto à aceitabilidade da pigmentação. Kim et al. (2020)¹⁷ demonstraram que tempos de pós-cura entre 60 e 90 minutos resultam em um aumento significativo na resistência flexural de materiais impressos em 3D. Por outro lado, Soto-Montero et al. (2022) destacaram que tempos de pós-cura de 5 a 10 minutos são suficientes para garantir boas propriedades mecânicas sem comprometer a cor, embora esses resultados possam variar conforme o material utilizado. Entretanto, esses achados contrastam com as evidências observadas nesta pesquisa, que indicaram que um tempo maior de pós-cura teve um efeito positivo na aceitabilidade da pigmentação. Rizzante et al. 2024¹⁸ observaram que a resistência flexural é superior para resinas pós-curadas por 32 minutos e 1 hora, enquanto a estabilidade de cor não apresentou diferenças significativas entre os grupos.

Além disso, Soto-Montero reforça a ideia de que o tempo de pós-cura e de imersão impacta não apenas a coloração, mas também propriedades mecânicas, como a resistência flexural. Uma cura insuficiente pode comprometer a rede polimérica, facilitando a absorção de pigmentos e a degradação estética. Chang et al. 2022¹⁹ aborda a relação entre polimerização e estabilidade de cor,

ênfatizando a importância de um controle adequado do tempo de cura e de imersão para maximizar a durabilidade estética dos materiais.

A escolha dos agentes pigmentantes utilizados foi baseada em evidências da literatura, que indicam que as alterações cromáticas nos materiais dentários são amplamente influenciadas pelo tempo de exposição às bebidas. No contexto da pesquisa, as amostras expostas ao vinho tinto e ao café apresentaram modificações significativas na cor, ultrapassando substancialmente os valores iniciais (T₀) após 7 dias de exposição. Assim, a imersão das amostras por 24 horas replica o consumo da bebida ao longo de um mês. O período de armazenamento de 7 dias foi adotado como o tempo padrão, correspondendo a sete meses de tratamento na fase provisória⁴. De acordo com as composições das soluções testadas, o café possui um pH que varia entre 4,85 e 5,10 e 7% a 10% de ácidos clorogênicos, compostos esses com capacidade descoloração acentuada nos materiais dentários (Lopes-Rocha et al.2021²⁰). Estudos como Lopes-Rocha et al²⁰ e Macedo et al²¹, abordam que o álcool presente em bebidas comumente consumidas pode alterar significativamente as propriedades físicas e mecânicas dos materiais dentários provisórios. O vinho tinto, em particular, é um dos principais responsáveis pela descoloração, devido aos taninos e pigmentos que interagem com a matriz orgânica desses materiais. Por outro lado, a Coca-Cola[®], embora menos agressiva em termos de coloração quando comparada ao café e ao vinho, também exerce um impacto significativo devido à sua acidez, que pode alterar a microdureza e a rugosidade superficial dos materiais dentários, contribuindo para o desgaste gradual e comprometendo a durabilidade das restaurações²⁰.

Em resumo, embora a orientação de impressão a 90° frequentemente melhore a precisão e a resistência à flexão, os resultados podem variar conforme o tipo de resina e as condições de teste. A literatura indica que o tempo de imersão e cura é um fator determinante na avaliação da estabilidade de cor das resinas odontológicas. Para reduzir a absorção de corantes e melhorar a estabilidade de cor, recomenda-se a utilização de camadas mais finas durante a impressão 3D, o que pode resultar em superfícies menos porosas e menos propensas à absorção de corantes.

A comparação entre as resinas Bioprov[®] e Cosmos[®] ilustra como as diferenças de desempenho estético podem ser atribuídas a essas variáveis. Portanto, futuras pesquisas devem continuar a explorar essa relação, visando

otimizar tanto as propriedades mecânicas quanto estéticas das resinas, assegurando sua eficácia em aplicações clínicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as limitações deste estudo, conclui-se que ambas as resinas para impressão 3D de coroas provisórias apresentaram alterações de cor após imersão em soluções corantes. No entanto, a resina Bioprov[®] demonstrou maior estabilidade em comparação à resina Cosmos[®] nas mesmas condições. As bebidas que provocaram as maiores alterações de cor foram o café e o vinho tinto, seguidas pela Coca-Cola[®]. Esses resultados ressaltam a sensibilidade das resinas a agentes pigmentantes e a importância de considerar a seleção do material em contextos clínicos.

Além disso, são necessárias investigações adicionais para aprofundar a compreensão do comportamento desses materiais sob diversas condições clínicas, incluindo a análise do impacto de fatores como o tempo de imersão e as características específicas das soluções corantes.

REFERÊNCIAS

1. Imirzalioglu P. et al. Color stability of denture acrylic resins and a soft lining material against tea, coffee, and nicotine. *J Prosthodont.* 2010; 19(2): 118–124.
2. Grotta CLS. Materiais restauradores provisórios em prótese fixa: importância estética, funcional e manipulação de contornos teciduais periodontais. Tese (Mestrado em Medicina Dentária) – Universidade Fernando Pessoa. Porto, 2017.
3. Nulty A. A literature review of 3D printing materials in dentistry: part four. *Clin Dent.* 2022; 2(3):44-49.
4. Costa Í, Lima E. Effect of colorant solutions on the color stability of provisional prosthetic materials. *Braz J Oral Sci.* 2018; 17:e18153. doi: 10.20396/bjos.v17i0.8652654.
5. Kessler A. et al. Three-body wear of 3D printed temporary materials. *Dent Mater.* 2019; 35(12): 1805–1812.
6. Borella PS, Alvares LAS, Ribeiro MTH, Moura GF, Soares CJ, Zancopé K, et al. Physical and mechanical properties of four 3D-printed resins at two different thick layers: an in vitro comparative study. *Dent Mater.* 2023;39(8):686-692. doi:10.1016/j.dental.2023.06.002.
7. Almeida MVC, Teodoro MKR, Almeida NKVL. Impressão 3d e sua aplicabilidade na reabilitação oral. *BJSCR.* 2020; 33(1):26-30.
8. Yao Q, Morton D, Eckert G, Lin W-S. The effect of surface treatments on the color stability of CAD-CAM interim fixed dental prosthesis. *J. Prosthet Dent.* 2021; 126(2):248-253. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.05.017.
9. Soto-Montero J, de Castro EF, Romano B de C, Nima G, Shimokawa CAK, Giannini M. Color alterations, flexural strength, and microhardness of 3D printed resins for fixed provisional restoration using different post-curing times. *Dent Mater.* 2022;38(10):1288-1296. doi:10.1016/j.dental.2022.06.023.
10. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater.* 2004;20(1):1-7. doi: 10.1016/j.dental.2002.11.001.
11. Magne P, Bruzi G, Carvalho A et al. Evaluation of an anatomic dual-laminate composite resin shade guide. *IJD, Int. j. dent.* 2013; 41(3):80-86. doi: 10.1016/j.jdent.2013.05.001
12. Castro EF de, Nima G, Rueggeberg FA, Giannini M. Effect of build orientation in accuracy, flexural modulus, flexural strength, and microhardness of 3D-Printed resins for provisional restorations. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2023; 132:105479. doi: 10.1016/j.jmbbm.2022.105479. PMID: 36279743.

13. Mudhaffer S, Haider J, Satterthwaite J, Silikas N. Effects of print orientation and artificial aging on the flexural strength and flexural modulus of 3D printed restorative resin materials. *J Prosthodont.* 2024;33(1):45-51. doi:10.1016/j.prosdent.2024.08.008.
14. Espinar C, Pérez MM, Pulgar R, Leon-Cecilla A, López-López MT, Della Bona A. Influence of printing orientation on mechanical properties of aged 3D-printed restorative resins. *Dent Mater.* 2024;40(2):234-240. doi:10.1016/j.dental.2024.02.023.
15. Sasany R, Jamjooon FZ, Kendirci MY, Yilmaz B. Effect of printing layer thickness on optical properties and surface roughness of 3D-printed resins: an in vitro study. *Int J Prosthodont.* 2024;37(1):56-62. doi:10.11607/ijp.8965.
16. Lee EH, Ahn JS, Lim YJ, Kwon HB, Kim MJ. Effect of layer thickness and printing orientation on the color stability and stainability of a 3D-printed resin material. *J Prosthodont.* 2022;31(4):345-351. doi:10.1016/j.prosdent.2022.01.024
17. Kim D, Shim JS, Lee D, Shin SH, Nam NE, Park KH, et al. Effects of post-curing time on the mechanical and color properties of three-dimensional printed crown and bridge materials. *Polymers (Basel).* 2020;12(11):2762. doi:10.3390/polym12112762.
18. Rizzante F, Hales H, Teich S, Furuse AY, Mendonça G, Brennes C. Are physical and mechanical properties of 3D resins dependent on the manufacturing method? *J Mater Sci Mater Med.* 2024;35(1):15. doi:10.1007/s10266-024-00985-3.
19. Chang J, Choi Y, Moon W, Chung SH. Impact of postpolymerization devices and locations on the color, translucency, and mechanical properties of 3D printed interim resin materials. *J Prosthodont.* 2023;32(2):147-153. doi:10.1016/j.prosdent.2022.08.018.
20. Lopes-Rocha L, Mendes JM, Garcez J, et al. The effect of different dietary and therapeutic solutions on the color stability of resin-matrix composites used in dentistry: An in vitro study. *Materials (Basel, Switzerland).* 2021;14(21):6267. doi:10.3390/ma14216267.
21. Macedo MGFP, Volpato CAM, Henriques BAPC, et al. Color stability of a bis-acryl composite resin subjected to polishing, thermocycling, intercalated baths, and immersion in different beverages. *J Esthet Restor Dent.* 2018;30(5):449-456. doi:10.1111/jerd.12404.

ANEXO A – DIRETRIZES PARA AUTORES

ANEXO B – ARTIGOS REFERENCIADOS

Os artigos referenciados deste trabalho encontram-se anexados e-mail encaminhado para banca avaliadora.