UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

LAÍS ALCÂNTARA PIRES

**Avaliação da influência do processo de confecção e da
espessura da cerâmica, do substrato e do cimento na cor final da
cerâmica de dissilicato de lítio**

BAURU
2013

LAÍS ALCÂNTARA PIRES

**Avaliação da influência do processo de confecção e da
espessura da cerâmica, do substrato e do cimento na cor final da
cerâmica de dissilicato de lítio**

Dissertação apresentada a Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências no Programa de Ciências Odontológicas Aplicadas, na área de concentração Reabilitação Oral.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Pegoraro

Versão corrigida

BAURU
2013

Pires, Laís

P665a   Avaliação da influência do processo de confecção e da espessura da cerâmica, do substrato e do cimento na cor final da cerâmica de dissilicato de lítio / Laís Alcântara Pires. – Bauru, 2013.

85 p. : il. ; 31cm.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Pegoraro

Nota: A versão original desta dissertação encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopíadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

Dedicatória

Aos meus pais **Antonio Augusto e Maria Isabel**, que são o que há de mais precioso na minha vida. Por me amarem de forma incondicional, não mediram esforços para que pudesse realizar mais este sonho, mesmo sofrendo com a saudade e a distância. É em vocês que me espelho para me tornar uma pessoa íntegra no decorrer da vida, com os valores humanos voltados para a honestidade, humildade, generosidade, ética, responsabilidade, perseverança e um caráter benevolente. A fortaleza que vocês são para mim foi o que me deu força e determinação para superar todos os obstáculos que enfrentei para concretizar os meus sonhos, por isso dedico essa conquista a vocês! Pai e Mãe, amo vocês!

Agradecimentos

A **Deus**, O Criador de todas as coisas, pelo o dom da vida, por estar sempre ao meu lado, iluminando e guiando, proporcionando momentos de alegria e me confortando nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais **Antonio Augusto (meu gordinho)** e **Maria Isabel (minha gordinha)**, por toda a educação e oportunidades que me deram. E apesar de termos passado por algumas dificuldades neste período que estou em Bauru, vocês continuaram me dando suporte, incentivo, serenidade e muito amor. Pai e Mãe, o meu muito obrigada por tudo!

Ao meu irmão **André (Dedé)**, **minha cunhada Helane (Helandres)** e **meus sobrinhos Enzo (Capí)** e **Stela (Xitelinha)**, pelo carinho de sempre e por encher de alegria a casa do papai e da mamãe quando vou para Fortaleza. Amo vocês.

À minha **avó Stela**, “meus querê”, pelo exemplo de vida, pela mulher espirituosa, guerreira e de fé e que foi e é até hoje com seus “96 aninhos” muito bem vividos. Muito obrigada por todo o apoio que me foi dado, torcida e orações em minha intenção. Vó, te amo!

À **Dadá**, minha babá, que cuida de mim desde os meus 2 anos de idade. Este ano completou 26 anos de dedicação a mim e a toda minha família, prezando pelo nosso bem e de todos que frequentam nossa casa. Pessoa essencial para que eu pudesse tornar esse sonho realidade, pois para todos os momentos mais conturbados que tive aqui em Bauru ela veio me tirar do sufoco, me fazendo companhia e preparando suas comidas deliciosas. Obrigada por fazer parte da nossa família, Dadá.

À **Mãe-ia**, babá da minha mãe e da minha tia, que também já faz parte da família, pois são mais de 70 anos de dedicação a todos nós. Muito obrigada por me querer tão bem, pelas orações, pela torcida e quitutes.

À **Ilná**, pela torcida e pelo carinho.

A **todos os meus tios paternos e maternos**, em especial à tia Fátima e ao Tio Ronald, que me acolheram em sua casa quando precisei ir a São Paulo.

Aos **meu primos**, em especial a Lud, Vaninha, Tandinho, Xande, Ney, Murilo, Gustavo e Léo que se fizeram presentes mesmo com a distância, seja via Whatsapp, Voxer, etc, participando de várias etapas para a elaboração desta dissertação, inclusive nas inúmeras horas que passei no CIP (Centro Integrado de Pesquisa) lixando as pastilhas. Vocês também alegravam a minha ida a Fortaleza, dando um jeitinho de sair comigo para matar a saudade e desopilar. Obrigada por fazerem o meu dia a dia mais leve.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Luiz Fernando Pegoraro**, pelo privilégio de ser sua orientada. Sou grata pelos ensinamentos, paciência, respeito e apoio nos momentos de que mais precisei. Conviver com o senhor foi uma experiência ímpar. Pessoa de grande conhecimento, humildade e simplicidade. Essa convivência me surpreendeu dia após dia, fazendo com que minha admiração só aumentasse. Seus ensinamentos serão levados comigo pelo resto de minha vida.

“O verdadeiro chefe é alguém que intervém apaixonadamente no trabalho que fazemos, que o faz conosco, e através de nós.”
Jules Romain

Ao **Prof. Dr. Accácio Lins do Valle**, pela convivência, por todos os ensinamentos e amizade. Por ter aberto as portas de sua casa para que pudéssemos conviver com a família maravilhosa que ele construiu. Prof. Accácio, Dra. Tânia, Larissa e Caio, obrigada pela forma carinhosa com que sempre me acolheram, vocês são para mim um exemplo de amor e simplicidade.

À **Profª. Drª. Ana Lúcia Pompéia Fraga de Almeida**, pelos ensinamentos, apoio, pela convivência dentro e fora da faculdade, por ter-nos acolhido na sua casa e ter-nos dado a oportunidade de conviver com toda sua família. Obrigada por todo o carinho expressado a mim e a toda minha família.

Ao **Prof. Dr. Pedro César Garcia de Oliveira**, pelas conversas trocadas, tanto sobre assuntos da faculdade como sobre a vida. Obrigada por ter agregado sabedoria e me aconselhado, muito bom conviver com o senhor.

Ao **Prof. Dr. Paulo César Rodrigues Conti**, por ter sido meu orientador no estágio, proporcionando a mim novos conhecimentos, e pelo enorme empenho que tem feito pela pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Bauru.

Ao **Prof. Dr. Waldyr Janson**, pela grande oportunidade de convivência e pelas aulas agradáveis, repletas de conhecimentos e experiências tanto, na especialização como no mestrado. Obrigada pelos ensinamentos profissionais e de vida transmitidos.

Enfim, **a todos os professores do departamento de prótese**: Prof. Dr. Carlos dos Reis Pereira de Araújo, Prof. Dr. Gerson Bonfante, Prof. Dr. José Henrique Rubo, Prof^º. Dr^º. Karin Hermana Neppelenbroek, Prof^a. Dr^a. Lucimar Falavinha Vieira, Prof. Dr. Paulo Martins Ferreira, Prof. Dr. Renato de Freitas, Prof^a. Dr^a. Simone Soares; Prof. Dr. Vinícius Carvalho Porto, Prof. Dr. Wellington Cardoso Bonachela, pelos conhecimentos transmitidos, carinho e amizade durante esse tempo.

Ao **Prof. Dr. José Roberto Pereira Lauris**, pela realização da análise estatística deste trabalho.

À minha professora **Kelvia Katianne Carvalho**, que foi quem me alfabetizou e me acompanhou durante anos, me educando com muito carinho e amor, sempre torcendo para o meu crescimento pessoal e profissional. Obrigada por ter sido o primeiro exemplo de professora para mim. Cada conquista minha é sua também.

À **Prof^a. Dr^a. Polyanna Maria Rocha Novais** (Poly), por ter sido além de professora, uma amiga, irmã, mãe. Exemplo de pessoa e profissional a quem tive o privilégio de conhecer durante a graduação. Muito me ensinou nesses anos de convivência, enriquecendo o meu crescimento pessoal e profissional. Incentivou e orientou meus passos como se fosse uma filha e me deu oportunidades pontuais que foram essenciais na minha vida. Sou grata por você ser essa estrutura fundamental que tantas vezes escutou minhas angústias e dúvidas e, pacientemente, me aconselhou. Foi e é, também, um porto seguro para minha família, pois se fez presente em muitos momentos que meu pai, minha mãe ou minha avó precisaram e eu não pude estar. Muito obrigada por cada cuidado que teve comigo! Não estaria aqui se não fosse você.

“Felíz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

Aos **meus professores da graduação**, em especial às professoras Márcia Sobreira, Catarina Machado e Sandra Ximenes pelo incentivo e amizade.

Aos **queridos funcionários do departamento de prótese**, Cleide, Débora, Valquíria, Cláudia, Lígia, Marcelo e Rivanildo, pelo esforço em me ajudar sempre.

Às **funcionárias da clínica de pós-graduação**, Cleusa e Hebe, pela orientação, pelo apoio e convivência nesses anos.

Aos **funcionários da pós-graduação**, Leila, Meg, Letícia e Fátima, pela ajuda e presteza de sempre.

Aos **funcionários do setor financeiro**, em especial Zelma Batista Borges, Anderson Pini e Rafael Simões do Carmo, pela atenção, disponibilidade e ajuda.

Ao **Renato Murback**, pela amizade, pelas conversas agradáveis, pelas risadas, por toda a colaboração e disponibilidade nas horas mais inusitadas.

Ao funcionário **Ovídeo**, pela ajuda dada em todos os momentos de que eu precisei.

Ao **Instituto de Física de São Carlos**, em especial à Dra. Maria Inês Basso Bernardi, pela valiosa orientação, confiança e presteza, sem os quais esse trabalho não teria sido realizado.

Ao querido amigo **Vinícius Dantas**, pela incansável ajuda mesmo a distância, por não medir esforços para a conclusão deste trabalho, pelo incentivo diário. Pela amizade e paciência. Nada que eu diga é capaz de traduzir o carinho e a gratidão que tenho por você. Obrigada por tudo! Pode contar comigo sempre...

Ao **Laboratório Portalupi**, pela imensa contribuição no processo de confecção das pastilhas utilizadas nesta pesquisa.

Aos **meus pacientes** que atendi durante todo este período, por terem contribuído tanto para o meu crescimento profissional e pessoal, deixando um pouco de cada um deles em mim e levando um pouco de mim com eles. Em especial a dona Maria Ivone Querubim Ionta, pela paciência, carinho, amizade e respeito. Foi um grande prazer atendê-los.

À amiga e afilhada **Lívia Maria**, conquista da época do colégio, companheira fiel nesta caminhada. Obrigada pelo ombro amigo, pelos conselhos e incentivos, mesmo quando partilhávamos das mesmas dúvidas, angústias e medos. Obrigada por não me deixar desanimar e por acreditar que poderíamos superar as dificuldades e alcançar os nossos sonhos.

À minha querida amiga **Cintya Hornburg**, presente que ganhei em 2008 quando moramos em San Diego, que por tantas vezes me recebeu com muita alegria em sua casa em Sampa e me proporcionou hospedagens cheias de carinho e felicidade, e fez da sua casa a minha casa. Te amo, amiguinha!

Aos **meus amigos de Fortaleza**, em especial a Hilda, Juliana, Érica, Vívica, Nicolly, Virgínia, Sâmia, Hercília, Vanessa, Monique, Janaína, Priscila, Marcelinho, Juninho (*in memoriam*), Fernando Rosa, Marina Studart, Adrissa e Carol pelo carinho e pela torcida de sempre.

Aos **amigos que Bauru me trouxe**, em especial Diana, Endrigo, Renata Ohana, Paulinha, Louise, Daniel, Jae, Mariele, Cinthia Sant'ana, Cintia Nishida, Karina Gautreaux e Carolina Almeida pelo carinho.

A **todos os amigos da Especialização de Prótese, da Especialização em Odontologia do Trabalho e do Aperfeiçoamento em Prótese sobre-implante**, pela convivência e troca de experiências.

A **todos os estagiários**, em especial a Ilana que, por tantas vezes, me ajudou no desenvolvimento deste trabalho, varando madrugadas adentro comigo no CIP e sempre prestativa e com muito bom humor.

Ao **Daniel Lanza** e a **Luana Menezes** pelas ideias e aprendizado compartilhado, pela orientação para o desenvolvimento deste trabalho e pela amizade.

A **todos os colegas do mestrado**, Denise, Adriana, Dylton, Vinícius, André, Yuri, Aline, Jozely e Letícia, em especial:

A **Mércia Cunha**, amiga fiel de todas as horas, a parceira do mestrado de que eu precisava, pela ajuda, pelas conversas e “por segurar” as pontas comigo, sempre me apoiando.

A **Juliana Hotta**, minha “anjinha” japonesa, que nas horas de maior desespero sempre aparecia para me salvar e me proteger. Sou grata por ter você, uma pessoa tão especial, na minha vida.

A **Karen Ayub**, a amiga mais tranquila que sempre dava um jeitinho de acalmar as desesperadas. Obrigada por ser sempre tão prestativa e preocupada comigo, Mércia e Jú.

Aos **colegas do doutorado**, Carolina Ortigosa, Lívia Maria, Jorge, Livia Aguiar, Luana Menezes, Vitor, Max Dória, Max Laurent, Hugo, Luiz, Michyele e Luís pela experiência compartilhada e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**),
pelo apoio financeiro via bolsa de mestrado.

Ao auxílio **PROAP**, pela disponibilização de material para essa pesquisa.

À **Faculdade de Odontologia de Bauru** – Universidade de São Paulo, na
pessoa do excelentíssimo diretor Prof. Dr. José Carlos Pereira, pelo apoio
institucional.

Por fim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta
história e contribuíram para a concretização deste sonho.

“Mas você - eu não posso e nem quero explicar, eu agradeço.”
Clárice Lispector

---

*“Quem já passou por essa vida e não viveu
Pode ser mais, mas sabe menos do que eu
Porque a vida só se dá pra quem se deu
Pra quem amou, pra quem chorou, pra quem sofreu...”*

**Como dizia o poeta
Vinícius de Moraes**

RESUMO

O propósito deste trabalho foi avaliar, “in-vitro”, a alteração de cor da cerâmica de dissilicato de lítio (IPS e.max – Ivoclar Vivadent AG), variando-se os seguintes aspectos: processo de confecção (cerâmica monolítica e com a infraestrutura coberta por cerâmica de revestimento), espessura da cerâmica (1,5 e 2,0mm) e substrato (resina e liga metálica), com e sem cimento. Para isso foram confeccionadas 40 pastilhas de cerâmica IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent AG), que foram divididas em 2 grupos (n=20): LT (cerâmica de baixa translucidez na cor A2) e HO (cerâmica de alta opacidade). Neste último grupo, as pastilhas foram confeccionadas com 0,5mm de espessura revestidas com cerâmica IPS e.max Ceram na cor A2 (Ivoclar Vivadent AG) com espessuras de 1,0 e 1,5mm. Foram utilizados substratos em resina composta (n=20) e liga metálica (n=20). Para o substrato em resina foi empregada a resina Filtek® Z250 XT, na cor A2 (3M ESPE) e para o substrato em liga metálica foi utilizado a liga de cobre-alumínio (Goldent L.A.). Para a cimentação foi utilizado o cimento de polimerização dual, Variolink II, (Ivoclar Vivadent AG), na cor translúcida. A leitura da cor foi realizada em um espectrofotômetro (Minolta CM2600d), equipado com fonte de luz padrão D65 (luz do dia). A cor determinada no aparelho é expressa em coordenadas CIE L* a* b* e os valores correspondentes foram utilizados para calcular o ΔE . Foram feitas comparações do grupo somente com a cerâmica (controle) *versus* os grupos cerâmica-substrato sem e com cimento; e dos grupos cerâmica-substrato sem cimento (controle) *versus* cerâmica-substrato com cimento. Os dados foram submetidos a análise estatística (ANOVA e teste de Tukey, $p < 0,05$). Quando foram comparados o grupo somente com a cerâmica (controle) *versus* os grupos cerâmica-substrato sem e com cimento, os resultados mostraram que o menor valor ($\Delta E = 3,0$) foi o do grupo HOA2 com 2mm de espessura, substrato de metal e sem cimento; o maior valor encontrado ($\Delta E = 10,0$) foi do grupo LTA2 com 1,5mm de espessura, com substrato de metal e com cimento. Esta diferença foi estatisticamente significativa. E quando foram comparados os grupos cerâmica-substrato sem cimento (controle) *versus* cerâmica-substrato com cimento os resultados apontaram que o grupo que teve menor influência do cimento foi o HOA2 com 1,5mm de espessura e substrato de resina ($\Delta E = 1,1$); o grupo que teve maior influência do cimento foi o LTA2 com 1,5mm de espessura e com substrato de metal ($\Delta E = 6,4$). Esta diferença foi estatisticamente significativa. Dentro das limitações deste estudo, concluiu-se que as variáveis pesquisadas – o processo de confecção e a espessura da cerâmica, a cor do substrato e a presença do cimento, influenciaram significativamente na cor da cerâmica.

Palavras-chave: Cor. Cerâmica. Colorimetria.

ABSTRACT

Evaluation of the influence of the manufacture process and the thickness of the ceramic, abutment substrate and cement in the final color of the ceramic lithium disilicate

The purpose of this study was to evaluate *in vitro*, the color change of the ceramic lithium disilicate (IPS e.max - Ivoclar Vivadent AG), varying the following aspects: manufacture process (monolithic ceramic and the infrastructure with ceramic covering), the thickness of the ceramic (1.5 and 2.0 mm) and the abutment substrate (composite resin and alloy), with and without cement. Forty discs were fabricated with ceramic IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent AG), which were divided into two groups (n = 20): LT (low translucency, shade A2) and HO (high opacity). In the latter group, the discs were fabricated with a 0.5 mm thickness with the IPS e.max Ceram ceramic covering, shade A2 (Ivoclar Vivadent AG) with 1.0 and 1.5 mm thicknesses. The abutments substrates were composite resin (n = 20) and alloy (n = 20). The composite resin substrate was made with the Filtek Z250 XT®, shade A2 (3M ESPE) and the metallic alloy substrate was made with aluminum-copper alloy (Goldent LA). The cementation was realized with dual cure cement Variolink II, translucent color (Ivoclar Vivadent AG). The color was measured in a spectrophotometer (Minolta CM2600d) equipped with a D65 light (daylight). The color determined on the equipment is expressed in coordinates CIE L * a * b *, and those values were used to calculate the ΔE . The comparisons were only made between the ceramic groups (control) versus the ceramic-substrate with and without cement; and the ceramic-substrate without cement groups (control) versus the ceramic-substrate with cement. The data were subjected to statistical analysis (ANOVA and Tukey test, $p < 0.05$). When the comparisons between the groups were only the ceramic (control) versus the ceramic-substrate groups, without and with cement, the results showed that the smallest value ($\Delta E=3.0$) of the HOA2 group with 2 mm of thickness, metal substrate and without cement; the largest value found ($\Delta E=10.0$) was that of the LTA2 group with a 1.5 mm thickness, with a metal substrate and with cement. This difference was statistically significant. When the comparisons were between the ceramic-substrate without cement groups (control) versus the ceramic-substrate with cement groups, the results showed that the group that had less influence of the cement was the HOA2 group with a 1.5 mm thickness with a composite resin substrate ($\Delta E=1.1$). The group that had the greatest influence of the cement was the LTA2 with a 1.5 mm thickness and with a metal substrate ($\Delta E=6.4$). This difference was statistically significant. Within the limitations of this study, it is concluded that the studied variables - the manufacture process and the thickness of ceramic, the color of the abutment substrate and the presence of the cement has a significant influence on the color of the ceramic.

Keywords: Color. Ceramic. Colorimetry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURAS

- Figura 1 - A – Matriz em aço inox; B – Colocação da cera liquefeita na matriz; C – Pastilhas em cera; D – Pastilhas HO e LT; E – Aplicação da cerâmica de revestimento nas pastilhas de HO. 43
- Figura 2 - A – Matriz metálica em aço inox; B – Resina aplicada na matriz; C – Pastilhas de resina.....45
- Figura 3 - A – Matriz metálica em aço inox; B – Colocação da cera liquefeita na matriz; C – Pastilhas em cera e pastilhas após fundição.....47
- Figura 4 - Esquema da cimentação. A – Matriz metálica de aço inox. B – Substrato. C – Matriz metálica de aço inox para cimentação: parte inferior. D – Espaçador em metal com 0,1mm de espessura. E – Matriz metálica de aço inox para cimentação: parte superior. F – Parafusos de fixação da parte superior à parte inferior da matriz metálica de aço inox para cimentação e que mantêm os espaçadores em posição. G – Cimento. H – Pastilha de cerâmica. I – Fotopolimerizador. 51
- Figura 5 - Distribuição dos grupos: Cerâmicas - LT e HO; Espessuras: 1,5 e 2,0mm; C - cimento; R - substrato em resina; M - substrato em liga metálica.....53
- Figura 6 - A – Porta-amostras dos corpos de prova.; B- Corpo de prova em posição; C- Posicionamento do espectrofotômetro sobre a amostra. D – Espectrofotômetro conectado ao computador para a leitura da cor. 55
- Figura 7 - Cores no sistema L, a, b (Hunter Associates Laboratory Inc, Faifers, Virginia, USA).....55
-
-

LISTA DE TABELAS

Tabela1	- Médias dos valores de $\Delta E(DP)$, ΔL^* , Δa^* e Δb^* nos diferentes grupos avaliados.	61
Tabela 2	- Resultados das análises de variância a 4 critérios: processo de confecção (cerâmica), espessura da cerâmica, substrato e cimento)	62
Tabela 3	- Médias dos resultados de ΔE para todos os grupos em ordem crescente.	63
Tabela 4	- Médias dos valores de $\Delta E(DP)$, ΔL^* , Δa^* e Δb^* nos diferentes grupos avaliados.	64
Tabela 5	- Resultados das análises de variância a 3 critérios: processo de confecção (cerâmica), espessura da cerâmica e substrato	64
Tabela 6	- Valores de ΔE para os grupos avaliados em ordem crescente.	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1	Cor.....	25
2.2	Influência do substrato, do cimento e da textura da superfície da cerâmica	27
3	PROPOSIÇÃO	35
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1	Confecção das pastilhas em cerâmica	41
4.2	Confecção dos substratos	45
4.3	Tratamento das superfícies dos substratos	47
4.4	Tratamento das superfícies das cerâmicas	49
4.5	Cimentação	49
4.6	Leitura da cor.....	53
4.7	Análise estatística.....	57
5	RESULTADOS	59
6	DISCUSSÃO	67
7	CONCLUSÃO.....	75
	REFERÊNCIAS	79

---

1 INTRODUÇÃO

---

1 INTRODUÇÃO

As constantes mudanças e melhorias nas propriedades dos materiais odontológicos usados no tratamento restaurador têm proporcionado a realização de tratamento de qualidade (SAILER et al., 2007), com excelente resultado estético e com sucesso em longo prazo (HICKEL, MANHART, 2001). Isso se aplica, especialmente, aos materiais cerâmicos, cuja evolução nas últimas duas décadas permitiu a confecção de próteses com características estéticas e de biocompatibilidade superiores, principalmente, às próteses metalocerâmicas (SAILER et al., 2007). Entretanto, fatores relacionados com a espessura da cerâmica, cor do cimento e do substrato podem influenciar na cor final da restauração.

A cor dos dentes naturais é o resultado da combinação da luz refletida, transmitida e dispersa pelos tecidos dentários duros (O'BRIEN, 1985), características essas que dependem da natureza química e do tamanho das partículas dos cristais da cerâmica, quando comparados ao tamanho do comprimento de onda da luz que incide nesse material (HEFFERNAN et al., 2002). Um dos grandes desafios para a odontologia moderna é transferir aos materiais restauradores o mesmo efeito óptico e as propriedades dos dentes naturais (LI, YU, WANG, 2009; VICH, FERRARI, DAVIDSON, 2000, 2004). A imitação precisa da beleza e das características dos dentes naturais continua sendo um processo complexo e difícil, tanto para os procedimentos clínicos como para os laboratoriais. A fabricação de uma restauração com aparência natural exige não apenas a correspondência dos componentes da cor do matiz, do valor e do croma, mas também da combinação dessas características específicas dos dentes adjacentes. Fenômenos ópticos de opalescência, fluorescência e translucidez também são necessários para caracterizar uma restauração cerâmica para que se assemelhe o máximo possível com o dente natural sob as mesmas condições de iluminação (RAPTIS, MICHALAKIS, HIRAYAMA, 2006).

A cor de um dente é influenciada por vários fatores, tais como: distribuição da energia espectral da fonte de luz, sensibilidade do olho do observador e das características espectrais do dente em relação à absorção da luz, reflexão e

---

transmissão da luz (YAMAMOTO, 1989). Os atuais sistemas cerâmicos têm capacidade de reproduzir a aparência da dentição natural com um comportamento óptico muito semelhante aos de tecidos dentais (CAROSSA et al., 2001).

Geralmente, a cor da cerâmica é determinada pela combinação da cor do substrato, da espessura da cerâmica e da cor do cimento utilizado na cimentação. Estudos têm demonstrado que o substrato influencia, em primeira instância, na cor final da restauração cerâmica (KOUTAYAS et al., 2003; VICHI, FERRARI, DAVIDSON, 2000). A dentina constitui a maior parte de um dente e é, em grande parte, responsável pela determinação da cor (CHAIYABUTR et al., 2011). Se uma coroa de cerâmica pura é colocada sobre um dente tratado endodonticamente ou sobre um núcleo metálico fundido, pode ocorrer alteração de cor com a presença de um aspecto semelhante a de uma sombra na cerâmica e na gengiva, sobretudo na região cervical (NAKAMURA et al., 2002; TAMSE, 1988). Outros fatores, incluindo a textura de superfície da cerâmica (WANG, XIONG, ZHENHUA, 2011), temperatura de queima da cerâmica (HAMMAD, STEIN, 1991; LUND, PIOTROWSKI, 1992), glaze (KIM et al., 2003), lote (O'BRIEN et al., 1991; RINKE, HULS, KETTLER, 1996), fabricante (DAGG et al., 2004; DOZIC et al., 2003; NAKAMURA et al., 2002), número de ciclos de sinterização (HAMMAD, STEIN, 1991; O'BRIEN et al., 1991), espessura da camada de opaco (O'BRIEN et al., 1991), tratamento da superfície do metal (O'NEAL et al., 1987), também são citados como influentes na cor da restauração. Embora os sistemas cerâmicos tenham apresentado melhora na cor e translucidez das restaurações, uma cor perfeita ainda não pode ser assegurada (CHAIYABUTR et al., 2011).

Outra dificuldade encontrada diz respeito à ausência de um sistema preciso de seleção de cor. A avaliação visual, utilizando as escalas de cores desenvolvidas para próteses metalocerâmicas, ainda é o método mais frequentemente utilizado para seleção de cor em todos os sistemas cerâmicos (VOLPATO et al., 2009). Comparado ao sistema metalocerâmico, a seleção da cor para restaurações cerâmicas é incompatível, pois mistura cores do material empregado na confecção do núcleo (metal ou resina), da dentina e da cerâmica de revestimento, fazendo com que a seleção da cor do dente para o sistema cerâmico seja mais difícil, levando a mais erros e a resultados, por vezes, imprevisíveis (SEGHI, JOHNSTON, O'BRIEN, 1989). A seleção da cor para restaurações totalmente cerâmicas é, muitas vezes, uma experiência aleatória e frustrante para o cirurgião-dentista

---

(DAVIS,JOHNSTON, SABA, 1994).

Na literatura, a avaliação da cor tem sido descrita por meio de dispositivos eletrônicos ou, ocasionalmente, por observadores humanos. Os dispositivos eletrônicos frequentemente utilizam métodos descritos pela Commission Internationale de l'Eclairage (1976) que consiste em expressar, por meio de equações e coordenadas, a diferença de cor entre diferentes amostras e suas implicações clínicas (STEVENSON, IBBETSON, 2010).

Com a existência de dentes escurecidos, presença de núcleos metálicos e/ou a combinação de cores destes com os dentes adjacentes, a obtenção de restaurações confeccionadas em cerâmica tem sido um grande desafio aos cirurgiões-dentistas. As cerâmicas odontológicas também são afetadas pelos fenômenos óticos de dispersão, transmissão, absorção, reflexão e refração da luz. Todos esses aspectos, somados aos diferentes pigmentos que são incorporados na cerâmica para reproduzir os matizes dos dentes naturais, tornam o procedimento de seleção de cor difícil e, muitas vezes, subjetivo (CHAIYABUTR et al., 2011).

Com o objetivo principal de facilitar os procedimentos laboratoriais de confecção de restaurações cerâmicas, a empresa Ivoclar Vivadent AG lançou, em 1999, um sistema cerâmico à base de dissilicato de lítio, que confere maior resistência à cerâmica e com boas propriedades estéticas, e que recebeu o nome comercial de IPS Empress 2® (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein). Esse sistema possibilita a confecção de próteses pela técnica da cera perdida e prensagem da cerâmica que é, posteriormente, maquiada extrinsecamente com corantes especiais, e é conhecido como sistema monolítico. Esse sistema também possibilita, a confecção de infraestrutura que recebe uma cerâmica de revestimento composta por 60% de fluorapatita, favorecendo com que o desgaste da cerâmica ocorra na mesma intensidade que o esmalte dentário. A infraestrutura desse sistema é composta por cerâmica vítrea contendo de 60 a 65%, em volume, de cristais de dissilicato de lítio, densamente dispostos e unidos à matriz vítrea.(HÖLAND et al., 2000; GUERRA et al., 2007) Anos mais tarde foi lançado o sistema IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein) que envolve um processo de fabricação contínuo, baseado em tecnologia de fusão do vidro, esfriamento e simultânea nucleação de dois diferentes cristais. A microestrutura do dissilicato de lítio prensável ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) é constituída por cerca de 70% em volume de cristais semelhantes a agulhas de dissilicato de lítio as quais são cristalizadas em uma

---

matriz vítrea. Estes cristais medem aproximadamente de 3 μ m a 6 μ m de comprimento, possuem uma resistência flexural de 400MPa e está disponível em quatro níveis de translucidez (High Translucency, Low Translucency, Medium Opacity, High Opacity), que são indicados em função da cor do substrato. Cerâmicas mais translúcidas permitem maior entrada e dispersão da luz, sendo que, nesse caso, o substrato dentário terá maior influência na cor resultante. A opacidade é controlada pela nanoestrutura do material. A dispersão de luz na interface entre os cristais e a matriz vítrea causa alta opacidade. Se houver um índice de refração de luz similar entre os cristais e a matriz vítrea, é possível obter uma alta translucência. Se o índice de refração entre os cristais e o vidro é alto, maior opacidade é encontrada, como nos casos onde os nanocristais são incluídos nos materiais de alta opacidade. Portanto, a opacidade pode ser adaptada a uma variedade de necessidades. Esse processo usado para o controle da opacidade não influencia as propriedades de resistência nem os módulos dos materiais. A cor dessa cerâmica é controlada por íons que são dissolvidos na matriz vítrea e depende da valência dos íons no campo circundante (IVOCLAR VIVADENT, 2009). Relativamente às cerâmicas mais translúcidas, que permitem a luz entrar e se dispersar mais facilmente, estas mostram que o substrato tem uma expressiva influência sobre a cor resultante.(CHAIYABUTR et al., 2011) Um dos aspectos mais importantes para compensar o efeito de um substrato mais escuro na cor, em função da transparência da cerâmica, está na sua espessura. Tem sido preconizado que a espessura mínima da cerâmica, para eliminar os efeitos do substrato na determinação correta da cor, deve ser de no mínimo 2mm. Nessas condições, a cor do cimento tem pouco efeito na cor da cerâmica (VICHI,FERRARI, DAVIDSON, 2000).

Em função das diferentes variáveis que podem interferir na cor da cerâmica, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de dois substratos (resina e liga metálica) e do cimento na obtenção da cor final de restaurações cerâmicas à base de dissilicato de lítio (IPS e.max), variando a espessura e o grau de opacidade da cerâmica.

---

2 REVISÃO DE LITERATURA

---

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cor

Bunting (1998) observou que no estudo da ciência da cor a fonte de luz aparece com requisito especial, pois sem luz não existe cor. Para haver a percepção desta em um certo objeto, a luz emitida por uma fonte luminosa toca ou atravessa esse objeto, o qual absorve e reflete um comprimento de onda, que é percebido pelas células fotorreceptoras do olho, os cones, que têm a capacidade de reconhecer as cores, e pelos bastonetes que detectam os níveis de luminosidade, sendo, em seguida, identificado pelo cérebro como uma cor específica.

De acordo com X-Rite (2002), Isaac Newton foi o primeiro a compreender a fisiologia da cor. Ele observou que um feixe de luz branca passando através de um prisma seria decomposto em componentes coloridos, resultando em uma série de cores com a seguinte ordem: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, índigo e violeta, com variações no comprimento de onda entre 400 e 700nm. Os comprimentos de onda são recebidos por receptores coloridos do olho humano (cones), que percebem a variação das cores vermelha, verde e azul. Cada matiz é definido precisamente pelo seu comprimento de onda ou frequência. O ponto chave é compreender que o comprimento de onda padrão percebido pelo olho é a impressão digital da cor. Ela é referenciada pelo percentual de refletância e pela distribuição do intervalo do comprimento de onda como uma curva de refletância espectral.

Na teoria de Vanini, (2011), os dentes apresentam quatro diferentes cores: amarelo-laranja, branco, azul e âmbar – com graus distintos de graduação, variando de indivíduo para indivíduo e com a idade. As dimensões da cor se encontram no esmalte, junção esmalte-dentina e dentina. O esmalte é o tecido mais rico e abriga todas as dimensões da cor. A junção esmalte-dentina possui um índice de refração de luz diferente do esmalte, conferindo-lhe uma nuance mais esbranquiçada. A dentina é uma estrutura de baixa translucência, com variações de croma e saturação, essencialmente, laranja-amarelada. A interação dos aspectos ópticos desses elementos, em conjunto, é que confere a cor dos dentes.

Chu et al. (2012) descreveram que a interpretação da cor é uma das dificuldades do cirurgião-dentista, pois como a cor é uma ciência abstrata é dependente da psicofisiologia da percepção. Diferentes indivíduos enxergam o mesmo objeto de maneira diferente. É difícil existir um consenso baseado em uma única observação visual, pois a compreensão individual da cor é influenciada por vários fatores, tais como condições luminosas, efeitos do fundo, daltonismo, diferenças binoculares, fadiga visual, idade e outros fatores fisiológicos. Os autores descrevem as quatro dimensões da cor:

- **Matiz:** é a cor propriamente dita e está relacionada com os pigmentos (ex: vermelho, azul e amarelo).
- **Croma:** é a intensidade ou saturação e o grau de pureza de um matiz. Quanto mais comprimentos de onda de uma cor forem refletidos por um objeto, comparando com os outros comprimentos de onda de outras cores que também são refletidos, maior será a cromaticidade, ou seja, mais pura e forte será essa cor.
- **Valor:** é o grau de luminosidade da cor. Quanto maior a quantidade de luz refletida, mais alto é o valor. A cor branca apresenta o valor mais alto, enquanto a cor preta apresenta o valor mais baixo. A escala de valor varia de 0 a 10, com vários graus de cinzas.
- **Translucidez:** maior quantidade de luz é transmitida do que absorvida ou refletida. Quanto mais alta é a translucidez, maior é a transparência, significando que toda luz é transmitida. Por outro lado, quanto mais baixa é a translucidez, maior é a opacidade, ou seja, toda luz é refletida ou absorvida.

Para Nocchi (2013), outros fenômenos ópticos também estão presentes na percepção da cor do dente:

- **Opalescência:** está diretamente vinculada às características do esmalte: quando a luz incide sobre a sua superfície, as ondas menores (cinza-azul) são refletidas e as maiores (laranja-amarelo) são transmitidas,
-

proporcionando um aspecto cinza-azulado na região incisal, se a luz for refletida, ou um aspecto laranja-amarelado se a luz for transmitida.

- **Contraopalescência:** é um fenômeno óptico que ocorre quando parte da luz incidente sobre a vestibular de um dente encontra uma estrutura refletiva, como a extremidade dos mamelos, e é transmitida (retorna ao observador), gerando uma imagem alaranjada.
- **Fluorescência:** com a absorção de luz ultravioleta (luz negra) há a formação de uma imagem com variação de cor entre o branco intenso e azul claro, proporcionando um aspecto de vitalidade ao dente.

2.2 Influência do substrato, do cimento e da textura da superfície da cerâmica

Vichi, Ferrari e Davidson (2000) avaliaram 3 espessuras da cerâmica IPS Empress (1,0, 1,5 e 2,0mm), o efeito da cor do cimento Variolink II (branco, amarelo e marrom) e a espessura do película do cimento (0,1 e 0,2mm), no mascaramento de diferentes pinos opacos de zircônia (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein), de fibras de carbono (RTD - Recherches Techniques Dentaires, Staint-Égrève - France), um material experimental (RTD) e a resina composta (3M), simulando uma restauração unitária de dentes anteriores. Os dados foram medidos pelo sistema de coordenadas L*a*b* e analisados em um software (001 Lab 1.0 Ocean Optics). Considerando a espessura, alterações de cor da restauração cerâmica IPS-Empress foram detectáveis visualmente quando a espessura da cerâmica era de 1,0mm. Espessuras de 1,5mm só evidenciaram alterações com o uso de instrumentos laboratoriais; com espessuras de 2,0mm não houve alteração da cor da restauração final, independente dos diferentes substratos com diferentes cores. Diferenças na espessura do cimento (0,1 ou 0,2mm) podem alterar ligeiramente o resultado final da restauração e, portanto, este parâmetro não pode ser considerado como um procedimento para corrigir a cor. Diferentes cores de cimento permitem apenas pequenas correções de nuances da cor final da restauração, detectáveis somente por meio de instrumentos eletrônicos e, portanto, irrelevantes clinicamente.

Al-Wahadni et al. (2002) avaliaram que, para otimizar o resultado clínico da restauração, é importante determinar o efeito de cada tipo de infraestrutura sobre a

---

cor final. Restaurações metalocerâmicas são amplamente utilizadas para restaurar dentes. No entanto, 37% das vezes elas são consideradas como tendo má compatibilidade de cor.

Nakamura et al. (2002), também avaliaram a influência do substrato na cor final da cerâmica à base de leucita prensada Empress (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein) com diferentes espessuras. Foram confeccionados espécimes simulando núcleos fundidos em uma liga de ouro (Gold allyType IV, GC, Tokyo, Japan) e pinos de cerâmica na cores A1 e A4, que foram recobertos por cerâmica prensada de Empress, na cor A1, em várias espessuras (1,0, 1,2, 1,4, 1,6, 1,8 e 2,0mm). As medições da cor foram realizadas sobre substratos de pilares com várias espessuras da cerâmica. Foi descoberto que o substrato confeccionado em uma liga de ouro teve influência na cor, com exceção para as cerâmicas com mais de 1,6mm de espessura. Quando o substrato era em cerâmica, não houve alteração evidente na cor, mesmo quando a cerâmica não era muito espessa. Portanto, ao fazer uma restauração usando uma coroa prensada de cerâmica à base de leucita, é aconselhável a utilização de materiais de substrato com a cor do dente. Quando isso não for possível, a cerâmica deve ter mais de 1,6 mm de espessura.

Shimada et al. (2005) realizaram um estudo para avaliar a influência de diferentes materiais utilizados como substratos na cor da cerâmica IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein) com diferentes espessuras (0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 e 2,0mm). Os substratos foram de resina – Unifil Core, GC Corp., Tokio, Japan), liga de ouro (Casting Gold MC Type III, GC Corp., Tokio, Japan) e liga prata-paládio (Castwell M. C. 12% Gold, GC Corp., Tokio, Japan). A cor foi mensurada com um colorímetro (ShadeEye NCC, Shofu inc. Kyoto, Japan), de acordo com o CIE $L^* a^* b^*$. A coordenada L^* é conhecida como luminosidade e se estende de 0 (preto) a 100 (branco); a coordenada a^* varia do verde (negativo) ao vermelho (positivo) e b^* varia do azul (negativo) ao amarelo (positivo). Em seguida, a diferença de cor entre os espécimes de cerâmica sobre o substrato foi calculada utilizando ΔE^* cuja fórmula é $\Delta E^* (L^* a^* b^*) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$. Os testes estatísticos mostraram que todos os valores de $\Delta L^* = (L_{amostra} - L_{controle})$, $\Delta a^* = (a_{amostra} - a_{controle})$ e $\Delta b^* = (b_{amostra} - b_{controle})$ sofreram influência do material do substrato e da espessura da cerâmica; os valores do ΔE^* revelaram interação significativa entre o material do substrato e a espessura da cerâmica, e os valores de ΔE^* , tanto pelo tipo do material do substrato como pela espessura. Assim, concluiu-se que a cor do

---

material da infraestrutura de IPS Empress 2 foi significativamente influenciada pela espessura da infraestrutura e pela cor do material do substrato.

Volpato et al. (2009) avaliaram a influência do substrato e da luz na percepção da cor da cerâmica. Foram confeccionados 15 espécimes circulares com a cerâmica IPS Empress na cor TC1 (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein) e 15 para a cerâmica IPS Empress 2 na cor 100. Todos os espécimes foram revestidos com a cerâmica de revestimento Eris na cor E2 (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein). Para a confecção dos substratos na forma de discos foram empregados os seguintes materiais: resina na cor 2AB – Filtek Supreme -3M- Espe, USA, com 3mm de espessura; uma liga de prata-paládio (PallagM, Degussa-Hu LLS, Alemanha), com espessura de 1,5mm, sendo que parte foi polida com lixas metálicas e parte também recebeu polimento com borrachas abrasivas; uma liga de ouro (tipo IV, Stabilor G, Degussa-Hu LLS, Alemanha) que receberam tratamento como no grupo anterior. A análise instrumental consistiu das medidas dos discos e suas combinações em um espectrofotômetro (Minolta CM 2600d, Minolta, Japão), sob 3 condições de iluminação: D65 (Luz do dia), A (luz incandescente) e F6 (luz fluorescente) e, posteriormente, da cerâmica sobre o substrato unidos por uma gota de água. As medições foram feitas por um operador com um espectrofotômetro, com 10° de iluminação difusa, comprimento de onda de 360-740nm, incluindo a luz ultravioleta (UV), brilho, e assegurando que a abertura de 5mm fosse mantida muito perto dos discos. Os resultados mostraram que as duas cerâmicas testadas apresentaram uma luminosidade que aumentou em ambas as comparações; que a cromaticidade da coordenada a^* demonstrou uma tendência para o vermelho quando se comparou D65 com A, e uma tendência para o verde quando se comparou D65 com F6. A cromaticidade coordenada b^* demonstrou uma tendência para o amarelo em ambas as comparações. Os resultados desse estudo sugerem que o tipo de fonte luminosa, do substrato e da espessura do material devem sempre ser considerados, uma vez que influencia a cor final das restaurações cerâmicas nos sistemas IPS-Empress e IPS-Empress2. Durante a seleção de cores, o profissional deve sempre considerar a luz, as lâmpadas incandescentes e fluorescentes e escolher a cor que apresenta a menor variação visual nas três fontes luminosas, a fim de minimizar o efeito de metamerismo. Quando o substrato apresenta uma cor muito semelhante à cerâmica, a espessura recomendada pelo fabricante (1,5mm) pode ser utilizada para qualquer um dos sistemas testados.

Todavia, se existem pinos metálicos, torna-se necessário que a cerâmica tenha suficiente espessura para mascarar o substrato.

Stevenson e Ibbetson (2010) descreveram que a cor tem sido avaliada por meio de dispositivos eletrônicos ou ocasionalmente por observadores humanos. Os dispositivos eletrônicos têm sido mais usados devido à fidelidade da percepção da cor que é expressa nas coordenadas CIE L*a*b* Commission Internationale de l'Eclairage (1976). Essas coordenadas são obtidas por meio de um espectrofotômetro que mostra, em números, a descrição da cor. A coordenada L* varia de 0 a 100 e representa o grau de luminosidade; a* representa as cores verde/vermelho; b* representa as cores azul/amarelo; ΔE indica a magnitude da diferença de cor entre as amostras e, portanto, o potencial em implicações clínicas.

Para Chaiyabutr et al. (2011), a restauração de um dente com material estético que copie fielmente as características naturais de um dente hígido depende de alguns fatores como: seleção de cor, aspectos intrínsecos do dente, natureza do substrato e agente cimentante. Para verificar a influência do substrato, foram confeccionadas coroas monolíticas reforçadas por dissilicato de lítio confeccionadas pela técnica do CAD / CAM IPS e.max CAD LT (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein). Foram empregados dentes com 4 cores (claro, médio claro, médio escuro, e escuro), o cimento Variolink II (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein) nas cores translúcido e opaco, e quatro espessuras de cerâmica (1,0 , 1,5 , 2,0 e 2,5mm). A cor de cada combinação foi medida utilizando-se um espectrofotômetro, e os valores médios da diferença de cor (ΔE) foram calculados e comparados com o grupo-controle que empregou dente preparado na cor clara. Os maiores valores de ΔE foram obtidos com as coroas de cerâmica de 1,0mm de espessura cimentadas com cimento translúcido em um dente com cor escura (4,67 - DP 0,17), seguido pelas coroas de cerâmica de 1,5mm de espessura cimentadas com cimento translúcido em um dente com cor escura (4,08 - DP 0,11). O aumento da espessura de cerâmica causou diminuição significativa nos valores de ΔE . A menor média dos valores ΔE foi obtida com as coroas cerâmicas com 2,5mm de espessura cimentadas com cimento translúcido (0,38 - DP 0,16) em dente com cor clara, seguido pelas coroas cerâmicas de 2,5mm de espessura cimentadas com cimento opaco (0,51 (DP 0,10) em dente de cor clara. Os valores ΔE diminuíram ligeiramente quando as coroas foram cimentadas com cimento opaco.

Azer et al. (2011) avaliaram o efeito da cor do substrato em facetas laminadas de cerâmica, uma vez que estas são geralmente fabricadas com espessuras variando de 0,3 a 1mm, dependendo da necessidade de mascarar dentes descoloridos ou corrigir ligeiramente o contorno de dentes mal posicionados. Nesse estudo foi verificado o efeito da alteração de cor resultante da aplicação de duas cores de material cerâmico IPS Empress translúcido (T1) e opaco (O2), em duas cores de resina composta Herculite XRV (Kerr Corporation, Orange, Califórnia) clara (A3) e escura (C4) usadas como substratos. Foram fabricados 10 discos cerâmicos para cada cor (transparente e opaco) e 20 de resina composta fotopolimerizável. Os discos cerâmicos foram cimentados aos discos de resina composta com cimento resinoso na cor clara (Nexus NX3; Kerr Corporation). As medições da cor foram feitas com um colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-200b), configurado com uma iluminação difusa com 0 grau e valores médios de CIE luminosidade (L^*), croma (C^*_{ab}) e ângulo de matiz (h_{ab}). A análise estatística mostrou diferenças significativas entre as duas cores de resina composta quando o parâmetro luminosidade (L^*) foi avaliado. Da mesma forma, uma diferença significativa ($P < 0,001$) foi encontrada no parâmetro croma (C^*_{ab}) para a mudança na cor do substrato de resina composta, independentemente da cor da cerâmica cimentada. O substrato e a cerâmica apresentaram diferenças estatísticas sobre L^* e C^*_{ab} e parâmetros de cor ($P \leq 0,005$). Esses dois fatores tiveram uma significativa interação ($P = 0,044$) no ângulo do matiz (h_{ab}). Os autores concluíram que facetas de cerâmica com espessuras de 0,5 mm são significativamente influenciadas pela mudança de cor do substrato.

Cubas et al. (2011) avaliaram a influência do agente de cimentação e da espessura da cerâmica sobre a alteração da cor final da restauração. Para isso foram realizados estudos com seis tipos de cerâmicas confeccionadas na forma de disco com 11mm de diâmetro e na cor A3, com 1,0, 1,5 ou 2,0mm de espessura. Discos de resina composta Z-250, cor C4 (3M ESPE, St Paul, MN, EUA) foram usados como bases para simular um fundo cromático. A cimentação dos discos cerâmicos nos substratos de resina foi com Enforce (Dentsply®, Catanduva - SP, Brasil) nas cores C4A3 e o opaco C4OP. Como grupo-controle foram utilizados os discos de cerâmica sobrepostos aos substratos sem serem cimentados. Diferenças de cor (ΔE) foram determinadas usando-se um colorímetro. Os resultados mostraram que as médias de valores de L^* , a^* e b^* foram muitas vezes significativamente influenciados pela marca da cerâmica, agente de cimentação,

espessura e da interação dessas três variáveis . Para todos os materiais testados, em geral, a espessura de 1,5mm e 2mm resultou em maiores valores de a^* , b^* e L^* quando comparados com discos com espessura de 1,0mm, independentemente da cor do cimento. Entretanto, a utilização de um cimento opaco resultou em maiores valores a^* , b^* e L^* para todas as espessuras e cerâmicas testadas, concluindo-se que a espessura da cerâmica pode alterar a sua translucidez e cor, apresentando, por conseguinte, uma maior capacidade para mascarar um substrato escuro quando fabricada com maior espessura.

Kilinc et al. (2011) avaliaram a estabilidade de cor e o efeito do potencial de descoloração de cimentos resinosos de polimerização dual na cor da cerâmica. Sessenta discos de 20mm de diâmetro e 1,0mm de espessura de cerâmica IPS Empress foram fabricados na cor ETC1. Os discos foram divididos em seis grupos iguais de 10 espécimes. O estudo incluiu cimentos de três fabricantes, sendo 3 de polimerização dual e 3 fotopolimerizáveis. As leituras de cor foram feitas em um espectrofotômetro (Color Eye7000 A Gretag Macbeth LLC, New Windsor, New York), 24 horas após armazenagem em água destilada e 65 horas após envelhecimento acelerado, e foram registradas em CIEL*a*b*, em luz D65. Os resultados mostraram que os grupos de cimentos resinosos fotoativados mostraram melhores resultados de estabilidade de cor, e somente um cimento de presa dual apresentou significativa alteração na estabilidade de cor. A maior alteração de cor foi representada pelo cimento exposto nas margens da restauração. Não houve alteração de cor visível através da superfície cerâmica para nenhum grupo de cimentos. Os autores puderam concluir que todos os cimentos sofrem alteração de cor após o envelhecimento. No entanto, essa alteração foi parcialmente mascarada pela cerâmica.

Para obtenção de uma estética perfeita, especialmente com as facetas laminadas de cerâmica translúcida, a cor da cerâmica, o tipo de cimento resinoso e sua estabilidade de cor em longo prazo são fatores importantes para se alcançar o sucesso estético. Nesse sentido, Turgut e Bagis (2011) fizeram um estudo com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes sistemas de cimentos resinosos envelhecidos na cor de laminados cerâmicos com diferentes cores. No total, 392 espécimes em forma de discos nas cores A1, A3, com alta opacidade (HO) e alta translucidez (HT), foram confeccionados com a cerâmica de dissilicato de lítio vítrea IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein). As amostras foram

---

preparadas com 0,5mm de espessura e 10mm de diâmetro e divididas em quatro grupos por cores. Sete amostras de cada grupo foram separadas para o grupo-controle. Dois cimentos resinosos de polimerização dual e dois fotopolimerizáveis de diferentes fabricantes, num total de 13 cores, foram empregados em cores similares aos das cerâmicas A1, A3, opacas e translúcidas. A medição da diferença de cor entre as amostras foi realizada por meio do sistema CIEL*a*b*. As leituras foram feitas somente nas cerâmicas (C) e destas com os cimentos após a realização do processo de envelhecimento. Foram encontradas diferenças significativas de cor após a cimentação da cerâmica nas cores A1, A3, HT e HO. Cada sistema de cimento e combinação de cores mostrou uma distribuição de cor individual no sistema CIEL*a*b*. O processo de envelhecimento alterou significativamente a cor dos discos cerâmicos (C) e dos discos cerâmicos com cimento resinoso (C + R). As cerâmicas A1 cimentadas com cimento Rely X Veneer (cor A3) (3M ESPE, St Paul, MN, EUA) apresentaram a maior mudança de cor ($\Delta E=3,1$). Embora as diferenças estatisticamente significativas tivessem sido observadas para todos os espécimes, os valores de $\Delta E < 3,5$ foram considerados clinicamente aceitáveis. Os valores de ΔE dos grupos (C), após envelhecimento, variou entre 0,8 e 1,2 unidades. Estes valores de ΔE representaram uma mudança de cor imperceptível e clinicamente aceitável ($\Delta E < 3,5$). Dentro dos grupos (C + R) e grupos (C) não houve diferença significativa entre a descoloração das amostras com diferentes cores ou tipos de cimentos resinosos após o processo de envelhecimento. Dessa forma, o processo de envelhecimento influenciou significativamente a estabilidade de cor da cerâmica, com ou sem cimentação, mas a descoloração observada após o processo de envelhecimento estava dentro de um nível clinicamente aceitável e não pôde ser detectada visualmente. Não foram encontradas diferenças significativas entre as cores das cerâmicas e dos cimentos testados.

Wang, Xiong e Zhenhua (2011) analisaram as diferenças na textura das superfícies da cerâmica de dentina e as correlacionaram com possíveis alterações na direção da luz incidente na interface da junção cerâmica esmalte/dentina e verificaram a sua implicação nas propriedades ópticas de coroas cerâmicas. Foram confeccionados oitenta discos de cerâmica de dentina (Shofu Vintage Halo sombra A2) de 1,0 x 10,0 mm e distribuídos em 10 grupos (n = 8). Diferentes rugosidades de superfície (Ra) foram obtidas com lixas de 1000 e 1200 de granulação e diferentes níveis de ondulação (WA) – 0,0; 0,1; 0,2; 0,3; e 0,4mm foram realizadas

nos espécimes de cerâmica de dentina. A textura de superfície foi medida com um perfilômetro e depois foi aplicada a cerâmica de esmalte. Parâmetros de translucidez (TP) e diferença de cor (ΔE) foram calculados com CIE L * a * b * com espectrofotômetro. Os dados foram analisados e os resultados mostraram que a transmitância, reflectância e o parâmetro de translucidez foram influenciados significativamente pela rugosidade da superfície ($P < 0,05$) e os valores de ondulações ($P < 0,01$). Com a diminuição do valor de Ra de 1,23 μm para 0,15 μm , os valores médios de reflectância aumentaram de 37,01% para 38,63%, enquanto que os valores médios de transmitância e o parâmetro de translucidez diminuíram de 1,04% para 0,87% e de 19,44 para 18,03, respectivamente. Com um aumento do valor Wa de 0,0mm para 0,2mm, os valores de reflectância diminuíram de 37,06% para 30,30%, enquanto a transmissão e o parâmetro de translucidez aumentaram de 1,10% para 2,05% e de 19,15 para 20,01, respectivamente. Valores de diferença de cor (ΔE) variaram de 0,30-1,45 (Grupo Ra) e de 1,46 para 4,16 (grupo Wa), respectivamente. Os autores puderam concluir que a textura da superfície da cerâmica de dentina influenciou significativamente as propriedades ópticas dos espécimes de cerâmicas de esmalte/dentina, e que o Wa teve maior coeficiente de correlação do que o Ra.

---

3 PROPOSIÇÃO

---

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a alteração da cor da cerâmica de dissilicato de lítio (IPS e.max - Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein), variando os seguintes aspectos:

- 1- processos de confecção: cerâmica monolítica e com infraestrutura coberta com cerâmica de revestimento;
- 2- espessuras da cerâmica: 1,5 e 2,0mm;
- 3- substratos: resina e liga metálica;
- 4- com e sem cimento.

A hipótese nula é que a cor da cerâmica não é alterada pelas variáveis pesquisadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

---

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Confeção das pastilhas em cerâmica

Foram confeccionadas 40 pastilhas de cerâmica IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein) que foram divididas em 2 grupos (n=20): 20 pastilhas confeccionadas com a cerâmica de baixa translucidez (LT), na cor A2, e 20 pastilhas confeccionadas com a cerâmica de alta opacidade (HO). Neste grupo, as pastilhas receberam cerâmica de revestimento IPS e.max Ceram na cor A2 (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein).

Para a confecção das pastilhas em cerâmica foram utilizadas matrizes metálicas de aço inox, com espessuras de 1mm para cerâmica HO e de 2mm e 2,5mm para a cerâmica LT. Ambas as matrizes apresentavam diâmetros de 10mm. (Figura 1A)

As pastilhas foram, inicialmente, fabricadas com cera para fundição (Renfert GMBH, GEO Natural – Alemanha) por meio da colocação da cera liquefeita nas matrizes (Figura 1B e 1C). Os padrões de cera foram fixados nas bases formadoras de cadinho e incluídos em revestimento Gilvest HS (BK Giulini GmbK – Ludwigshafen – Alemanha). Após a presa, o cilindro de revestimento foi introduzido em um forno Bravac, linha M2, semiautomático (Indústria Eletro Mecânica Bravac Ltda – São Paulo, SP – Brasil), pré-aquecido na temperatura de 580 a 600°C para a eliminação da cera. Em seguida, o forno foi regulado para 850°C e o cilindro permaneceu por mais uma hora nesta temperatura antes de ser transferido para o forno Programat EP 5000 (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein), programado para elevar a temperatura de 450 a 910°C, durante 25 minutos. Uma pastilha de cerâmica IPS e.max Press, na cor selecionada, foi posicionada na embocadura do cilindro de revestimento, injetada para o interior do molde e resfriada, ainda no anel, em temperatura ambiente. Depois da remoção do revestimento, os condutos de alimentação foram cortados com discos diamantados.

As pastilhas de cerâmicas foram fixadas em lâminas de vidro com cera pegajosa em bastão (Asfer Indústria Química Ltda, São Caetano do Sul, SP, Brasil) e fixadas em uma politriz (EXAKT 400CS Micro Grinding System, EXAKT

Apparatibau GmbH & Co. KG, Norderstedt, Schleswig-Holstein, Alemanha) e as superfícies foram aplainadas e polidas até atingirem as espessuras desejadas. Inicialmente, foi feita a planificação na superfície inferior com a lixa d'água na granulação de 1200. Posteriormente, os espécimes foram removidos e fixados novamente para a planificação e polimento da superfície superior com as lixas d'água nas granulações 180, 220, 400, 600 e 2000, sob refrigeração em água. Esses procedimentos foram realizados até que as pastilhas da cerâmica H0 atingissem a espessura de 0,5mm e as LT com as espessuras de 1,5mm e 2mm. (Figura 1D)

As pastilhas com 0,5mm de espessura receberam uma camada de cerâmica de revestimento IPS e.max Ceram na cor A2, que foi aplicada com pincel na superfície superior que era a mais polida da amostra, em incrementos, até atingir as espessuras de 2mm e 2,5mm. (Figura 1E) A queima da cerâmica foi feita no forno Programat EP 5000, previamente programado para elevar a temperatura de 450 a 740°C, em um período de 16 min. Após o resfriamento, foi realizado acabamento com disco diamantado. Essas pastilhas foram fixadas em lâminas de vidro com cera pegajosa em bastão, para que pudesse desgastar e polir a cerâmica de revestimento com lixas d'água nas granulações 180, 220, 400, 600 e 2000, sob refrigeração em água, com o objetivo de deixá-las planas, polidas e com a espessura desejada. As cerâmicas H0 com cerâmica de revestimento na cor A2 tinham espessuras de 1,5mm e 2,0mm.

Figura 1: A – Matriz em aço inox; B – Colocação da cera liquefeita na matriz; C – Pastilhas em cera; D – Pastilhas H0 e LT; E – Aplicação da cerâmica de revestimento nas pastilhas de H0.

4.2 Confeção dos substratos

Foram utilizados substratos em resina composta (n=20) e liga metálica (n=20). Para o substrato em resina foi empregada a resina Filtek® Z250 XT, na cor A2 (3M ESPE, St Paul, MN, EUA), pela técnica da inserção incremental, utilizando-se uma matriz metálica circular de aço inox cirúrgico com espessura de 4mm e diâmetro de 8mm (Figura 2A) e polimerizada com fonte de luz Optilux 501 (Optilight Plus 60 Hz, Gnatus Equipamentos Médico-Odontológicos Ltda, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) (Figura 2B e 2C). A densidade de potência (em torno de $750\text{mW}/\text{cm}^2$) da unidade fotopolimerizadora foi aferida regularmente usando-se um radiômetro (Model 100, KERR Corporation, Orange, CA, USA). Após a polimerização, as amostras foram fixadas em lâminas de vidro com cera pegajosa em bastão para planificação e polimento da superfície com lixa d'água na granulação 2000 na Politriz Exakt, sob refrigeração.

Figura 2: A – Matriz metálica em aço inox; B – Resina aplicada na matriz; C – Pastilhas de resina.

Os padrões de cera para a confecção dos substratos metálicos foram fabricados na mesma matriz citada anteriormente e incluídos em revestimento e fundidos com uma liga de cobre-alumínio (Goldent L.A, Alloytech – Hampstead, NH – EUA) (Figura 3A, 3B e 3C). Após o resfriamento do metal, foram realizados acabamento e polimento das amostras com disco de corte Ultra Cut Triplo – 38mm / 1,7mm (Dhpro – Curitiba, PR, Brasil), fresa minicut 1511 (Labordental, São Paulo, SP, Brasil), roda mizzi (Dedeco International, Inc. Long Eddy, NY, USA), borracha de carbeto de silício (Dedeco International, Inc. Long Eddy, NY, USA) e jatos de óxido de alumínio. Para finalizar a planificação e polimento da superfície, as pastilhas de

metal foram fixadas em lâminas de vidro com cera em uma Politriz Exakt (EXAKT 400CS Micro Grinding System, EXAKT Apparatibau GmbH&Co. KG, Norderstedt, Schleswig-Holstein, Alemanha) com lixa d'água na granulação 2000, sob refrigeração.

Para o polimento com feltro e solução diamantada (Extec I Water based diamond permanent polishing suspension. Extec Corp, 1 μ m, Enfield, CT, USA), as pastilhas foram colocadas no centro de discos de acrílico (30 mm de diâmetro por 6mm de espessura) que foram acoplados à Politriz Metalográfica (Aropol 2V, Arotec S.A. Indústria e Comércio - Cotia, SP, Brasil), sob carga constante de 172g, por 10 minutos, em alta velocidade.

Figura 3: A – Matriz metálica em aço inox; B – Colocação da cera liquefeita na matriz; C – Pastilhas em cera e pastilhas após fundição.

Previamente ao tratamento superficial do substrato e da cerâmica, os espécimes de cerâmica e os substratos foram limpos em ultrassom (Ultrasonic Cleaner Mod. USC 750; Unique Ind. E Com. de Produtos Eletrônicos Ltda., São Paulo, SP, Brasil) com água deionizada durante 10 minutos.

4.3 Tratamento das superfícies dos substratos

Os substratos (resina e metal) foram tratados com ácido fosfórico a 37%, por 30 segundos, lavados com água por 30 segundos e secos com jato de ar. Em seguida, foi aplicado o adesivo Excite® DSC (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) em toda a superfície, pincelando o material sobre o substrato durante 10s. Os excessos foram removidos com leves jatos de ar, distante

aproximadamente 5,0mm da superfície, por 3s e, após 1 min, foi realizada a fotopolimerização por 20s.

4.4 Tratamento das superfícies das cerâmicas

Todas as cerâmicas foram condicionadas com ácido fluorídrico a 10% IPS Ceramic Etching Gel® (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) durante 20s, lavadas e secas com jatos de ar. Em seguida, o silano Monobond-S® (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) foi aplicado por 60s, seco com jatos de ar, o adesivo Excite® DSC (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), seguindo as orientações do fabricante.

4.5 Cimentação

Para a cimentação foi utilizado um cimento de polimerização dual, Variolink II, (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), na cor translúcida.

Os substratos foram inseridos na matriz metálica de aço inox a qual possuía um espaçador de 0,1mm, que era mantido até o final da fotopolimerização para padronizar a espessura do cimento.

Após misturar as pastas base e catalisadora, na proporção de 1:1, durante 10s, uma fina camada do cimento foi colocada na superfície da cerâmica com o auxílio de uma espátula de inserção. A pastilha foi posicionada sobre o substrato com pressão digital até atingir o espaçador (0,1mm) presente na matriz metálica. Após a remoção dos excessos, foi iniciada a fotoativação, mantendo-se a amostra em posição com o contato direto na ponta da fonte de luz Optilux 501 (Optilight Plus 60 Hz, Gnatus Equipamentos Médico-Odontológicos Ltda, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil). A densidade de potência (em torno de 750mW/cm²) da unidade fotopolimerizadora foi aferida regularmente usando-se um radiômetro (Model 100, KERR Corporation, Orange, CA, USA). (Figura 4A – 4I)

Figura 4: Esquema da cimentação. A – Matriz metálica de aço inox. B – Substrato. C – Matriz metálica de aço inox para cimentação: parte inferior. D – Espaçador em metal com 0,1mm de espessura. E – Matriz metálica de aço inox para cimentação: parte superior. F – Parafusos de fixação da parte superior à parte inferior da matriz metálica de aço inox para cimentação e que mantêm os espaçadores em posição. G – Cimento. H – Pastilha de cerâmica. I – Fotopolimerizador.

Os corpos de prova dos grupos avaliados ficaram assim distribuídos:

Figura 5: Distribuição dos grupos: Cerâmicas - LT e HO; Espessuras: 1,5 e 2,0mm; C - cerâmica; R - substrato em resina; M - substrato em liga metálica.

4.6 Leitura da cor

A leitura da cor foi realizada em um espectrofotômetro (Minolta CM2600d) equipado com fonte de luz padrão D65 (luz do dia) e calibrado com fundo preto em uma região de 400 a 700nm. Em cada pastilha foram realizadas 5 leituras em 5 pontos diferentes. A cor determinada no aparelho é expressa em coordenadas CIE $L^* a^* b^*$ (O'BRIEN,FAN, GROH, 1994; O'BRIEN et al., 1991). De acordo com a CIE - Commission Internationale de l'Eclairage (2004), essas coordenadas foram obtidas das medidas de refletâncias por meio de espectrofotômetro, e estes dados foram transmitidos para o computador (Figura 6A – 6D).

Figura 6: A – Porta-amostras dos corpos de prova.; B- Corpo de prova em posição; C- Posicionamento do espectrofotômetro sobre a amostra. D – Espectrofotômetro conectado ao computador para a leitura da cor.

A coordenada L^* avalia o nível de luminosidade e varia de 0 (preto) a 100 (branco); a coordenada a^* varia do verde (negativo) ao vermelho (positivo) e a b^* varia do azul (negativo) ao amarelo (positivo). (Figura 7) A diferença de cor (ΔE) entre dois espécimes que têm as cores expressadas em L^* , a^* e b^* é derivada da fórmula: $\Delta E (L^*a^*b^*) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$, onde $\Delta L^* = (L_{amostra} - L_{controle})$, $\Delta a^* = (a_{amostra} - a_{controle})$ e $\Delta b^* = (b_{amostra} - b_{controle})$ (ARAÚJO, 2009).

Figura 7: Cores no sistema L, a, b (Hunter Associates Laboratory Inc, Fairfairs, Virginia, USA).

Quanto menor o valor de ΔE , maior é a semelhança existente entre as amostras comparadas. Como a capacidade do olho humano para perceber as diferenças de cor difere de indivíduo para indivíduo, em função da combinação que ocorre entre as características do olho e da habilidade do operador, foram utilizados três diferentes intervalos de valores para distinguir as diferenças de cor. Os valores de ΔE inferior a 1,0 são considerados não detectáveis pelo olho humano; valores entre 1,0 e 3,3 são considerados visíveis por operadores qualificados e clinicamente aceitáveis; valores de ΔE maiores que 3,3 são observados, também, por pessoas não qualificadas e, por isso não são clinicamente aceitáveis (RUYTER, NILNER, MOLLER, 1987; VICHI, FERRARI, DAVIDSON, 2004).

As leituras foram realizadas em dois momentos: inicialmente a cor foi determinada somente nas pastilhas de cerâmicas (grupo-controle) para determinar exclusivamente a cor da cerâmica, sem as possíveis interferências do substrato e do cimento. Em seguida, foi determinada a cor da cerâmica sobreposta ao substrato, sem o cimento, e, por último, foi determinada a cor após 24 horas da cimentação das pastilhas nos respectivos substratos.

4.7 Análise estatística

Ao término da coleta de dados, os valores foram descritos por meio de médias e desvio-padrão. Para comparar as variáveis utilizadas nesta pesquisa (processos de confecção e espessuras das cerâmicas, substratos e cimento) foi utilizada a análise de variância (ANOVA) a 4 critérios. Quando se analisou a influência da presença do cimento na cor, realizou-se a análise de variância (ANOVA) a 3 critérios (processos de confecção e espessuras da cerâmica e substratos). O teste de Tukey foi utilizado para as comparações múltiplas com nível de significância de 5%.

---

5 RESULTADOS

---

5 RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as médias dos resultados e os desvios-padrão (DP) dos valores de ΔE (diferença de cor entre o grupo-controle com os demais grupos), valores de ΔL^* ($L_{amostra} - L_{controle}$), Δa^* ($a_{amostra} - a_{controle}$) e Δb^* ($b_{amostra} - b_{controle}$) dos grupos-controles (somente cerâmica) *versus* os grupos cerâmica com 1,5 e 2,0mm de espessura, substrato (resina e liga metálica), sem e com cimento. O menor valor de ΔE encontrado ($\Delta E=3,0$) foi o das amostras de cerâmica com revestimento HOA2 com 2mm de espessura, substrato de metal e sem cimento; o maior valor encontrado ($\Delta E=10,0$) foi o da cerâmica LTA2 com 1,5mm de espessura, com substrato de metal e com cimento. Os valores negativos de ΔL^* , Δa^* e Δb^* ocorreram devido aos menores valores de L^* , a^* e b^* expressados pelos grupos comparados ao grupo controle. Os grupos cerâmica-substrato, sem cimento e com cimento, apresentaram menores valores de luminosidade (L^*). Os valores das coordenadas a^* mostraram maior contribuição do vermelho, e os valores das coordenadas b^* , maior contribuição do amarelo.

Tabela1. Médias dos valores de ΔE (DP), ΔL^* , Δa^* e Δb^* nos diferentes grupos avaliados.

Cerâmica	Espessura	Substrato	Cimento	ΔE(DP)	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
LTA2	2mm	resina	com	5,9(0,4)	-5,2	-0,4	-2,8
LTA2	1,5mm	resina	com	7,4(0,6)	-6,3	-0,3	-3,7
LTA2	2mm	resina	sem	3,6(0,3)	-3,2	0,8	-1,2
LTA2	1,5mm	resina	sem	6,6(0,1)	-4,9	-0,4	-4,3
LTA2	2mm	metal	com	10,0(1,2)	-7,3	-1,7	-6,6
LTA2	1,5mm	metal	com	10,0(0,6)	-8,4	-0,4	-5,7
LTA2	2mm	metal	sem	6,4(1,1)	-5,2	0,1	-3,6
LTA2	1,5mm	metal	sem	5,7(0,8)	-5,0	0,7	-2,4
HOA2	2mm	resina	com	4,2(0,7)	-2,6	-0,4	-3,1
HOA2	1,5mm	resina	com	3,6(0,2)	-2,4	-0,2	-2,7
HOA2	2mm	resina	sem	3,6(0,6)	-2,3	-0,2	-2,5
HOA2	1,5mm	resina	sem	3,5(0,4)	-2,9	0,0	-1,8
HOA2	2mm	metal	com	3,6(0,4)	-2,7	0,0	-2,2
HOA2	1,5mm	metal	com	5,5(0,3)	-3,4	-0,6	-4,3
HOA2	2mm	metal	sem	3,0(1,3)	-2,6	0,6	-0,8
HOA2	1,5mm	metal	sem	3,8(0,4)	-3,2	0,2	-2,1

Foi utilizada a análise de variância a 4 critérios: processo de confecção (cerâmica), espessura da cerâmica, substrato e cimento) (tabela 2), que mostrou interações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) nos valores de ΔE entre as quatro variáveis, com exceção das combinações cerâmica/espessura; substrato/espessura; cimento/espessura; cerâmica / cimento / espessura; cerâmica / substrato / cimento / espessura.

Tabela 2. Resultados das análises de variância a 4 critérios: processo de confecção (cerâmica), espessura da cerâmica, substrato e cimento)

Variáveis	Valor de p
Cerâmica	< 0,05
Substrato	< 0,05
Cimento	< 0,05
Espessura	< 0,05
Cerâmica x Substrato	< 0,05
Cerâmica x Cimento	< 0,05
Substrato x Cimento	< 0,05
Cerâmica x Espessura	> 0,05
Substrato x Espessura	> 0,05
Cimento x Espessura	> 0,05
Cerâmica x Substrato x Cimento	< 0,05
Cerâmica x Substrato x Espessura	< 0,05
Cerâmica x Cimento x Espessura	> 0,05
Substrato x Cimento x Espessura	< 0,05
Cerâmica x Substrato x Cimento x Espessura	> 0,05

O teste de Tukey foi aplicado para comparar as interações entre os grupos ($p < 0,05$) (tabela 3). Houve diferenças estatísticas entre as cerâmicas (HOA2 x LTA2).

Tabela 3. Médias dos resultados de ΔE para todos os grupos em ordem crescente.

Cerâmica	Espessura	Substrato	Cimento	ΔE	
HOA2	2,0mm	metal	sem	3,0	a
HOA2	1,5mm	resina	sem	3,5	a
HOA2	2,0mm	resina	sem	3,6	a
LTA2	2,0mm	resina	sem	3,6	a
HOA2	1,5mm	resina	com	3,6	a
HOA2	2,0mm	metal	com	3,6	a
HOA2	1,5mm	metal	sem	3,8	a
HOA2	2,0mm	resina	com	4,2	ab
HOA2	1,5mm	metal	com	5,5	bc
LTA2	1,5mm	metal	sem	5,7	bc
LTA2	2,0mm	resina	com	5,9	cd
LTA2	2,0mm	metal	sem	6,4	cd
LTA2	1,5mm	resina	sem	6,6	cd
LTA2	1,5mm	resina	com	7,4	d
LTA2	2,0mm	metal	com	10,0	e
LTA2	1,5mm	metal	com	10,0	e

Pelo menos uma letra igual = sem diferença estatística.

Para avaliar o efeito da presença do cimento, foi realizada a comparação entre os grupos cerâmica-substrato sem e com cimento. A tabela 4 apresenta as médias e os desvios-padrão (DP) de ΔE , ΔL^* , Δa^* e Δb^* dessa comparação. O grupo que teve menor influência do cimento foi o da cerâmica HOA2 com 1,5mm de espessura e substrato de resina ($\Delta E=1,1$). O grupo que teve maior influência do cimento foi o da cerâmica LTA2 com 1,5mm de espessura e com substrato de metal ($\Delta E=6,4$). Os valores negativos de ΔL^* , Δa^* e Δb^* ocorreram devido aos menores valores de L^* , a^* e b^* expressados pelos grupos comparados ao grupo controle. Os grupos cerâmica-substrato sem cimento *versus* com cimento apresentaram menores valores de luminosidade (L^*), exceto nos grupos HOA2 com 1,5mm de espessura e substrato de resina apresentou maior valor de L^* , ou seja, maior luminosidade; e o grupo HOA2 com 1,5mm de espessura e substrato de metal não houve diferença entre os grupos com e sem cimento. Os valores das coordenadas a^* mostraram

maior contribuição do vermelho e os valores das coordenadas b^* , maior contribuição do amarelo.

Tabela 4. Médias dos valores de $\Delta E(DP)$, ΔL^* , Δa^* e Δb^* nos diferentes grupos avaliados.

Cerâmica	Espessura	Substrato	$\Delta E(DP)$	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
LTA2	2mm	resina	3,0(0,4)	-2,0	-1,3	-1,6
LTA2	1,5mm	resina	1,5(0,2)	-1,2	0,19	0,5
LTA2	2mm	metal	4,2(1,2)	-2,7	-1,7	-2,7
LTA2	1,5mm	metal	6,4(0,3)	-4,2	-1,0	-4,1
HOA2	2mm	resina	1,6(0,8)	-0,6	-0,2	-1,2
HOA2	1,5mm	resina	1,1(0,6)	0,5	-0,2	-0,9
HOA2	2mm	metal	2,1(0,8)	-0,6	-0,3	-1,8
HOA2	1,5mm	metal	2,2(0,4)	0,0	-0,8	-2,0

A análise de variância a 3 critérios (tabela 5) mostra interações significativas ($p < 0,05$) dos valores de ΔE entre as três variáveis: processo de confecção (cerâmica), espessura da cerâmica e substrato. Os resultados mostram que os valores de ΔE não foram influenciados pelas variáveis espessura e cerâmica/espessura.

Tabela 5. Resultados das análises de variância a 3 critérios: processo de confecção (cerâmica), espessura da cerâmica e substrato

Variáveis	Valor de p
Cerâmica	< 0,05
Substrato	< 0,05
Espessura	> 0,05
Cerâmica x Substrato	< 0,05
Cerâmica x Espessura	> 0,05
Substrato x Espessura	< 0,05
Cerâmica x Substrato x Espessura	< 0,05

O teste de Tukey mostrou diferenças ($p < 0,05$) entre os grupos como pode ser observado na tabela 6.

Tabela 6. Valores de ΔE para os grupos avaliados em ordem crescente.

Cerâmica	Espessura	Substrato	ΔE	
HOA2	1,5mm	resina	1,1	a
LTA2	1,5mm	resina	1,5	a
HOA2	2,0mm	resina	1,6	a
HOA2	2,0mm	metal	2,1	ab
HOA2	1,5mm	metal	2,2	ab
LTA2	2,0mm	resina	3,0	bc
LTA2	2,0mm	metal	4,2	c
LTA2	1,5mm	metal	6,4	d

Pelo menos uma letra igual = sem diferença estatística

6 DISCUSSÃO

---

6 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo mostram que a hipótese nula deve ser rejeitada, uma vez que a diferença de cor (ΔE) da cerâmica foi influenciada pelo processo de confecção e espessura da cerâmica, substratos e cimento. Este trabalho foi realizado considerando as características de alta opacidade e baixa translucência dos materiais cerâmicos e simulou situações clínicas relativas à confecção de coroas totalmente cerâmicas pelo processo monolítico e com infraestrutura revestida com cerâmica na cor A2.

Ao comparar os resultados entre os grupos-controle e demais grupos (Tabela 1), o menor valor de ΔE encontrado ($\Delta E=3,0$) foi com a cerâmica HOA2, com substrato em liga metálica, sem cimento e com 2mm de espessura. O maior valor encontrado ($\Delta E=10,0$) foi com a cerâmica LTA2, com substrato em liga metálica, com cimento e com 1,5mm e 2,0mm de espessura. Esses resultados mostram que a característica óptica da cerâmica (translucidez x opacidade) foi um aspecto muito importante na determinação da cor final da cerâmica. Tem sido sugerido que para atenuar o efeito do substrato na cor, a espessura da cerâmica deve ser de pelo menos 2,0mm (DOUGLAS, PRZYBYLSKA, 1999; DOZIC et al., 2003; O'BRIEN, FAN, GROH, 1994; VICHI, FERRARI, DAVIDSON, 2000).

Quando se analisam somente os resultados obtidos com a cerâmica HOA2, observa-se que a combinação que mais influenciou na cor foi a com substrato em liga metálica, 1,5mm de espessura e com cimento, cujo resultado ($\Delta E=5,5$) foi estatisticamente diferente dos demais encontrados nesta cerâmica (HOA2) com exceção do grupo HOA2 com 2mm de espessura, substrato em resina e com cimento ($\Delta E=4,2$). É interessante observar que a cerâmica HOA2 com 2,0mm de espessura, com substrato em liga metálica e sem cimento apresentou o menor valor de $\Delta E=3,0$, porém sem diferenças estatística com os resultados dos grupos com substrato em resina e com os grupos com liga metálica com espessura de 2,0mm com e sem cimento e com espessura de 1,5mm sem cimento.

Para o substrato em resina, os resultados foram mais uniformes em função da pouca influência deste na cor da cerâmica, independentemente da espessura da cerâmica. Isso significa que, em situações clínicas, se o substrato apresentar uma

---

cor semelhante ao da cerâmica, esta pode ter 1,5mm de espessura. Essa afirmação está de acordo com estudo de Volpato et al. (2008), que afirmaram que quando o substrato apresenta cor semelhante à cerâmica, a espessura recomendada pelo fabricante de 1,5mm pode ser utilizada para qualquer um dos sistemas testados.

Com a cerâmica LTA2, os resultados foram maiores do que os da cerâmica HOA2, com exceção do grupo LTA2 com 2mm de espessura, substrato de resina e sem cimento ($\Delta E=3,6$). É provável que os altos valores ΔE encontrados com essa cerâmica, em especial com o substrato em liga metálica, devam-se às propriedades ópticas do próprio material. Uma cerâmica mais translúcida devido à combinação óptica de uma matriz vítrea e da fase cristalina reduz a dispersão interna da luz que acaba passando, em grande parte, através da cerâmica. (VAN NOORT, 2007) Como resultado, a cor da estrutura subjacente influencia a cor resultante na coroa, como pode ser observado nos resultados com o substrato em liga metálica que, por possuir uma cor mais intensa, limita a utilização da cerâmica de dissilicato de lítio com baixa translucidez (CHAIYABUTR et al., 2011).

Nesta pesquisa, os melhores resultados foram encontrados com a cerâmica de alta opacidade (HO), como infraestrutura e cerâmica de revestimento na cor A2 e complementam a sugestão do estudo do Chaiyabutr et al. (2011), para utilizar cerâmicas de média ou alta opacidade com cerâmica de revestimento que são designadas para a fabricação de infraestruturas para os casos de substrato mais pigmentados, pois em seu estudo foram utilizadas somente a cerâmica IPS e.max CAD LT e os resultados mostraram a limitação da baixa translucidez nesta situação.

As cerâmicas com alta resistência utilizadas para a confecção de infraestruturas são à base de alumina, zircônio e dissilicato de lítio, as quais têm partículas com tamanho de 0,5 a 0,4 μ m em um volume de 65 a 75%. A cor e translucidez das cerâmicas são influenciadas pela diferença entre o índice de refração das partículas da cerâmica de revestimento e da infraestrutura e dos pigmentos usados para determinar a cor da cerâmica e que causam a difusão e dispersão da luz. Esse fenômeno sempre ocorrerá na superfície da cerâmica em função de as partículas que compõem a cerâmica serem maiores ou menores do que o comprimento da luz visível (0,4 a 0,7 μ m). Isso também ocorre pela presença de porosidades presentes no material cerâmico (SHIMADA et al., 2006).

Os resultados referentes às variações de espessura da cerâmica foram significativos, principalmente com a cerâmica LTA2 com 2,0mm de espessura,

---

substrato de resina e sem cimento, pois esta teve um comportamento parecido ao da cerâmica HOA2. Sabe-se que quando a espessura da cerâmica é aumentada a opacidade também aumenta, dificultando a transmissão de luz e favorecendo sua dispersão. Esse aspecto resulta na diminuição da translucidez da cerâmica, fazendo com que o efeito do substrato seja diminuído (ANTONSON, ANUSAVICE, 2001; CUBAS et al., 2011; NAKAMURA et al., 2002). Shimada et al. (2006) observaram que infraestruturas confeccionadas com IPS Empress 2, com espessuras de 1,6, 1,8 e 2,0mm impediram que os substratos influíssem na cor da cerâmica quando avaliados clinicamente, pois os valores de ΔE foram menores quando comparados com as outras espessuras usadas (0,8, 1,0, 1,2 e 1,4). Como é contraindicada a confecção de infraestruturas com espessuras de 1,6 mm ou mais, havendo ainda a necessidade de aplicar cerâmica de revestimento e, como isso influencia na quantidade de desgaste do dente ou do substrato, pode também representar um problema clínico. Chaiyabutr et al. (2011) mostraram que os menores valores de ΔE para a espessura de cerâmica IPS e.max CAD LT foi de 2,5mm em todos os grupos testados. Entretanto, essa espessura irá, provavelmente, comprometer a integridade estrutural do dente restaurado e a saúde pulpar.

Para avaliar o efeito da presença do cimento na cor foi realizada a comparação entre os grupos cerâmica-substrato, sem e com cimento, pois, a priori, a ausência de cimento também poderia influenciar na cor da cerâmica devido à ausência de contato uniforme entre as superfícies da cerâmica e do substrato e, consequentemente, a presença de ar. Por isso, decidiu-se também pelo emprego de um cimento translúcido. Para os dois substratos e espessuras, a ausência do cimento propiciou melhores resultados de ΔE , embora a grande maioria não tenha apresentado diferenças estatísticas. O grupo que teve menor influência do cimento foi o da cerâmica HOA2 com 1,5mm de espessura e substrato de resina ($\Delta E=1,1$), e o que teve maior influência foi o da cerâmica LTA2 com substrato de metal e com 1,5mm de espessura ($\Delta E=6,4$), mostrando uma menor influência do cimento no primeiro grupo. Todos os grupos da cerâmica HOA2 e o grupo da cerâmica LTA2 com 1,5mm de espessura com substrato em resina sofreram menor influência do cimento, ou seja, com menores valores de ΔE . Isso ocorreu devido à alta opacidade da cerâmica HOA2 e a maior transparência da cerâmica LTA2 com 1,5mm de espessura, quando comparado com a espessura de 2,0mm. Ao avaliar a cerâmica com o substrato em resina sem o cimento e comparar com a adição do cimento, a

---

alteração foi pequena, pois possibilitou a transmissão da cor da resina através da maior translucidez da cerâmica. Já o alto valor de ΔE encontrado no grupo LTA2 com 1,5mm de espessura e substrato de liga metálica deve-se à maior pigmentação do substrato e isso foi evidenciado pela presença do cimento, que pode ter eliminado a existência de ar entre o substrato e a cerâmica. No estudo de Shimada et al. (2005) foi utilizado *try-in* (Liquid Strip, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) com o objetivo de minimizar a influência da refração da luz, eliminando o ar entre a cerâmica e o substrato, que poderia interferir na medição precisa da cor. Estudos anteriores mostraram que os cimentos resinosos podem produzir diferentes cores de restaurações devido a combinações de cerâmica, substratos e cimentos (CUBAS et al., 2011; KILINC et al., 2011; TURGUT, BAGIS, 2011). Segundo Chaiyabutr et al. (2011) a cor do cimento parece ter menos influência na cor da restauração definitiva do que outras variáveis. Vichi, Ferrari e Davison (2000), comentaram que quando a espessura da cerâmica é de 1,5mm ou menos, deve-se ter uma seleção criteriosa do substrato, do cimento e da cor da cerâmica, pois dessa forma podem-se evitar resultados estéticos desagradáveis. Nesse sentido, o uso de um *try-in* pode ajudar a prever possíveis influências da cor da resina na estética final.

Os valores das coordenadas L^* , a^* e b^* foram influenciados pelos substratos, resultando numa diminuição da luminosidade, com menores valores de L^* . As cerâmicas com substrato de liga metálica ainda apresentaram menores valores de L^* comparados as cerâmicas com substrato de resina. Esses resultados mostram que o tipo de material usado como substrato influencia no grau de luminosidade, sendo que os mais escuros aumentam a possibilidade de escurecimento da cerâmica. A cromaticidade determinada pela coordenada a^* mostrou maior contribuição do vermelho, e da b^* maior contribuição do amarelo. Os atuais resultados diferem dos encontrados por Nakamura et al. (2002), que utilizaram o sistema cerâmico Empress na cor A1, o qual mostrou valores de L^* maiores quando o substrato utilizado foi liga de ouro em relação ao substrato de porcelana, visto que a liga de ouro reflete mais luz do que a porcelana, funcionando como se fosse um espelho. Os valores das coordenadas a^* e b^* mostraram maior contribuição do vermelho e amarelo. Esta diferença de resultados deve ter ocorrido provavelmente por tratar-se de sistemas cerâmicos diferentes e ligas metálicas diferentes. A falta de paralelismo entre o substrato e a cerâmica também é um fator que merece atenção,

---

pois, em nosso estudo, ambas as superfícies foram lixadas para torná-las planas e polidas, o que deve ter proporcionado resultados diferentes quando comparados com superfícies não planas e rugosas (WANG,XIONG, ZHENHUA, 2011).

Os resultados apresentados nesta pesquisa mostraram alterações de cor em todas as condições avaliadas e com diferenças estatísticas entre as variáveis, obtendo resultados de ΔE entre 3,0 a 10,0. Considerando que os valores de ΔE inferior a 1,0 são considerados não detectáveis pelo olho humano; valores entre 1,0 e 3,3 são considerados visíveis por operadores qualificados e clinicamente aceitáveis; valores de ΔE maiores que 3,3 são observados, também, por pessoas não qualificadas e, por isso, não são clinicamente aceitáveis (RUYTER,NILNER, MOLLER, 1987; VICHÍ,FERRARI, DAVIDSON, 2004; ALQAHTANI,ALJURAI, ALSHAAFI, 2011) os grupos que apresentaram os melhores resultados foram os da cerâmica HOA2, pois tiveram resultados mais próximos desse valor. Se for levado em consideração o valor de $\Delta E < 3,7$ como clinicamente aceitável, a maioria dos resultados obtidos com a cerâmica HOA2 se enquadra nesse intervalo, com exceção dos grupos HOA2 com 1,5mm de espessura, substrato em liga metálica, sem e com cimento e HOA2 com 2,0mm de espessura, substrato em resina e com cimento (CUBAS et al., 2011; SHIMADA et al., 2006; VOLPATO et al., 2009).

À luz dos resultados encontrados, em situações clínicas com substratos mais pigmentados indica-se a utilização da infraestrutura mais opaca coberta por cerâmica de revestimento com as espessuras de 0,5mm e 1,5mm, respectivamente. As cerâmicas com maior translucidez devem ser indicadas em situações em que o substrato apresente cor similar à da cerâmica e com espessura de 2,0mm. Ambas as situações objetivam alcançar resultados esteticamente aceitáveis.

---

7 CONCLUSÃO

---

7 CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo, concluiu-se que as variáveis pesquisadas – o processo de confecção e a espessura da cerâmica, a cor do substrato e a presença do cimento – influenciaram significativamente na cor da cerâmica. Portanto, a hipótese nula deve ser rejeitada.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

Alqahtani MQ, Aljjurais RM, Alshaafi MM. The effects of different shades of resin luting cement on the color of ceramic veneers. *Dent Mater J*. 2011 Jan;31(3):354-361.

Al-Wahadni A, Ajlouni R, Al-Omari Q, Cobb D, Dawson D. Shade-Match perception of porcelain-fused-to-metal restorations: a comparison between dentist and patient. *J Am Dent Assoc*. 2002 Sep;133(9):1220-5; quiz 60-1.

Antonson SA, Anusavice KJ. Contrast ratio of veneering and core ceramics as a function of thickness. *Int J Prosthodont*. 2001 Jul-Aug;14(4):316-20.

Araújo VD. Síntese e caracterização estrutural, morfológica e óptica de partículas de PbCrO_4 e Pb_2CrO_5 e sua dispersão em SiO_2 [dissertação]. São Carlos (SP): Instituto de Física de São Carlos: Universidade de São Paulo; 2009.

Azer SS, Rosenstiel SF, Seghi RR, Johnston WM. Effect of substrate shades on the color of ceramic laminate veneers. *J Prosthet Dent*. 2011 Sep;106(3):179-83.

Bunting F. The Colorshop - Color Primer: An Introduction to the History of Color, Color Theory, and Color Measurement [texto na internet]. Michigan: X-rite; 1998. [acessado em 2013 set 1]. Disponível em: http://www.xrite.com/documents/apps/public/misc/Color_Primer_by_Fred_Bunting.pdf.

Carossa S, Lombardo S, Pera P, Corsalini M, Rastello ML, Preti PG. Influence of posts and cores on light transmission through different all-ceramic crowns: spectrophotometric and clinical evaluation. *Int J Prosthodont*. 2001 Jan-Feb;14(1):9-14.

Chaiyabutr Y, Kois JC, Lebeau D, Nunokawa G. Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a Cad/Cam glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *J Prosthet Dent*. 2011 Feb;105(2):83-90.

Chu SJ, Devegus A, Pavarina RD, MieLeszko AJ. Fundamentos da cor: seleção e comunicação da cor em odontologia estética. 2a ed. São Paulo:Quintessence; 2012.

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Recommendations on uniform color spaces, color-difference equations, psychometric color terms. Supplement No. 2 of

---

publication CIE No. 15 (E-1.3.1). Paris: Bureau Central de la CIE; 1978.

Commission Internationale de l'Eclairage. (CIE). Colorimetry: official recommendations of the International Commission on Illumination. CIE Pub. No. 15 (3rd edition). Vienna: Bureau Central de la CIE; 2004.

Cubas GBA, Camacho GB, Demarco FF, Pereira-Cenci T. The effect of luting agents and ceramic thickness on the color variation of different ceramics against a chromatic background. *Eur J Dent.* 2011 Jul;5(3):245-52.

Dagg H, O'Connell B, Claffey N, Byrne D, Gorman C. The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *J Oral Rehabil.* 2004 Sep;31(9):900-4.

Davis BK, Johnston WM, Saba RF. Kubelka-Munk Reflectance theory applied to porcelain veneer systems using a colorimeter. *Int J Prosthodont.* 1994 May-Jun;7(3):227-33.

Douglas RD, Przybylska M. Predicting Porcelain Thickness required for dental shade matches. *J Prosthet Dent.* 1999 Aug;82(2):143-9.

Dozic A, Kleverlaan CJ, Meegdes M, van der Zel J, Feilzer AJ. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *J Prosthet Dent.* 2003 Dec;90(6):563-70.

Guerra CMF, Neves CAF, Almeida ECB, Valones MAA, Guimarães RP. Estágio atual das cerâmicas odontológicas. *Int J Dent.* 2007 Jul-Set;6(3):90-95.

Hammad IA, Stein RS. A qualitative study for the bond and color of ceramometals. Part II. *J Prosthet Dent.* 1991 Feb;65(2):169-79.

Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent.* 2002 Jul;88(1):4-9.

Hickel R, Manhart J. Longevity of restorations in posterior teeth and reasons for failure. *J Adhes Dent.* 2001 Spring;3(1):45-64.

Höland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress® 2 and the IPS Empress® glass-ceramics. *J Biomed Mater Res.* 2000 53(4):297-303.

Ivoclar Vivadent. IPS e.max® lithium disilicate: the future of all-ceramic dentistry [texto na internet]. Amherst, NY: Ivoclar Vivadent; 2009. [acessado em 2013 set 1]. Disponível em: <http://www.glidewelldental.com/downloads/dentist/services/e.max-lithium-disilicate-scientific.pdf>.

Kilinc E, Antonson SA, Hardigan PC, Kesercioglu A. Resin cement color stability and its influence on the final shade of all-ceramics. *J Dent*. 2011 Jul;39 Suppl 1(e30-6).

Kim IJ, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effect of surface topography on the color of dental porcelain. *J Mater Sci Mater Med*. 2003 May;14(5):405-9.

Koutayas SO, Kakaboura A, Hussein A, Strub JR. Colorimetric evaluation of the influence of five different restorative materials on the color of veneered densely sintered alumina. *J Esthet Restor Dent*. 2003 15(6):353-60; discussion 61.

Li Q, Yu H, Wang YN. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of core build-up composites on all-ceramic materials. *Dent Mater*. 2009 Feb;25(2):158-65.

Lund PS, Piotrowski TJ. Color changes of porcelain surface colorants resulting from firing. *Int J Prosthodont*. 1992 Jan-Feb;5(1):22-7.

Nakamura T, Saito O, Fuyikawa J, Ishigaki S. Influence of abutment substrate and ceramic thickness on the colour of heat-pressed ceramic crowns. *J Oral Rehabil*. 2002 Sep;29(9):805-9.

Nocchi E. Visão horizontal: odontologia estética para todos. 1a ed. Maringá: Dental Press; 2013.

O'Brien WJ. Double layer effect and other optical phenomena related to esthetics. *Dent Clin North Am*. 1985 Oct;29(4):667-72.

O'Brien WJ, Fan PL, Groh CL. Color differences coefficients of body-opaque double layers. *Int J Prosthodont*. 1994 Jan-Feb;7(1):56-61.

O'Brien WJ, Kay KS, Boenke KM, Groh CL. Sources of color variation on firing porcelain. *Dent Mater*. 1991 Jul;7(3):170-3.

O'Neal SJ, Leinfelder KF, Lemons JE, Jamison HC. Effect of metal surfacing on the color characteristics of porcelain veneer. *Dent Mater*. 1987 Jun;3(3):97-101.

Raptis NV, Michalakakis KX, Hirayama H. Optical behavior of current ceramic systems. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2006 Feb;26(1):31-41.

Rinke S, Huls A, Kettler MJ. Colorimetric analysis as a means of quality control for dental ceramic materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 1996 Sep;4(3):105-10.

Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color Stability of Dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *dent mater*. 1987 Oct;3(5):246-51.

Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hammerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res*. 2007 Jun;18 Suppl 3(86-96).

Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res*. 1989 Dec;68(12):1755-9.

Shimada K, Nakazawa M, Kakehashi Y, Matsumura H. Influence of abutment materials on the resultant color of heat-pressed lithium disilicate ceramics. *Dent Mater J*. 2006 Mar;25(1):20-5.

Stevenson B, Ibbetson R. The effect of the substructure on the colour of samples/restorations veneered with ceramic: a literature review. *J Dent*. 2010 May;38(5):361-8.

Tamse A. Iatrogenic vertical root fractures in endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol*. 1988 Oct;4(5):190-6.

Turgut S, Bagis B. Colour stability of laminate veneers: an in vitro study. *J Dent*. 2011 Dec;39 Suppl 3(e57-64).

Van Noort R. Introduction to dental materials. 2nd ed. St. Louis: Elsevier; 2007.

Vanini L. A cor segundo Lorenzo Vanini. *Rev Dental Press Estét*. 2011 Out-Dez;8(4):98-107.

Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent*. 2000 Apr;83(4):412-7.

Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater*. 2004 Jul;20(6):530-4.

Volpato CA, Monteiro S, Jr., de Andrada MC, Fredel MC, Petter CO. Optical influence of the type of illuminant, substrates and thickness of ceramic materials. Dent Mater. 2009 Jan;25(1):87-93.

X-Rite. A guide to understanding color communication. [texto na internet]. Michigan: X-rite; 2002. [acesso em 2013 set 1]. Disponível em: http://www.xrite.com/documents/literature/en/L10-001_Understand_Color_en.pdf.

Wang H, Xiong F, Zhenhua L. Influence of varied surface texture of dentin porcelain on optical properties of porcelain specimens. J Prosthet Dent. 2011 Apr;105(4):242-8.

Yamamoto M. Newly developed opal ceramic and its clinical introduction with consideration of refraction indexes. 3. advances and use. Quintessenz Zahntech. 1989 Jul;15(7):783-96.