

Hugo Miguel dos Santos Branco

**Método visual comparativamente ao espectrofotométrico para identificação da cor dentária *in vivo*: revisão narrativa**



Faculdade Ciências da Saúde  
Universidade Fernando Pessoa  
Porto, 2023



Hugo Miguel dos Santos Branco

**Método visual comparativamente ao espectrofotométrico para identificação da cor dentária *in vivo*: revisão narrativa**

Faculdade Ciências da Saúde  
Universidade Fernando Pessoa  
Porto, 2023

Hugo Miguel dos Santos Branco

**Método visual comparativamente ao espectrofotométrico para identificação da cor dentária *in vivo*: revisão narrativa**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Saúde  
da Universidade Fernando Pessoa  
como parte dos requisitos para a obtenção  
do grau de Mestre em Medicina Dentária.

---

(Hugo Miguel dos Santos Branco)

## RESUMO

**Introdução:** A sociedade atual atribui um grande valor à estética do sorriso. Para satisfazer estas expectativas, os médicos dentistas devem selecionar com precisão a cor dos dentes ao realizar restaurações, de forma a garantir resultados estéticos satisfatórios.

**Objetivo:** Realizar uma revisão narrativa com o propósito de investigar as potenciais vantagens do método espectrofotométrico em comparação com o método visual na seleção da cor dentária *in vivo*.

**Materiais e Métodos:** A pesquisa foi efetuada através de várias bases de dados com combinações de palavras-chaves e operadores booleanos, em estrita conformidade com os critérios de inclusão/exclusão estabelecidos.

**Discussão:** Foram selecionados dez estudos, sendo que quatro indicaram que o espectrofotômetro é mais preciso na correspondência de cores dentárias do que o método visual. No entanto, a combinação de ambos os métodos foi considerada benéfica por alguns autores, pois os métodos complementam-se. Seis artigos não demonstraram uma superioridade clara de um método sobre o outro, sugerindo que ambos podem ser igualmente eficazes. A escolha entre o método visual e o espectrofotométrico pode depender de fatores como as preferências do profissional e o contexto clínico específico.

**Conclusão:** O método instrumental apresenta um maior potencial com vista a uma seleção da tonalidade adequada, contudo, o método visual continua a ser eficaz, pelo que vários autores concluíram que podem ser usados em complementaridade.

**Palavras-chave:** Cor, Medicina Dentária, Tonalidade, Dente, Espectrofotometria, Visual, Percepção de Cor.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Contemporary society places significant importance on the aesthetics of a smile. To meet these expectations, dentists must accurately select tooth color when performing restorations to ensure satisfactory aesthetic outcomes.

**Objective:** To conduct a narrative review with the purpose of investigating the potential advantages of the spectrophotometric method compared to the visual method in vivo tooth color selection.

**Materials and Methods:** The research was carried out through various databases using combinations of keywords and Boolean operators in strict accordance with established inclusion/exclusion criteria.

**Discussion:** Ten studies were selected, with four indicating that the spectrophotometer is more accurate in matching tooth colors than the visual method. However, some authors found that the combination of both methods was beneficial as they complement each other. Six articles did not demonstrate a clear superiority of one method over the other, suggesting that both may be equally effective. The choice between the visual method and spectrophotometry may depend on factors such as the professional's preferences and the specific clinical context.

**Conclusion:** The instrumental method holds greater potential for selecting the appropriate shade; however, the visual method remains effective, and several authors concluded that they can be used in complementarity.

**Keywords:** Color, Dentistry, Shade, Tooth, Spectrophotometry, Visual, Color perception.

## **AGRADECIMENTOS**

No término desta jornada académica desejo expressar a minha sincera gratidão aos meus pais, irmão, familiares, amigos e colegas, que me apoiaram e incentivaram ao longo deste percurso.

Um agradecimento especial ao meu binómio, Hélder Ribeiro, que me acompanhou ao longo deste caminho.

O meu apreço à minha orientadora, Professora Doutora Liliana Teixeira, pela orientação e apoio prestados para a finalização deste trabalho.

Agradeço também ao corpo docente e funcionários da Universidade Fernando Pessoa pela sua simpatia e disponibilidade.

## ÍNDICE GERAL

RESUMO .....	V
ABSTRACT .....	VI
AGRADECIMENTOS .....	VII
ÍNDICE GERAL .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABELAS.....	X
ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS .....	XI
I. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Materiais e métodos .....	3
i. Questão de pesquisa .....	3
ii. Bases de dados .....	3
iii. Critérios de inclusão .....	3
iv. Critérios de exclusão .....	4
v. Metodologia na seleção dos artigos.....	4
II. DESENVOLVIMENTO .....	6
2.1. Cor .....	6
2.2. Método visual .....	11
2.3. Guias de cores .....	13
i. VITA Classical A1-D4 <sup>®</sup> .....	16
ii. VITA 3D-Master <sup>®</sup> .....	17
iii. Guias de cores personalizados .....	18
2.4. Fonte de Iluminação.....	19
2.5. Dispositivos de correção de luz .....	20
2.6. Método instrumental .....	21
i. Espectrofotômetros .....	21
ii. Scanners intraorais .....	25
iii. Fotografia digital com filtro polarizado.....	27
III. RESULTADOS.....	30
IV. DISCUSSÃO .....	36
V. CONCLUSÃO .....	39
VI. BIBLIOGRAFIA.....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fluxograma da pesquisa bibliográfica, adaptado de (Page, M. et al., 2021)... 5	5
<b>Figura 2:</b> Diagrama do espaço de cor CIELAB, adaptado de (Ly, B. et al., 2020). ..... 9	9
<b>Figura 3:</b> Guia de cores <i>VITA CLassical</i> <sup>®</sup> (Ontiveros, J. e Paravina, R., 2019). ..... 14	14
<b>Figura 4:</b> Guia de cores <i>Vita 3D-Master</i> <sup>®</sup> (Todorov, R. et al., 2020). ..... 14	14
<b>Figura 5:</b> Guia de cores personalizado (Ontiveros, J. e Paravina, R., 2019). ..... 15	15
<b>Figura 6:</b> Figura: Espectrofotômetro <i>Vita Easyshade V</i> <sup>®</sup> (Ontiveros, J. e Paravina, R., 2019). ..... 23	23
<b>Figura 7:</b> Coordenadas CIELAB para a aba de cor 2M3 (Gómez-Polo, C. et al., 2016). ..... 24	24

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Resumo dos artigos incluídos .....	30
---	----

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

**a\*** – Eixo de tonalidade vermelho-verde no espaço de cores CIELAB.

**AT** – Aceitabilidade.

**b\*** – Eixo de tonalidade amarelo-azul no espaço de cores CIELAB.

**CIE** – *Commission Internationale de l'Éclairage*.

**CIEDE2000 ( $\Delta E_{00}$ )** – Fórmula de diferença de cor desenvolvida para o espaço de cores CIELAB pela *Commission Internationale de l'Éclairage* em 2000, que quantifica e descreve as diferenças de cor com base na percepção visual (conhecida como  $\Delta E_{00}$ ).

**CIELAB** – Espaço tridimensional da cor desenvolvido pela *Commission Internationale de l'Éclairage* (oficializado em 1976).

**CIELAB ( $\Delta E^*_{ab}$ )** – Fórmula de diferença de cor desenvolvida para o espaço de cores CIELAB pela *Commission Internationale de l'Éclairage* em 1976, que quantifica e descreve as diferenças de cor com base na percepção visual.

**ISO** – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização).

**K** – Kelvin.

**L\*** – Eixo de valor/luminosidade no espaço de cores CIELAB.

**LED** – *Light Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz).

**nm** – Nanómetro.

**PRISMA** – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*.

**PT** – Percetibilidade.

## I. INTRODUÇÃO

A sociedade valoriza muito um sorriso atraente. As expectativas e exigências em relação à estética das restaurações dentárias estão em constante crescimento. Embora diversos fatores desempenhem um papel importante no sucesso dessas restaurações, como a forma e a textura, a cor desempenha um papel preponderante no resultado final (Hynková, K. *et al.*, 2020). Assegurar um sorriso esteticamente agradável representa uma das principais preocupações na odontologia estética. A busca incessante dos pacientes por aprimoramentos na aparência dentária, tem impulsionado constantemente a indústria a elevar os padrões em relação a materiais, técnicas e tecnologia. Estudos recentes têm enfatizado que a cor dos dentes é um dos parâmetros mais significativos na determinação da satisfação dos pacientes com a aparência de seus dentes (Zlatarić, D. *et al.*, 2016). Portanto, cabe ao dentista fornecer restaurações que se harmonizem com os dentes adjacentes (Kelkar, K. *et al.*, 2020).

A capacidade de usar materiais odontológicos de forma eficaz para alcançar o melhor resultado estético é fundamental. À medida que a odontologia evoluiu historicamente, passando de um foco no alívio da dor e desconforto, além da restauração da função, para também priorizar os resultados estéticos, a importância de uma correspondência precisa de cores tornou-se indispensável (Carney, M. e Johnston, W., 2017). O papel desempenhado pela correspondência de cores e pela estética, no contexto mais amplo de criar uma restauração ideal, é simples em teoria, mas complexo na prática. Mesmo a restauração perfeita em todos os outros aspectos pode rapidamente ser considerada inadequada, se a correspondência de cor não for satisfatória (Carney, M. e Johnston, W., 2017). Selecionar a cor com precisão é um dos aspectos mais críticos para obter resultados estéticos confiáveis em restaurações diretas e indiretas (Kurian, N. *et al.*, 2023). A escolha inadequada de cores representa a segunda causa para refazer trabalhos em laboratório, resultando em ineficiência, custos adicionais e stresse desnecessário, tanto para o profissional quanto para o paciente (Kalman, L., 2020).

A capacidade de perceber com precisão a cor dos dentes é uma meta crucial para o médico dentista, que deve escolher a tonalidade dentária adequada para criar restaurações estéticas satisfatórias, a fim de atender às expectativas do paciente, que deseja um sorriso aprimorado (Enone, L. *et al.*, 2020). As restaurações devem ser capazes de corresponder

às características individuais de cor e à variabilidade encontrada na dentição natural (Mehdi, A. *et al.*, 2020).

A percepção de cor varia conforme a fonte de luz, o objeto e o observador. A cor dos dentes resulta da complexa interação entre camadas de esmalte e dentina, que refletem e transmitem a luz incidente, determinando a qualidade da cor (Bushra, J., 2015). A seleção da tonalidade pode ser realizada no consultório ou no laboratório, e existem dois métodos principais para a efetuar: um visual e outro instrumental. (Pohlen, B. *et al.*, 2016; Igiel, C. *et al.*, 2017). Alguns autores recomendam a utilização conjunta dos métodos de correspondência de cores visuais e instrumentais, pois estes complementam-se (Zlatarić, D. *et al.*, 2016).

O método mais comum para a correspondência de cores é o método de correlação visual, que utiliza guias de cores pré-fabricadas (Hein, S. *et al.*, 2017). As guias de cores mais amplamente utilizadas são a *VITA classical A1-D4*<sup>®</sup> e o *VITA 3D-Master*<sup>®</sup> (Lehmann, K. *et al.*, 2017). No entanto, devido à sua dependência em relação ao observador, este processo é considerado subjetivo e influenciado por diversos fatores, o que pode resultar em erros ao definir a cor dentária. (Rondón, L. *et al.*, 2022); Weyhrauch, M. *et al.*, 2015). Contudo este método apresenta um custo menor e uma maior facilidade de uso em comparação com o método instrumental (Nobar, B. *et al.*, 2021).

O método instrumental engloba vários dispositivos como: câmaras digitais, espectrorradiômetros, espectrofotômetros, colorímetros e scanners intraorais (Nobar, B. *et al.*, 2021). A medição instrumental fornece dados objetivos e quantitativos, reduzindo a subjetividade associada ao método visual (Kose, C. *et al.*, 2023). Relativamente aos espectrofotômetros, estes têm sido predominantemente utilizados em pesquisas e não tanto na prática clínica (Parameswaran, V. *et al.*, 2016). Os espectrofotômetros estão disponíveis na área odontológica há algum tempo, e apesar de demonstrarem resultados consistentes, não garantem necessariamente uma escolha óbvia (Hein, S. *et al.*, 2017).

Os resultados das pesquisas sobre a relação entre a correspondência de cores visual e instrumental têm sido inconclusivos (Parameswaran, V. *et al.*, 2016).

O propósito desta dissertação foi investigar se o método espectrofotométrico fornece vantagens em comparação com o método visual na seleção da cor dentária *in vivo*, através de uma revisão narrativa capaz de definir a evidencia científica existente.

## 1.1 Materiais e métodos

### i. Questão de pesquisa

A questão de pesquisa foi a seguinte: “Qual o benefício do método espectrofotométrico para a seleção correta da cor *in vivo*, nos incisivos centrais superiores, em comparação com o método visual?, seguindo uma estratégia PICO – População, Intervenção, Comparação e Outcome.

P (População) – Dentes ântero-superiores

I (Intervenção) – Uso do método espectrofotométrico para seleção de cor dentária

C (Comparação) – Seleção de cor com método visual

O (Outcome) – Valores ajustados na escala CIELAB, para ambos os métodos.

S (Study type) – Estudos *in vivo*.

### ii. Bases de dados

A pesquisa foi efetuada *on-line*, entre Abril e Junho de 2023, nos serviços de documentação da Universidade Fernando Pessoa, através das inúmeras ferramentas colocadas ao dispor, nomeadamente, *PubMed*, *ScienceDirect*, *B-On* e *Web of Science*.

A estratégia de pesquisa seguiu uma estrutura lógica que combinasse as palavras-chave e os operadores booleanos AND e OR. As palavras-chave usadas foram: “*color*”, “*colour*”, “*dentistry*”, “*shade*”, “*dental*”, “*tooth*”, “*spectrophotometry*”, “*visual*”, “*color perception*”, “*color vision*”. No decorrer de todas as pesquisas foi aplicado o operador booleano AND às palavras-chave, ou seja, “*dental and color or colour*”, considerando que alguns temas estão interligados entre si. Foram também, usadas frases booleanas, usando o operador OR, como por exemplo, “*visual color OR spectrophotometry color*”. A escolha dos artigos foi feita com base nos critérios de inclusão, exclusão e objetivos do presente trabalho.

### iii. Critérios de inclusão

Com a finalidade de orientar a pesquisa e selecionar a bibliografia relevante em função dos resultados obtidos foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão para a

seleção dos estudos: estudos *in vivo*, em que fossem efetuadas avaliações de cor pelo método visual e espectrofotométrico, com ajuste na escala CIELAB. Também foram considerados como critérios de inclusão a data de publicação, abrangendo o período de 10 anos, ente Janeiro de 2013 e Abril de 2023, e o idioma dos artigos, que deveriam estar escritos em português ou inglês.

#### **iv. Critérios de exclusão**

Foram estabelecidos critérios de exclusão para a avaliação em causa, os estudos *in vitro*, estudos anteriores a 2013, revisões sistemáticas ou narrativas ou artigos cujo tema após a leitura do título e resumo não manifestassem relevância para o tema em estudo, artigos indisponíveis e artigos que não estavam escritos em língua portuguesa ou inglesa.

#### **v. Metodologia na seleção dos artigos**

A estratégia de pesquisa procurou uma estrutura lógica que combinasse as palavras-chave, os operadores booleanos e a interligação entre estes. Em relação aos critérios de seleção, com o objetivo de refinar a seleção inicial dos artigos, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos, e após esta, aplicou-se sobre os artigos selecionados, a leitura na íntegra dos artigos. Esta revisão narrativa foi realizada de acordo com as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), conforme se apresenta na figura 1,

Método visual comparativamente ao espectrofotométrico para identificação da cor dentária *in vivo*:  
revisão narrativa

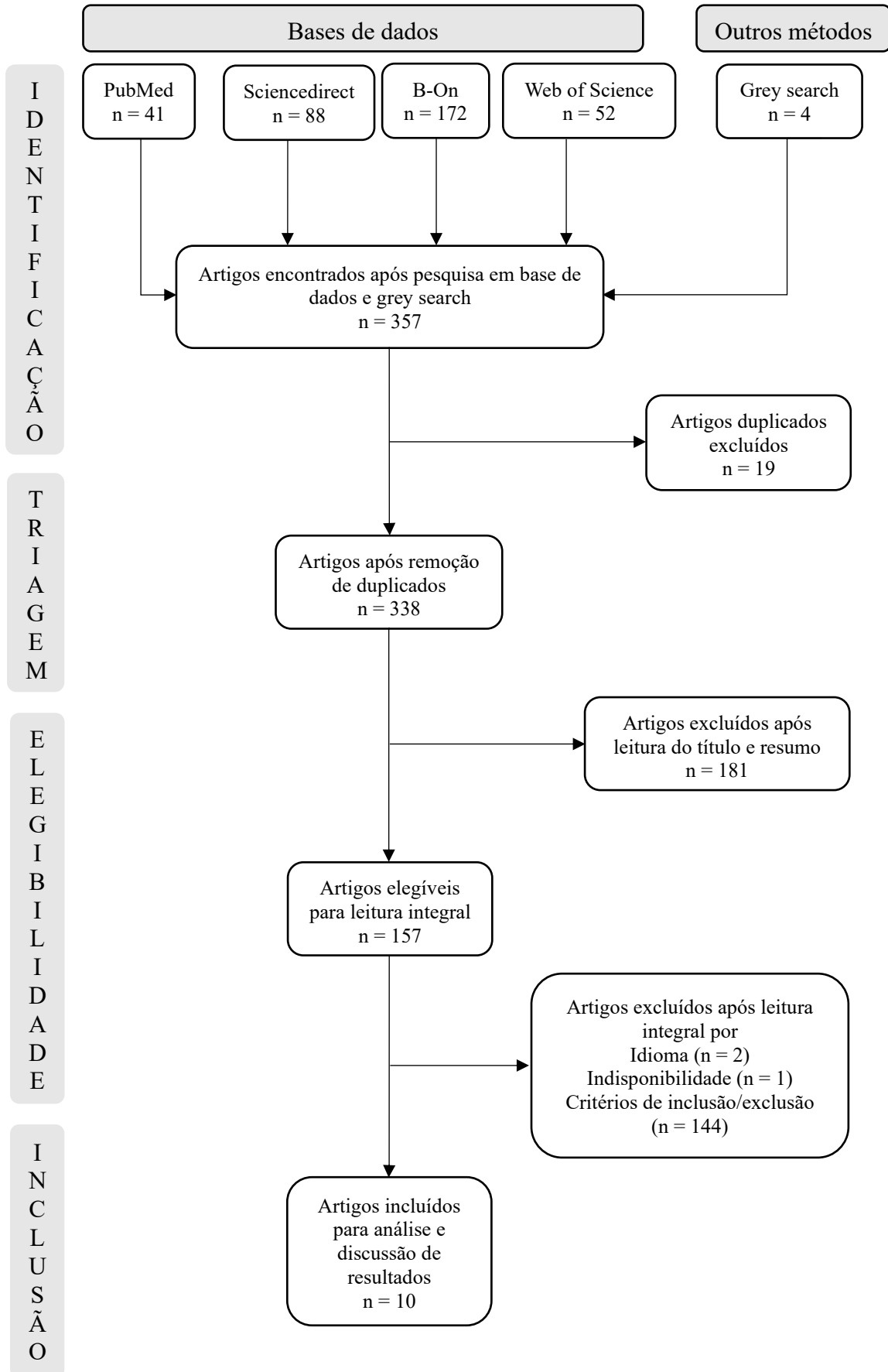


Figura 1: Fluxograma da pesquisa bibliográfica, adaptado de (Page, M. *et al.*, 2021).

Foram identificados 357 artigos através de pesquisa em bases de dados e recurso a *grey search*. A *grey search* envolveu a inserção das palavras-chave no motor de pesquisa *Google Search*<sup>®</sup>, seguida da análise dos artigos apresentados como resultados. Após a triagem dos títulos e resumos, bem como a remoção de duplicados, 157 artigos foram selecionados para leitura integral. Destes, 147 foram excluídos, por recurso aos critérios de inclusão/exclusão, 2 não estavam no idioma definido e 1 não estava disponível para consulta integral. Assim, foram incluídos 10 artigos para análise, no âmbito das condições definidas para esta revisão. Todos os estudos incluídos na análise foram realizados *in vivo*, em incisivos centrais superiores, num total de 420 pacientes.

## II. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Cor

A cor é um fenómeno intrinsecamente ligado à percepção visual humana, manifestando-se em resposta à luz que um objeto reflete ou transmite. A cor natural dos dentes resulta da interação da luz que incide na superfície do esmalte e da que se dispersa e reflete tanto no esmalte quanto na dentina (Zlatarić, D. *et al.*, 2015). A dentina, devido à translucidez do esmalte, desempenha um papel crucial na determinação da cor geral do dente. Além disso, as características externas dos dentes, como tamanho, forma e estrutura superficial, influenciam a reflexão da luz e, conseqüentemente, a sua cor. Vários fatores podem afetar a coloração dos dentes, incluindo influências genéticas, congénitas, metabólicas, químicas, infecciosas e ambientais. Além disso, doenças hereditárias podem ter impacto na espessura e na composição mineral e orgânica do esmalte, o que, por sua vez, afeta a cor dentária (Lee Y.-K., 2016).

Alcançar uma correspondência de cor eficaz para restaurações dentárias diretas e indiretas representa um dos desafios mais complexos na odontologia estética. O sucesso de uma restauração estética reside na sua capacidade de se fundir imperceptivelmente com o ambiente oral, o que é alcançado por meio da melhoria contínua dos materiais odontológicos e do constante desenvolvimento das técnicas de restauração. Além disso, para atingir os resultados desejados, o médico dentista precisa de compreender os fatores que podem influenciar este processo (Simionato, A. *et al.*, 2020). Neste contexto, a percepção da cor de um dente pode ser influenciada por três fatores: a fonte de luz, o

próprio objeto em observação e a pessoa que examina o objeto (Zlatarić, D. *et al.*, 2015). Portanto na medicina dentária, a cor natural do dente, as propriedades óticas dos tecidos dentários e a intensidade da luz no ambiente clínico, juntamente com a percepção visual do médico dentista, desempenham papéis fundamentais no resultado estético das restaurações (Simionato, A. *et al.*, 2020).

Durante muitos anos, a compreensão, a avaliação, a comunicação e a reprodução de cores foram desafios significativos na odontologia. Em 1904, Munsell revolucionou a compreensão da cor ao introduzir uma notação de cor e definir um espaço de cor com três propriedades essenciais: o valor (que representa a intensidade luminosa de uma cor), o matiz (que descreve a percepção da cor, como vermelho ou verde) e o croma (que se refere à saturação ou pureza da cor). Munsell atribuiu valores numéricos a essas propriedades de cor e forneceu amostras físicas para a determinação precisa das cores dos objetos. (Tabatabaian, F. *et al.*, 2021).

A percepção humana de cor depende dos parâmetros físicos da luz e de uma complexa abstração realizada pelos neurónios cerebrais dos parâmetros físicos da refletância da luz em objetos. A experiência da cor e os atributos de cor atribuídos aos objetos são criados por esta abstração. Isso é alcançado através da discriminação entre os comprimentos de onda da luz refletida por um objeto e os da luz refletida pelo ambiente (Ragain, J., 2015). O olho humano é sensível a comprimentos de onda de luz na faixa de 400-700 nm, o que resulta numa transição gradual de cores visíveis, que vai do azul, passando pelo verde, amarelo, laranja e chegando ao vermelho. A região verde-amarela é onde o olho apresenta maior sensibilidade à luz. Estudos determinaram que os cones individuais no olho contêm apenas um dos três tipos de pigmentos. Um destes pigmentos é predominantemente sensível a comprimentos de onda curtos no espectro visível, atingindo o pico em torno de 430-446 nm, contribuindo significativamente para a percepção da cor azul. Outro pigmento é sensível aos comprimentos de onda médios, com um pico em 531-555 nm, influenciando a percepção da cor verde. O terceiro pigmento tem seu pico de sensibilidade em 558-599 nm, tendo um papel fundamental na percepção da cor vermelha (Ragain, J., 2015).

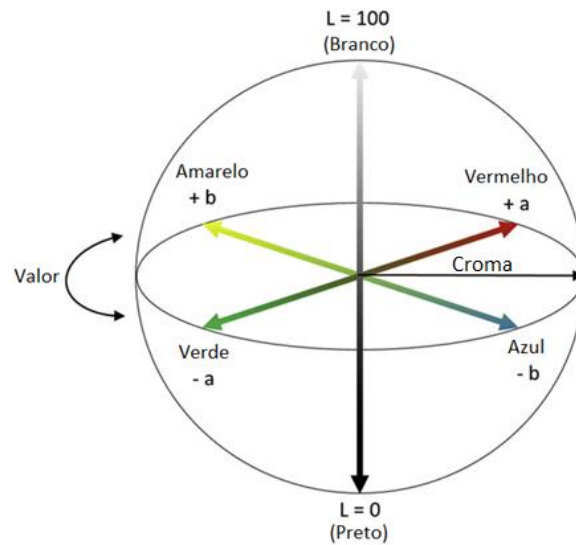
Desde 1931, a *Commission internationale de l'éclairage* (CIE) tem trabalhado continuamente no aprimoramento de fórmulas matemáticas para medir diferenças de cor, com o objetivo de alcançar valores que se assemelhem à percepção humana (Gómez-Polo, C. *et al.*, 2020). A CIE tem desempenhado um papel fundamental na área da colorimetria aplicada a materiais dentários, sendo responsável pela introdução dos principais sistemas de cor, padrões de iluminação e conceitos de diferença de cor ( $\Delta E$ ) amplamente adotados na ciência das cores (Pecho, O. *et al.*, 2016).

No campo odontológico, a cor não é mais apenas uma qualidade, mas sim uma característica que pode ser mensurada. Em 1973, Sproull introduziu a noção de que a cor possui uma natureza tridimensional e propôs um método prático para sua medição e controle. Isso levou ao desenvolvimento do sistema de cor CIELAB (Tabatabaian, F., 2018). Em 1976, a CIE oficializou o espaço de cor CIE (1976)  $L^*a^*b^*$ , frequentemente abreviado como CIELAB. Este espaço é um sistema do tipo oponente e o principal objetivo por trás do desenvolvimento do espaço de cores CIELAB foi estabelecer uma prática uniforme para a quantificação de diferenças de cor, algo que não podia ser facilmente realizado com os espaços de cor anteriormente existentes (Hein, S. *et al.*, 2020). Dentro do espaço de cor CIELAB, cada cor é definida em relação a três eixos colorimétricos ( $L^*$ : eixo de valor/luminosidade (acromático);  $a^*$ : eixo de tonalidade vermelho-verde;  $b^*$ : eixo de tonalidade amarelo-azul) (Pecho, O. *et al.*, 2016; Pop-Ciutrla, I.-S. *et al.*, 2021). Neste sistema, os atributos de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  podem ser medidos por meio de espectrofotometria (Tabatabaian, F. *et al.*, 2017).

Para quantificar as diferenças de cor no sistema CIELAB, foram propostas fórmulas (Tabatabaian, F., 2018). A fórmula CIELAB ( $\Delta E^*_{ab}$ ) tem sido utilizada tanto em avaliações visuais quanto instrumentais desde que foi descrita pela primeira vez em 1976. Posteriormente, foi introduzida a fórmula CIEDE2000 ( $\Delta E_{00}$ ), uma versão mais recente que visa melhorar a correlação entre avaliações visuais e medições instrumentais de diferença de cor (Dede, D. *et al.*, 2017).

A figura 2 apresenta um diagrama do espaço de cor CIELAB, que visualmente representa as relações entre as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Este espaço de cor tridimensional é

fundamental para a compreensão da medição e avaliação precisa da cor em restaurações dentárias.



**Figura 2:** Diagrama do espaço de cor CIELAB, adaptado de (Ly, B. *et al.*, 2020).

As duas fórmulas empregues para avaliar diferenças de cor no sistema CIELAB são as seguintes:

$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ , onde  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  representam as diferenças nas coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  entre duas amostras (Tabatabaian, F., 2018; Kang, W. *et al.*, 2018).

$\Delta E_{00} = [(\Delta L'/K_L S_L)^2 + (\Delta C'/K_C S_C)^2 + (\Delta H'/K_H S_H)^2 + R_T (\Delta C'/K_C S_C) (\Delta H'/K_H S_H)^2]^{1/2}$ , onde  $\Delta L'$ ,  $\Delta C'$  e  $\Delta H'$  representam as diferenças em luminosidade, croma e matiz entre duas amostras no sistema CIEDE2000, enquanto  $R_T$  é uma função que leva em consideração a interação entre as diferenças de croma e matiz na região azul. As funções de ponderação,  $S_L$ ,  $S_C$ ,  $S_H$ , ajustam a diferença de cor total à variação na localização do par de diferença de cor nas coordenadas  $L'$ ,  $a'$ ,  $b'$ , e os fatores paramétricos  $K_L$ ,  $K_C$ ,  $K_H$ , são termos de correção para as condições experimentais (Pecho, O. *et al.*, 2016).

A fórmula  $\Delta E_{00}$  é considerada mais precisa, uma vez que considera múltiplos atributos de cor e atribui maior importância à coordenada  $L^*$ , aspeto fundamental no âmbito odontológico (Tabatabaian, F. *et al.*, 2021). Embora a fórmula  $\Delta E_{00}$  proporcione uma adaptação mais precisa às diferenças de cor calculadas, a fórmula  $\Delta E^*_{ab}$  é amplamente utilizada na odontologia devido à sua simplicidade. (Tabatabaian, F., 2018). No entanto,

vários estudos têm indicado uma preferência pela fórmula  $\Delta E_{00}$ , uma vez que esta tende a produzir resultados mais consistentes com a percepção visual (Rondón, L. *et al.*, 2022). Gómez-Polo, C. *et al.* (2016), compararam ambas as fórmulas e concluíram que a fórmula CIEDE2000 ( $\Delta E_{00}$ ) é mais precisa na representação das diferenças de cor do que a fórmula CIELAB ( $\Delta E^*_{ab}$ ) (Gómez-Polo, C. *et al.*, 2016).

Os pesquisadores quantificam a diferença, representada como  $\Delta E$ , entre uma restauração e os dentes adjacentes ou uma cor de referência, a fim de avaliar a correspondência de cor (Tabatabaian, F., 2018). O valor do delta  $\Delta E$  reflete a magnitude da diferença de cor entre dois objetos, sendo que quanto maior o seu valor, maior será a discrepância na cor, tornando-a mais visível ao olho humano (Khashayar, G. *et al.*, 2014).

Na área odontológica, tanto em pesquisas quanto na prática clínica, a avaliação da cor de estruturas e materiais dentários é frequentemente realizada por meio da colorimetria, utilizando o espaço de cor CIELAB e as suas fórmulas correspondentes de diferença de cor total, como a CIELAB ( $\Delta E^*_{ab}$ ) e a CIEDE2000 ( $\Delta E_{00}$ ) (Pop-Ciutřila, I.-S. *et al.*, 2021, Tabatabaian, F. *et al.*, 2019). No entanto, determinar a diferença de cor entre dois objetos só é clinicamente relevante quando se compreende o limiar de percepção, ou seja, a magnitude da diferença de cor que pode ser visualmente percebida, e o limiar de aceitabilidade, que define a magnitude considerada inaceitável para a estética dentária. O Relatório Técnico de Padronização da Organização Internacional de Normalização (ISO) também preconiza essa interpretação por meio de limites de diferença de cor e fornece diretrizes para futuras padronizações relacionadas à conformidade e intercambiabilidade de cores dentárias (Khashayar, G. *et al.*, 2014). Conforme definido pela ISO, as diferenças de cor devem ser avaliadas com base em limiares que consideram 50% de aceitabilidade (AT:  $\Delta E^*_{ab} = 2,66$  e  $\Delta E_{00} = 1,77$ ) e 50% de perceptibilidade (PT:  $\Delta E^*_{ab} = 1,22$  e  $\Delta E_{00} = 0,81$ ). Portanto, quando a diferença de cor entre duas amostras se encontra dentro ou abaixo do limiar PT, isso indica uma correspondência excelente. Se a diferença está situada entre os limiares PT e AT, é considerada aceitável. Por outro lado, se a diferença exceder o limiar AT, é considerada inaceitável (Sonza, Q. *et al.*, 2021).

Nos estudos que envolvam a avaliação de cor, é essencial que o autor estabeleça limiares de percepção e/ou aceitabilidade para fins de comparação dos resultados obtidos. A

avaliação quantitativa da diferença de cor é irrelevante, a menos que sejam identificados dois limiares essenciais, ou seja, o nível de diferença que pode ser percebido por um observador e o grau de diferença de cor que é considerado clinicamente aceitável (Khashayar, G. *et al.*, 2014).

## 2.2. Método visual

A seleção da tonalidade é uma parte crucial, porém desafiadora, da rotina restauradora e estética (Pohlen, B. *et al.*, 2019; Hein S. *et al.*, 2017). A abordagem visual envolve a comparação da cor do dente com padrões de cor conhecidos, como guias de cores comerciais (Koumpia, E. *et al.*, 2018; Gurrea, J. *et al.*, 2016). Como alternativa, também é possível criar guias de cores personalizados a partir do próprio material restaurador (Rutkūnas, V. *et al.*, 2020).

A correspondência visual é efetuada por meio de guias de cores pré-fabricados, que são organizadas de acordo com a intensidade cromática e/ou valor (Pohlen, B. *et al.*, 2019; Hynková, K. *et al.*, 2020; Joiner, A. e Luo, W., 2017). Os médicos dentistas comparam dentes ou restaurações com estes padrões de tonalidade, que frequentemente têm a forma de dentes e são feitos de cerâmica, acrílico ou compósito e frequentemente em forma de dente (Pohlen, B. *et al.*, 2019; Hynková, K. *et al.*, 2020, Rutkūnas, V. *et al.*, 2020). No entanto, devido à sua dependência em relação ao observador, este processo é considerado subjetivo e influenciado por inúmeros fatores (Rondón, L. *et al.*, 2022). É importante destacar que os fatores relacionados com a escolha da cor desempenham um papel ainda mais significativo no método visual (Pohlen, B. *et al.*, 2019). Estes fatores podem estar relacionados ao operador (observador) ou a fatores externos, abrangendo elementos como a percepção humana das cores, variáveis fisiológicas e ambientais, além das condições de iluminação (Dudea, D. *et al.*, 2016; Gurrea, J. *et al.*, 2016).

No contexto da seleção precisa, destacam-se na literatura os fatores relativos ao operador (observador):

- fadiga visual, daltonismo, percepção cromática, envelhecimento, variações emocionais, idade e gênero (Parameswaran, V. *et al.*, 2016; Zlatarić, D. *et al.*, 2015; Pohlen, B. *et al.*, 2016).

- falta de consistência na utilização de guias de cores ao realizar a correspondência de cores (Parameswaran, V. *et al.*, 2016; Hein, S. *et al.*, 2020).
- destreza, experiência, treino e conhecimento em relação à cor (Parameswaran, V. *et al.*, 2016); Liu, M. *et al.*, 2015).
- vestuário e maquiagem (Gómez-Polo, C. *et al.*, 2014; Zlatarić, D. *et al.*, 2015).

Relativamente ao objeto em questão, que inclui o dente-alvo e os guias de cores, destacam-se os seguintes fatores:

- aparência mais clara resultante da alteração no índice de refração da luz devido à desidratação do dente, que ocorre durante procedimentos restauradores com o isolamento do campo operatório. No entanto, este efeito tende a ser temporário e o dente retorna à sua condição ótica normal após reidratação (Ruschel, V. *et al.*, 2018).
- características individuais dos dentes naturais, metamerismo e reflexão da luz (Parameswaran, V. *et al.*, 2016).
- gama limitada de cores disponíveis nos guias de cores e amostras de cores não organizadas de forma lógica (Zlatarić, D. *et al.*, 2015; Parameswaran, V. *et al.*, 2016).
- existência de variações entre guias de cores do mesmo fabricante (Parameswaran, V. *et al.*, 2016; Dashti, H. *et al.*, 2017).
- materiais constituintes dos guias de cores podem não corresponder exatamente aos materiais usados em restaurações dentárias, resultando em diferentes propriedades de absorção e reflexão da luz (Dashti, H. *et al.*, 2017).
- processos de desinfecção ou esterilização podem ocasionar alterações na tonalidade dos guias de cores (Dashti, H. *et al.*, 2017).

No contexto da fonte de iluminação e ambiente, destacam-se os seguintes elementos:

- ambiente interno do consultório odontológico, incluindo a intensidade, ângulo e natureza da fonte de luz usada, assim como a estação do ano e a hora do dia (Özden, Y. *et al.*, 2022; Abu-Hossin, S. *et al.*, 2023).

No entanto, há diversas opiniões divergentes em relação a alguns destes fatores que podem influenciar a seleção de cores dentárias.

- No que diz respeito à influência da idade e experiência na seleção de cores, há opiniões divergentes, pois alguns autores afirmam que o impacto da experiência não é significativo (Pohlen, B. *et al.*, 2016).
- Em relação ao género, alguns estudos sugerem um desempenho superior entre homens, enquanto outros parecem favorecer as mulheres, no entanto, muitas pesquisas não encontram evidências concretas da influência do género neste processo (Pecho, O. *et al.*, 2017).
- Quanto à influência do ambiente ao redor do campo operatório, incluindo vestuário, paredes e teto do consultório, alguns autores defendem que são necessários mais estudos para se chegar a uma conclusão definitiva (Dudea, D. *et al.*, 2016).

Adicionalmente aos fatores referidos, os meios verbais padronizados para descrever as características de cor avaliadas visualmente são limitados (Parameswaran, V. *et al.*, 2016). Apesar da falta de consenso entre os autores em relação ao treino e experiência, alguns especialistas destacam a importância da formação em fisiologia da visão e ciência das cores durante o curso. Esses especialistas argumentam que a capacidade de discriminação das cores pode ser aprimorada por meio de treino e experiência (Sinmazisik, G. *et al.*, 2014; Liu, M. *et al.*, 2015; Huang, M. *et al.*, 2022). No entanto, alguns autores notaram deficiências na educação em cores, o que pode resultar em estudantes com conhecimento incompleto (Goodkind, R. e Loupe, M. *cit. in.* Pohlen, B. *et al.*, 2016).

Não obstante as eventuais limitações, o método mais amplamente empregue para realizar a correspondência de tonalidades é o método visual. Esta abordagem oferece uma correspondência visual da cor dos dentes rápida, acessível e económica (Igiel, C. *et al.*, 2016; Huang, M. *et al.*, 2022; Parameswaran, V. *et al.*, 2016).

### **2.3. Guias de cores**

O olho humano é altamente sensível na deteção de pequenas diferenças de cor entre objetos, sendo capaz de distinguir variações tão pequenas quanto 1,0 unidades de  $\Delta E$  em condições padronizadas e identificar diferenças maiores (em torno de 3,7 unidades de  $\Delta E$ ) no ambiente intraoral (Draghici, R. *et al.*, 2015; Alshiddi, I. e Richards, L., 2015).

Ao determinar a cor do dente, vários guias de cores podem ser considerados visualmente aceitáveis, desde que a diferença ( $\Delta E$ ) entre os guias de cores e o dente seja menor que o

limiar de percepção estabelecido (Rutkūnas, V. *et al.*, 2020; Alshiddi, I. e Richards, L., 2015).

As figuras 3, 4 e 5 apresentam exemplos de guias de cores utilizados na medicina dentária para a seleção da cor dentária pelo método visual. A figura 3 mostra o guia de cores *VITA Classical*<sup>®</sup>, a figura 4 destaca o guia de cores *Vita 3D Master*<sup>®</sup>, enquanto a figura 5 representa um guia de cores personalizado.



**Figura 3:** Guia de cores *VITA Classical*<sup>®</sup> (Ontiveros, J. e Paravina, R., 2019).



**Figura 4:** Guia de cores *Vita 3D-Master*<sup>®</sup> (Todorov, R. *et al.*, 2020).



**Figura 5:** Guia de cores personalizado (Ontiveros, J. e Paravina, R., 2019).

As opiniões sobre como o tipo de guia de cores influencia a precisão da correspondência de cores são divergentes. No entanto, é importante observar que diferentes tipos de guias de cores podem ter um impacto mais significativo na precisão da correspondência de cores quando a seleção de tonalidades é realizada por clínicos inexperientes ou avaliadores sem treino (Nobar, B. *et al.*, 2021).

O primeiro guia de cores comercial, conhecido como *VITA Lumin Vacuum*<sup>®</sup>, foi lançado em 1956 e não seguia parâmetros de cor estabelecidos (Tabatabaian, F. *et al.*, 2021).

Em todo o mundo, o sistema de guia de cores *VITA Classical A1-D4*<sup>®</sup> é amplamente adotado em consultórios e laboratórios. A organização do guia de cores *VITA Classical A1-D4*<sup>®</sup> é empírica, enquanto o *VITA 3D-Master*<sup>®</sup> se baseia em evidências. Este último, juntamente com o *VITA Linearguide 3D-Master*<sup>®</sup>, incluem de forma mais abrangente a gama de cores encontradas nos dentes humanos, aumentando assim a probabilidade de obter uma correspondência de cores bem-sucedida (Igiel, C. *et al.*, 2017; Igiel, C. *et al.*, 2016). No entanto, apesar de ser amplamente utilizado, o guia de cores *VITA Classical A1-D4*<sup>®</sup> apresentou algumas dificuldades devido à ausência de uma organização sistemática das tonalidades. Com a introdução do guia de cores *3D-Master*<sup>®</sup>, uma abordagem mais sistemática para a correspondência de cores foi adotada, seguindo os princípios de Munsell. Este avanço representou uma melhoria significativa na medicina dentária, proporcionando maior precisão e eficácia na seleção de cores para procedimentos clínicos (Žarko, U. *et al.*, 2020; Draghici, R. *et al.*, 2015).

Um estudo com estudantes de odontologia europeus em 2011 revelou que a determinação visual de cor usando o *Vitapan Classical*<sup>®</sup> e o *VITA 3D-Master*<sup>®</sup> era o método de seleção de cor mais comumente ensinado. Apenas uma minoria dos estudantes tinha experiência com métodos digitais para seleção de cores (Olms, C. *et al.*, 2013; Klinke, T. *et al.*, 2017). A pesquisa de Paravina *et al.* (2009), também destacou a popularidade destes dois guias de cores (Olms, C. *et al.*, 2013). Nos Estados Unidos, a preferência da maioria dos dentistas em consultórios particulares recai sobre o guia de cores *Vita Classical*<sup>®</sup> (59,8%) e o guia de cores *Vita 3D-Master*<sup>®</sup> (34,4%). No estudo conduzido por Wee *et al.* (2016), apenas um médico dentista utilizou um instrumento eletrônico (*Vita Easyshade Compact*<sup>®</sup>), enquanto outro optou por usar imagens digitais para se comunicar com o laboratório (Klinke, T. *et al.*, 2017).

Os guias de cores odontológicos estão disponíveis em várias formas e tipos, geralmente seguindo um design básico com uma série de cores de dentes padrão que podem ser organizadas de acordo com diferentes critérios (Joiner, A. e Luo, W., 2017). Estes guias podem ser agrupados com base principalmente em diferenças de tonalidade, como exemplificado pelo *VITAPAN Classical*<sup>®</sup>, *VITAPAN Lumin Vacuum*<sup>®</sup>, *Chromascope*<sup>®</sup> e *Primodent V*<sup>®</sup>, ou em diferenças de luminosidade como no caso do *VITA 3D-Master*<sup>®</sup> e do *VITA 3D-Master Linearguide*<sup>®</sup>. A ordem correta de correspondência de cores pode variar de acordo com o guia de cores utilizado (Pohlen, B. *et al.*, 2016).

#### **i. VITA Classical A1-D4<sup>®</sup>**

O *VITA Classical*<sup>®</sup> é composto por 16 abas de cores organizadas em quatro grupos com base no matiz. Dentro de cada grupo, a organização é feita de acordo com o valor e o croma, onde números mais elevados indicam menor valor e maior croma. Por exemplo, a aba A3 é mais escura e mais cromática do que a A2. No entanto, a obtenção de uma correspondência precisa de valor, croma e matiz com este guia de cores é frequentemente um desafio, uma vez que a cor dos dentes naturais nem sempre coincide perfeitamente com uma das abas disponíveis (Lehmann, K. *et al.*, 2017).

## ii. VITA 3D-Master®

O *Vita 3D-MASTER*® é referido como sendo mais confiável, apresentando um baixo erro de cobertura e uma distribuição uniforme e equidistante no espaço de cores (Chakraborty, K, *et al.*, 2021; Gómez-Polo, C. *et al.*, 2018).

Este guia consiste em 26 abas, complementadas por um conjunto adicional de três abas para branqueamento. As 26 abas estão subdivididas em cinco grupos de luminosidade, onde cada grupo apresenta abas de igual luminosidade, organizadas de forma sistemática com base no croma (verticalmente) e matiz (horizontalmente) (Sinmazisik, G. *et al.*, 2014).

O guia de cores em questão oferece a capacidade de gerar cores intermédias mediante a combinação das 26 abas disponíveis. Contudo, é importante destacar que estas cores intermédias não possuem uma representação física direta no *VITA 3D-Master*®. Consequentemente, a seleção ou identificação destas cores intermédias por meio da observação visual é impraticável e depende de medições espectrofotométricas precisas para este propósito (Gómez-Polo, C. *et al.*, 2018).

O processo de seleção de cores segue três etapas essenciais. Primeiro, escolhe-se o grupo de luminosidade apropriado, seguido pela seleção do croma adequado e, finalmente, a tonalidade pode ser ajustada para um matiz mais avermelhado ou amarelado. Essa sequência de etapas é determinada com base no conhecimento do espaço de cores e seus valores (Pohlen, B. *et al.*, 2016).

Os números (1, 2, 3, 4 e 5) que precedem as letras indicam o nível de luminosidade (grupo de valor), onde números menores representam tonalidades mais claras, enquanto números maiores correspondem a tonalidades mais escuras. Os números que seguem as letras representam o nível do croma (1, 1.5, 2, 2.5 e 3), com valores mais altos indicando abas mais cromáticas. As letras, por sua vez, representam a tonalidade da guia: "M" denota a tonalidade intermediária no grupo, "L" representa tonalidades amareladas (à esquerda), e "R" indica tonalidades avermelhadas (à direita) em relação à guia "M" (Sinmazisik, G. *et al.*, 2014).

Portanto, cada cor é definida por um conjunto de valores, incluindo um número para a luminosidade, uma letra para a tonalidade e um número para o croma, como

exemplificado por "4M3," onde "4" indica a luminosidade, "M" representa a tonalidade, e "3" corresponde ao croma (Gómez-Polo, C. *et al.*, 2018).

Ao determinar o valor de luminosidade na primeira etapa até 60% das avaliações incorretas são evitadas. As etapas subsequentes, de determinação do croma e matiz, reduzem ainda mais os erros de correspondência de cores. Todas essas medições resultam em valores de cor com uma concordância de aproximadamente 70% (Klinke, T. *et al.*, 2017). A distinção fundamental entre o guia de cores *Vita Classical*<sup>®</sup> e o *Vita 3D-Master*<sup>®</sup> reside na abordagem à cor. Enquanto o primeiro se concentra na tonalidade da cor, o segundo prioriza o valor cromático. Em comparação com o *Vita Classical*<sup>®</sup>, o *Vita 3D-Master*<sup>®</sup> é geralmente considerado superior devido a várias melhorias, incluindo um espectro de luminosidade aprimorado, abas cromáticas adicionais e uma ampla variedade de matizes na faixa dos tons avermelhados. Adicionalmente, as abas de cores foram distribuídas uniformemente e otimizadas em grupos (Alnusayri, M. *et al.*, 2022).

### **iii. Guias de cores personalizados**

Os guias de cores convencionais não conseguem abranger completamente toda a gama de valores de matiz e croma encontrados na dentição humana. Estes guias são úteis para aproximadamente 85% das escolhas de cores, sendo que os restantes 15% requerem a modificação ou desenvolvimento de guias de cores personalizados. Tais guias personalizados são fabricados a partir de materiais como resina composta, cerâmica ou acrílico. As adaptações nos guias de cores podem ser realizadas por meio da aplicação de corantes de superfície ou da abrasão com óxido de alumínio. Adicionalmente, marcadores de linhas finas e lápis coloridos podem ser utilizados para reproduzir as variações mínimas entre cores, bem como para representar de forma análoga a translucidez e a denominação das cores (Alnusayri, M. *et al.*, 2022).

Apesar de os guias de cores serem a ferramenta mais comumente empregue na comparação de cores, estudos demonstram que a taxa de consistência ao empregar estes guias, onde diferentes indivíduos comparam cores de dentes idênticos, atinge apenas 26,6%. Em contrapartida, os dispositivos instrumentais, embora mais dispendiosos e requerendo procedimentos operacionais ligeiramente mais complexos, apresentam uma precisão superior, atingindo até 67%. Além disso, o desempenho colorimétrico dos

espectrofotômetros na correspondência de cores pode alcançar impressionantes 93% (Liu, C.-T. *et al.*, 2023).

#### **2.4. Fonte de Iluminação**

A condição de iluminação desempenha um papel crucial na seleção da cor dentária, pois a qualidade e a intensidade da luz que incide sobre os dentes podem influenciar a percepção das suas tonalidades (Yılmaz, B. *et al.*, 2019).

Idealmente, a seleção da tonalidade dentária deve ser realizada sob luz natural, com uma temperatura de cor de 6500 K, entre 10h e 14h, próximo a uma janela com exposição a norte, num dia claro (Chitrarsu, V. *et al.*, 2017).

A escolha das tonalidades deve ocorrer em condições de iluminação padronizadas, simulando a luz natural ideal do dia, geralmente com uma temperatura de cor entre 5000 K (D50) e 7500 K (D75). Essas temperaturas de cor são selecionadas devido à sua universalidade e ao amplo espectro de comprimentos de onda que proporcionam. No entanto, tais condições são raras na iluminação natural. A temperatura de cor da luz natural do dia está constantemente em flutuação, variando de 1000 K a 20.000 K. Essa variação torna desafiador depender exclusivamente da luz natural para determinar a temperatura de cor "ideal" ao selecionar uma tonalidade para uma restauração. Além disso, estudos têm indicado que a luz artificial, corrigida em termos de cor, pode fornecer resultados igualmente satisfatórios, se não melhores, do que a luz natural em procedimentos de correspondência de cores (Clary, J. *et al.*, 2015).

Embora a luz natural do dia seja geralmente usada como referência em comparação com outras fontes de iluminação, a luz solar direta não é adequada para a seleção de cores dentárias. A temperatura de cor da luz natural gira em torno de 6500 K, mas essa medida pode variar dependendo do momento do dia, condições climáticas, umidade e níveis de poluição. Portanto, é fundamental que os profissionais optem por fontes de luz que não distorçam os comprimentos de onda ao realizar a seleção de cores dentárias (Yılmaz, B. *et al.*, 2019).

Os efeitos das diferentes condições de iluminação foram investigados por Kröger *et al.* (2015), os quais avaliaram a capacidade de discernimento visual de cores em diferentes ambientes de iluminação, incluindo luz natural, luz halógena e luz fluorescente, com temperaturas de cor de 5000 K, bem como uma fonte de luz de teto não específica. Os resultados indicaram que o impacto das várias condições de iluminação na percepção das cores pode ser mitigado pelo uso de dispositivos eletrônicos (Klinke, T. *et al.*, 2017).

## **2.5. Dispositivos de correção de luz**

Os métodos instrumentais avançados fornecem valores de tom quantificáveis e mensuráveis, reduzem erros na seleção visual de cores e padronizam os resultados. Isso inclui colorímetros, espectrofotômetros e câmaras digitais. No entanto, a principal desvantagem destes métodos instrumentais avançados é o custo mais elevado, o que frequentemente os torna inacessíveis para a maioria dos profissionais. Alternativas mais econômicas, como dispositivos de correção de luz, têm como objetivo tornar o procedimento de seleção visual de cores mais confiável, reduzindo significativamente os erros procedimentais (Kurian, N. *et al.*, 2023).

A iluminação ambiente tem sido identificada como um fator decisivo na determinação da tonalidade. Para reduzir variações nos resultados da diferenciação de cores e estabelecer condições de iluminação padronizadas, tem sido recomendado o uso de iluminação com temperatura de cor neutra, disponível atualmente em unidades móveis (manuais). Diversos modelos de unidades de iluminação móvel estão disponíveis no mercado, e alguns fabricantes sugerem a utilização de um filtro de polarização para evitar reflexos (Bratner, S. *et al.*, 2022).

O dispositivo de correção de luz minimiza a interferência luminosa e origina uma iluminação neutra para melhorar o método visual de seleção de tons, estabelecendo um ambiente de luz padrão. Trata-se de uma lâmpada portátil que utiliza tecnologia com base em díodos emissores de luz (LED) com uma fonte de luz que simula a luz natural padrão. Esta fonte de luz tem uma temperatura de cor comparável à que é comumente utilizada em espectrofotômetros dentários. A sua função é compensar variações nas condições de iluminação, como horário do dia, estação do ano e tipo de luz presente nos consultórios dentários. Os dispositivos de correção de luz possibilitam a redução do nível de luz

refletida, permitindo, assim, uma avaliação mais precisa da translucidez dentária e proporcionando resultados mais fidedignos na correspondência de tons, o que, por sua vez, reduz a necessidade de retrabalhos, consultas e despesas adicionais (Kurian, N. *et al.*, 2023).

## **2.6. Método instrumental**

Com o propósito de mitigar possíveis interferências no processo de seleção visual de cores, foram desenvolvidos dispositivos eletrônicos de medição de cor (Klinke, T. *et al.*, 2017). O método instrumental engloba uma variedade de dispositivos, tais como espectrofotômetros, colorímetros, espectrorradiômetros, scanners intraorais e técnicas de análise de imagem digital. Este método apresenta uma vantagem potencial sobre a determinação visual. Essa superioridade deriva do facto de que as medições instrumentais são objetivas, quantificáveis e podem ser obtidas de forma mais eficiente (Joiner, A. e Luo, W., 2017; Nobar, B. *et al.*, 2021; Jorquera, G. *et al.*, 2022; Parameswaran, V. *et al.*, 2016).

### **i. Espectrofotômetros**

A necessidade de instrumentos de medição de cores levou ao emprego de câmaras e colorímetros tricromáticos com espectros de transmitância que replicam coordenadas de cores, permitindo a leitura do espectro visível usando fotodetetores em imagens digitais. Em 1940, Beckman e colaboradores inventaram um espectrofotómetro que possibilitava a medição das propriedades de reflexão e transmissão de um objeto em função do comprimento de onda. Estes pesquisadores apresentaram a curva espectral completa com alta precisão e quantificaram os atributos de cor CIE (Tabatabaian, F. *et al.*, 2021). Como resultado, no final do ano de 1990, dispositivos como espectrofotômetros, colorímetros e sistemas de imagem foram introduzidos no mercado. Estes instrumentos geralmente incluem um detetor, um condicionador de sinal e software para processamento de dados, tornando-os aplicáveis em ambientes laboratoriais quanto clínicos (Parameswaran, V. *et al.*, 2016).

Os espectrofotômetros digitais são considerados o sistema de correspondência de cor mais confiável, prático e versátil, proporcionando uma precisão significativamente maior na correspondência de cores dentárias em comparação com a observação visual pelo olho

humano (Huang, M. *et al.*, 2022; Zlatarić, D. *et al.*, 2015; Weyhrauch, M. *et al.*, 2015; Conte, G. *et al.*, 2022). Comparados às avaliações visuais feitas pelo olho humano ou a técnicas convencionais, os espectrofotômetros demonstraram uma melhoria de 33% na precisão e uma correspondência mais objetiva em 93,3% dos casos (Mahn, E. *et al.*, 2020; Zlatarić, D. *et al.*, 2016; Zlatarić, D. *et al.*, 2015). Além disso, estes dispositivos não são afetados pelo fenômeno do metamerismo (Draghici, R. *et al.*, 2015).

No entanto, os espectrofotômetros têm sido predominantemente utilizados em pesquisas e não tanto na prática clínica, devido, em parte, à complexidade e custo destes equipamentos, mas principalmente devido à dificuldade de utilizá-los em situações *in vivo* (Parameswaran, V. *et al.*, 2016; Gómez-Polo, C. *et al.*, 2015). Por serem dispositivos de medição por contato e terem sido desenvolvidos para analisar superfícies lisas, podem ocorrer erros de medição devido a diversos fatores, tais como a curvatura da superfície do dente, perda de luz devido à translucidez dentária, interferência da luz ambiente e embaçamento da lente ótica durante medições *in vivo* (Luo, W. *et al.*, 2017; Mohammadi, A. *et al.*, 2021). Além das limitações mencionadas, é importante reconhecer outras desvantagens associadas a estes instrumentos, tais como o seu campo de visão limitado, sensibilidade técnica, apresentação de valores médios de cor, baixa reprodutibilidade entre dispositivos e exigência de tecnologia específica (Mohammadi, A. *et al.*, 2021; Gurrea, J. *et al.*, 2016; Sampaio, C. *et al.*, 2019).

Os espectrofotômetros são constituídos por elementos essenciais, nomeadamente uma fonte de radiação ótica, um sistema de dispersão da luz, um sistema ótico de medição, um detetor e um meio de conversão da luz num sinal passível de análise. É crucial que as informações obtidas por intermédio do espectrofotómetro sejam devidamente convertidas num formato adequado à avaliação precisa da tonalidade dentária (Weyhrauch, M. *et al.*, 2015). Estes dispositivos medem a quantidade de energia luminosa refletida por um objeto em intervalos de 1 a 25 nm em todo o espectro visível (400 a 700 nm), convertendo a refletância espectral medida em coordenadas de cor e valores correspondentes aos guias de cores odontológicos (Huang, M. *et al.*, 2022; Weyhrauch, M. *et al.*, 2015; Zlatarić, D. *et al.*, 2016). Geralmente utilizam o sistema CIE para apresentar os resultados, o qual é capaz de descrever todas as cores visíveis. Para efetuar a conversão em valores equivalentes aos dos guias de cores, cada dispositivo acede a um banco de dados interno,

embora seja relevante notar que a maioria deles fornece informações exclusivamente relacionadas ao guia de cores *VITA Classic*<sup>®</sup> (Igiel, C. *et al.*, 2016).

No que diz respeito à medição, são utilizadas duas geometrias distintas: a medição completa da superfície do dente e a medição pontual. Estas abordagens diferem em relação ao ângulo de incidência e reflexão da luz, à iluminação utilizada e às combinações de sensores e filtros (Igiel, C. *et al.*, 2016).

Neste contexto, podem ser distinguidos os dois principais tipos de espectrofotômetros: os dispositivos de medição pontual, caracterizados por um pequeno ponto de medição com dimensões aproximadas de 3 a 5 mm, e os dispositivos de medição completa do dente, que apresentam uma janela de medição mais ampla, abrangendo toda a superfície de um dente ou até mesmo múltiplos dentes. Aqueles com uma área de medição restrita podem apresentar desvantagens devido à maior perda de luz refletida, pois a sua trajetória pode estar fora do campo do sensor. Tanto os dispositivos de medição pontual quanto os de medição completa do dente sofrem alguma perda de luz incidente devido à absorção do feixe luminoso dentro do dente, sendo que o feixe que atravessa o dente está além do alcance do sensor (Śmielecka, M. e Dorocka-Bobkowska, B., 2022).

A figura 6 apresenta o espectrofotômetro *Vita Easyshade V*<sup>®</sup>, um dispositivo amplamente utilizado na prática odontológica para a seleção precisa de cores dentárias.



**Figura 6:** Figura: Espectrofotômetro *Vita Easyshade V*<sup>®</sup> (Ontiveros, J. e Paravina, R., 2019).

No que se refere aos espectrofotômetros comercialmente disponíveis e com base na geometria de medição é possível distinguir dois tipos predominantes. Os espectrofotômetros de medição pontual, exemplificados pelo *VITA Easyshade Advance 4.0*<sup>®</sup> e pelo *Shade-X*<sup>®</sup>, determinam a tonalidade do dente quando a ponta do espectrofotômetro é aplicada diretamente na superfície dentária. Por outro lado, os espectrofotômetros de medição completa do dente, representados por dispositivos como o *SpectroShade*<sup>®</sup> e o *Crystaleye*<sup>®</sup>, avaliam a tonalidade dentária por meio da formação e análise de imagens digitais completas do dente. Estes dispositivos seguem uma configuração de iluminação padrão com um ângulo de incidência de 45° e um ângulo de observação de 0° (45/0). No entanto, a configuração oposta, com iluminação a 0° e observação a 45° (0/45), não é apropriada para aplicações clínicas devido às restrições de espaço na cavidade oral (Rutkūnas, V. *et al.*, 2020). Configurações óticas específicas, com observação a 0° e iluminação a 45°, utilizando uma fonte de luz e um espectrorradiômetro, têm demonstrado ser válidas e confiáveis em estudos para medir a cor de dentes e outras estruturas craniofaciais (Wee, A. *et al.*, 2022).

A figura 7 exibe os atributos de cor L\*, a\* e b\*, entre outros, obtidos por meio de espectrofotometria, essenciais para uma análise minuciosa das características cromáticas da dentição humana, crucial na seleção precisa da cor dentária.



**Figura 7:** Coordenadas CIELAB para a aba de cor 2M3 (Gómez-Polo, C. *et al.*, 2016).

## ii. Scanners intraorais

O scanner intraoral utiliza um processo no qual projeta luz sobre o objeto que será digitalizado. Os sensores capturam a luz refletida e o software do scanner processa esses dados para originar uma imagem da área digitalizada. Existem diferentes técnicas de aquisição de imagens utilizadas pelos scanners. Alguns, como o *Omniscan*<sup>®</sup> e *Primescan*<sup>®</sup>, realizam a digitalização por técnicas de vídeo e operam por métodos de triangulação ativa que envolve a projeção de radiação de luz sobre o objeto e a sua reflexão é capturada para calcular a posição do objeto-alvo. Já o *3Shape Trios*<sup>®</sup> realiza a digitalização por técnicas de fotografia e é capaz de capturar imagens em foco de profundidades específicas, usando uma tecnologia semelhante à microscopia a laser confocal, um processo conhecido como seccionamento ótico. Estas imagens ponto a ponto são posteriormente obtidas e reconstruídas por um computador (Ebeid, K. *et al.*, 2021).

O principal objetivo dos scanners intraorais é mapear tridimensionalmente as estruturas intraorais a fim de criar impressões digitais. Devido à diversidade na fonte de luz, tamanho das câmaras e mecanismos de operação, os scanners intraorais apresentam variações em termos de precisão e exatidão na criação de impressões digitais. Consequentemente, é esperado que ocorram variações semelhantes na correspondência de cores (Akl, M. *et al.*, 2023).

A capacidade dos scanners intraorais foi ampliada a partir de 2017, quando passaram a incorporar software dedicado à seleção de tonalidades, permitindo que esta etapa seja realizada após a digitalização intraoral. Neste processo, a cor do dente é determinada pela interação de uma câmara de alta resolução, uma luz LED e um software de computador, utilizando o guia de cores VITA como referência (Tabatabaian, F. *et al.*, 2022; Abu-Hossin, S. *et al.*, 2023). Isto representa uma vantagem para os clínicos, uma vez que permite combinar a captura de impressões e a seleção de cores numa única ferramenta. Vários estudos foram conduzidos para avaliar a precisão e a repetibilidade dos scanners intraorais quando utilizados para a correspondência de cores. Contudo, os resultados e conclusões variaram consideravelmente (Akl, M. *et al.*, 2023).

Em contraste com os scanners intraorais, que precisam executar múltiplos algoritmos complexos para gerar impressões digitais e detetar a cor, os espectrofotômetros e

colorímetros são dispositivos especializados projetados especificamente para a detecção de cor (Akl, M. *et al.*, 2023). Estudos têm demonstrado resultados diferentes no que diz respeito à correlação entre espectrofotômetros e scanners intraorais (Czigola, A. *et al.*, 2021).

Na pesquisa realizada por Akl, M. *et al.* (2023), em mais de 40% dos estudos analisados, as leituras das tonalidades *VITA Classic*<sup>®</sup> e *VITA 3D-Master*<sup>®</sup>, obtidas através do scanner intraoral, foram convertidas em valores CIELAB por meio de software ou tabelas de conversão. No entanto, as tabelas de conversão utilizadas variaram consideravelmente entre esses estudos, com diferentes autores fazendo referência a diferentes tabelas. Essa falta de uniformidade na conversão e a incapacidade de realizar comparações diretas entre os valores fornecidos pelos instrumentos em estudo levantam dúvidas quanto à precisão da comparação e à validade dos resultados subsequentes.

A pesquisa na literatura revela uma falta de investigação em relação a diferentes scanners intraorais no que diz respeito à determinação de cor, embora desempenhem um papel importante na aplicação clínica (Abu-Hossin, S. *et al.*, 2023).

A falta de um processo de digitalização padronizado, o ângulo, direção e distância de digitalização, a experiência do profissional e as características individuais da cavidade oral, são fatores que podem afetar o processo de determinação de cor (Abu-Hossin, S. *et al.*, 2023).

A baixa precisão na correspondência de cores dos scanners intraorais pode ser atribuída à natureza da digitalização. Independentemente da tecnologia de digitalização, seja por varredura a laser confocal, filmagem contínua e triangulação, ou amostragem ativa de frente de onda, a digitalização ainda não pode fornecer a iluminação e as leituras padrão para uma seleção precisa de cores, como a iluminação polarizada monocromática de 2x45 graus e a leitura telecêntrica, em contraste com a espectrofotometria. Embora o *TRIOS 3*<sup>®</sup>, *TRIOS 4*<sup>®</sup>, *CEREC Omnicam*<sup>®</sup> e *CEREC Primescan*<sup>®</sup> estejam equipados com fontes de luz LED semelhantes às dos espectrofotômetros, as suas imprecisões podem ser decorrentes da iluminação não polarizada. Isto faz com que registem cores mais claras do que a cor real dos dentes. Além disso, a leitura em ângulos diversos, em vez de a 0°, como normalmente ocorre na digitalização, pode explicar as imprecisões. Outra razão pode ser

a incapacidade de medir valores quantitativos de cor. Os scanners utilizam programas de software de correspondência de cores para encontrar a cor correspondente mais adequada nos guias de cores *Vita classical*<sup>®</sup> e *Vita 3D-Master*<sup>®</sup>. Estes programas de software podem introduzir erros (Tabatabaian, F. *et al.*, 2022).

Na pesquisa de Tabatabaian, F. *et al.* (2022), os autores referem que os atuais scanners intraorais com capacidade de correspondência de tonalidade são precisos, mas não o suficiente para a seleção de tonalidades dentárias e como resultado, não podem ser considerados como um dispositivo padrão para a seleção de tonalidades. Portanto, estes dispositivos não estão clinicamente indicados na determinação precisa da cor para dentes ou restaurações. Os autores destacam que são necessários estudos futuros com metodologias rigorosas para verificar o desempenho dos scanners intraorais.

### **iii. Fotografia digital com filtro polarizado**

Os avanços na aquisição de imagens, no uso de flash e no armazenamento de dados com câmaras digitais têm promovido o seu uso generalizado (Sampaio, C. *et al.*, 2018). As fotografias digitais oferecem uma ampla gama de opções de cores, auxiliando na visualização da morfologia, cor e textura dos dentes, facilitando a partilha de imagens entre clínicos e técnicos (Kelkar, K. *et al.*, 2020; Sampaio, C. *et al.*, 2018). Além disso, apresentam um bom potencial na correspondência de cores dentárias (Sampaio, C. *et al.*, 2018). As imagens produzidas através da fotografia podem ser analisadas usando software apropriado, o que permite determinar os valores de cores de toda a imagem ou de partes específicas. Isto possibilita uma análise objetiva da tonalidade do dente, que pode ser transmitida pela internet ao técnico, proporcionando informações detalhadas sobre a restauração a ser fabricada (Kelkar, K. *et al.*, 2020).

A câmara digital é um sistema simples e fácil de usar para a aquisição de imagens em três cores. Cada câmara possui uma sensibilidade específica e pode ser calibrada para o espaço de cor CIELAB, independente do dispositivo, por meio de software específico (Sampaio, C. *et al.*, 2018; Rondón, L. *et al.*, 2022). Isto permite quantificar as diferenças de cor entre as estruturas dentárias e os materiais odontológicos por meio de fórmulas de diferença de cor (Rondón, L. *et al.*, 2022). No entanto, não é capaz de simular diversas condições de iluminação. A inconsistência no desempenho do flash e os reflexos especulares nas imagens podem resultar em discrepâncias de cores, pois a fonte de luz que incide sobre

um objeto afeta a percepção de cores, uma vez que cada fonte contém quantidades variáveis de cada um dos comprimentos de onda da luz visível (Sampaio, C. *et al.*, 2018).

Os filtros de polarização cruzada têm sido utilizados para reduzir reflexos especulares provenientes do flash da câmara, eliminando o brilho indesejado e superando a tendência de sobreavaliar a prevalência de opacidades brancas (Sampaio, C. *et al.*, 2018; Kelkar, K. *et al.*, 2020)). Além disso, estes filtros aprimoram a saturação de cores, melhoram a translucidez e permitem uma representação mais fiel da natureza policromática dos dentes (Kelkar, K. *et al.*, 2020). Adicionalmente, o uso de cartões cinza tem sido incorporado à fotografia odontológica para calibrar o equilíbrio de branco e a exposição à luz, garantindo uma gestão precisa das cores (Rondón, L. *et al.*, 2022).

A fotografia com polarização cruzada utiliza dois filtros de polarização linear: um posicionado à frente da lente e o outro à frente do flash (fonte de luz). Quando ambos os filtros estão alinhados no mesmo plano de polarização, ou seja, paralelos, não eliminam todos os reflexos. No entanto, ao girar um dos filtros em 90° em relação ao outro, criando planos de polarização cruzados, ocorre uma interferência luminosa quase nula, o que permite ao clínico observar os dentes de uma nova forma, sem reflexos. A principal vantagem desta técnica é oferecer uma compreensão mais precisa da profundidade, dos detalhes, das características e da transparência da estrutura dentária. Além disso, permite avaliar as características da dentina subjacente, tornando a apreciação da cor mais simples (Villavicencio-Espinoza, C. *et al.*, 2018).

As câmaras digitais, ao contrário de espectrofotômetros e colorímetros, são ferramentas amplamente disponíveis em consultórios e laboratórios odontológicos (Gurrea, J. *et al.*, 2016). A literatura descreve o uso de câmaras digitais para a avaliação de cores tanto em ambientes clínicos (*in vivo*) quanto em ambientes laboratoriais (*in vitro*). Vários estudos que compararam procedimentos de correspondência de cores demonstraram resultados superiores ao adotar a análise de cores fotográficas, que combina fotografia com o uso de software em comparação com o método visual convencional, desenvolvendo procedimentos de correspondência de cores em configurações pré-clínicas com guias de cores como alvo. Contudo, existem também estudos em que a análise de cores fotográficas não obteve um desempenho superior ao utilizar um software específico de

Método visual comparativamente ao espectrofotométrico para identificação da cor dentária *in vivo*:  
revisão narrativa

correspondência de cores dentárias, em comparação com o método de seleção visual  
(Rondón, L. *et al.*, 2022).

### III. RESULTADOS

Resultante da aplicação dos critérios de inclusão, reuniram-se em forma de tabela os principais objetivos, métodos e resultados dos estudos selecionados.

**Tabela 1:** Resumo dos artigos incluídos

<b>Autores</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Resultados /Conclusão</b>	<b>Discussão</b>
Alshiddi, F, e Richards, L., 2015.	Comparar a precisão da seleção da tonalidade, usando um espectrofotômetro, com o método convencional que utiliza o guia de cores, abrangendo estudantes “treinados” e “não treinados”.	Estudo <i>in vivo</i> com 9 participantes, sendo 5 “treinados”, ou seja, a quem foi fornecida informação sobre ciência da cor e seleção de tonalidades e 4 “não treinados”, sem informação ou formação. Comparação entre os resultados obtidos pela utilização do guia de cores ( <i>VITAPAN 3D-Master</i> <sup>®</sup> ) e espectrofotômetro ( <i>VITA Easyshade</i> <sup>®</sup> ) no incisivo central superior direito.	Dentro dos limites deste estudo, demonstrou-se que a avaliação da tonalidade de dentes naturais usando um dispositivo espectrofotométrico é mais precisa do que os métodos convencionais usando guias de cores. No entanto, o conhecimento e o treino em ciência das cores e seleção da tonalidade fornecidos ao grupo "treinado" melhoraram significativamente a correspondência visual da tonalidade.	Vantagem para o espectrofotômetro, embora se deva ter em consideração outros fatores, como forma, textura da superfície, translucidez e outras características, para combinar com os dentes adjacentes.

Chitrarsu, V. <i>et al.</i> , 2017.	Avaliar a capacidade de correspondência de cores em dentições naturais, usando uma guia de cores e um espectrofotômetro digital intraoral, sob várias fontes de luz.	Estudo prospetivo e observacional <i>in vivo</i> numa amostra aleatória de 100 indivíduos. Comparação entre os resultados obtidos pela utilização do guia de cores ( <i>VITA Toothguide 3D-Master</i> <sup>®</sup> ) e espectrofotômetro ( <i>VITA Easyshade Advance 4.0</i> <sup>®</sup> ) no incisivo central superior direito.	O uso do espectrofotômetro intraoral digital ( <i>VITA Easyshade Advance 4.0</i> <sup>®</sup> ) para a correspondência de cores resultou em correspondências estatisticamente melhores em comparação com o guia de cores ( <i>VITA Toothguide 3D-Master</i> <sup>®</sup> ), independentemente da fonte de luz. Além disso, os autores referem que o uso da tecnologia ou de novos dispositivos para a seleção de cores, podem eliminar a subjetividade na escolha de cores inadequadas.	Vantagem para o espectrofotômetro.
Czigola, A. <i>et al.</i> , 2021.	Avaliar a capacidade de um sistema de digitalização, em comparação com a avaliação visual e um dispositivo de espectrofotometria digital, para a medição da tonalidade dos dentes.	Estudo <i>in vivo</i> numa amostra de 10 indivíduos. Comparação entre os resultados obtidos pela utilização de dois guias de cores ( <i>VITA Classical A1-D4</i> <sup>®</sup> e <i>VITA Linearguide 3D-Master</i> <sup>®</sup> ), espectrofotômetro ( <i>VITA Easyshade Advance</i> <sup>®</sup> ) e scanner intraoral ( <i>3Shape Trios 3</i> <sup>®</sup> ) no incisivo central, 1º pré-molar e 1º molar superiores direitos.	Os autores concluíram que, na maioria dos casos, a melhor correspondência de tonalidade foi selecionada usando o <i>VITA Linearguide 3D-Master</i> <sup>®</sup> . Com base nos resultados, adicionalmente, foi possível concluir que o guia de cores <i>VITA Linearguide 3D-Master</i> <sup>®</sup> e o espectrofotômetro <i>VITA Easyshade Advance</i> <sup>®</sup> podem ser métodos confiáveis para a seleção de tonalidades dentárias, com resultados mais consistentes, em comparação com o guia de cores <i>VITA Classical A1-D4</i> <sup>®</sup> .	Não há uma vantagem evidente do método espectrofotométrico sobre o visual.

<p>Hampé-Kautz, V. <i>et al.</i>, 2020.</p>	<p>Comparar os resultados da correspondência de cores entre uma avaliação visual convencional, dois espectrofotômetros e dois scanners intraorais.</p>	<p>Estudo <i>in vivo</i> numa amostra de 40 indivíduos. Comparação entre os resultados obtidos pela utilização do guia de cores (<i>VITA Linearguide 3D-Master</i><sup>®</sup>), dois espectrofotômetros (<i>VITA Easyshade V</i><sup>®</sup> e <i>BOREA Rayplicker</i><sup>®</sup>) e dois scanners intraorais (<i>3Shape Trios 3</i><sup>®</sup> e <i>CEREC Omnicam</i><sup>®</sup>) no incisivo central superior direito.</p>	<p>No que diz respeito à correspondência de cores, os espectrofotômetros (<i>BOREA Rayplicker</i><sup>®</sup> e <i>VITA Easyshade V</i><sup>®</sup>) demonstraram uma concordância de cor superior ao guia de cores (<i>VITA Linearguide 3D Master</i><sup>®</sup>). Adicionalmente, os autores destacaram a dependência do método visual em relação ao operador, observando que o especialista obteve uma correspondência de cores mais próxima àquela obtida pelo espectrofotómetro, em comparação com o profissional inexperiente.</p>	<p>Vantagem para o espectrofotómetro.</p>
<p>Igiel, C. <i>et al.</i>, 2016.</p>	<p>Comparar a taxa de concordância (%) e a diferença de cor (<math>\Delta E^*_{ab}</math>) de três dispositivos de medição de cor dentária, com a identificação visual da cor dos dentes.</p>	<p>Estudo <i>in vivo</i> numa amostra de 56 indivíduos. Comparação entre os resultados obtidos pela utilização do guia de cores (<i>VITA Classic</i><sup>®</sup>), dois espectrofotômetros (<i>DeguDent Shadepilot</i><sup>®</sup> e <i>Olympus CrystalEye</i><sup>®</sup>) e colorímetro (<i>X-Rite ShadeVision</i><sup>®</sup>) nos incisivos centrais, laterais e caninos superiores.</p>	<p>A concordância entre os métodos visual e instrumental para a seleção de cores dentárias varia dependendo do dispositivo utilizado. No entanto, em muitos casos, os limites de concordância estavam dentro de uma faixa clinicamente aceitável. Os autores enfatizam a necessidade de futuras pesquisas para confirmar se os dispositivos de medição de cor dentária podem ser empregues como auxiliares, ou até mesmo, como substitutos, da avaliação visual humana durante a execução de restaurações cerâmicas ou de compósitos indiretos.</p>	<p>Não é possível concluir de forma definitiva qual dos métodos, visual ou espectrofotométrico, é mais vantajoso.</p>

Mahn, E. <i>et al.</i> , 2020.	Comparar o registo de cor e a correspondência de cores numa população jovem chilena com três métodos diferentes: visual com guia de cores, fotografia digital com filtro de polarização cruzada e instrumental com espectrofotómetro.	Estudo de corte transversal, <i>in vivo</i> numa amostra de 60 indivíduos. O registo da cor do dente foi realizado utilizando o sistema de coordenadas CIELAB e $\Delta E$ . Comparação entre os resultados obtidos pela utilização do guia de cores ( <i>A-D shade Ivoclar Vivadent AG</i> ®), fotografia digital ( <i>Nikon D7100</i> ) e espectrofotómetro ( <i>VITA Easyshade</i> ®) no incisivo central superior direito.	O método visual com guia de cores apresentou diferenças significativas em relação ao espectrofotómetro. Os resultados do estudo demonstraram que o método instrumental apresentou diferenças médias de cor ( $\Delta E$ ) menores em comparação com o método visual. Além disso, ao comparar estes métodos, observaram-se diferenças estatisticamente significativas na coordenada de cor $L^*$ , indicando que o método instrumental é mais preciso nesta dimensão de cor. No entanto, não foram identificadas diferenças significativas em relação às coordenadas de cor $a^*$ e $b^*$ entre os dois métodos.	Vantagem para o espectrofotómetro.
Mehl, A. <i>et al.</i> , 2017.	Comparar a medida de cor entre um novo <i>scanner</i> 3D com um modo de aquisição de cor e métodos visuais e digitais convencionais.	Estudo <i>in vivo</i> numa amostra de 20 indivíduos. Comparação entre os resultados obtidos pela utilização do guia de cores ( <i>VITA Toothguide 3D-Master</i> ®), quatro espectrofotómetros ( <i>VITA Easyshade Compact</i> ®, <i>VITA Easyshade Advance 4.0</i> ®, <i>SpectroShade</i> ® e <i>SpectroShade Micro</i> ®) e scanner intraoral ( <i>3Shape Trios</i> ®) no incisivo central e canino superiores direitos.	O dispositivo de digitalização 3D intraoral e os instrumentos digitais testados neste estudo não diferiram significativamente no que diz respeito à repetibilidade da medição da tonalidade da cor. O estudo não encontrou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos que utilizaram métodos visuais e os grupos que utilizaram os espectrofotómetros <i>SpectroShade</i> ® e <i>SpectroShade Micro</i> ®. No entanto, no caso do <i>Easyshade Compact</i> ® e do <i>Easyshade Advance 4.0</i> ®, há algumas diferenças nos resultados que podem ser devidas ao uso de diferentes fontes de luz para cada um desses dispositivos. Os autores concluíram que, em termos de precisão, o <i>SpectroShade Micro</i> ® apresenta significativamente o melhor comportamento. Assim, o <i>SpectroShade Micro</i> ® pode ser considerado como o dispositivo com melhor desempenho na reprodução de cores.	Ambos os métodos, visual e instrumental, são eficazes, sendo o método espectrofotométrico com o <i>SpectroShade Micro</i> ® o mais vantajoso.

Método visual comparativamente ao espectrofotométrico para identificação da cor dentária *in vivo*: revisão narrativa

Miyajiwala, J. <i>et al.</i> , 2017.	Comparar três diferentes métodos utilizados na seleção de tonalidades em ambiente clínico: método visual, espectrofotométrico e de fotografia digital.	Estudo <i>in vivo</i> numa amostra com dimensão de 50 indivíduos, selecionados aleatoriamente. Comparação entre os resultados obtidos pela utilização do guia de cores (VITAPAN Classical®), espectrofotómetro (VITA Easyshade®) e fotografia digital (Canon 500D series®) no incisivo central superior direito.	O método visual apresentou uma alta taxa de concordância com o método espectrofotométrico na seleção de cores, sendo esta maior para cores dentárias mais claras.	Os dois métodos, visual e espectrofotométrico, são concordantes.
Moodley, D. <i>et al.</i> , 2015.	Avaliar e comparar as diferenças na seleção de cores entre a medição por guia de cores e os dados registados por um espectrofotómetro.	Estudo <i>in vivo</i> numa amostra de 25 indivíduos selecionados aleatoriamente. Comparação entre os resultados obtidos pela utilização de dois guias de cores (VITA Classical® e VITA 3D-Master®) e espectrofotómetro (SpectroShade®) nos dentes anteriores superiores.	Embora a avaliação visual tenha apresentado diferenças em relação às medições obtidas pelo método espectrofotométrico, as discrepâncias de cor reais entre os guias de cores visuais selecionados e o espectrofotómetro situam-se dentro dos limites considerados clinicamente aceitáveis. Portanto, sempre que possível, tanto o método instrumental quanto o método visual de correspondência de cores devem ser usados, pois ambos se complementam. Esta abordagem é especialmente importante quando há incertezas na medição de cor através de técnicas de correspondência visual, proporcionando, desse modo, um resultado estético mais previsível.	Ambos os métodos são igualmente benéficos e devem ser usados em complementaridade.

Suganya, S. <i>et al.</i> , 2020.	Analisar as possíveis diferenças de tonalidade percebidas pelo olho humano e por um método digital.	Estudo <i>in vivo</i> numa amostra de 50 indivíduos. Comparação entre os resultados obtidos pela utilização do guia de cores ( <i>VITA Classical</i> ®), espectrofotómetro ( <i>VITA Easyshade Advance 4.0</i> ®) e fotografia digital ( <i>Canon EOS 750D</i> ®) no incisivo central superior direito.	Apesar de algumas limitações do estudo, concluiu-se que tanto o método visual quanto o método digital de seleção da tonalidade apresentam alta significância estatística de concordância com o espectrofotómetro.	Ambos os métodos são eficazes, não se podendo afirmar que exista vantagem do espectrofotómetro.
-----------------------------------	---	---	---	---

#### IV. DISCUSSÃO

A seleção da tonalidade é uma das etapas mais desafiadoras que se coloca na recriação da aparência natural dos dentes (Liberato, W. *et al.*, 2019). A correspondência visual da cor dos dentes permite uma abordagem rápida e económica, contudo é um método subjetivo e está sujeito a diversas fontes de erro, tais como condições de iluminação, guias de cores, a idade e estado psicológico do observador, cansaço visual, dificuldades na percepção de cores e experiência clínica. Além disso, a cor dos dentes e a determinação dessa cor são processos complexos; apesar de o olho humano ser capaz de perceber diferenças mínimas de cor nos dentes de forma eficiente, não há um protocolo padronizado para comunicar verbalmente as características de cor avaliadas visualmente entre médicos, técnicos e pacientes (Huang, M. *et al.*, 2022).

Por outro lado, os dispositivos clínicos de medição de cor, como colorímetros, espectrómetros, espectrofotómetros e instrumentos de análise de imagem digital, eliminam a subjetividade do observador, o que melhora a capacidade de reproduzir com precisão o processo de seleção de cores (Ruiz-López, J. *et al.*, 2022).

Diversos autores realizaram estudos comparativos entre os métodos visuais e os diferentes métodos instrumentais, onde se incluem, os espectrofotómetros, sem que, no entanto, exista unanimidade quanto à melhor técnica para a escolha da cor.

Analisando as conclusões dos diferentes estudos selecionados, constata-se que 4 artigos admitem que o espectrofotómetro demonstrou ser mais preciso e confiável na correspondência de cores dentárias.

- Chitransu, V. *et al.* (2017), concluíram que o uso do espectrofotómetro intraoral digital (*VITA Easyshade Advance 4.0*<sup>®</sup>) para a correspondência de cores resultou em correspondências estatisticamente melhores em comparação com o guia de cores (*VITA Toothguide 3D-Master*<sup>®</sup>), independentemente da fonte de luz.
- Alshiddi, I. e Richards, L. (2015), afirmaram que o espectrofotómetro (*VITA Easyshade Advance 4.0*<sup>®</sup>) teve melhores resultados clínicos do que o método visual, através do uso do guia de cores (*VITAPAN 3D Master*<sup>®</sup>). Os autores, enfatizam que, embora os resultados incentivem o uso de métodos instrumentais para a seleção de tonalidades, não se deve interpretar isso como uma sugestão de

que os métodos espectrofotométricos, por si só, sejam suficientes para a correspondência de tonalidades.

- Mahn, E. *et al.* (2020), concluíram que o método instrumental apresentou diferenças médias de cor ( $\Delta E$ ) menores em comparação com o método visual. No contexto da comparação entre o método visual (*A-D shade Ivoclar Vivadente*<sup>®</sup>) e o instrumental, os resultados sugerem que o espectrofotômetro (*VITA Easyshade*<sup>®</sup>) proporciona uma seleção mais precisa da cor dentária.
- Hampé-Kautz, V. *et al.* (2020), concluíram, no que diz respeito à correspondência de cores, que os espectrofotômetros (*BOREA Rayplicker*<sup>®</sup> e *VITA Easyshade V*<sup>®</sup>) demonstraram uma concordância de cor superior ao guia de cores (*VITA Linearguide 3D-Master*<sup>®</sup>). Adicionalmente, destacaram a dependência do método visual em relação ao operador, observando que o especialista obteve uma correspondência de cores mais próxima àquela obtida pelo espectrofotômetro, em comparação com o profissional inexperiente.

Em 6 artigos, relativamente à comparação do método visual com o instrumental, os resultados parecem sugerir que ambos os métodos podem ser igualmente eficazes, sem uma vantagem evidente de um sobre o outro.

- Moodley, D. *et al.* (2015), concluíram que, embora a avaliação visual tenha apresentado diferenças em relação às medições obtidas pelo método espectrofotométrico, as discrepâncias de cor reais entre os guias de cores visuais selecionados e o espectrofotômetro situam-se dentro dos limites considerados clinicamente aceitáveis. Portanto, sempre que possível, tanto o método instrumental quanto o método visual de correspondência de cores devem ser usados, pois ambos se complementam.
- Miyajiwala, J. *et al.* (2017), observaram que o método visual apresentou uma alta taxa de concordância com o método espectrofotométrico na seleção de cores, sendo esta maior para cores dentárias mais claras.
- Do estudo realizado por Czigola, A. *et al.* (2021), não se pode inferir que exista uma vantagem evidente do método espectrofotométrico sobre o visual. Com base nos resultados, foi possível concluir que o guia de cores *VITA Linearguide 3D-Master*<sup>®</sup> e o espectrofotômetro *VITA Easyshade Advance*<sup>®</sup> podem ser métodos confiáveis para a seleção de tonalidades dentárias, com resultados mais

consistentes em comparação com o guia de cores *VITA Classical AI-D4*<sup>®</sup>. Dessa forma não parece haver uma vantagem clara e inequívoca entre os dois métodos. No entanto, salienta-se a importância de se considerar a variabilidade dos guias de cores, uma vez que os resultados mostraram que diferentes guias de cores podem produzir resultados inconsistentes.

- Mehl, A. *et al.* (2017), não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos que utilizaram métodos visuais e os grupos que utilizaram os espectrofotômetros *SpectroShade*<sup>®</sup> e *SpectroShade Micro*<sup>®</sup>. Portanto, as duas abordagens podem ser consideradas igualmente eficazes em termos de precisão de cor.
- Igiel, C. *et al.* (2016), observaram que os métodos visual e espectrofotométrico demonstraram uma grande proximidade de valores. Os autores enfatizam a necessidade de futuras pesquisas para avaliar se é viável a utilização dos dispositivos de medição de cor dentária como auxiliares, ou até mesmo, como substitutos, da avaliação visual humana durante o processo de realização de restaurações cerâmicas ou de compósitos indiretos.
- Suganya, S. *et al.* (2020), concluíram que o método visual mostrou alta significância estatística de concordância com o espectrofotômetro. Nesse sentido, os resultados parecem sugerir que ambos os métodos podem ser igualmente eficazes, sem uma vantagem evidente de um sobre o outro.

Na pesquisa realizada foi também identificado, mas não selecionado, por não obedecer ao critério de inclusão *in vivo*, um artigo, Parameswaran *et al.* (2016), que referia que o método visual *VITAPAN classical*<sup>®</sup> foi mais satisfatório que o espectrofotômetro na seleção de cor. Neste estudo os autores tiveram como objetivo comparar a precisão e a concordância entre avaliadores de dois métodos diferentes de correspondência de cores: o método visual convencional e o espectrofotométrico. Adicionalmente, a pesquisa teve como objetivo avaliar a eficácia de dois guias de cores diferentes (*VITAPAN Classical*<sup>®</sup> e *VITAPAN 3D-Master*<sup>®</sup>) quando utilizados em conjunto com esses métodos. O objetivo principal deste estudo foi determinar se existiam diferenças significativas entre os métodos e os guias de cores, em termos de precisão e concordância, entre avaliadores. Dentro das limitações do estudo, as seguintes conclusões foram obtidas:

- A comparação das precisões entre os métodos de correspondência de cores revelou diferenças significativas, com o método visual produzindo resultados mais precisos do que o método espectrofotométrico.
- O espectrofotômetro apresentou pontuações de concordância entre avaliadores significativamente melhores, independentemente do guia de cores utilizado.
- No método espectrofotométrico, o guia de cores *VITAPAN Classical*<sup>®</sup> foi mais preciso (25%) do que o guia de cores *VITAPAN 3D-Master*<sup>®</sup>.
- Já no método visual de seleção de cores, o guia de cores *VITAPAN 3D-Master*<sup>®</sup> revelou um desempenho superior ao guia de cores *VITAPAN Classical*<sup>®</sup>.
- A comparação da concordância entre avaliadores, considerando os participantes de ambas as especialidades (prostodontia e odontologia conservadora), indicou que os especialistas de prostodontia obtiveram melhores pontuações para ambos os guias de cores utilizados.

## V. CONCLUSÃO

A seleção de cores dentárias é uma tarefa complexa e crucial na odontologia restauradora e estética. Embora o espectrofotômetro possa oferecer benefícios em termos de precisão e objetividade, o método visual ainda é amplamente utilizado e pode ser eficaz quando aplicado corretamente. É importante considerar que, em alguns casos, a combinação de ambos os métodos pode oferecer resultados ainda mais confiáveis, aumentando a satisfação dos pacientes. Ambos os métodos apresentam vantagens e desvantagens. Portanto, a decisão de optar por um método ou outro dependerá da situação clínica específica e da experiência do profissional, assim como das preferências pessoais e da disponibilidade de equipamentos.

Pode concluir-se que, embora o método instrumental apresente um maior potencial com vista a uma seleção da tonalidade adequada, o método visual continua a ser eficaz. No entanto, as pesquisas acerca da correlação entre a correspondência de cores pelo método visual e instrumental ainda carecem de uma consolidação conclusiva.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Abu-Hossin, S. *et al.* (2023). Comparison of digital and visual tooth shade selection, *Clinical and Experimental Dental Research*, 9(2), pp. 368–374.
- Akl, M., Mansour, D. & Zheng, F. (2023). The Role of Intraoral Scanners in the Shade Matching Process: A Systematic Review, *Journal of Prosthodontics*, 32(3), pp. 196–203.
- Alnusayri, M. *et al.* (2022). Shade Selection in Esthetic Dentistry: A Review, *Cureus*, 14(3). pp. e23331.1–e23331.5.
- Alshiddi, I. & Richards, L. (2015). A comparison of conventional visual and spectrophotometric shade taking by trained and untrained dental students, *Australian Dental Journal*, 60(2), pp. 176–181.
- Bratner, S. *et al.* (2022). Comparison of different illumination intensities of mobile units for tooth color differentiation: An in vitro study, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, pp. 1–7.
- Bushra, J. (2015). Evaluating shade matching ability of dental professionals, *Pakistan Oral & Dental Journal*, 35(2), pp. 332–334.
- Carney, M. & Johnston, W. (2017). Appearance Differences Between Lots and Brands of Similar Shade Designations of Dental Composite Resins, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(2), pp. E6–E14.
- Chakraborty, K. *et al.* (2021). An analysis of an educational method to improve the shade-matching ability of dental students, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(5), pp. 815.e1–815.e9.
- Chitrarsu, V., Chidambaranathan, A. & Balasubramaniam, M. (2017). Analysis of Shade Matching in Natural Dentitions Using Intraoral Digital Spectrophotometer in LED and Filtered LED Light Sources, *Journal of Prosthodontics*, 28(1), pp. e68–e73.
- Clary, J. *et al.* (2016). Influence of light source, polarization, education, and training on shade matching quality, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(1), pp. 91–97.
- Conte, G. *et al.* (2022). Repeatability of dental shade by digital spectrophotometry in current, former, and never smokers, *Odontology*, 110(3), pp. 605–618.
- Czigola, A. *et al.* (2021). Comparing the effectiveness of shade measurement by intraoral scanner, digital spectrophotometer, and visual shade assessment, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(8), pp. 1166–1174.

- Dashti, H. *et al.* (2017). Assessment of Color Changes in Vita 3D-Master Shade Guide after Sterilization and Disinfection, *Journal of Dental Materials and Techniques*, 6(2), pp. 48–53.
- Dede, D., Ceylan, G. & Yilmaz, B. (2017). Effect of brand and shade of resin cements on the final color of lithium disilicate ceramic, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(4), pp. 539–544.
- Draghici, R., Preoteasa, C.-T. & Preoteasa, E. (2015). Students' ability to determine the color of the teeth using 3d master key, *Romanian Journal of Oral Rehabilitation*, 7(4), pp. 13–23.
- Dudea, D. *et al.* (2016). Influence of background/surrounding area on accuracy of visual color matching, *Clinical Oral Investigations*, 20(6), pp. 1167–1173.
- Ebeid, K., Sabet, A. & Bona, A. (2021). Accuracy and repeatability of different intraoral scanners on shade determination, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(6), pp. 844–848.
- Enone, L., Oyapero, A. & Makanjuola, J. (2020). Perception and practices with regard to tooth shade selection for composite restoration among dentists in Southwest, Nigeria, *Indian Journal of Dental Sciences*, 12(2), pp. 80–86.
- Gómez-Polo, C. *et al.* (2014). Differences between the human eye and the spectrophotometer in the shade matching of tooth colour, *Journal of Dentistry*, 42(6), pp. 742–745.
- Gómez-Polo, C. *et al.* (2015). A clinical study relating CIELCH coordinates to the color dimensions of the 3D-Master System in a Spanish population, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 113(3), pp. 185–190.
- Gómez-Polo, C. *et al.* (2015). Correlation of natural tooth colour with aging in the Spanish population, *International Dental Journal*, 65(5), pp. 227–234.
- Gómez-Polo, C. *et al.* (2016). Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(1), pp. 65–70.
- Gómez-Polo, C. *et al.* (2018). Clinical Study of the 3D-Master Color System among the Spanish Population, *Journal of Prosthodontics*, 27(8), pp. 708–715.
- Gómez-Polo, C. *et al.* (2020). Colour thresholds of the gingival chromatic space, *Journal of Dentistry*, 103(103502), pp. 1–7.

- Gurrea, J. *et al.* (2016). Evaluation of Dental Shade Guide Variability Using Cross-Polarized Photography, *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 36(5), pp. e76–e81.
- Hampé-Kautz, V. *et al.* (2020). A comparative in vivo study of new shade matching procedures, *International Journal of Computerized Dentistry*, 23(4), pp. 317–323.
- Hein, S. *et al.* (2020). Objective shade matching, communication, and reproduction by combining dental photography and numeric shade quantification, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), pp. 107–117.
- Hein, S., Tapia, J. & Bazos, P. (2017). eLABor\_aid: a new approach to digital shade management, *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 12(2), pp. 186–202.
- Huang, M. *et al.* (2022). Evaluation of accuracy and characteristics of tooth-color matching by intraoral scanners based on Munsell color system: an in vivo study, *Odontology*, 110(4), pp. 759–768.
- Hynková, K. *et al.* (2020). Effect of assessor's sex on visual color matching in dentistry: A systematic review of the literature, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(2), pp. 383–396.
- Igiel, C. *et al.* (2016). Dental color matching: A comparison between visual and instrumental methods, *Dental Materials Journal*, 35(1), pp. 63–69.
- Igiel, C. *et al.* (2017). Reliability of visual and instrumental color matching, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(5), pp. 303–308.
- Joiner, A. & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review, *Journal of Dentistry*, 67(S), pp. S3–S10.
- Jorquera, G. *et al.* (2022). A comparison of ceramic crown color difference between different shade selection methods: Visual, digital camera, and smartphone, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(4), pp. 784–792.
- Kalman, L. (2020). Development of a novel dental shade determination application, *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 14(1), pp. 73–76.
- Kang, W. *et al.* (2018). Effects of core and veneer thicknesses on the color of CAD-CAM lithium disilicate ceramics, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(3), pp. 461–466.
- Kelkar, K. *et al.* (2020). A comparison between visual, digital photography and polarizing filter photography for shade selection, *Indian Journal of Dental Research*, 31(5), pp. 712–717.

- Khashayar, G. *et al.* (2014). Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *Journal of Dentistry*, 42(6), pp. 637–644.
- Klinke, T. *et al.* (2017). Influence of tongue position on the determination of tooth shade, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(2), pp. 289–293.
- Kose, C. *et al.* (2023). Using artificial intelligence to predict the final color of leucite reinforced ceramic restorations, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(1), pp. 105–115.
- Koumpia, E. *et al.* (2018). Precision of a Reflectance Spectrophotometer in Measuring Anterior Tooth Color, *The Open Dentistry Journal*, 12(1), pp. 884–895.
- Kurian, N. *et al.* (2023). A clinical study to evaluate the reliability of light-correcting devices in clinical shade selection, *Dental Research Journal*, 20(1), pp. 69.1–69.5.
- Lee Y.-K. (2016). Color Correlations among Six Types of Permanent Anterior Teeth, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 28(Suppl 1), pp. S5–S13.
- Lehmann, K. *et al.* (2017). Comparison of visual shade matching and electronic color measurement device, *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 12(3), pp. 396–404.
- Liberato, W. *et al.* (2019). A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(2), pp. 271–275.
- Liu, C.-T. *et al.* (2023). Total solution of a smart shade matching, *Journal of Dental Sciences*, 18(3), pp. 1323–1329.
- Liu, M. *et al.* (2015). Online colour training system for dental students: a comprehensive assessment of different training protocols, *Journal of Oral Rehabilitation*, 42(4), pp. 282–290.
- Luo, W. *et al.* (2017). The in vitro and in vivo reproducibility of a video-based digital imaging system for tooth colour measurement, *Journal of Dentistry*, 67(S), pp. S15–S19.
- Ly, B. *et al.* (2020). Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement, *Journal of Investigative Dermatology*, 140(1), pp. 3–12.e1.
- Mahn, E. *et al.* (2020). Comparison of visual analog shade matching, a digital visual method with a cross-polarized light filter, and a spectrophotometer for dental color matching, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(3), pp. 511–516.

- Mehdi, A., Baloch, J. & Yousuf, W. (2020). Assessment of concept of shade selection of dentists practicing esthetic dentistry, *Pakistan Oral & Dental Journal*, 40(3), pp. 182–185.
- Mehl, A. *et al.* (2017). In vivo tooth-color measurement with a new 3D intraoral scanning system in comparison to conventional digital and visual color determination methods, *International Journal of Computerized Dentistry*, 20(4), pp. 343–361.
- Miyajiwala, J. *et al.* (2017). Comparison of photographic and conventional methods for tooth shade selection: A clinical evaluation, *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 17(3), pp. 273–281.
- Mohammadi, A. *et al.* (2021). Validity and reliability of tooth color selection by smartphone photography and software applications, *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 21(3), pp. 281–286.
- Moodley, D. *et al.* (2015). Comparison of colour differences in visual versus spectrophotometric shade matching, *South African Dental Journal*, 70(9), pp. 402–407.
- Nobar, B., Tabatabaian, F. & Namdari, M. (2021). Can identical dental shade guides be used interchangeably?, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(8), pp. 1150–1159.
- Olms, C. *et al.* (2013). Randomized multi-centre study on the effect of training on tooth shade matching, *Journal of Dentistry*, 41(12), pp. 1259–1263.
- Ontiveros, J. & Paravina, R. (2019). Color and Shade Matching in Operative Dentistry. In: Ritter, A., Boushell, L. & Walter, R. (Ed.). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. Edição 17<sup>a</sup>. St. Louis, Missouri, Elsevier, pp. 1–699.
- Özden, Y. *et al.* (2022). Effectiveness of Calibrated Digital Photography Technique in Dental Shade Analysis, *Cumhuriyet Dental Journal*, 25(3), pp. 224–229.
- Page, M. *et al.* (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *British Medical Journal*, 372(71), pp. 1–9.
- Parameswaran, V. *et al.* (2016). Comparison of accuracies of an intraoral spectrophotometer and conventional visual method for shade matching using two shade guide systems, *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 16(4), pp. 352–358.
- Pecho, O. *et al.* (2016). Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas, *Dental Materials*, 32(1), pp. 82–92.
- Pecho, O. *et al.* (2017). Influence of Gender on Visual Shade Matching in Dentistry, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(2), pp. E15–E23.

- Pohlen, B. *et al.* (2016). Tooth Shade-Matching Ability Between Groups of Students with Different Color Knowledge, *The International Journal of Prosthodontics*, 29(5), pp. 487–492.
- Pohlen, B., Hawlina, M. & Kopač I. (2019). The Influence of the Extent of Color-Vision Deficiency on Shade-Matching Ability, *Acta Stomatologica Croatica*, 53(3), pp.207–212.
- Pop-Ciutrilă, I.-S. *et al.* (2021). Color compatibility between dental structures and three different types of ceramic systems, *BMC Oral Health*, 21(1), pp. 1–10.
- Ragain, J. (2015). A Review of Color Science in Dentistry: The Process of Color Vision, *Journal of Dentistry, Oral Disorders & Therapy*, 3(1), pp.1–4.
- Rondón, L., Ramírez, R. & Pecho, O. (2022). Comparison of visual shade matching and photographic shade analysis, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(2), pp. 374–382.
- Ruiz-López, J. *et al.* (2022). Visual and instrumental coverage error of two dental shade guides: an in vivo study, *Clinical Oral Investigations*, 26(9), pp. 5961–5968.
- Ruschel, V. *et al.* (2018). Color Match Between Composite Resin and Tooth Remnant in Class IV Restorations: A Case Series, *Operative Dentistry*, 43(5), pp. 460–466.
- Rutkūnas, V., Dirsė, J. & Bilius, V. (2020). Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(2), pp. 322–329.
- Sampaio, C. *et al.* (2018). Dental Shade Guide Variability for Hues B, C, and D Using Cross-Polarized Photography, *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 38(Suppl), pp. s113–s118.
- Sampaio, C. *et al.* (2019). Variability of color matching with different digital photography techniques and a gray reference card, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(2), pp. 333–339.
- Simionato, A., Pecho, O. & Bona, A. (2020). Efficacy of color discrimination tests used in dentistry, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(6), pp. 865–873.
- Sinmazisik, G., Trakyali, G. & Tarcin, B. (2014). Evaluating the ability of dental technician students and graduate dentists to match tooth color, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(6), pp. 1559–1566.
- Śmielecka, M. & Dorocka-Bobkowska, B. (2022). Comparison of two optical devices used for artificial tooth color selection, *Dental and Medical Problems*, 59(2), pp. 249–253.

- Sold, M. *et al.* (2020). Assessment of Color Parameters on Maxillary Right Central Incisors Using Spectrophotometer and RAW Mobile Photos in Different Light Conditions, *Acta Stomatologica Croatica*, 54(4), pp. 353–362.
- Sonza, Q. *et al.* (2021). Effect of substrate and cement on the final color of zirconia-based all-ceramic crowns, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(6), pp. 891–898.
- Suganya, S. *et al.* (2020). Spectrophotometric Evaluation of Shade Selection with Digital and Visual Methods, *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 12(Suppl 1), pp. S319–S323.
- Tabatabaian, F. (2018). Color in Zirconia-Based Restorations and Related Factors: A Literature Review, *Journal of Prosthodontics*, 27(2), pp. 201–211.
- Tabatabaian, F. *et al.* (2017). The color masking ability of a zirconia ceramic on the substrates with different values, *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 11(1), pp. 7–13.
- Tabatabaian, F. *et al.* (2021). Visual and digital tooth shade selection methods, related effective factors and conditions, and their accuracy and precision: A literature review, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(8), pp. 1084–1104.
- Tabatabaian, F. *et al.* (2022). Accuracy and precision of intraoral scanners for shade matching: A systematic review, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, pp. 1–12.
- Tabatabaian, F., Aflatoonian, K. & Namdari, M. (2019). Effects of veneering porcelain thickness and background shade on the shade match of zirconia-based restorations, *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 13(1), pp. 68–74.
- Todorov, R. *et al.* (2020). Shade guides used in the dental practice, *Journal of IMAB*, 26(2), pp. 3168–3173.
- Villavicencio-Espinoza, C., Narimatsu, M. & Furuse, A. (2018). Using Cross-Polarized Photography as a Guide for Selecting Resin Composite Shade, *Operative Dentistry*, 43(2), 113–120.
- Wee, A. *et al.* (2022). Color and translucency of enamel in vital maxillary central incisors, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, pp. 1–7.
- Weyhrauch, M. *et al.* (2015). Interdevice agreement of eight equivalent dental color measurement devices, *Clinical Oral Investigations*, 19(9), pp. 2309–2318.
- Yilmaz, B., Irmak, Ö. & Yaman B. (2019). Outcomes of visual tooth shade selection performed by operators with different experience, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(5), pp. 500–507.

Žarko, U., Hrvoje, P. & Robert, C. (2020). Gender-Dependent Quality of Shade Matching of Dental Professionals and Students, *Acta Stomatologica Croatica*, 54(4), pp. 363–370.

Zlatarić, D. *et al.* (2015). In Vivo and in Vitro Evaluations of Repeatability and Accuracy of VITA Easyshade® Advance 4.0 Dental Shade-Matching Device, *Acta Stomatologica Croatica*, 49(2), pp. 112–118.

Zlatarić, D. *et al.* (2016). In Vivo Evaluations of Inter-Observer Reliability Using VITA Easyshade® Advance 4.0 Dental Shade-Matching Device, *Acta Stomatologica Croatica*, 50(1), pp. 34–39.