RGe ISSN: 2177-3246

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR DE RESINAS 3D VERSUS RESINA COMPOSTA APÓS IMERSÃO EM SOLUÇÃO DE CAFÉ

EVALUATION OF COLOR STABILITY OF 3D RESINS VERSUS COMPOSITE RESIN AFTER IMMERSION IN COFFEE SOLUTION

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL COLOR DE RESINAS 3D FRENTE A RESINAS COMPUESTAS TRAS LA INMERSIÓN EN SOLUCIÓN DE CAFÉ

10.56238/revgeov17n5-031

Eloisa Scheffer da Silva
Graduada em Odontologia
Instituição: Universidade Paranaense (UNIPAR)
E-mail: eloisascheffer2020@outlook.com

Isabelli Giraldi
Graduada em Odontologia
Instituição: Universidade Paranaense (UNIPAR)
E-mail: isabelligiraldi04@gmail.com

Maria Eduarda de Andrade Oliveira
Graduada em Oodntologia
Instituição: Universidade Paranaense (UNIPAR)
E-mail: mariaeduardaandradeo@outlook.com

Valéria Faria Abel
Graduada em Odontologia
Instituição: Universidade Paranaense (UNIPAR)
E-mail: valeria.abel@edu.unipar.br

RESUMO
A estabilidade de cor é um fator determinante para o desempenho clínico de restaurações em resina composta. Com o avanço das tecnologias de confecção pelo fluxo digital, resinas impressas em 3D têm sido introduzidas na odontologia, porém sua estabilidade de cor ainda não está estabelecida. Este estudo teve como objetivo comparar a estabilidade cromática de resinas odontológicas impressas por tecnologia 3D com uma resina composta convencional após exposição em solução pigmentante. Foram confeccionadas amostras circulares (10 mm de diâmetro × 2 mm de espessura) de uma resina composta e de duas resinas impressas em 3D. As amostras foram distribuídas em seis grupos (n=10) de acordo com o material e a solução de imersão (água destilada ou café solúvel Nescafé) e submetidas ao protocolo de imersão por 21 dias. As leituras de cor foram realizadas pelo sistema CIELAB, calculando-se os valores de ΔE. Os dados foram analisados por ANOVA a dois fatores e teste complementar de Tukey (α = 0,05). Observou-se diferença estatisticamente significativa entre os grupos (p = 0,001), com menores valores de ΔE para as amostras imersas em água e maiores variações de cor para as expostas ao café. Conclui-se que tanto o tipo de material quanto a solução de imersão

influenciam a estabilidade cromática, sendo a resina composta convencional menos resistente à pigmentação do que as resinas impressas em 3D.

Palavras-chave: Resina Composta. Impressão Tridimensional. Odontologia Restauradora. Estabilidade de Cor. Coloração.

ABSTRACT
Color stability is a key factor in the clinical performance of composite resin restorations. With the advancement of digital manufacturing technologies, 3D-printed resins have been introduced into dentistry; however, their color stability has yet to be fully established. This study aimed to compare the color stability of 3D-printed dental resins with that of a conventional composite resin after exposure to a staining solution. Circular samples (10 mm in diameter × 2 mm in thickness) were fabricated from one conventional composite resin and two 3D-printed resins. The specimens were divided into six groups (n=10) according to the material and immersion medium (distilled water or instant coffee—Nescafé) and subjected to an immersion protocol for 21 days. Color readings were performed using the CIELAB system, and ΔE values were calculated. Data were analyzed using two-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test (α = 0.05). A statistically significant difference was found among groups (p = 0.001), with lower ΔE values for samples immersed in water and greater color changes for those exposed to coffee. It can be concluded that both the type of material and the immersion solution influence color stability, with conventional composite resin being less resistant to pigmentation than 3D printed resins.

Keywords: Composite Resins. Three-Dimensional Printing. Restorative Dentistry. Color Stability. Staining.

RESUMEN
La estabilidad del color es un factor determinante para el desempeño clínico de las restauraciones de resina compuesta. Con el avance de las tecnologías de fabricación digital, se han introducido resinas impresas en 3D en odontología, pero su estabilidad del color aún no está establecida. Este estudio tuvo como objetivo comparar la estabilidad del color de resinas dentales impresas mediante tecnología 3D con una resina compuesta convencional tras la exposición a una solución pigmentante. Se elaboraron muestras circulares (10 mm de diámetro × 2 mm de espesor) de una resina compuesta y dos resinas impresas en 3D. Las muestras se distribuyeron en seis grupos (n=10) según el material y la solución de inmersión (agua destilada o café instantáneo Nescafé) y se sometieron al protocolo de inmersión durante 21 días. Las lecturas de color se realizaron utilizando el sistema CIELAB, calculando los valores ΔE. Los datos se analizaron mediante ANOVA de dos vías y la prueba complementaria de Tukey (α = 0,05). Se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos (p = 0,001), con valores de ΔE menores para las muestras sumergidas en agua y mayores variaciones de color para las expuestas al café. Se concluye que tanto el tipo de material como la solución de inmersión influyen en la estabilidad del color, siendo la resina compuesta convencional menos resistente a la pigmentación que las resinas impresas en 3D.

Palabras clave: Resina Compuesta. Impresión 3D. Odontología Restauradora. Estabilidad del Color. Coloración.

1 INTRODUÇÃO

A odontologia restauradora é fundamental para preservar a saúde bucal, a estética e demais funções, impactando diretamente a qualidade de vida dos pacientes e a integridade da estrutura dental ao longo do tempo. Os avanços recentes têm possibilitado a criação de materiais mais biocompatíveis, a aplicação de técnicas minimamente invasivas e o desenvolvimento de abordagens clínicas baseadas em evidências, proporcionando tratamentos mais conservadores, previsíveis e duradouros[1,2] · Nesse contexto, compreender os fatores que afetam o desempenho clínico das restaurações e aprimorar os protocolos restauradores é essencial para que o cirurgião-dentista realize escolhas mais precisas, garantindo a longevidade dos procedimentos e promovendo reabilitações que conciliam função, estética e acima de tudo o bem-estar do paciente.

As resinas compostas convencionais representam, há décadas, a principal escolha para restaurações, especialmente pela sua versatilidade, estabilidade clínica e capacidade superior de mimetização quando comparadas a materiais restauradores. Tais compósitos apresentam uma matriz orgânica baseada em monômeros como Bis-GMA, UDMA ou TEGDMA, associada a partículas de carga com diferentes tamanhos e distribuições, permitindo adequada resistência mecânica e excelente polimento superficial[3], e quando corretamente manipuladas e associadas a protocolos adesivos modernos, as resinas compostas convencionais apresentam excelente longevidade clínica e manutenção estética a longo prazo, sendo amplamente indicadas para restaurações anteriores e posteriores[2]. No entanto, apesar do desempenho favorável, essas resinas demandam inserção incremental, geralmente em camadas de até 2 mm, para reduzir estresse de contração e assegurar adequada conversão de monômeros, o que aumenta o tempo clínico e a sensibilidade técnica do procedimento[4].

Visando agilidade no processo e menor chance de erros por conta das desvantagens das resinas compostas convencionais, as resinas fabricadas por impressão 3D têm ampliado significativamente as possibilidades da odontologia moderna, permitindo a confecção de restaurações, guias cirúrgicos, próteses e dispositivos ortodônticos personalizados com alta precisão[5,6]. Entre os principais benefícios, destacam-se a capacidade de produzir estruturas complexas adaptadas à anatomia do paciente, a redução do tempo de produção e do desperdício de material, bem como a melhoria da previsibilidade clínica[5,7]. Além disso, essas resinas apresentam acabamento superficial uniforme e resultados estéticos satisfatórios, podendo ser aplicadas tanto durante o planejamento quanto para procedimentos definitivos[6]. Contudo, algumas limitações persistem, como a necessidade de protocolos rigorosos de pós-cura, variações na resistência mecânica entre diferentes lotes, sensibilidade ao armazenamento e potencial degradação ao longo do tempo, fatores que podem afetar durabilidade das restaurações[5,7].

Agentes pigmentantes abundantemente presentes na dieta, como o café, chá, vinho tinto e cigarros, são os executores das alterações cromáticas expressivas em materiais restauradores, em razão

à absorção de pigmentos pela matriz polimérica e à adsorção superficial, acentuados na presença de maior rugosidade e na escassez do acabamento ou polimerização[8,9]. Tais modificações não se limitam ao aspecto estético, uma circunstância em que a instabilidade de cor pode comprometer a aceitação clínica e reduzir a longevidade das restaurações, levando à necessidade de recolocação do compósito[10].

O espectrofotômetro odontológico é um equipamento de alta precisão utilizado para determinar a cor dos dentes e dos materiais restauradores na odontologia. Esse instrumento auxilia o profissional na escolha da tonalidade mais adequada por meio da análise da luz refletida em diferentes comprimentos de onda. A partir dessas medições, é possível calcular parâmetros específicos de cor. Entre os diversos métodos de seleção de tonalidade, o espectrofotômetro se destaca por oferecer maior rigor, desde que determinadas variáveis sejam devidamente controladas[11].

A impressão 3D surge como uma tecnologia promissora por permitir a confecção de restaurações personalizadas com elevado nível de detalhamento e eficiência. Contudo, ainda há incertezas quanto às propriedades ópticas e à estabilidade de cor das resinas utilizadas, especialmente frente à exposição a agentes pigmentantes como o café, que comprometem a estética ao longo do tempo. Compreender esse comportamento é fundamental para avaliar a viabilidade clínica dessas resinas e orientar escolhas mais seguras na prática odontológica[12,13].

Diante disso, a hipótese nula testada foi que a imersão em solução de café não provoca diferença significativa na estabilidade de cor entre as resinas 3D e a resina composta. Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar a estabilidade de cor de diferentes resinas odontológicas produzidas por impressão 3D em comparação com uma resina composta convencional após a imersão em solução de café no período de 21 dias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CÁLCULO AMOSTRAL

O tamanho amostral foi determinado a partir de dados-piloto do ΔE_{21}, considerando α=0,05 e poder de teste 80%. O cálculo, realizado no software G*Power (Universidade de Düsseldorf), indicou a necessidade mínima de 8 amostras por grupo para detectar diferenças significativas entre os seis grupos experimentais. Para garantir maior robustez estatística, foram incluídas 10 amostras por grupo.

2.2 PREPARO DOS DISCOS

Foram confeccionados 60 discos de resina, divididos em três grupos de 20 amostras cada, de acordo com o material avaliado: resina composta FORMA (Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, EUA), resina impressa PRIZMA 3D Bio Crown Diamond (Makertech Labs, Curitiba, PR, Brasil) e resina impressa Voxelprint Ceramic (FGM, Joinville, SC, Brasil). Todos os espécimes apresentaram dimensões padronizadas de 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Os discos das resinas impressas

em 3D foram confeccionados em laboratório especializado e entregues devidamente identificados. Para a confecção das amostras do grupo da resina composta, foi produzido um molde de silicone de condensação Zetalabor (Zhermack, São Paulo, SP, Brasil), obtido a partir de um disco padrão fornecido pelo laboratório de impressão. A resina composta foi inserida no molde em único incremento e recoberta por uma placa de vidro de 435 g (Golgran, São Paulo, SP, Brasil) para padronizar a espessura e evitar formação de bolhas. A fotopolimerização foi realizada utilizando o aparelho Emitter A Fit (Schuster, Santa Maria, RS, Brasil), com irradiância de 1250 mW/cm² por 20 segundos, conforme as recomendações do fabricante. Após a confecção, as amostras não receberam acabamento nem polimento. A identificação da base de cada disco foi realizada com o uso de uma fresa esférica nº 1011 (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil). Por fim, todos os espécimes foram armazenados em água destilada a 37 °C por 24 horas em estufa, a fim de completar a polimerização e o condicionamento inicial antes dos ensaios de imersão.

QUADRO 1 - Distribuição dos grupos Controle

GRUPO/MATERIAL	QUANTIDADE DE DISCOS	SOLUÇÃO
cF (FORMA)	10	Água destilada
cP (PRIZMA)	10	Água destilada
cV (VOXELPRINT)	10	Água destilada

Fonte: Autores.

QUADRO 2- Distribuição dos grupos Experimentais

GRUPO/MATERIAL	QUANTIDADE DE DISCOS	SOLUÇÃO
eF (FORMA)	10	Café solúvel Nescafé
eP (PRIZMA)	10	Café solúvel Nescafé
eV (VOXELPRINT)	10	Café solúvel Nescafé

Fonte: Autores.

QUADRO 3 - Características dos compósitos utilizados no estudo

Material	Fabricante	Composição química	Classificação de carga	Cor	Carga
RESINA COMPOSTA FORMA.	Ultradent.	Bis-GMA,TEGDMA,Bis-EMA e UDMA	Nano-híbrida.	A2	Vidro de bário, zircônia e trifluoreto de yttérbio.
PRIZMA 3D BIO CROWN.	Marketch Labs.	Monômeros, oligômeros, fotoiniciadores, pigmentos e estabilizantes.	Nano-híbrida.	A2	Zircônia silanizadas, e cerâmica.
VOXEL PRINT CERAMIC.	FGM Dental Group.	Monômeros metacrílicos,estabilizantes, sistema fotoiniciador, coiniciadores e pigmentos.	Nano-híbrida.	A2	Vitro-cerâmica a base de bário-boro- alumínio-silicato.

Fonte: Autores.

2.3 ANÁLISE DA COR INICIAL

A cor inicial de todos os espécimes foi avaliada por meio de um espectrofotômetro VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG, Bad Säckingen, Baden- Württemberg, Alemanha).O equipamento, baseado no sistema CIE Lab*, forneceu três coordenadas de cor: L*, que representa a luminosidade do material (variando de 0 = preto a 100

= branco); a*, que indica o croma no eixo vermelho–verde (valores positivos = tendência ao vermelho e negativos = tendência ao verde); e b*, que expressa o croma no eixo amarelo–azul (valores positivos = tonalidade amarelada e negativos = tonalidade azulada). Antes das medições, a umidade superficial dos espécimes foi removida com papel absorvente, e cada amostra foi posicionada sobre uma base padronizada de cor branca, correspondente à área de leitura do espectrofotômetro, sempre com a face identificada voltada para cima. Realiza as aferições, o aparelho apresentou os valores dos parâmetros colorimétricos L* (luminosidade), a* (eixo vermelho-verde) e b* (eixo amarelo-azul). O mesmo procedimento foi repetido para todas as amostras.

2.4 PROTOCOLO DE IMERSÃO E ARMAZENAMENTO

As amostras foram imersas individualmente em 6 mL de solução de café solúvel (Nescafé Tradição Forte, Nestlé Brasil LTDA, Brasil), preparada pela diluição de 15g de pó em 500mL de água destilada[14]. As soluções foram trocadas diariamente, mantendo-se as amostras constantemente submersas por 21 dias em estufa a 37 °C, a fim de simular condições de armazenamento em meio pigmentante. As amostras do grupo controle permaneceram em água destilada, sob as mesmas

condições de temperatura, sendo apenas reposta a água evaporada durante o período experimental.

2.5 ANÁLISE DA COR FINAL

Após 21 dias, foram realizadas novas leituras de cor, seguindo os mesmos parâmetros adotados na análise inicial. Em seguida, os valores de L*, a* e b* (iniciais e finais) foram inseridos em uma planilha do Microsoft Excel 2023 para o cálculo da variação total de cor (ΔE), utilizando a seguinte fórmula:

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

Onde:

ΔL, Δa e Δb representam as diferenças entre os valores obtidos nas leituras inicial e final para cada componente de cor.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos para as variações de cor (ΔE) foram submetidos à análise estatística utilizando o software SPSS (versão 25.5, IBM Corp., Armonk, NY, EUA). Inicialmente, verificou-se a normalidade da distribuição dos dados pelo teste de Shapiro–Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. Após, foi aplicada a análise de variância (ANOVA), com o objetivo de comparar as médias de ΔE entre os seis grupos experimentais após 21 dias de imersão. As diferenças estatisticamente significativas foram identificadas por meio do pós-teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

3 RESULTADOS

A análise dos valores médios de ΔE aos 21 dias demonstrou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos avaliados (p=0,001). Observou-se que os grupos cF (1,36 ± 0,46) e cP (2,73 ± 1,45) apresentaram os menores valores de ΔE, indicando maior estabilidade cromática ao longo do tempo. Em contrapartida, eF (7,80 ± 4,79), eP (6,39 ± 1,29) e eV (5,38 ± 1,68) exibiram maiores alterações de cor, caracterizando-se por menor resistência à degradação óptica após o período experimental. O grupo cV (3,97 ± 2,14) apresentou comportamento intermediário, sem diferença estatística significativa em relação aos grupos de maior e menor alteração.

Tabela 1 - Comparação entre os grupos resina versus solução de armazenamento.

GRUPO	ΔE (média ± DP)	IC	*p*
cF	1,36 ± 0,46 a	1,05 -1,67	
eF	7,80 ± 4,79 b	5,35 - 9,90	
cP	2,73 ± 1,45 a	1,80 - 3,55	0,001
eP	6,39 ± 1,29 b	5,60 - 7,20	
cV	3,97 ± 2,14 ab	2,40 - 5,10	
eV	5,38 ± 1,68 b	4,25 - 6,45	

*Diferentes letras demonstram diferenças estatisticamente significantes.
Fonte: Autores.

4 DISCUSSÃO

A análise dos valores de ΔE, revelou que tanto o tipo de solução quanto o material influenciaram a estabilidade cromática das amostras. As imersões em água resultaram em menores variações de cor, indicando maior estabilidade, enquanto a exposição ao café promoveu os maiores valores de ΔE, associados a maior pigmentação e degradação cromática. Entre os materiais avaliados, a resina Voxelprint e a resina impressa PRIZMA apresentaram melhor estabilidade de cor, enquanto a resina composta FORMA exibiu maiores variações, sugerindo menor resistência à alteração cromática e maior suscetibilidade à absorção de pigmentos.

A composição das resinas é um fator que influencia também na pigmentação, a resina composta usada nesse estudo, FORMA™ (Ultradent Products, Inc., *South Jordan, UT, EUA)* tem em sua composição bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA, UDMA, carga inorgânica a base de zircônia, sílica e vidro de bário e é nano-híbrida, ou seja, partículas menores e com maior capacidade de polimento, lisura e brilho[15]. A PRIZMA 3D Bio Crown Diamond (Makertech Labs, *Curitiba, PR, Brasil*) também possui carga cerâmica com partículas nano e micro-híbridas o que lhe confere maior resistência além do polimento, sua sorção é de < 31 µG/MM³. [16]. Já a Voxel Print (FGM, *Joinville, SC, Brasil*) apresenta < 20 µG/MM³ também em relação a sorção, um resultado melhor comparada a PRIZMA, além de apresentar 57,8% de matriz inorgânica em sua composição. Porém as resinas impressas apresentam alta sorção de água e baixo teor de carga. o que diminui consideravelmente a resistência ao desgaste e influencia diretamente na pigmentação[17,18].

A imersão em soluções à base de café promove uma alteração de cor mais acentuada das resinas devido ao seu pH ácido, em torno de 5,0, e à elevada concentração de pigmentos cromogênicos, como os taninos, que apresentam afinidade pela matriz orgânica do compósito e facilitam a penetração de corantes, intensificando a alteração tonal[19,20]. O caráter ácido do café contribui ainda para o amolecimento da fase resinosa, aumento da rugosidade superficial, fenômenos que potencializam os valores de ΔE após exposição prolongada[21]. Em contrapartida, a água destilada, por apresentar pH neutro e ausência de pigmentos cromogênicos, não induz degradação química significativa nem alteração perceptível da cor, resultando em mínimas variações quando comparada ao café[20,21]. Dessa

forma, bebidas ácidas e pigmentadas, como o café, constituem um fator de risco estético relevante para restaurações, enquanto soluções neutras tendem a preservar a estabilidade óptica do material, evidenciando a influência crítica do ambiente de imersão na durabilidade estética das restaurações.

Sabe-se que materiais a base de resina recisam de polimento na camada final pois os agentes pigmentantes presentes nos alimentos ingeridos na alimentação diária, causam alterações na coloração desses materiais, chamada de pigmentação extrínseca, que ocorre pela capacidade de sorção presente nas resinas, principalmente sem polimento, onde a rugosidade do material é elevada. A lisura da superfície depende de outros fatores como tamanho e distribuição das partículas e da composição da matriz resinosa, grau de polimerização e higiene o paciente além do polimento em si [22]. Na odontologia restauradora, a variação de cor das resinas compostas é frequentemente avaliada pelo índice ΔE, que quantifica a diferença entre a tonalidade da restauração e do dente natural. Valores de ΔE inferiores a 3,3 são considerados dentro do limiar de aceitabilidade clínica, ou seja, representam alterações de cor que não comprometem visualmente a harmonia estética da restauração. Por outro lado, valores superiores a 3,3 são classificados como alterações clinicamente inaceitáveis, indicando perceptibilidade significativa da diferença de cor. No presente estudo, os grupos cF (ΔE = 1,36) e cP (ΔE = 2,73) apresentaram alterações cromáticas dentro do limite aceitável, enquanto os grupos eF (ΔE = 7,80), eP (ΔE = 6,39), cV (ΔE = 3,97) e eV (ΔE = 5,38) ultrapassaram esse limiar, demonstrando alterações de cor perceptíveis e indesejáveis.

Valores de ΔE próximos a 1,0 indicam que a variação de cor não é perceptível ao olho humano, sendo utilizados apenas como referência para calibração de equipamentos e para garantir maior precisão nas medições colorimétricas. Quando o ΔE é superior a 2,0, a diferença cromática torna-se perceptível para a maioria das pessoas ao comparar diferentes amostras. Já valores entre 2,7 e 3,3 representam alterações claramente visíveis a olho nu, o que, em contexto clínico, pode indicar discrepâncias de tonalidade entre uma restauração ou prótese quando comparado a um dente natural. Esses resultados são particularmente relevantes para a longevidade estética das restaurações, pois alterações cromáticas significativas ao longo do tempo podem comprometer a aparência do sorriso e exigir substituição precoce do material restaurador,impactando a durabilidade clínica e a satisfação do paciente[23].

O período de 21 dias de imersão, embora comumente adotado em estudos in vitro para simular a exposição prolongada de materiais restauradores, pode não refletir com precisão os efeitos observados em longo prazo na cavidade oral. Estudos recentes indicam que cada ciclo de termociclagem pode representar aproximadamente um mês de condições clínicas, sugerindo que 21 dias de exposição corresponderiam a cerca de três a seis meses de uso real[24,25]. Além disso, ensaios realizados em ambiente in vitro não reproduzem completamente a complexidade da boca humana, incluindo fatores como a composição e ação da saliva, flutuações de temperatura, forças mastigatórias,

variações de pH, presença de biofilme e processos naturais de reparo dos tecidos[26]. Essas limitações devem ser consideradas ao interpretar os resultados, reforçando a necessidade de cautela ao extrapolá-los para a prática clínica e indicando que estudos futuros deveriam utilizar protocolos de simulação de uso mais prolongados e condições que se aproximem mais fielmente da realidade oral.

É importante salientar que os discos utilizados no presente estudo não passaram pelas etapas de polimento e acabamento procedimentos cruciais para a obtenção de estética e longevidade dos compósitos, os quais reduzem a rugosidade superficial e, consequentemente, a retenção de pigmentos extrínsecos[27]. Diversos estudos demonstram que o tratamento superficial, seja por meio do polimento, aplicação de vernizes ou revestimentos protetores, promove melhorias significativas na qualidade superficial de restaurações à base de polímeros. Esses procedimentos favorecem aprimoramentos estéticos, reduzem a adesão microbiana e preservam a estabilidade de cor e as propriedades mecânicas dos materiais restauradores [8,28,29]. Além disso, a aplicação de materiais como glazes fotopolimerizáveis e de baixa viscosidade proporcionam maior lisura e resistência superficial, contribuindo para a longevidade clínica das restaurações[5,30]. A estabilidade de cor das resinas compostas e das impressas em 3D pode ser significativamente comprometida pela exposição a bebidas pigmentantes, como café, chás e vinhos, sendo a intensidade da alteração dependente da composição do material e do tipo de matriz polimérica. A compreensão das interações químicas entre os agentes corantes e os diferentes tipos de resinas é fundamental para uma escolha clínica adequada e para a definição de protocolos eficazes de manutenção. Evidências indicam que o repolimento periódico é um método eficaz para a remoção de manchas superficiais, permitindo a recuperação parcial da cor e de brilho original e, assim, prolongando a estética e a durabilidade das restaurações[8,29,31].

Estudos sucessivos precisam integrar períodos experimentais longos, regulamentando simulações clínicas prolongadas e um declínio acelerado, concebendo de forma mais fiel o desempenho estético das resinas a longo prazo. Pesquisas com períodos elevados a 60 dias expõem um aumento progressivo da variação de cor em ambiências pigmentantes consecutivas[28]. A incorporação de solventes presentes nos hábitos alimentares contemporâneos, como o matcha, kombucha, e variações de café frente a opção tradicional, e até mesmo bebidas energéticas, são capazes de tornar os resultados inclusivos frente à modernidade[32]. É imprescindível que aprimorem-se as investigações sobre as resinas impressas, das quais composições químicas, cargas e graus de conversão divergem com as convencionais. Por fim, análises de superfície mais precisas, como microscopia eletrônica de varredura e mensuração da rugosidade média, podem ilustrar alterações estruturais associadas à degradação de cor, contribuindo para recomendações clínicas mais seguras e perduráveis[33].

5 CONCLUSÃO

Independentemente da solução utilizada, todas as resinas apresentaram algum grau de manchamento. Entretanto, os grupos cF e cP registraram valores de ΔE inferiores a 3,3, caracterizando manchamentos considerados clinicamente aceitáveis. Dessa forma, segundo os resultados obtidos neste estudo in vitro, essas alterações não demandam substituição dos materiais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus, pela presença constante em nossas vidas, por nos conceder sabedoria, serenidade e fé ao longo desta jornada. Foi ele quem nos deu força para persistir diante dos desafios e esperança para alcançar cada conquista. Sua luz nos guiou e continua a iluminar nossos caminhos. À nossa família, nossa base e maior fonte de amor, expressamos nossa mais profunda gratidão. Que nos apoiaram incondicionalmente, oferecendo carinho, paciência e incentivo em todos os momentos. Cada gesto de amor, cada palavra de encorajamento e cada sacrifício feito por nós foram fundamentais para que este sonho se tornasse realidade. Este trabalho é também de vocês.

Ao nosso orientador, Prof. Ms. Leonardo de Almeida, agradecemos pela dedicação, paciência e por compartilhar conosco seu conhecimento e experiência. Sua orientação cuidadosa e incentivo constante foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto e para o nosso crescimento acadêmico e pessoal.

Por fim, manifestamos nosso sincero agradecimento à banca examinadora, pelo tempo dedicado à análise criteriosa deste trabalho, pelas observações pertinentes e pelas sugestões valiosas, que certamente contribuíram para o aprimoramento do estudo. A todos, expressamos nosso mais sincero agradecimento.

REFERÊNCIAS

1 ILIE, N.; HICKEL, R. Resin composites—Composition, properties and clinical performance. *Dental Materials*, v. 36, n. 1, p. 26–39, 2020.

2 DEMARCO, F. F. et al. Composite resin restorations: a 30-year overview. *Journal of Dentistry*, v. 122, p. 104095, 2022.

3 FERRACANE, J. L. Resin composite—State of the art. *Dental Materials*, v. 38, n. 1, p. 1– 14, 2022.

4 BUCUTA, S.; ILIE, N. Light transmittance and polymerization of bulk fill vs. conventional composites. *Clinical Oral Investigations*, v. 18, n. 8, p. 1991–2000, 2019.

5 Alharbi S, Alshabib A, Algamaiah H, Aldosari M, Alayad A. Influence of Post-Printing Polymerization Time on the Elution of Residual Monomers and Water Sorption of 3D-Printed Resin Composite. *Materials*. 2025;18(12):2905.

6 CHÓI, H. J. et al. Color stability and translucency of new-generation bulk-fill resin composites. *Dental Materials Journal*, v. 42, n. 1, p. 50–59, 2023.

7 REVILLA-LEÓN, M.; ÖZCAN, M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: Current status and potential application in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics*, v. 28, n. 2, p. 146–158, 2019.

8 GÜLER, A. U. et al. The effect of different drinks on the color stability of composite resins. *European Journal of Dentistry*, v. 3, n. 1, p. 50–56, 2009.

9 PAOLONE, G. et al. Color stability of contemporary resin composites: A comprehensive review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, v. 34, n. 8, p. 1016–1025, 2022.

10 THAKKAR, S. Comparative analysis of polymerization and color changes in bulk-fill composites. *Dental Materials Journal*, v. 43, n. 1, p. 99–109, 2024.

11 ALSAHAFI, R**.** *et al.* A comparative study of tooth shade selection methods between visual, smartphone camera, and Vita Easyshade spectrophotometer. *Cureus*, [S. l.], v. 16, n. 11, p. 1– 8, 9 nov. 2024.

12 RASZEWSKI, Z.; CHOJNACKA, K.; MIKULEWICZ, M. Effects of surface preparation methods on the color stability of 3D-printed dental restorations. *Journal of Functional Biomaterials*, v. 14, n. 5, p. 257, maio 2023.

13 ARASH SHISHEHIAN, A. et al. Evaluating the color stability of 3D-printed resins against various solutions. *European Journal of Translational Myology*, v. 33, n. 3, 2023.

14 SCHMITT, V. L. et al. Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *ISRN Dentistry*, v. 2011, p. 1–7, 2011.

15 Salgueiro, S., Vasconcelos e Cruz, J., Brito, J., Mano Azul, A., & Polido, M. (2023). *Analysis of the Colour Change in Composite Resins When Exposed to Colouring Agents Possible to Be Found in the Oral Cavity*. Medical Sciences Forum, 22(1), 18.

16 MÜLLER, J. A.; ROHR, N.; FISCHER, J. Avaliação da ISO 4049: sorção de água e

solubilidade em água de cimentos resinosos. *Revista Europeia de Ciências Orais*, v. 125, n. 2, p. 141–150, 2017.

17 SILVA, M. D. D. D. et al. Stainability of 3D-printed resins for denture base and artificial teeth. *BMC Oral Health*, v. 25, art. 260, 2025.

18 Gad, M. M., Alshehri, S. Z., Alhamid, S. A., Albarrak, A., Khan, S. Q., Alshahrani, F. A. & Alqarawi, F. K. (2022). *Water Sorption, Solubility, and Translucency of 3DPrinted Denture Base Resins*. Dentistry Journal, 10(3), 42.

19 ALMEIDA, G. A. et al. Influence of staining solutions on color stability of composite resins: an in vitro study. *Journal of Applied Oral Science*, v. 21, n. 5, p. 419–425, 2013.

20 SHARMA, N. et al. Effect of coffee and other beverages on the color stability of resin composites. *Journal of Dentistry*, v. 99, p. 103378, 2020.

21 GAO, Y. et al. Acidic beverages and their impact on resin composite color stability and surface roughness. *Dental Materials*, v. 38, n. 4, p. e165–e176, 2022.

22 MATHIAS, P.; SILVA, E. V. F.; VITÓRIA, L. A.; AZEVEDO, J. F. Pigmentação de restaurações de resina composta: uma revisão de literatura. *Revista Odontológica de Araçatuba*, v. 36, n. 2, p. 29–35, 2015.

23 PEREIRA, D. C. et al. Comparative study of bulk-fill and conventional composite color stability. *Clinical Oral Investigations*, v. 26, n. 11, p. 7033–7041, 2022.

24 EL-RASHIDY, A. et al. Color changes in resin composites after aging and exposure to staining solutions. *Journal of Prosthodontics*, v. 31, n. 6, p. 523–530, 2022.

25 ELOLIMY, A. et al. Comparison of 3D-printed and conventional resin color stability. *Journal of Dental Research and Practice*, v. 45, p. 115–123, 2024.

26 IRARI, F. et al. Effect of thermocycling on the color stability of composite resins. *Operative Dentistry*, v. 43, n. 3, p. 239–246, 2018.

27 GÜLER, A. U. et al. Effects of various finishing procedures on the staining of composite resin. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 93, n. 5, p. 425–430, 2005.

28 UÇTASLI, M. B. et al. Effect of surface treatments on color stability of 3D printed dental materials. *Dental Materials Journal*, v. 42, n. 6, p. 785–793, 2023

29 MUNDIM, F. M. et al. Influence of artificial aging on color stability of composite resins. *Journal of Applied Oral Science*, v. 18, n. 3, p. 249–253, 2010.

30 LASK, M. et al. Color changes in dental resin composites after exposure to different staining beverages. *Dental Materials Journal*, v. 44, n. 2, p. 211–218, 2025.

31 FIDAN, S. et al. Effect of different polishing systems on the color stability of composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, v. 36, n. 2, p. 130–138, 2024.

32 YESLAM, M. et al. Evaluation of color and gloss stability of 3D printed restorative materials. *Journal of Prosthodontics*, v. 34, n. 2, p. 189–198, 2025.

33 ALTINIŞIK, E.; ÖZYURT, A. Color stability and surface roughness of different bulk-fill resin composites. *Clinical Oral Investigations*, v. 28, n. 1, p. 125–132, 2024.