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, após o envelhecimento artificial acelerado

BAURU
2017

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, após o envelhecimento artificial acelerado

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

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Pegoraro

BAURU

2017

P665a Pires, Laís Alcântara
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, após o envelhecimento artificial
acelerado / Laís Alcântara Pires - Bauru, 2017.
84 p. : il. ; 31cm.

Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia
de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Pegoraro

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

Assinatura:

Data:

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dedicatória

Aos meus pais **Antonio Augusto, Maria Isabel e Vovó Stela (*in memorian*)**, que sempre serão 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 representam 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! Papai, Mamãe e Vovó, 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 estive 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 pelo amor que é me dado a cada encontro. Amo vocês.

À minha **avó Stela (in memoriam)**, “meus querê”, pelo exemplo de vida, pela mulher espirituosa, guerreira e de fé que foi e que me inspira até hoje, diariamente, a ser pelo menos um quarto do que ela foi durante os seus 99 anos de vida. Muito obrigada por todo o amor que me foi dado, pelos ensinamentos, torcida e orações em minha intenção. Sei que será eterna em minha vida e sempre intercederá por mim. Vó, te amo!

À **Dadá**, minha babá, que cuida de mim desde os meus 2 anos de idade. Este ano completou 30 anos de dedicação a mim e a toda minha família, prezando pelo nosso bem e de todos que frequentam nossa casa. Pessoa que me recebeu com alegria e tentado me agradar com suas comidas deliciosas todas as vezes que voltava para Fortaleza. 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.

A **todos os meus tios paternos e maternos**, que sempre me incentivaram a ir para Fortaleza em qualquer feriado que tivesse ou evento familiar para que pudesse haver um grande encontro. Em especial agradeço 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, Rachel, Gustavo, Léo, Tita e 'tio" Sandro que se fizeram presentes mesmo com a distância, via Whatsapp. 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, por ter tido a oportunidade de conviver com essa explosão de conhecimentos infinitos, por ser o "papa da prótese" que eu sempre admirei e desejei conhecer, por sempre me surpreender e por ser "o cara" que tirou a minha voz na primeira vez que o vi. Sou grata pelos ensinamentos, paciência, respeito e apoio nos momentos de que mais precisei, me tranquilizando quando tive que me ausentar devido aos meus problemas de saúde. Conviver com o senhor foi uma experiência sem igual. Pessoa de grande 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 senhor não tem noção do quanto é admirado por esse mundo afora! O MEU MUITO OBRIGADA!

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

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

Ao **Prof. Dr. Estevam Augusto Bonfante**, por todo o conhecimento disponibilizado e por todas as horas de conversas infinitas, que nos faziam chorar de tanto rir, que sempre tinham que ser interrompidas por um de nós dizendo: “Não, sério, preciso ir... depois a gente se fala”; e mesmo assim continuávamos conversando por mais uns 20 minutos e só depois disso íamos realmente embora.

À **Profª. Drª. Ana Lúcia Pompéia Fraga de Almeida**, pelos ensinamentos, apoio, pela convivência dentro e fora da faculdade, por ter acolhido na sua casa e ter 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. 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 o senhor construiu.

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, Profª. Drª. Karin Hermana Neppelenbroek, Profª. Drª. Lucimar Falavinha Vieira, Prof. Dr. Renato de Freitas, Profª. Drª. Simone Soares, Prof. Dr. Paulo César Rodrigues Conti, 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 **Profª. Drª. 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.

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

Cora Coralina

À **Profª. Drª. Maria Cecília Veronezi**, por ter agregado tantos conhecimentos e por ter me dado a oportunidade de fazer duas vezes o seu curso, pois tive que interromper o primeiro por um contratempo com a minha saúde. Pessoa que me inspiro devido ao seu profissionalismo e organização.

Aos **queridos funcionários do departamento de prótese**, Cleide, Deborah, Valquíria, Lígia, Marcelo e Rivanildo.

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

Aos **funcionários da pós-graduação**, Leila, 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 Murbach**, pela amizade, pelas risadas, por toda a colaboração e disponibilidade para que eu pudesse concluir trabalho.

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 ajuda mesmo a distância, pelo incentivo e pela amizade. 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.

À minha amiga **Ilana**, por ser essa amiga tão presente, tão fiel e parceira. Por ser a minha eterna equipe de dois que me ajudou a construir esse trabalho desde o início e encerrou comigo indo fazer as leituras finais em São Carlos. Por me trazer tanta alegria e ser meu amparo nos momentos que mais precisei. Por ser aquela que aceitava os meus planos mais inusitados e aventuras inimagináveis! Será pra mim minha eterna baby e amiga-irmã que proporcionou conhecer verdadeiramente a sua terra, que é um verdadeiro paraíso natural, e conhecer a sua família! MUITO OBRIGADA!

À minha amiga **Andréa Falcão**, por ser essa amiga lado B “hipster” que trocou tantas figurinhas comigo sobre nosso estilo, que esteve na minha convivência diária tanto na faculdade, como na minha casa. Por ser única e desligada, porém amiga de verdade, companheira de aventuras comigo e Ilana. Vida “off road” é com esse trio! Foi um encontro alegre nesses anos de convivência e que trouxe um pacote bom, que foi conhecer a sua família.

À **Mércia Cunha**, amiga fiel que mesmo a distancia se fez presente em muitos momentos, a parceira que o mestrado me deu para o resto da vida.

À minha prima, amiga e irmã **Vânia Pires**, por ser essa pessoa tão presente na minha vida, partilhando de todos, literalmente todos, os momentos comigo. Quando eu estava feliz, ela estava feliz, quando eu estava doente, ela estava doente... Resumindo: na saúde, na doença, na alegria e na tristeza! (risos) Obrigada pelas horas de conversas e filosofias infundadas, ou não, (risos) que tivemos nesse período. Obrigada por desopilar comigo nos momentos que eu mais precisava e em outros que eu nem precisava tanto... Enfim, obrigada! Ah! Desejo tudo de bom pra ti!

Aos **meus amigos de Fortaleza**, em especial a Livia Maria, Hilda, Juliana, Érica, Vivia, Nicolly, Virgínia, Hercília, Adrissa e Carol pelo carinho e pela torcida de sempre.

Aos **amigos que Bauru me trouxe**, em especial Thereza Pacheco, Patrick, Adolfo (Sazon), Ricardo, Verena, Fernanda Piras, Polly, Camila Perfeito, Simone, Rafaela, Cintia Nishida e Karin Modena.

Aos **alunos da graduação**, em especial Beatriz Lima, Bruna Sugahara, Marina Prado, Isabela Mesquita, Mariele Vertuan, Juliana Jacomine, Orlando Morita e Maiara Gonçalves.

A **todos os colegas do doutorado**, Denise, Vinícius, André, Yuri, Aline e Jozely e Karen, em especial:

A **Juliana Hotta**, minha “anjinha” japonesa falsificada que é mais cearense que eu e que nas horas de maior desespero sempre aparecia para me ajudar, me acalmar e me proteger. Amiga que ama participar de cursos e congressos comigo e conversar sobre casos, materiais e profissão. Sou grata por ter você, uma pessoa tão especial, na minha vida.

Aos **amigos do doutorado da turma antiga**, Carolina Ortigosa, Lívia Maria, Jorge, Livia Aguiar, Luana Menezes, Vitor, Max Dória, Max Laurent, Hugo e Luiz pela experiência compartilhada, amizade e convivência fora da faculdade. Nós formamos uma família. Obrigada!

À **Bauru**, esta cidade que me recebeu de braços abertos e me permitiu viver o que nós chamamos de “O Fantástico Mundo de Bauru!”. Serei eternamente grata e sentirei muitas saudades!

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 **Pós-Graduação**, na pessoa do excelentíssimo presidente Prof. Dr, Guilherme dos Reis Pereira Janson, pelo apoio.

À **Faculdade de Odontologia de Bauru** – Universidade de São Paulo, na pessoa do excelentíssimo diretora Prof^a. Dr^a. Maria Aparecida de Andrade Moreira Machado, 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.”
Clarice 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, após o envelhecimento artificial acelerado (EAA), variando-se os seguintes aspectos: processo de confecção (cerâmica monolítica e com infraestrutura coberta por cerâmica de revestimento), espessuras de 1,5 e 2,0mm e substratos de resina e liga metálica, com e sem cimento. Para isso foram confeccionadas 40 pastilhas de cerâmica IPS e.max Press, que foram divididas em 2 grupos (n=20): LT (cerâmica de baixa translucidez na cor A2) e HO (cerâmica de alta opacidade). Neste grupo as pastilhas foram confeccionadas com 0,5mm de espessura e, posteriormente, revestidas com a cerâmica IPS e.max Ceram na cor A2 e com espessuras de 1,0 e 1,5mm. Foram utilizados substratos em resina composta (n=20) e em liga metálica (cobre-alumínio) (n=20). Para a cimentação foi utilizado o cimento de polimerização dual Variolink II, 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 as seguintes comparações: discos de cerâmica antes do EAA vs discos de cerâmica cimentadas sobre os substratos antes do EAA; discos de cerâmica cimentadas sobre os substratos antes do EAA vs discos de cerâmica cimentadas sobre os substratos após o EAA; discos de cerâmica antes do EAA vs discos de cerâmica cimentadas sobre os substratos após o EAA; discos de cerâmica antes do EAA vs discos de cerâmica cimentadas sobre os substratos após o EAA. Os dados foram submetidos a análise estatística (ANOVA) a 3 critérios e (ANOVA) a 2 critérios e testes de Tukey, $p < 0,05$). Os resultados mostraram que: 1. os grupos somente de discos de cerâmica vs discos de cerâmica com 1,5 e 2,0mm de espessuras, cimentadas em substratos de resina e liga metálica, antes do EAA. O menor valor encontrado de ΔE ($\Delta E=3,6$) foi com o grupo de discos da cerâmica HOA2 com 2mm de espessura cimentados em substrato de metal, seguido pelo grupo da mesma cerâmica com 1,5mm de espessura cimentada em substrato de resina. O maior valor encontrado ($\Delta E=10,0$) foi com os discos de cerâmica LTA2 com 1,5 e 2mm de espessuras e cimentados em substrato de metal; 2. os grupos com discos de cerâmicas com 1,5 e 2,0mm de

espessuras e cimentados em substratos de resina e liga metálica antes do EAA vs o mesmo grupo após EAA. Os grupos de discos com a cerâmica HOA2 com 2mm de espessura cimentados em substrato de metal teve menor alteração de cor ($\Delta E=1,1$) e a maior alteração de cor ocorreu com o grupo da cerâmica LTA2 com 2mm de espessura cimentada em substrato de metal ($\Delta E=2,1$); 3. os grupos somente com discos de cerâmica antes do EAA vs grupos de cerâmicas com discos de 1,5 e 2,0mm de espessuras e cimentados em substratos de resina e liga metálica após o EAA. O menor valor encontrado ($\Delta E=3,7$) foi com a cerâmica HOA2 com revestimento e 2mm de espessura cimentada em substrato de metal. O maior valor encontrado ($\Delta E=10,0$) foi o da cerâmica LTA2 com 1,5 e 2mm de espessuras cimentadas em substrato de metal; 4. os grupos discos de cerâmica, antes e após o processo de EAA O grupo que teve menor alteração de cor foi o da cerâmica HOA2 com 1,5mm ($\Delta E=0,6$). O grupo que teve maior alteração de cor foi o da cerâmica LTA2 com 2mm ($\Delta E=2,2$). Concluiu-se que o EAA causou alteração na cor final das cerâmicas de dissilicato de lítio, levando-se em conta as variáveis pesquisadas.

Palavras-chave: Cor. Cerâmica. Envelhecimento. Colorimetria.

ABSTRACT

Influence of the manufacturing process and thickness of the ceramic, substrate and cement on the final color of the lithium disilicate ceramic after accelerated artificial aging

The purpose of this in vitro study was to evaluate the color changing of the lithium disilicate ceramic discs after accelerated artificial aging (AAA) varying the following aspects: manufacturing process (monolithic ceramic and infrastructure with ceramic covering), thickness of the ceramic (1.5 and 2.0 mm) and abutment substrate (composite resin and alloy), with and without cement. Forty ceramic discs were fabricated with ceramic IPS e.max Press and divided into two groups (n = 20): LT (low translucency, shade A2) and HO (high opacity). In the HO group, the discs were fabricated with a thickness of 0.5 mm of the IPS e.max Ceram combined with a thickness of 1 or 1.5mm of veneering ceramic, shade A2. The abutments substrates were fabricated with composite resin (n = 20) and metallic alloy (n = 20). The resin cement used was Variolink II translucent color. Color was measured with a spectrophotometer and expressed in CIE L * a * b * coordinates. Color differences (ΔE) were calculated. The data were analyzed with ANOVA and the Tukey HSD test ($p < 0.05$). The results showed that 1. in the groups of ceramic discs vs. ceramic discs with 1.5 and 2.0mm thickness, cemented on resin substrates and metal alloy, before AAA, the lowest value of ΔE ($\Delta E = 3,6$) was obtained for HOA2 ceramic discs with 2mm thickness cemented in metal substrate, followed by ceramic discs with 1.5mm thickness cemented in substrate of resin. The highest value ($\Delta E = 10.0$) was observed for ceramic discs LTA2 with 1.5 and 2mm thickness and cemented in metal substrate; 2. In the groups with ceramic discs with 1.5 and 2.0mm thickness and cemented on resin and metal substrates prior to AAA vs the same group after AAA, the HOA2 ceramic discs with 2mm thickness cemented on a metal substrate had the smallest color change ($\Delta E = 1,1$) and the largest occurred for LTA2 with 2mm thickness and cemented in metallic substrate ($\Delta E = 2.1$); 3. In the groups of ceramic discs before AAA vs groups of ceramic with discs of 1.5 and 2.0mm of thickness and cemented on resin substrates and metal alloy after AAA, the lowest value ($\Delta E = 3,7$) was obtained for HOA2 veneering ceramic 2mm thickness cemented on a metal

substrate. The highest value found ($\Delta E = 10.0$) was for LTA2 ceramic with 1.5 and 2mm thickness cemented on a metal substrate; 4. comparing the groups of ceramic discs before and after the AAA process, the lowest color change was obtained for HOA2 ceramic with 1.5mm ($\Delta E = 0.6$) and the greatest color change was fore LTA2 ceramic with 2mm ($\Delta E = 2.2$). It was concluded that the AAA caused alteration in the final color of the lithium disilicate ceramics, taking into account the variables studied.

Keywords: Color. Ceramic. Aging. 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.....48
- Figura 2 - A – Matriz metálica em aço inox; B – Resina aplicada na matriz; C – Pastilhas de resina.....49
- Figura 3 - A – Matriz metálica em aço inox; B – Colocação da cera liquefeita na matriz; C – Pastilhas em cera e pastilhas após fundição.....50
- 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.52
- 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.54
- Figura 7 - Cores no sistema L, a, b (Hunter Associates Laboratory Inc, Faifers, Virginia, USA).....55
-
-

Figura 8	- Distribuição dos grupos para leitura: Cerâmica – LT e HO; Espessuras: 1,5 e 2,0mm; C – cerâmica; R-substrato em resina; M-substrato em liga metálica.	56
Figura 9	- D Distribuição dos grupos para leitura: Cerâmicas - LT e HO; Espessuras: 1,5 e 2,0mm; C - cerâmica; R - substrato em resina; M - substrato em liga metálica.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela1	- Médias dos valores de $\Delta E(DP)$, ΔL^* , Δa^* e Δb^* nos diferentes grupos avaliados antes do EAA.....	61
Tabela 2	- Médias dos valores de ΔE , em ordem crescente, dos grupos avaliados antes do EAA	62
Tabela 3	- Médias dos valores de $\Delta E(DP)$, ΔL^* , Δa^* e Δb^* nos diferentes grupos avaliados após o EAA.....	63
Tabela 4	- Médias dos valores de $\Delta E(DP)$, ΔL^* , Δa^* e Δb^* nos diferentes grupos avaliados	63
Tabela 5	- Médias dos valores de ΔE , em ordem crescente, dos grupos avaliados antes do EAA	64
Tabela 6	- Médias dos valores de $\Delta E(DP)$, ΔL^* , Δa^* e Δb^* nos diferentes grupos avaliados	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1	Cor.....	29
2.2	Influência do substrato, do cimento e do envelhecimento acelerado artificial.....	31
3	PROPOSIÇÃO	41
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4.1	Confecção dos disco em cerâmica	47
4.2	Confecção dos substratos	49
4.3	Tratamento das superfícies dos substratos	50
4.4	Tratamento das superfícies das cerâmicas	51
4.5	Cimentação	51
4.6	Envelhecimento artificial acelerado (EAA).....	53
4.7	Leitura da cor.....	54
4.8	Remoção do substrato e do cimento dos corpos de prova	56
4.9	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 com excelente resultado estético e com sucesso em longo prazo (HICKEL; MANHART, 2001; SAILER et al., 2007). 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, e envelhecimento acelerado artificial 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). Nas cerâmicas essas características dependem da natureza química e do tamanho de suas partículas de cristais, quando comparadas 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; VICHI; 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 que uma restauração cerâmica 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).

A cor da cerâmica é determinada pela combinação da cor do substrato, da espessura e translucidez da cerâmica e da cor do cimento utilizado na cimentação (DEDE et al., 2017). Estudos têm demonstrado que o substrato influencia, em primeira instância, na cor final da restauração cerâmica (KOUTAYAS et al., 2003; VICHI et al., 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 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) e envelhecimento artificial acelerado (SILAMI et al., 2016) 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). 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). 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). 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 ópticos 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 $3\mu\text{m}$ a $6\mu\text{m}$ de comprimento, possuem uma resistência flexural de 400MPa e esse sistema 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 e opacidade. 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. (VICHI et al., 2000).

Outro aspecto que pode alterar a cor do cimento está relacionado com o processo de envelhecimento da cerâmica. Para verificar essa possibilidade, testes de envelhecimento acelerado artificial (EAA) tem demonstrado ser um método eficiente para avaliar a longevidade dos materiais empregados e da alteração de cor de

diferentes materiais dentários. Esta técnica simula os parâmetros clínicos (ARCHEGAS et al., 2011), em ensaios *in vitro*, através da ação de diferentes condições que o material é submetido, tal como luz UV, alterações contínuas de temperatura e humidade. Este método tem sido utilizado para avaliar a estabilidade de cor de restaurações de resinas e de cerâmicas, de cimentos (KILINC et al., 2011) e de substratos. No entanto, os efeitos do envelhecimento sobre a restauração cerâmica, cimento e substrato ainda não são completamente conhecidos.

Em função das diferentes aspectos que podem interferir na cor da cerâmica, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de dois substratos (resina e liga metálica), do cimento e do envelhecimento artificial acelerado 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 como requisito especial, pois sem luz não existe cor. Para haver a percepção desta em um certo objeto, a luz emitida por uma fonte luminosa **incide** 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 as variações 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.

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 em variações de cores e translucidez, abrigando 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 os cirurgiões-dentistas tem muita dificuldade na interpretação da cor, pois como 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:** uma 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 naturalidade ao dente.

2.2 Influência do substrato, do cimento e do envelhecimento acelerado artificial

Vichi, Ferrari e Davidson (2000) avaliaram 3 espessuras da cerâmica IPS Empress (1,0, 1,5 e 2,0mm), a 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 em 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. Com espessura de 1,5mm só foi observado alterações com o uso de instrumentos laboratoriais, como por exemplo com o uso de um espectrofotômetro.; 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 com dentes naturais.

Nakamura et al. (2002), 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 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 com várias espessuras da cerâmica. Foi descoberto que o substrato confeccionado em 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 substrato confeccionado com materiais da cor do dente. Quando isso não for possível, a cerâmica deve ter mais de 1,6 mm de espessura.

Shimada et al. (2006) 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 de 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*. 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. Os resultados mostraram que a cor do material da infraestrutura de IPS Empress 2 na cor A2 foi significativamente influenciada pela espessura da infraestrutura e pela cor do material do substrato. As infraestruturas com espessuras de 1,6mm ou mais conseguiram mascarar o substrato, evitando a influência destes na cor final da cerâmica. Entretanto, infraestruturas com estas espessuras são muitas vezes inviáveis de serem confeccionadas, pois precisariam ter espaço suficiente para a aplicação da cerâmica de revestimento, o que poderia causar excesso de desgaste em dentes vitais, com consequência negativa

para a vitalidade pulpar. Ao levar em consideração a espessura mínima da infraestrutura recomendada pelo fabricante de 0,8mm, os autores concluíram que ao selecionar o material do substrato que será colocado sobre o dente tratado endodonticamente, é necessário considerar a influência deste na cor final da cerâmica IPS Empress 2.

Volpato et al. (2009) avaliaram a influência do substrato e da luz na percepção da cor da cerâmica. Foram confeccionados 30 discos foram preparados utilizando uma matriz de aço inoxidável com uma abertura central circular de 12mm de diâmetro e com uma espessura graduada variando entre 0 e 10mm, utilizando um parafuso lateral. Os discos cerâmicos foram distribuídos em seis grupos (C1, C2, C3, C4, C5 e C6) de acordo com o material (IPS Empress ou IPS-Empress2) e espessura (1,5, 2,0 e 2,5 mm). 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 dos discos foi polida com lixas metálicas e parte também recebeu polimento com borrachas abrasivas; com uma liga de ouro (tipo IV, Stabilor G, Degussa-Hu LLS, Alemanha) cujas superfícies dos discos receberam tratamento como no grupo anterior. A avaliação da alteração da cor foi feita em um espectrofotômetro (Minolta CM 2600d, Minolta, Japão) nas seguintes 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 do espectrofotômetro fosse mantida próxima dos discos. Os resultados mostraram que as duas cerâmicas testadas apresentaram 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).

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 pela técnica do CAD / CAM IPS e.max CAD LT (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein). Foram selecionados dentes com 5 cores: alta translucidez (grupo-controle), clara, médio clara, médio escura, e escura, 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 com um espectrofotômetro, e os valores médios da diferença de cor (ΔE) foram calculados e comparados com o grupo-controle. 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 com espessuras de 0,5mm, 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 discos 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 C4 e A3. 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 nas cores branca (Nexus 2 - Kerr), alto valor +1 (Appeal – Ivoclar Vivadente) e clara (Calibra - Dentsply). 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.

Pires et al. (2017) avaliaram “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.

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 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). Os discos foram preparados com 0,5mm de espessura e 10mm de diâmetro e divididos em quatro grupos por cores (HOA1, HOA3, HTA1 e HTA3). 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 das cerâmicas 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 foram encontradas diferenças significativas 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.

Silami et al. (2016) elaboraram um estudo com objetivo avaliar a influência do envelhecimento artificial acelerado (EAA) na estabilidade de cor de cimentos resinosos sob laminados cerâmicos com diferentes espessuras. Foram utilizados oitenta molares humanos hígidos que tiveram as faces oclusais planificadas para a

confeção de laminados cerâmicos com a cerâmica IPS e-max Ceram (Ivoclar Vivadent) em duas espessuras 0,5 e 1,0mm. Foram utilizados 3 tipos de cimentos: fotoativado Variolink II (Ivoclar/Vivadent), dual convencional Variolink II + catalisador (Ivoclar/ Vivadent) e o dual auto-adesivo Rely-X Unicem (3M ESPE). Como controle foram utilizados 20 dentes sem restaurações e 10 amostras de cimentos com 0,5mm de espessura. Após as leituras iniciais das cores com o aparelho Vita Easy Shade (VITA), as amostras foram submetidas a envelhecimento acelerado artificial (EAA) por 580 horas. Em seguida, novas leituras de cor foram realizadas e os dados de estabilidade de cor (ΔE) e luminosidade (ΔL) foram analisados através do ANOVA, dois critérios e Bonferroni ($p < 0,05$). Os autores encontraram que as maiores alterações de cor ($p < 0,05$) ocorreram quando as restaurações de 0,5 mm foram cimentadas com cimento fotoativado, e as menores quando as restaurações de 1,0mm foram cimentadas com cimento dual convencional. Não houve influência ($p > 0,05$) da espessura da restauração quando utilizado o cimento dual autoadesivo. Quando as restaurações foram comparadas aos do grupos controle através do ANOVA um critério e Teste de Tukey ($p < 0.05$), foi observado que as amostras de cimento apresentaram as maiores alterações ($p < 0,05$) em relação ao substrato e aos dentes restaurados. Eles puderam concluir que a espessura da restauração influencia na alteração de cor e na luminosidade do cimento dual convencional e fotoativado, enquanto que as alterações do cimento autoadesivo mostraram que não dependem da espessura da restauração.

Com o objetivo de investigar a influência do envelhecimento artificial acelerado na estabilidade de cor de três diferentes restaurações de inlay produzidas com um sistema CAD / CAM, Karaokutan et al. (2016) realizaram um estudo no qual utilizaram 30 dentes molares mandibulares não cariados. Os dentes foram incorporados em blocos de resina acrílica autopolimerizáveis, os quais foram preparados cavidades de Classe I, e divididos aleatoriamente em três grupos ($n = 10$) para fabricar as restaurações de inlay: (1) com uma cerâmica feldspática (CEREC Blocs); (2) com uma resina nano-cerâmica (Lava Ultimate); (3) com uma vitrocerâmica de leucita (IPS Empress CAD). As inlays foram cimentadas com um cimento resinoso dual (RelyX Ulti- mate; 3M ESPE) e deixadas em água destilada à temperatura ambiente durante 1 semana. As medições da cor foram realizadas com um espectrofotômetro antes e após envelhecimento acelerado, o qual foi realizado em uma máquina de

intemperismo acelerado (Atlas UV 2000; Atlas Electronic Devices, Chicago, IL) com uma energia total de 150 kJ/m². As alterações de cor (ΔE , ΔL , Δa , Δb , ΔC) foram determinadas utilizando o sistema CIE L * a * b *. Os resultados mostraram A maior alteração de cor com a resina nano-cerâmica, mas não foi clinicamente aceitável ($\Delta E > 5,5$). Não foram encontradas diferenças significativas nos valores ΔL e Δa entre os grupos avaliados, mas foram observadas alterações de cor em cada material avaliado após o envelhecimento acelerado. Todas as inlays de CAD / CAM tornaram-se mais escuras, mais saturadas, um pouco mais avermelhadas e amareladas.

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), antes e após as amostras serem submetidas ao envelhecimento artificial acelerado, 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;

A hipótese nula é que a cor da cerâmica não é alterada pelo processo artificial de envelhecimento e pelas variáveis pesquisadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Confeção dos discos em cerâmica

Foram confeccionados 40 discos de cerâmica IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein) que foram divididos em 2 grupos (n=20): 20 discos confeccionados com cerâmica de baixa translucidez (LT), na cor A2, e 20 discos confeccionados com cerâmica de alta opacidade (HO), simulando uma infraestrutura para receber posteriormente a cerâmica de revestimento IPS e.max Ceram na cor A2 (Ivoclar Vivadent AG, Schaan - Liechtenstein).

Para a confecção dos discos 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). Os discos foram, inicialmente, fabricados 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. Um disco de cerâmica IPS e.max Press, na cor selecionada, foi posicionado na embocadura do cilindro de revestimento e injetado para o interior do molde e resfriado, ainda no anel, em temperatura ambiente. Depois da remoção do revestimento, os condutos de alimentação foram cortados com discos diamantados.

Os discos de cerâmicas foram fixados 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 os discos da cerâmica HO atingissem a espessura de 0,5mm e as LT com as espessuras de 1,5mm e 2mm. (Figura 1D)

Os discos com 0,5mm de espessura receberam uma camada de cerâmica de revestimento IPS e.max Ceram na cor A2, que foi aplicada com pincel, em incrementos na superfície superior que era a mais polida 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. Esses discos foram fixados em lâminas de vidro com cera pegajosa em bastão para 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 HO 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 – Discos em cera; D – Discos HO e LT; E – Aplicação da cerâmica de revestimento nos discos de HO.

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 750mW/cm²) 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 – Discos 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, os discos de metal

foram fixados em lâminas de vidro com cera em uma Politriz Exakt (EXAKT 400CS Micro Grinding System, EXAKT Apparaturbau 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), os discos foram colocados 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 – Discos em cera e discos 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 aplicados a uma distância aproximada de 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, seguido pela aplicação do 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. O disco foi posicionado 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 em 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 – Disco 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 Envelhecimento acelerado artificial (EAA)

O teste de envelhecimento artificial acelerado (EAA) simula as forças da natureza que prevê a durabilidade relativa dos materiais expostos ao tempo, que são simuladas por uma rede de oito fontes de luz ultravioleta (UV-B). Cada fonte de luz possui um tubo fluorescente de 40W, com emissão concentrada de radiação ultravioleta na região B. Foi utilizado o sistema acelerado de envelhecimento para não-metálicos UV-B (C-UV Comexim, São Paulo, SP, Brasil) por 300 hs (TURGUT; BAGIS, 2011). As amostras foram fixadas com silicone incolor Polystic (Pulvitec do Brasil Ind. e Com. de Colas e Adesivos Ltda., Jaguaré, SP, Brasil) em placas de alumínio e submetidas a testes de envelhecimento acelerado. Todos os corpos de provas foram expostos a luz ultravioleta e a pulverização de água por 300h na máquina de teste. A superfície polida de cada amostra foi continuamente exposta à fonte de luz. A temperatura de exposição foi controlada automaticamente de acordo com os programas estabelecidos nos ciclos de UV/condensação. O programa de

trabalho utilizado foi fixado em 4h de exposição a UV-B a 50°C e 4h de condensação de vapor a 50°C (SILAMI et al., 2016).

4.7 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 disco foram realizados 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, Faifers, 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; VICHÍ et al., 2004).

As leituras para determinação da cor das cerâmicas foram realizadas em 4 momentos: 1- somente dos discos sem as possíveis interferências dos substratos e do cimento, antes do EAA; 2- após 24 horas da cimentação dos discos nos respectivos substratos, antes do EAA; (Figura 8) 3- das discos cerâmicas cimentadas sobre os substratos, após o EAA; 4- somente nos discos sem as possíveis interferências dos substratos e do cimento, após o EAA (Figura 9).

Figura 8: Distribuição dos grupos para leitura: Cerâmicas - LT e HO; Espessuras: 1,5 e 2,0mm; C - cerâmica; R - substrato em resina; M - substrato em liga metálica.

Figura 9: Distribuição dos grupos para leitura: Cerâmicas - LT e HO; Espessuras: 1,5 e 2,0mm; C - cerâmica; R - substrato em resina; M - substrato em liga metálica.

4.8 Remoção do substrato e do cimento dos corpos de prova

Após a leitura dos corpos de prova cimentados e envelhecidos, foi necessário realizar a remoção dos substratos e do cimento dos discos de cerâmica para realizar as leituras somente dos discos de cerâmica, tornando possível, desta forma,

descobrir se houve alguma alteração na cor da cerâmica com o processo de envelhecimento. Para isso os discos foram fixados 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 Apparitbau GmbH & Co. KG, Norderstedt, Schleswig-Holstein, Alemanha) e foi feito o desgaste cuidadoso para que não houvesse desgaste dos discos de cerâmica com as lixas d'água nas granulações 180, 220, 400, 600 e 1200, sob refrigeração em água.

4.9 Análise estatística

Para se obter os valores de ΔE foram realizadas as seguintes comparações:

1. discos de cerâmica antes do EAA vs discos de cerâmica cimentadas sobre os substratos antes do EAA;
2. discos de cerâmica cimentadas sobre os substratos antes do EAA vs discos de cerâmica cimentadas sobre os substratos após o EAA;
3. discos de cerâmica antes do EAA vs discos de cerâmica cimentadas sobre os substratos após o EAA;
4. discos de cerâmica antes do EAA vs discos de cerâmica após o EAA.

Ao término da coleta de dados, os valores ΔE foram descritos por meio de médias e desvio-padrão. Para comparar as variáveis utilizadas nesta pesquisa (processos de confecção e espessuras das cerâmicas, substratos) foi utilizada a análise de variância (ANOVA) a 3 critérios e (ANOVA) a 2 critérios (processos de confecção e espessuras da cerâmica). O teste de Tukey foi utilizado para as comparações múltiplas com nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

1. A tabela 1 apresenta os valores médios de ΔE (alteração de cor da cerâmica), desvio padrão (DP) e os valores de ΔL^* ($L_{amostra} - L_{controle}$), Δa^* ($a_{amostra} - a_{controle}$) e Δb^* ($b_{amostra} - b_{controle}$), dos testes realizados entre os grupos somente com discos de cerâmica *versus* discos de cerâmica com 1,5 e 2,0mm de espessuras, cimentadas em substratos de resina e liga metálica, antes do processo de envelhecimento artificial acelerado (EAA). O menor valor encontrado de ΔE ($\Delta E=3,6$) foi com o grupo de discos da cerâmica HOA2 com 2mm de espessura cimentados em substrato de metal, seguido pelo grupo da mesma cerâmica com 1,5mm de espessura cimentada em substrato de resina. O maior valor encontrado ($\Delta E=10,0$) foi com os discos de cerâmica LTA2 com 1,5mm e 2mm de espessuras e cimentados em substrato de metal. 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 cerâmicas/substratos/ 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 antes do EAA.

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

A análise de variância a 3 critérios (processo de confecção e espessura da cerâmica e substratos) revelou diferenças estatísticas entre os critérios e com interações significativas entre as variáveis cerâmicas/substratos;

cerâmicas/substratos/espessuras ($p<0,05$). O teste de Tukey ($p<0,05$) mostrou diferenças estatísticas entre as cerâmicas HOA2 e LTA2 (Tabela 2).

Tabela 2. Médias dos valores de ΔE , em ordem crescente, nos grupos avaliados antes do EAA.

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

Pelo menos uma letra igual = sem diferença estatística.

2. A tabela 3 apresenta os valores médios de ΔE , desvio padrão (DP) e os valores de ΔL^* ($L_{amostra} - L_{controle}$), Δa^* ($a_{amostra} - a_{controle}$) e Δb^* ($b_{amostra} - b_{controle}$), entre os grupos com discos de cerâmicas com 1,5 e 2,0mm de espessuras e cimentados em substratos de resina e liga metálica antes do EAA *versus* o mesmo grupo após EAA. O grupo de discos com a cerâmica HOA2 com 2mm de espessura cimentados em substrato de metal teve menor alteração de cor ($\Delta E=1,1$) e a maior alteração de cor ocorreu com o grupo da cerâmica LTA2 com 2mm de espessura cimentada em substrato de metal ($\Delta E=2,1$). 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 de cerâmicas cimentadas sobre os substratos após o EAA apresentaram menores valores de luminosidade (L^*), exceto no grupo LTA2, com 2mm de espessura e substrato de resina, que apresentou maior valor de L^* , ou seja, maior luminosidade, resultando em valores positivos. Para o grupo HOA2 com discos de 2mm de espessura cimentados em substrato de metal não foram encontradas diferenças para o fator envelhecimento. Os valores das coordenadas a^* mostraram maior contribuição do vermelho e os valores das coordenadas b^* , maior contribuição do amarelo.

Tabela 3. Médias dos valores de $\Delta E(DP)$, ΔL^* , Δa^* e Δb^* nos diferentes grupos avaliados após o EAA.

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

3. A tabela 4 apresenta as médias dos resultados e os desvios-padrão (DP) dos valores de ΔE , ΔL^* e Δb^* entre os grupos somente de discos de cerâmica antes do EAA *versus* grupos de cerâmicas com os discos de 1,5 e 2,0mm de espessuras e cimentados em substratos de resina e liga metálica após o EAA. O menor valor de ΔE encontrado ($\Delta E=3,7$) foi com a cerâmica HOA2 com revestimento e discos de 2mm de espessura cimentados em substrato de metal. O maior valor encontrado ($\Delta E=10,0$) foi o da cerâmica LTA2 com discos com 1,5mm e 2mm de espessuras cimentados em substrato de metal. Os valores negativos de ΔL^* , Δa^* e Δb^* ocorreram devido aos menores valores de L^* , a^* e b^* expressados pelos grupos comparados ao grupo de discos não cimentados. Os grupos cerâmica-substrato com cimento após EAA, 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.

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	5,4(0,3)	-4,6	0,5	-2,8
LTA2	1,5mm	resina	7,1(0,4)	-6,2	1,3	-3,3
LTA2	2mm	metal	10,0(1,0)	-7,5	-0,3	-6,9
LTA2	1,5mm	metal	10,0(0,8)	-8,4	0,5	-5,2
HOA2	2mm	resina	4,3(1,1)	-3,0	-0,3	-2,9
HOA2	1,5mm	resina	4,7(0,3)	-3,9	0,0	-2,4
HOA2	2mm	metal	3,7(0,5)	-3,1	0,1	-1,8
HOA2	1,5mm	metal	5,7(0,4)	-4,6	-0,5	-3,3

Foi utilizada a análise de variância a 3 critérios (processo de confecção e espessura da cerâmica e substrato) que mostrou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) nos valores de ΔE entre as três variáveis e interações entre elas ($p < 0,05$), com exceção das combinações cerâmica/espessura e substrato/espessura.

O teste de Tukey mostrou diferenças estatísticas entre as cerâmicas HOA2 vs LTA2 ($p < 0,05$) entre os grupos como pode ser observado na tabela 5.

Tabela 5. Médias dos valores de ΔE , em ordem crescente, nos grupos avaliados após EAA.

Cerâmica	Espessura	Substrato	ΔE	
HOA2	2mm	metal	3,7	a
HOA2	2mm	resina	4,3	ab
HOA2	1,5mm	resina	4,7	abc
LTA2	2mm	resina	5,4	bc
HOA2	1,5mm	metal	5,7	c
LTA2	1,5mm	resina	7,1	d
LTA2	2,0mm	metal	10,0	e
LTA2	1,5mm	metal	10,0	e

Pelo menos uma letra igual = sem diferença estatística.

4. Para avaliar o efeito do envelhecimento das cerâmicas sem a presença do cimento e dos substratos, foi realizada a comparação do ΔE dos discos de cerâmica, antes e após o processo de EAA. A tabela 6 apresenta as médias e os desvios-padrão (DP) de ΔE , ΔL^* , Δa^* e Δb^* . O grupo que teve menor alteração de cor foi o da cerâmica HOA2 com 1,5mm de espessura ($\Delta E=0,6$). O grupo que teve maior alteração de cor foi o da cerâmica LTA2 com 2mm de espessura ($\Delta E=2,2$). 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 valores das coordenadas a^* mostraram maior contribuição do vermelho e os valores das coordenadas b^* , maior contribuição do amarelo.

Tabela 6. Médias dos valores de $\Delta E(DP)$, ΔL^* , Δa^* e Δb^* nos diferentes grupos avaliados.

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

A análise de variância a 2 critérios (cerâmica e espessura) mostrou diferenças significativas nos valores de ΔE nos critérios cerâmicas e espessuras ($p < 0,05$). O teste de Tukey não foi realizado, pois não houve nível de significância ($p < 0,05$) nas interações dos grupos testados.

6 DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo mostram que o processo de envelhecimento artificial acelerado (EAA) e as variáveis pesquisadas influenciaram na cor das cerâmicas pesquisadas e, portanto, a hipótese nula deve ser rejeitada.

Ao comparar os resultados entre os grupos antes do EAA (tabela 1), o menor valor de ΔE encontrado ($\Delta E=3,6$) foi com a cerâmica HOA2 com 2mm de espessura cimentada em substrato de metal, seguido pelo grupo da mesma cerâmica com 1,5mm de espessura cimentada em substrato de resina. O maior valor encontrado ($\Delta E=10,0$) foi com a cerâmica LTA2 com 1,5mm e 2mm de espessuras e cimentadas em substrato de metal. Esses resultados mostram que a característica óptica da cerâmica (translucidez x opacidade) foi um aspecto 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 et al., 1994; PIRES et al., 2017; VICHÍ et al., 2000).

Quando se analisam os resultados obtidos somente com a cerâmica HOA2, observa-se que a combinação que mais influenciou na cor foi com a espessura de 1,5mm cimentada sobre o substrato de liga metálica, cujo resultado ($\Delta E=5,5$) foi estatisticamente diferente dos demais encontrados com esta cerâmica, com exceção do grupo HOA2 com 2mm de espessura cimentada sobre substrato em resina ($\Delta E=4,2$), como mostrado na tabela 2. Quando se analisa a importância do tipo de substrato na cor, observa-se que o substrato em resina teve menor influência com a cerâmica mais translúcida o que permite sua utilização com espessura de 1.5mm (VOLPATO et al., 2009).

Quando se compara os resultados entre as 2 cerâmicas, os resultados obtidos com a cerâmica LTA2 foram maiores do que os da cerâmica HOA2. 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, pois 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 na cor resultante da coroa, como pode ser observado nos resultados da cerâmica com 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).

O cimento é outro aspecto que pode influenciar na cor das cerâmicas. Estudos mostram que os cimentos resinosos podem produzir alterações nas cores de restaurações devido às combinações de cerâmica, substratos e cimentos (DE AZEVEDO 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 do que outras variáveis. Vichi, Ferrari e Davison (2000), comentaram que quando a espessura da cerâmica tem 1,5mm ou menos, deve-se fazer uma avaliação criteriosa do substrato, do cimento e da cor da cerâmica, pois dessa forma podem-se evitar resultados estéticos desagradáveis. Nesse sentido, o uso de pastas *try-in* pode ajudar a prever possíveis alterações da cor da cerâmica. Dede, et al. (2016), afirmam que em substratos de resina nas cores A1, A2, A3, B2 e C2, pode-se utilizar com segurança um cimento resinoso translúcido ou na cor A2, em cerâmica à base de dissilicato de lítio com 1,5mm de espessura, com média opacidade e alta translucidez na cor A2.

Os cimentos resinosos são geralmente utilizados com restaurações cerâmicas, pois fornecem estética adequada, baixa solubilidade em meio bucal, devido à força de união ser alta às estruturas dentárias, proporcionando propriedades mecânicas superiores e suporte para cerâmica. No entanto, eles podem mudar de cor devido à alterações relacionadas à química do material, como a formação de sub-produtos oxigenados. Abordagens clínicas mais conservadoras e mais estéticas resultam em restaurações cerâmicas mais finas e translúcidas, o que pode ser crítico para o sucesso de longo prazo dessas restaurações, em função da falta de estabilidade de cor do cimento decorrente do processo de envelhecimento (KILINC et al., 2011).

Alguns cimentos resinosos com presa dual ou química possuem agentes iniciadores de aminas aromáticas que podem causar mudança de cor (KARAOKUTAN et al., 2016). O mesmo pode também ocorrer com os cimentos resinosos fotopolimerizáveis, porém em menor intensidade, por apresentarem menor

quantidade de agentes iniciadores.

Várias condições como umidade, hábitos nutricionais e temperatura, podem afetar as propriedades mecânicas e estéticas das restaurações, tornando-as susceptíveis a mudanças de cor. Se a mudança de cor é intensa, a restauração pode tornar-se insatisfatória e requer substituição (KARAOKUTAN et al., 2016). Para avaliar o efeito do EAA nos grupos deste estudo que simulam coroas cerâmicas cimentadas na cavidade oral, foi realizada a comparação entre grupos com discos de cerâmicas com 1,5 e 2,0mm de espessura e cimentados em substratos de resina e liga metálica, antes e após o EAA (tabela 3). Os resultados mostraram que houve alteração de cor em todos os grupos, onde o menor valor de ΔE encontrado ($\Delta E=1,1$) foi com a cerâmica HOA2 com 2mm de espessura e cimentada em substrato de metal. O maior valor ($\Delta E=2,1$) foi obtido com o grupo da cerâmica LTA2 com 2mm de espessura e cimentada em substrato de metal. Apesar de todos os grupos terem alterações de cor e com aumento de saturação (mais amarelos e vermelhos), esses valores não foram tão altos a ponto de causar diferenças estatisticamente significantes entre os grupos. Estes resultados corroboram com os obtidos por Karaokutan et al. (2016), que testaram *inlays* confeccionadas com uma cerâmica feldspática (CEREC Blocs) e com uma cerâmica vítrea à base de leucita (IPS Empress CAD), cimentadas sobre dentes. Os valores de ΔE após o EAA foram de 2,1 e 2,4, respectivamente. Desta forma, pode-se sugerir que as mudanças de cor que ocorreram tanto no cimento como nos substratos podem ter sido mascaradas pelas cerâmicas e suas espessuras. Resultados parecidos também foram encontrados por Turgut e Bagis (2011) e Archegas et al. (2011). Esses resultados ($\Delta E < 3,3$) são clinicamente aceitáveis, como os obtidos neste estudo.

O tempo de EAA empregado nesta pesquisa foi de 300 horas, as quais correspondem a aproximadamente 1 ano de uso da coroa na cavidade oral. Silami et al. (2016) avaliaram a influência do EAA na estabilidade de cor de cimentos resinosos sob laminados cerâmicos de IPS e-max Ceram (Ivoclar Vivadent) em duas espessuras 0,5 e 1,0mm, submetendo os corpos de prova ao EAA por 580 horas e os resultados de ΔE foram maiores que 3,3, ou seja, clinicamente inaceitáveis, demonstrando que períodos de tempo maiores de EAA influenciam na cor. A maioria dos polímeros tem grupos funcionais em suas cadeias moleculares que absorvem a luz UV usada no processo de EAA, havendo uma degradação da interface cimento/cerâmica, levando

a hidrólise do silano utilizado no momento da cimentação reduzindo a força de união desses materiais, alterando, assim, as propriedades mecânicas dos materiais (KARAOKUTAN et al., 2016).

A tabela 4 mostra os resultados de ΔE quando se compara os grupos somente de cerâmicas antes do EAA, com os grupos de cerâmicas com 1,5 e 2,0mm de espessuras e cimentadas em substratos de resina e liga metálica após o EAA. O menor valor encontrado ($\Delta E=3,7$) foi com a cerâmica HOA2 com 2mm de espessura e cimentada em substrato de metal. O maior valor ($\Delta E=10,0$) foi encontrado com a cerâmica LTA2 com 1,5mm e 2mm de espessuras e cimentadas em substrato de metal. Estes valores não foram significativamente diferentes dos encontrados na tabela 1. Quando se compara os dois tipos de cerâmicas observa-se que os valores encontrados nas cerâmicas HOA2 foram inferiores aos das cerâmicas LTA2, com exceção do grupo LTA2 com 2mm de espessura cimentadas sobre a resina ($\Delta E=5,4$). Como este grupo apresentou maior valor de $\Delta E=5,9$ antes do EAA (tabela 2), o fato do cimento ser translúcido faz com que adquira uma cor transparente/acinzentado ao ser interposto entre o substrato e a cerâmica, podendo causar maior alteração de cor, pois ao envelhecer, o cimento adquire cor amarelada, tornando-o mais semelhante à cor A2 da cerâmica e do substrato em resina. O mesmo pode ter ocorrido com a cerâmica LTA2 com 1,5mm de espessura e cimentada sobre a resina cujo ΔE era 7,4 antes do envelhecimento e passou para 7,1 após o envelhecimento. O substrato em metal influenciou na alteração de cor com a cerâmica LTA2 com 1,5 e 2,0mm de espessura, como pode ser observado nas tabelas 2 e 5 ($\Delta E=10$) para os dois grupos, demonstrando que a cor do substrato se sobressai em relação à cor do cimento, refletindo-a através cerâmica LTA2 e, portanto, pouco influenciada pelo processo de envelhecimento.

Para avaliar o envelhecimento somente das cerâmicas foi feito a comparação dos discos cerâmicos (sem cimento e sem substrato) antes e após o EAA (tabela 6). Embora a cerâmica LTA2 com 2mm de espessura tenha apresentado maior valor de $\Delta E=2,2$ e a cerâmica LTA2 com 2mm de espessura o menor valor de $\Delta E=0,6$, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Ao contrário do que se esperava de que as cerâmicas não teriam sua cor alterada pelo EAA durante um período de um ano, a diferença de cor ocorrida foi imperceptível ao olho humano, ou

seja, clinicamente aceitável ($\Delta E < 3,3$). Entretanto, testes de EAA por períodos mais longos devem ser realizados, como apregoadado por Silami et al. (2016).

Quando se analisa os valores de ΔE dos discos cerâmicos com as duas espessuras e cimentados nos substratos antes e após o EAA (tabela 3), observa-se que EAA teve influencia importante na cor da cerâmica quando comparado com os valores de ΔE dos corpos de prova cimentados que simulavam coroas cimentadas em boca. Dessa observação questiona-se se e quanto o EAA ainda pode alterar a cor das cerâmicas em períodos maiores do que o usado nessa pesquisa.

Os valores das coordenadas L^* , a^* e b^* foram influenciados pelos tipos e espessuras das cerâmicas, substratos, cimento e EAA, resultando numa diminuição da luminosidade, com menores valores de L^* , ou seja, as cerâmicas ficaram mais escuras. 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 com substrato de 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. Essas diferenças de resultados devem ter ocorrido provavelmente por tratar-se de sistemas cerâmicos e ligas metálicas diferentes.

Considerando que valores de ΔE inferior a 1,0 são considerados não detectáveis pelo olho humano; valores entre 1,0 e 3,3 são visíveis por operadores qualificados e clinicamente aceitáveis; valores de ΔE maiores que 3,3 são observados por pessoas não qualificadas e, por isso, não são clinicamente aceitáveis (RUYTER et al., 1987; VICHÍ et al., 2004), os valores de ΔE obtidos somente com os discos cerâmicos e com os corpos de prova cimentados após o EAA, são considerados clinicamente aceitáveis (ARCHEGAS, et al., 2011; KILINC et al., 2011; KARAOKUTAN, et al., 2016).

7 CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo, concluiu-se que o envelhecimento artificial acelerado causou alteração na cor final das cerâmicas de dissilicato de lítio, levando-se em conta os seguintes aspectos - o processo de confecção e a espessura da cerâmica, a cor do substrato e o cimento.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- AL-WAHADNI, A. et al. Shade-match perception of porcelain-fused-to-metal restorations: a comparison between dentist and patient. **J Am Dent Assoc**, v. 133, n. 9, p. 1220-5; quiz 1260-1, Sep 2002.
- ARCHEGAS, L. R. et al. Colour stability and opacity of resin cements and flowable composites for ceramic veneer luting after accelerated ageing. **J Dent**, v. 39, n. 11, p. 804-10, Nov 2011.
- AZER, S. S. et al. Effect of substrate shades on the color of ceramic laminate veneers. **J Prosthet Dent**, v. 106, n. 3, p. 179-83, Sep 2011.
- Bunting F. The Colorshop - Color Primer: □An Introduction to the History of Color, Color Theory, and Color Measurement. Michigan, 1998. Disponível em: http://www.xrite.com/documents/apps/public/misc/Color_Primer_by_Fred_Bunting.pdf. Acesso em: 1 set. 2013.
- CAROSSA, S. et al. Influence of posts and cores on light transmission through different all-ceramic crowns: spectrophotometric and clinical evaluation. **Int J Prosthodont**, v. 14, n. 1, p. 9-14, Jan-Feb 2001.
- CHAIYABUTR, Y. et al. 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**, v. 105, n. 2, p. 83-90, Feb 2011.
- 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. 158p.
- DAGG, H. et al. The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. **J Oral Rehabil**, v. 31, n. 9, p. 900-4, Sep 2004.
- DAVIS, B. K.; JOHNSTON, W. M.; SABA, R. F. Kubelka-Munk reflectance theory applied to porcelain veneer systems using a colorimeter. **Int J Prosthodont**, v. 7, n. 3, p. 227-33, May-Jun 1994.
- DE AZEVEDO CUBAS, G. B. et al. The Effect of Luting Agents and Ceramic Thickness on the Color Variation of Different Ceramics against a Chromatic Background. **Eur J Dent**, v. 5, n. 3, p. 245-52, Jul 2011.
-

DEDE, D. O. et al. Influence of the color of composite resin foundation and luting cement on the final color of lithium disilicate ceramic systems. **J Prosthet Dent**, v. 117, n. 1, p. 138-143, Jan 2017.

DOUGLAS, R. D.; PRZYBYLSKA, M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. **J Prosthet Dent**, v. 82, n. 2, p. 143-9, Aug 1999.

DOZIC, A. et al. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. **J Prosthet Dent**, v. 90, n. 6, p. 563-70, Dec 2003.

HAMMAD, I. A.; STEIN, R. S. A qualitative study for the bond and color of ceramometals. Part II. **J Prosthet Dent**, v. 65, n. 2, p. 169-79, Feb 1991.

HEFFERNAN, M. J. et al. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. **J Prosthet Dent**, v. 88, n. 1, p. 4-9, Jul 2002.

HICKEL, R.; MANHART, J. Longevity of restorations in posterior teeth and reasons for failure. **J Adhes Dent**, v. 3, n. 1, p. 45-64, Spring 2001.

KARAOKUTAN, I. et al. Color Stability of CAD/CAM Fabricated Inlays after Accelerated Artificial Aging. **J Prosthodont**, v. 25, n. 6, p. 472-7, Aug 2016.

KILINC, E. et al. Resin cement color stability and its influence on the final shade of all-ceramics. **J Dent**, v. 39 Suppl 1, p. e30-6, Jul 2011.

KIM, I. J. et al. Effect of surface topography on the color of dental porcelain. **J Mater Sci Mater Med**, v. 14, n. 5, p. 405-9, May 2003.

KOUTAYAS, S. O. et al. Colorimetric evaluation of the influence of five different restorative materials on the color of veneered densely sintered alumina. **J Esthet Restor Dent**, v. 15, n. 6, p. 353-60; discussion 361, 2003.

LI, Q.; YU, H.; WANG, Y. N. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of core build-up composites on all-ceramic materials. **Dent Mater**, v. 25, n. 2, p. 158-65, Feb 2009.

LUND, P. S.; PIOTROWSKI, T. J. Color changes of porcelain surface colorants resulting from firing. **Int J Prosthodont**, v. 5, n. 1, p. 22-7, Jan-Feb 1992.

NAKAMURA, T. et al. Influence of abutment substrate and ceramic thickness on the colour of heat-pressed ceramic crowns. **J Oral Rehabil**, v. 29, n. 9, p. 805-9, Sep 2002.

Nocchi E. **Visão horizontal: odontologia estética para todos**. 1a ed. Maringá: Dental Press, 2013. 429 p.

O'BRIEN, W. J. Double layer effect and other optical phenomena related to esthetics. **Dent Clin North Am**, v. 29, n. 4, p. 667-72, Oct 1985.

O'BRIEN, W. J.; FAN, P. L.; GROH, C. L. Color differences coefficients of body-opaque double layers. **Int J Prosthodont**, v. 7, n. 1, p. 56-61, Jan-Feb 1994.

O'BRIEN, W. J. et al. Sources of color variation on firing porcelain. **Dent Mater**, v. 7, n. 3, p. 170-3, Jul 1991.

O'NEAL, S. J. et al. Effect of metal surfacing on the color characteristics of porcelain veneer. **Dent Mater**, v. 3, n. 3, p. 97-101, Jun 1987.

PIRES, L. A. et al. Effects of the type and thickness of ceramic, substrate, and cement on the optical color of a lithium disilicate ceramic. **J Prosthet Dent**, v. 117, n. 1, p. 144-149, Jan 2017.

RAPTIS, N. V.; MICHALAKIS, K. X.; HIRAYAMA, H. Optical behavior of current ceramic systems. **Int J Periodontics Restorative Dent**, v. 26, n. 1, p. 31-41, Feb 2006.

RINKE, S.; HULS, A.; KETTLER, M. J. Colorimetric analysis as a means of quality control for dental ceramic materials. **Eur J Prosthodont Restor Dent**, v. 4, n. 3, p. 105-10, Sep 1996.

RUYTER, I. E.; NILNER, K.; MOLLER, B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. **Dent Mater**, v. 3, n. 5, p. 246-51, Oct 1987.

SAILER, I. et al. 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**, v. 18 Suppl 3, p. 86-96, Jun 2007.

SEGHI, R. R.; JOHNSTON, W. M.; O'BRIEN, W. J. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. **J Dent Res**, v. 68, n. 12, p. 1755-9, Dec 1989.

SHIMADA, K. et al. Influence of abutment materials on the resultant color of heat-pressed lithium disilicate ceramics. **Dent Mater J**, v. 25, n. 1, p. 20-5, Mar 2006.

SILAMI, F. D. et al. Influence of Different Types of Resin Luting Agents on Color Stability of Ceramic Laminate Veneers Subjected to Accelerated Artificial Aging. **Braz Dent J**, v. 27, n. 1, p. 95-100, Jan-Feb 2016.

STEVENSON, B.; IBBETSON, R. The effect of the substructure on the colour of samples/restorations veneered with ceramic: a literature review. **J Dent**, v. 38, n. 5, p. 361-8, May 2010.

TAMSE, A. Iatrogenic vertical root fractures in endodontically treated teeth. **Endod Dent Traumatol**, v. 4, n. 5, p. 190-6, Oct 1988.

TURGUT, S.; BAGIS, B. Colour stability of laminate veneers: an in vitro study. **J Dent**, v. 39 Suppl 3, p. e57-64, Dec 2011.

Vanini L. A cor segundo Lorenzo Vanini. **Rev Dental Press Estét**, v. 8, n. 4. p. 98-107, Out-Dez. 2011.

VICHI, A.; FERRARI, M.; DAVIDSON, C. L. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. **J Prosthet Dent**, v. 83, n. 4, p. 412-7, Apr 2000.

_____. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. **Dent Mater**, v. 20, n. 6, p. 530-4, Jul 2004.

VOLPATO, C. A. et al. Optical influence of the type of illuminant, substrates and thickness of ceramic materials. **Dent Mater**, v. 25, n. 1, p. 87-93, Jan 2009.

X-Rite. A guide to understanding color communication. Michigan, 2002. Disponível em: http://www.xrite.com/documents/literature/en/L10-001_Understand_Color_en.pdf. Acesso em: 1 set. 2013.

WANG, H.; XIONG, F.; ZHENHUA, L. Influence of varied surface texture of dentin porcelain on optical properties of porcelain specimens. **J Prosthet Dent**, v. 105, n. 4, p. 242-8, Apr 2011.

YAMAMOTO, M. [Newly developed opal ceramic and its clinical introduction with consideration of refraction indexes. 3. Advances and use]. **Quintessenz Zahntech**, v. 15, n. 7, p. 783-96, Jul 1989.