

Tais Rocha Donato

PROCESSOS INTERATIVOS
DOS ÓRGÃOS E SISTEMAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO • ICS • UFBA



**AVALIAÇÃO COLORIMÉTRICA E DA ESTABILIDADE DE
COR DE DIFERENTES MATERIAIS RESINOSOS E
ESTRATÉGIAS RESTAURADORAS APLICADAS SOBRE
BASES DESCOLORIDAS**

Salvador
2022

TAIS ROCHA DONATO

**AVALIAÇÃO COLORIMÉTRICA E DA ESTABILIDADE DE COR DE
DIFERENTES MATERIAIS RESINOSOS E ESTRATÉGIAS RESTAURADORAS
APLICADAS SOBRE BASES DESCOLORIDAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção de grau de Doutora.

Orientadora: Prof^a Dr^a Paula Mathias de Moraes Canedo

Salvador

2022

Bolsa de pesquisa concedida pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Donato, Tais Rocha.

Avaliação colorimétrica e da estabilidade de cor de diferentes materiais resinosos e estratégias restauradoras aplicadas em dentes sobre bases descoloridas / Tais Rocha Donato. - 2022.

79 f. : il.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Paula Mathias de Moraes Canedo.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, Salvador, 2022.

1. Restauração dentária permanente. 2. Resinas compostas. 3. Resinas dentárias. 4. Cor na odontologia. I. Canedo, Paula Mathias de Moraes. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas. III. Título.

CDD 617.695 - 23. ed.

Elaborada por Maria Auxiliadora da Silva Lopes - CRB-5/1524



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
Instituto de Ciências da Saúde



PROFESSORES TITULARES
DEPARTAMENTO DE ODONTOLÓGIA E SISTEMAS
DE DENTARIA DE SALVADOR



TERMO DE APROVAÇÃO DA DEFESA PÚBLICA DE TESE

TAÍS ROCHA DONATO

AVALIAÇÃO COLORIMÉTRICA E DA ESTABILIDADE DE COR DE DIFERENTES
MATERIAIS RESINOSOS E ESTRATÉGIAS RESTAURADORAS APLICADAS SOBRE
BASES DESCOLORIDAS

Salvador, Bahia, 05 de dezembro de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA:

PROFA. DRA. PAULA MATHIAS DE MORAIS CANEDO (Examinadora Interna)

PROFA. DRA. ANDREA DE NÓBREGA CAVALCANTI (Examinadora Interna)

PROFA. DRA. LÍVIA AGUILERA GAGLIANONE MACHADO (Examinadora Interna)

PROFA. DRA. JANAINA EMANUELA DAMASCENO DOS SANTOS (Examinadora Externa)

PROFA. DRA. JULIANA FELIPPI DE AZEVEDO BANDEIRA (Examinadora Externa)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha Mãe, maior incentivadora e vibradora pelas minhas conquistas.

Você representa a tradução simples e sólida do amor incondicional, puro e verdadeiro. Muito obrigada pelos detalhes pensados e pelo carinho depositado no nosso dia a dia.

Te amo profunda e eternamente.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ouvir minhas preces e me mostrar que sou capaz.

À minha mãe, por ser meu maior exemplo de dedicação. Você é referência de disciplina, determinação, cuidado com os que ama e respeito ao próximo.

Ao meu pai, meu espelho de bondade e leveza. Quem consegue transmitir calma em tempestade e é inspiração na forma de conduzir a vida.

À minha irmã, pela segurança e colo amigo, por segurar firme a minha mão em qualquer decisão da minha vida. Tenho a sorte de dividir todos os meus momentos com você.

Ao meu noivo, pelo companheirismo, resiliência e demonstração diária de cuidado e amor. Seu suporte foi fundamental nesta caminhada.

Aos meus amigos queridos, que me apoiam, me incentivam e aliviam os momentos difíceis; em especial, à Renata Portela, amiga presente e colega nesta desafiadora jornada.

À minha orientadora, Professora Paula Mathias, pela oportunidade de dar continuidade à minha formação acadêmica e me abraçar desde a graduação. Muito obrigada por sua serenidade, exigência e por dividir comigo os seus conhecimentos. Ter a sua confiança é o que levo com maior orgulho desta experiência.

Ao colega Rafael Soares, pela preocupação em colaborar com o trabalho, realizando a análise estatística de forma séria e competente.

Às professoras Andrea Cavalcanti, Juliana Azevedo, Lívia Gaglianone e Janaina Damasceno, por aceitarem o convite e avaliarem cuidadosamente este trabalho.

À Universidade Federal da Bahia, pelo apoio institucional fundamental à execução deste trabalho.

RESUMO

DONATO, Tais Rocha. **Avaliação colorimétrica e da estabilidade de cor de diferentes materiais resinosos e estratégias restauradoras aplicadas sobre bases descoloridas**. 2022. Orientadora: Paula Mathias de Moraes Canedo. 78 f. il. Tese (Doutorado em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas) – Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da mudança de cor, após o uso de diferentes estratégias restauradoras, como multicamadas e camada única sobre bases de cores distintas, bem como avaliar a estabilidade de cor dos conjuntos restaurados. O estudo foi dividido em três etapas: na primeira, confeccionaram-se 90 corpos de prova, divididos em 9 grupos experimentais (n=10). Restaurações de cor A1 (1mm) em multicamadas (Estelite Omega e Empress Direct) e em camada única (Filtek Universal, Filtek Z350XT e Vittra Unique) foram desenvolvidas sobre bases de cor DA2; na segunda etapa, confeccionaram-se 120 corpos de prova, divididos em 12 grupos experimentais (n=10). Restaurações de cor A1 (1mm) em multicamadas de dentina e esmalte (Estelite Omega e Empress Direct) e em camada única (Filtek Universal, Filtek Z350XT), com e sem o uso de corantes opacificadores (Opaque e Pink Opaque), foram realizadas sobre bases de cor DC4; na terceira etapa, os corpos de prova em base DC4 foram submetidos ao envelhecimento em água destilada a 37°C, por 100 dias. Para a avaliação dos parâmetros de cor, utilizou-se um espectrofotômetro de reflexão com iluminante D65, seguindo os padrões do sistema CIEL*a*b* e CIEL*C*h, além da avaliação do índice de brancura (Wid). Após período de envelhecimento, novas medidas colorimétricas foram feitas para a avaliação da estabilidade de cor, mediante avaliação do ΔE_{ab} e do ΔE_{00} . A análise estatística foi realizada com os testes ANOVA e Tukey, com significância de 5%. Houve diferença significativa entre todos os níveis testados e em todas as variáveis. Na primeira etapa, a resina Filtek Z350XT teve os melhores resultados em L*, porém, para o Wid não apresentou a mesma superioridade, dando lugar à resina Estelite Omega em maiores espessuras de dentina. Os resultados dos eixos a*, b*, h° e C* demonstraram baixos valores para todos os grupos testados sobre base DA2. Na segunda etapa, o uso dos opacificadores foi capaz de elevar os valores do eixo L*, entretanto, o Wid só obteve valor positivo na interação com o corante Pink Opaque. Os resultados nos eixos b*, C* e h° foram coincidentes, evidenciando o amarelamento do conjunto na interação com o corante Opaque, enquanto o eixo a* demonstrou variação no resultado, a depender do corante e da estratégia restauradora empregada. A resina Z350XT foi capaz de gerar os melhores resultados ópticos em comparação às resinas Estelite Omega, Empress Direct e Filtek Universal, que apresentaram resultado positivo apenas na interação com o corante Pink Opaque. Na terceira etapa foi observada pequena variação de ΔE_{ab} e ΔE_{00} , as quais apresentaram variações totais de cor que se mantiveram dentro do limite de aceitabilidade. Portanto, em dentes sem escurecimento, a resina Estelite Omega tende a apresentar resultados colorimétricos satisfatórios, entretanto, seu uso não resultará em bons valores para mascaramento de dentes escurecidos. No presente estudo, o uso do opacificador Pink Opaque auxiliou positivamente no mascaramento, independentemente da técnica restauradora empregada, enquanto o Opaque depende da técnica e materiais empregados. A resina composta Filtek Z350XT resultou em boa capacidade de mascaramento, independentemente do uso de opacificadores. Todos os materiais testados apresentaram boa estabilidade de cor após 100 dias de envelhecimento.

Palavras-chave: restauração dentária permanente; corante; cor.

ABSTRACT

DONATO, Tais Rocha. **Colorimetric analysis and color stability evaluation in distinct resin materials and restorative procedures on discolored bases.** 2022. Advisor: Paula Mathias de Morais Canedo. 78 s. il. Thesis (Doctorate in Interactive Processes of Organs and Systems) – Institute of Health Sciences, Federal University of Bahia, Salvador.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of color change after using distinct restorative procedures as multilayer and single layer on color bases, as well as to evaluate color stability in restored sets. Study was divided into three stages: in the first one, 90 specimens were made and divided into 9 experimental groups (n=10). A1 shade (1mm) color restorations in multilayer (Estelite Omega and Empress Direct) and single layer (Filtek Universal, Filtek Z350XT and Vittra Unique) were developed on DA2 shade bases. In the second, 120 specimens were made and divided into 12 experimental groups (n=10). A1 shade (1mm) color restorations in dentine multilayer and enamel (Estelite Omega and Empress Direct) and in single layer (Filtek Universal, Filtek Z350XT) with and without the use of opacifying agents (Opaque and Pink Opaque), were carried out on color DC4 bases. In the third stage, specimens based on DC4 were subjected to aging in distilled water at 37°C for 100 days. In order to evaluate color parameters, a reflection spectrophotometer with D65 illuminant was used, following CIEL*a*b* and CIEL*C*h system standarts, besides whiteness index (Wid). After aging period, new colorimetric measurements were made to evaluate color stability through ΔE_{ab} and ΔE_{00} . Statistical analysis was performed using ANOVA and Tukey tests, with significance of 5%. There was a significant difference among all tested levels and variables. In the first stage, Filtek Z350XT resin presented best results in L*, however it did not show the same superiority for Wid, giving way to Estelite Omega resin in greater dentin thicknesses. Results related to a*, b*, h° and C* axis showed low values among all tested groups on DA2 bases. In the second stage, the use of opacifying agents was able to increase values of L* axis, however Wid only obtained a positive value in the interaction with Pink Opaque agent. Results for b*, C* and h° axis were the same, which showed yellowing on the set in the interaction with Opaque agent, while a* axis showed variation according to coloring agent and restorative procedure. Z350XT resin was able to generate the best optical results in comparison with Estelite Omega, Empress Direct and Filtek Universal resins, which only resulted positive in the interaction with Pink Opaque agent. In the third stage, a small variation of ΔE_{ab} and ΔE_{00} was observed, which presented total color variations that remained within acceptability limit. Therefore, in teeth without discoloration, Estelite Omega resin tends to present advanced colorimetric results, however its use will not result in good values for masking discolored teeth. In the present study, the use of Pink Opaque agent positively helped with masking, regardless the restorative procedure, while Opaque depends on procedure and material. Filtek Z350XT composite resin results in good masking ability regardless the use of opacifiers. All tested materials demonstrated good color stability after 100 days of aging.

Keywords: permanent restoration; coloring; color.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1	Materiais e marcas empregados no estudo	42
Tabela 1	Divisão dos grupos experimentais de acordo com os materiais e as estratégias restauradoras utilizadas sobre a base DA2	43
Figura 1	Representação da construção dos corpos de prova da primeira etapa	44
Figura 2	Representação do espaço de cor do sistema CIEL*a*b*.	45
Figura 3	Representação do espaço de cor do sistema CIEL*C*h	46
Tabela 2	Divisão dos grupos experimentais de acordo com os opacificadores, os diferentes materiais resinosos e as estratégias restauradoras utilizadas (multicamada – MC / camada única – UC) sobre a base DC4	47
Figura 4	Representação da construção dos corpos de prova da segunda etapa	48
Quadro 2	Comparações entre grupos considerando a estratégia restauradora multicamada ou camada única e o material restaurador	49
Tabela 3	Médias (desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a* b*, h°, C* e Wid para as diferentes estratégias restauradoras; multicamadas (MC) e camada única (UC) usadas em substrato padrão DA2 com diferentes materiais resinosos de cobertura – Estelite Omega (EO), Empress Direct (ED), Filtek Z350XT (Z3), Filtek Universal (FU) e Vittra Unique (VU), testados em diferentes espessuras de resina de dentina (0,3mm/0,5mm/0,7mm), de esmalte (0,7mm/0,5mm/0,3mm) e de corpo ou universais (1mm)	51
Tabela 4	Médias (desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid para os diferentes grupos da técnica multicamada, sobre as bases DA2 e DC4 usando a Resina Composta Estelite Omega (cor e espessura – DA1 = 0,7mm / EA1 = 0,3mm), corantes Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O) em espessura = 0,1mm diminuído da dentina, quando presentes	53
Tabela 5	Médias (desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid para os diferentes grupos da técnica multicamada, sobre as bases DA2 e DC4 usando a Resina Composta IPS Empress Direct (cor e espessura – DA1 = 0,7mm / EA1 = 0,3mm), corantes Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O) em espessura = 0,1mm diminuído da dentina, quando presentes	53

Tabela 6	Média (desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid para os diferentes grupos da técnica de camada única, sobre as bases DA2 e DC4 usando a Resina Composta Filtek Z350XT (cor e espessura – BA1 = 1,0mm), corantes Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O) em espessura = 0,1mm diminuído da dentina, quando presentes	53
Tabela 7	Média (desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid para os diferentes grupos da técnica de camada única, sobre as bases DA2 e DC4 usando a Resina Composta Filtek Universal (cor e espessura – A1 = 1,0mm), corantes Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O) em espessura = 0,1mm diminuído da dentina, quando presentes	54
Tabela 8	Média (Desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid para os diferentes grupos restaurados em base DC4, com técnicas de multicamada (EO, ED) e camada única (Z3, FU), com e sem a presença dos corantes – Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O)	56
Tabela 9	Média (desvio padrão) da diferença total de cor ΔE_{ab} (CIEL*a*b*) e ΔE_{00} (CIEDE2000) para os diferentes grupos restaurados em base DC4, com técnicas de multicamada (EO, ED) e camada única (Z3, FU), com e sem a presença dos corantes – Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O)	58

SIGLAS E ABREVIATURAS

SIGLAS E ABREVIATURAS

BE – Blending-effect

RC – Resina composta

Z3 – Filtek Z350 XT

FU – Filtek Universal

VU – Vittra Unique

EO – Estelite Omega

ED – IPS Empress Direct

O – IPS Empress Direct Color Opaque

PO – Creative Color Pink Opaque

MC – Multicamada

UC – Camada única

L* – Luminosidade

h° – ângulo de matiz

C* – Saturação ou croma

Wid – Índice de brancura

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	19
2	JUSTIFICATIVA	21
3	OBJETIVOS E HIPÓTESES	23
4	REVISÃO DE LITERATURA	25
4.1	CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS DOS DENTES E MATERIAIS RESTAURADORES	27
4.2	RESTAURAÇÕES DE RESINA COMPOSTA EM SUBSTRATOS ESCURECIDOS	32
4.3	ESTABILIDADE DE COR DAS RESINAS COMPOSTAS	39
5	MATERIAIS E MÉTODOS	42
	Primeira Etapa	42
	Segunda Etapa	46
	Terceira Etapa	49
	Análise Estatística	50
6	RESULTADOS	51
7	DISCUSSÃO	59
8	CONCLUSÃO	73
	REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

As discrepâncias de cor entre os dentes podem levar à insatisfação com a estética dentária e ao estabelecimento de sorrisos menos atraentes (1). As descolorações pontuais que geram discrepâncias acentuadas nos dentes são comumente associadas a eventos de traumatismo dentário, com subsequente hemorragia e/ou necrose pulpar, ou ainda à presença de materiais endodônticos e restauradores em posição ou quantidade inadequadas (2,3).

As primeiras alternativas clínicas para a resolução de dentes escurecidos são as técnicas clareadoras. Entretanto, para casos de manchamentos acentuados, com grande discrepância de cor, observam-se resultados muitas vezes insuficientes para levar harmonia ao sorriso. Nesses casos, técnicas restauradoras diretas e indiretas são comumente aplicadas, com o objetivo de gerar resultados funcionais e estéticos satisfatórios e de longo prazo (4). Essas restaurações em dentes escurecidos são consideradas das situações mais desafiadoras na odontologia estética (1), visto que os materiais restauradores normalmente têm características translúcidas que permitem a passagem de luz por seu interior (5) e, com isso, possibilitam a percepção da cor do substrato dentário subjacente, atingindo resultados indesejáveis e incompatibilidades de cor com os dentes vizinhos (2).

A técnica restauradora direta, realizada pela aplicação de materiais resinosos de diferentes opacidades em multicamada, é indicada para restaurar dentes sem escurecimento e para mascarar dentes escurecidos (6–8). Essa técnica, também chamada de estratificação, permite a aplicação de camadas de alta, média e baixa translucidez (9), gerando uma interação que pode ser capaz de mascarar o substrato escurecido (10–12).

Devido à complexidade da técnica de estratificação e à tentativa de simplificação dos procedimentos restauradores, alguns fabricantes propõem a utilização de resinas com características de “efeito camaleão” ou *blending effect*, objetivando maior previsibilidade na interação óptica entre o material e o dente (13–15). Esses materiais têm características translúcidas que permitem a incorporação óptica da cor da estrutura dental adjacente onde é aplicada (15). E, como todo material translúcido, quando aplicado em grandes quantidades, pode apresentar características acinzentadas, não correspondendo à combinação desejada para harmonizar o dente restaurado com os dentes adjacentes (16,17).

Atualmente, o uso desses materiais é indicado em situações nas quais o substrato a ser restaurado apresenta cor harmônica com os demais dentes, não tendo indicação de uso nas situações em que a queixa principal do paciente é estética, em situações de restaurações extensas ou de manchamentos dentais (15).

Comumente, nas técnicas diretas de mascaramento, resinas de elevada opacidade são aplicadas como camada inicial, a fim de bloquear a reflexão de luz na cor de base escurecida (18). A inclusão dessa camada interna em forma de resina, entretanto, leva à necessidade de maior desgaste da estrutura dental, visto que a criação de um maior espaço será necessário para a aplicação desse material (10–12). Apesar de pouco descritos na literatura, outros materiais com características opacas estão disponíveis em forma de resina fluida e podem produzir um efeito de mascaramento, diminuindo a quantidade de desgaste de estrutura dental sadia (19).

A inclusão dessa fina camada interna de material opaco terá interação óptica com as resinas compostas utilizadas, podendo resultar numa característica de melhor correspondência de cor com os dentes adjacentes. Contudo, essa utilização deve ser vista com cautela, uma vez que o tipo de material ou o uso exagerado de materiais opacos pode gerar resultados artificiais para o dente restaurado (19). O equilíbrio óptico exato entre materiais e dente se torna o grande desafio para o clínico restaurar dentes escurecidos (20,21).

Além da compreensão sobre a eficácia das estratégias restauradoras em dentes com e sem escurecimentos acentuados, a estabilidade de cor desses materiais restauradores deve ser compreendida, a fim de evitar múltiplos tratamentos, que podem levar a uma sequência de desgastes em estrutura dental sadia (22). Vários fatores podem afetar a estabilidade de cor, como os componentes do material, que são susceptíveis à degradação ao longo do tempo, afetando sua aparência e longevidade (23).

Considerando que a maioria das estratégias restauradoras em dentes escurecidos associa materiais de alta opacidade a espessuras elevadas (2,12,24), é importante compreender a capacidade de mascaramento de materiais resinosos opacos e fluidos disponíveis no mercado, a fim de verificar se pequenos desgastes são suficientes para gerar o efeito óptico esperado, quando associados a outras resinas de diferentes opacidades, comumente empregadas em estratégias restauradoras em dentes com e sem escurecimento, e se esse efeito é duradouro.

2 JUSTIFICATIVA

A correspondência de cores em técnicas restauradoras diretas feitas com resinas compostas é um desafio clínico frequente. Essa dificuldade se dá, principalmente, pela não padronização dos materiais e de estratégias restauradoras e pelas variações das características inter e intrapessoais. Entretanto, o ato restaurador se torna ainda mais desafiador quando o substrato dental a ser restaurado apresenta manchamentos acentuados, o que, de forma geral, resulta em desgastes excessivos da estrutura remanescente a fim de recobrir essa superfície com materiais restauradores de maior opacidade e espessura, bloqueando a cor indesejada.

A busca por estratégias restauradoras conservadoras e de resultado óptico satisfatório foi o fator motivador da realização deste estudo. A possibilidade da realização de restaurações estéticas desafiadoras de forma previsível, com maior preservação do dente restaurado e com emprego de materiais de fácil acesso e elevada qualidade, podem auxiliar o dia-a-dia do clínico, resultando em tratamentos satisfatórios e longevos, tanto em dentes com manchamentos acentuados, quanto em dentes sem manchamentos.

Materiais de elevada opacidade são comumente aplicados em superfícies que necessitam ser mascaradas. Esses materiais estão disponíveis no mercado em forma de resinas de média viscosidade e fluidas, variando suas técnicas de aplicação e espessura. As resinas de média viscosidade geralmente são aplicadas quando a superfície manchada corresponde à maior parte da superfície a ser restaurada, enquanto as resinas fluidas, na maioria dos casos, são aplicadas em pontos específicos da superfície manchada. Sobre essa camada interna opaca é realizada toda a estratificação das diferentes opacidades de resinas para a construção de uma restauração anterior.

Devido à complexidade da soma de cores e variações das características das resinas em restaurações anteriores, a determinação de um protocolo ou guia de possibilidades de materiais e espessuras pode ser significativo na resolução desses casos estéticos.

Comumente, a resolução estética das situações de mascaramento de substrato escurecido passa pela realização de procedimentos que envolvem extensos desgastes na estrutura manchada remanescente, a fim de garantir espessura suficiente para a deposição da resina composta opaca, capaz de encobrir o fundo indesejado. O presente estudo pretende desmistificar o uso de materiais de elevada opacidade relacionados a preparos extensos e,

consequentemente, propor protocolos restauradores mais assertivos, visando à conservação do dente restaurado, sem prejudicar os resultados estéticos, pela deposição de uma fina camada de material resinoso fluido de alta opacidade, que pode manter o padrão estético desejado, diminuindo a necessidade de preparos extensos. O presente estudo pretende, ainda, propor estratégias restauradoras que gerem resultados estéticos satisfatórios em dentes que não apresentem manchamentos acentuados, bem como avaliar a estabilidade de cor desses materiais, a fim de prever a longevidade dos tratamentos propostos.

3 OBJETIVOS E HIPÓTESES

Este capítulo apresenta os objetivos estabelecidos para dar desenvolvimento a este estudo, bem como as hipóteses experimentais, em número de quatro.

OBJETIVO GERAL

Avaliar alterações colorimétricas em dentes, obtidas por restaurações em resina composta multicamadas e de camada única em duas bases: uma clara e outra escurecida, bem como a estabilidade de cor dos conjuntos restaurados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar pelos sistemas CIEL*a*b* e CIEL*C*h:

- A variação de cor causada por alterações na espessura de resinas de esmalte e dentina em base DA2;
- A variação de cor usando técnicas restauradoras em multicamadas e camadas únicas em base DA2;
- A variação de cor usando técnicas restauradoras em multicamadas e camadas únicas em base DC4;
- A variação de cor usando técnicas restauradoras com corantes opacificadores em associação às resinas aplicadas em multicamadas e camadas únicas em base DC4;
- A estabilidade de cor dos conjuntos restaurados em base DC4.

HIPÓTESES

As hipóteses experimentais foram que (1) a variação nas espessuras de resinas compostas de diferentes opacidades não interfere nos resultados ópticos em base DA2; (2) resinas com maiores características translúcidas (universais ou de opacidade corpo) não evidenciam as cores de fundo; (3) as técnicas restauradoras testadas sobre base DC4 não são capazes de gerar efeito óptico similar a uma restauração em base DA2, mesmo na presença de

corantes opacificadores; e, (4) o processo de envelhecimento dos materiais não é capaz de gerar alterações ópticas inaceitáveis após 100 dias.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Restaurações diretas de resina composta em dentes anteriores se constituem em uma excelente opção estética (25), garantindo a possibilidade de desenvolver de maneira previsível forma e cor ideal dos dentes, sem a necessidade de uma intervenção invasiva (26). Além disso, o uso de resinas compostas em dentes anteriores é uma técnica confortável para os pacientes, por oferecerem vantagens como reversibilidade, técnica adesiva e conservação de tecido dental sadio, aumentando a aceitação desse tipo de tratamento pelos pacientes e dentistas (27). Essas restaurações, em combinações com diferentes materiais, são também soluções para o mascaramento de substratos dentários escurecidos que não responderam bem ao tratamento clareador e que se constituem em um grande desafio na prática restauradora estética (27).

Para que restaurações estéticas sejam consideradas harmônicas, suas características ópticas devem coincidir com as características encontradas em dentes naturais, considerando que os fenômenos ópticos de materiais restauradores e dos dentes naturais ocorrem de maneiras distintas (5,6). As propriedades ópticas de um dente natural são fortemente influenciadas pelo acúmulo interno de matéria orgânica e inorgânica em nível molecular. A translucidez é uma das propriedades ópticas mais importantes ao avaliar a estética (8) e está relacionada ao nível de hidroxiapatita na matriz orgânica do esmalte, que espalha comprimentos de onda mais curtos, aliada à sua estrutura prismática cristalina, determinante da quantidade relativa de luz transmitida pelo esmalte. À medida que a espessura de esmalte diminui do terço incisal ao cervical, o mesmo ocorre com o nível de translucidez (5). Além disso, as diferentes orientações das hastes do esmalte o tornam anisotrópico, ou seja, alteram suas propriedades físicas (ópticas) de acordo com a direção da incidência da luz, onde esse mesmo tecido dispõe de menor translucidez com o aumento da sua espessura (5,9). Portanto, o croma da dentina é menos visível em associação à uma elevada espessura de esmalte (6).

Já os materiais restauradores têm características isotrópicas, ou seja, dispõem de propriedades físicas constantes, independentemente da direção da incidência luminosa, não sendo conhecido nenhum material restaurador capaz de se comportar fisicamente da mesma maneira, como os tecidos esmalte e dentina (6,9). Além disso, a transmissão de luz em esmalte e resina acontecem de maneiras distintas. Enquanto o esmalte é capaz de transmitir 70% da luz ascendente, as resinas compostas transmitem cerca de 53% (5,6). Portanto, os materiais restauradores não são capazes de corresponder opticamente às características naturais dos

dentes, quando aplicados em espessuras fisiológicas (5,6,9) e a definição da espessura de cada camada não é consenso na literatura.

Segundo estudo de Elgendy et al. (9), nenhuma resina composta monocromática tem capacidade de reproduzir satisfatoriamente a complexidade de cor encontrada nos tecidos dentários naturais, sendo necessária a seleção de diversas cores, opacidades, camadas e efeitos de sobreposição e texturas irregulares. Essa composição, por meio da técnica de estratificação, tende a resultar em características semelhantes às encontradas em dentes naturais.

A referida técnica, também conhecida como “correspondência de cores em camadas”, destina-se a combinar características ópticas semelhantes ou desejáveis dos materiais restauradores nos substratos a serem restaurados, a fim de resultar em uma composição harmônica com os dentes vizinhos (24).

As propriedades das resinas envolvidas, entretanto, podem ser alteradas pela espessura de cada camada aplicada, pois a transmissão e a reflexão de luz são alteradas pelo desvio do feixe incidente pelas camadas de cada incremento. Essas camadas geram uma zona orgânica em cada superfície, o que é suficiente para afetar as formas de incidência da luz. Como consequência, a estratificação resulta num aumento da opacidade da restauração, podendo ser um artifício usado no mascaramento de dentes escurecidos, por minimizar a interferência da cor de fundo (12,27,28). Essa técnica, que frequentemente é utilizada para reduzir o estresse da contração de polimerização na interface adesiva, tem papel também na construção de uma restauração com materiais de diferentes cores e opacidades, resultando numa eficaz correspondência de cor do dente restaurado (27,28).

O efeito visual de interação entre o material restaurador e as camadas do dente é chamado de efeito mistura. Este efeito é multicausal e depende das características dos materiais restauradores, do policromatismo dental, da espessura de dentina no local a ser restaurado, do espalhamento e translucidez do esmalte e da presença de umidade (14). Esses efeitos ópticos causados pela absorção e dispersão da luz no interior dos dentes e dos materiais restauradores (29) apresenta como resultado uma complexa mistura de cores subtrativas que explica a difícil padronização e reprodução de restaurações estéticas em dentes descoloridos (13,14,16).

4.1 CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS DOS DENTES E MATERIAIS RESTAURADORES

Todas as características ópticas percebidas são dependentes da luz. Ao atingir um objeto, uma série de interações luminosas ocorrem, podendo a luz ser refletida, refratada, absorvida, espalhada ou transmitida. Essa percepção pode, ainda, ser influenciada pelo índice de refração do material ou da superfície avaliada. Esse índice corresponde à razão entre a velocidade da luz no vácuo e no material, alterando a reflexão na superfície e na fronteira entre o objeto e o ar (9).

O esmalte dental é um tecido cristalino, caracterizado por alto conteúdo mineral, o que resulta opticamente em uma estrutura translúcida cromática (dentes jovens) ou acromática (dentes maduros), que permite visualizar estruturas subjacentes e atua na modificação da cor da dentina e, conseqüentemente, na cor final do dente (5, 30). Por outro lado, o maior conteúdo orgânico de dentina aumenta sua opacidade e cromaticidade, afetando fortemente a cor do dente (29), apresentando, ainda, aumento da saturação ao longo do tempo (5). Esmalte e dentina têm capacidade de transmissão de luz em cerca de 70% e 52%, respectivamente, sendo a translucidez uma das características ópticas mais difíceis de quantificar na dentição natural, por ter alto índice de variação inter e intrapessoal (5).

A translucidez é a propriedade física de um corpo ou material que permite a passagem de quantidade relativa de luz por seu interior, dispersando-a e permitindo que o outro lado ou fundo seja visível (9,31–33). É classificada também como o estado intermediário entre a total opacidade e a total transparência (27). Seu método de aferição é por determinação da transmissão total de luz, incluindo espalhamento, através de espectrofotômetros com esfera integradora. Vários fenômenos influenciam as propriedades ópticas durante a aferição: o efeito da espessura da região na reflexão da superfície, os coeficientes de dispersão e absorção, o efeito da água na translucidez do conjunto e o efeito do conteúdo de água abaixo da superfície do dente ou do material restaurador (32,34). Esse fenômeno é um componente crucial para as restaurações dentárias e é fortemente influenciado pelos componentes do material, pela espessura utilizada na restauração, pela qualidade de polimerização da resina e pela forma de envelhecimento do material (9).

O estudo de Brodbelt et al. (32) explica os efeitos da translucidez de esmaltes dentais humanos e sugere que a translucidez diminui com sua desidratação. Logo, há variação no resultado da substituição da água ao redor dos prismas de esmalte pelo ar. O efeito da dispersão

em um sistema heterogêneo, como os prismas de esmalte cercados por um meio fluido, se dá pela diferença entre os índices de refração dos dois componentes. O índice de refração do esmalte dental é aproximadamente 1,7, enquanto o índice de refração da água é de 1,33 e do ar é 1,00. Portanto, maiores diferenças e dispersões são produzidas em uma interface esmalte-ar. O esmalte desidratado mostra uma translucidez mais baixa como resultado de uma diferença aumentada nos índices de refração entre os prismas de esmalte e os meios circundantes, quando a água é substituída pelo ar.

O estudo de Oguro et al. (29) investigou o papel da espessura do esmalte e do índice de refração na cor dos dentes. Desgastes sequenciais e medidas colorimétricas foram tomadas de dentes extraídos, até que a dentina fosse visualizada. Blocos de esmalte de cada dente em espessura de 0,5mm também foram confeccionados para a avaliação do índice de refração. Em média, a camada de esmalte natural é de aproximadamente 1mm de espessura e sua presença parece exercer grande influência cromática na aparência de um dente. O índice de refração é um parâmetro importante de propagação da luz no elemento óptico e pode servir como indicador de suas propriedades de espalhamento dentro do tecido, sendo uma variável relevante dos efeitos do esmalte na composição cristalina da cor do dente. Sua correlação com a variação total da cor demonstra que o índice de refração é um preditor estatisticamente significativo na alteração de cor, após corte completo do esmalte.

As resinas compostas obedecem a princípios semelhantes aos dos dentes naturais, isto é, elas têm características translúcidas cromáticas ou acromáticas e irão influenciar na percepção da cor da dentina ou material restaurador subjacente, de acordo com a escolha e espessura de material depositado. Para se conseguir efeito natural na restauração, há necessidade de incorporação de espessuras adequadas dos materiais para atingir o efeito de profundidade adequado (5). Quando a correta escolha da cor de um material restaurador é combinada com a translucidez adequada, a restauração pode coincidir com a estrutura dentária circundante, indicando resultado esteticamente satisfatório (31,33). A translucidez de um material é geralmente determinada pelo parâmetro de translucidez (TP), que é definido como a diferença de cor de um determinado material, em espessura constante, e em contraste com diferentes fundos (branco e preto) (35). Quando menor o TP, mais opaco é o material; e quanto maior o TP, mais translúcido é o material (36).

O estudo de Karadas (33) avaliou mudanças de cor e translucidez de quatro resinas compostas fluidas e uma universal, após imersão em diferentes substâncias. Os valores médios de TP dos compósitos fluidos foram superiores ao valor de TP da resina composta universal,

confirmando que a translucidez é maior com quantidades menores de conteúdo de carga. Os valores de translucidez foram também significativamente diferentes entre os compósitos fluidos, onde valores altos resultaram em uma maior visibilidade das cores das camadas mais profundas sob a restauração.

O conteúdo de carga desempenha papel importante nas propriedades ópticas das resinas compostas, apresentando diferenças em translucidez, cor e fluorescência. Em estudo de Yu & Lee(36), resinas fluidas e universais foram comparadas quanto a variações colorimétricas, translucidez e fluorescência, e diferenças de cores perceptíveis foram encontradas entre as diferentes resinas, mesmo sendo produzidas pelo mesmo fabricante (dentro do mesmo grupo). Os valores de L^* para as resinas universais se apresentaram superiores aos valores do mesmo eixo para as resinas fluidas, evidenciando menores características de opacidade que as resinas fluidas, que apresentam menor conteúdo de carga. A translucidez, dentro do mesmo tipo de resina composta (fluida ou universal), foi influenciada pela marca, entretanto, os valores médios de TP das resinas fluidas foram maiores do que os correspondentes compósitos de resina universais em três marcas, o que direciona ao fato de que quanto menos conteúdo de carga, maior a translucidez do material restaurador.

A translucidez das resinas compostas, no entanto, além de depender do conteúdo de carga presente na matriz resinosa (33,36), depende também da espessura do material (12), dos coeficientes de dispersão e absorção e dos pigmentos e opacificadores presentes na sua composição (37). Portanto, usar a mesma espessura de material restaurador para substituir um tecido dental só resulta em aspectos ópticos semelhantes se a translucidez da resina composta for semelhante à observada na dentina e no esmalte naturais, o que geralmente não ocorre (25). Elgendy et al. (9) observaram que, de forma geral, o tecido dentário é mais transparente que o material restaurador. Resinas com diferentes graus de translucidez/opacidade estão disponíveis no mercado, sem, no entanto, haver uma padronização das classificações da opacidade entre os fabricantes ou fornecimento de informações sobre o assunto (5,38), ou mesmo correspondências reais com a translucidez ou a opacidade das estruturas dentais naturais (31,39). Em estudo de Paravina et al. (14), a diferença de cor entre os tons A2 de dois fabricantes foi de $\Delta E = 6,3$, enquanto a diferença entre os tons B2 foi de $\Delta E = 8,1$, evidenciou a grande diferença de cor entre marcas comerciais e, com isso, a dificuldade de sua padronização óptica (14,31).

De acordo com Elgandy et al. (9), além de a transmissão ser fator extremamente relevante nos materiais restauradores, outros fenômenos, como absorção e transmissão, devem ser levados em consideração. A absorção de luz pela resina depende do volume do material aplicado e ocorre quando a transmissão é interrompida por interações da luz com moléculas dentro do objeto. Já o espalhamento ocorre quando, ao atingir um obstáculo, a luz desvia sua direção de propagação e esse fenômeno pode ocorrer diversas vezes, a depender da quantidade de obstáculos encontrados no caminho. Portanto, o espalhamento depende da quantidade e tamanho das partículas. Tanto a absorção, quanto o espalhamento, podem ser usados para determinar a profundidade de penetração da luz nos materiais e tecidos, em função do comprimento de onda.

Em estudo de Ryan, Tam e McComb (31) foram observadas significantes diferenças na dispersão da luz, o que significa na translucidez entre materiais universais de diferentes fabricantes. Isso pôde ser atribuído à composição específica e às translucências dos componentes, diferenças no índice de refração entre carga e matriz e diferenças no tamanho das partículas. Foi relatada, ainda, uma relação inversa entre a intensidade da cor e a translucidez, indicando que compósitos com alto croma tendem a ser menos translúcidos.

Assim como para os dentes naturais, a relação entre os índices de refração das partículas de carga e da matriz resinosa de um compósito também é responsável pela determinação da sua translucidez. Quanto maior for a diferença entre os índices, menor é a translucidez (8).

Vários níveis de translucidez foram desenvolvidos para permitir a replicação das propriedades ópticas combinadas de dentina e esmalte, visto que se trata de uma característica óptica fundamental, já que a translucidez afeta fortemente a aparência de uma mesma tonalidade de uma resina composta (9,31). São encontradas resinas de opacidades próximas às da dentina e do esmalte naturais, classificadas como “dentina/opaca” e “esmalte”, respectivamente. Opacidade intermediária entre dentina e esmalte é chamada de “corpo” e existem resinas especiais, com translucidez ainda mais elevada, para reprodução de áreas específicas, denominadas “incisais”, e resinas de alta opacidade, também denominadas “corantes”, que apresentam a capacidade de mascarar um substrato hipercromático indesejado. Portanto, o resultado final de uma restauração dependerá da espessura dos materiais, da composição e dos variados graus de translucidez e opacidade das camadas de resina usadas, do grau de polimento e da experiência clínica do operador (5,40).

O estudo de Santos et al. (25) determinou os limiares de redução da espessura das resinas de dentina para causar alterações de cor perceptíveis e clinicamente aceitáveis em restaurações simuladas sobre um fundo escuro, mantendo constante a espessura da resina de esmalte. Foram avaliadas as resinas compostas Charisma Diamond, IPS Empress Direct e Z350XT, e os valores de TP foram determinados, utilizando o Sistema CIEL*a*b*. A espessura de esmalte foi constante (1mm), enquanto a espessura de dentina iniciou em 3mm e teve redução sequencial de 0,1mm. Não foram observadas diferenças significativas entre as cores de dentina testadas. Em relação ao esmalte, o IPS Empress Direct e Filtek Z350 XT apresentaram opacidades semelhantes e inferiores às medidas para o Charisma Diamond. Em menor espessura de dentina (1mm), foi possível observar transmissão de luz e consequente visualização do fundo escurecido. No entanto, a opacidade medida na combinação esmalte/dentina foi fortemente afetada pela opacidade do esmalte e o autor sugeriu que o esmalte em espessura de 1mm é capaz de bloquear mais de 50% da capacidade de transmissão de luz. Apesar das diferenças de opacidade entre os sistemas avaliados, reduções similares de espessura causam efeitos perceptíveis e clinicamente semelhantes.

Em estudo de Kamishima, Ikeda e Sano (40), foi avaliada a técnica de estratificação com materiais em diferentes opacidades e espessuras (0,5, 1, 2, 3 e 4mm). Para todos os compósitos utilizados, a espessura de 4mm foi suficiente para não ser afetada pela cor de fundo e os resultados do estudo determinaram que resinas compostas opacas podem minimizar o efeito de cor de fundo escuro da cavidade oral e que a translucidez das amostras aumentou exponencialmente com a redução da espessura, independentemente da tonalidade avaliada.

Ao discutir materiais e corpos translúcidos, existem quatro fatores importantes que determinam (a) se o material é acromático ou cromático, incluindo presença ou ausência de cor, (b) espessura do material (5,32), (c) grau de translucidez e (d) textura da superfície (5). Para a avaliação colorimétrica, diversos estudos utilizam o sistema CIEL*a*b* (15,19,20,25,27,41,42), que corresponde a um universo de cor tridimensional, onde os eixos são identificados por L*, a* e b*. As distâncias equivalentes entre as coordenadas correspondem às diferenças de cores semelhantes em sua percepção. O eixo L* representa a luminosidade de um objeto e é quantificado em uma escala que varia de zero (preto puro) até 100 (branco puro). As coordenadas a* e b* representam as características cromáticas do objeto ao longo dos eixos verde-vermelho e amarelo-azul, respectivamente. O referido sistema tem ampla utilização em pesquisas na odontologia por apresentar vantagens como repetibilidade, sensibilidade e objetividade (41,42), cobrindo inteiramente o espaço visual da cor (6), sendo,

portanto, uma técnica adequada na determinação de pequenas variações de cor (43). Dentre as alterações de cor avaliadas por esse sistema, as alterações causadas no eixo b^* parecem ser significativas na avaliação de procedimentos clareadores, restauradores ou de desgaste na superfície de esmalte, quantificando redução ou aumento de amarelo visível nas amostras (29,42).

O sistema CIEL $^*a^*b^*$, entretanto, calcula a diferença de cor total ΔE_{ab} , onde as coordenadas de cor L^* , a^* e b^* têm o mesmo peso na equação. Já o sistema CIEDE2000, por dispor de funções de ponderação na fórmula (SC, SH e SL), ajustam o peso das coordenadas de cor relacionadas à croma, à matiz e à luminosidade, no valor total de ΔE_{00} . As funções de ponderação para o ajuste da diferença de cor consideram a variação de localização das coordenadas L^* , a^* e b^* , o que caracteriza a avaliação do ΔE_{00} pelo sistema CIEL $^*C^*h$ (16,44). Além disso, a função de rotação (RT) pondera a interação entre as diferenças de matiz e croma na região azul do espectro de cores visíveis, enquanto os fatores paramétricos KL, KC e KH determinam as condições de visualização e as condições de iluminação em fluência (27,44,45).

4.2 RESTAURAÇÕES DE RESINA COMPOSTA EM SUBSTRATOS ESCURECIDOS

Os sistemas CIEL $^*a^*b^*$ e CIEDE2000 tem demonstrado eficácia na resolução de situações desafiadoras para a odontologia restauradora, como no caso da necessidade de mascaramento de fundo escurecido, em dentes pontuais. Essa situação requer um correto diagnóstico, compreensão da etiologia, planejamento e tratamento adequados, para sucesso do resultado estético (27).

O uso de resinas compostas em dentes com fundo escurecido é um desafio, visto que a característica de translucidez do material reduz a capacidade de mascaramento, quando aplicado em pequenas espessuras (11). Essa dificuldade pode ser contornada pelo uso de diferentes combinações e opacidades de resina composta na técnica da estratificação (14) ou pelo uso de corantes em conjunto com a resina composta (19). De acordo com Kim et al. (10), substratos escuros podem influenciar a luminosidade de materiais restauradores, causando alterações cromáticas no resultado final da restauração e essa interferência é o que aumenta a complexidade da técnica (46). Portanto, a função das resinas opacas e corantes opacificadores é aumentar a luminosidade do conjunto e, conseqüentemente, a quantidade de luz refletida (12).

Em estudo de Donato, Cavalcanti e Mathias (19), foram avaliadas três cores de base escurecidas (A4, B4 e C4) e suas interações com três cores de corantes opacificadores (branco,

ocre e opaco), em espessura constante de 0,1mm, após a restauração com resina composta DA2, em duas diferentes espessuras (0,5 e 1mm). A análise de cor foi realizada seguindo os parâmetros do sistema CIEL*a*b* e, como resultado, no eixo L*, os corantes branco e opaco, com resina de cobertura de 1mm apresentaram aumento da luminosidade para as três bases escurecidas. Na análise da variável a*, o corante ocre se comportou de maneira positiva para todas as bases e para as duas espessuras testadas. Já para a análise da variável b*, o corante opaco alcançou resultados positivos para as bases A e C. O aumento da luminosidade, provocado pelos corantes brancos e opacos, diminuiu o aspecto acinzentado no resultado final da restauração e o corante opaco influenciou positivamente na avaliação óptica das bases escurecidas, diminuindo a quantidade visível da cor amarela na restauração. Logo, a determinação da cor do substrato escurecido, sua interação com os corantes opacificadores e a relação com as diferentes camadas de resinas compostas da restauração precisam ser mais bem entendidas.

Segundo estudo de Miotti et al. (27), a técnica incremental aplicada pela utilização de materiais opacos para mascarar defeitos intensos de cor dos dentes, seguido da utilização de materiais mais translúcidos em camadas superficiais da restauração, costumam gerar resultado estético satisfatório. No referido estudo, foi avaliada a capacidade de mascaramento de três sistemas de resina composta, em um fundo escuro, por meio de combinações de tonalidades diferentes, pela técnica de estratificação (uma, duas ou três camadas, resultando em mesma espessura final – 1,5mm). A cor de base utilizada foi a C4 e as resinas testadas foram a Filtek Z350XT, a IPS Empress Direct e a Charisma. A capacidade de mascaramento foi diferente entre os grupos, sugerindo que o mascaramento pode ser influenciado por componentes de formulação do material, como opacificadores, pigmentos e cargas. A resina Filtek Z350XT apresentou o melhor resultado, estando esse desempenho relacionado a uma espessura de material de 1mm de dentina. Entretanto, as resinas IPS Empress Direct e Charisma não foram capazes de mascarar o fundo C4, nem quando apenas a opacidade de dentina foi aplicada. Os resultados sugerem que restaurações estéticas são capazes de mascarar uma base escura, desde que escolhas de marcas comerciais, combinações e proporções corretas de materiais opacos e translúcidos sejam aplicados.

O estudo de Ryan, Tam e McComb (31) comparou a opacidade do esmalte e da dentina humanos com diferentes marcas comerciais de resinas compostas e sugeriu que resinas mais opacas que a opacidade média da dentina humana poderiam ser utilizadas para mascarar bases escurecidas de determinados dentes, usando a técnica de estratificação. A escolha do material,

no entanto, deve ser feita com cautela, já que a translucidez dos materiais restauradores, numa descoloração pontual, pode levar à percepção de incompatibilidade cromática entre a restauração e as estruturas adjacentes (27).

O estudo de Dede et al. (47) avaliou a influência da cor da resina composta do núcleo de preenchimento e do cimento na cor final de restaurações cerâmicas. Materiais com características translúcidas geralmente oferecem bom desempenho estético e, comumente, são utilizados em região anterior, porém, no estudo referido foi constatado que a cor das restaurações mais translúcidas é fortemente influenciada pelas tonalidades subjacentes do cimento, do dente e dos materiais do núcleo; isto evidencia ainda que mesmo em cerâmicas menos translúcidas, há forte influência da cor das camadas internas e das que estão localizadas abaixo da peça protética.

Segundo An et al. (12), para minimizar os efeitos da cor de base indesejável, a técnica de estratificação utilizando materiais opacos como forradores do substrato podem trazer bons resultados. Essa capacidade de mascaramento de uma base escurecida é alcançada pela adição de opacificadores, como óxido de titânio ou óxido de alumínio, adicionados à resina composta, que faz com que ela pareça ser mais clara, aumentando a reflexão de luz e diminuindo o efeito de cor do substrato. No entanto, em restaurações estéticas com resina composta, é importante entender a espessura mínima de materiais opacos capazes de gerar o efeito mascarador necessário. No mesmo estudo, An et al. (12) utilizaram uma base C4 e uma espessura entre 0,8 e 1,45mm de material restaurador foi suficiente para seu mascaramento, no entanto, foi encontrada diferença estatisticamente significativa na capacidade de mascaramento entre as resinas compostas testadas. O ΔE_{ab} e o TP diminuíram com o aumento da espessura em todos os grupos, porém, os achados de ΔE_{ab} no estudo se mostraram inconsistentes, visto que foram encontradas diferenças estatisticamente significantes na capacidade de mascaramento entre todas as resinas compostas testadas, para o fundo C4, bem como variações na espessura crítica para o mascaramento. Esse estudo reafirma a ideia de que a capacidade de mascaramento não é determinada apenas pelo TP, mas também é afetada por opacificadores, pigmentos, cargas e outros aditivos, havendo uma dificuldade técnica na determinação do fator mais crítico na capacidade de mascaramento, devido à não padronização das resinas comerciais.

Assim, a espessura de desgaste dental e consequente espessura de material restaurador para mascarar fundo escurecido não constitui consenso na literatura (48). Essa quantidade necessária de desgaste tem relação com a translucidez, cor e tipo dos materiais utilizados

(49,50), o que justifica a combinação de diferentes resinas compostas e sua combinação com finas camadas de agentes corantes, inseridos sobre o substrato a ser mascarado (19). Alterações adequadas em luminosidade são consideradas pelo estudo de Montero et al. (51) como o fator mais forte associado à atratividade no sorriso, porém, apesar de cores opacas alcançarem bons resultados no mascaramento de bases escurecidas, sua utilização em larga escala deve ser vista com cautela e ser bem compreendida, pois podem resultar em uma aparência artificial da restauração (12,19). A harmonização adequada da restauração com os dentes adjacentes depende também das propriedades ópticas do esmalte natural e opacidade da dentina, de texturas superficiais e da forma das restaurações, que devem ser consideradas, especialmente em área estética (27).

Para restaurações estéticas, a técnica de estratificação de resina composta é frequentemente usada para reduzir a contração de polimerização e o estresse na interface adesiva e para melhor correspondência da tonalidade das restaurações com os dentes. A visualização da técnica ocorre após uma mistura subjetiva de cores (5), onde fenômenos como transmissão de luz, dispersão e reflexão, podem ser afetadas, já que cada camada é aplicada independentemente, em diferentes angulações, afetando a transmissão da luz e aumentando a dispersão e a difusão. Conseqüentemente, essa técnica reduz a translucidez da restauração e minimiza a interferência de cor de fundo (27). A análise inadequada da óptica da dentição natural, no entanto, pode levar ao fracasso dos procedimentos restauradores (5).

A técnica de estratificação ou multicamadas é muito requisitada pela obtenção do efeito óptico de mesclagem das diferentes tonalidades e opacidades dos materiais restauradores. Entretanto, na tentativa de simplificação de técnicas restauradoras, fabricantes têm investido em resinas compostas com efeito *blending* (BE) ou efeito camaleão. Trata-se de uma percepção clínica, de que certos materiais têm a capacidade de assumir a aparência de cor do dente circundante/adjacente após a restauração. Esse fenômeno óptico corresponde a situações em que as cores juntas são percebidas como mais próximas do que se fossem vistas separadamente (13–15).

O BE se aplica na relação entre dentes e materiais restauradores estéticos, mas essa relação é complexa, pelo fato de os dentes humanos serem pequenos, policromáticos, translúcidos, curvos, dispostos em multicamadas (14) e não serem envolvidas apenas interações ópticas superficiais. Alguns fatores atuam nas interações ópticas e coeficientes de espalhamento e absorção de luz em dentes e materiais restauradores. A translucidez depende do tamanho das partículas: quanto menor, maior translucidez e maior BE. O polimento provoca uma diminuição

na rugosidade da superfície e aumento do brilho da restauração, podendo levar a um aumento do BE. O tamanho da restauração pode também exercer influência no BE e a diminuição na sua espessura tem relação com um aumento de BE (14).

O estudo de Paravina et al. (14) avaliou a influência do tamanho da restauração, a diferença de cor inicial e a translucidez de resinas no efeito BE, calculado por escores visuais e avaliação por espectrofotometria. O valor de BE aumentou com a diminuição na diferença de cor e com o aumento da translucidez da amostra, correspondendo às expectativas de que cores de resinas muito diferentes do substrato dental não corresponderiam a à sua semelhança após a inserção na cavidade. O mesmo ocorreu com a translucidez, onde opacidades diferentes exibiram diferentes valores de BE. Os autores relatam que, por se tratar de uma avaliação complexa, uma resposta precisa sobre magnitude e direção de mudanças de cor associadas ao BE devem ser obtidas de forma instrumental.

O BE também foi avaliado em estudo de Abdelraouf e Habib (2016) (15) mediante a interação de cinco cores (A1, A2, A3, A3.5 e A4) de resinas compostas convencionais e uma cor de resina *Bulk-fill* (A1). Foram confeccionados discos de todas as cores para avaliação espectrofotométrica e a resina *bulk-fill* foi utilizada como material de preenchimento para modelos confeccionados com as diferentes cores de resina composta, para dentes extraídos e para dentes dos pacientes. Nos dentes e modelos foram confeccionadas cavidades classe I pequenas e médias. A aferição de cor dos discos foi realizada por espectrofotômetro, onde ΔE_{ab} e TP foram calculados por meio das coordenadas de cor do CIEL*a*b*. Já a avaliação visual dos preenchimentos foi realizada por observadores, em local padronizado, a uma distância de 25cm das amostras. O BE dos preenchimentos foi calculado como uma diferença na correspondência de cores entre os modelos e o disco de RC, de mesma tonalidade. Nos modelos de RC, os valores de BE aumentaram com o aumento da diferença de cor entre o preenchimento e a cor circundante separadamente. Nos dentes extraídos, a cor aferida foi A4 e a resina *bulk-fill* apresentou boa correspondência de cor em cavidades pequenas, contudo, esses valores diminuíram em cavidades maiores, sugerindo que a correspondência de cores e o BE diminuem com o aumento do tamanho da cavidade. *In vivo*, boa correspondência de cores também foi observada.

Em outro estudo de Paravina et al. (13), o BE foi avaliado, porém, associado ao efeito de dupla camada, que corresponde à interação óptica entre tecidos dentários duros, com materiais restauradores ou entre materiais restauradores distintos. O BE parece ser uma medida

visual exata da influência do efeito de camada dupla dos compósitos avaliados, que, quando comparado ao ΔE_{ab} , apresenta uma correlação inversa, mostrando informações objetivas sobre a especificação de cores, bem como magnitude e direção de suas diferenças. Uma forte correlação entre BE e TP indicou que ele está mais relacionado à translucidez do que ao ΔE_{ab} . Entretanto, o tipo de compósito e o tamanho das partículas não pareceu ser determinante, enquanto o conteúdo de carga pôde exercer maior influência.

A alta correspondência de cores em resinas *bulk-fill* pode ser atribuída à sua alta translucidez, refletindo as cores das paredes circundantes, mesmo em diferentes tonalidades (15). O estudo de Abdelraouf e Habib (15) observou melhor correspondência de BE com o aumento da diferença de cor entre a tonalidade *bulk-fill* universal e os compósitos circundantes, mesmo apresentando maior ΔE_{ab} ; enquanto estudos de Paravina et al. (13, 14) observaram maior correspondência de BE com a diminuição da discrepância entre as cores. O aumento da translucidez parece estar relacionado com o aumento do BE, desde que o material restaurador seja usado em pequenas quantidades (13–15).

As resinas compostas são capazes de apresentar elevado BE em pequenas restaurações (14,15,31), por ser um material de relativa translucidez. No entanto, para restaurações maiores é necessário conhecer a gama de tonalidades e opacidades disponíveis no mercado, para garantir uma replicação da estrutura dentária com capacidade estética (31).

Alcançar níveis adequados de translucidez é fator determinante no sucesso clínico restaurador para alcance de uma restauração imperceptível. A translucidez crescente do material resulta em uma maior visibilidade das cores das camadas mais profundas sob a restauração, quando sobrepostas a áreas opacas (33). Quando não há sobreposição do material translúcido em áreas opacas, o resultado é a visibilidade parcial do fundo escurecido presente na boca, pela passagem de luz pelo interior da resina composta, tornando o resultado da restauração acinzentado (16,17).

A capacidade de uma restauração existir em harmonia com o dente a ser restaurado é parte integrante do sucesso do tratamento restaurador, seja através do BE ou da combinação exata de cores e opacidades de materiais restauradores. No entanto, a mera determinação de uma diferença de cor entre duas amostras tem pouco valor clínico, sem uma compreensão da magnitude da diferença de cor visualmente detectável (limiar de perceptibilidade – PT) e a magnitude que constitui uma alteração clínica inaceitável à estética dental (limiar de aceitabilidade – AT) (21,52).

Esses limites visuais para a discriminação de cores são ferramentas de controle de qualidade bem estabelecidas em pesquisas. De acordo com a International Organization for Standardization. (*Guidance on Color Measurements ISO/TR 28642:2016*) (53), a variação de cor deve ser avaliada em comparações com limites de 50:50% e os valores de PT e AT padronizados em 0,8 e 1,8, respectivamente.

Essa avaliação dos limiares pode servir como controle de qualidade de restaurações estéticas para interpretar achados visuais e instrumentais na odontologia e auxiliar em pesquisas odontológicas (20). Em estudo de Paravina et al. (20), foram confeccionadas amostras cerâmicas dentro de uma determinada faixa de cor ($L^* = 64,2 - 76,8$; $a^* = 1,7 - 7,5$; $b^* = 14,3 - 27,8$), medidas com espectrofotômetro e avaliadas por 175 pessoas, dentre elas dentistas, estudantes de odontologia, auxiliares de odontologia e leigos, em pares de amostra aleatória, na mesma ordem para todos os observadores. A análise visual foi padronizada, os resultados foram processados e as diferenças de cores foram analisadas por meio dos sistemas CIEL*a*b* e CIEDE2000. Os limiares PT e AT foram calculados e foram significativamente diferentes. Para o sistema CIEL*a*b*, o limiar de aceitabilidade (AT) apontou o valor de $\Delta E_{ab} = 2,7$, enquanto o limiar de perceptibilidade (PT) obteve o valor de $\Delta E_{ab} = 1,2$. Já para o sistema CIEDE2000, o AT foi $\Delta E_{00} = 1,8$ e o PT foi $\Delta E_{00} = 0,8$.

As diferenças entre os limiares, de acordo com o sistema avaliado, se dá pela diferença entre as fórmulas para o cálculo da diferença de cor e essas alterações permitem que os resultados se aproximem da percepção visual humana para as diferenças de cor (20,47).

O estudo de Santos et al. (25) avaliou a redução da espessura das resinas de dentina capaz de causar alterações de cor perceptíveis e clinicamente aceitáveis em restaurações simuladas sobre uma base escurecida. As análises foram feitas por meio do sistema CIEL*a*b* e o delta, por meio do sistema CIEDE2000, bem como as alterações de cor perceptíveis foram observadas em espessuras de dentina inferiores a 2,0-2,4mm, enquanto alterações aceitáveis, em espessuras de dentina inferiores a 1,1-1,4mm – em conjunto com resina de esmalte em espessura constante de 1,0mm. Os limiares de aceitabilidade e perceptibilidade foram $\Delta E_{00} = 1,77$ e $\Delta E_{00} = 0,81$, respectivamente.

O estudo de Dalmolin et al. (2) demonstrou que dentre as estratégias restauradoras testadas com as resinas compostas Spectra Smart, Forma e Z350XT, em espessura de 1,5mm, apesar de nenhuma situação simuladora ter gerado resultados inferiores ao limite de

aceitabilidade, os maiores valores de ΔE_{00} foram associados ao substrato C4, evidenciando a dificuldade de mascaramento em situações de descolorações críticas.

Estudos anteriores padronizaram tais limiares em ΔE de 1 a 3 para o PT e $\Delta E > 3,3$ para o AT (22,54) e esses dados foram utilizados como base por muitos pesquisadores (12,41,42,55). No entanto, variações de limiares de aceitabilidade e perceptibilidade são reportados na literatura, em virtude de fatores como diferenças no dispositivo de medição de cor usado, condições experimentais, tipo de amostra analisada, complexidade das misturas de cores avaliadas, diferenças no polimento superficial, brilho, forma, tamanho e diferença na formulação das amostras (21). Limiares de perceptibilidade variam entre os sistemas CIEL*a*b* e CIEDE2000 entre $\Delta E_{00} = 0,8$ (20), $\Delta E_{00} = 0,81$ (25), $\Delta E_{ab} = 1,2$ (20), $\Delta E_{ab} = 1,25$ (56), $\Delta E_{ab} = 1,9$ (21), $\Delta E_{ab} = 2,6$ (52); e os limiares de aceitabilidade em $\Delta E_{00} = 1,77$ (25), $\Delta E_{00} = 1,8$ (20), $\Delta E_{ab} = 2,23$ (56), $\Delta E_{ab} = 2,7$ (20), $\Delta E_{ab} = 4,0$ (52), $\Delta E_{ab} = 4,2$ (21).

Segundo Paravina et al. (57), a interpretação entre as diferenças de cores pode, ainda, ser classificada em moderadamente inaceitável ($1,8 < \Delta E_{00} \leq 3,6$), claramente inaceitável ($3,6 < \Delta E_{00} \leq 5,4$) e extremamente inaceitável ($\Delta E_{00} > 5,4$).

Num tratamento restaurador direto, a interação entre dente e as diversas cores e opacidades de materiais restauradores e a determinação da combinação ideal para semelhança com os dentes vizinhos, especialmente em substratos escurecidos, é um desafio instalado e que deve ser mais estudado (27,36,40).

4.3 ESTABILIDADE DE COR DAS RESINAS COMPOSTAS

O desafio clínico das resinas compostas vai além da variedade de propriedades ópticas iniciais. Trata-se de um material de relativa instabilidade de cor, o que pode comprometer a longevidade das restaurações (22). A estabilidade de cor depende da formulação do material, dos hábitos do paciente e do tempo decorrido desde a realização do tratamento (23). As descolorações dos materiais são um problema real de origem intrínseca e/ou extrínseca, amplamente discutido na literatura (41,42).

O estudo de Ceci et al. (41) teve como objetivo avaliar a estabilidade de cor de resinas compostas após a exposição dos corpos de prova em soluções contendo cola, café e vinho tinto. Os corpos de prova foram divididos em dois grandes grupos (A e B), onde nas primeiras 24h o grupo A ficou imerso em cola e o grupo B imerso em soro fisiológico. No segundo momento, cada grupo foi subdividido em outros três grupos (1, 2 e 3), que foram imersos por 28 dias

(correspondendo a cerca de 2 anos de exposição clínica) em soro fisiológico, vinho tinto e café, respectivamente. A avaliação colorimétrica por meio do sistema CIEL*a*b* foi realizada em cinco diferentes momentos (inicial, 7, 14, 21 e 28 dias). Os protocolos de imersão causaram alterações de cor significativas após 28 dias para todos os materiais testados. As alterações colorimétricas do estudo se relacionam à absorção e à penetração de corantes na fase orgânica das resinas compostas, as quais provavelmente têm compatibilidade da fase polimérica com os corantes, já que partículas inorgânicas não absorvem água. De todos os materiais testados, as resinas nano-híbridas apresentaram menores variações colorimétricas, comparado às resinas micro particuladas e nano particuladas.

O estudo de Hashemikamangar et al. (42) avaliou a estabilidade de cor de resinas compostas micro-híbridas, nano particuladas, micro particuladas e resina modificada por ionômero, frente ao efeito de três cremes dentais (convencional, clareador e clareador contendo covarina azul). Os corpos de prova foram divididos em três grupos, de acordo com os cremes dentais que receberiam. Foram submetidos à escovação duas vezes por dia e à avaliação colorimétrica (sistema CIEL*a*b*) foi aferida em cinco diferentes momentos (inicial, 1, 7, 30 e 90 dias). Ao final, constatou-se que a alteração total de cor ΔE_{ab} de todos os grupos (com exceção das resinas modificadas por ionômero de vidro) estavam dentro do limite de aceitabilidade em todos os momentos ($\Delta E_{ab} < 3.3$), mostrando que os cremes dentais não são capazes de causar mudanças significativas de cor nas resinas compostas, mesmo para os que apresentavam efeitos clareadores.

A estabilidade de cor pode ser influenciada também pelo grau de conversão dos monômeros resinosos, pelo tipo de fotoiniciador presente no material e por sua translucidez. O estudo de Salgado et al. (8) avaliou a estabilidade de cor e a eficiência da fotoativação em resinas com diferentes graus de opacidade e observou que, apesar da translucidez da resina composta não ter influenciado a eficiência no grau de conversão dos monômeros, ela é capaz de afetar a estabilidade de cor dos materiais testados. Quatro marcas comerciais foram testadas em suas diversas opacidades (IPS Empress Direct em 4 opacidades, Filtek Z350 XT em 4 opacidades, Estelite Quick em 3 opacidades e Opallis em 3 opacidades), e os resultados mostram que os materiais mais translúcidos tiveram menor estabilidade de cor, quando comparados aos materiais de maior opacidade. Observou-se, ainda, que a presença do fotoiniciador TPO em associação à canforoquinona não resultou em melhora na estabilidade de cor dos materiais, quando comparado à ausência de TPO, sugerindo que a estabilidade de cor pode estar relacionada também à mistura monomérica usada na formulação da resina composta.

A formulação e a qualidade dos materiais restauradores têm influência sobre os seus processos de envelhecimento, que envolvem a manutenção ou perda da estabilidade de cor a longo prazo. O envelhecimento está relacionado com a absorção ou adsorção de moléculas de água por monômeros hidrofílicos da resina composta que está exposta ao ambiente úmido da boca e representa um dos principais mecanismos de degradação do material. Esses processos podem resultar em ruptura da união das partículas de carga da matriz resinosa, na lixiviação dos monômeros não reagidos e de outros componentes da matriz polimérica, formando uma camada superficial degradável (58), a qual pode trazer como consequência a alteração na cor do conjunto restaurado.

Para contornar o problema de alterações superficiais de cor e garantir a longevidade do tratamento restaurador, procedimentos de acabamento e polimento são de suma importância, especialmente por diminuir a rugosidade superficial do material. Segundo estudo de Öztürk & Güder (59), a topografia da superfície, bem como a estabilidade de cor de um compósito, são fatores que afetam o resultado e, portanto, a longevidade das restaurações estéticas. Idealmente, a lisura de superfície do material deve ser a melhor possível para diminuir o acúmulo de placa bacteriana e, conseqüentemente, descolorações externas. No estudo, foi avaliada a interação entre resinas compostas nano particuladas imersas em bebidas não alcoólicas, com pigmentos em seu conteúdo, e a alteração superficial e de cor causada pelas soluções. Não foram encontradas alterações significativas na superfície dos corpos de prova, sugerindo que quanto mais lisa a superfície, mais resistente se torna o material a alterações de rugosidade.

O fato de que a estética final de restaurações anteriores é fortemente influenciada pelo polimento final de superfície é consenso na literatura (59-62). A manutenção de uma textura áspera propiciará o acúmulo de placa bacteriana, descoloração e alteração da estética, o que interfere diretamente na longevidade do procedimento restaurador (60), enquanto um polimento de qualidade mostra um resultado estético satisfatório e uma maior facilidade de manutenção das características da restauração a longo prazo (61,62).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento deste estudo, foram testados os seguintes materiais:

Quadro 1 - Materiais e marcas empregados no estudo.

Código / Nome comercial – marca	Cor	Tipo	Composição
Z3 / Filtek Z350XT – 3M/ESPE	BA1	Resina composta nanoparticulada	BIS-GMA, BISEMA, UDMA, TEGDMA. Zircônia/sílica com cargas de tamanho entre 5 e 20 nm. Partícula aglomerada varia entre 0,6 e 1,4 µm. Carga de 78,5% em peso.
FU / Filtek Universal – 3M/ESPE	A1	Resina composta nanoparticulada	AUDMA, AFM, diuretano-DMA e 1,12-dodecano-DMA. Sílica e zircônia nanométricas não-aglomeradas, aglomerados de partículas nanométricas de trifluoreto de itérbio. Carga de 76,5% em peso.
VU / Vittra Unique – FGM	Universal	Resina composta submicrométrica	UDMA e TEGDMA. Fotoiniciador APS, co-iniciadores, estabilizante e silano. Micropartículas de zircônia e sílica (0,2 µm). Carga de 72-82% em peso.
EO / Estelite Omega – Tokuyama	DA1 e EA1	Resina composta supra-nanométrica	BIS-GMA e TEGDMA. Nanopartículas de sílica-zircônia (0,2 nm). Carga de 82% em peso.
ED / IPS Empress Direct – Ivoclar Vivadent	DA1 e EA1	Resina composta nanohíbrida	Bis-GMA, UDMA, Dimetacrilatocicloalifático Bisfenol-Adimetacrilato proxilado. Vidro de Bário, trifluoreto de itérbio, óxidos mistos, dióxido de silício com cargas de tamanho entre 40 nm e 3000 nm (3µm) (média 550 nm). Carga de 60-78,1% em peso.
O / IPS Empress Direct Color – Ivoclar Vivadent	Opaque	Corante opacificador	Matriz monomérica (76–89,5% em peso) composta de BIS-GMA, dimetacrilato de uretano e dimetacrilato trietilenoglicol. Carga: Dióxido de silício silanizado (9–15,5% em peso) altamente disperso.
PO / Creative Color – Cosmedent	Pink Opaque	Corante opacificador	UDMA, BIS-GMA e dimetacrilato de 1,4-butanodiol (84 %). Dióxido de silício de 0,04 microns (14 % em peso).
-- / Resilab Master - Wilcos	DA2 e DC4	Resina composta microhíbrida	BISGMA, BIGEMA, UDMA, TEGDMA. Cargas de tamanho 0,05mm. 53% em carga cerâmica.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a confecção das restaurações, foi adotada espessura total de aproximadamente 1,0mm, que corresponde à espessura média do esmalte encontrada em dentes anterossuperiores de humanos, na região central vestibular (63,64).

O estudo foi dividido em três etapas:

- **Primeira etapa**

Confeccionaram-se 90 corpos de prova em base DA2, divididos em nove grupos (n=10), de acordo com as estratégias restauradoras empregadas, que incluem diferentes sistemas restauradores, como descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Divisão dos grupos experimentais, de acordo com os materiais e as estratégias restauradoras utilizadas sobre a base DA2

<i>GRUPO</i>	<i>BASE</i>	<i>ESTRATÉGIA RESTAURADORA</i>	<i>ESPESSURAS</i>
1. MC EO 30/70%	DA2	Multicamada: Estelite Omega DA1 e EA1	D = 0,3mm / E = 0,7mm
2. MC EO D5			D = 0,5mm / E = 0,5mm
3. MC EO D7			D = 0,7mm / E = 0,3mm
4. MC ED		Multicamada: IPS Empress Direct DA1 e EA1	D = 0,3mm / E = 0,7mm
5. MC ED			D = 0,5mm / E = 0,5mm
6. MC ED			D = 0,7mm / E = 0,3mm
7. UC Z3		Camada única: Z350 XT BA1	1,0mm
8. UC FU		Camada única: Filtek Universal A1	1,0mm
9. UC VU		Camada única: Vittra unique	1,0mm

Fonte: Dados da pesquisa.

Cinco matrizes metálicas bipartidas foram utilizadas para a confecção dos corpos de prova, todas com 5mm de diâmetro e com variações das espessuras nas dimensões de: 3,0mm, 3,3mm, 3,5mm, 3,7mm e 4,0mm.

Para cada camada, as resinas foram inseridas nas matrizes em incrementos únicos, sobre os quais foram posicionados uma tira de poliéster e um peso de 500g, deixado por 30 segundos, para o escoamento do excesso do material. Após a remoção do peso, os compósitos foram fotoativados em cada etapa, por 40 segundos, usando a unidade de luz LED (Valo – Ultradent), com intensidade de 1000 mW/cm².

Para a confecção das bases dos grupos teste (G1 a G9), foi utilizada a matriz de 3,0mm, onde foi inserida a resina composta Resilab Master (Wilcos), que simulou a base na cor DA2. Após a finalização da confecção das bases, foram realizadas as restaurações, com o auxílio das demais matrizes, a depender da estratégia restauradora empregada.

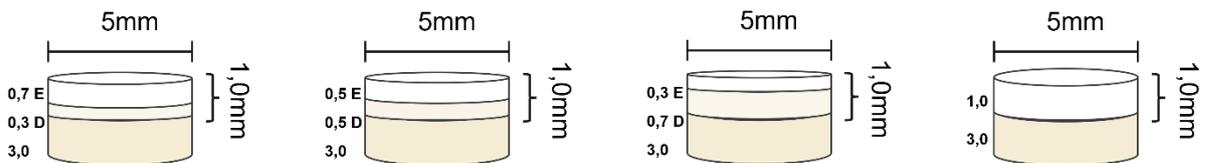
Para os grupos G1 e G4, as bases foram posicionadas na matriz 3,3mm, onde foi inserida a respectiva resina de dentina, totalizando uma espessura de 0,3mm do incremento. Após a fotoativação, o conjunto foi reposicionado na matriz de 4,0mm para a inserção da respectiva resina de esmalte, totalizando uma espessura de 0,7mm do incremento, e uma espessura total de restauração de 1,0mm.

Para os grupos G2 e G5, as bases foram posicionadas na matriz de 3,5mm, onde foi inserida a respectiva resina de dentina, totalizando uma espessura de 0,5mm do incremento. Após a fotoativação, o conjunto foi reposicionado na matriz de 4,0mm para a inserção da respectiva resina de esmalte, totalizando uma espessura de 0,5mm do incremento, e uma espessura total de restauração de 1,0mm.

Para os grupos G3 e G6, as bases foram posicionadas na matriz de 3,7mm, onde foi inserida a respectiva resina de dentina, totalizando uma espessura de 0,7mm do incremento. Após a fotoativação, o conjunto foi reposicionado na matriz de 4,0mm para a inserção da respectiva resina de esmalte, totalizando uma espessura de 0,3mm do incremento, e uma espessura total de restauração de 1,0mm.

Para os grupos restaurados em camada única (G7, G8 e G9), a base foi posicionada diretamente na matriz de 4,0mm, totalizando uma espessura de 1,0mm de restauração para cada tipo de resina testada.

Figura 1 - Representação da construção dos corpos de prova da primeira etapa.



Fonte: Dados da pesquisa.

Em seguida, os corpos de prova receberam um número de identificação e foram armazenados em água destilada a 37°C, por 24 horas. Após esse período, eles foram planificados e polidos em politriz metalográfica, com a utilização de lixas d'água de granulação 1200 e 2000, sob irrigação constante com água. Ao final do polimento, os corpos de prova

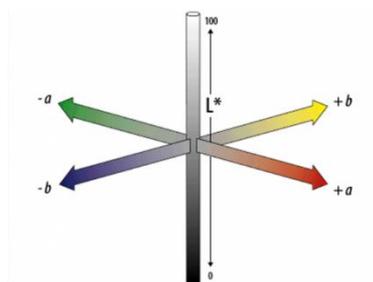
foram individualmente submetidos a banhos por dois minutos em cuba ultrassônica (CBU-100/1L, PLANATC), contendo água destilada.

Após a finalização da confecção dos corpos de prova, eles foram submetidos à análise de cor para verificar as alterações colorimétricas e variação de opacidade provocadas pelos diferentes materiais e técnicas restauradoras aplicadas.

Avaliação dos parâmetros de cor segundo sistema CIEL*a*b* e CIEL*C*h

As medidas de cor foram realizadas em um espectrofotômetro de reflexão (UV-2600; Shimadzu), utilizando o programa UV Probe (Shimadzu), no qual foram obtidos espectros de reflectância dos corpos de prova, em um espectro de luz visível de 380 a 780nm. Em seguida, os espectros de cada corpo de prova foram transportados para o programa Color Analysis, para avaliação de cor, seguindo os parâmetros do sistema CIEL*a*b* (Commission Internationale de L'Eclairage) (44), com padronização do iluminante D65. O referido sistema corresponde a um universo de cor tridimensional, no qual os eixos são identificados por L^* , a^* e b^* . As distâncias equivalentes entre as coordenadas correspondem às diferenças de cores semelhantes em sua percepção. O eixo L^* representa a luminosidade de um objeto, enquanto as coordenadas a^* e b^* representam as características cromáticas, variando entre verde e vermelho no eixo a^* e entre azul e amarelo no eixo b^* .

Figura 2 - Representação do espaço de cor do sistema CIEL*a*b*.

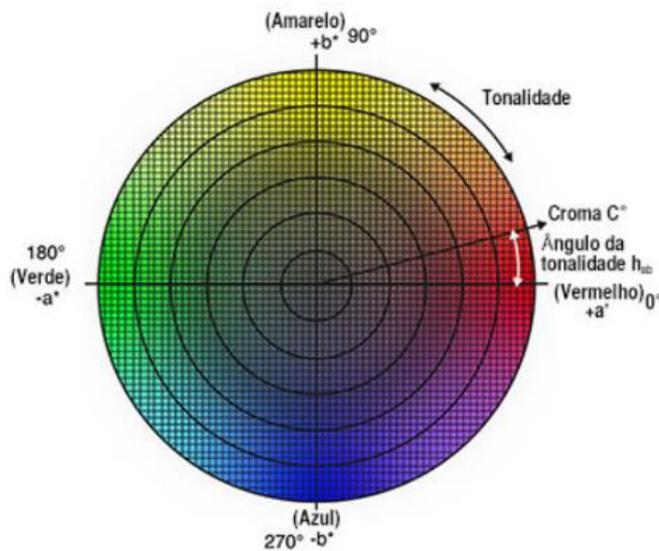


Fonte: <https://mimoriarty.wordpress.com/2011/11/21/a-space-of-possibilities-cielab/>

Atributos cromáticos relacionados à percepção visual, como croma (C^*_{ab}) e ângulo de matiz (h°_{ab}), são obtidos mediante a conversão das coordenadas $L^*a^*b^*$ no sistema de cor CIEL*C*h, capaz de correlacionar melhor a forma como o olho humano percebe as cores. O referido sistema utiliza o mesmo espaço de cor $L^*a^*b^*$, porém, em coordenadas cilíndricas e

não retangulares. O valor de C^* representa a distância do eixo L^* e se inicia no centro, enquanto o ângulo de tonalidade ou de matiz se inicia no eixo a^* , movimenta-se no sentido anti-horário e é expresso em graus (0° - vermelho, 90° - amarelo, 180° - verde, 270° - azul).

Figura 3 - Representação do espaço de cor do sistema CIEL^{*}C^{*}h.



Fonte: <https://sensing.konicaminolta.us/us/blog/understanding-the-cie-lch-color-space/>

Avaliaram-se as coordenadas L^* , a^* e b^* e foram calculados os valores da coordenada cromatidade C^*_{ab} (16,44), o ângulo de matiz h°_{ab} (44) e o índice de brancura (Wid) (65–68), usando as seguintes equações:

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$h^\circ_{ab} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

$$\text{Wid} = 0,511L^* - 2,324a^* - 1,100b^*$$

Os parâmetros L^* , a^* e b^* foram medidos contra um fundo branco padrão (sulfato de bário) (25).

- **Segunda etapa**

Após avaliação da primeira etapa, deu-se início à segunda.

Confeccionaram-se 120 corpos de prova em base DC4, divididos em 12 grupos (n=10), de acordo com os corantes opacificadores e as estratégias restauradoras empregadas, que incluem diferentes sistemas restauradores, como descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Divisão dos grupos experimentais de acordo com os opacificadores, os diferentes materiais resinosos e as estratégias restauradoras utilizadas (multicamada – MC / camada única – UC) sobre a base DC4.

GRUPO	BASE	OPACIFICADOR	ESTRATÉGIA RESTAURADORA	ESPESSURAS (mm)
1. MC EO + PO	DC4	Pink Opaque	MC: Estelite Omega DA1 e EA1	PO = 0,1 / D = 0,6 / E = 0,3
2. MC ED + PO			MC: IPS Empress Direct DA1 e EA1	PO = 0,1 / D = 0,6 / E = 0,3
3. UC Z3 + PO			UC: Z350 XT BA1	PO = 0,1 / RC = 0,9
4. UC FU + PO			UC: Filtek Universal A1	PO = 0,1 / RC = 0,9
5. MC EO + O		Opaque	MC: Estelite Omega DA1 e EA1	O = 0,1 / D = 0,6 / E = 0,3
6. MC ED + O			MC: IPS Empress Direct DA1 e EA1	O = 0,1 / D = 0,6 / E = 0,3
7. UC Z3 + O			UC: Z350 XT BA1	O = 0,1 / RC = 0,9
8. UC FU + O			UC: Filtek Universal A1	O = 0,1 / RC = 0,9
9. MC EO		Sem opacificador	MC: Estelite Omega DA1 e EA1	D = 0,7 / E = 0,3
10. MC ED			MC: IPS Empress Direct DA1 e EA1	D = 0,7 / E = 0,3
11. UC Z3			UC: Z350 XT BA1	RC = 1,0
12. UC FU			UC: Filtek Universal A1	RC = 1,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Quatro matrizes metálicas bipartidas foram utilizadas para a confecção dos corpos de prova, todas com 5mm de diâmetro e apresentando variações das espessuras nas dimensões de: 3,0mm, 3,1mm, 3,7mm e 4,0mm.

As resinas foram inseridas nas matrizes e fotoativadas da mesma maneira, como descrito anteriormente para a primeira etapa.

Para a confecção das bases dos grupos teste (G1 a G12), utilizou-se a matriz de 3,0mm, onde foi inserida a resina composta Resilab Master (Wilcos) que simulou a base na cor DC4. Após a finalização da confecção das bases, foram realizadas as restaurações, com o auxílio das demais matrizes, a depender da estratégia restauradora empregada.

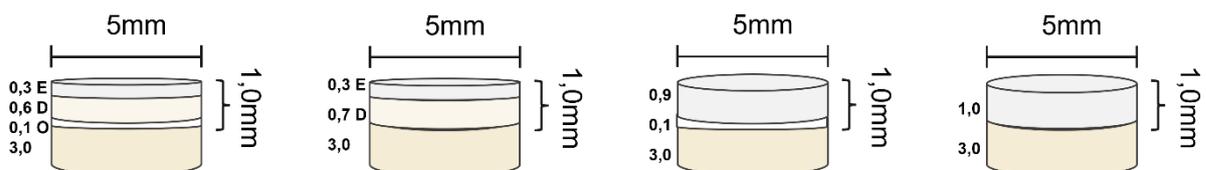
As bases destinadas aos grupos de G1 a G8 foram realocados para a matriz metálica de 3,1mm, onde foi inserido o corante opacificador a ser testado em cada grupo, padronizando uma espessura de 0,1mm.

Para os grupos G1, G2, G5 e G6, as bases com os respectivos opacificadores foram inseridas na matriz de 3,7mm, onde foi inserida a resina de dentina de cada grupo específico em espessura de 0,6mm. Após a fotoativação, os conjuntos foram reposicionados na matriz de 4,0mm para inserção da resina de esmalte destinada a cada grupo, em espessura de 0,3mm, totalizando 1,0mm de restauração.

Para os grupos G3, G4, G7 e G8, as bases com os respectivos corantes foram inseridas na matriz de 4,0mm, onde foi depositada a resina de camada única destinada a cada grupo, em espessura de 0,9mm, totalizando 1,0mm de restauração.

Os grupos G9 e G10, por dispensarem o uso de corantes opacificadores, tiveram suas bases acopladas à matriz de 3,7mm para a inserção da resina de dentina destinada a cada grupo, em espessura de 0,7mm, e após a fotoativação os conjuntos foram acoplados à matriz de 4,0mm para a inserção da resina de esmalte destinada a cada grupo, em espessura de 0,3mm, totalizando 1,0mm de restauração. Os grupos G11 e G12, também por dispensarem o uso de corantes, tiveram suas bases acopladas diretamente à matriz de 4,0mm para a inserção das resinas de camada única destinadas a cada grupo, totalizando 1,0mm de restauração.

Figura 4 - Representação da construção dos corpos de prova da segunda etapa.



Fonte: Dados da pesquisa.

Em seguida, os corpos de prova foram individualmente identificados e armazenados em água destilada a 37°C, por 24 horas. Após esse período, foram planificados e polidos em politriz metalográfica, com a utilização de lixas d'água de granulação 1200 e 2000, sob irrigação constante com água. Ao final do polimento, foram individualmente submetidos a banhos em cuba ultrassônica (CBU-100/1L, PLANATC) contendo água destilada, por 2 minutos.

Após essa etapa, cada corpo de prova foi analisado colorimetricamente, a fim de verificar as alterações provocadas pelos diferentes materiais e pelas estratégias restauradoras aplicadas.

A avaliação dos parâmetros de cor seguindo os sistemas CIEL*a*b* e CIEL*C*h ocorreu da mesma maneira como descrito para a primeira fase do experimento, onde foram calculados valores individuais de cada eixo colorimétrico.

As comparações foram realizadas entre os grupos, considerando a estratégia restauradora multicamada ou a camada única e o material restaurador e seus respectivos controles, como descrito Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 - Comparações entre grupos considerando a estratégia restauradora multicamada ou camada única e o material restaurador.

Multicamada		Camada única	
Estelite Omega	IPS Empess Direct	Z350XT	Filtek Universal
Controle DA2	Controle DA2	Controle DA2	Controle DA2
DC4	DC4	DC4	DC4
DC4 + PO	DC4 + PO	DC4 + PO	DC4 + PO
DC4 + Opaque	DC4 + Opaque	DC4 + Opaque	DC4 + Opaque

Fonte: Dados da pesquisa.

Foi realizada também a comparação entre todos os grupos, visando à avaliação das estratégias restauradoras.

- **Terceira etapa**

Após a análise de cor inicial dos corpos de prova da segunda etapa, eles foram submetidos ao envelhecimento em água destilada a 37°C, trocada semanalmente, durante 100 dias.

Ao final do processo de envelhecimento, novas medidas colorimétricas foram realizadas a fim de determinar a estabilidade de cor das estratégias restauradoras e dos materiais empregados.

Avaliação dos parâmetros de cor segundo sistema CIEL*a*b* e CIEDE2000

A análise da variação de cor foi feita após o período de envelhecimento dos corpos de prova, de acordo com as fórmulas de variação total de cor CIEL*a*b* e CIEDE2000:

$$\Delta E_{ab} = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L^*}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C^*}{K_C S_C} \right)^2 \left(\frac{\Delta H^*}{K_H S_H} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Os fatores paramétricos K_L , K_C e K_H são medidas de correção para variações sob condições experimentais, que foram fixados em 1,0, sob condições de referência determinadas pelo relatório técnico da CIE (44). Os valores de CIEDE2000 e CIEL*a*b* foram avaliados em termos de 50%:50% de aceitabilidade e 50%:50% de perceptibilidade, e os limites foram $\Delta E_{00} = 1,8$ / $\Delta E_{ab} = 2,7$ e $\Delta E_{00} = 0,8$ / $\Delta E_{ab} = 1,2$, respectivamente (20,53).

- **Análise Estatística**

Os dados coletados foram tabulados e avaliados quanto à homogeneidade e à normalidade. Assumidos os pressupostos para análise paramétrica, foi utilizado o teste de Análise de Variância (ANOVA) para todas as avaliações deste estudo, seguido pelo *post hoc* de Tukey, com nível de significância de $p \leq 0,05$, utilizando o *software* estatístico SPSS 23 (IBM Corp., Somers, NY, EUA).

6 RESULTADOS

A Tabela 5 representa a média e o desvio padrão dos dados de L*, a* e b*, h°, C* e Wid obtidos nas relações de cor entre o substrato padrão DA2 e as diferentes espessuras e estratégias restauradoras de resinas compostas de cor A1 (etapa 1). A análise estatística demonstrou diferenças significativas entre todos os níveis testados e em todas as variáveis ($p \leq 0,05$).

Tabela 3 - Médias (desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a* b*, h°, C* e Wid para as diferentes estratégias restauradoras; multicamadas (MC) e camada única (UC) usadas em substrato padrão DA2 com diferentes materiais resinosos de cobertura – Estelite Omega (EO), Empress Direct (ED), Filtek Z350XT (Z3), Filtek Universal (FU) e Vittra Unique (VU), testados em diferentes espessuras de resina de dentina (0,3mm/0,5mm/0,7mm), de esmalte (0,7mm/0,5mm/0,3mm) e de corpo ou universais (1mm).

Grupo	L*	a*	b*	h°	C*	Wid
1. MC EO 0,3D 0,7E (mm)	90.32 (0.77)d	-0.97 (0.20)a	-3.54 (0.55)a	74.53 (3.22)ab	3.67 (0.55)b	52.31 (1.05)b
2. MC EO 0,5D 0,5E (mm)	91.06 (0.33)bc	-1.28 (0.08)c	-4.39 (0.28)c	73.68 (1.40)ab	4.58 (0.27)a	54.34 (0.47)a
3. MC EO 0,7D 0,3E (mm)	91.34 (0.34)b	-1.21 (0.16)bc	-4.20 (0.69)bc	73.82 (1.98)ab	4.38 (0.70)a	54.10 (1.12)a
4. MC ED 0,3D 0,7E (mm)	90.90 (0.59)bcd	-1.19 (0.14)abc	-3.77 (0.43)ab	72.56 (0.82)b	4.00 (0.45)ab	53.35 (0.92)ab
5. MC ED 0,5D 0,5E (mm)	90.99 (0.51)bcd	-1.08 (0.15)abc	-3.87 (0.44)abc	74.48 (0.74)ab	4.02 (0.46)ab	53.26 (0.98)ab
6. MC ED 0,7D 0,3E (mm)	91.01 (0.23)bc	-1.09 (0.09)abc	-3.81 (0.36)abc	74.07 (0.93)ab	3.97 (0.36)ab	53.22 (0.56)ab
7. UC Z3 1mm	92.11 (0.41)a	-1.10 (0.17)abc	-3.49 (0.29)a	72.49 (1.92)b	3.67 (0.31)b	53.47 (0.79)ab
8. UC FU 1mm	91.43 (0.48)b	-0.98 (0.19)ab	-3.91 (0.34)abc	75.98 (2.11)a	4.03 (0.36)ab	53.30 (0.79)ab
9. UC VU 1mm	90.48 (0.33)cd	-0.97 (0.18)a	-3.49 (0.31)a	74.58 (1.99)ab	3.62 (0.34)b	52.32 (0.64)b

Fonte: Dados da pesquisa

Legenda: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os grupos para as variáveis L*, a*, b*, h°, C* e Wid. ANOVA/Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Na análise do eixo L* (luminosidade), o grupo 7 (UC Z3) apresentou maior luminosidade, seguido dos grupos 3 (MC EO) e 8 (UC FU). Entretanto, os grupos 3 e 8 não apresentaram diferenças significativas entre os grupos com valores intermediários de luminosidade: grupos 2 (MC EO), 4, 5 e 6 (MC ED). Os grupos que apresentaram os menores valores de luminosidade foram os grupos 1 (MC EO) e 9 (UC VU), embora não tenham diferido estatisticamente dos grupos 4 e 5. Apesar disso, todos os grupos apresentaram elevados valores de luminosidade.

Na análise da variável a^* – que avalia a variação entre as cores verde e vermelho – observou-se que todos os grupos se comportaram de forma semelhante, com valores negativos e próximos, porém, os grupos que apresentaram valores mais negativos (com tendência às cores mais esverdeadas) foram os grupos 2 e 3 (MC EO), enquanto os demais grupos não apresentaram diferença estatisticamente significantes.

Na análise da variável b^* – que avalia a variação entre as colorações azul e amarelo – os grupos que mais se distanciaram de valores amarelados foram os grupos 2 e 3 (MC EO), enquanto os demais grupos não apresentaram diferença estatisticamente significantes, embora tenham apresentados valores negativos, indicativos de pigmentos intrínsecos azuis.

Na avaliação do ângulo de matiz (h°), maiores ângulos resultam em tons mais amarelados. O grupo que apresentou coloração mais próxima do amarelo foi o grupo 8 (UC FU), embora tenha apresentado diferença estatisticamente significativa apenas para os grupos 7 (UC Z3) e 4 (MC ED), que apresentaram menores ângulos de matiz.

A coordenada C^* – definida como saturação, corresponde à distância radial entre o centro do espaço e o ponto da cor – apresentou valores mais próximos ao neutro para os grupos 1 (MC EO), 7 (UC Z3) e 9 (UC VU), que diferiram significativamente dos grupos 2 e 3 (MC EO), mais saturados. Os demais grupos apresentaram valores intermediários, não diferindo entre si e entre os grupos 1 (MC EO), 2 (MC EO), 3 (MC EO), 7 (UC Z3) e 9 (UC VU).

Para o Índice de Brancura (Wid), os grupos que apresentaram maiores valores foram os grupos 2 e 3 (MC EO), enquanto os que apresentaram os menores valores foram os grupos 1 (MC EO) e 9 (UC VU). Para os demais, não houve diferença estatística.

As Tabelas 6 a 9 apresentam a média e desvio padrão dos dados de L^* , a^* , b^* , h° , C^* e Wid obtidos nas relações de cor do substrato DC4 com as estratégias restauradoras testadas e com seus respectivos controles em tons DA2 (etapa 2). A análise estatística demonstrou diferenças significativas entre todos os níveis testados, em todas as variáveis ($p \leq 0,05$).

Tabela 4 - Médias (desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid para os diferentes grupos da técnica multicamada, sobre as bases DA2 e DC4 usando a Resina Composta Estelite Omega (cor e espessura – DA1 = 0,7mm / EA1 = 0,3mm), corantes Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O) em espessura = 0,1mm diminuído da dentina, quando presentes.

Grupo	L*	a*	b*	h°	C*	Wid
DA2 - EO	91.3 (0.3)a	-1.21 (0.16)d	-4.2 (0.7)c	73.8 (2.0)d	4.4 (0.7)c	54.1 (1.1)a
DC4 - PO + EO	85.5 (0.5)b	0.81 (0.05)b	5.4 (0.4)b	81.5 (0.4)b	5.5 (0.4)b	35.8 (0.7)b
DC4 - O + EO	85.9 (0.4)b	0.65 (0.08)c	8.6 (0.4)a	85.6 (0.6)a	8.6 (0.4)a	33.0 (0.5)c
DC4 - EO	82.2 (0.7)c	0.99 (0.08)a	5.3 (0.4)b	79.4 (0.9)c	5.4 (0.4)b	33.9 (1.0)c

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os grupos para as variáveis L*, a*, b*, h°, C* e Wid. ANOVA/Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Tabela 5 - Médias (desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid para os diferentes grupos da técnica multicamada, sobre as bases DA2 e DC4 usando a Resina Composta IPS Empress Direct (cor e espessura – DA1 = 0,7mm / EA1 = 0,3mm), corantes Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O) em espessura = 0,1mm diminuído da dentina, quando presentes.

Grupo	L*	a*	b*	h°	C*	Wid
DA2 - ED	91.0 (0.2)a	-1.1 (0.09)c	-3.8 (0.4)d	74.1 (0.9)d	4.0 (0.4)d	53.2 (0.6)a
DC4 - PO + ED	87.3 (0.9)b	0.5 (0.07)a	6.0 (0.4)b	84.7 (0.7)b	6.0 (0.4)b	36.8 (0.8)b
DC4 - O + ED	87.3 (0.8)b	0.3 (0.05)b	8.1 (0.7)a	88.0 (0.3)a	8.1 (0.7)a	35.1 (1.1)c
DC4 - ED	83.0 (0.7)c	0.6 (0.04)a	4.8 (0.2)c	83.2 (0.6)c	4.9 (0.2)c	35.7 (0.5)c

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os grupos para as variáveis L*, a*, b*, h°, C* e Wid. ANOVA/Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Tabela 6 -. Média (desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid para os diferentes grupos da técnica de camada única, sobre as bases DA4 e DC4 usando a Resina Composta Filtek Z350XT (cor e espessura – BA1 = 1,0mm), corantes Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O) em espessura = 0,1mm diminuído da dentina, quando presentes

Grupo	L*	a*	b*	h°	C*	Wid
DA2 - Z3	92.1 (0.4)a	-1.1 (0.16)d	-3.5 (0.3)d	72.5 (1.9)d	3.7 (0.3)c	53.5 (0.8)a
DC4 - PO + Z3	86.7 (0.4)c	0.36 (0.03)b	5.1 (0.2)b	86.0 (0.4)b	5.1 (0.2)b	37.8 (0.4)b
DC4 - O + Z3	87.7 (0.3)b	-0.06 (0.04)c	7.3 (0.2)a	89.5 (0.3)a	7.3 (0.2)a	36.9 (0.4)c
DC4 - Z3	83.9 (0.5)d	0.62 (0.04)a	3.6 (0.3)c	80.2 (1.1)c	3.7 (0.3)c	37.5 (0.6)bc

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os grupos para as variáveis L*, a*, b*, h°, C* e Wid. ANOVA/Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Tabela 7 - Média (desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid para os diferentes grupos da técnica de camada única, sobre as bases DA4 e DC4 usando a Resina Composta Filtek Universal (cor e espessura – A1 = 1,0mm), corantes Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O) em espessura = 0,1mm diminuído da dentina, quando presentes.

Grupo	L*	a*	b*	h°	C*	Wid
DA2 - FU	91.4 (0.5)a	-0.98 (0.2)d	-3.9 (0.3)d	76.0 (2.1)d	4.0 (0.4)d	53.3 (0.8)a
DC4 - PO + FU	86.5 (0.3)c	0.08 (0.03)b	6.3 (0.3)b	89.3 (0.2)a	6.3 (0.3)b	37.1 (0.4)b
DC4 - O + FU	87.6 (0.6)b	-0.25 (0.04)c	8.8 (0.6)a	88.4 (0.2)b	8.8 (0.6)a	35.6 (0.8)c
DC4 - FU	84.0 (0.8)d	0.45 (0.06)a	5.5 (0.4)c	85.4 (0.5)c	5.5 (0.4)c	35.8 (0.9)c

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os grupos para as variáveis L*, a*, b*, h°, C* e Wid. ANOVA/Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A análise da luminosidade demonstrou um padrão de comportamento para todos os materiais e estratégias restauradoras. Em todas as comparações, houve um maior valor para os grupos com bases claras e um menor valor para os grupos com bases escuras, sem uso de corantes opacificadores. Independentemente da estratégia restauradora empregada, a utilização dos corantes elevou o valor de luminosidade, quando comparado à sua não utilização, porém, essa elevação foi insuficiente para alcançar os resultados obtidos quando a base DA2 foi usada.

Ao analisar a associação de diferentes marcas de resinas compostas e estratégias restauradoras, o opacificador O apresentou resultados superiores ao PO e aos grupos sem opacificadores, quando utilizadas as resinas Z3 e FU, ambas em incrementos únicos. Já para as estratégias restauradoras em multicamadas, tanto a ED como a EO não apresentaram diferenças estatísticas significantes entre o uso do opacificador PO e O, para a luminosidade.

Na análise da variável a*, os grupos que mais se aproximam do verde são os grupos controles com bases claras, enquanto os grupos com base escura sem corantes apresentam valores mais avermelhados.

Para os grupos restaurados com camada única, o corante opacificador O apresentou resultados mais próximos ao controle claro, com valores negativos, indicativos de pigmentação intrínseca verde, enquanto a utilização do PO ou a não utilização de corantes resultou em valores positivos, ainda que próximos ao neutro, indicativos de pigmentação intrínseca vermelha, o que os distancia dos valores ideais.

Para os grupos restaurados em multicamadas nenhuma interação resultou em valores negativos que os aproximassem dos respectivos controles claros. Apesar de todos apresentarem resultados positivos, a utilização de diferentes resinas resultou em diferenças nas interações. Os

grupos restaurados com EO apresentaram os piores resultados em a^* , sem a utilização de opacificadores, seguido da utilização do PO; o uso do O resultou numa maior aproximação do grupo controle. Já os grupos restaurados com ED não apresentaram diferenças estatísticas entre a não utilização de opacificadores e a interação com o PO, enquanto a interação com o O apresentou resultado mais próximo ao neutro.

Na análise da variável b^* , os grupos que mais se aproximaram do azul foram os grupos controles com bases claras, enquanto todos os grupos com base escura obtiveram resultados positivos, o que os aproxima de tons mais amarelados.

Para todas as resinas compostas testadas, os piores resultados para o eixo b^* se deram na interação com o opacificador O, seguido do PO; uma interação mais positiva aconteceu com a não utilização de opacificadores, com exceção dos grupos restaurados com EO, que não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre o grupo sem opacificadores e o com PO.

Na avaliação do ângulo de matiz (h°), menores ângulos resultam em tons menos amarelados. Os grupos que mais se distanciaram do tom amarelo foram os grupos controle (base DA2), enquanto todos os demais grupos apresentaram valores mais elevados de h° .

Para os grupos restaurados com as resinas EO, ED e Z3, os resultados mais amarelados ocorreram na interação com o opacificador O. Já para os grupos restaurados com a resina FU, esse resultado foi observado com o uso do PO. Os grupos de base escurecida sem a utilização de opacificadores, ainda que não se assemelhem ao controle, apresentam resultados mais próximos, em comparação aos grupos com opacificadores.

A coordenada C^* apresentou valores mais próximos ao neutro e, portanto, menos saturados para os grupos controle (base DA2). Os grupos restaurados sobre base escura e sem o uso de corantes opacificadores apresentaram valores mais próximos ao controle, quando comparados aos grupos com opacificadores. A utilização da resina Z3 tanto em base DA2 como em base DC4 resultou em mesmo valor de croma.

Para os grupos restaurados com a resina EO, a utilização do corante PO resultou em valores semelhantes ao grupo sem opacificador, enquanto a utilização do O resultou em croma mais elevado. Os grupos restaurados com as resinas ED, Z3 e FU se comportaram de maneira semelhante, onde os resultados de maior croma estão relacionados ao uso do opacificador O,

seguido do uso do PO. Resultados de menor croma foram associados aos grupos restaurados sem corantes opacificadores.

Elevados valores do Índice de brancura (Wid) ocorreram para todos os grupos de base DA2, enquanto todos os grupos de base DC4 apresentaram valores menores. Para os grupos restaurados com as resinas EO, ED e FU, a utilização do opacificador PO resultou em um valor de brancura superior à utilização do O, que se comportou de maneira semelhante aos grupos sem opacificadores. Já para os grupos restaurados com a resina Z3, não houve diferença estatisticamente significativa entre a não utilização de opacificadores em base escurecida, embora a utilização do PO tenha gerado valor ligeiramente superior de brancura.

A Tabela 10 apresenta a média e desvio padrão das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid, obtidos nas relações de cor do substrato DC4, com as estratégias restauradoras testadas entre todos os grupos. A análise estatística demonstrou diferenças significativas entre todos os níveis testados, em todas as variáveis ($p \leq 0,05$).

Tabela 8 - Média (Desvio padrão) dos valores das coordenadas L*, a*, b*, h°, C* e Wid para os diferentes grupos restaurados em base DC4, com técnicas de multicamada (EO, ED) e camada única (Z3, FU), com e sem a presença dos corantes – Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O)

Grupo	L*	a*	b*	h°	C*	Wid
1. EO + PO	85.5 (0.5)e	0.81 (0.05)b	5.4 (0.4)efg	81.5 (0.4)f	5.5 (0.4)ef	35.8 (0.7)bcd
2. ED + PO	87.3 (0.9)abc	0.5 (0.07)d	6.0 (0.4)de	84.7 (0.7)d	6.0 (0.4)de	36.8 (0.8)abc
3. Z3 + PO	86.7 (0.4)bcd	0.36 (0.03)f	5.1 (0.2)fg	86.0 (0.4)c	5.1 (0.2)fg	37.8 (0.4)a
4. FU + PO	86.5 (0.3)cd	0.08 (0.03)g	6.3 (0.3)d	89.3 (0.2)a	6.3 (0.3)d	37.1 (0.4)a
5. EO + O	85.9 (0.4)de	0.65 (0.08)c	8.6 (0.4)ab	85.6 (0.6)c	8.6 (0.4)ab	33.0 (0.5)e
6. ED + O	87.3 (0.8)abc	0.3 (0.05)f	8.1 (0.7)b	88.0 (0.3)b	8.1 (0.7)b	35.1 (1.1)d
7. Z3 + O	87.7 (0.3)a	-0.06 (0.04)h	7.3 (0.2)c	89.5 (0.3)a	7.3 (0.2)c	36.9 (0.4)ab
8. FU + O	87.6 (0.6)ab	-0.25 (0.04)i	8.8 (0.6)a	88.4 (0.2)b	8.8 (0.6)a	35.6 (0.8)d
9. EO	82.2 (0.7)g	0.99 (0.08)a	5.3 (0.4)fg	79.4 (0.9)g	5.4 (0.4)efg	33.9 (1.0)e
10. ED	83.0 (0.7)g	0.6 (0.04)cd	4.8 (0.2)g	83.2 (0.6)e	4.9 (0.2)g	35.7 (0.5)cd
11. Z3	83.9 (0.5)f	0.62 (0.04)cd	3.6 (0.3)h	80.2 (1.1)g	3.7 (0.3)h	37.5 (0.6)a
12. FU	84.0 (0.8)f	0.45 (0.06)e	5.5 (0.4)ef	85.4 (0.5)cd	5.5 (0.4)ef	35.8 (0.9)bcd

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os grupos para as variáveis L*, a*, b*, h°, C* e Wid. ANOVA/Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Na avaliação do eixo L*, os grupos que se destacaram por terem os mais altos valores de luminosidade foram os grupos 2 (PO + ED), 6 (O + ED), 7 (O + Z3) e 8 (O + FU). Os grupos 2, 6 e 8 não diferiram do grupo 3 (PO + Z3) que, por sua vez, também se apresentou semelhante, estatisticamente, aos grupos 4 (PO + FU) e 5 (O + EO). Os grupos 9 (EO) e 10 (ED) se destacaram com os menores valores de luminosidade, seguidos pelos grupos 11 (Z3) e 12 (FU).

Na análise do eixo a^* , os grupos que apresentaram maiores valores, compatíveis com pigmentos vermelhos, foram os grupos restaurados com a resina EO (1, 5 e 9), seguidos dos grupos de camada única 10 (ED) e 11 (Z3) e dos grupos multicamadas 2 (PO + ED) e 10 (ED). Os grupos que chegaram mais próximos a valores neutros ou negativos foram os grupos 3 (PO + Z3), 4 (PO + FU), 6 (O + ED), 7 (O + Z3) e 8 (O + FU), ainda que de forma geral, todos os grupos tenham apresentado valores baixos.

A avaliação do eixo b^* mostrou que, independentemente da estratégia restauradora utilizada, todos os grupos apresentaram elevados valores, resultando em percepção amarela do corpo de prova. Os maiores valores estão associados aos grupos que utilizaram o corante opacificador O, 5 (O + EO), 6 (O + ED), 7 (O + Z3) e 8 (O + FU), enquanto o grupo que mais se aproximou do neutro foi o grupo 11 (Z3).

Na análise do ângulo de matiz (h°), valores mais amarelados foram observados em todos os grupos, independentemente da estratégia restauradora utilizada. Em todas as situações, verificaram-se elevados valores, correspondentes à aproximação com a cor amarela. Os grupos que apresentaram menores valores foram os grupos restaurados sem a utilização de corantes: 9 (EO) e 11 (Z3).

Quanto à análise da coordenada C^* , o grupo que demonstrou menores valores de croma foi o 11 (Z3), enquanto os grupos 5 (O + EO), 6 (O + ED), 7 (O + Z3) e 8 (O + FU), que utilizaram o opacificador O, demonstraram os cromas mais acentuados.

Maiores valores do Índice de Brancura (Wid) foram observados para os grupos 2 (PO + ED), 3 (PO + Z3), 4 (PO + FU), 7 (O + Z3) e 11 (Z3). Os grupos 1 (PO + EO) e 12 (FU) demonstraram valores elevados de brancura, sem diferenças estatísticas entre os grupos 2 (PO + ED) e 7 (O + Z3), que também foram semelhantes aos grupos 6 (O + ED), 8 (O + FU) e 10 (ED). Os menores valores de Wid foram observados nos grupos 5 (O + EO) e 9 (EO).

A Tabela 11 apresenta a média e desvio padrão das diferenças de cor pelos sistemas CIEL*a*b* (ΔE_{ab}) e CIEDE2000 (ΔE_{00}), obtidos após envelhecimento de 100 dias. A análise estatística demonstrou diferenças significativas entre todos os níveis testados, em todas as variáveis ($p \leq 0,05$).

Tabela 9 - Média (desvio padrão) da diferença total de cor ΔE_{ab} (CIEL*a*b*) e ΔE_{00} (CIEDE2000) para os diferentes grupos restaurados em base DC4, com técnicas de multicamada (EO, ED) e camada única (Z3, FU), com e sem a presença dos corantes – Pink Opaquer (PO) ou Opaque (O).

Grupo	ΔE_{ab}	ΔE_{00}
1. Pink Opaquer + Estelite Omega	1.17 (0.11)a	0.91 (0.10)a
2. Pink Opaquer + IPS Empress Direct	1.09 (0.34)ab	0.78 (0.25)ab
3. Pink Opaquer + Z350XT	1.07 (0.18)ab	0.81 (0.11)ab
4. Pink Opaquer + Filtek Universal	1.30 (0.37)a	0.77 (0.20)ab
5. Opaque + Estelite Omega	1.12 (0.30)ab	0.77 (0.17)ab
6. Opaque + IPS Empress Direct	1.00 (0.31)ab	0.71 (0.21)ab
7. Opaque + Z350XT	1.19 (0.10)a	0.90 (0.07)a
8. Opaque + Filtek Universal	1.01 (0.20)ab	0.69 (0.14)ab
9. Estelite Omega	1.09 (0.34)ab	0.80 (0.24)ab
10. IPS Empress Direct	1.14 (0.28)a	0.88 (0.19)a
11. Z350XT	1.01 (0.29)ab	0.84 (0.25)a
12. Filtek Universal	0.72 (0.24)b	0.55 (0.20)b

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda; Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os grupos para as variáveis ΔE_{ab} e ΔE_{00} . ANOVA/Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

O grupo que apresentou menor alteração de cor, após período de envelhecimento, foi o grupo 12 (FU), embora essa diferença não tenha sido significativa na comparação entre a maioria dos outros grupos. Houve diferença apenas entre o 12 (FU) e os grupos 1 (PO + EO), 4 (PO + FU), 7 (O + Z3) e 10 (ED) na avaliação do ΔE_{ab} , enquanto na avaliação do ΔE_{00} essa diferença se deu entre o grupo 12 (FU) e os grupos 1 (PO + EO), 7 (O + Z3), 10 (ED) e 11 (Z3).

7 DISCUSSÃO

Os resultados de presente estudo levaram à rejeição das hipóteses (1) de que a variação nas espessuras de resinas compostas de diferentes opacidades não interfere nos resultados ópticos em base DA2; e (2) de que resinas com maiores características translúcidas (universais ou de opacidade corpo) não evidenciam em maior intensidade as cores de fundo. Entretanto, esses mesmos resultados permitiram a confirmação da hipótese (3) de que a utilização de corantes opacificadores em diferentes técnicas restauradoras em base escura não é capaz de gerar efeito óptico similar a uma restauração sem corante em base mais clara, bem como da hipótese (4) de que o processo de envelhecimento dos materiais não é capaz de gerar alterações ópticas inaceitáveis após 100 dias.

Na primeira etapa do presente estudo, testaram-se diferentes espessuras das camadas de resina de dentina e esmalte, de duas marcas comerciais distintas e uma espessura única de três resinas de opacidade corpo ou universais sobre bases de cor DA2. Para a resina Estelite Omega (EO), o aumento na espessura da resina de esmalte e a diminuição na espessura da resina de dentina resultou em redução da luminosidade e do índice de brancura do conjunto, demonstrando que as propriedades ópticas dos materiais têm relação com a espessura aplicada e com o grau de translucidez do material. Este achado foi guia na determinação das espessuras de materiais restauradores aplicados na segunda etapa e está de acordo com outros estudos (6,24), quando afirmam que, na manutenção da espessura de materiais opacos, a diminuição na espessura de materiais restauradores com características translúcidas é capaz de aumentar a influência da cor de fundo. Aumentar a espessura do material translúcido, entretanto, pode acarretar uma diminuição do valor ou aumento no tom de cinza, interferindo também no resultado esperado.

A utilização de camadas superficiais de resinas em opacidade de esmalte foi apontada por alguns estudos (6,71) como determinante do resultado óptico, tendo mais influência na estética final do que a camada interna. O resultado da camada de esmalte, entretanto, é fortemente influenciado pela sua espessura e grau de translucidez, alterando significativamente a luminosidade da restauração (6).

No presente estudo, para a resina Empress Direct (ED), a variação na espessura da resina de esmalte não resultou em diferenças ópticas, diferindo da resina de esmalte da EO, que alterou significativamente seus parâmetros com a alteração de espessura. Ou seja, a mesma variação de espessura do esmalte e da dentina aplicada para as duas resinas testadas e usadas na técnica

restauradora de multicamadas (resinas EO e ED) não resultou em variações semelhantes entre elas e significativas de luminosidade, demonstrando que, além da espessura de cada camada ser fator de influência no resultado óptico da restauração, o grau de opacidade/translucidez de cada marca comercial pode resultar em alterações nos parâmetros esperados (12,25,27). Esse achado está de acordo com outros estudos (5,31,36,38) que afirmam a opacidade das resinas compostas ser influenciada pela marca comercial.

As variações de opacidade das resinas compostas visam equilibrar as propriedades ópticas dos materiais restauradores, com o objetivo de fornecer materiais capazes de serem utilizados em estratégias restauradoras, usando a estratificação de maneira adequada (8,9,12,27).

A opacidade dos sistemas de resinas compostas disponíveis no mercado pode ser afetada pelos componentes da formulação do material, como a presença e a quantidade de opacificadores, quantidade de pigmentos e tamanho das partículas de cargas (6,27), sendo difícil determinar o fator que afeta mais criticamente a capacidade de mascaramento do material (12).

Mesmo quando materiais restauradores e as cores corretas são selecionadas, ainda podem ocorrer erros na aparência óptica da restauração, pela dificuldade de controlar e definir a espessura de cada camada (6). Essa mesma dificuldade foi encontrada no presente estudo pois, quando diferenças entre as opacidades das resinas do esmalte e da dentina são maiores, como provavelmente ocorre com a resina EO, há uma maior discrepância colorimétrica ao modificar as espessuras das respectivas resinas. Já quando as opacidades das resinas do esmalte e da dentina são mais próximas, como provavelmente ocorre com a resina ED, essa discrepância colorimétrica é menos significativa. Logo, em dentes sem escurecimento acentuado, a aplicação da resina ED tende a apresentar resultados padronizados, uma vez que uma pequena variação entre espessuras de esmalte e dentina não exercem papel fundamental nas propriedades ópticas do resultado restaurador, para esta marca.

A técnica de estratificação é bem consolidada na literatura (6,10,12,24,27), entretanto, a busca pela simplificação da técnica e pela diminuição na quantidade de camadas e de material necessário para realizar uma restauração levou ao surgimento de materiais com características ópticas conhecidas como “efeito camaleão” ou *blending-effect* (BE). O BE é definido como o “oposto ao contraste de cores” (13), característica que algumas resinas compostas possuem de adquirir cor semelhante à estrutura adjacente onde é aplicada (15).

Este efeito possibilita a realização de restaurações estéticas com técnicas mais simples que as convencionais, com diminuição significativa da quantidade de cores e opacidades necessárias à construção de uma restauração. Porém, seu uso se justifica apenas em situações nas quais o substrato restaurado apresenta cor harmônica com os demais dentes, não tendo indicação de uso em situações de manchamento ou em situações cuja estética é a principal queixa do paciente (15). Em estudo de Paravina et al. (13), cinco cores de três marcas comerciais foram testadas quanto ao BE, e como resultado, conforme diminuição na diferença de cor entre as resinas e o substrato, houve aumento no valor de BE. Na etapa 1 do presente estudo, a resina VU foi utilizada em espessura de 1mm sobre base DA2, e obteve baixo valor de luminosidade e índice de brancura, provavelmente por adquirir características da cor da base (DA2), devido à alta translucidez do material. Ressalta-se que o fabricante a reconhece como uma resina de efeito camaleão; fato que a excluiu da etapa 2 do presente estudo.

Estudos anteriores (13–15) demonstraram que o BE aumenta com o aumento da translucidez do material restaurador, resultados que têm consonância com o presente estudo. Ao avaliarmos a etapa 1, as estratégias restauradoras que apresentaram menores valores de luminosidade e índice de brancura e variações nos eixos cromáticos compatíveis com escurecimento foram as resinas de camada única (VU e FU) e a multicamada EO em grande espessura de resina de esmalte (0,7mm), correspondendo a materiais ou estratégias restauradoras de elevada translucidez.

No entanto, apesar de a utilização de materiais translúcidos ser importante na determinação de uma estética favorável em odontologia (8), em dentes escurecidos, para que o mascaramento ocorra, materiais de alta opacidade devem ser empregados e a determinação da sua espessura depende da marca, da composição e do grau de opacidade do material restaurador, assim como do grau de escurecimento da estrutura dental (9,19,25,27). Alguns estudos apontam a necessidade mínima de 1,5mm de restauração para mascarar um fundo severamente manchado (2,11,12); outros apontam que é necessária uma espessura ainda maior (2,0mm ou mais) para que haja mascaramento desses fundos (24,25). Os achados do estudo de Miotti et al. (27) corroboram com os achados de Dalmolin et al. (2), quando mostraram que um fundo severamente escurecido pode alcançar resultados estéticos satisfatórios pro meio da combinação de cores com a técnica da estratificação, desde que a proporção opaco-translúcida seja adequada ao caso, sugerindo a utilização de uma camada de resina opaca mais espessa (1mm) e uma camada de resina translúcida mais fina (0,5mm).

A maioria dos estudos *in vitro* que aborda a realização de restaurações em resina composta como tratamento estético de dentes escurecidos referencia o uso de diferentes opacidades de resinas compostas sem, no entanto, associar nessa construção da restauração o uso de corantes opacificadores fluidos (2,10–12,25,27,31). Esses corantes, por sua vez, fazem parte do dia-a-dia do clínico e seu uso é frequentemente relatado em casos clínicos (17,72). O conhecimento das propriedades de cor de materiais opacos é essencial para a previsibilidade de restaurações estéticas em dentes escurecidos, mas não há relatos suficientes sobre o uso das resinas opacas fluidas e técnicas restauradoras nessas situações (12).

O mesmo objetivo mascarador de bases escurecidas foi aplicado no presente estudo, porém, usando menores espessuras de material (total 1mm), possibilitadas pela associação com aplicação de corantes opacificadores na camada mais interna. A escolha da espessura reduzida se justifica pela adição da uma fina camada de resina fluida opacificadora e pela concordância com a ISO (2016) (53), quando sugere que restaurações em resinas compostas com espessura total de 1mm têm capacidade de mascarar um substrato escurecido, desde que esses materiais apresentem baixa translucidez (valor de TP = 1,2).

A cor de base DC4 foi escolhida por ser a mais escura da escala de cores Vitapan Classic Shade (12,27), correspondendo a uma situação crítica de manchamento (2,12,27). Nenhuma das estratégias restauradoras testadas sobre base DC4, com ou sem corante, foi capaz de igualar ou aproximar os valores das coordenadas colorimétricas estudadas dos corpos de prova, restaurados em base DA2; este achado que está de acordo com estudo de Dalmolin et al. (2), que, ao variar estratégias restauradoras sobre bases de diferentes cores (A2, A3, A3,5, C2, C3 e C4), observaram os melhores resultados na interação com a base A2, enquanto os piores resultados ocorreram na interação com a base C4.

Ressalta-se que, apesar de nenhuma das estratégias restauradoras testadas conseguir alcançar os parâmetros colorimétricos observados na condição de base DA2, todas as estratégias usadas no presente estudo sobre a base DC4 foram capazes de alterar parâmetros colorimétricos, considerando o estudo de An et al. (12), quando afirma que o fundo opaco C4 tem os parâmetros de cor $L^* = 66,12$, $a^* = 3,47$ e $b^* = 21,70$. No presente estudo, os piores valores dos eixos L^* e a^* foram observados no grupo restaurado na ausência de corantes e com o uso da resina Estelite Omega, com valores 82,2 e 0,99, respectivamente, enquanto os piores valores de b^* (8,8) foram encontrados no grupo restaurado com o corante Opaque e a resina Filtek Universal. Dessa forma, nota-se que mesmo os grupos que apresentaram alterações

menos expressivas de cor foram capazes de gerar alterações ópticas positivas nas bases escurecidas.

Os grupos que apresentaram os melhores resultados foram os restaurados com a resina Z3, em opacidade de corpo na presença de 0,1mm de corantes opacificadores e espessura total de restauração de 1mm. Esse achado está de acordo com estudo de Miotti et al. (27), que comparou três diferentes marcas de resinas compostas (IPS Empress Direct, Charisma Diomond e Z350XT) em diferentes opacidades, observando maior capacidade de mascaramento da resina Z350XT em relação à IPS Empress Direct, mesmo na comparação entre menor opacidade da resina Z350XT (corpo) com maior opacidade da resina IPS Empress Direct (dentina), porém em espessura de 1,5mm, superior à utilizada no presente estudo, na análise realizada através do sistema CIEL*a*b*. Ainda Miotti et al. (27) em seu estudo observaram que as resinas de dentina Empress Direct e Charisma Diamond não foram eficazes no mascaramento do fundo C4, evidenciando diferença de opacidade entre diferentes marcas comerciais.

An et al.(12), ao utilizarem seis diferentes cores opacas de resinas compostas em fundo C4, demonstraram que as espessuras críticas capazes de mascarar esse fundo variaram entre 0,8 e 1,45mm, tendo como referência uma variação de cor $\Delta E_{ab} < 3,3$, enquanto no estudo de Kim et al. (10), ao utilizar seis marcas comerciais de resinas compostas opacas, a espessura necessária para mascarar um fundo C4 foi de 0,5 a 1mm. Ao avaliar a espessura em opacidade esmalte, Kamishima et al. (40) demonstraram a necessidade de 4mm de restauração para que essa mesma base escura fosse mascarada. Portanto, apesar da ampla possibilidade de estratificação com diferentes materiais e características de opacidade, restaurações com espessuras reduzidas tendem a ser incapazes de mascarar efetivamente um substrato severamente escurecido (2).

A utilização de materiais opacos como forradores em dentes escurecidos pode trazer bons resultados estéticos, especialmente em dentes anteriores (2,19). A elevada opacidade e a consequente capacidade de mascaramento desses materiais está relacionada à adição de componentes como óxido de alumínio ou titânio, que são opacificadores capazes de aumentar a luminosidade do conjunto restaurado, aumentando a reflexão de luz, influenciando positivamente no resultado óptico final, por mascarar as camadas inferiores (12). Em relação ao uso de opacificadores no presente estudo, o O resultou em valores mais altos de luminosidade em comparação ao PO, em associação às resinas de incremento único (Z3 e FU). Esse fato pode ser justificado pela maior transparência do conjunto, visto que se trata de uma resina composta

de corpo e universal, respectivamente, evidenciando que o uso do corante O altera em maior significância o valor de luminosidade, quando comparado ao PO, em associação com resinas translúcidas. Para esse mesmo parâmetro, não houve diferença estatisticamente significativa entre os corantes, quando a restauração ocorreu em multicamadas, independentemente da resina testada. Esse fato pode ser justificado pela presença da resina de dentina, que é afetada pela presença do corante, mas o resultado de luminosidade final independe de qual corante foi utilizado, devido à maior opacidade dessa resina em comparação às demais.

A utilização de corantes opacificadores se justifica tanto pelas alterações ópticas capazes de promover em um conjunto restaurado, como pela possibilidade da realização de preparos mais conservadores. O uso apenas das resinas compostas de consistência regular pode resultar em desgastes maiores da estrutura dental sadia, o que vai de encontro com os ideais atuais de uma odontologia minimamente invasiva (19).

No presente estudo, o uso isolado das resinas compostas sobre base DC4 não foi capaz de gerar altos valores de luminosidade, já que todas as resinas têm algum grau de translucidez, que deixam transparecer o fundo escuro, baixando o valor de luminosidade do conjunto. Mesmo as resinas compostas com opacidade de dentina sendo as que mais alteram positivamente o valor de luminosidade de uma restauração em relação às outras opacidades do mesmo material (8), elas podem ser insuficientes no mascaramento de um substrato escurecido. Outros estudos (11,12) afirmam que resinas opacas, ao serem aplicadas em finas camadas, têm suas características translúcidas evidenciadas, deixando transparecer características cromáticas de um fundo escuro. Portanto, a presença de substratos escurecidos influencia a luminosidade do conjunto restaurado, interferindo no resultado óptico, o que aumenta a complexidade e imprevisibilidade da técnica restauradora (10,11).

No presente estudo, a utilização do corante PO em diversas simulações de estratégias restauradoras resultou em variação de valores para as coordenadas colorimétricas b^* , C^* e h° , entretanto, sua neutralidade na coordenada a^* e o aumento significativo da luminosidade, geraram resultados positivos no Wid , o que justifica seu uso em técnicas restauradoras multicamadas ou de camada única, no auxílio do mascaramento de dentes escurecidos. Esse achado está de acordo com estudo de Dalmolin et al. (2), quando observou que, após diversas simulações de restaurações em dente escurecidos, apesar das estratégias testadas apresentarem variações no croma do conjunto, esse foi o eixo que apresentou menor peso na diferença total de cor nas comparações.

Já a utilização do corante O, apesar de ter sido capaz de aumentar a luminosidade em todos os grupos testados e de manter os valores da coordenada a^* próximos ao neutro, gerou grande aumento nos valores das demais coordenadas colorimétricas, referentes ao amarelamento e ao aumento da saturação. Essas variações fizeram com que não houvesse diferenças estatisticamente significantes no índice de brancura entre os grupos restaurados com este corante e os grupos restaurados sem nenhum corante. Entretanto, como relatado por outros autores (1,2), o uso de corantes opacificadores é capaz de alterar positivamente a luminosidade das restaurações em dentes escurecidos e é o principal fator de interferência nas alterações colorimétricas. Portanto, apesar das variações nas demais coordenadas colorimétricas, a significativa alteração em luminosidade, por si só, é capaz de gerar efeito de mascaramento em restaurações de resinas compostas sobre base escurecida (12).

O eixo a^* corresponde à variação de cor que um objeto apresenta entre as cores verde e vermelho, representando cores não comumente encontradas em dentes naturais ou em restaurações estéticas. Estudos anteriores (8,16) apontam uma discrepância na sensibilidade entre os parâmetros colorimétricos, onde os eixos L^* , a^* e b^* não têm a mesma importância em avaliações visuais para a estética dental. Portanto, para dentes sem manchamentos acentuados, espera-se que os valores da coordenada a^* sejam próximos ao neutro, com tendência ao verde, visto que em odontologia características avermelhadas são consideradas antiestéticas. Essa padronização pode ser observada na interação dos materiais resinosos em base A2 (etapa 1), no presente estudo. Em estudo de Donato et al.(19), restaurações realizadas em diferentes bases escurecidas tiveram valores mais próximos ao neutro na presença dos corantes branco e opaco, enquanto as restaurações sem uso prévio de corantes ou na presença do corante ocre apresentaram valores mais elevados no eixo a^* , evidenciando o efeito positivo dos corantes branco e opaco na naturalidade da restauração.

No presente estudo, a avaliação do eixo a^* na etapa 2 apresentou valores mais próximos ao neutro na interação dos opacificadores testados, em associação às resinas de incremento único. Nos grupos multicamadas, embora a associação com os opacificadores não tenha gerado valores neutros, a utilização do corante O foi superior à utilização do PO. Esse resultado mostra que, apesar dessa coordenada não ser a mais significativa para avaliação de cores de dentes e materiais restauradores, espera-se que na obtenção de resultados harmônicos para dentes claros esses valores estejam próximos a zero (ausência de pigmentos avermelhados) ou negativo (presença de pigmentos esverdeados). Ao confrontar as duas etapas do presente estudo, pôde-

se observar a presença de valores negativos de a^* na etapa 1, enquanto para as mesmas estratégias restauradoras na etapa 2 resultaram, na sua maioria, em valores positivos.

Em estudo de Darabi et al. (11), a avaliação do eixo a^* não é conclusiva. Ao compararem três espessuras de restaurações de cinco resinas compostas, em elevada opacidade, em algumas situações o escurecimento da base resultou em aumento do valor nesse eixo, enquanto em outras situações o mesmo escurecimento resultou em diminuição do valor dessa coordenada.

O eixo b^* , por outro lado, corresponde à variação de cor encontrada em um objeto entre azul e amarelo, pigmentos frequentemente encontrados em dentes e materiais restauradores, correspondendo a uma coordenada de importante relevância na odontologia. O estudo de Marjanovic et al. (24) confirma a predominante importância dos eixos L^* e b^* na avaliação de materiais odontológicos. No presente estudo, embora para os eixos L^* e a^* o corante O tenha obtido valores superiores ao PO, de forma geral, na avaliação do eixo b^* essa superioridade não foi observada, provavelmente pela coloração do corante O ser mais amarelada que o corante PO, onde o resultado da interação colorimétrica entre as resinas testadas e o corante PO geraram valores menos amarelados, correspondentes ao esperado para dentes claros, conforme resultado da etapa 1, em base A2. Os achados do presente estudo estão de acordo com Donato et al. (19), quando afirmam que o eixo b^* é fortemente influenciado pela cor de base, ainda que materiais opacos sejam depositados em sua superfície.

Numa avaliação mais ampla, a presença de qualquer opacificador na interação com as resinas testadas gerou resultados negativos no eixo b^* , correspondendo ao amarelamento do conjunto. Entretanto, a alteração isolada desse eixo em pequenas proporções não invalida os resultados positivos encontrados nas demais coordenadas, justificando seu uso, especialmente se o objetivo for aumentar a luminosidade ou o índice de brancura em técnicas multicamadas, onde a presença da camada de dentina é capaz de neutralizar em parte as características indesejadas dos corantes opacificadores. Em seu estudo, Dalmolin et al. (2021) (2) avaliaram a diferença de cor de diversas estratégias restauradoras envolvendo três marcas comerciais de resinas compostas, em bases escurecidas, evidenciando que, apesar da variação de cor ocorrer em função de alterações em croma e matiz, a significativa alteração em luminosidade é a principal responsável pela alteração total da cor.

O ângulo de matiz (h°) e o croma (C^*) são dimensões de cor presentes no sistema CIEL $^*C^*h$, medidas pelos eixos ortogonais de CIEL $^*a^*b^*$, convertendo as coordenadas da forma retangular para a forma polar. O matiz representa um componente angular de

representação polar formado entre os eixos a^* e b^* em relação ao L^* , chamado ângulo de matiz (h°), enquanto o croma (C^*) representa o componente radial, que corresponde à intensidade de h° (8,45).

No presente estudo, o ângulo de matiz apresentou resultados amarelados, demonstrando predominância de valores altos no eixo b^* . Da mesma forma que o uso do corante opacificador O resultou em elevados valores no eixo b^* , o uso desse mesmo corante resultou em valores de h° mais próximos de 90° , indicando a proximidade com o valor referência para o pigmento amarelo. Os menores ângulos foram observados na ausência de corantes e na associação com as resinas EO e Z3. Os achados do presente estudo não estão de acordo com estudo de Salgado et al. (8), quando afirma que materiais de alta translucidez apresentam elevados valores de ângulo de matiz. Entretanto, em seu estudo, os materiais foram avaliados sobre um fundo preto que, ao ser sobreposto com um material de alta translucidez, evidenciou o fundo que pôde ser percebido e catalogado. No presente estudo, a avaliação foi feita sobre base DC4 e não sobre fundo preto, sendo que o aumento do valor de h° esteve associado à presença de opacificadores no interior da restauração.

Para todos os grupos restaurados em base DA2, os resultados de croma foram inferiores aos grupos restaurados em base DC4, independentemente do material restaurador usado e da presença de corantes opacificadores. Os opacificadores, entretanto, foram capazes de elevar a saturação, mediante a análise do eixo C^* do conjunto restaurado e o que mais foi capaz de elevar a saturação foi o O, independentemente da estratégia restauradora utilizada e da marca da resina composta empregada; isto demonstra que, apesar do uso ser positivo em relação à luminosidade, a saturação mostrou-se elevada em relação à ausência de opacificadores. Portanto, as propriedades ópticas desses materiais devem ser mais estudadas, para que seu uso resulte em harmonia visual e não apenas em aumento da luminosidade (19).

Ryan, Tam e McComb (31) observaram que compósitos com elevado croma tendem a ser menos translúcidos que compósitos de baixo croma. Esse achado está de acordo com os dados do presente estudo, onde a elevação do croma esteve associada com a utilização de opacificadores, especialmente o O e o grupo que apresentou menor valor de croma foi o grupo restaurado em camada única, opacidade corpo (resina Z3), em ausência de interação com qualquer opacificador subjacente.

Da mesma forma como para a luminosidade, nenhuma estratégia restauradora, independentemente da técnica e dos materiais utilizados, foi capaz de aproximar os valores do

índice de brancura de restaurações realizadas em base DA2, com a restaurações realizadas sobre base DC4. Entretanto, de forma geral, a utilização do corante PO resultou em valores superiores de brancura (Wid) aos conjuntos restaurados. Entretanto, o uso do corante O resultou em maiores valores para os grupos restaurados em camada única, seguido do PO, ainda superior à não utilização de corantes; e igual superioridade do uso de O e PO para os grupos restaurados em multicamadas, em relação à ausência de opacificadores. Essa diferença entre coordenadas semelhantes se dá pelo fato de o índice de brancura ser uma avaliação entre os três eixos $CIEL^*a^*b^*$, enquanto a luminosidade avalia apenas o eixo L^* .

O Índice de Brancura (Wid), proposto por Pérez et al. (66) superou os índices anteriores e foi o único baseado no sistema $CIEL^*a^*b^*$, que é amplamente difundido pelos estudos odontológicos (15,19,20,25,27,41,42). Esse índice mostrou-se superior aos demais e à avaliação isolada da luminosidade, por obter uma melhor correlação com julgamentos visuais, em condições laboratoriais (66). A associação entre diferentes coordenadas na avaliação colorimétrica resulta em achados mais completos e correspondentes à análise visual, quando comparado à avaliação individualizada de cada eixo. Outros estudos recentes realizaram suas avaliações por meio desse índice (65,67,68).

Na avaliação do matiz (h°), em todas as simulações restauradoras com corantes em bases DC4, houve aproximação dos valores a 90° , em qualquer estratégia restauradora e em qualquer marca comercial utilizada. Esses achados demonstram que os corantes opacificadores são eficazes em aumentar a luminosidade e, portanto, clarear o conjunto restaurado, porém, podem não gerar cores finais correspondentes às encontradas em dentes naturais ou em substratos claros. As características dos corantes, portanto, devem ser compreendidas (19), uma vez que não necessariamente geram os resultados colorimétricos desejados na espessura de restauração de 1mm. O opacificador O, por exemplo, aumenta a luminosidade, porém impacta negativamente em outras coordenadas colorimétricas, resultando em valores de índice de brancura semelhantes à restauração feita na sua ausência, em dentes escurecidos. Já o corante PO, apesar de aumentar a luminosidade de maneira menos eficaz, tende a manter as demais coordenadas colorimétricas em melhores níveis de aceitação.

Já em relação às resinas testadas, a Z3 foi a que obteve melhores resultados de Wid , com ou sem o uso de corantes. Mesmo na interação com o corante O, que causou elevadas alterações nos eixos b^* , C^* e h° , caracterizando amarelamento do conjunto e aumento da saturação, a neutralidade do eixo a^* e o aumento do L^* foram suficientes para um resultado satisfatório de Wid , em associação a essa marca comercial. Esse resultado positivo

provavelmente se relaciona ao fato de se tratar de uma resina de elevada opacidade, quando comparada a outras marcas, ainda que na opacidade “corpo”. Em estudo de Miotti et al. (27), a espessura de 1,5mm da resina de corpo da marca Z350XT se comportou de maneira semelhante à mesma espessura de resina de dentina das marcas Charisma Diamond e Empress Direct. Estudos anteriores (25,31) afirmam que a opacidade “corpo” da resina Z350XT representa uma maior proximidade da opacidade observada na dentina humana do que a resina de “dentina” do mesmo fabricante.

As resinas EO e FU não apresentaram diferença estatisticamente significativa no uso do opacificador O ou na sua ausência, provavelmente por serem resinas de média opacidade, onde tanto um fundo escuro (DC4), como um fundo cromado (O), se comportam de maneira semelhante no resultado restaurador, alterando positivamente apenas a luminosidade do conjunto, mas que ao alterar negativamente a saturação, não gera resultado óptico final desejável. Apenas a interação dessas resinas com o corante PO foi capaz de aumentar a luminosidade sem interferir negativamente no croma, gerando resultados ópticos positivos.

A resina EO apresentou os piores valores de Wid em comparação às demais resinas. Esse resultado se deu tanto na ausência de opacificadores, quanto na presença do O, provavelmente pelo fato de que essa resina tem características mais translúcidas, ainda que a maior espessura da restauração tenha sido de dentina. Sem o uso de opacificadores, a cor DC4 da base ficou em evidência e com o uso do opacificador O, suas características cromáticas também transpareceram ao conjunto. Apenas a interação dessa resina com o corante PO foi capaz de gerar resultados ópticos positivos, provavelmente pela elevada opacidade do corante e pouca cromaticidade. Apesar de se tratar de uma resina conhecida pelas excelentes propriedades ópticas (73), estas estão relacionadas ao uso em substrato de cor clara, conforme demonstrado na etapa 1. Porém, seu uso não foi capaz de gerar resultados positivos para o mascaramento de dentes escurecidos.

Os variados achados do presente estudo estão de acordo com o estudo de Marjanovic et al. (24), quando mostraram que, independentemente do compósito utilizado, quanto mais fina é a camada da resina composta aplicada, mais translúcida ela será, o que justifica as diferenças colorimétricas obtidas entre os grupos restaurados com as mesmas marcas comerciais, mas em bases distintas (A2 e C4), com espessura total de 1mm.

Além da interação colorimétrica, a avaliação sobre a forma como essas restaurações envelhecem e como se comporta a estabilidade da cor dos materiais restauradores, após esse

envelhecimento, é importante na determinação da longevidade dos tratamentos. A avaliação da estabilidade de cor é baseada em limites visuais para a discriminação de cores, definida pela International Organization for Standardization (*Guidance on Color Measurements ISO/TR 28642:2016*) (53) como limiar de perceptibilidade (PT) e limiar de aceitabilidade (AT). Esses limites foram desenvolvidos para servir como ferramenta de controle de qualidade em procedimentos e materiais aplicados na odontologia (20). O PT corresponde à variação de cor (ΔE), em comparação com limites de 50:50%, perceptíveis aos olhos humanos, enquanto o AT corresponde à variação de cor (ΔE), em comparações com limites de 50:50%, que são percebidas pelos olhos humanos, entretanto, são esteticamente aceitáveis, não causando desarmonia óptica (20,53,54).

Apesar da ampla utilização do sistema CIEL*a*b* para avaliação de diferenças de cor (12,15), a dupla verificação se justifica pois, enquanto o CIEL*a*b* calcula a diferença de cor total, igualando os pesos das coordenadas, o CIEDE2000 aplica importantes ajustes que aproximam os resultados à forma como o olho humano percebe as diferenças de cor (20,27,44,45,47,56,69). Esse fato justifica as possíveis diferenças entre CIEDE2000 e CIEL*a*b* nos estudos, segundo as equações empregadas. No presente estudo, apesar de os valores de delta terem sido baixos, houve diferença na comparação entre CIEL*a*b* e CIEDE2000 e a avaliação pelo CIEDE2000 detectou diferenças mais sutis entre os grupos.

Valores de ΔE_{ab} acima de 3,46 e ΔE_{00} acima de 2,25 são consideradas alterações de cor clinicamente inaceitáveis (alterações de cor acima desse limite podem não ser consideradas aceitáveis em mais de 50% das situações), estando esses limites relatados na literatura odontológica (27,56). Entretanto, o estudo de Paravina et al. (20) aponta um limiar de aceitabilidade (AT) ainda inferior $\Delta E_{ab} = 2,7$ e $\Delta E_{00} = 1,8$, enquanto o limiar de perceptibilidade (PT) se dá a partir dos valores $\Delta E_{ab} = 1,2$ e $\Delta E_{00} = 0,8$. A fim de identificar qualquer possível alteração, o presente estudo levou em consideração os valores propostos por Paravina et al. (20) e em nenhuma situação houve valor de delta acima dos limites de aceitabilidade, por meio da avaliação pelos sistemas CIEL*a*b* e CIEDE2000.

A estabilidade de cor das resinas compostas é influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos. As alterações intrínsecas ocorrem devido às modificações químicas no interior do material, decorrentes da hidrólise dos componentes e consequente lixiviação de monômeros não reagidos durante a polimerização, ou pela presença de fotoiniciadores não consumidos durante o mesmo processo de fotoativação. Já a descoloração extrínseca ocorre pela absorção e adsorção de pigmentos provenientes de soluções que entram em contato direto com o dente

restaurado, sendo o exemplo principal na literatura o café (8,74). Portanto, a estabilidade de cor testada no presente estudo foi a intrínseca, visto que não houve contato dos corpos de prova com substâncias pigmentantes.

Na avaliação do ΔE_{ab} , o maior valor encontrado foi para o grupo restaurado com a resina FU na presença do PO (1,30), enquanto para o ΔE_{00} o maior valor encontrado foi para o grupo restaurado com a resina EO, na presença do PO (0,91). Os resultados do presente estudo mostram, ainda, que apesar de terem superado o AT proposto por Paravina et al. (20), não houve diferença estatística entre esses grupos e para os demais, nas duas avaliações, exceto para o grupo restaurado apenas com FU, que apresentou os menores valores ($\Delta E_{ab} = 0,72$ e $\Delta E_{00} = 0,55$).

Apesar do resultado de alguns grupos terem sido superiores ao PT $\Delta E_{ab} = 1,2$ e $\Delta E_{00} = 0,8$ após 100 dias de envelhecimento, a manutenção muito próxima a esse limiar e o distanciamento significativo do AT $\Delta E_{ab} = 2,7$ e $\Delta E_{00} = 1,8$ demonstram que todas as resinas compostas testadas apresentam elevada estabilidade de cor; portanto, em condições clínicas livres de substâncias pigmentantes, elas asseguram a manutenção das características ópticas obtidas no ato restaurador. Os achados do presente estudo estão de acordo com o estudo de Oliveira et al. (23) que, ao testar diferentes resinas e metodologias de envelhecimento, na condição de imersão em água por 30 dias, notou alteração de cor das resinas testadas, porém em valores inferiores aos limiares de aceitabilidade.

Os estudos *in vitro*, entretanto, apresentam algumas limitações, visto que, durante o procedimento restaurador, diversas variáveis podem interferir no seu resultado e na sua longevidade. Apesar das bases testadas apresentarem espessura de 3mm, trata-se de um material restaurador e não de dentes, que podem trazer interações ópticas distintas (2). Ademais, estudos anteriores defendem a avaliação objetiva acompanhada de avaliações visuais humanas, que podem ajudar a confrontar os dados e fornecer informações adicionais perceptivas sobre a capacidade de mascaramento de sistemas restauradores (69). A avaliação da estabilidade de cor das restaurações frente à interação com substâncias pigmentantes podem trazer novos entendimentos sobre a longevidade dos tratamentos. Estudos futuros abordando alterações na metodologia podem oferecer uma perspectiva clínica ainda mais consistente sobre a percepção do resultado óptico de restaurações em dentes escurecidos.

Os resultados do presente estudo possibilitam a construção de protocolos restauradores seguros e com preparos conservadores, envolvendo diversas possibilidades de materiais resinosos frequentemente utilizados em restaurações estéticas anteriores; e estudos futuros

abordando alterações na metodologia podem oferecer uma perspectiva clínica ainda mais consistente sobre a percepção do resultado óptico de restaurações em dentes com e sem escurecimento.

8 CONCLUSÃO

Os resultados ópticos obtidos sobre bases de cores distintas resultaram em valores distintos, ainda que materiais similares tenham sido utilizados. Para as estratégias restauradoras realizadas sobre base DA2, bons resultados ópticos foram observados para todos os grupos, com destaque para as resinas Filtek Z350XT e Estelite Omega. Para os grupos restaurados sobre base DC4, a utilização dos corantes opacificadores testados, em espessura de 0,1mm, foi capaz de aumentar a luminosidade do conjunto restaurado em todas as situações testadas, entretanto, sua interação em diferentes estratégias restauradoras não foi capaz de gerar efeito óptico similar ao de uma restauração sem corante, realizada sobre base DA2.

Portanto:

A resina composta Estelite Omega tem excelente indicação quando o substrato a ser restaurado tiver similaridade de cor com a resina empregada e seu uso deve ser evitado em situações de manchamentos intensos com objetivo mascarador.

A utilização da resina composta Empress Direct resulta em maior padronização óptica na presença de pequena variação de espessura entre as resinas de dentina e esmalte, por dispor de opacidade intermediária; característica também encontrada na resina Filtek Universal.

A resina composta Filtek Z350 XT apresenta boa capacidade de mascaramento, independentemente do uso de corantes opacificadores.

A resina composta Vittra Unique apresenta capacidade de incorporar características ópticas do substrato restaurado, não tendo indicação de uso em situações com objetivo mascarador.

A utilização do corante opacificador Pink Opaque é capaz de mascarar fundo escurecido com bons resultados ópticos, independentemente da estratégia restauradora empregada.

A utilização do corante opacificador Opaque é capaz de mascarar fundo escurecido, entretanto, pode acarretar em alterações ópticas indesejáveis, a depender da estratégia restauradora e dos materiais empregados.

Todas as resinas compostas testadas apresentaram elevada estabilidade de cor, após envelhecimento em água destilada por 100 dias.

REFERÊNCIAS

1. Ntovas P, Diamantopoulou S, Gogolas N, Sarri V, Papandreou A, Sakellaridi E, et al. Influence of lightness difference of single anterior tooth to smile attractiveness. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(6):856–64.
2. Dalmolin A, Perez BG, Gaidarji B, Ruiz-López J, Lehr RM, Pérez MM, et al. Masking ability of bleach-shade resin composites using the multilayering technique. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(5):807–14.
3. Greenwall-Cohen J, Greenwall LH. The single discoloured tooth: vital and non-vital bleaching techniques. *Br Dent J*. 2019;226(11):839–49.
4. Rafael CF, Güth JF, Kauling AEC, Cesar PF, Volpato CAM, Liebermann A. Impact of background on color, transmittance, and fluorescence of leucite based ceramics. *Dent Mater J*. 2017;36(4):394–401.
5. Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *J Esthet Restor Dent*. 2011;23(2):73–87.
6. Khashayar G, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ, Roeters J. The influence of varying layer thicknesses on the color predictability of two different composite layering concepts. *Dent Mater*. 2014;30(5):493–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2014.02.002>
7. Dietschi D, Fahl N. Shading concepts and layering techniques to master direct anterior composite restorations: An update. *Br Dent J*. 2016;221(12):765–71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.bdj.2016.944>
8. Salgado VE, Rego GF, Schneider LF, Moraes RR de, Cavalcante LM. Does translucency influence cure efficiency and color stability of resin-based composites? *Dent Mater*. 2018;34(7):957–66. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.03.019>
9. Elgendy H, Maia RR, Skiff F, Denehy G, Qian F. Comparison of light propagation in dental tissues and nano-filled resin-based composite. *Clin Oral Investig*. 2019;23(1):423–33.
10. Kim SJ, Son HH, Cho BH, Lee IB, Um CM. Translucency and masking ability of various opaque-shade composite resins. *J Dent*. 2009;37(2):102–7.
11. Darabi F, Radafshar G, Tavangar M, Davaloo R, Khosravian A, Mirfarhadi N. Translucency and masking ability of various composite resins at different thicknesses. *J Dent (Shiraz, Iran)*. 2014;15(3):117–22. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25191660%0A>
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4149893>
12. An JS, Son HH, Qadeer S, Ju SW, Ahn JS. The influence of a continuous increase in thickness of opaque-shade composite resin on masking ability and translucency. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(1):120–9.
13. Paravina RD, Westland S, Imai FH, Kimura M, Powers JM. Evaluation of blending effect of composites related to restoration size. *Dent Mater*. 2006;22(4):299–307.

14. Paravina RD, Westland S, Kimura M, Powers JM, Imai FH. Color interaction of dental materials: Blending effect of layered composites. *Dent Mater.* 2006;22(10):903–8.
15. Abdelraouf RM, Habib NA. Color-matching and blending-effect of universal shade bulk-fill-resin-composite in resin-composite-models and natural teeth. *Biomed Res Int.* 2016;2016:1–8.
16. Pecho OE, Ghinea R, Amaral EAN Do, Cardona JC, Della Bona A, Pérez MM. Relevant optical properties for direct restorative materials. *Dent Mater.* 2016;32(5):e105–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2016.02.008>
17. Higashi C, Sakamoto Jr AS. Controlando a opacidade e translucidez em facetas de resina composta de dentes escurecidos. *J Clin Dent Res.* 2017;14(1):47–59.
18. Durães I, Cavalcanti A, Mathias P. The Thickness and Opacity of Aesthetic Materials Influence the Restoration of Discolored Teeth. *Oper Dent.* 2022;47(1):1–7.
19. Donato T, Cavalcanti A, P M. Color-matching according to the use of light-curing characterizing materials and composite resin thicknesses. *Int J Dev Res.* 2018;08(11):24304–9.
20. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(S1):S1–9.
21. Alghazali N, Burnside G, Moallem M, Smith P, Preston A, Jarad FD. Assessment of perceptibility and acceptability of color difference of denture teeth. *J Dent.* 2012;40(2012):e10–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2012.04.023>
22. Ruyter IE, Nilner K, Möller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987;3(5):246–51.
23. De Oliveira DCRS, Ayres APA, Rocha MG, Giannini M, Puppini Rontani RM, Ferracane JL, et al. Effect of different in vitro aging methods on color stability of a dental resin-based composite using CIELAB and CIEDE2000 color-difference formulas. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(5):322–30.
24. Marjanovic J, Veljovic DN, Stasic JN, Savic-Stankovic T, Trifkovic B, Miletic V. Optical properties of composite restorations influenced by dissimilar dentin restoratives. *Dent Mater.* 2018;34(5):737–45. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.01.017>
25. corpo SMM, Silva PD, Faria-E-silva AL. Color changes caused by reduction on the dentin shade composite thickness. *Braz Dent J.* 2018;29(5):469–74.
26. Lempel E, Lovász BV, Meszarics R, Jeges S, Tóth Á, Szalma J. Direct resin composite restorations for fractured maxillary teeth and diastema closure: A 7 years retrospective evaluation of survival and influencing factors. *Dent Mater.* 2017;33(4):467–76. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2017.02.001>
27. Miotti LL, Santos IS, Nicoloso GF, Pozzobon RT, Susin AH, Durand LB. The use of resin composite layering technique to mask discolored background: A CIELAB/CIEDE2000 analysis. *Oper Dent.* 2017;42(2):165–74.
28. Horie K, Nakajima M, Hosaka K, Kainose K, Tanaka A, Foxton RM, et al. Influences of composite-composite join on light transmission characteristics of layered resin composites. *Dent Mater.* 2012;28(2):204–11. Available from:

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.006>
29. Oguro R, Nakajima M, Seki N, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. The role of enamel thickness and refractive index on human tooth colour. *J Dent.* 2016;51:36–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2016.05.010>
 30. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent.* 2000;83(4):418–23.
 31. Ryan EA, Tam LE, McComb D. Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials. *J Can Dent Assoc (Tor).* 2010;76(1):1–6.
 32. Brodbelt RHW, O'brien WJ, Fan PL, Frazer-Dib JG, Yu R. Translucency of human dental enamel. *J Dent Res.* 1981;60(10):1749–53.
 33. Karadas M. The effect of different beverages on the color and translucency of flowable composites. *Wiley Period.* 2016;38(6):701–9.
 34. Pecho OE, Ghinea R, Ionescu AM, De La Cruz Cardona J, Paravina RD, Del Mar Pérez M. Color and translucency of zirconia ceramics, human dentine and bovine dentine. *J Dent.* 2012;40(2012):34–40.
 35. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dent Mater.* 2018;34(8):1168–74. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.05.001>
 36. Yu B, Lee YK. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *J Dent.* 2008;36(10):840–6.
 37. Kim IJ, Lee YK. Changes in color and color parameters of dental resin composites after polymerization. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2007;80(2):541–6.
 38. Nahsan FPS, Mondelli RFL, Franco EB, Naufel FS, Ueda JK, Schmitt VL, et al. Clinical strategies for esthetic excellence in anterior tooth restorations: Understanding color and composite resin selection. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(2):151–6.
 39. Mikhail SS, Schricker SR, Azer SS, Brantley WA, Johnston WM. Optical characteristics of contemporary dental composite resin materials. *J Dent.* 2013;41(9):771–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2013.07.001>
 40. Kamishima N, Ikeda T, Sano H. Color and Translucency of Resin Composites for Layering Techniques. *Dent Mater J.* 2005;24(3):428–32.
 41. Ceci M, Viola M, Rattalino D, Beltrami R, Colombo M, Poggio C. Discoloration of different esthetic restorative materials: A spectrophotometric evaluation. *Eur J Dent.* 2017;11(2):149–56.
 42. Hashemikamangar SS, Hoseinpour F, Kiomarsi N, Dehaki MG, Kharazifard MJ. Effect of an optical whitening toothpaste on color stability of tooth-colored restorative materials. *Eur J Dent.* 2020;14(1):85–91.
 43. Brook AH, Smith RN, Lath DJ. The clinical measurement of tooth colour and stain. *Int Dent J.* 2007;57(5):324–30.
 44. CIE 15: Technical Report: Colorimetry. *Int Comm Illum.* 2004;3:1–72.
 45. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula:

- CIEDE2000. *Color Res Appl.* 2001;26(5):340–50.
46. Rouhani A, Akbari M, Farhadi-Faz A. Comparison of tooth discoloration induced by calcium-enriched mixture and mineral trioxide aggregate. *Iran Endod J.* 2016;11(3):175–8.
 47. Dede DÖ, Sahin O, Özdemir OS, Yilmaz B, Celik E, Koroğlu AS. Influence of the color of composite resin foundation and luting cement on the final color of lithium disilicate ceramic systems. *J Prosthet Dent.* 2017;117(1):138–43.
 48. Shadman N, Kandi SG, Ebrahimi SF, Shoul MA. The minimum thickness of a multilayer porcelain restoration required for masking severe tooth discoloration. *Dent Res J (Isfahan).* 2015;12(6):562–8.
 49. Arimoto A, Nakajima M, Hosaka K, Nishimura K, Ikeda M, Foxton RM, et al. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dent Mater.* 2010;26(11):1090–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2010.07.009>
 50. Naeimi Akbar H, Moharamzadeh K, Wood DJ, Van Noort R. Relationship between color and translucency of multishaded dental composite resins. *Int J Dent.* 2012;2012:1–5.
 51. Montero J, Gómez-Polo C, Santos JA, Portillo M, Lorenzo MC, Albaladejo A. Contributions of dental colour to the physical attractiveness stereotype. *J Oral Rehabil.* 2014;41(10):768–82.
 52. Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent.* 2007;97(4):200–8.
 53. International Organization for Standardization. Guidance on color measurements ISO/TR 28642:2016. a Int Organ Stand. 2016.
 54. Lee YK, Powers JM. Discoloration of dental resin composites after immersion in a series of organic and chemical solutions. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2005;73(2):361–7.
 55. Lindsey DT, Wee AG. Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer-simulated teeth. *J Dent.* 2007;35(7):593–9.
 56. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent.* 2010;38(SUPPL. 2):57–64.
 57. Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(2):103–12.
 58. Aquino C, Mathias C, Barreto SC, Cavalcanti AN, Marchi GM, Mathias P. Repair bond strength and leakage of non-aged and aged bulk-fill composite. *Oral Health Prev Dent [Internet].* 2020;18(4):783–91. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32895662>
 59. Öztürk E, Güder G. Correlation between three-dimensional surface topography and color stability of different nanofilled composites. *Wiley Period.* 2015;37(6):438–45.
 60. Ergücü Z, Türkün LS, Aladag A. Color stability of nanocomposites polished with one-

- step systems. *Oper Dent.* 2008;33(4):413–20.
61. Türkün LS, Türkün M. The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Oper Dent.* 2004;29(2):203–11.
 62. Erdemir U, Yildiz E, Eren MM. Effects of sports drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites after long-term immersion. *J Dent [Internet].* 2012;40(SUPPL.2):e55–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2012.06.002>
 63. Akli E, Araujo EA, Kim KB, McCray JF, Hudson MJ. Enamel thickness of maxillary canines evaluated with microcomputed tomography scans. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 2020;158(3):391–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.09.013>
 64. Buti L, Le Cabec A, Panetta D, Tripodi M, Salvadori PA, Hublin JJ, et al. 3D enamel thickness in Neandertal and modern human permanent canines. *J Hum Evol.* 2017;113(2017):162–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhevol.2017.08.009>
 65. Ruiz-López J, Pulgar R, Lucena C, Pelaez-Cruz P, Cardona JC, Perez MM, et al. Impact of short-term dental dehydration on in-vivo dental color and whiteness. *J Dent.* 2021;105(2021):4–10.
 66. Pérez MDM, Ghinea R, Rivas MJ, Yebra A, Ionescu AM, Paravina RD, et al. Development of a customized whiteness index for dentistry based on CIELAB color space. *Dent Mater.* 2016;32(3):461–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2015.12.008>
 67. de Bragança RMF, Moraes RR, Faria-e-Silva AL. Color assessment of resin composite by using cellphone images compared with a spectrophotometer. *Restor Dent Endod.* 2021;46(2):1–11.
 68. de Jesus LS, Volpato CAM, Bortoluzzi EA, da Silveira Teixeira C, Rossetto HL, de Carvalho Panzeri Pires-de-Souza F, et al. Tooth discoloration induced by the different phases of a calcium aluminate cement: One-year assessment. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(7):999–1009.
 69. Basegio MM, Pecho OE, Ghinea R, Perez MM, Della Bona A. Masking ability of indirect restorative systems on tooth-colored resin substrates. *Dent Mater.* 2019;35(6):e122–30. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.03.001>
 70. Demirekin ZB, Turkaslan S. Laminate veneer ceramics in aesthetic rehabilitation of teeth with fluorosis: a 10-year follow-up study. *BMC Oral Health.* 2022;22(42):1–8. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02079-4>
 71. Vichi A, Fraioli A, Davidson CL, Ferrari M. Influence of thickness on color in multi-layering technique. *Dent Mater.* 2007;23(12):1584–9.
 72. Yanikian CRF, Yanikian F, Sundfeld D, Lins RBE, Martins LRM. Direct composite resin veneers in nonvital teeth: A still viable alternative to mask dark substrates. *Oper Dent.* 2019;44(4):E159–66.
 73. Can Say E, Yurdagüven H, Yaman BC, Özer F. Surface roughness and morphology of resin composites polished with two-step polishing systems. *Dent Mater J.* 2014;33(3):332–42.

74. Schitini Junior O, Moraes Canedo PM, Donato T, Cavalcanti A, Ramos L. Diferentes protocolos de imersão em café promovem alterações de cor distintas em resina nanoparticulada. *Brazilian J Heal Rev.* 2019;2(6):5371–81.