

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA –
DOUTORADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DENTÍSTICA RESTAURADORA

ANTONIO SETSUO SAKAMOTO JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR DE LAMINADOS
CERÂMICOS APÓS CIMENTAÇÃO ADESIVA**

PONTA GROSSA

2015

ANTONIO SETSUO SAKAMOTO JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR DE LAMINADOS
CERÂMICOS APÓS CIMENTAÇÃO ADESIVA**

Tese apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Doutor na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no curso de Doutorado em Odontologia – Área de Concentração Dentística Restauradora.

Linha de Pesquisa: Propriedades físico-químicas e biológicas dos materiais.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Gomes

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Osnara Maria Mongruel Gomes

PONTA GROSSA

2015

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

S158 Sakamoto Junior, Antonio Setsuo
Avaliação da estabilidade de cor de
laminados cerâmicos após cimentação
adesiva/ Antonio Setsuo Sakamoto Junior.
Ponta Grossa, 2015.
101

Tese (Doutorado em Odontologia - Área
de Concentração: Dentística Restauradora),
Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos
Gomes.

Coorientadora: Prof^a Dr^a Osnara Maria
Mongruel Gomes.

1.Materiais dentários. 2.Cor.
3.Espectrofotometria. 4.Análise Espectral
Raman. 5.Cimentos de resina. I.Gomes, João
Carlos. II. Gomes, Osnara Maria Mongruel.
III. Universidade Estadual de Ponta
Grossa. Doutorado em Odontologia. IV. T.

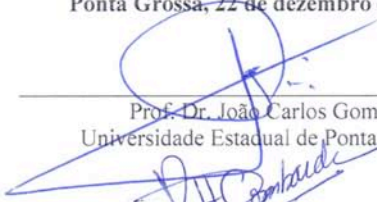
CDD: 617.6

ANTONIO SETSUO SAKAMOTO JUNIOR

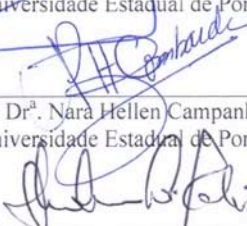
**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR DE LAMINADOS
CERÂMICOS APÓS CIMENTAÇÃO ADESIVA**

Tese apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Doutor na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no curso de Doutorado em Odontologia – Área de Concentração em Dentística Restauradora.

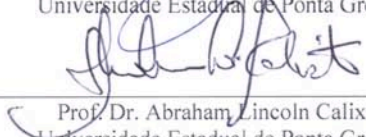
Ponta Grossa, 22 de dezembro de 2015.



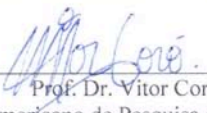
Prof. Dr. João Carlos Gomes
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof.ª Dr.ª Nara Hellen Campanha Bombarda
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof. Dr. Abraham Lincoln Calixto
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof. Dr. Vitor Coró
Instituto Latino Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico



Prof. Dr. Rafael Torres Brum
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

|

Dedico esta Tese a toda minha família: meus pais Antonio e Nanci, minhas irmãs Suemi e Midori, meu sobrinho Felipe e principalmente à Amanda, minha esposa. Assim, gostaria de deixar registrado minha gratidão por tudo que me proporcionaram para realizar esta conquista.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Deus por ser tão generoso e bondoso em colocar pessoas incríveis e amáveis em minha vida, permitindo compartilhar mais esta conquista...

Aos meus pais **Nanci e Antonio**, que tenho muito orgulho, que sempre prezam pelo melhor para seus filhos. Obrigado pela educação, valores ensinados e conhecimentos transmitidos. Amo muito vocês!! E sempre serei grato por tudo o que fizeram e fazem por mim.

Às minhas queridas irmãs **Suemi e Midori**, responsáveis por minha índole e caráter, pois na ausência de meus pais, quando fomos estudar “fora”, cumpriram seus papéis de irmãs mais velhas, dando segurança, disciplina e amor.

À minha linda esposa **Amanda** que tenho grande admiração e paixão, que sempre está ao meu lado me apoiando e completando. Exemplo de caráter, generosidade, coragem e determinação. Te amo!!

A todos meus **familiares e amigos**, que estão presentes nessa jornada da vida e gostaria de compartilhar minha alegria pela nova conquista.

Ao meu orientador **Prof. Dr. João Carlos Gomes**, exemplo de profissionalismo, sabedoria, determinação e competência. Te admiro muito, obrigado pela confiança!

A **Universidade Estadual de Ponta Grossa** e ao **Programa de Pós-Graduação em Odontologia**, pela oportunidade da realização do meu Mestrado, bem como o Doutorado.

A todos **professores do PPGO** por compartilharem seus conhecimentos para engrandecer meu conhecimento científico e clínico.

A todos funcionários da UEPG e do CIPP, **Simone Sabino, Rachel Gouveia e Vanessa Chagury** por colaborarem com meu trabalho.

A **Francyle de Carvalho Silva** do Instituto LACTEC - Curitiba/PR, por colaborar com as informações sobre o teste de envelhecimento artificial acelerado.

A todos **colegas de turma do Doutorado: Alessandra de Souza Martins, Ana Cristina Kovalik Gonçalves, Andrés Felipe Cartagena Molina, Bruna Fortes Bittencourt, Elize Tatiane Ribeiro Bonafé, Fabiane Schreiner, Fábio Anibal Góiris, Issis Luque Martinez, John Alexis Domingues, Ligia Nadal Zardo, Luisa Gomes Gregol, Márcia Fernanda de Resende Siqueira, Patrício Runnacles, Reila Tainá Mendes, Rosana Marques Silva, Thays Regina Ferreira da Costa e Viviane Hass**, pela amizade e convívio durante esta etapa.

A empresa **Ivoclar Vivadent**, pela doação dos materiais para a realização deste trabalho.

Ao TPD **Alexandre Santos e Júlio Santos** do laboratório de prótese Studio Art Dental – Curitiba/PR, por confeccionarem as amostras de cerâmicas utilizados no meu trabalho.

A todos que participaram de forma direta ou indiretamente para o êxito deste trabalho.

Muito Obrigado!

“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo”.

(Martin Luther King)

DADOS CURRICULARES

Antonio Setsuo Sakamoto Junior

NASCIMENTO 08/07/1983	São João do Ivaí, Paraná – Brasil
FILIAÇÃO	Antonio Setsuo Sakamoto Fumiko Nanci Sakamoto
2001 - 2005	Curso de Graduação em Odontologia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá – PR.
2005 - 2005	Curso de Aperfeiçoamento em Cefalometria Diagnóstico e Planejamento em Ortodontia, Dental Press, Maringá – PR.
2006 - 2006	Curso de Aperfeiçoamento em Estética Avançada KSH, Instituto Latino Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico (ILAPEO), Curitiba – PR.
2007 - 2009	Curso de Especialização em Dentística Restauradora, Centro de Estudos, Treinamento e Aperfeiçoamento em Odontologia (CETAO), São Paulo – SP.
2009 - 2011	Curso de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração em Dentística Restauradora. Nível Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa – PR.
2012 - 2015	Curso de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração em Dentística Restauradora. Nível Doutorado. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa – PR.

RESUMO

Sakamoto Jr, AS. **Avaliação da estabilidade de cor de laminados cerâmicos após cimentação adesiva.** [Tese – Doutorado em Odontologia – Área de Concentração em Dentística Restauradora – Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2015].

A modalidade indireta de restauração denominada laminado cerâmico, vem sendo vastamente solicitada pelos pacientes, por se tratar de um procedimento confiável, estável, conservador, estético e apresenta longevidade aceitável. Sabe-se que a alteração de cor do cimento localizado abaixo destas restaurações delgadas pode influenciar negativamente no aspecto estético final. Desta forma, o propósito do presente estudo *in vitro* foi avaliar a concordância da coloração da pasta de prova e seu respectivo cimento resinoso, verificar o grau de conversão deste pelo método Micro-Raman e sua estabilidade de cor após envelhecimento artificial acelerado (EAA) por 300 horas. Foram confeccionados 84 discos cerâmicos com sistema IPS e.maxPress HT (Ivoclar Vivadent) na cor A2 com 3 espessuras (0.3 mm, 0.5 mm, 1.0 mm) cuja coloração foi mensurada com espectrofotometria de refletância (grupo controle). Em seguida, foi realizada a simulação da seleção da cor do cimento Variolink II (*try in* Transparente, Opaco, A3) e mensurada a cor do conjunto nas coordenadas CIE- $L^*a^*b^*$. Depois foi realizada a cimentação adesiva (mesmos discos cerâmicos utilizados com *try in*) com três cores de cimentos resinosos (Base: Transparente, Opaco, A3), sobre uma matriz de silicone transparente com cavidade de espessura de 0,1 mm ($n=7$), sem qualquer substrato. Após armazenamento com água destilada, protegido da luz, em estufa a 37°C por 24h, os corpos de prova (cp) foram submetidos novamente ao teste de espectrofotometria e ao teste grau de conversão (GC) pelo método FT-Raman. Em seguida, foram submetidos ao EAA por 300 horas e mensurada a coloração para verificar se houve alteração (ΔE). Os dados coletados foram submetidos à ANOVA 2 fatores, seguido pelo pós-teste de Tukey e pelo teste de correlação de Spearman ($\alpha=0,05$). Não houve concordância entre o *try in* e respectivo cimento, os valores de L^* e b^* aumentaram, tornando mais luminosa/opaca e amarelada. Todos grupos apresentaram valores superiores de $\Delta E=3,3$, exceto o grupo do cimento cor A3 (cerâmica espessura de 1,0 mm) e as espessuras cerâmicas de 0,3 e 0,5 mm não influenciaram o GC, onde apresentaram valores sem diferença significativa ($p>0,05$) comparada ao grupo controle. Assim, o GC foi influenciado pela cor do cimento, onde o mais saturado apresentou maior taxa de conversão, ao passo que o valor de GC diminuiu quando a espessura do disco cerâmico interposto aumentou. Não houve relação entre o GC e ΔE .

Palavras-chave: Materiais dentários, Cor, Espectrofotometria, Análise Espectral Raman, Cimentos de resina, Cerâmica.

ABSTRACT

Sakamoto Jr, AS. **Evaluation of color stability of ceramic veneers after adhesive cementation.** [Tese – Doutorado em Odontologia – Área de Concentração em Dentística Restauradora – Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2015].

Thin ceramic laminates have been widely requested by patients because it's a reliable conservative aesthetic procedure, stable and presents adequate longevity. It is known that the color change of the cement below these thin restorations may result inappropriate final color. Thus, the purpose of this *in vitro* study was to evaluate the color agreement between pressable lithium disilicate ceramics with try-in pastes and corresponding resin cements, determination of the degree of conversion of resin cements using FT-Raman spectroscopic and color stability after artificial accelerated aging (AAA) for 300 hours. Eighty-four ceramic discs (0.3 mm, 0.5 mm, 1.0 mm thick) were prepared (IPS e.maxPress HT A2 – Ivoclar Vivadent) to simulate veneers. Evaluation the baseline color was done in the CIE-L*a*b* color space with reflectance spectrophotometer (control group). The try-in pastes were applied into the interlayer of the ceramic (simulation of selection color procedure) above silicon transparent matrix (0.1 mm thick) and the color complex were measured using a spectrophotometer (n=7), with no substrate. The same ceramic discs were used for cementation procedure with Variolink II (only base), after storage in distilled water, protected from light, at 37°C for 24 hours, the specimens were mensured the color and submitted to FT-Raman spectroscopy to determinate the degree of conversion (DC). After that, the specimens were AAA for 300 hours and measured by spectrophotometer to calculate ΔE . Two-way ANOVA was used to analyze the data. Tukey's post hoc for multiple comparisons and Spearman correlation test were performed ($\alpha = 0.05$). There was no agreement between the try-in with resin cements, L* and b* values increased, increasing the value/opacity, yellowish of the complex. All groups exhibited values of $\Delta E > 3.3$, except resin color A3 group (1.0 mm ceramic thickness). Ceramic thicknesses (0.3 mm and 0.5 mm) did not affect the DC compared to the control ($p > 0.05$). Thus, DC was influenced by the color of cement, where the over saturated color showed higher conversion rate, DC decreased when ceramic disc thickness increased. No correlation between DC and ΔE was observed.

Keywords: Dental Materials; Color; Spectrophotometry; Spectrum Analysis, Raman; Resin Cements; Ceramics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Comprimento de onda da luz visível.....	20
Figura 2 -	Índice de refração representativo de materiais e elementos naturais.....	21
Figura 3 -	Sistema de cor de Munsell.....	22
Figura 4 -	A – Cimentos resinosos Base Variolink II. B e C – Pastas <i>Try-in</i> dos respectivos cimentos.....	56
Figura 5 -	Fluxograma da sequência metodológica.....	57
Figura 6 -	Conferência das espessuras dos discos cerâmicos com paquímetro digital. A - disco cerâmico com $0,3 \pm 0,01$ mm. B - disco cerâmico com $0,5 \pm 0,01$ mm. C - disco cerâmico com $1,0 \pm 0,01$ mm.....	59
Figura 7 -	A - Fios ortodônticos (0,3 e 0,5 mm) e clipe metálico (1,0 mm) cortados e conformados em círculos. B: incremento de resina composta acomodado sobre uma placa de vidro. C: Resina composta sendo prensada por duas placas de vidro. D: Réplicas prontas nas três espessuras.....	60
Figura 8 -	A - matriz de silicone de condensação após a remoção das réplicas dos discos em resina composta nas três espessuras (0,3 mm, 0,5 mm e 1,0 mm, esquerda para direita). B e C - Padrões de cera nas três espessuras.....	60
Figura 9 -	A a C - Padrões de cera fixados na base do conduto de alimentação, previamente ao revestimento e injeção cerâmica. D - Aspecto dos discos cerâmicos logo após a desinclusão.....	61
Figura 10 -	A e B - Disco em resina composta com 9 mm de diâmetro e 0,1 mm de espessura. C - Espátulas de madeira foram acomodadas nas extremidades da placa de vidro para a espessura do silicone ficar homogênea e paralela. D a F - Silicone transparente foi aplicado sobre o disco de resina e outra placa de vidro foi acomodada sobre o conjunto para que as superfícies ficassem paralelas. G e H - Aspecto da matriz após a presa, em seguida o disco de resina composta foi removido com cuidado.....	62
Figura 11 -	A - Disco cerâmico acomodado sobre a matriz. B e C - Suporte e máscara para padronizar o feixe do Espectrofotômetro UV-Vis. D - Vista de todo conjunto sobreposto para realizar a mensuração dos valores CIE-Lab.....	63
Figura 12 -	A a C - Discos cerâmicos de cada grupo (n=7) foram acomodados sobre uma placa de cera utilidade, onde foram condicionados com ácido fluorídrico 10% por 20 segundos, em seguida foram lavadas com	64

Figura 12 -	jato de água/ar por 10 segundos. D e E - Após secar bem, foi aplicado silano por 60 segundos. F a I - No momento da cimentação, foi aplicado o adesivo hidrófobo em cada disco cerâmico, em seguida foi aplicado jato de ar, uma pequena quantidade de cimento foi despejado na cavidade da matriz e o disco foi acomodado sobre este. J e K - Posteriormente foi acomodado a placa de vidro e pressionado por 10 segundos, removeu-se a placa e realizou-se a fotopolimerização com a ponta sobre a cerâmica por 40 segundos. 12L: Cada grupo experimental foi armazenado em potes separados com água destilada.....	65
Figura 13 -	A a C - Placa de acrílico acoplado ao suporte metálico onde os cp foram fixados com cianocrilato.....	66
Figura 14 -	A a C - Aplicação do cimento resinoso diretamente na cavidade da matriz de silicone transparente, em seguida uma tira de poliéster foi acomodado sobre o cimento. D e E - A placa de vidro foi acomodada sobre o conjunto, depois esta foi removida e realizou-se a fotopolimerização por 40 segundos com a ponta encostada na tira de poliéster. F – Espécimes de cada cor de cimento resinoso Variolink II (Da esquerda para direita: Transparente, A3 e Opaco).....	67
Quadro 1 -	Materiais, marca comercial, fabricante, composição e número do lote...	58

|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ag-Pd	Prata-Paládio
atm	Atmosfera
ANOVA	Análise de Variância
Bis-GMA	Bis-Fenol A-Glicidil Metacrilato
CAD	Desenho assistido por computador
CIE	Commission Internationale l'Éclairage
CQ	Canforoquinona
cp	Corpo de prova
CR	Razão de contraste
dp	Desvio Padrão
D-65	Parâmetro iluminante
E	Módulo de elasticidade
E2	Empress 2
EAA	Envelhecimento artificial acelerado
EDMAB	Etil-4-dimetilaminobenzoato
EGDMA	Dimetacrilato de etileno glicol
EMP	Empress
EST	Empress Esthetic
FGPS	Forças geradas durante a contração de polimerização
FT-IR	Espectroscopia por Infravermelho
g	Gramas
GC	Grau de conversão
h	Horas
H	Dureza (Hardness)
H ₂	Hidrogênio
HT	Alta translucidez
HEMA	2-hidroxietil metacrilato
HO	Alta opacidade
HV	Alto valor
ISO	Organização Internacional para Padronização
KBr	Brometo de potássio
kg	Kilograma
KHN	Dureza Knoop
kJ/m ²	Kilo Joule por metro quadrado
LED	Diodo emissor de luz
LT	Baixa translucidez
LV	Baixo valor
M	Massa molar
MPa	Mega Pascal
MEV	Microscopia eletrônica por varredura
µm	Micrômetro
µTBS	Microtração
MDP	10-metacriloiloxidecil dihidrogenofosfato
mm	Milímetro
mm ²	Milímetro quadrado
MMA	Metacrilato de metila
mN	Mili Newton

MO	Média opacidade
MV	Médio valor
mW/cm ²	Mili Watt por centímetro quadrado
N	Newton
n	Número amostral
nm	Nanômetro
OH ⁻	Hidroxila
O ₂	Oxigênio
PPD	1-Fenil-1,2-Propanodiona
QTH	Lâmpada halógena de quartzo-tungstênio
R	Razão
SiO ₂	Dióxido de silício
TEGDMA	Trietilenoglicol dimetacrilato
TP	Parâmetro de translucidez
TPO	Trimetilbenzoil-óxido de difenilfosfina
TR	Transparente
UDMA	Uretano dimetacrilato
UV-Vis	Ultravioleta visível
WO	Branco opaco
5-MASA	N-metacrilóil-5-aminossalicílico

LISTA DE SÍMBOLOS

$\approx$	Aproximadamente
α	Alfa (nível de significância)
Δ	Delta
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
Φ	Grupo aromático
$=$	Igual
$>$	Maior
$\geq$	Maior ou igual
$\pm$	Mais ou menos
$<$	Menor
$-$	Negativo
$\%$	Porcentagem
$+$	Positivo
X	Aumento de lente Óptico
$\text{\textcircled{R}}$	Resgistrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1.1	Fundamentos da Óptica	20
2.1.2	Cor e luz	21
2.2	Cimentação adesiva e pasta <i>Try in</i>	25
2.3	Translucidez e espessuras das cerâmicas	34
2.4	Testes realizados para determinar a estabilidade de cor dos cimentos resinosos e cerâmicas	39
2.5	Testes realizados para determinação do Grau de conversão dos materiais resinosos	48
3	PROPOSIÇÃO	55
3.1	Proposição Geral	55
3.2	Proposição específica	55
4	MATERIAL E MÉTODOS	56
4.1	Cálculo amostral	58
4.2	Confecção dos discos cerâmicos para simulação dos laminados cerâmicos	59
4.3	Comparação da cor do <i>try in</i> com o respectivo cimento resinoso sob três espessuras de cerâmica e Avaliação da coloração do cimento resinoso após envelhecimento artificial acelerado	62
4.4	Ensaio laboratorial de Grau de conversão pelo método micro-Raman	66
4.5	Análise Estatística	68
5	RESULTADOS	69
5.1	Resultados dos valores do sistema de cor CIE-Lab e ΔE	69
5.2	Resultados dos valores de Grau de Conversão (GC%) pelo método micro-Raman	73
5.3	Análise de Correlação de Spearman dos três cimentos resinosos Variolink II	75
6	DISCUSSÃO	77
7	CONCLUSÃO	83

REFERÊNCIAS	84
ANEXO A - Relatório do ensaio de intemperismo artificial em câmara de arco xenônio realizado pelo Instituto LACTEC	90
APÊNDICE A - Valores de ΔE submetidos à Análise de Variância de 2 fatores e pós-teste de Tukey com nível de significância de 5%	95
APÊNDICE B - Valores de grau de conversão submetidos à Análise de Variância de 2 fatores e pós-teste de Tukey com nível de significância de 5%	97
APÊNDICE C - Valores de GC% e ΔE das três colorações de cimentos resinosos avaliados submetidos à Correlação de Spearman com nível de significância de 5%	99

1 INTRODUÇÃO

O sorriso é a expressão do ser humano, que revela bem estar e alegria. A busca por materiais restauradores com aparência natural sempre foi e será uns dos grandes desafios da Odontologia. O propósito da Odontologia Restauradora Estética é devolver auto estima, saúde e função através de procedimentos que visam restabelecer o sorriso com dentes em harmonia com todo o conjunto: gengiva, lábio e face do paciente (Goldstein³² 2000).

Os procedimentos restauradores diretos localizados somente em esmalte dental, tais como restauração de lateral conóide e fechamento de diastema com resina composta, sempre foram bem aceitos pelos clínicos, no entanto para a realização de laminados cerâmicos, existia resistência devido ao grande potencial de desgaste que os procedimentos indiretos proporcionavam (Fradeani, Redemagni, Corrado³¹ 2005).

A evolução na técnica restauradora e nos materiais dentários nas últimas décadas, destacando-se as cerâmicas odontológicas e a cimentação adesiva, o aperfeiçoamento dos sistemas cerâmicos principalmente nas propriedades físicas, associado a diferentes técnicas de preparos dentais, inclusive a ausência destes, possibilitaram a redução na espessura das peças protéticas (Christensen²⁰ 2008). Desta forma, os procedimentos indiretos com cerâmicas ganharam espaço em tratamentos que antes só poderiam ser realizados com procedimentos restauradores diretos (Spear, Holloway⁷⁷ 2008).

As modalidades de restaurações indiretas denominadas laminados cerâmicos vêm sendo vastamente executadas e solicitadas pelos pacientes, por serem procedimentos confiáveis, estáveis, estéticos e apresentarem longevidade aceitável, possuindo taxa de sobrevida satisfatória. Em estudos de acompanhamento clínico, a taxa de sucesso é de 96% após 5 anos (Layton, Walton⁵⁰ 2007), 94,4% após 12 anos (Fradeani, Redemagni, Corrado³¹ 2005) e 82,93% após 20 anos (Beier et al.¹⁵ 2012). Porém, quando há problema no tratamento restaurador indireto a alteração na cor é um dos principais fatores para a insatisfação dos pacientes (Alhekeir et al.³ 2014).

Vale salientar que estas modalidades de restauração indireta com espessura delgada apresentam alta translucidez, sendo restritamente indicadas para reanatomização de dentes sem escurecimento e ausência de hábitos parafuncionais, pois sofrem interferência da cor do substrato sobre o qual será fixado (Spear, Holloway⁷⁷ 2008).

Os laminados cerâmicos possuem módulo de elasticidade mais próximo ao esmalte do que a dentina. Assim, os cimentos resinosos são os materiais de eleição para a fixação

definitiva destas peças protéticas, pois possuem módulo de elasticidade próximo ao da dentina, desta forma minimizam a força dos impactos decorrentes da mastigação (Gürel³³ 2007).

Acompanhando a demanda por resultados estéticos, os fabricantes de cimentos resinosos desenvolveram cimentos com diversas colorações para que o clínico possa selecionar a tonalidade adequada e obter um resultado estético mais favorável (Xu et al.⁸⁷ 2014). A cor é uma propriedade óptica dinâmica, onde deve-se conhecer e compreender tanto as características dos materiais restauradores quanto das estruturas dentais para se obter êxito nos procedimentos estéticos (Melo, Kano, Araujo Junior⁵⁵ 2005). Entretanto, o efeito da interação das diferentes tonalidades de cimento resinoso sob as restaurações cerâmicas permanece controverso (AlQahtani, Aljurais, Alshaafi⁵ 2012). Neste sentido, alguns pesquisadores investigaram a interação da coloração de diferentes cimentos e substratos na cor final dos espécimes cerâmicos (Barath et al.¹² 2003) e a estabilidade da cor de alguns cimentos resinosos estéticos (Kilinc et al.⁴⁵ 2011). Outros estudos avaliaram a concordância das colorações das pastas de prova (*try in*) e seus respectivos cimentos resinosos na coloração final das restaurações indiretas (ALGhazali et al.² 2010, Xing et al.⁸⁶ 2010).

As propriedades físico-mecânicas dos materiais poliméricos fotopolimerizáveis são diretamente influenciadas pela porcentagem de conversão obtida durante a fotopolimerização. Assim, uma polimerização inadequada proporciona baixa conversão do polímero, reduzindo as propriedades mecânicas (Archegas et al.⁹ 2012), resultando em maior degradação e descoloração do material resinoso (Silva et al.⁷⁴ 2013).

Sabe-se que após envelhecimento há uma alteração na coloração dos cimentos resinosos sob as restaurações estéticas cerâmicas podendo influenciar negativamente o aspecto estético (Kilinc et al.⁴⁵ 2011, Turgut, Bagis⁷⁹ 2011). A descoloração dos polímeros é associada à degradação da matriz polimérica, aos monômeros residuais e as manchas extrínsecas (Albuquerque et al.¹ 2013). Os cimentos resinosos duais normalmente apresentam menor estabilidade de cor comparados aos cimentos resinosos físicos (fotopolimerizáveis) pois apresentam peróxido de benzoíla não reagido. Por conta disto, os cimentos duais não são indicados para a cimentação adesiva de laminados cerâmicos com espessuras delgadas e translúcidas (Almeida JR et al.⁴ 2015).

Desta forma, o objetivo do presente estudo *in vitro* foi avaliar se a coloração da pasta de prova (*try in*) coincide com a respectiva cor de cimento resinoso fotopolimerizado sob diferentes espessuras de discos cerâmicos, bem como sua estabilidade após envelhecimento artificial acelerado por 300 horas e investigar o grau de conversão através de espectroscopia

Raman. As hipóteses nulas são de que há concordância na cor entre as pastas de prova *Try in* e os cimentos resinosos correspondentes, de que não há diferença na coloração das restaurações cerâmicas após o envelhecimento artificial acelerado e de que há uma relação no grau de conversão com a estabilidade de cor (ΔE).

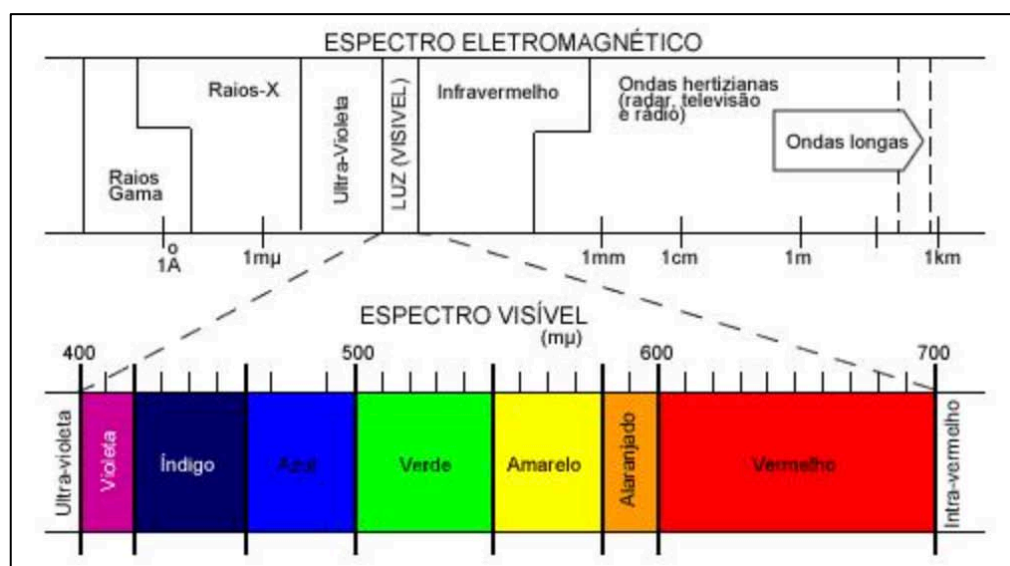
2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura será subdividida em tópicos para melhor entendimento.

2.1.1 Fundamentos da Óptica

Para compreender o comportamento dos materiais restauradores dentários é necessário que o clínico relembre alguns fundamentos e fenômenos ópticos. Óptica é a parte da Física que trata dos fenômenos que têm causa como determinante a energia radiante, em particular a luz. Onde esta energia é propagada por ondas eletromagnéticas. O espectro da luz visível compreende a faixa entre 400 e 700 nm (figura 1) (Anter⁷ 2015).

Figura 1: Comprimento de onda da luz visível.



Fonte: www.sofisica.com.br

Na Natureza existem meios transparentes, translúcidos e opacos. Os meios transparentes são definidos como aqueles que permitem que a luz os atravessem descrevendo trajetórias bem definidas e regulares. Já nos translúcidos, a luz sofre uma difusão provocada pelas partículas deste meio, descrevendo uma trajetória bem irregular. Nos meios opacos, a luz não se propaga, parte da luz é refletida e outra absorvida e esta última é convertida em energia térmica (Halliday, Resnick, Walker³⁵ 2009).

Desta forma, a luz em sua propagação pode sofrer dois fenômenos físicos: reflexão e refração. A reflexão consiste no fato de a luz voltar a se propagar no meio de origem, após incidir na superfície de separação deste com outro meio. Já a refração consiste no fato de a luz

passar por uma superfície (ou interface) que separa dois meios distintos. A menos que o raio incidente seja perpendicular à interface, a refração muda a direção de propagação da luz (Halliday, Resnick, Walker³⁵ 2009).

O índice de refração para a luz em qualquer meio, exceto no vácuo, depende do comprimento de onda (figura 2). Isto significa que quando um feixe luminoso é formado por raios de luz de diferentes comprimentos de onda o ângulo de refração é diferente para cada raio (cor), este fenômeno é conhecido como dispersão cromática (Halliday, Resnick, Walker³⁵ 2009).

Figura 2: Índice de refração representativo de materiais e elementos naturais

Material	n
Ar seco (0°C, 1atm)	≈ 1 (1,000292)
Gás carbônico (0°C, 1atm)	≈ 1 (1,00045)
Gelo (-8°C)	1,310
Água (20°C)	1,333
Etanol (20°C)	1,362
Tetracloroeto de carbono	1,466
Glicerina	1,470
Monoclorobenzeno	1,527
Vidros	de 1,4 a 1,7
Diamante	2,417
Sulfeto de antimônio	2,7

Fonte: Halliday D, Resnick R, Walker J. Ondas eletromagnéticas. In: Fundamentos de Física, volume 4: óptica e física moderna. Rio de Janeiro: LTC, 2009

2.1.2 Cor e luz

O mecanismo visual (olho e o cérebro) é, com raras exceções, anatomicamente e funcionalmente idênticos entre as pessoas, mas devido a fatores como experiência individual de vida, diferentes motivações e expectativas, as pessoas enxergam o mundo de maneiras diferentes. Tanto a cor quanto a luz, ou qualquer outra qualidade visual não podem ser vistos e experimentados isoladamente, como um fenômeno único e sem relação. Ao contrário, cor e luz interagem com outros fenômenos não-visuais, na construção de nossa experiência visual (Anter⁷ 2015).

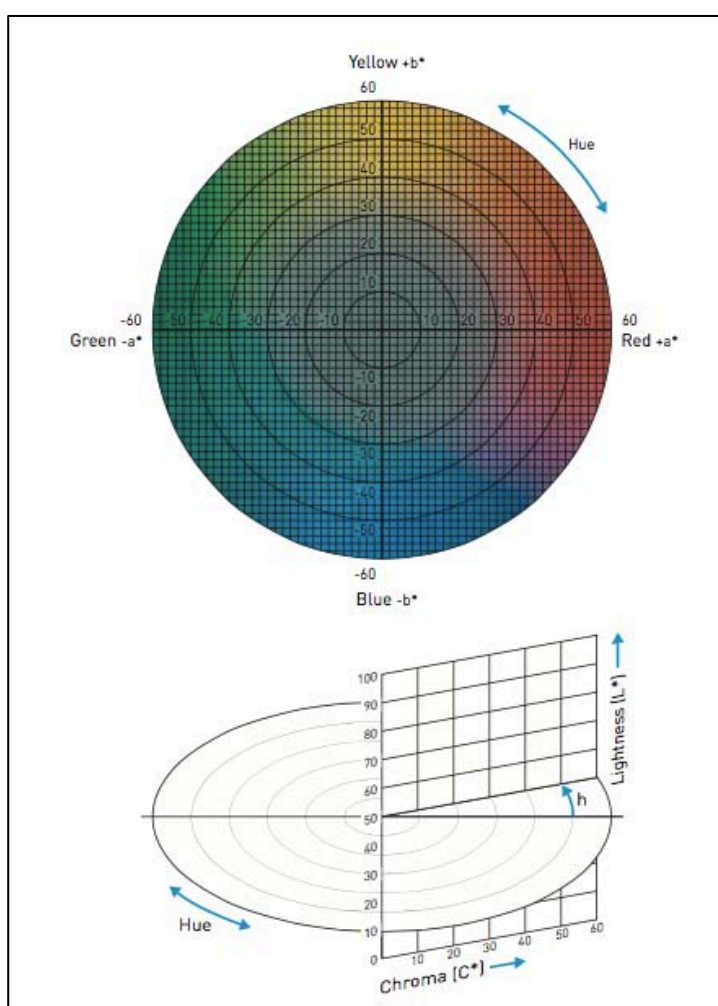
A cor não existe materialmente, mas sim como uma resposta do cérebro a um estímulo luminoso captado por nossos olhos, pois os objetos apresentam estruturas moleculares que absorvem e outras que refletem determinada luz e é através desta reflexão, seguida da percepção por células específicas na retina humana, cones e bastonetes, que os sinais são emitidos ao cérebro e interpretados sensitivamente e observamos as cores. Um mesmo objeto

observado em diferentes condições de iluminação parecerá diferente em cada fonte de luz, assim a correta percepção e visualização de cores só é possível na presença de uma iluminação controlada e equilibrada (Melo, Kano, Araujo Junior⁵⁵ 2005, Arnkil¹⁰ 2015).

Há vários sistemas de organização de cores, no entanto o sistema criado pelo físico Albert Henry Munsell, em 1915 é considerado o melhor sistema para ser utilizado na Odontologia (Goldstein³² 2000).

No sistema de Munsell, a cor é representada por três dimensões, referentes a matiz, valor e croma, onde matiz é a característica que permite ao observador distinguir uma determinada cor, dentro de diferentes famílias de cores. O valor determina a luminosidade de uma cor, ou seja, a quantidade de cinza, variando da faixa do preto ao branco. O croma determina a intensidade (saturação) de uma cor (figura 3) (Arnkil¹⁰ 2015).

Figura 3: Sistema de cor de Munsell.



Fonte: Arnkil H. Lightness and brightness and others confusions. In: Arnkil H, Anter KF, Klaren U. Colour and Light – Concepts and Confusions. 2. Ed. Helsinki: Aalto University. 2015

Vários fatores estão envolvidos na determinação da cor de um objeto, como as características da fonte de luz sob a qual o objeto é observado; a forma como as ondas de luz incidentes são absorvidas, transmitidas ou refletidas e os efeitos do ambiente sobre o observador (Janda et al.⁴³ 2005). Portanto, conhecer a interação da luz com os objetos auxilia o cirurgião-dentista a selecionar adequadamente a cor dos materiais para realização de um procedimento onde a estética é imprescindível.

O Sistema de determinação de cor CIE-Lab (Commission Internationale l'Éclairage, 1976) é um sistema de coordenadas composto pelos eixos L^* a^* b^* , onde L^* - Luminosidade (escala de cinza), cujos valores numéricos variam de 0 (preto) a 100 (branco). Os eixos a^* e b^* , são coordenadas de cromaticidade e variam de -128 a +128. Onde, a coordenada a^* designa o eixo vermelho – verde, quando o valor de a^* for positivo (+) mostrará desvio no sentido da tonalidade vermelha, quando o valor for negativo (-) mostrará desvio no sentido do verde. Para a coordenada b^* , o valor positivo é fornecido para o objeto da tonalidade amarela e negativo para a tonalidade azul (CIE Technical Report²² 2004).

Devido às diferenças inter-humanas na percepção da cor, a avaliação visual da cor dos dentes carece de padronização e reprodução que pode ser melhorada pelo uso de um espectrofotômetro. Paul e colaboradores⁶² em 2002 realizaram um estudo, onde testaram a hipótese de que a avaliação espectrofotométrica da cor do dente é comparável com a determinação visual humana. Trinta pacientes foram recrutados que apresentassem pelo menos um incisivo central sem nenhuma restauração e foi seguido o protocolo de comissão de ética para o experimento. Três cirurgiões dentistas sem nenhuma deficiência visual de cor foram selecionados, avaliaram o terço médio dos incisivos centrais superiores não restaurados, utilizando um guia de cores Vita clássica. Os mesmos dentes foram medidos por meio de um espectrofotômetro de refletância. No grupo humano, as 3 seleções de cores coincidiram em apenas 26,6%. No grupo de espectrofotometria, as três seleções de cores coincidiram em 83,3%. Em 93,3%, os valores de ΔE dos dentes avaliados por humanos foram superiores em comparação aos avaliados pelo espectrofotômetro ($p < 0,0001$). Os resultados sugerem que a análise espectrofotométrica da cor é 33% mais precisa e mais reprodutível em comparação à avaliação visual humana.

Com intuito de se determinar de forma precisa as propriedades ópticas dos materiais restauradores, como cor, opacidade e brilho, colorímetros e espectrofotômetros têm sido utilizados para mensuração desses parâmetros (Arnkil¹⁰ 2015). Estes equipamentos

apresentam melhor desempenho e precisão quando comparados à avaliação visual humana (Chu et al.²¹ 2010).

Douglas, Brewer²⁷ 1998 avaliaram a tolerância da aceitabilidade e perceptibilidade dos cirurgiões dentistas com relação à incompatibilidade de cor na clínica diária utilizando espectro radiômetro. Para isto foi confeccionada uma prótese total teste que permitia a substituição do incisivo central esquerdo, assim 10 incisivos de diferentes tons foram encaixados na base da prótese para realizar o teste de compatibilidade de cor. Foi usado um espectro radiômetro para determinar as coordenadas $L^*a^*b^*$ e as diferenças de cor (ΔE) entre o incisivo central direito e dos 10 incisivos centrais esquerdos intercambiáveis. Os dentes da dentadura intercambiáveis variou uniformemente a partir de $\Delta E=1$ (visualmente indetectável) até mais de $\Delta E=10$ (discrepância nítida da coloração). A prótese de teste com cada um dos 10 dentes cambiáveis foram codificados por um investigador e 28 dentistas avaliaram a cor (sem saber a cor de cada dente). Para cada um dos dentes intercambiáveis, os dentistas avaliadores foram questionados se eles conseguiam observar diferença entre os incisivos centrais e, em caso afirmativo, se a diferença era aceitável. Uma análise de regressão foi utilizada com índice de confiança de 95%. 50% dos observadores perceberam uma diferença de cor (50/50 perceptibilidade) com valor de $\Delta E= 2,6$. E o limite de aceitabilidade para 50% dos indivíduos foi de $\Delta E= 5,5$ onde gostariam de refazer a restauração devido a incompatibilidade de cor e para 95% dos observadores foi de $\Delta E= 4,0$. Os limites de tolerância de aceitabilidade e perceptibilidade ($\Delta E=5,5$ e $\Delta E=2,6$ respectivamente) da cor para o nível 50/50 foram significativamente diferentes ($p<0,05$). O limite para a perceptibilidade foi significativamente menor do que a de aceitabilidade para a incompatibilidade de cores entre dois incisivos centrais da dentadura.

Chu et al.²¹ 2010, revisaram a literatura para verificar o estágio atual dos sistemas manuais de leitura de cor dental e suas correspondentes investigações. Eles realizaram uma busca eletrônica na base de dados “Medline” e filtraram a pesquisa no período entre 1981 a 2010, utilizando as palavras-chave: dente, dentes, cor e odontologia. Observaram que há diversos estudos que utilizam diferentes equipamentos como: espectrofotômetro, colorímetro e sistemas de imagens, onde cada um apresentam vantagens e desvantagens, sendo ferramentas úteis para a mensuração da cor dental, comunicação e no controle de qualidade na reprodução das cores para restaurações diretas e indiretas. Os espectrofotômetros são instrumentos mais precisos e comparados aos olhos humanos ou técnicas convencionais

apresentam 33% maior precisão e mais objetivo em 93,3% dos casos. Já os colorímetros utilizam filtros de luz para o vermelho, verde e azul do espectro da luz visível, onde o envelhecimento destes filtros podem influenciar na precisão das mensurações. Sempre que possível, ambos métodos convencional e com auxílio de equipamento devem ser utilizados em associação para a complementação de cada um, para desta forma obter um resultado estético previsível e satisfatório.

2.2 Cimentação adesiva e pasta *Try-in*

Atualmente há a tendência de utilizar a cimentação adesiva para os procedimentos de fixação de próteses fixas. A escolha do agente cimentante depende do planejamento clínico como por exemplo o tipo do material restaurador e substrato dental. Assim o cimento selecionado deve fornecer adesão adequada e durável, boas propriedades físico-mecânicas como adequado grau de conversão, baixa solubilidade ao meio bucal e bom tempo de trabalho (Kumbuloglu et al.⁴⁷ 2004).

Os cimentos resinosos ganharam notoriedade na Odontologia contemporânea devido à sua capacidade de união entre as superfícies das restaurações indiretas e estruturas dentais (Peumans et al.⁶³ 2000). Eles foram inicialmente formulados na química da resina acrílica e após evolução e aperfeiçoamento têm se baseado na química das resinas compostas e sistemas adesivos (Christensen¹⁹ 1993). Desta forma, os cimentos resinosos são essencialmente resinas compostas com baixa viscosidade e com menor quantidade de carga (Shen⁷⁵ 2005, Haddad et al.³⁴ 2011).

Existe uma variedade de cimentos resinosos disponíveis no mercado com diferentes mecanismos de polimerização, ativação e indicações. Assim, o cimento resinoso contém duas fases distintas, sendo uma (1) orgânica e outra (2) fase inorgânica:

(1) A matriz resinosa é composta pela mistura de monômeros dimetacrilatos aromáticos e/ou alifáticos, como o Bis-GMA (Bis-Fenol A-Glicidil Metacrilato), TEGDMA (trietilenoglicol dimetacrilato) e UDMA (uretano dimetacrilato) (Rawls, Esquivel-Upshaw⁶⁸ 2005). A molécula de Bis-GMA por apresentar dois grupos OH⁻ formam pontes de hidrogênio entre os monômeros, apresenta uma elevada viscosidade, sendo necessário a combinação de um monômero diluente, o TEGDMA, pois este apresenta baixa viscosidade (Rawls⁶⁷ 2005, Rawls, Esquivel-Upshaw⁶⁸ 2005). Ainda que este monômero seja o composto mais comumente usado para controlar a viscosidade, há outros monômeros que podem ser

incorporados ao material com o mesmo propósito, como o MMA (metacrilato de metila) e o EGDMA (dimetacrilato de etileno glicol) (Imai, Ikeda⁴⁰ 1997).

(2) Já a porção inorgânica é composta por partículas inorgânicas de vidro ou sílica e/ou sílica coloidal (Shen⁷⁵ 2005). Estas partículas são produzidas pelo processo de moagem ou fresagem do quartzo ou vidro, resultando em partículas com tamanhos de 0,1 a 100 μm . Micropartículas de sílica de tamanho coloidal ($\sim 0,04 \mu\text{m}$) são obtidas por um processo de precipitação ou pirolítico, em ambos o composto de sílica é queimado em uma atmosfera de O_2 e H_2 , para formar cadeias de macromoléculas de SiO_2 (dióxido de silício) (Rawls, Esquivel-Upshaw⁶⁸ 2005). Estas partículas promovem a resistência mecânica do material e reduz a quantidade de matriz resinosa. Várias propriedades são melhoradas pelo aumento na quantidade de carga, como: aumento na dureza e redução do desgaste; redução na contração de polimerização; redução da expansão e contração térmica; redução de sorção de água, amolecimento e manchamento e aumento de radiopacidade (Rawls, Esquivel-Upshaw⁶⁸ 2005).

A incorporação de partículas de carga na matriz resinosa melhora as propriedades do material, no entanto o conjunto entre partículas e matriz devem estar bem unidas, caso contrário, podem enfraquecer o material (Rawls, Esquivel-Upshaw⁶⁸ 2005). Esta união é promovida pelos agentes de união, como titanatos, zirconatos e organossilanos, sendo este último mais utilizado. O organossilano mais usado é o γ -metacriloxipropil trimetoxissilano, este é uma molécula bifuncional que em uma extremidade possui características de um radical metacrilato, enquanto que na outra possui o grupo silanol que é capaz de se unir às superfícies cerâmicas (Rawls, Esquivel-Upshaw⁶⁸ 2005).

Os cimentos podem ser divididos em três categorias de acordo com a forma de ativação: A) física (fotoativado); B) química e C) dual (física e química) (Hofmann et al.³⁸ 2001, Jivraj et al.⁴⁴ 2006).

A) Os cimentos resinosos fotoativados são sistemas de componente único, como as resinas compostas (Shen⁷⁵ 2005). Possuem vantagens como: maior tempo de trabalho, menos porosidade, pelo fato de não precisar misturar, consequentemente não há incorporação de bolhas de ar ao cimento, facilidade de remoção do excesso de cimento e estabilidade de cor, pois não possui amina terciária em sua composição (Peumans et al.⁶³ 2000, Haddad et al.³⁴ 2011, Manso et al.⁵⁴ 2011). São indicados para cimentação de restaurações estéticas como laminados e inlays delgadas, pois a espessura e cor da restauração pode interferir na capacidade de transmissão da luz, afetando a adequada polimerização do cimento resinoso (Peumans et al.⁶³ 2000, Rasetto et al.⁶⁶ 2004, Pick et al.⁶⁴ 2010).

B) Os cimentos quimicamente ativados são fornecidos em sistemas de dois componentes (base e catalisador) ou pó e líquido (Shen⁷⁵ 2005), sendo indicado para cimentação de pinos, núcleos e coroas totais com sub-estruturas opacas, onde há pouca ou nenhuma passagem de luz. Nesta modalidade de cimento, o clínico não possui o controle sobre o tempo de trabalho, pois no momento que ambos componentes são misturados inicia-se a reação de polimerização e o tempo de presa é longo (el-Badrawy, el-Mowafy.²⁸ 1995), necessitando estabilizar a restauração de forma adequada para que não se movimente e fique desadaptada. Apesar de apresentarem uma polimerização uniforme, deve-se atentar à manipulação das pastas para evitar a incorporação de bolhas de ar que podem ficar na interface adesiva, podendo prejudicar sua performance (Bernardo, Obici, Sinhoreti¹⁶ 2008). O exemplo de cimento químico é o Panavia 21 (Kuraray, Osaka, Japão) composto por: bis-GMA, MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogenofosfato), quartzo, peróxido de benzoíla, fosfato, iniciadores, monômeros, amina, sulfato e estabilizador. O adesivo ED Primer do sistema Panavia possui: HEMA (2-hidroxietil metacrilato), 5-MASA (N-metacriloil-5-aminossalicílico), MDP, água, catalisador (Uludag et al.⁸³ 2009).

C) Os cimentos resinosos duais são sistemas de dois componentes e necessitam de mistura similar ao cimento químico. Uma das pastas contém uma amina de redução e um fotoiniciador e outra contém peróxido de benzoíla (Manso et al.⁵⁴ 2011). Estes possuem a associação das vantagens dos cimentos fotoativados e químicos (El-Mowafy, Rubo²⁸ 2000). Oferecem melhor controle durante o procedimento de cimentação e promovem melhor polimerização em áreas mais profundas onde a luz não atinge adequadamente o cimento (Hofmann et al.³⁸ 2001). Desta forma, são indicados para cimentação de restaurações que possuam características que possam inibir a transmissão de luz suficiente para polimerizar o cimento (Rasetto et al.⁶⁶ 2004). Assim, restaurações que possuam espessura superior a 2,5 mm devem ser cimentadas com cimentos quimicamente ativados (Shen⁷⁵ 2005).

O emprego dos cimentos resinosos cresceu concomitantemente com o aumento da demanda de restaurações cerâmicas livre de metal, estes materiais têm sido atribuído às excelentes propriedades estéticas, fluorescência, biocompatibilidade, durabilidade, estabilidade química, alta resistência à compressão e expansão térmica semelhante à estrutura dental (Lawn et al.⁴⁹ 2004).

Balderamos et al.¹¹ 1997, avaliaram a precisão entre a cor do cimento resinoso e sua pasta *try-in* correspondente. Três cores de três marcas (Colorgic – Ceramco: Neutral, Yellow, Translucent; Universal Luting System – Kerr: White, Yellow, Clear; Optec – Jeneric Pentron:

A2, A3, transparente) foram comparadas usando os cimentos (somente a base) com um disco de cerâmica com 1 mm de espessura (Ceramco II A1) e fotopolimerizados por 40 segundos com luz halógena (Coltolux 4, Coltene) (n=5). O sistema CIE L*a*b* foi utilizado para mensurar os espécimes através de um espectrofotômetro de refletância. Houve diferenças significativas na cor entre cimentos resinosos e seus correspondentes *try-in*. A interposição do disco de cerâmica diminuiu as diferenças de cor entre os cimentos e seus *try-in*. A cor do cimento resinoso mudou ao longo do tempo, mas não de forma significativa. Medições de referência de cores cimento resinoso foram comparados com as aferidas após 24 horas de armazenamento. A cor do cimento resinoso polimerizado alterou com o tempo, em comparação ao tempo imediato e após 24 horas, todas as amostras tornaram-se mais escura, mas nenhuma alteração foi perceptível ao olho humano ($\Delta E < 3$).

Coelho Santos et al.²³ 2005, avaliaram a influência da técnica de aplicação de adesivo na dentina (pré-polimerização x sem pré-polimerização) na resistência à microtração (μ TBS) e a espessura da camada adesiva em restaurações de resina indiretas. Sete sistemas adesivos foram testados: Excite DSC (Ivoclar Vivadent); IntegraBond (Premier Dental Products); OptiBond Solo Plus (Kerr); OptiBond Solo Plus Self-etch (Kerr); Scotchbond Multipurpose Plus (3M ESPE); Adper Single Bond (3M ESPE) e Syntac Classic (Ivoclar Vivadent). Os grupos experimentais pré-polimerização do adesivo (PC = *pre-curing*) com uma fonte de luz halógena (Optilux 501) e sem pré-polimerização (NPC = *no pre-curing*) antes da inserção do cimento resinoso. Quarenta molares hígidos (livre de cárie) receberam uma preparação tipo inlay (mésio-oclusal - MO). As restaurações inlays foram confeccionadas com a resina composta Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent) e foram cimentadas usando um cimento resinoso dual Variolink II (Ivoclar Vivadent). Antes da acomodação do cimento, cada dente foi tratado com o sistema adesivo, conforme instrução do fabricante e utilizando a técnica pré-polimerização (PC) ou sem pré-polimerização (NPC), totalizando 10 grupos (n=4). Após armazenamento em água destilada a 37°C por 24 horas, os dentes foram seccionados no longo eixo para produzir palitos e serem submetidos ao teste de resistência à microtração a 0,5 mm/minuto. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Para a avaliação da espessura da camada adesiva, 10 dentes adicionais foram restaurados e seccionados no sentido mésio-distal para serem avaliadas no MEV com ampliação 1000x em áreas pré-seleccionadas. O adesivo Single Bond apresentou o maior valor de μ TBS 43,4 $\pm$ 9,8 MPa e o Syntac o menor 11,7 $\pm$ 4,5 MPa. O efeito da pré-polimerização do adesivo foi material-dependente. A técnica (PC) aumentou os valores de

μ TBS para o adesivo Excite DSC, enquanto que para o OptiBond Solo Plus e Integra Bond não foi observado diferença significativa. Nenhuma camada adesiva foi visualizada para dos grupos sem a pré-polimerização. A espessura da camada do adesivo para os grupos pré-polimerização variou de acordo com as diferentes áreas analisadas.

Kucukesmen et al.⁴⁶ 2008, realizaram um estudo *in vitro* para analisar o efeito da alteração de cor do cimento resinoso (Variolink II - Ivoclar Vivadent) polimerizado sob uma simulação de restauração cerâmica (IPS Empress II – Ivoclar Vivadent) por duas unidades de polimerização de luz diferentes: luz halógena convencional (Hilux 550, 550 mW/cm² por 40 segundos) e uma unidade de LED (Elipar Freelight II, 1200 mW/cm² por 20 segundos) foram usadas para polimerizar cimento resinoso com catalisador. Um disco de cerâmica (10 mm de diâmetro, 2 ou 1 mm de espessura, sendo metade da espessura, o coping) foi interposto entre a luz e o cimento resinoso (n=10). Valores colorimétricos das amostras antes e depois da polimerização foram mensuradas usando um espectrofotômetro (Easy Shade, Vita) utilizando o sistema de cor CIE L*a*b*. As diferenças entre as medições foram calculadas como ΔE . Os dados foram submetidos à ANOVA (polimerização do cimento resinoso, tipo de luz e espessura de cerâmica) e ao teste de Tukey para múltiplas comparações ($\alpha=0,05$). Os valores L*a*b* foram afetados pela polimerização de cimento de resina (antes e depois) ($p<0,01$). O valor de a* foi afetado pelo tipo de luz ($p<0,05$), no entanto L* e b* não foram afetados ($p>0,05$). O valor de b* foi afetado pela espessura de cerâmica (1 ou 2 mm) ($p<0,05$), mas os valores de L* e a* não foram afetados pela espessura de cerâmica ($p>0,05$). Os espécimes polimerizados sob espessura de 1 mm de cerâmica com luz halógena convencional tendem à maiores mudanças de cores do que qualquer outro espécime ($p<0,05$). Os resultados deste estudo *in vitro* sugerem que a fotopolimerização do cimento resinoso utilizada neste estudo é um fator importante para a cor da restauração definitiva e deve ser considerada durante a seleção de cor.

ALGhazali et al.² 2010, avaliaram como as diferentes cores das pastas *try-in* e cimentos resinosos polimerizados e não-polimerizados influenciam na coloração final dos laminados cerâmicos. Foram confeccionados laminados cerâmicos com a cerâmica Vitadur Alpha cor 1M1 VM7, com espessura de 1 mm. As peças foram provadas e cimentadas sobre dentes bovinos com três cores de três cimentos resinosos (Calibra: light, dark e transparente; Nexus 3: light, dark e neutral; RelyX Veneer: White opaque, A3, transparente) (n=15). Foi usado o espectrofotômetro Easy Shade (Vita) para mensurar a diferença de cor (ΔE) e os

valores foram submetidos à ANOVA e ao teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Houve diferença estatisticamente significativa na coloração dos laminados quando foram utilizados diferentes cores dos cimentos Calibra e Nexus ($p<0,05$). Também foi observado diferença quando foram utilizados diferentes cores de *try-in* do RelyX Veneer e Nexus ($p<0,05$). A diferença de cor produzida entre as pastas *try-in* com o cimento fotopolimerizado correspondente variou de ΔE 1.05 a 3.34. As diferenças de cor entre os cimentos não polimerizados e polimerizados da mesma cor variou de ΔE 0.78 a 1.41. As pastas *try-in* e cimentos resinosos de diferentes cores produzem uma alteração na cor final do laminado cerâmico que pode ser clinicamente útil para correção da cor da restauração para chegar ao tom do dente adjacente. Foi identificado uma pequena diferença na cor da pasta *try-in* e do cimento polimerizado da mesma cor, também foi observada uma pequena diferença na coloração entre o cimento não-polimerizado com o polimerizado.

Rigoni et al.⁷⁰ 2012, realizaram um estudo *in vitro* para avaliar a concordância da cor das pastas *try-in* e cimentos resinosos sob discos cerâmicos de nanofluorapatita e conferir a estabilidade de cor dos discos cerâmicos com cimentos resinosos. Foram confeccionados 30 discos cerâmicos com o sistema IPS e.max Ceram cor A2 (12 mm de diâmetro x 0.5 mm) e a mesma quantidade de discos com resina composta A2 com 12 mm de diâmetro x 5.0 mm (Lliss, FGM). Foram selecionados três cimentos com suas respectivas pastas *try in* dos sistemas: Vitique A2^{1/2} (DMG), Choice 2 A2 (Bisco) e Variolink II A1 (Ivoclar Vivadent) (n=10). O conjunto dos discos com o *try-in* e cimentos resinosos foram avaliados de acordo com a escala VITA Clássica através do espectrofotômetro digital (Micro EspectroShade), a mensuração foi realizada após a cimentação e nos períodos após 2, 5 e 6 dias. Todas pastas *try-in* aplicadas sob os discos cerâmicos apresentaram a cor determinada pelo fabricante, no entanto os três cimentos estudados após a fotopolimerização sob as cerâmicas apresentaram coloração A3, sem diferença significativa entre os intervalos de tempo, desta forma não havendo a similaridade entre a pasta de prova com o cimento fotopolimerizado. A estabilidade de cor foi observada em todos cimentos no intervalo de tempo avaliado.

Ishikiriana et al.⁴² 2013, avaliaram a influência do volume e do modo de polimerização sobre as forças geradas durante a polimerização (FGPS) dos cimentos resinosos. Dois cimentos de ativação dual: Variolink II (VL - Ivoclar Vivadent) e Nexus 3 (NX - Kerr) e dois de ativação química: Multilink (ML - Ivoclar Vivadent) e Cement Post (CP - Angelus) foram inseridos entre as duas bases de aço retangulares (6x2 mm) com a distância

ajustada em 0,1, 0,3 e 0,5 mm, estabelecendo uma variação no volume (n=5). Estas bases de aço foram fixadas a uma máquina de teste universal (Emic DL 500, com célula de carga de 50 kg) e as forças (N) foram registradas por 10 min. Os valores máximos de tensões geradas por cada material foram registradas no momento da fotopolimerização com equipamento de luz LED por 20 segundos com potência de 1.100 mW/cm^2 (Blue Star 3, Microdont). O menor valor de contração de polimerização foi encontrado no grupo do cimento Variolink II com espessura de 0,1 mm ($7,85 \pm 0,50$) e o maior valor foi do cimento Multilink com espessura de 0,1 mm ($21,91 \pm 1,00$). Todos os cimentos estudados desenvolveram maiores FGPS quando o volume de material aumentou, enquanto ML apresentou o comportamento inverso. Maiores volumes aumentam as FGPS mesmo com redução concomitante do Fator-C, a menos que o cimento resinoso apresente uma baixa taxa de geração de força em função do tempo associado a um baixo Fator-C, o que resulta em alívio das tensões e consequentemente menores valores de FGPS.

Turgut, Bagis⁸⁰ 2013, avaliaram o efeito de diferentes tipos e cores de cimentos resinosos sob diferentes espessuras e cores de cerâmica IPS Empress Esthetic no resultado final da cor dos laminados cerâmicos. Foram confeccionados 392 discos cerâmicos nas cores: A1, A3, EO, e ET com 0,5 mm e 1,0 mm de espessura. Foram selecionados para a cimentação dois sistemas de cimento resinoso dual (Maxcem Elite – Kerr, Variolink II – Ivoclar Vivadent) e dois fotopolimerizáveis (RelyX Veneer – 3M ESPE, Variolink Veneer – Ivoclar Vivadent), totalizando 13 cores (n=7). As cores selecionadas dos cimentos foram: A1, A3, TR, WO (RelyX Veneer); +3, MO, -3 (Variolink Veneer); Clear, WO, Yellow, White (Maxcem Elite); TR, WO (Variolink II). Foi realizado o protocolo de cimentação com condicionamento da cerâmica com ácido fluorídrico por 60 segundos, após lavar e secar foi aplicado silano (Monobond S para os cimentos da Ivoclar e o silano Ceramic Primer para os cimentos da 3M) depois foi aplicado o sistema adesivo correspondente de cada fabricante (Heliobond, Ivoclar e Adper Single Bond 2, 3M ESPE) o cimento foi aplicado direto (fotopolimerizável) ou após misturar em um bloco de papel (dual) sobre a superfície tratada da cerâmica e o conjunto foi acomodado sobre uma placa de vidro limpa e uma força de 9,8 N foi aplicada por 20 segundos, em seguida foi fotopolimerizado por 40 segundos (Elipar Freelight 2 – 3M ESPE). As alterações de cor das cerâmicas após a cimentação foram examinadas com um colorímetro (Shade Eye, Shofu) através das coordenadas L^* , a^* e b^* e as diferenças de cor (ΔE) foram calculadas. Os resultados foram submetidos ao teste Wilcoxon e ao teste de Kruskal-Wallis para múltiplas comparações ($\alpha=0,05$). A coloração final da

cerâmica foi alterada após a cimentação ($p<0,001$). A maioria das alterações de cor foram visíveis após a cimentação com Variolink Veneer -3 em todas as tonalidades de cerâmica avaliadas. A menor alteração de cor foi observada no grupo do cimento Variolink II TR sob a cerâmica cor EO. Apesar dos sistemas de cimentos apresentarem as mesmas colorações foram observadas diferentes coordenadas de cor CIE $L^*a^*b^*$, não havendo semelhança entre eles. A diferença de cor final (ΔE) dos laminados cimentados diminuiu quando a espessura de cerâmica foi aumentada. Assim, todas as variáveis estudadas como o tipo e a cor do cimento resinoso e a espessura e a cor da cerâmica influenciaram a cor final das restaurações cerâmicas.

Niu, Agustin, Douglas⁵⁸ 2014, avaliaram os efeitos da cor e espessura de cimentos resinosos na cor das restaurações cerâmicas cimentadas sobre bases de prata-paládio (Ag-Pd). Foram confeccionados quinze discos cerâmicos com 1.5 mm de espessura (IPS e.max CAD LT A1 – Ivoclar Vivadent). Cinco cimentos resinosos com diferentes cores e opacidades (Multilink Automix branco opaco, Multilink Automix amarelo, Nexus-3 branco opaco, Nexus-3 branco, Nexus-3 amarelo) com três espessuras (300 μm , 100 μm , 50 μm) foram cimentados sequencialmente a uma base de liga metálica Ag-Pd. Cinco medições de cor foram realizadas com espectrofotômetro portátil (Easy Shade, Vita). As diferenças de cor (ΔE) entre cada conjunto de amostras e o bloco foram registrados com o sistema de cor CIE $L^*a^*b^*$ e os valores foram comparados entre as diferenças de cor, limiares de perceptibilidade e aceitabilidade com o Teste t ($\alpha=0,05$). Ambas variáveis cor e espessura do cimento afetaram significativamente os valores médios da diferença de cor (ΔE) da cerâmica de dissilicato de lítio sobre o bloco metálico ($p<0,001$). Entre os cinco cimentos testados, a menor média ΔE foi observada para cimento Nexus 3 branco opaco. Em geral, a combinação de cimento Nexus 3 branco opaco e espessura de 100 μm levou a menor média de ΔE . As médias de ΔE ficaram abaixo do nível clinicamente perceptível ($\Delta E<2,6$) para as combinações de Nexus 3 branco opaco de 100 μm e 300 μm espessuras ($p<0,001$ e $p=0,022$, respectivamente). As médias de ΔE ficaram abaixo do nível clinicamente aceitável ($\Delta E<5,5$) para as seguintes combinações: Nexus 3 branco opaco de espessura de 50 μm , Nexus-3 branco, amarelo para todas as espessuras de cimentos avaliados e Multilink amarelo, branco opaco com 50 μm ou 100 μm de espessura ($p<0,001$). As médias de ΔE ficaram acima do nível clinicamente aceitável ($\Delta E>5,5$) para Multilink amarelo, branco opaco e Multilink com 300 μm de espessura de cimento. A cor da restauração de dissilicato de lítio fixado sobre o bloco de Ag-Pd foi afetado tanto pela cor e espessura dos cimentos estudados. Entre os cinco cimentos testados, Nexus3

branco opaco de 100 μm ou 300 μm apresentaram alteração de cor abaixo do limiar perceptível clinicamente ($\Delta E < 2,6$).

Xu et al.⁸⁷ 2014, avaliaram a influência dos cimentos resinosos na coloração final dos laminados cerâmicos e investigaram se as cores das pastas *try-in* correspondem com os respectivos cimentos. Foram confeccionados discos cerâmicos com o sistema IPS e.max Press cor A3 (Ivoclar Vivadent) com espessura de 1.0 mm e discos em resina composta (Amelogen Plus cor A3 – Ultradent) com 4.0 mm de espessura para servirem de *background* (n=10). Foram utilizados 5 cores dos cimentos RelyX Veneer e pasta *try-in*, nas cores: TR, B0.5, A1, A3, WO. Inicialmente as pastas de prova foram acomodadas entre os discos cerâmicos e de resina e foram mensurados no espectrofotômetro (PR-650 Spectra Scan, equipado com MS-75 e SL - lente de 0.5X) e os valores foram convertidos no parâmetro CIE-L*a*b*. As cerâmicas foram fixadas aos discos de resinas, fotopolimerizadas por 40 segundos, no entanto não foram condicionadas para facilitar a separação dos discos e reutilizar o disco cerâmico. Foram realizadas as mensurações no espectrofotômetro com os mesmos parâmetros, finalizado o grupo com esta espessura, os discos cerâmicos foram desgastados até ficarem com 0.7 mm e 0.5 mm onde foram repetidos as mensurações do *try-in* e do cimento. As médias dos valores de ΔE (entre o grupo controle e o grupo com cimento polimerizado) foram de 0.69 ± 0.21 , 1.27 ± 0.48 e 1.40 ± 0.57 (1.0, 0.7 e 0.5 mm de espessura da cerâmica, respectivamente). E os valores de ΔE (entre a pasta *try-in* e cimento polimerizado) foram significativamente afetados pela cor dos cimentos e espessuras das cerâmicas ($p < 0.001$). As cores mais claras apresentaram menor influencia nos valores de ΔE . Cimentos resinosos podem modificar ligeiramente a cor final dos laminados cerâmicos. As cores da pasta *try-in* nem sempre coincidem com o cimento correspondente nas espessuras de 0.7 ou 0.5 mm.

Chen et al.¹⁸ 2015, avaliaram o efeito de três fabricantes de cimentos resinosos sobre a cor final de laminados cerâmicos. Foram confeccionados cinquenta discos cerâmicos com 8 mm de diâmetro e 0,6 mm de espessura (IPS e.max Press LT A3 – Ivoclar Vivadent) e a mesma quantidade de discos com resina composta (DC CORE PLUS – Kuraray) na coloração de dentina (8 mm de diâmetro e 4 mm de espessura) para o *background*. Os discos cerâmicos foram cimentados sobre o disco de resina com dez cores de cimentos (Variolink Veneer nas cores: LV-3, LV-2, MV, HV+2, HV+3; Panavia F nas cores: marrom e light; RelyX Veneer nas cores: WO, TR e A3, desta forma foram divididos em 10 grupos (n=5). Foi usado o espectrofotômetro Easyshade (VITA) para mensurar os parâmetros de cor CIE-L*a*b* dos

corpos de prova antes e depois da cimentação. A diferença de cor (ΔE) após a cimentação foi calculado e submetido à ANOVA de 1 fator ($p < 0.05$). Observaram que após a cimentação os valores de L^* (luminosidade) aumentaram e o de C^*_{ab} (croma/saturação) diminuíram. Os valores de ΔE foi de 1.38 a 7.16. A maioria dos cimentos apresentaram os valores de $\Delta E < 3.3$, somente os grupos do cimento HV+3 e WO (4.90 e 7.16, respectivamente) ficaram acima. Concluíram através deste estudo que os cimentos resinosos podem afetar a coloração final das restaurações cerâmicas e este efeito varia de acordo com a coloração do cimento.

2.3 Translucidez e espessuras das cerâmicas

Diversos tipos de sistemas cerâmicos estão disponíveis no mercado. Eles possuem diferentes composições e porcentagens do conteúdo cristalino, que podem impedir a passagem de luz durante a fotoativação de cimentos resinosos. Sendo assim, quanto mais opaca ou espessa é a cerâmica, menor a transmissão da luz através da mesma (Borges et al.¹⁷ 2008). Abaixo estão descritos trabalhos que avaliaram a translucidez de alguns sistemas cerâmicos com relação a estas variáveis.

Dias et al.²⁶ 2008, avaliaram a irradiância de fotopolimerizadores (halógeno e LED) através de cerâmicas para infra-estrutura com e sem cobertura, e a transmitância desses materiais. Discos de 0,7; 1,4 e 2,0 mm de espessura de Empress (EMP) e Empress Esthetic (EST), e de 0,8 mm ($n=5$) e 1,1 mm ($n=5$) de espessura de Empress 2 (E2) foram obtidos para copings. Para E2, dois discos de 0,8 mm foram cobertos com 0,4 e 0,6 mm de cerâmica de dentina (1,2 e 1,4 mm de espessura total) e dois com 0,4 e 0,6 mm de dentina + 0,3 e 0,1 mm de esmalte (1,5 mm de espessura total). Os discos de 1,1 mm de espessura de coping foram submetidos aos mesmos procedimentos de cobertura com as mesmas espessuras de cerâmicas de cobertura totalizando grupos com espessuras totais de 1,6; 1,9 e 2,0 mm. Os espécimes foram avaliados por análise de transmitância UV-Vis e o percentual de transmitância foi registrado. A irradiância através dos discos foi avaliada com fonte de luz de lâmpada halógena de quartzo-tungstênio (QTH), utilizada nos modos contínuo ou intermitente, e diodo emissor de luz (LED). Os dados foram analisados com testes de Dunnett, ANOVA e Tukey com nível de significância de 5%. A exposição através da cerâmica reduziu a irradiância para todas as cerâmicas. A irradiância através de EST foi maior que EMP. Para E2, a redução dependeu da espessura da subestrutura e/ou cobertura. Assim a cerâmica influenciou significativamente a irradiância e transmitância, que diminuíram com o aumento da espessura.

Ilie, Hickel³⁹ 2008, avaliaram a relação da translucidez da cerâmica sobre a polimerização do cimento resinoso, variando-se o tempo de fotoativação, tipo e espessuras de cerâmica. Inicialmente, foram confeccionadas amostras finas (200µm) somente da base do cimento Variolink II (Ivoclar Vivadent) e fotoativados com o LED Bluephase 16i (1600 mW/cm² - Ivoclar Vivadent) por três diferentes tempos: 5, 10, 15 segundos, a ponta do equipamento foi posicionado diretamente sobre a superfície da amostra para assegurar que toda potência da luz atingisse a amostra. Em seguida foram armazenados em água destilada por 24h a 37°C. Posteriormente, foram confeccionadas amostras do cimento resinoso base e catalisador misturados seguindo o protocolo acima, interpondo quatro discos de cerâmicas diferentes (ProCAD E100, ProCAD bleach, e.maxCAD MO1, e.maxCAD MO4) com quatro espessuras (0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 mm). A combinação destes parâmetros resultaram em 48 grupos (n=6). Após tempo de armazenamento, as amostras foram submetidas ao teste de microdureza Vickers, foram realizadas seis indentações por amostra. A cor e refletância das cerâmicas foram mensuradas de acordo com a escala de cores CIE-L*a*b* em relação ao padrão D-65 no espectrofotômetro de reflexão. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e pós teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Em todos os grupos, a dureza aumentou significativamente quando houve aumento do tempo de fotoativação de 5 para 10 e 15 segundos. Foi observado que os fatores (tempo de fotoativação, tipo de cerâmica, espessura da cerâmica e translucidez) são altamente significativos sobre a dureza do cimento resinoso. Onde o maior efeito foi do tempo de fotoativação, seguido da translucidez, tipo de cerâmica e espessura da cerâmica. Desta forma, concluíram através dos dados coletados que mesmo possuindo um fotoativador com alta potência, este não foi capaz de obter uma polimerização adequada com 5 segundos, sendo necessário fotoativar por 15 segundos para atingir maiores valores de dureza superficial. Além disso, o fotoativador foi eficaz sem reduzir os valores de dureza em cerâmicas de até 2 mm de espessura.

Liu et al.⁵² 2010, avaliaram a relação entre as medidas por equipamentos e avaliação visual subjetiva de humanos de diferenças translucidez de cerâmicas dentais. Porcelana feldspática incolor (Ceramco 3, Dentsply) foi usada com quantidades controladas de óxido de estanho para criar dois grupos de discos de diâmetro de 12 mm e 1 mm de espessura com alterações de opacidade. Razão de contraste ($CR = Y_b/Y_w$) foi determinada com um espectrofotômetro e utilizado como uma medida de translucidez da porcelana (Grupo A = 0,20 - 0,40; Grupo B = 0,6 - 0,8). Cada grupo continha 14 amostras com 11 CR's (n=4). Três grupos de observadores (estudantes de odontologia do primeiro ano, residentes, professores

com mais de 10 anos de experiência) foram recrutados para avaliar a translucidez entre os discos de porcelana sob duas condições de iluminação (luz refletida e luz transmitida). Capacidade de cada indivíduo de fazer a distinção entre amostras de diferentes translucidez estava determinado. Os dados foram submetidos à ANOVA de 3 fatores e teste de Tukey-Kramer ($\alpha = 0,05$). A média geral TPT (limiar de percepção da translucidez) (ΔC) foi de 0,07, enquanto que 50% dos indivíduos podiam perceber uma diferença de CR 0,06 entre os espécimes de porcelana. ANOVA revelou uma diferença significativa na percepção da translucidez entre os grupos de observadores ($p < 0,0001$), enquanto que os principais efeitos de opacidade porcelana ($p = 0,3038$) e condição de iluminação ($p = 0,0645$) não foram significativas, e sem interações entre os fatores. O teste de Tukey-Kramer indicou que o TPT foi significativo no grupo dos professores ($\Delta C = 0,04$) sendo menor do que os observados em estudante ($\Delta C = 0,09$) e os grupos dos residentes ($\Delta C = 0,08$), sem diferença significativa entre os últimos grupos citados. A média geral TPT de todos os sujeitos avaliados foi de 0,07 e 50% da população do estudo percebeu uma diferença de 0,06 da translucidez. A experiência (≥ 10 anos) melhorou significativamente a capacidade de perceber as diferenças de translucidez. No entanto, nem a condição de visualização, nem a opacidade porcelana afetou o limiar de percepção de translucidez.

Barizon et al.¹³ 2013, avaliaram a correlação entre a razão de contraste (CR) e parâmetro de translucidez (TP) de diferentes tipos de sistemas cerâmicos. Discos de 13 mm de diâmetro e 0,7 mm de espessura foram confeccionados com os seguintes materiais (n=5): VITA VM9 (Neutral), VITA PM9 (ENL P-HT), IPS Empress CAD (A1), IPS e.max CAD (HT A1/C14), IPS e.max Press (HT A1), e Lava Zirconia (N/A). O grupo VITA VM9 foi o controle positivo, enquanto Lava Zirconia o controle negativo. A refletância luminosa (Y) e coordenadas de cor (CIE-L* a* b*) das amostras foram medidas com análise colorimétrica. O CR ($CR = Y_b/Y_w$) foi calculada a partir da refletância da luz do material em um suporte preto (Y_b) para a refletância sobre um suporte branco (Y_w). O TP ($TP = [(L_b^* - L_w^*)^2 + (a_b^* - a_w^*)^2 + (b_b^* - b_w^*)^2]^{1/2}$) foi calculado a partir da diferença de cor do material em um fundo preto contra um branco. Os valores foram submetidos à ANOVA de 1 fator e aos testes de correlação de Pearson e Spearman ($\alpha = 0,05$). O valor de TP para o controle positivo (VITA VM9) foi de 46,13 e o negativo (Lava Zirconia) = 10,43 e o grupo e.max Press = 26,59. A classificação das cerâmicas estudadas de acordo com a translucidez: VITA VM9 > VITA PM9 > IPS Empress CAD > IPS e.max CAD > IPS e.max Press > Lava Zirconia. A correlação entre CR e TP foi significativa quando todos os espécimes foram incluídos

($p < 0,001$). O coeficiente $r = -0,99$ indicou uma forte relação decrescente entre as variáveis. Tanto CR quanto TP pode ser utilizada para avaliar a translucidez relativa dos sistemas cerâmicos.

Spink et al.⁷⁸ 2013, compararam translucidez absoluta com uma técnica de mensuração frequentemente usada de transparência relativa (relação de contraste) de 14 cerâmicas com uma vasta gama de translucidez. Foram fabricados discos padronizados, variando-se a espessura (0,3 mm, 0,5 mm, 1,0 mm e 1,5 mm) e o croma/saturação (alto e baixo). Translucidez absoluta (porcentagem de transmissão) foi medida utilizando um espectro radiômetro com uma esfera integradora. Translucidez relativa foi medida utilizando um espectrofotômetro (relação de contraste; razão entre os valores L^* mensurados em fundos preto e branco). A análise de regressão não-linear foi utilizada para comparar as medições de valores de translucidez absoluta versus a translucidez relativa. A Relação de contraste não foi capaz de caracterizar a translucidez em todos materiais avaliados e tornou-se menos sensível com o aumento da opacidade. Foi encontrada uma correlação não-linear entre a porcentagem de transmissão e relação de contraste de até 50% de transmissão ($r^2 = 0,97$) e relação de contraste era insensível às diferenças de transmissão abaixo de 50%. Desta forma a relação de contraste não é uma medida direta da translucidez e não pode ser usado abaixo de transmissão de 50%.

Wang, Takahashi, Iwasaki⁸⁵ 2013, investigaram a relação entre translucidez e a espessura de diferentes cerâmicas dentárias. Seis espécimes de oito cerâmicas de vidro foram selecionadas (IPS e.max Press HO, MO, LT, HT, IPS e.max CAD LT, MO, AvanteZ dentina, e Trans) e cinco tipos de cerâmica de zircônia (Cercon Base, Zenotec Zr Ponte, Lava Standard, Lava Standard FS3, e Lava Plus High Translucency) foram preparados seguindo as instruções dos fabricantes. Um espectrofotômetro (Crystal Eye, Olympus) foi usado para medir os parâmetros de translucidez (TP) das cerâmicas de vidro, que variou de 2,0 a 0,6 mm, a cada mensuração o espécime foi lixado e polido 0,2 mm até a espessura chegar em 1,0 mm e depois foi desgastado 0,1 mm até chegar em 0,6 mm. Já a zircônia, que variou 1,0 a 0,4 mm, foi desgastado 0,1 mm após cada mensuração. A relação entre a espessura e TP de cada material foi avaliada utilizando uma análise de regressão ($\alpha = 0,05$). Os valores TP das cerâmicas de vidro variou de 2,2 a 25,3 e as cerâmicas de zircônia de 5,5 a 15,1. Houve um aumento no TP com a diminuição da espessura, mas a mudança era material dependente. Uma relação exponencial com significância estatística ($p < 0,05$) entre o TP e espessura foi

encontrada para ambas as cerâmicas de vidro e zircônia. A translucidez da cerâmica dentária foi significativamente influenciada pelo material e espessura. A translucidez de todos os materiais aumentou exponencialmente à medida que a espessura diminuiu. Todas as cerâmicas de zircônia avaliadas neste estudo mostraram algum grau de translucidez, que era menos sensível à espessura em comparação com a das cerâmicas de vidro.

Barizon et al.¹⁴ 2014, compararam a translucidez relativa dos diferentes tipos de sistemas cerâmicos indicado para facetas de porcelana e avaliaram o efeito da cor e espessura sobre a translucidez. Foram confeccionados discos com 13 mm de diâmetro e 0,7 mm de espessura com 9 cerâmicas (n=5): VITA VM9 (VM), IPS Empress Esthetic (EE), VITA PM9 (VP), Vitablocks Mark II (MK), Kavo Everest G-blanc (KE), IPS Empress CAD (EC), IPS e.max CAD (IC), IPS e.maxPress (EP), e Lava Zirconia (LZ). VITA VM9 foi o controle positivo e Lava controle negativo. Os discos foram confeccionados na cor A1. Para IPS e.maxPress, discos adicionais foram feitos com diferentes tons (BL2, BL4, A1, B1, O1, O2, V1, V2, V3), espessura (0,3 mm), e translucidez (HT- alta translucidez, LT- baixa translucidez). Coordenadas de cor (CIE-L*a*b*) foram medidos com um colorímetro com o parâmetro iluminante D-65. O parâmetro translucidez foi calculada a partir da diferença de cor do material em um fundo preto contra um branco. Os dados foram submetidos à ANOVA de 1 fator e teste de Tukey, e o teste de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch ($\alpha=0,05$). Diferenças estatisticamente significativas no parâmetro de translucidez foram identificados entre as cerâmicas ($p<0,001$), de acordo com a seguinte classificação na ordem decrescente: VM>VP, EE>EC>MK, KE, IC>EP>LZ. Também foram observadas diferenças significativas quando diferentes tons e espessura foram comparadas ($p<0,001$). Foram observados valores negativos para Δa e positivos para Δb , que indicam a alteração de cor para o tom verde e amarelo, respectivamente. Diferentes sistemas cerâmicos indicados para facetas de porcelanas apresentam diferentes graus de translucidez. A espessura e cor da cerâmica a base de dissilicato de lítio afetam a translucidez, porém a cor tem menos influência na translucidez do que a espessura.

2.4 Testes realizados para determinar a estabilidade de cor dos cimentos resinosos e cerâmicas

As restaurações cerâmicas ficaram populares nos últimos anos, graças ao aperfeiçoamento da adesão somadas às vantagens como excelente biocompatibilidade, aparência natural e desempenho clínico confiável. Desta forma tanto os profissionais quanto os pacientes buscam procedimentos que preservem as estruturas dentárias sadias, como resultado observa-se que há uma tendência na diminuição das espessuras das restaurações indiretas e preparos cada vez menos invasivos e até mesmo sem desgaste algum, assim a cor final da restauração pode sofrer interferência da coloração do cimento resinoso. Sendo assim, diversos estudiosos investigam a estabilidade da cor dos agentes cimentantes.

Ruyter, Nilner, Møller⁷² 1987, Investigaram a estabilidade de cor de três materiais fotopolimerizáveis com três para facetas convencionais (sendo uma resina auto-polimerizável e dual por calor). Três corpos de prova foram expostos a uma fonte de luz-xenon e armazenados em água destilada a 37°C (n=3). Outras três amostras foram mantidas no escuro em água destilada a 37°C. As características de cor de todas as amostras foram mensuradas por um espectrofotômetro (Model PMQ 3 Carl Zeiss, FRG) utilizando parâmetro iluminante D-65. As coordenadas L*, a* e b* do espaço de cor (CIE-Lab) e a diferença de cor total (ΔE) foram calculadas. Um dos discos foi utilizado como controle, e o segundo disco de cada par foi exposto à fonte de luz xenon para estudar alterações na aparência com o tempo (1440 horas). Os pares de amostras expostas e não expostas foram observadas na caixa de visualização sob luz artificial (D-65) em um fundo branco por 12 observadores, sendo 6 dentistas e 6 químicos. Esses observadores foram questionados se o par de discos encontravam-se com coloração aceitável ou com diferença de cor inaceitável. A diferença foi considerada inaceitável quando o observador subjetivamente não aceitaria uma tal diferença de cor entre as facetas nos dentes em uma situação clínica. A observação foi feita três vezes em três dias diferentes, nas mesmas condições de observação. Todos os discos também foram medidos fotometricamente. O tempo estudado (2 meses) provavelmente correspondem a vários anos de uso clínico. Com a observação visual da mudança da cor em amostras de teste semelhantes indicam que a alteração de cor correspondente aos valores de $\Delta E < 3,3$ são aceitáveis. O estudo mostrou que a diferença média de cor CIE-Lab para perceptibilidade e aceitabilidade (50%) é aproximadamente uma unidade. No entanto, a perceptibilidade de uma

diferença de cor é estritamente considerada um julgamento visual, ao passo que a aceitabilidade considera a aplicação a que se destina.

Noie, O'Keefe, Powers⁵⁷ 1995, avaliaram a estabilidade de cor de três cimentos resinosos nos dois modos de ativação (física e dual) de três cores diferentes de cada marca. Foram utilizados os cimentos (Optec-Jeneric Pentron: transparente, A2, A3.5; Porcelite-Kerr: untinted, universal, gray/brown; Indirect Porcelain System Dentist Bonding Kit-3M: Cool, clear, warm) e o fotopolimerizador Optilux 400 para confecção dos corpos de prova (cp) com 10 mm de diâmetro com 1 mm de espessura (n=3), estes foram armazenados em estufa por 1 semana a 37°C com 100% de umidade. Em seguida foram submetidos ao teste de envelhecimento artificial (Ci35 Weather-O-meter, Atlas Electronic Devices) por 179 horas. Foi utilizado o sistema CIE-L*a*b* para mensurar a cor dos cp com o espectrofotômetro de reflexão (MacBeth 7000), os valores de ΔE foram submetidos à ANOVA e ao teste de Tukey-Kramer ($\alpha=0.05$). O cimento Porcelite apresentou maior estabilidade de cor, seguido por Optec e em seguida, o da 3M. Foi observado alteração na cor dos cimentos Optec e Porcelite após envelhecimento acelerado. O Cimento da 3M teve mudança de cor perceptíveis após envelhecimento acelerado, tornando-se mais escuro e mais amarelo. Os dois tons mais claros de Optec e 3M mudaram de cor mais do que o tom mais escuro.

Heydecke, Zhang, Razzoog³⁷ 2001, avaliaram as alterações nas coordenadas da cor CIE-L*a*b* de laminados confeccionados com cerâmica feldspática sobre coping de óxido de alumínio (Procera) após 300 horas de envelhecimento acelerado. Quinze discos de óxido de alumínio (Procera) com 0,2 mm de espessura foram divididos em três grupos. Cada um dos cinco discos foi revestido com cerâmica de cobertura All-Ceram (Ducera) cor A1 e B4, com 0,4 mm de espessura. Cinco discos permaneceram sem cerâmica de cobertura como controle (n=5). Os discos foram cimentados com o cimento Nexus (Kerr) cor neutra com espessura de 0,5 mm e fotopolimerizado por 120 segundos ao substrato composto da mistura de resina acrílica e pó de amálgama, que simulam os dentes manchados, previamente confeccionados em uma matriz de alumínio. A cor das amostras foram mensuradas por um colorímetro. Todos os espécimes foram submetidos a 300 horas de envelhecimento acelerado sob exposição à luz e ciclos térmicos. Os dados foram submetidos à ANOVA e ao Teste-t. As alterações de cor nos grupos experimentais envolveu um aumento na luminosidade e uma diminuição no croma. As diferenças de cor não foram estatisticamente significativas em comparação ao limite de $\Delta E=3$. O fabricante do equipamento Weather-O-Meter utilizado neste estudo

comentou que 300 horas de envelhecimento acelerado é equivalente a 1 ano de serviço clínico, no entanto a validação clínica para esta alegação não estava disponível. Esta simulação de laminados parece demonstrar a estabilidade de cor aceitável para este tipo de restauração indireta. Porém, pesquisa clínica se faz necessária para fundamentar estes resultados *in vitro*.

Pires de Souza et al.⁶⁵ 2009, avaliaram os efeitos que o número de sinterização da cerâmica e tipo de infra-estrutura têm na estabilidade de cor da cerâmica submetidos ao envelhecimento artificial acelerado. Sessenta espécimes foram confeccionados: 30 de metalocerâmica (MC) (Verabond II + IPS d.SIGN) e 30 de cerâmica livre de metal (IPS d.SIGN). As amostras foram divididas em 3 grupos (n=10) e submetidos a 2, 3, ou 4 queimas (+/- 900 °C), de acordo com a sequência de estratificação seguindo as instruções do fabricante. Leituras de cor foram realizadas com um espectrofotômetro antes e após o envelhecimento artificial acelerado de 384 horas e as coordenadas L*, a* e b* e variação de cor (ΔE) foram submetidos à ANOVA 2 fatores e teste de Bonferroni ($\alpha=0,05$). Para o grupo das MC, as diferenças nas coordenadas L* foram significativas ($p<0,05$), apenas para o grupo submetido a três queimas. Com relação ao grupo das cerâmicas livre de metal, menores valores de L* foram obtidos e maiores nas coordenadas a* e b*, indicando que quanto maior o número de queimas, mais escura e avermelhada/amarelada a cerâmica se torna. Todos os valores de ΔE , para todos os grupos, foram inferiores a 1,0. As cerâmicas livre de metal submetidas a 3 e 4 queimas apresentaram diferenças significativas nos valores de ΔE ($p<0,05$) comparados aos grupos de MC. O tipo de infra-estrutura e o número de queimas afetaram a estabilidade da cor do material cerâmico avaliado. Envelhecimento acelerado artificial não produziu alterações de estabilidade de cor perceptíveis ($\Delta E<1,0$).

Kilinc et al.⁴⁵ 2011, avaliaram se a alteração de cor do cimento resinoso afeta o resultado final da restauração cerâmica. Três cimentos resinoso com ambos modo de ativação física (fotopolimerizável) e dual foram incluídos no estudo: Nexus-2, Kerr; Appeal, Ivoclar Vivadent; Calibra, Dentsply. Foram confeccionados discos cerâmicos com o sistema IPS Empress Esthetic (Ivoclar Vivadent), cor ETC1 com 20 mm de diâmetro com 1 mm de espessura, estes foram cimentados sobre fundo branco (Delrin®), a fotopolimerização foi realizada de acordo com as normas ISO com LED (FlashLite 1401, Discus Dental) por 20 segundos e um grupo foi polimerizado sem a interposição da cerâmica, somente uma tira de poliéster foi acomodada sobre o cimento para deixar a superfície plana e lisa (n=10). As

amostras foram armazenadas em recipiente escuro com água destilada em estufa à 37°C. A mensuração da cor inicial foi realizada com o Espectrofotômetro (Color Eye 7000A) configurado com iluminante D-65, nas coordenadas de cor CIE-Lab, em seguida as amostras foram submetidas ao envelhecimento acelerado por 65 horas (Atlas Ci4000). Depois deste período, foi realizada nova mensuração de cor das mesmas áreas registradas inicialmente onde foi calculado o ΔE . Os dados foram submetidos à análise estatística com modelo de efeitos aleatórios e ao pós teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Os grupos dos cimentos fotopolimerizáveis dos 3 fabricantes avaliados apresentaram melhor estabilidade de cor, mas apenas o cimento Appeal, no grupo de polimerização dual apresentou uma descoloração significativamente maior ($p<0,001$). Maior descoloração foi observado nos grupos com cimentos expostos. Não houve nenhuma alteração visível de cor ($\Delta E<3$) através da superfície de cerâmica. Todos os cimentos resinosos mostraram diferentes graus de descoloração após o envelhecimento acelerado, no entanto esta mudança de cor foi parcialmente mascarado pela cerâmica. Cimentos resinosos duais podem afetar a estética da restauração quando as margens estão expostas.

AlQahtani, Aljurais, Alshaafi⁵ 2012, avaliaram a diferença de cor de cimentos resinosos sob cerâmicas com 0,5 e 0,7 mm de espessuras de 3 sistemas cerâmicos (Esthetic, e.max e Zirpress – Ivoclar Vivadent). Os discos cerâmicos foram cimentados com cimento RelyX Veneer cores: TR, WO, B0.5, A1, A3 sobre disco de resina composta (Supreme XT – 3M ESPE) com 10 mm de espessura sendo 9 mm de resina de dentina e 1 mm de resina de esmalte, os espécimes foram fotopolimerizados (Elipar 400-500 mW/cm²) por 40 segundos. Em seguida, as coordenadas de cor L* a* e b* foram coletadas através do espectrofotômetro (Color Eye 7000A) e os valores de ΔE foram submetidos à ANOVA de 3 fatores e pós teste de Tukey ($\alpha=0,05$). O tipo de cerâmica afetou o valor de ΔE , a cerâmica reforçada por leucita (Esthetic) apresentou maior valor de ΔE seguida pela Zirpress e e.max. A espessura de 0.7 mm apresentou menor ΔE comparado a grupo de 0.5 mm. As cores A1, TR e B0.5 deixaram a cerâmica mais escura (menos luminosa) do que o grupo controle, já as cores A3 e WO deixaram mais luminosas.

de Azevedo Cubas et al.²⁵ 2011, avaliaram a influência de diferentes espessuras de cerâmica e cimentos na variação da cor em cinco sistemas cerâmicos. Foram confeccionados discos cerâmicos com 1,0; 1,5; ou 2,0 mm de espessura (n=5) utilizando 6 diferentes sistemas cerâmicos: Vitadur-Alpha (Vita); Noritake Super Porcelain EX-3 (Noritake); Vision-Esthetic

(Servo dental), IPS Classic (Ivoclar Vivadent), All Ceram (Ducera) e Vintage Halo (Shofu). Discos de resina composta (Z-250, cor C4) foram utilizados como bases para simular um substrato cromático. A cimentação dos discos cerâmicos foram realizadas com cimento resinoso opaco Enforce (cor C4O), Enforce cor A3, ou sem cimento (grupo controle). Os valores de cor CIE-Lab e diferenças de cor (ΔE) foram determinados utilizando um colorímetro e os dados foram submetidos à ANOVA de 3 fatores e pós-teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Os valores L^* , a^* , b^* das cerâmicas foram afetados tanto pelo cimento resinoso quanto pela espessura ($p<0,05$). Em geral, não houve diferença entre o grupo controle e o grupo utilizando cimento. A utilização do cimento opaco resultou em um aumento da cor nas coordenadas L^* , a^* , b^* , produzindo diferenças nos valores de ΔE^* para todas as cerâmicas testadas, independentemente da espessura ($p<0,05$). Para os discos com espessura de 2 mm, valores mais altos nos parâmetros de cor foram obtidos para todas as cerâmicas independentes do agente de cimentação utilizado. A associação de 2 mm de espessura com cimento opaco apresentou maior capacidade de mascaramento de um substrato de cor escura, quando comparado com um agente de cimentação translúcido e as outras espessuras avaliadas.

Falkensammer et al.³⁰ 2013, avaliaram o impacto de diferentes soluções de armazenamento sobre a estabilidade de cor de diferentes materiais resinosos. Diferentes espécimes (cimento resinoso dual: Variolink II; auto-adesivo: RelyX Unicem; químico: Multilink; resina composta nanohíbrida: Tetric Evo Ceram e resina composta microhíbrida: Gradia) foram confeccionados ($n=12$) com 12 mm de diâmetro com 2 mm de altura e armazenados no vinho tinto, chá preto, clorexidina, fluoreto de sódio, óleo ou água destilada durante 4 semanas a 37°C. Os parâmetros de cor foram medidas com um colorímetro antes e após o armazenamento. As diferenças de cores e coordenadas específicas foram expressados como ΔE , ΔL , Δa , e Δb . Estes dados foram submetidos à ANOVA de 1 e 2 fatores e ao Teste de Bonferroni ($\alpha=0,05$). Vinho Tinto causou a maior descoloração ($\Delta E>10$), seguido de chá preto ($\Delta E>2.6$) para descoloração clinicamente inaceitável ($\Delta E>5.5$). Enxaguante bucal colorido apresentaram menor alteração de cor, com valores clinicamente aceitáveis. Materiais de ativação dual mostraram maiores valores de descoloração. Materiais resinosos avaliados descolorem ao longo do tempo sob a influência de diferentes soluções de armazenamento. A composição relacionado ao modo de polimerização parece ser um fator determinante.

Kürklü et al.⁴⁸ 2013, avaliaram a alteração de cor e o parâmetro de translucidez relativo das cerâmicas feldspáticas e cimentos resinosos, através da combinação de diferentes

espessuras da cerâmicas e cores do cimentos. Discos de cerâmica cor A1 com espessuras de 0,5 e 1,0 mm foram cimentados com cimento resinoso Clearfil EX (Kuraray) de três cores: croma, Clear e White Opaque com 0,2 mm de espessura (n=6). As cores foram mensuradas nas coordenadas CIE-Lab e em fundos preto, cinza e branco com espectro radiômetro. A diferença de cor (ΔE) foi calculada das variáveis estudadas (espessura cerâmica e cor de cimento). Os dados coletados foram submetidos à ANOVA de 2 fatores e teste de Bonferroni ($\alpha=0,05$). Todos os valores de ΔE médios foram perceptíveis e a maioria foi maior do que o limite de aceitabilidade clínica, com exceção do grupo do cimento Clear. A diminuição da espessura da cerâmica fez aumentar significativamente o parâmetro de translucidez relativo quando fixados com os cimentos resinosos avaliados. As alterações na espessura da cerâmica ou cor do cimento (croma e White opaque) podem afetar negativamente as propriedades estéticas básicas destes materiais.

Silami et al.⁷³ 2013, avaliaram a estabilidade de cor de resinas compostas experimentais contendo diferentes fotoiniciadores quando submetidos ao envelhecimento artificial acelerado. Foram confeccionados 30 corpos de prova (cp) com auxílio de uma matriz de teflon (8 mm x 2 mm) utilizando resinas compostas experimentais com mesmo monômero e tamanho de partícula na composição, mas variando o fotoiniciador: grupo CQ (0.4% canforoquinona), grupo PPD (0.4% 1-Phenyl-1,2 Propanodione) e o grupo CQ+PPD (0.2% CQ + 0.2% PPD). Os espécimes foram fotopolimerizados por 40 segundos (Ultralux, Dabi Atlante – QTH) e polidos com lixa d'água com granulação 320, 600 e 1200 em seguida foram armazenados em recipiente protegido da luz em estufa à 37°C até o momento da análise de cor. A leitura inicial da cor foi realizada com espectrofotômetro Easyshade (VITA) e depois os cp foram submetidos ao envelhecimento acelerado por 300 horas, após este processo foram realizadas novas leituras de cor. O estudo demonstrou que todos os grupos apresentaram alteração de cor acima do nível clinicamente aceitável $\Delta E \geq 3.3$, porém não houve diferença significativa entre eles ($p > 0.05$), foi observado que houve um aumento nos valores de Δb , indicando amarelamento em todos os grupos. Conclui-se que o tipo de fotoiniciador não interfere na estabilidade de cor das resinas submetidas ao envelhecimento acelerado. Além disso as resinas tendem a amarelar com o passar do tempo.

Silva et al.⁷⁴ 2013, investigaram se o modo de ativação dos cimentos influenciam a degradação de quatro cimentos resinosos após imersão em água destilada, ácido láctico e saliva artificial. Foram selecionados quatro cimentos resinosos duais: RelyX ARC, Variolink

II, Enforce e AllCem. Foram confeccionados discos cerâmicos com sistema IPS Empress 2 com espessura de 2 mm (1 mm de coping e 1 mm de cerâmica de cobertura) para simular a cimentação. Foram avaliados dois modos de polimerização: químico e dual, para este último modo os corpos de prova foram confeccionados utilizando o fotopolimerizador com luz halógena (Optilux 501, Demetron. 650 mW/cm² por 40 segundos). Os espécimes (n=5) foram dessecados até alcançar uma massa constante de menos de ± 0.1 mg em um período de 24 horas. Depois foram imersas em água destilada, saliva artificial e ácido láctico a 0,1 M à 37°C durante 180 dias, foram pesados diariamente durante os primeiros 7 dias, e depois após 14, 21, 28, 90 e 180 dias e depois foram dessecadas novamente. Sorção e solubilidade ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$), foram calculados com base na norma ISO 4049. A sorção foi mais elevada após imersão em ácido láctico ($p < 0,05$) e aumentou significativamente com o tempo ($p < 0,05$). A sorção foi influenciada pelo modo de ativação: Química > Dual ($p < 0,05$). A ativação com a luz, contribuiu para uma baixa degradação dos cimentos resinosos.

Alhekeir et al.³ 2014, investigaram a associação da falha de laminados cerâmicos com fatores relacionados ao paciente, material, e operador. O estudo clínico envolveu 29 pacientes (19 mulheres e 10 homens) e dentistas, incluindo estudantes de graduação e pós-graduação e estagiários em Odontologia. Dois questionários foram distribuídos para coletar informações dos participantes. Todos os pacientes foram clinicamente examinados e apresentavam idade entre 21 a 49 anos (média de 26 anos). Critérios para o insucesso dos laminados cerâmicos foram: mudança de cor, rachaduras, fraturas, e/ou descolagem. Total de 205 laminados foram avaliados. Todas as restaurações foram confeccionadas com o sistema IPS e.max Press e cimentados com Variolink Veneer (Ivoclar Vivadent) ou RelyX Veneer (3M ESPE). O término dos preparos foram, geralmente localizado em esmalte (58,6%), em dentina (10,3%) e em ambas estruturas (31%), e a maioria dos laminados tiveram envolvimento da incisal (89,7%) (*overlapped design*). Dez pacientes (34,48%) apresentaram falhas nos laminados, na maioria das vezes em termos de alteração de cor (60%). No geral, 82,8% dos pacientes estavam satisfeitos com suas restaurações. A falta de habilidade ou experiência do operador resultou em insucesso das restaurações em um terço dos pacientes avaliados.

Magalhães et al.⁵³ 2014, realizaram um estudo para avaliar a influência do modo de ativação do cimento resinoso na cor final das facetas de porcelana após envelhecimento artificial acelerado (EAA). Foram confeccionadas facetas laminadas (IPS Empress Esthetic – Ivoclar Vivadent) na cor ET1 e com espessura de 0,6 mm. Vinte dentes bovinos foram

coletados, preparados e divididos em dois grupos (n=10): grupo I (fotopolimerizável): apenas a pasta base foi aplicada às facetas; Grupo II (Dual): a mesma pasta de base utilizada no grupo I e um catalisador transparente foram proporcionalmente misturados durante 20 segundos e em seguida aplicada às facetas. Os espécimes foram fotopolimerizados (Radii-cal - SDI) por 60 segundos cada e foram submetidos ao envelhecimento artificial acelerado por 400 horas. Em seguida, foram realizadas as leituras de cor com um espectrofotômetro (Easy Shade, Vita) da superfície do dente (apenas substrato), após a cimentação e polimerização das facetas, e depois do EAA. Os valores de L^* , a^* e b^* foram obtidos e a alteração total da cor foi calculado (ΔE). Os valores obtidos foram submetidos à análise estatística, com nível de significância de 5%. Não houve diferenças significativas entre os modos de ativação dual e físico (fotopolimerizável) considerando ΔE , L^* , a^* e b^* obtidos após o envelhecimento ($p>0,05$). Não foram encontradas diferenças relevantes entre os dois modos de ativação na mudança de cor. Quando submetidos ao envelhecimento, os modos de ativação dual e foto apresentaram $\Delta E>1.0$, no entanto dentro do limite de aceitação clínica ($\Delta E>3.3$).

Turgut et al.⁸¹ 2014a, realizaram um estudo *in vitro* e avaliaram a translucidez de laminados cerâmicos cimentados com cimentos resinosos físicos e duais após envelhecimento acelerado. Foram confeccionados discos cerâmicos com 10 mm de diâmetro com duas espessuras 0.5 mm e 1.0 mm com o sistema IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent) cor A1 conforme instruções do fabricante (n=7). Foram selecionados 3 cimentos resinosos, sendo um fotopolimerizável (RelyX Veneer) e dois duais (Maxcem Elite e Variolink II) nas colorações transparente e opaco branco de cada sistema. Foi realizado o protocolo de cimentação adesiva confeccionando os corpos de prova (cp) com uma espessura de 0.1 mm de cimento, os cp foram fotopolimerizados por 40 segundos com o fotopolimerizador Elipar Freelight 2 (3M ESPE). A coloração dos cp foram mensurados em triplicata sobre o fundo branco e preto com sistema CIE-lab com o colorímetro ShadeEye Ex (Shofu) com o padrão iluminante D-65 para a determinação da translucidez. Os cp foram submetidos ao envelhecimento acelerado artificial no equipamento Atlas UV 2000 por 300 horas, totalizando uma exposição de 150 kJ/m² de energia, onde nestas condições equivale a 1 ano de uso clínico. Após o processo de envelhecimento foi realizado nova mensuração da translucidez. Os dados foram submetidos à ANOVA e teste de Tukey e Teste-*t* pareado ($p<0.05$). Todos cimentos afetaram os valores de translucidez para as cerâmicas com 0.5 mm, enquanto que nos grupos da cerâmica com 1 mm de espessura com os três cimentos testados na cor transparente não afetaram. Assim a

translucidez da mesma cor de cimento diferem de acordo com a marca comercial e o envelhecimento aumenta a opacidade tanto da cerâmica quanto do cimento resinoso.

Turgut et al.⁸² 2014b, avaliaram se o tipo de tratamento de superfície afeta a translucidez dos laminados cerâmicos com diferentes cores e espessuras. Foram confeccionados discos cerâmicos com 0.5 e 1.0 mm de espessura nas cores A1, A3, HT (alta translucidez) e HO (alta opacidade) com o sistema IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent). As cerâmicas foram divididas em 4 grupos de tratamento de superfície: grupo C (controle); grupo HF (ácido hidrofluorídrico); grupo SB (jateamento com óxido de alumínio 50 µm); grupo L (laser Er:YAG). Todas cerâmicas foram cimentadas, seguindo mesmo protocolo e com o mesmo cimento RelyX Veneer TR (3M ESPE) com espessura de 0.1 mm e foram fotopolimerizados por 40 segundos (Elipar Freelight 2, 3M ESPE). Os valores CIE L*a*b* de cor foram mensurados com o colorímetro ShadeEye EX (Shofu) e o parâmetro de translucidez foi calculado. Observaram que houve uma interação significativa entre as superfícies de tratamento, cor da cerâmica e espessura ($p=0.01$). Para os espécimes com espessura de 0.5 mm foi identificado diferença significativa após o tratamento com jateamento e Laser. Para o grupo condicionado com ácido hidrofluorídrico houve um leve aumento na translucidez, porém sem diferença significativa comparado ao controle. Desta forma o jateamento e tratamento com Laser tornam as cerâmicas mais opacas e quando os laminados cerâmicos são finos, ambas variáveis como a cor da cerâmica e os tratamentos de superfície: jateamento e laser apresentam efeito sobre os valores de translucidez.

Almeida JR et al.⁴ 2015, investigaram a estabilidade de cor de materiais a base de resina na fixação de discos cerâmicos em esmalte bovino. Os discos foram confeccionados com a cerâmica Super Porcelain EX 3 (Noritake) na cor Incisal E1 com espessura de 1.05 mm e cimentados com: cimento resinoso dual (RelyX ARC), cimento fotopolimerizável (RelyX Veneer), resina flow (Filtek Z350 flow) e resina composta pré-aquecida (Filtek Z350 XT) todos na cor A1. Após 24 horas foram mensuradas as cores nas coordenadas CIE-Lab através do espectrofotômetro Easyshade (Vita) e remensuradas após termociclagem de 10.000 e 20.000 ciclos, onde cada ciclo térmico consistia em imersão em água destilada à $5\pm5^{\circ}\text{C}$ e $55\pm5^{\circ}\text{C}$ por 30 segundos. A variação da cor foi calculada utilizando os métodos CIE-Lab (ΔE^*_{ab}) e CIE-DE2000 (ΔE_{00}). Foi calculado a média da variação de cor entre o baseline e ciclo térmico de 10.000 e entre os ciclos térmicos de 10.000 e 20.000 com intervalo de confiança de 95%, também foram calculados as médias das coordenadas individuais (L^* , a^* e

b*). O Cimento resinoso dual apresentou a maior variação de cor comparado aos outros materiais estudados. Os materiais resinosos fotopolimerizáveis não apresentaram variação de cor significativa entre eles. Todos materiais resinosos apresentaram $\Delta E^*_{ab} > 3.46$ e $\Delta E_{00} > 2.25$ após ciclagem térmica de 20.000 ciclos. O cimento dual se tornou mais amarelado e avermelhado após o envelhecimento. Já a resina flow e resina composta pré-aquecida obtiveram a estabilidade de cor semelhante.

2.5 Testes realizados para determinação do Grau de conversão dos materiais resinosos

Todo material polimérico apresentam duplas ligações de carbono e quando é realizado a polimerização estas ligações são convertidas em ligações simples de carbono formando uma cadeia polimérica, assim o grau de conversão é uma medida do percentual de duplas ligações de carbono que foram convertidas em ligações simples de carbono. As resinas compostas possuem de 50% a 60% de grau de conversão, porém isto não implica que 40% a 50% das moléculas de monômeros não foram convertidas em polímeros, pois um dos dois grupamentos metacrilatos por molécula de dimetacrilato pode ainda ter reagido e se ligado de forma covalente com a estrutura do polímero. Assim o grau de conversão depende de vários fatores como a composição da resina, a transmissão de luz através do material restaurador e a concentração de fotoiniciador, iniciador e inibidor. Desta forma, quanto maior a taxa de conversão, melhores são as propriedades mecânicas, refletindo na performance do material (Rawls⁶⁷ 2005).

As resinas compostas quimicamente ativadas ou fotoativadas, que contém a mesma formulação de monômeros, possuem o grau de conversão total semelhante, desde que sejam submetidas a uma fotoativação adequada. Os valores de conversão são de 50% a 70% em temperatura ambiente para ambos os sistemas (Rawls⁶⁷ 2005).

Logo, o grau de conversão dos cimentos resinosos podem ser mensurados por meio de ensaios laboratoriais diretos, que utilizam equipamentos específicos (espectroscópio infravermelho [IR] ou Raman, método não destrutivo da amostra) e indiretos, que relacionam ensaios laboratoriais mecânicos com o grau de conversão.

O Raman foi demonstrado pela primeira vez em 1928 por um cientista Indiano. A Espectroscopia Raman saiu dos laboratórios especializados e se tornou uma técnica de caracterização rápida e fácil para amostras sólidas ou líquidas ou para controle de qualidade,

onde é aplicado em diversos setores como a área farmacêutica e odontologia, ciência forense, astrobiologia, arqueometria (Vandenabeele⁸⁴ 2010).

Para o método direto FT-Raman, a determinação do grau de conversão é realizado pela interpretação do espectro gerado pela mensuração na região de interesse compreendida entre 1500 cm^{-1} e 1800 cm^{-1} , onde ficam localizadas as bandas das frequências dos grupos alifático ($\text{C}=\text{C}$ e $\text{C}=\text{O}$) e aromático (Φ) dos monômeros e das cadeias de ligações cruzadas, estas bandas que irão fornecer as referências para o cálculo do grau de conversão do polímero em estudo. Desta forma, a vibração $\text{C}=\text{C}$ sempre será observada na frequência 1640 cm^{-1} e a $\text{C}=\text{O}$ geralmente em torno de 1720 cm^{-1} . Para os sistemas resinosos que contém vibrações de ligações aromáticas, duas bandas são observadas: um menos intenso em 1582 cm^{-1} e outro mais intenso a 1610 cm^{-1} (Shin et al.⁷⁶ 1993).

Imazato et al.⁴¹ 1995, investigaram a relação entre o grau de conversão e descoloração interna de resinas compostas ativadas pela luz, quatro compósitos experimentais foram preparadas contendo quantidades diferentes de Bis-GMA e TEGDMA, e o grau de conversão e de descoloração de cada composto, com ou sem aquecimento (100°C por 15 min e temperatura ambiente, respectivamente) ($n=5$). O grau de conversão foi medida por espectroscopia FT-IR e a mudança de cor foi determinada após 1, 2, 3 e 4 semanas de imersão em água a 60°C . Os dados foram submetidos à análise de variância, ao teste de Fisher's PLSD e correlação de Pearson. Os compósitos não aquecidos demonstraram um maior grau de conversão e menos descoloração quando a quantidade de TEGDMA foi aumentada. Compósitos aquecidos demonstraram maior valor no grau de conversão e menos descoloração em comparação com os compósitos não aquecidos. Os resultados indicam que, quanto maior o grau de conversão, menor a descoloração da resina composta e a correlação entre os dois fatores foi significativa para compósito ativado pela luz.

Lee, Cha, Lee⁵¹ 2011, avaliaram a polimerização de vários materiais à base de resina através de três espessuras de cerâmicas e tempo de fotopolimerização. Foram selecionados os seguintes materiais para o estudo: resina composta Z350 cor A2, Z250 cor A2, Base transparente do cimento Variolink II, Base e catalisador de baixa viscosidade transparente do Variolink II. Foram confeccionados discos cerâmicos com 0.5, 1.0 e 2.0 mm de espessura com sistema IPS e.max, os discos com 0.5 e 1.0 foram confeccionados com a injeção da pastilha MO-0 e na espessura de 2.0 mm foi confeccionado o coping de 1.0 mm e aplicado a cerâmica de cobertura e.max Ceram BL-2 ($n=5$). Os materiais resinosos foram fotoativados

sob os discos cerâmicos com um equipamento de luz LED (WBL-100 Santafe DLX 936 mW/cm² S-Denti) por 20 e 40 segundos. Os corpos de prova confeccionados com auxílio de um molde para padronizar a espessura de 1 mm. Após armazenamento por 24 horas em temperatura ambiente em recipientes com água destilada protegidas da luz, estes foram submetidos ao teste de microdureza Vickers com 4 indentações com carga de 25 g por 10 segundos. Os dados foram submetidos à análise ANOVA 3 fatores ($\alpha=0,05$). Com o aumento da espessura da cerâmica os valores de dureza de todos materiais estudados diminuíram ($p<0.05$). Os valores de dureza dos grupos fotopolimerizados por 40 segundos foram significativamente maiores comparados aos que foram fotopolimerizados por 20 segundos. O uso do catalisador resultou em maiores valores de dureza comparado ao grupo sem. As resinas compostas apresentaram maior valores de dureza do que os cimentos resinosos.

Archegas et al.⁹ 2012, avaliaram o grau de conversão (GC), dureza (H), e o módulo de elasticidade (E) dos materiais: RelyX ARC (dual), RelyX Veneer (fotopolimerizável), e resina Filtek Z350 Flow, os espécimes foram confeccionados com 0,5 mm de espessura e foram fotopolimerizados com luz halógena (Optilux 501, 550 mW/cm²) por 40, 80 e 120 segundos, através de discos cerâmicos de Noritake EX-3 translúcidas ou opacas com 1 mm de espessura (n=10). As amostras foram armazenadas em recipiente protegidos da luz a 37°C durante 24 horas. Metade de cada amostra foi utilizada para testar a GC pelo método FT-IR e a outra metade para testar Dureza e módulo de elasticidade no microdurômetro (XP Nanoindenter). O GC foi determinado analisando os picos de absorbância a 1.638 cm⁻¹ e 1.610 cm⁻¹. A dureza e Módulo de elasticidade foram determinados através da média de 9 endentações com carga de 400 mN, com a ponta Berkovich. Os dados foram analisados com ANOVA de três fatores e o teste de correlação de Pearson ($\alpha=0.05$). Foram identificadas diferenças estatisticamente significativas para todos as três variáveis estudadas (material, opacidade e tempo de exposição), bem como a interação entre eles. A cerâmica opaca resultou em menor GC, H, e E comparada a cerâmica translúcida para um tempo de exposição de 40 segundos. A exposição de luz por 120 segundos resultou em um GC semelhante para todos os materiais, independentemente da opacidade da cerâmica. Os materiais fotopolimerizados por 120 segundos tiveram maiores valores de H e E do que o grupo que foram expostos por 40 segundos. O tempo de exposição e opacidade da cerâmica influenciaram sobre os valores de GC, H, E dos materiais avaliados.

Miletic, Santini⁵⁶ 2012, avaliaram o grau de conversão (GC) de misturas de resina contendo trimetilbenzoil-óxido de difenilfosfina (TPO) iniciador fotopolimerizado por um equipamento LED *polywave* ou *monowave* no período de 48 horas. Foram adicionados à resina diferentes fotoiniciadores com a mesma porcentagem em peso de BisGMA TEGDMA, dividindo em 3 grupos: (Grupo 1) 0,2% em peso de canforquinona (CQ) + 0,8% de etil-4-dimetilaminobenzoato (EDMAB); 1% em peso de TPO (Grupo 2) e 0,1% em peso CQ + 0,4% em peso de EDMAB + 0,5% em peso de TPO (Grupo 3). Metade das amostras de cada grupo (n = 5) foram fotopolimerizados com usando Bluephase G2 (*polywave*) ou Bluephase (*monowave*). O GC foi medido utilizando espectroscopia de micro-Raman dentro de 5 minutos, em seguida 1, 3, 6, 24 e 48 horas após a irradiação. Os valores GC manteve-se semelhante ao longo do período de 48 h. Bluephase G2 produziu a maior GC no Grupo 2, seguido pelo Grupo 3 e Grupo 1. Já o Bluephase apresentou maior GC no Grupo 1, seguido pelo Grupo 2 e Grupo 3 ($p < 0,05$). Materiais resinosos que contêm tanto o fotoiniciador TPO e CQ são eficazmente polimerizados pelo Bluephase G2 (*polywave*). Após a fotoativação inicial, não foi detectado conversão adicional dos monômeros não polimerizados ao longo de 48 h a 37°C.

Ribeiro et al.⁶⁹ 2012, avaliaram o grau de conversão (GC) de quatro resinas compostas A2, sendo uma nanoparticulada (Filtek Z350) e 3 microhíbridas (Amelogen Plus, Vit-l-escence, Opallis) utilizando fotopolimerizadores de luz LED de segunda e terceira geração. As resinas foram fotopolimerizados com dois LEDs de segunda geração (Ratii-cal e Elipar Free Light 2) e um de terceira geração (Ultra-Lume LED 5) no modo de luz contínua e um fotopolimerizador com lâmpada de halógena Ultralux (QHT, controle). Após 24 horas de armazenamento, as amostras foram pulverizados em pó fino e 5 mg de cada material foram misturados com 100 mg de brometo de potássio (KBr). Após a homogeneização, foram prensados, o que resultou em um pastilha que foi submetida a espectroscopia por infravermelho FT-IR (Nexus 470, Thermo Nicolet). Houve interação entre as unidades de fotoativação (fontes de luz) e as resinas compostas ($p < 0,001$). A resina Filtek Z350 e Opallis quando fotoativada pela lâmpada halógena (QTH) obtiveram menor GC em comparação com as outras resinas compostas microhíbridas. Os maiores valores de GC foram obtidos utilizando a terceira geração de LED e um dos LEDs de segunda geração (Elipar Free Light 2).

AlQahtani, AlShaafi, Price⁶ 2013, avaliaram se o comprimento de onda da luz LED (*monowave*/azul ou *polywave*/azul e violeta) influenciam no grau de conversão (GC) e microdureza Knoop (KHN) de cimentos resinosos fotopolimerizados sob disco de cerâmica. As cores A1 e A4 do cimento resinoso (Variolink II) foram acomodados em um anel de 0,5 mm de espessura. As superfícies foram cobertas com uma tira de poliéster e sobre o conjunto foi colocado o disco cerâmico de Empress Esthetic, cor A2 com 1 mm de espessura. Os espécimes foram fotopolimerizados com Elipar-S10 (3M ESPE, LED azul) ou Bluephase-G2 (Ivoclar Vivadent, LED azul/violeta), ambos por 20 segundos, diretamente sobre a superfície da placa do FT-IR a 30°C. O GC do cimento foi calculado depois de 100 segundos. Em seguida foi realizado o teste de microdureza Knoop imediatamente e após 24h de armazenamento no escuro a 37°C e 100% de umidade (n=5). Os resultados de KHN e GC e foram submetidos à ANOVA e Fisher PLSD ($\alpha=0.05$). A diferença do comprimento de onda da luz não teve efeito significativo sobre a GC e apenas um pequeno efeito sobre os valores de KHN imediatos e 24h. A cor A4 do cimento resinoso apresentou maiores valores de dureza e GC comparado a cor A1, isto pode ser devido à presença de uma maior concentração de foto-iniciador (canforoquinona) no tom (A4) do que no tom mais claro (A1). Assim o cimento Variolink II apresenta boa propriedade física quando fotopolimerizado tanto pela luz com um comprimento de onda azul ou azul/violeta.

Passos et al.⁶⁰ 2013a, avaliaram o grau de conversão de diferentes cores de cimentos resinosos quando fotoativados sob diferentes cores de cerâmicas feldspáticas. O tempo de fotopolimerização foi também avaliada, bem como a translucidez de cada cor de cerâmica. Três cores da cerâmica VITA VM7 (Dentina 0M1, Dentina 2M2 e Dentina 5M3) foram utilizadas e através do espectrofotômetro MiniScan foi mensurado a percentagem de translucidez de cada disco cerâmico (2 mm de espessura). Para mensurar o grau de conversão (GC) do cimento resinoso Variolink II (cores: A3 e transparente), a mesma quantidade de base e catalisador foram manipulados e acomodado em um molde para padronizar a espessura de 100 μ m), onde foram fotopolimerizados sob um disco cerâmico por 20 ou 40 segundos, totalizando 16 grupos (n=3). O grupo controle foi fotopolimerizado sem a interposição da cerâmica. Após 24 horas os espécimes foram submetidos à espectroscopia FT-IR para calcular o GC%. As cerâmicas 0M1, 2M2 e 5M3 apresentaram as seguintes taxas de translucidez 12,41 (1,02)%, 5,75 (1,91) e 1,07% (0,03)%, respectivamente. O GC% de todas cores dos cimentos fotopolimerizados sob a cerâmica 5M3 foram significativamente menores do que os outros grupos ($p<0,05$). Não houve nenhuma diferença significativa em relação aos

grupos com as cerâmicas 0M1 e 2M2 ($p>0,05$), com a exceção do cimento transparente fotoativado durante 40 segundos. Assim o aumento da saturação da cerâmica afetou negativamente a transmissão da luz e o GC% dos cimentos resinosos estudados.

Passos et al.⁶¹ 2013b, avaliaram os efeitos de diferentes tipos de luz de fotopolimerizador e cimentos resinosos sobre a durabilidade de adesão entre a cerâmica feldspática e a dentina. As coroas de 40 molares humanos foram seccionados no terço médio, expondo a dentina. Quarenta blocos cerâmicos de VITA VM7 foram confeccionados com 2,5 mm de espessura ($n=10$). A superfície da cerâmica foi condicionada com ácido fluorídrico 10% por 60 segundos e após lavar foi silanizada. A dentina foi tratada com ácido fosfórico 37% por 15 segundos, em seguida o adesivo foi aplicado. Os 40 blocos cerâmicos foram cimentados à dentina com o cimento resinoso Variolink II (dual e fotopolimerizável) e foram fotopolimerizados com dois tipo de luz (halógena/QTH [XL 3000] e LED [SmartLite]), e armazenados em duas condições (seco e armazenamento em água por 150 dias + ciclagem térmica com 12.000 ciclos). Todos os blocos foram armazenados em água destilada ($37^{\circ}\text{C}/24\text{h}$) e seccionados em palitos com área de adesão de 1 mm^2 e foram divididos em 8 subgrupos: G1 - QTH + cimento foto, G2 - QTH + cimento dual, G3 - LED + cimento foto, G4 - LED + cimento dual, onde foram submetidos imediatamente ao teste de microtração. Já os grupos G5, G6, G7, G8 foram obtidos exatamente como G1 a G4, respectivamente, e, em seguida, foram armazenados em água e ciclagem térmica por 150 dias antes do teste de microtração. Os dados foram submetidos à análise de variância de três fatores e teste de Tukey (com nível de significância de 5%). Os valores de resistência de união (MPa) foram: G1 - 12,95; G2 - 12,02; G3 - 13,09; G4 - 15,96; G5 - 6,22; G6 - 9,48; G7 - 12,78; e G8 - 8,34. O tipo de luz afetou a resistência de união entre cerâmica e a dentina nos grupos do cimento fotopolimerizável após a termociclagem ($\text{LED}>\text{QTH}$). Neste estudo não houve diferença na resistência de união entre o modo de ativação do Variolink II (foto ou dual).

Runnacles et al.⁷¹ 2014, avaliaram o efeito de diferentes tipos e espessuras de facetas cerâmicas sobre o grau de conversão de um cimento resinoso fotopolimerizável (RelyX Veneer). O cimento foi fotoativado após a interposição de facetas cerâmicas [IPS InLine, IPS Empress Esthetic, IPS e.max LT (baixa translucidez) e IPS e.max HT (alta translucidez) - Ivoclar Vivadent] de quatro espessuras (0,5 mm; 1,0 mm; 1,5 mm e 2,0 mm). Como controle, o cimento foi polimerizado sem interposição de cerâmica. O grau de conversão foi avaliado por espectroscopia FT-IR ($n=5$). Os dados foram analisados através de ANOVA de 1 fator e

teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Foram observadas diferenças significativas entre os grupos ($p<0,001$). O grau de conversão foi semelhante ao do controle para todos os grupos polimerizados com interposição de cerâmicas de 0,5 mm e 1,0 mm ($p>0,05$). Entre as facetas de 1,5 mm de espessura, IPS e.max LT foi a única que apresentou resultados diferentes do controle ($p<0,05$). Com a espessura de 2,0 mm, apenas IPS e.max LT e HT foram capazes de produzir valores de grau de conversão semelhantes aos do controle ($p>0,05$). O grau de conversão do cimento resinoso fotopolimerizável avaliado depende da espessura e do tipo de cerâmica utilizados quando facetas mais espessas do que 1,5 mm são cimentadas.

3 PROPOSIÇÃO

3.1 Proposição Geral:

O propósito deste estudo *in vitro* foi o de comparar se a coloração de três das pastas de prova (*try-in*) coincidem com os respectivos cimentos resinosos fotopolimerizados e avaliar a estabilidade de cor e o grau de conversão destes cimentos resinosos fotopolimerizados sob discos cerâmicos livre de metal.

3.2 Proposições específicas:

- Avaliar se as cores das pastas de prova do Variolink II (Transparente, Opaco e A3) coincidem com as respectivas cores dos cimentos resinosos fotopolimerizados (somente a base) sob as três espessuras dos discos cerâmicos (0.3 mm, 0.5 mm e 1.0 mm), simulando a seleção da cor do cimento e depois com o cimento fotopolimerizado;
- Avaliar a cor imediata (após armazenamento em água destilada em estufa à 37°C por 24 horas) dos cimentos resinosos Variolink II (somente base) após simulação de cimentação adesiva sob três diferentes espessuras de cerâmica por meio de espectrofotometria de refletância UV-Vis;
- Avaliar a cor dos cimentos resinosos fotopolimerizados sob três diferentes espessuras de cerâmica após envelhecimento artificial acelerado por 300 horas, através da espectrofotometria de refletância, para avaliar a estabilidade de cor;
- Mensurar o grau de conversão dos cimentos resinosos fotopolimerizados sob três diferentes espessuras de cerâmica através do método de espectroscopia micro-Raman.

4 MATERIAL E MÉTODOS

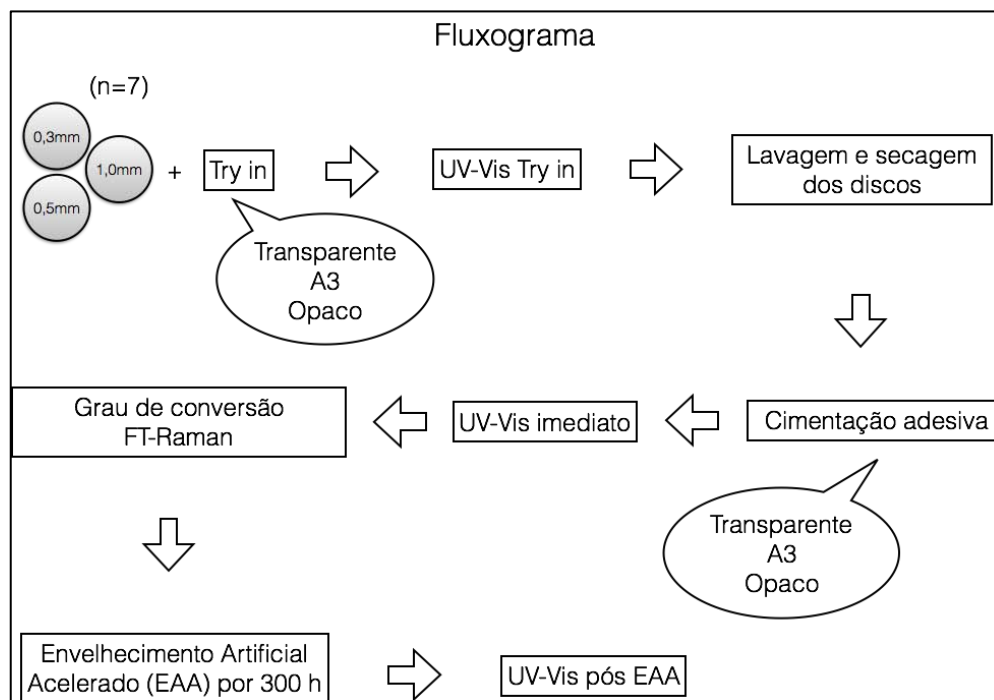
Três colorações (Transparente, Opaco e A3) do cimento resinoso Variolink II (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (figura 4A) e suas respectivas pastas de prova (Variolink *Try-in* - Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (figuras 4B e 4C) foram avaliadas por espectrofotometria de refletância (Espectrofotômetro UV-Vis Varian Cary 50, Santa Clara, CA, EUA) (figura 5) em uma simulação de seleção de cor do cimento seguido pela cimentação de discos cerâmicos com o sistema IPS e.maxPress HT A2 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) com três espessuras 0,3 mm, 0,5 mm e 1,0 mm (quadro 1) sobre uma matriz de silicone transparente, sem nenhum substrato. Em seguida, os mesmos corpos de prova (cp) (conjunto cimento resinoso + disco cerâmico) foram submetidos à espectroscopia em micro-Raman (Bruker Optik GmbH, Ettlingen, Baden-Württemberg, Alemanha) para determinar o grau de conversão. E após envelhecimento artificial acelerado por 300 horas todos espécimes foram novamente submetidos a análise de cor por espectrofotometria de refletância.

Figuras 4A–4C: 4A – Cimentos resinosos Base Variolink II. 4B e 4C – Pastas *Try-in* dos respectivos cimentos.



Fonte: O autor

Figura 5: Fluxograma da sequência metodológica



Fonte: O autor

A confecção dos espécimes e fase experimental de espectrofotometria de refletância UV-Vis e espectroscopia micro-Raman foram realizadas no Complexo de Laboratórios Multiusuários do CIPP – UEPG, Ponta Grossa - PR e a fase de envelhecimento artificial acelerado foi realizada no Instituto LACTEC, Curitiba – PR.

Quadro 1: Materiais, marca comercial, fabricante, composição e número do lote.

Material	Marca comercial	Fabricante	Composição	Lote
Revestimento (pó)	IPS PressVest Speed	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	10-<25% MgO, 3-<10% Al ₂ O ₃	SL3086
Revestimento (líquido)	IPS PressVest Speed Liquid	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	H ₂ O, Sílica coloidal	SL3109
Cerâmica a base de Dissilicato de lítio cor A2	IPS e-max Press	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	>57% SiO ₂ , Li ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , ZrO ₂ , ZnO, Al ₂ O ₃ , MgO, La ₂ O ₃ e pigmentos	S44427
Ácido em solução aquosa	IPS Emax Press Invex Liquid	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	1-<2.5% Ácido Sulfúrico, 0.1-<1% Ácido Hidrofluorídrico	PL0254
Ácido fluorídrico 10%	Condac Porcelana	FGM, Joinville, SC, Brasil	Ácido fluorídrico 10%	031214
Sistema adesivo - Adesivo hidrófobo	Adper Scotchbond Multipurpose Plus	3M ESPE, St Paul, MN, EUA	HEMA 30-40 %, Bis-GMA 60-70% em peso	N465871
Silano	Monobond S	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	3-metacriloxipropil-trimetoxissilano 1%, de água e etanol 99%, ácido acético	P70737
Pasta de prova	Variolink Try-in	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Glicerina, carga de substâncias minerais e corantes	TR-R82974 A3-S00153 OP-R85527
Cimento resinoso - Base	Variolink II	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Monômero: Bis-GMA, UDMA, TEGDMA Carga: 75.3 (% peso), tamanho médio das partículas 0.7 µm, vidro de Ba, YTF, vidro de Ba-Al-F-Si	TR-S39795 A3-S20333 OP-S30855
Fotopolimerizador	Bluephase G2	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	LED intensidade de luz 1200 mW/cm ²	214770

Fonte: Informações do Fabricante

4.1 Cálculo amostral

Para a determinação tamanho da amostra foi utilizada a seguinte equação, previamente à realização do estudo:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

Onde:

$Z_{\alpha/2}$ = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado, neste caso 95% ($\alpha=0,05$) equivalente à 1,96.

σ = Desvio padrão da variável estudada, a média dos estudos prévios na literatura foi de $\sigma = 2,70$.

E = Margem de erro ou ERRO MÁXIMO DE ESTIMATIVA, valor observado de 2, onde identifica a diferença máxima entre a média amostral e a verdadeira média.

Resultando em **n = 7,001**

4.2 Confeção dos discos cerâmicos para simulação dos laminados cerâmicos

Foram confeccionados 84 discos cerâmicos com 10 mm de diâmetro com três espessuras diferentes ($0,3 \pm 0,01$ mm; $0,5 \pm 0,01$ mm; $1,0 \pm 0,01$ mm) na cor A2 do sistema cerâmico IPS e.max Press HT (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) para simulação das restaurações cerâmicas com a técnica da cera perdida (figuras 6A – 6C). Previamente, foram confeccionadas réplicas em resina composta dos discos cerâmicos com auxílio de fios ortodônticos (0,3 e 0,5 mm de espessura) e um clipe de metal (1,0 mm), onde foram cortados e conformados em círculos. Sobre uma placa de vidro foi acomodado um incremento de resina composta (dentro do círculo), na qual foi prensada com outra placa de vidro em seguida foi fotopolimerizado (figuras 7A - 7D). Após confeccionar as três réplicas foram confeccionadas matrizes com silicone de condensação (Zetalabor, Zhermack, Rovigo, Itália). Para isso, o elastômero depois de manipulado e homogêneo foi acomodado sobre os discos dispostos sobre uma placa de vidro. Após a presa as réplicas foram removidas com auxílio de uma espátula (figura 8A).

Figuras 6A-6C: Conferência das espessuras dos discos cerâmicos com paquímetro digital. Em 6A disco cerâmico com $0,3 \pm 0,01$ mm. Em 6B disco cerâmico com $0,5 \pm 0,01$ mm e em 6C disco cerâmico com $1,0 \pm 0,01$ mm.



6A



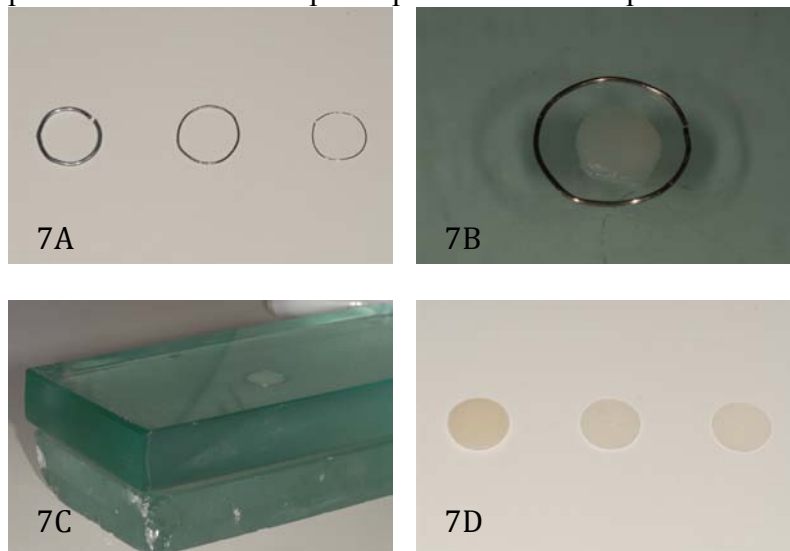
6B



6C

Fonte: O autor

Figuras 7A-7D: Em 7A fios ortodônticos (0,3 e 0,5 mm) e clipe metálico (1,0 mm) cortados e conformados em círculos. 7B: incremento de resina composta acomodado sobre uma placa de vidro. 7C: Resina composta sendo prensada por duas placas de vidro. 7D: Réplicas prontas nas três espessuras.



Fonte: O autor

Figuras 8A-8C: Em 8A matriz de silicone de condensação após a remoção das réplicas dos discos em resina composta nas três espessuras (0,3 mm, 0,5 mm e 1,0 mm, esquerda para direita). Em 8B e 8C: Padrões de cera nas três espessuras.

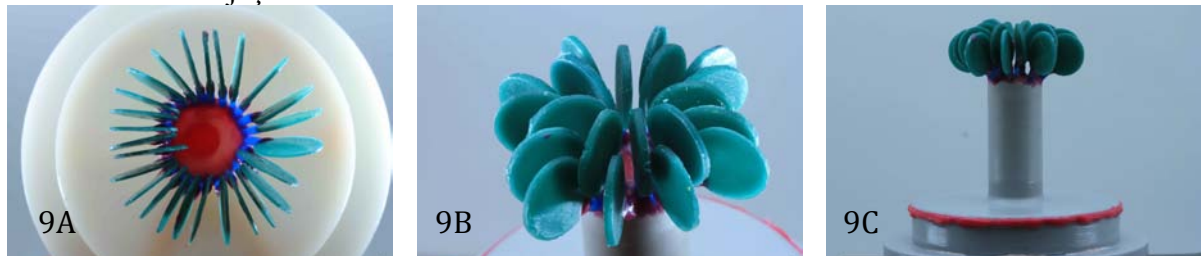


Fonte: O autor

Posteriormente, a cera (Renfert, OdontoMega Import, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) foi aquecida com uma lamparina a álcool e espalhada na cavidade do molde de silicone previamente confeccionado. Após o resfriamento, os excessos foram removidos com auxílio de uma espátula LeCron (figuras 8B e 8C) e o padrão de cera foi conectado ao canal de alimentação de cera (sprues). Em seguida, este foi fixado em uma base plástica, de forma cilíndrica, formadora do conduto de alimentação padronizado para a acomodação das pastilhas cerâmicas e da punção (figuras 9A-9C). O anel de silicone foi acomodado à base plástica, formando um cilindro estabilizado inferiormente pela base, em seguida foi manipulado o revestimento IPS PressVEST Speed (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) a vácuo por 1 minuto e preenchido o cilindro sobre uma plataforma vibratória para evitar a

incorporação de bolhas. Após a presa do revestimento o conjunto foi levado ao forno (700-5P; EDG Equipamentos Ltda, São Carlos, Brasil) para volatilizar a cera e em seguida todo conjunto, cilindro de revestimento, haste do êmbolo e pastilha IPS e-max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) foram transferidos para o forno (EP500, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e injetado automaticamente conforme as instruções do fabricante. Após o resfriamento à temperatura ambiente, os discos foram desincluídos com auxílio de brocas montadas em motor elétrico e de jateamento com óxido de alumínio de 50 μm (figura 9D). Para padronização, os discos foram regularizados com kit de brocas Shofu Dentomax (Shofu Dental Corporation, São Marcos, Califórnia, EUA) seguindo a sequência de granulação estipulada pelo fabricante e em seguida foi realizado o polimento com lixas d'água de granulação 600 e 800. Posteriormente foram lavados em cuba ultrassônica com líquido IPS e.max Press Invex (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) por 10 minutos e seco. Ao final os discos foram mensurados com auxílio de um paquímetro digital (100.170, Digimess Instrumentos de Precisão Ltda, São Paulo, Brasil).

Figuras 9A-9C: Padrões de cera fixados na base do conduto de alimentação, previamente ao revestimento e injeção cerâmica.



Fonte: O autor

Figura 9D: Aspecto dos discos cerâmicos logo após a desinclusão.

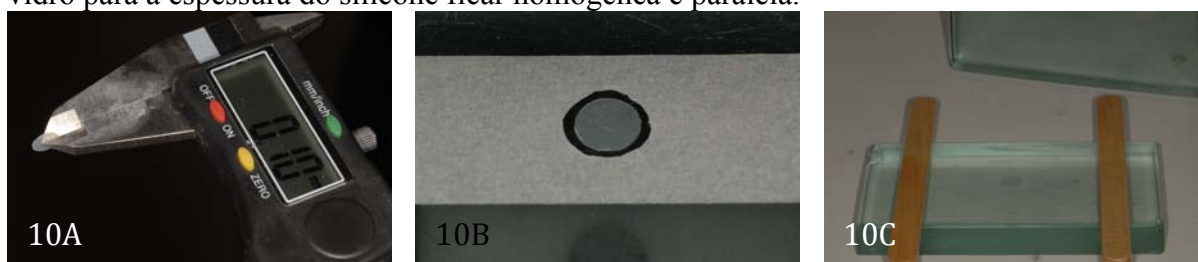


Fonte: O autor

4.3 Comparação da cor do *try-in* com o respectivo cimento resinoso sob três espessuras de cerâmica e avaliação da coloração do cimento resinoso após envelhecimento artificial acelerado

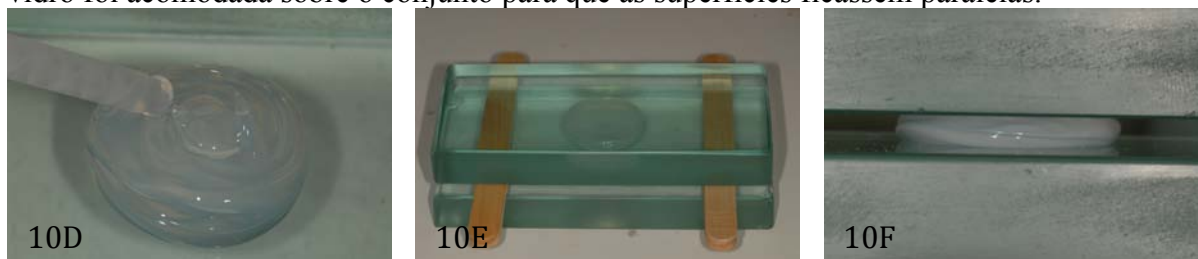
Inicialmente foi confeccionada uma matriz com silicone transparente (Elite, Zhermack, Rovigo, Itália) com cavidade de 9 mm de diâmetro com 0,1 mm de profundidade, a partir de uma réplica em resina composta com 0,1 mm de espessura (figuras 10A–10H).

Figuras 10A-10F: 10A e 10B - Disco em resina composta com 9 mm de diâmetro e 0,1 mm de espessura. 10C - Espátulas de madeira foram acomodadas nas extremidades da placa de vidro para a espessura do silicone ficar homogênea e paralela.



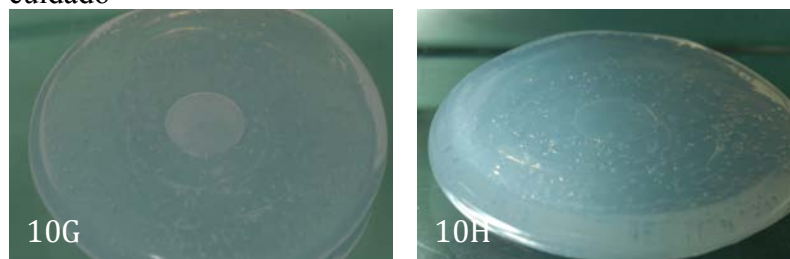
Fonte: O autor

Figuras 10D-10F: Silicone transparente foi aplicado sobre o disco de resina e outra placa de vidro foi acomodada sobre o conjunto para que as superfícies ficassem paralelas.



Fonte: O autor

Figuras 10G-10H: Aspecto da matriz após a presa, em seguida o disco de resina composta foi removido com cuidado



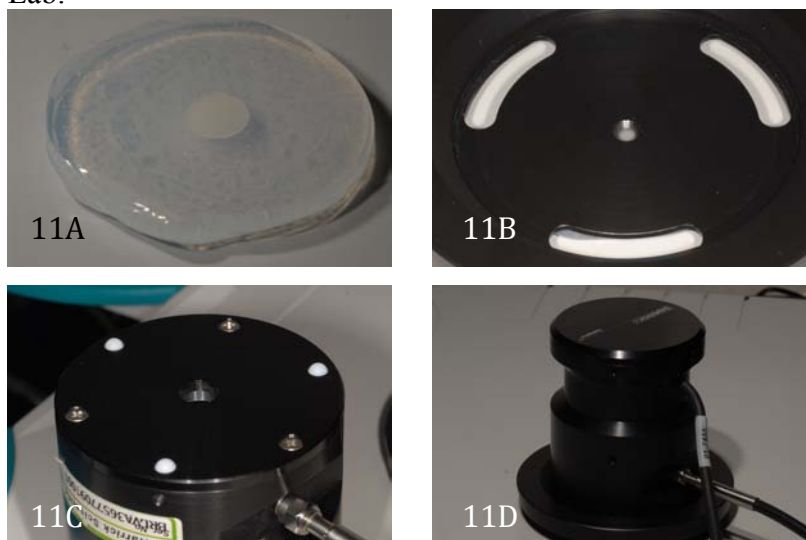
Fonte: O autor

Foram selecionadas três cores da pasta de prova e do cimento resinoso (Transparente, A3, Opaco) para comparação da cor entre os respectivos materiais, sob os discos cerâmicos de três espessuras e avaliação da estabilidade de cor do cimento resinoso (n=7). Desta forma,

foram mensurados previamente os discos cerâmicos (grupo controle, somente o disco cerâmico) com espectrofotometria de refletância (Espectrofotômetro UV-Vis Varian Cary 50, Santa Clara, CA, EUA) (figuras 11A – 11D), selecionando-se o parâmetro iluminante D-65 (Ruyter, Nilner, Moller⁷² 1987, Ilie, Hickel³⁹ 2008, Kilinc et al.⁴⁵ 2011, Barizon et al.¹⁴ 2014, Turgut et al.⁸¹ 2014a), com espectro entre 360 e 750 nm, espaço de cor CIE-L*a*b*, com ângulo de observador de 10° (Paravina, Ontiveros, Powers⁵⁹ 2002). Inicialmente o equipamento foi calibrado utilizando o padrão branco disponibilizado pelo fabricante (placa branca, $L^*=91.29$, $a^*=-0.04$, $b^*=-0.18$). As mensurações foram realizadas em triplicatas (Hekimoglu, Anil, Etikan³⁶ 2000)

Em seguida foi realizada a simulação da seleção da cor do cimento utilizando os *try-in* nas três colorações selecionadas com as três espessuras (0,3 mm, 0,5 mm e 1,0 mm) dos discos cerâmicos sobre a matriz de silicone transparente. Depois estes discos foram lavados abundantemente com água e foi realizada a cimentação dos discos cerâmicos.

Figuras 11A – 11D: 11A - Disco cerâmico acomodado sobre a matriz, 11B e 11C – Suporte e máscara para padronizar o feixe do Espectrofotômetro UV-Vis. 11D – Vista de todo conjunto sobreposto para realizar a mensuração das coordenadas CIE-Lab.



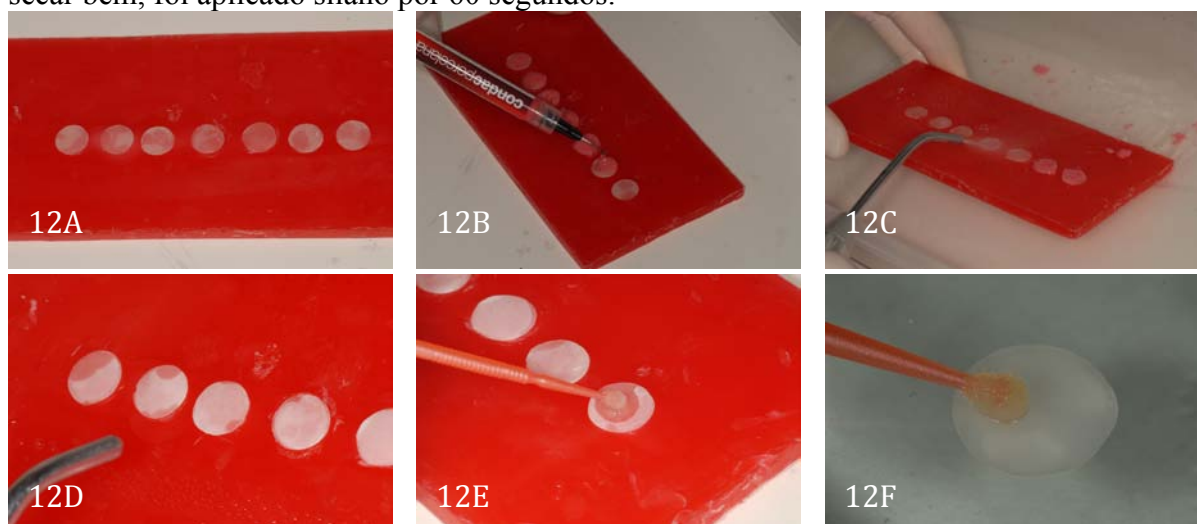
Fonte: O autor

Os discos cerâmicos de cada grupo experimental foram acomodados sobre uma placa de cera utilidade (figura 12A), onde cada disco cerâmico foi condicionado com ácido fluorídrico 10% Condac Porcelana (FGM, Joinville, SC, Brasil) por 20 segundos (figura 12B). Em seguida foram lavados abundantemente com água por 10 segundos e depois de seco (figuras 12C e 12D) foi aplicado o silano Monobond S (Ivoclar Vivadent, Schaan,

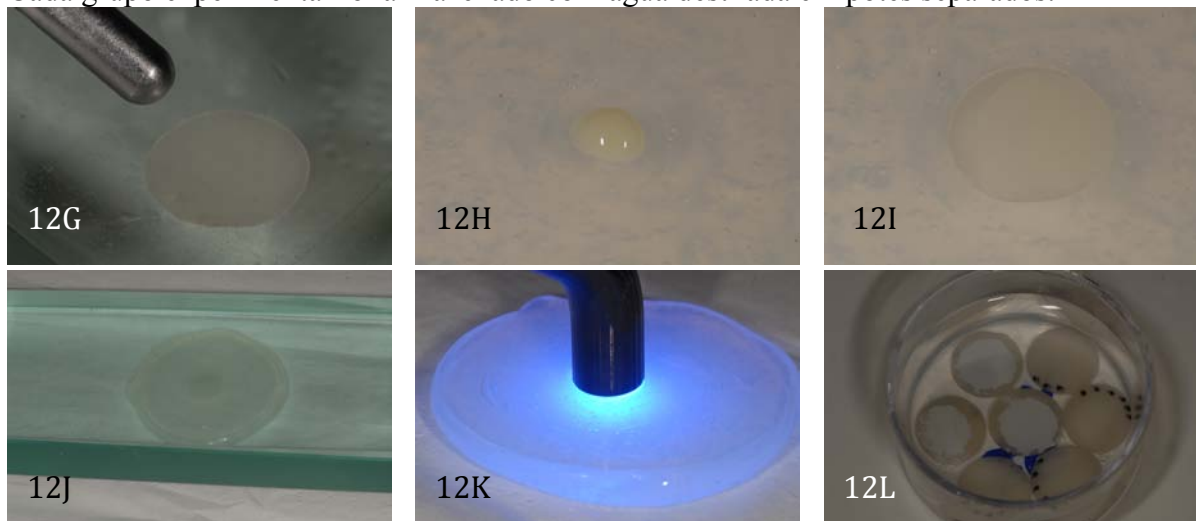
Liechtenstein) por 60 segundos com auxílio de um Microbrush (Original, Microbrush International, Grafton, EUA) (figura 12E). Após aplicar jato de ar por 10 segundos foi aplicado o adesivo hidrófobo dos sistema Adper Scotchbond Multipurpose Plus (3M ESPE, St Paul, Minnessota. EUA) e em seguida foi aplicado um leve jato de ar para deixar a camada de adesivo bem delgada (figuras 12F e 12G). Sem fotopolimerizar o disco, foi acomodada a base do cimento resinoso Variolink II cor A3 na cavidade do molde de silicone transparente, para padronizar a espessura de 0,1 mm do cimento resinoso (figuras 12H e 12I). O disco cerâmico de 0,3 mm preparado foi acomodado sobre o cimento resinoso e pressionado com uma placa de vidro por 10 segundos (ALGhazali et al.² 2010, Turgut, Bagis⁷⁹ 2011). Posteriormente, a placa foi removida e fotopolimerizou-se por 40 segundos na função “High” com Bluephase G2 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), com a ponta do equipamento encostada sobre o disco cerâmico (figuras 12J e 12K). Em seguida foi repetido o protocolo de cimentação para os discos cerâmicos com 0,5 e 1,0 mm de espessura para a confecção dos corpos de prova do grupo cimento resinoso A3.

Os espécimes dos grupos dos cimentos das cores Transparente e Opaco foram confeccionados com o mesmo protocolo citado previamente e depois todos espécimes foram armazenados em recipientes com água destilada (figura 12L), protegidos da luz em estufa a 37°C por 24h (Ruyter, Nilner, Moller⁷² 1987, Ilie, Hickel³⁹ 2008, Archegas et al.⁸ 2011, Kilinc et al.⁴⁵ 2011, Turgut, Bagis⁷⁹ 2011, Archegas et al.⁹ 2012, Passos et al.⁶¹ 2013b, Silami et al.⁷³ 2013).

Figuras 12A–12L: 12A – 12C - Discos cerâmicos de cada grupo (n=7) acomodados sobre uma placa de cera utilidade, onde foram condicionados com ácido fluorídrico 10% por 20 segundos, em seguida foram lavados com jato de água/ar por 10 segundos. 12D -12F – Após secar bem, foi aplicado silano por 60 segundos.



Figuras 12G – 12I: No momento da cimentação, foi aplicado o adesivo hidrófobo em cada disco cerâmico, em seguida foi aplicado jato de ar, uma pequena quantidade de cimento foi despejado na cavidade da matriz e o disco foi acomodado sobre este. 12J - 12K - Posteriormente foi acomodado a placa de vidro e pressionado por 10 segundos, removeu-se a placa e realizou-se a fotopolimerização com a ponta sobre a cerâmica por 40 segundos. 12L - Cada grupo experimental foi armazenado com água destilada em potes separados.



Fonte: O autor

Após período de armazenamento os corpos de prova foram submetidos a três leituras da cor de cada amostra através da espectrofotometria de refletância com os mesmos parâmetros utilizados no grupo controle (cerâmicas sem cimentos) e das pastas *try-in*.

Na sequência, os cp e discos cerâmicos sem cimento (grupo controle) foram fixados em um painel de acrílico, com cianocrilato (Super Bonder, Loctite, EUA) com superfície da cerâmica voltada para o acrílico (figuras 13A – 13C) e foram submetidos ao processo de envelhecimento artificial acelerado (Ci4000 Weather-O-meter, Atlas Electronic Devices, Chicago, IL, USA) por 300 horas. Este equipamento emite uma irradiação constante de luz xenon com filtro de vidro de borossilicato a $0,35 \text{ W/m}^2/\text{nm}$ com comprimento de onda em 340 nm. A temperatura do painel foi de $63 \pm 2^\circ\text{C}$ e os ciclos de luz mais 50% de umidade e de luz com spray de água. Após o período de envelhecimento os cp foram submetidos à mensuração da coloração com espectrofotometria de refletância (Hekimoglu, Anil, Etikan³⁶ 2000).

Figuras 13A-13C: Placa de acrílico acoplado ao suporte metálico onde os cp foram fixados com cianocrilato.



Fonte: O autor

As médias dos valores CIE-L*a*b* das diferentes colorações de *try in* sob cada espessura do disco cerâmico foram registradas e comparadas com os grupos respectivos da cor de cimento resinoso polimerizado imediatamente (24h) e após o envelhecimento.

A estabilidade de cor foi determinada pela diferença das cores (ΔE) das coordenadas L^* , a^* e b^* do baseline (b) e após o envelhecimento artificial acelerado (a), conforme equação abaixo: (Heydecke, Zhang, Razzoog³⁷ 2001, Kucukesmen et al.⁴⁶ 2008, Pires de Souza et al.⁶⁵ 2009, ALGhazali et al.² 2010, Archegas et al.⁸ 2011, Kilinc et al.⁴⁵ 2011, AlQahtani, Aljuraais, Alshaafi⁵ 2012, Falkensammer et al.³⁰ 2013, Kürklü et al.⁴⁸ 2013, Silami et al.⁷³ 2013, Magalhães et al.⁵³ 2014, Almeida JR et al.⁴ 2015, Chen et al.¹⁸ 2015)

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

Onde,

$$\Delta L^* = L^*_a - L^*_b$$

$$\Delta a^* = a^*_a - a^*_b$$

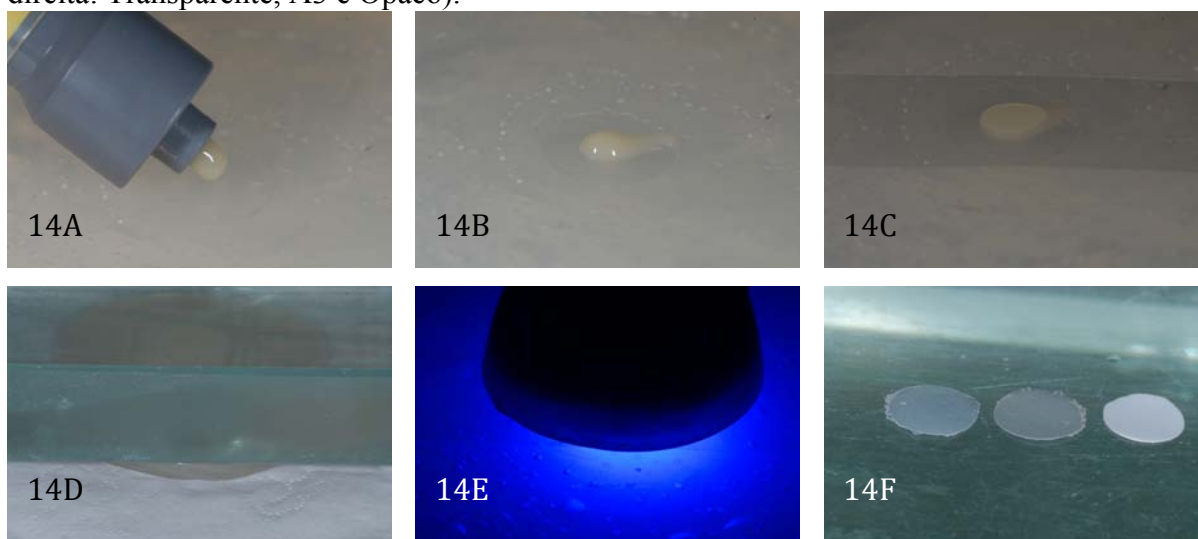
$$\Delta b^* = b^*_a - b^*_b$$

4.4 Ensaio laboratorial de Grau de conversão pelo método micro-Raman

Após os corpos de prova serem submetidos à análise de espectrofotometria de refletância e antes do envelhecimento artificial acelerado foi avaliado o grau de conversão (GC%) de todos espécimes pelo método de espectroscopia micro-Raman. Para o grupo controle (somente o cimento) (figura 14A), sete espécimes de cada cor de cimento resinoso foram confeccionados seguindo o mesmo protocolo para o teste de estabilidade de cor, utilizando a mesma matriz de silicone transparente, porém no momento da fotopolimerização ao invés de interpor o disco cerâmico, foi acomodado uma tira de poliéster e a placa de vidro

foi acomodada sobre o conjunto para uniformizar o cimento na cavidade da matriz e o excesso extravasar (figuras 14B – 14D), desta forma padronizando a espessura de 0,1 mm do cimento resinoso, em seguida a placa foi removida e foi realizada a fotopolimerização sobre a tira de poliéster por 40 segundos (figuras 14E – 14F). Os cp foram armazenados em recipientes separados com água destilada e protegidos da luz e em estufa à 37°C por 24 horas.

Figuras 14A–14F: Em 14A – 14C: Aplicação do cimento resinoso diretamente na cavidade da matriz de silicone transparente, em seguida uma tira de poliéster foi acomodada sobre o cimento. 14D – 14E: A placa de vidro foi acomodada sobre o conjunto, depois esta foi removida e realizou-se a fotopolimerização por 40 segundos com a ponta encostada na tira de poliéster. 14F – Espécimes de cada cor de cimento resinoso Variolink II (Da esquerda para direita: Transparente, A3 e Opaco).



Fonte: O autor

Após este período, os cp dos grupos experimentais e controle foram submetidos à análise de grau de conversão no espectrofotômetro de Raman (Bruker Optik GmbH, Ettlingen, Baden-Württemberg, Alemanha), os cp foram acomodados com a face do cimento voltado para cima e foram analisados com os seguintes parâmetros: laser de Neônio com 532 nm de comprimento de onda a 20 mW de potência, resolução espacial de $\approx 3 \mu\text{m}$, resolução espectral de $\approx 5 \text{ cm}^{-1}$, com 30 segundos de tempo de acumulação e 6 co-adições em magnificação de 100X (Olympus UK, London, UK) para um laser de $\approx 1 \mu\text{m}$ de diâmetro. A leitura de cada amostra foi realizada em triplicata.

Para calcular o grau de conversão em porcentagem foi necessária a obtenção do espectro do cimento resinoso não polimerizado, para desta forma efetuar a relação dos espectros do cimento polimerizado sobre o não polimerizado, pela determinação das áreas sob os picos alifáticos e aromáticos (1638 cm^{-1} e 1608 cm^{-1} , respectivamente), conforme a

equação abaixo (Shin et al.⁷⁶ 1993, Imazato et al.⁴¹ 1995, Kumbuloglu et al.⁴⁷ 2004, Archegas et al.⁹ 2012, Miletic, Santini⁵⁶ 2012, Ribeiro et al.⁶⁹ 2012, Albuquerque et al.¹ 2013, Passos et al.⁶⁰ 2013a, Runnacles et al.⁷¹ 2014):

$$GC = [1 - (R \text{ polimerizado} / R \text{ não polimerizado})]100$$

Para o cálculo destas áreas foi utilizado software Opus Spectroscopy (version 6.5, Alemanha), traçando uma linha na base dos dois picos (1638 cm^{-1} e 1608 cm^{-1}) separadamente (Collares et al.²⁴ 2014).

4.5 Análise Estatística

Os valores L^* , a^* , b^* da cor das pastas de prova *try-in* e cimentos resinosos polimerizados imediatos (24h) e envelhecidos que foram obtidos pelo sistema CIE $L^*a^*b^*$, GC% e ΔE entre *try-in* e respectivos cimentos polimerizados (24h) e o ΔE dos cimentos resinosos (nos dois períodos: 24h e após EAA) foram submetidos à análise de Variância de 2 fatores (espessura da cerâmica e cor do cimento), seguido pelo pós-teste de Tukey com nível de significância de 5%. Os valores de GC e ΔE das três colorações dos cimentos resinosos foram submetidos à Correlação de Spearman ($\alpha=0,05$). Toda a análise estatística foi realizada no software GraphPad Prism 6.0d.

5 RESULTADOS

5.1 Resultados dos valores do sistema de cor CIE-Lab e ΔE

A Tabela 1 apresenta os valores médios de L^* , a^* e b^* da escala de cor CIE-Lab e os respectivos desvios-padrão. Observou-se que os grupos do *try-in* (Transparente, A3 e Opaco) comportaram-se diferentemente em comparação aos respectivos cimentos polimerizados nas duas condições (24h e após EAA), onde os valores de L^* e b^* do *try-in* tenderam ao aumento no sentido (+) positivo, ao contrário do valor de a^* que apresentou ligeira redução com o aumento da espessura da cerâmica. Já os cimentos resinosos das três colorações avaliadas apresentaram a mesma tendência nas duas condições avaliadas (24h e após EAA), onde os valores de L^* diminuíram ao passo que a cerâmica ficava mais espessa e o oposto foi observado aos valores de a^* e b^* , que aumentaram. No entanto a análise de variância de 2 fatores (cor do cimento e espessura cerâmica) demonstrou que apesar dos valores de L^* , a^* e b^* do *try-in* e cimentos resinosos polimerizados das três colorações apresentarem alterações, não houve diferença estatística ($p=0,99$) para a variável espessura cerâmica.

Houve discordância nos valores de L^* entre o *try-in* e o respectivo cimento recém polimerizado 24h e envelhecido ($p<0,0001$) para o Variolink II Transparente e A3, nas espessuras de cerâmica 0,3 e 0,5 mm e para o grupo do Opaco somente na espessura 0,3 mm. O disco cerâmico com espessura de 1,0 mm interposto apresentou a capacidade de bloquear a passagem da luz o suficiente para os valores de L^* não apresentarem diferença estatisticamente significativa para as três cores avaliadas, nas condições estudadas (*try-in*, cimento polimerizado 24 h e cimento envelhecido) ($p>0,99$), exceto o grupo do cimento Opaco, onde o valor de L^* apresentou diferença quando o cimento foi envelhecido comparado ao grupo do *try-in* ($p<0,0001$). Após o envelhecimento artificial acelerado os valores de L^* das três colorações dos cimentos resinosos polimerizados não apresentaram diferença estatística ($p>0,05$).

Os valores de a^* não apresentaram diferença significativa entre o *try-in* e cimentos polimerizados, exceto cimento Transparente e A3 com cerâmica de 0,3 mm. Já os valores de b^* não apresentaram concordância entre o *try-in* e respectivos cimentos, exceto cimento Transparente (0,3 mm) e Opaco (1,0 mm), porém quando foram envelhecidos os valores b^* aumentaram e apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p<0,05$).

Tabela 1. Valores L*, a*, b* (médias ± dp) das três colorações das pastas *Try-in* e seus respectivos cimentos resinosos (Variolink II, Ivoclar Vivadent) polymerizados (24h) e após envelhecimento artificial acelerado (300h) (n=7).

Cor do cimento	Espessura cerâmica	Pasta <i>Try-in</i>			Cimento resinoso fotopolimerizado (24h)			Cimento resinoso envelhecido		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
(Transparente)	0,3 mm	38,84 (±1,15) ^{aA}	-0,79 (±0,20) ^{aA}	-2,73 (±0,54) ^{aA}	58,43 (±2,77) ^{aB}	-1,51 (±0,18) ^{aB}	-1,61 (±0,57) ^{aA}	56,87 (±2,28) ^{aB}	-1,99 (±0,12) ^{aB}	1,53 (±0,92) ^{aB}
	0,5 mm	38,88 (±2,61) ^{aA}	-1,21 (±0,14) ^{aA}	-2,52 (±0,24) ^{aA}	55,36 (±3,58) ^{aB}	-1,23 (±0,16) ^{aA}	0,27 (±0,49) ^{aB}	57,37 (±1,02) ^{aB}	-1,75 (±0,10) ^{aA}	3,05 (±0,67) ^{aB}
	1,0 mm	43,28 (±1,81) ^{aA}	-1,37 (±0,09) ^{aA}	-1,61 (±0,22) ^{aA}	50,79 (±2,77) ^{aA}	-1,04 (±2,77) ^{aA}	1,09 (±0,57) ^{aB}	53,87 (±2,28) ^{aA}	-1,18 (±0,12) ^{aA}	2,14 (±0,92) ^{aB}
(A3)	0,3 mm	33,48 (±1,51) ^{aA}	-0,77 (±0,21) ^{aA}	-1,94 (±0,64) ^{aA}	58,30 (±2,50) ^{aB}	-1,46 (±0,13) ^{aAB}	0,61 (±0,96) ^{aB}	56,73 (±2,60) ^{aB}	-1,92 (±0,11) ^{aB}	3,32 (±1,21) ^{aC}
	0,5 mm	35,52 (±1,17) ^{aA}	-1,19 (±0,19) ^{aA}	-2,16 (±0,32) ^{aA}	57,36 (±2,91) ^{aB}	-1,23 (±0,19) ^{aA}	1,63 (±0,55) ^{aB}	57,40 (±0,91) ^{aB}	-1,63 (±0,09) ^{aA}	4,48 (±0,54) ^{aC}
	1,0 mm	45,79 (±2,81) ^{aA}	-1,41 (±0,10) ^{aA}	-1,61 (±0,47) ^{aA}	55,30 (±1,94) ^{aA}	-0,95 (±0,20) ^{aA}	1,77 (±0,40) ^{aB}	54,71 (±2,52) ^{aA}	-0,97 (±0,13) ^{aA}	3,26 (±0,33) ^{aB}
(Opaco)	0,3 mm	59,45 (±6,87) ^{aA}	-1,72 (±0,28) ^{aA}	-1,69 (±1,00) ^{aA}	74,61 (±4,18) ^{aB}	-1,08 (±0,13) ^{aA}	2,00 (±0,54) ^{aB}	77,69 (±4,87) ^{aB}	-1,17 (±0,09) ^{aA}	2,31 (±0,60) ^{aB}
	0,5 mm	66,26 (±2,16) ^{aA}	-1,51 (±0,09) ^{aA}	1,48 (±0,40) ^{aBA}	69,22 (±2,69) ^{aA}	-1,05 (±0,05) ^{aA}	3,12 (±0,30) ^{aB}	72,54 (±1,35) ^{aA}	-1,08 (±0,06) ^{aA}	3,13 (±0,20) ^{aB}
	1,0 mm	55,26 (±6,24) ^{aA}	-1,11 (±0,20) ^{aA}	2,52 (±0,87) ^{bA}	59,75 (±3,22) ^{aAB}	-0,82 (±0,05) ^{aA}	3,29 (±0,63) ^{aAB}	67,07 (±3,17) ^{aB}	-0,75 (±0,08) ^{aA}	4,33 (±0,57) ^{aB}

ANOVA 2 fatores e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). A análise deve ser feita entre as respectivas coordenadas de cada cor do material avaliado. Para cada cor de try in e respectivo cimento, letras minúsculas diferentes (análise por coluna) indicam diferença estatística. Letras MAIÚSCULAS diferentes (análise por linha) indicam diferença estatística entre os valores das variáveis estudadas, $p<0,05$.

A tabela 2 dispõe os valores das médias e (dp) de ΔE entre o *try-in* e respectivo cimento resinoso. As variáveis estudadas espessura cerâmica e cor do *try-in*/cimento resinoso foram significantes ($p<0,0001$) e houve interação entre ambas ($p<0,0001$). Para as três cores avaliadas os valores de ΔE diminuíram quando a espessura cerâmica aumentou. Não foi observada diferença significativa nas cores transparente ($p=0,084$) e A3 ($p=0,733$) entre a espessura de 0,3 e 0,5 mm.

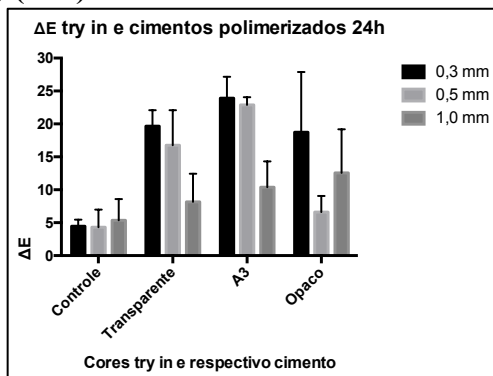
Tabela 2. Valores das médias (dp) de ΔE entre o *try-in* e respectivos cimentos resinosos Variolink II (Ivoclar Vivadent) polymerizados (período imediato – 24h) sob três diferentes espessuras de cerâmica (HT A2 e.maxPress, Ivoclar Vivadent) (n=7).

Espessura da cerâmica	Cores <i>try-in</i> e cimento resinoso		
	Transparente	A3	Opaco
0,3 mm	19,66 ($\pm 2,57$) ^{bB}	23,91 ($\pm 3,43$) ^{bC}	18,74 ($\pm 9,63$) ^{aB}
0,5 mm	16,76 ($\pm 5,61$) ^{bB}	22,89 ($\pm 1,24$) ^{bC}	6,60 ($\pm 2,56$) ^{bA}
1,0 mm	8,15 ($\pm 4,52$) ^{aAB}	10,39 ($\pm 4,14$) ^{aBC}	12,50 ($\pm 6,99$) ^{cC}

ANOVA 2 fatores e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Letras minúsculas diferentes (análise por coluna) indicam diferença estatística. Letras MAIÚSCULAS diferentes (análise por linha) indicam diferença estatística entre os valores das variáveis estudadas, $p<0,05$.

No gráfico 1 estão dispostos os valores da média de ΔE entre o *try-in* e respectivo cimento resinoso e o grupo controle (somente cerâmica), onde é possível observar que houve alteração na coloração acima do limite de perceptibilidade ($\Delta E=3,3$).

Gráfico 1: Valores de ΔE do *try-in* e respectivos cimentos polymerizados (24h) Variolink II (Transparente, A3, Opaco) sob três espessuras diferentes da cerâmica e.maxPress HT A2 (Ivoclar Vivadent) (n=7).



ANOVA 2 fatores ($\alpha=0,05$). Variável (cor) ($p<0,0001$), espessura cerâmica ($p<0,0001$) e interação ($p<0,0001$). Valores de $\Delta E>3,3$ a alteração da cor é perceptível.

Na Tabela 3 estão expostos os valores de ΔE após o envelhecimento artificial acelerado (EAA) por 300 horas, onde observou-se que todos os grupos experimentais sofreram alteração na sua coloração inicial, variando de $\Delta E=3,07\pm1,57$ a $\Delta E=7,49\pm1,30$. Desta forma, todos os espécimes ficaram com valores de ΔE acima do limite de percepção ($\Delta E=3,3$), exceto o grupo do cimento A3 com disco cerâmico de 1,0 mm interposto ($\Delta E=3,07$).

Nos grupos com 0,3 mm de espessura cerâmica, somente o cimento resinoso Opaco apresentou diferença significativa com relação ao controle ($p<0,05$).

Os grupos com disco cerâmico de 0,5 mm de espessura, apresentaram valores de ΔE superiores ao limite de percepção (3,3) (gráfico 2), no entanto não apresentaram diferença estatística significativa entre as três colorações dos cimentos resinosos avaliados quando comparadas ao grupo controle ($p>0,05$).

Tabela 3. Valores das médias (dp) de ΔE dos cimentos resinosos Variolink II (Ivoclar Vivadent) entre os dois períodos (24 h e após 300h EAA) nas três diferentes espessuras de cerâmica (HT A2 e.maxPress, Ivoclar Vivadent) (n=7).

Espessura da cerâmica	Cimentos resinosos			
	Controle	Transparente	A3	Opaco
0,3 mm	4,41 ($\pm 0,82$) ^{aA}	4,74 ($\pm 1,16$) ^{aA}	4,92 ($\pm 2,15$) ^{bA}	6,83 ($\pm 4,10$) ^{bB}
0,5 mm	4,31 ($\pm 2,82$) ^{aA}	4,90 ($\pm 2,00$) ^{aA}	3,93 ($\pm 1,25$) ^{bA}	3,49 ($\pm 3,71$) ^{aA}
1,0 mm	5,37 ($\pm 3,39$) ^{aA}	4,07 ($\pm 2,62$) ^{aAB}	3,07 ($\pm 1,57$) ^{aB}	7,49 ($\pm 1,30$) ^{bC}

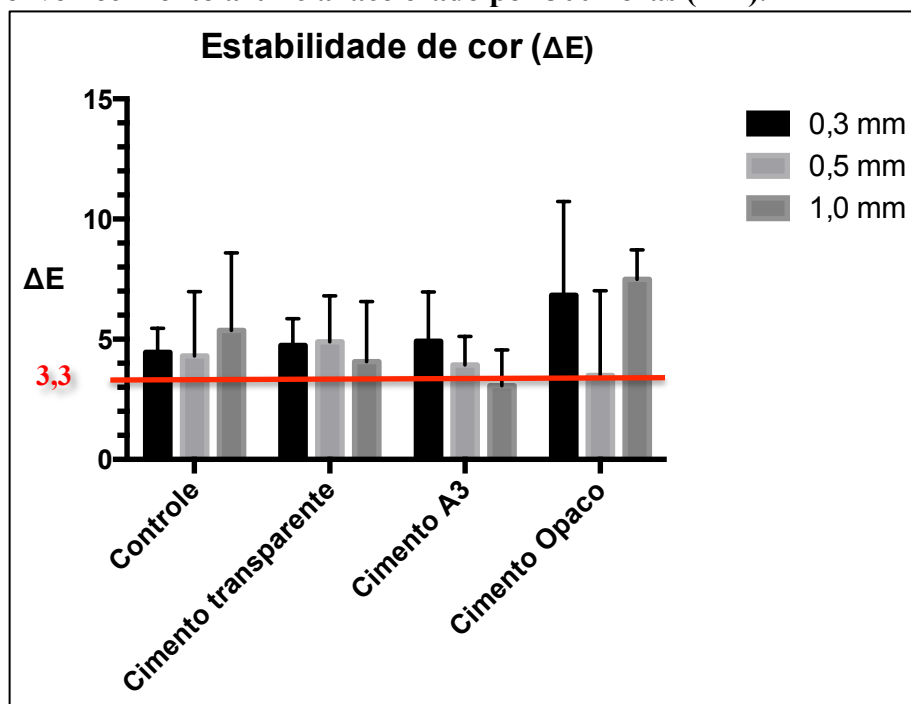
ANOVA 2 fatores e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Letras minúsculas diferentes (análise por coluna) indicam diferença estatística. Letras MAIÚSCULAS diferentes (análise por linha) indicam diferença estatística entre os valores das variáveis estudadas, $p<0,05$.

Com a interposição do disco cerâmico de 1,0 mm, somente o grupo do cimento resinoso A3 obteve valor ($\Delta E=3,07$) abaixo do limite de percepção e os outros cimentos Transparente e Opaco apresentaram valores superiores ($\Delta E=4,07\pm2,62$ e $\Delta E=7,49\pm1,30$, respectivamente).

A variável espessura cerâmica foi significativa para os cimentos resinosos A3 e Opaco ($p=0,003$) quando comparado a espessura 0,5 e 1,0 mm e o cimento Transparente não apresentou diferença estatística significativa entre as espessuras ($p>0,05$).

Os grupos controle (somente cerâmica) e cimento resinoso Transparente não apresentaram diferença significativa nos valores de ΔE nas três espessuras estudadas.

Gráfico 2: Estabilidade de cor dos cimentos resinosos Variolink II (base: Transparente, A3, Opaco) sob três espessuras diferentes da cerâmica e.maxPress HT A2 (Ivoclar Vivadent) após envelhecimento artificial acelerado por 300 horas (n=7).



ANOVA 2 fatores ($\alpha=0,05$). Variável cimento resinoso (cor) ($p<0,0001$), espessura cerâmica ($p=0,0089$) e interação ($p<0,0001$). Valores de $\Delta E>3,3$ a alteração da cor é perceptível.

5.2 Resultados dos valores de Grau de Conversão (GC%) pelo método micro-Raman

A Tabela 4 apresenta os valores das médias (dp) do GC dos grupos experimentais. O cimento resinoso A3 apresentou o maior valor de GC=51,65% com a interposição do disco cerâmico de 0,3 mm e o menor valor foi encontrado no grupo do cimento transparente com disco cerâmico com 1,0 mm de espessura (GC=39,66%).

A análise de variância de 2 fatores (cor do cimento e espessura da cerâmica) demonstrou que as duas variáveis avaliadas foram significativas ($p<0,0001$), e houve interação entre ambas ($p=0,0398$) (gráfico 3).

Tabela 4. Valores das médias (dp) de grau de conversão % dos cimentos resinosos Variolink II (Ivoclar Vivadent) nas três diferentes espessuras de cerâmica (HT A2 e.maxPress, Ivoclar Vivadent) (n=7).

Espessura da cerâmica	Cimentos resinosos		
	Transparente	A3	Opaco
Controle (0 mm)	44,52 ($\pm 1,62$) ^{aA}	47,29 ($\pm 1,78$) ^{bA}	46,16 ($\pm 1,30$) ^{aA}
0,3 mm	45,73 ($\pm 5,75$) ^{aA}	51,65 ($\pm 4,75$) ^{aB}	49,19 ($\pm 3,99$) ^{aAB}
0,5 mm	45,19 ($\pm 7,80$) ^{aA}	49,02 ($\pm 5,24$) ^{aA}	46,53 ($\pm 4,41$) ^{aA}
1,0 mm	39,66 ($\pm 5,88$) ^{bA}	49,37 ($\pm 3,37$) ^{aB}	42,46 ($\pm 9,02$) ^{bA}

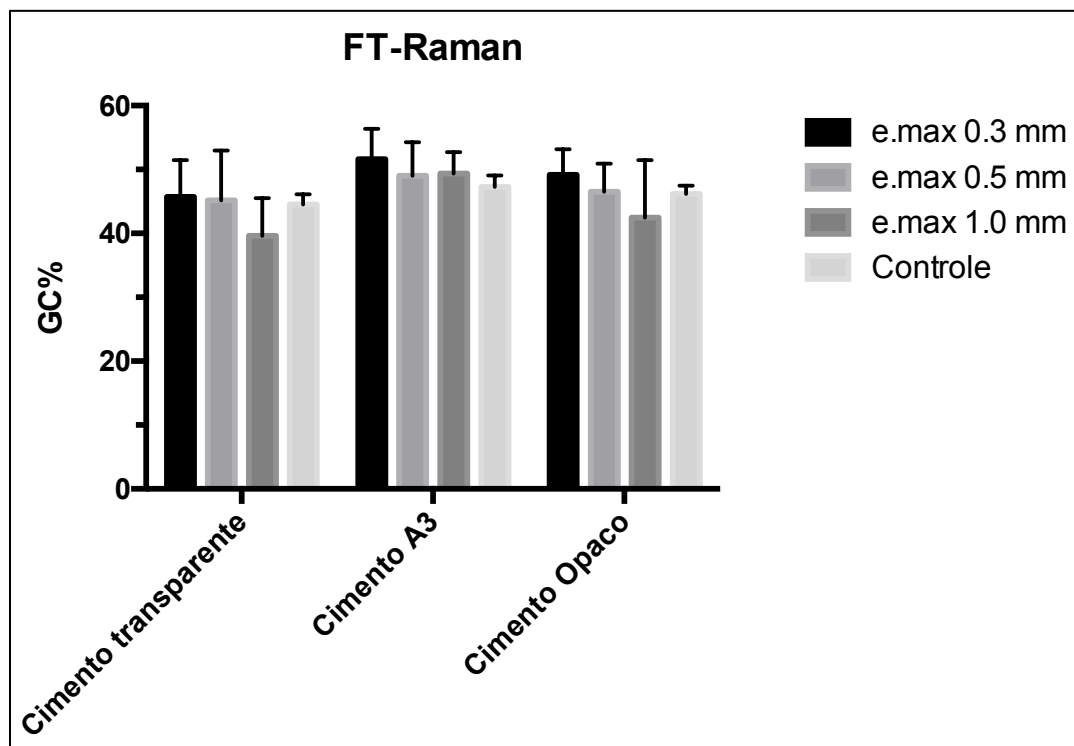
ANOVA 2 fatores e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Letras minúsculas diferentes (análise por coluna) indicam diferença estatística. Letras MAIÚSCULAS diferentes (análise por linha) indicam diferença estatística entre os valores das variáveis estudadas, $p<0,05$.

As três colorações dos cimentos resinosos apresentaram pequenas diferenças entre os valores de GC, no entanto sem diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$).

A atenuação causada pela interposição da cerâmica com 1,0 mm de espessura interferiu negativamente a polimerização dos cimentos resinosos Transparente e Opaco resultando em valores reduzidos no GC 39,66% e 42,46%, respectivamente. Já nas espessuras de 0,3 e 0,5 mm não foi identificado diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) em ambas cores. Para o cimento resinoso A3 a variável espessura cerâmica não influenciou o GC, onde os valores não apresentaram diferença estatística significativa entre as três espessuras avaliadas ($p>0,05$), exceto com o grupo controle.

Considerando a variável espessura cerâmica, os grupos experimentais de 0,5 mm de espessura, os três cimentos resinosos avaliados não apresentaram diferença estatística significativa ($p>0,05$) apesar da coloração A3 apresentar maior valor de GC 49,02%, seguido do Opaco (46,53%) e o Transparente (45,19%).

Gráfico 3: Grau de conversão dos cimentos resinosos Variolink II (base: Transparente, A3 e Opaco) sob três espessuras do disco cerâmico e.maxPress HT A2 (Ivoclar Vivadent) (n=7).



ANOVA 2 fatores ($\alpha=0,05$). As duas variáveis avaliadas (cor do cimento e espessura da cerâmica) foram significativas ($p<0,0001$), e houve interação entre ambas ($p=0,0398$).

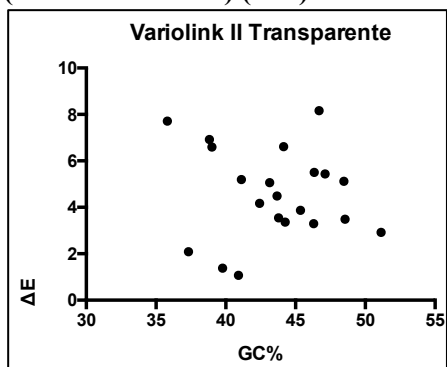
Na espessura 0,3 mm o cimento A3 obteve o maior valor de GC (51,65%) seguido pelo cimento Opaco (49,19%) e Transparente (45,73%), onde entre os dois últimos grupos não houve diferença estatística significativa ($p>0,05$). Mesma situação foi encontrada na espessura de 1,0 mm, cimento A3 apresentou maior GC e os cimentos Opaco e Transparente ficaram no mesmo rank da espessura de 0,3 mm (GC% A3 > Opaco > Transparente).

5.3 Análise de Correlação de Spearman dos três cimentos resinosos Variolink II

Os valores de GC e ΔE de cada cor de cimento foram submetidos à Correlação de Spearman, com nível de significância de 5%. A correlação foi negativa para todos os cimentos resinosos estudados ($p>0,05$).

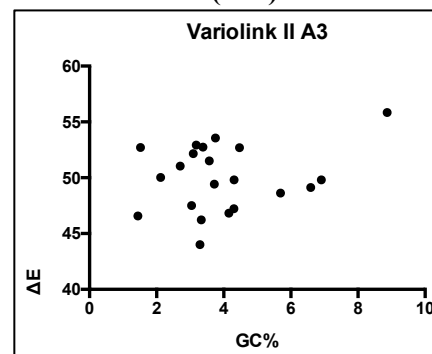
Onde é possível observar nos gráficos 4, 5 e 6 que os valores ficaram dispersos com valores de $r = -0,053$, $r = 0,084$ e $r = 0,097$ (Variolink II base: Transparente, A3 e Opaco, respectivamente).

Gráfico 4: Correlação de Spearman do cimento resinoso Variolink II Transparente (Ivoclar Vivadent) (n=7).



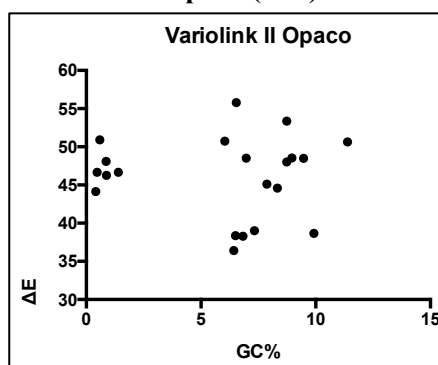
Correlação de Spearman ($\alpha=0,05$)
 $r = -0,053$ ($p=0,818$).

Gráfico 5: Correlação de Spearman do cimento resinoso Variolink II A3 (n=7).



Correlação de Spearman ($\alpha=0,05$)
 $r = 0,084$ ($p=0,715$).

Gráfico 6: Correlação de Spearman do cimento resinoso Variolink II Opaco (n=7).



Correlação de Spearman ($\alpha=0,05$)
 $r = 0,097$ ($p=0,674$).

6 DISCUSSÃO

A primeira hipótese de que não há diferença na cor entre a pasta *try-in* e o cimento resinoso correspondente foi parcialmente rejeitado, pois somente a coordenada de a^* do cimento resinoso Variolink II Opaco não houve diferença entre a pasta *try-in* e os cimentos polimerizados (24 h) e envelhecidos nas três espessuras de cerâmica avaliadas ($p>0,05$), porém para as coordenadas L^* e b^* apresentaram diferenças significativas. Para os outros cimentos (Transparente e A3) as coordenadas L^* a^* b^* apresentaram diferenças quando comparados com os respectivos *try-in*. No presente estudo, os valores de ΔE entre o *try-in* e respectivos cimentos resinosos polimerizados (24 h) foram superiores ao limite de perceptibilidade ($\Delta E=3,3$), estando de acordo com trabalhos disponíveis na literatura que não encontraram similaridade entre a pasta *try-in* e os respectivos cimentos polimerizados (Balderamos et al.¹¹ 1997; ALGhazali et al.² 2010; Rigoni et al.⁷⁰ 2012; Xu et al.⁸⁷ 2014, já Xing e colaboradores⁸⁶ em 2010 encontraram alta concordância na coloração entre ambos, porém avaliaram o cimento e pasta de prova sob discos de resina composta.

Para o cimento Variolink II Transparente o valor de L^* não apresentou diferença entre o cimento polimerizado (24h) e após envelhecimento artificial acelerado (nas espessuras cerâmicas de 0,3 e 0,5 mm), mas em comparação ao respectivo *try-in* houve diferença estatisticamente significativa, onde os valores de L^* ficaram abaixo de 50 e os valores dos cimentos polimerizados acima de 50, demonstrando a tendência do aumento na luminosidade comparado ao *try-in*, situação semelhante observada no cimento cor A3. Desta forma, este comportamento pode induzir ao erro clínico na seleção do cimento resinoso.

No cimento Variolink II Opaco, com relação aos valores de L^* somente o grupo com cerâmica de 0,5 mm não houve diferença estatística significativa entre o *try-in* e cimentos polimerizados (24 h e envelhecido), já os grupos com 0,3 e 1,0 mm foi possível observar uma diferença significativa entre o *try-in* e cimento polimerizado (24 h) e sem diferença estatística entre os cimentos polimerizados nos dois períodos, onde foi observado que o cimento opaco tornou a cerâmica mais luminosa, estando de acordo com o trabalho de Chen et al.¹⁸ 2015.

Com relação à concordância da pasta *try-in* e seu respectivo cimento, os cimentos polimerizados tornaram-se mais luminosos (aumentando o valor de L^*) como observado nos estudos de Heydecke, Zhang, Razzoog³⁷ 2001, Chen et al.¹⁸ 2015 e tendendo ao amarelo, corroborando com os resultados encontrados pelos estudos de Noie, O'Keefe, Powers⁵⁷ 1995; Turgut, Bagis⁸⁰ 2013 e Silami et al.⁷³ 2013 onde também observaram variação na coloração tendendo para o sentido ($+b^*$). Apesar da cor do cimento polimerizado apresentar alteração

em comparação ao respectivo *try-in*, as espessuras mais delgadas das cerâmicas como 0,3 e 0,5 mm sofreram maior influência nas coordenadas de cor CIE-Lab.

Esta discordância entre a pasta de prova *try-in* e o cimento resinoso pode ser dada pelo fato de apresentarem diferenças nos índices de refração, pois um material é a base de glicerina (*try-in*) e o outro a base de monômeros + partículas de carga (cimento resinoso).

A segunda hipótese de que não haveria alteração perceptível do cimento resinoso após o envelhecimento artificial acelerado por 300 horas foi rejeitada, pois os grupos experimentais apresentaram alterações nas coordenadas de cor CIE-Lab acima de $\Delta E=3,3$, exceto o grupo do cimento A3 com espessura cerâmica de 1,0 mm ($\Delta E=3,07$). O grupo que apresentou a maior alteração na coloração foi o cimento opaco com cerâmica de 1 mm ($\Delta E=7,49$).

Este período de envelhecimento artificial acelerado de 300 horas foi selecionado com base no estudo de Hekimoglu e colaboradores³⁶ 2000, que realizaram mensurações da cor das amostras em três períodos distintos de envelhecimento artificial (300h, 600h e 900h) e observaram que não houve diferença significativa entre os períodos avaliados. Há na literatura trabalhos que utilizaram o mesmo período de 300 horas de envelhecimento (Turgut, Bagis⁷⁹ 2011; Silami et al.⁷³ 2013; Turgut et al.⁸¹ 2014a) que segundo o fabricante do equipamento Weather-O-Meter (Atlas Electronic Devices, Chicago, IL, USA) é equivalente a 1 ano de serviço clínico (Heydecke, Zhang, Razzoog³⁷ 2001). Mas há outros trabalhos que utilizaram períodos de 65 horas a 179 horas (Noie, O'Keefe, Powers⁵⁷ 1995; Archegas et al.⁸ 2011; Kilinc et al.⁴⁵ 2011) e períodos de 384 horas a 900 horas (Hekimoglu et al.³⁶ 2000; Pires de Souza et al.⁶⁵ 2009; Magalhães et al.⁵³ 2014).

O grupo controle (cerâmica sem cimento resinoso) apresentou redução no valor da coordenada L* após o envelhecimento artificial acelerado, estando de acordo com o trabalho de Pires de Souza et al.⁶⁵ 2009, onde observaram que as cerâmicas avaliadas se tornaram mais escuras (diminuição do L*) após envelhecimento de 384 horas, alteração esta que não foi perceptível clinicamente ($\Delta E<1,0$). Já no estudo de Turgut, Bagis⁸⁰ 2013, observou-se que as cerâmicas se tornaram mais opacas/luminosas após o envelhecimento.

Neste estudo, foi realizada a simulação dos passos clínicos da cimentação adesiva, sem no entanto, utilizar-se qualquer substrato como disco de resina composta, simulando a estrutura dental (de Azevedo Cubas et al.²⁵ 2011; AlQahtani, Aljuraais, Alshaafi⁵ 2012; Rigoni et al.⁷⁰, 2012; Xu et al.⁸⁷ 2014; Chen et al.¹⁸ 2015) ou dente bovino (ALGhazali et al.² 2010; Magalhães et al.⁵³ 2013; Almeida JR et al.⁴ 2015), pois o intuito foi padronizar e avaliar a coloração do cimento resinoso e a cerâmica (controle), pois sabe-se que o substrato possui grande influência na coloração final da restauração cerâmica (de Azevedo Cubas et al.²⁵

2011). Desta forma, o cimento resinoso ficou com toda superfície exposta ao envelhecimento artificial acelerado, como observado em um dos grupos do trabalho realizado por Kilinc e colaboradores⁴⁵ em 2011, sendo a possível explicação para a alteração da coloração dos cimentos avaliados e resultando em valores superiores a $\Delta E=3,3$.

Nota-se que não há um consenso com relação ao limite de percepção e o valor de ΔE para o clinicamente inaceitável, onde vários estudos da literatura consideram o limite de perceptibilidade $\Delta E=3,3$ (Ruyter, Nilner, Moller⁷² 1987; Noie, O'Keefe, Powers⁵⁷ 1995; Balderamos et al.¹¹, 1997; Archegas et al.⁸ 2011; Magalhães et al.⁵³ 2014), porém um estudo *in vivo* realizado em 1998 por Douglas e Brewer²⁷ observaram que o limite de percepção ficou em $\Delta E=2,6$ e $\Delta E=5,5$ para clinicamente inaceitável. Já os pesquisadores ALGhazali et al.² 2010 consideram o limite $\Delta E=2,5$. E existem outros estudos (Turgut, Bagis⁷⁹ 2011; Turgut, Bagis⁸⁰ 2013; AlQahtani, Aljuraiss, Alshaafi⁵ 2012) que consideram o limite de $\Delta E=3,5$.

Diante desta divergência no consenso do limite de perceptibilidade e aceitabilidade na coloração das restaurações Paul et al.⁶², 2002 observaram que o olho humano é 33 % menos preciso do que o espectrofotômetro. Apesar do espectrofotômetro identificar alteração na coloração algumas pessoas não conseguem identificá-las, pois a interpretação da cor é subjetiva para o ser humano e envolve todos os sentidos, não somente o da visão, onde a emoção e experiência clínica de cada indivíduo pode influenciar na interpretação da cor final (Liu et al.⁵² 2010). Sendo assim, a decisão se a coloração da prótese cerâmica está satisfatória deve ser tomada conjuntamente entre o clínico e o paciente.

Com relação ao Grau de conversão é possível avaliar esta variável de forma direta (pelo método FT-IR e Raman) ou indireto (microdureza). Foi selecionado o método direto FT-Raman, pelo fato de não haver necessidade de preparação prévia da amostra, sem a destruição da mesma, ao contrário do método FT-IR (Shin et al.⁷⁶ 1993; Vandenabeele⁸⁴ 2010) assim possibilitou a utilização das mesmas amostras submetidas à análise de cor inicial no espectrofotômetro de ser mensurado o GC pelo método de espectroscopia micro-Raman e depois ser submetida ao envelhecimento artificial acelerado e ao final deste período ser avaliado novamente pelo espectrofotômetro para calcular a alteração da cor (ΔE).

Nos três cimentos resinosos avaliados (base do Variolink II: Transparente, A3 e Opaco) observou-se que o GC diminuiu ao passo que a espessura da cerâmica aumentou. Estando de acordo com a literatura onde os trabalhos demonstraram que o valor de GC diminui pela interposição de cerâmicas mais espessas, por causa da diminuição da translucidez e transmissão da luz (Dias et al.²⁶, 2008; Ilie, Hickel³⁹ 2008; Wang, Takahashi,

Iwasaki⁸⁵ 2013; Barizon et al.¹⁴ 2014), sendo o valor de GC inversamente proporcional à espessura da cerâmica interposta (Lee, Cha, Lee⁵¹ 2011; Runnacles et al.⁷¹ 2014). Spink⁷⁸ e colaboradores (2013) observaram que a transmissão de luz na cerâmica e.max HT reduziu 9,05% quando sua espessura dobrou (de 0,5 mm para 1,0 mm) e no presente estudo observou-se que a taxa de conversão diminuiu 12,24% e 8,75% para o cimento Variolink II Transparente e Opaco, respectivamente, quando a cerâmica passou de 0,5 mm para 1,0 mm de espessura. Barizon et al.¹⁴ 2014 observaram em seu estudo que a espessura da cerâmica a base de dissilicato de lítio afeta mais a translucidez do que a cor (matiz da cerâmica) e a mesma equipe (Barizon et al.¹³ 2013) demonstrou que o parâmetro de translucidez e razão de contraste podem ser utilizados para avaliar a translucidez relativa dos sistemas cerâmicos, desta forma podendo relacionar os estudos que utilizam parâmetros diferentes para mensurar a translucidez das cerâmicas.

O maior valor de GC foi observado no grupo do cimento A3 com espessura cerâmica de 0,3 mm (51,65%), já o menor valor foi do cimento transparente com 1,0 mm de espessura cerâmica (39,66%). Trabalhos realizados em 2013 pelos pesquisadores AlQahtani, AlShaafi, Price⁶ e Passos et al.⁶⁰ 2013a demonstraram que o GC é influenciada pela cor do cimento, onde o cimento mais saturado, que apresenta maior concentração de foto-iniciador (por exemplo canforoquinona), apresentou maior GC em comparação ao cimento menos saturado, estando de acordo com o presente estudo. Não houve diferença estatisticamente significativa entres os valores de GC do grupo controle (sem interposição de cerâmica) dos três cimentos resinosos avaliados, porém o valor de GC do cimento A3 foi superior ao Opaco seguido do Transparente (47,29%, 46,16% e 44,52%, respectivamente). Onde estes valores foram semelhantes aos grupos polimerizados com interposição de cerâmicas de 0,5 mm (para as três colorações de cimentos resinosos avaliados), estando de acordo com o trabalho realizado pelos pesquisadores Runnacles e colaboradores⁷¹ em 2014.

No presente trabalho, apesar de não haver correlação entre o grau de conversão e estabilidade de cor, houve a diminuição do GC% quando a espessura da cerâmica aumentou e o valor de ΔE aumentou no grupo do cimento Variolink II Opaco. Logo, o cimento resinoso com baixa taxa de conversão é mais suscetível à absorção de água, pois há a liberação de monômeros não reagidos ou subprodutos da degradação hidrolítica da matriz de resina, o que afetam não somente suas propriedades mecânicas e físicas, como também sua durabilidade (Manso et al.⁵⁴ 2011). No grupo do cimento A3 houve uma diminuição significativa no valor de ΔE e para o cimento Transparente houve uma ligeira diminuição no ΔE , mas sem diferença significativa, estando parcialmente de acordo com os achados de Imazato e colaboradores⁴¹

em 1995 onde os dados coletados indicaram que o grau de conversão foi inversamente proporcional à descoloração, observando que quanto maior o grau de conversão menor foi a descoloração.

Para a simulação da cimentação adesiva optou-se em seguir o protocolo clínico para fixação de peças cerâmica delgadas, onde após o condicionamento da superfície cerâmica com ácido fluorídrico por 20 segundos, pode ter influenciado na coordenada L*, pois Turgut et al.⁸² 2014b observaram que o tipo de tratamento da superfície cerâmica pode influenciar a translucidez da cerâmica, e aplicação do silano, foi aplicado uma fina camada de adesivo hidrófobo e sem polimerizar esta camada foi realizado o processo de cimentação, fotopolimerizando todo conjunto, peça cerâmica + adesivo + cimento resinoso, pois se fotopolimerizar previamente o sistema adesivo na peça e no substrato dentário (situação clínica), há risco de ficar uma camada espessa em alguma região que pode comprometer a adaptação da peça quando for acomodá-la sobre o preparo. O estudo realizado por Coelho Santos e colaboradores²³ em 2005 observaram que alguns sistemas adesivos avaliados obtiveram valores de resistência de união à microtração similar entre os grupos que foram fotopolimerizados previamente por 20 segundos com os grupos que não foram fotopolimerizados e foi observado que a espessura da camada de adesivo ficou entre 3,4 a 51,3 μm , dependendo da área avaliada.

Quanto à espessura do cimento resinoso no presente estudo, foi padronizada através de uma matriz de silicone com uma cavidade de 0,1 mm (100 μm) profundidade, estando de acordo com trabalhos que utilizaram a mesma espessura de cimento (Turgut, Bagis⁷⁹ 2011; AlQahtani, Aljuraes, Alshaafi⁵ 2012; Turgut, Bagis⁸⁰ 2013; Niu, Agustin, Douglas⁵⁸; Turgut et al.⁸¹ 2014a; Turgut et al.⁸² 2014b; Chen et al.¹⁸ 2015) e no estudo conduzido pelos pesquisadores Ishikiriama e colaboradores⁴² em 2013 observaram que as forças geradas durante a contração de polimerização de cimentos resinosos foi menor para o grupo com espessura de 0,1 mm comparado aos outros grupos experimentais com espessuras de 0,3 e 0,5 mm. No entanto, há alguns trabalhos que utilizaram 0,2 mm de espessura (Archegas et al.⁸ 2011; de Azevedo Cubas et al.²⁵ 2011; Kürklü et al.⁴⁸ 2013), 0,3 mm (Hekimoglu et al.³⁶ 2000; Niu, Agustin, Douglas⁵⁸ 2014), 0,5 mm (Heydecke, Zhang, Razzoog³⁷ 2001; Kucukesmen et al.⁴⁶ 2008), 1,0 mm de espessura (Noie, O'Keefe, Powers⁵⁷ 1995, Kilinc et al.⁴⁵ 2011) e até 2,0 mm (Falkensammer et al.³⁰ 2013), onde este volume de cimento resinoso não representa a situação clínica.

No presente estudo foi utilizado o fotopolimerizador Bluephase G2 (Ivoclar Vivadent) com intensidade de luz de 1200 mW/cm^2 , pois no estudo realizado pelos pesquisadores

Ribeiro et al.⁶⁹ em 2012 relataram que o LED de ultima geração (*polywave*) geraram maiores valores de grau de conversão comparados à outros equipamento LED de segunda geração e halógenos. E no estudo conduzido pelos autores Miletic, Santini⁵⁶ em 2012, observaram que os materiais resinosos que contêm tanto o fotoiniciador TPO e CQ são eficazmente polimerizados pelo LED (*polywave*). Em 2013b em um estudo realizados pelos pesquisadores Passos e colaboradores⁶¹, observaram que o tipo de luz afetou a resistência de união entre cerâmica e dentina após a termociclagem de 12.000 ciclos (LED > QTH).

O tempo de fotopolimerização utilizado foi de 40 segundos (Balderamos et al.¹¹, 1997; Lee, Cha, Lee⁵¹ 2011; Turgut, Bagis⁷⁹ 2011; Archegas et al.⁹ 2012; AlQahtani, Aljurais, Alshaafi⁵ 2012; Passos et al.⁶⁰ 2013a; Silami et al.⁷³ 2013; Silva et al.⁷⁴ 2013; Turgut, Bagis⁸⁰ 2013; Turgut et al.⁸¹ 2014a; Chen et al.¹⁸ 2015), mesmo tempo de exposição e equipamento fotopolimerizador utilizado no estudo de Archegas et al.⁸ 2011. Em outros estudos Lee, Cha, Lee⁵¹ 2011; Archegas et al.⁹ 2012 avaliaram as propriedades mecânicas de cimentos resinosos fotopolimerizável e dual e relataram que o tempo de fotoativação influencia o grau de conversão, dureza e módulo de elasticidade e concluíram que a exposição de luz por tempo prolongado resultaram em valores superiores nas propriedades avaliadas em comparação ao grupo que foi exposto por menos tempo. Apesar de utilizarem cimentos de fabricantes diferentes, eles possuem componentes similares como Bis-GMA, TEGDMA e peso de carga inorgânica, corroborando com o estudo de Ilie, Hickel³⁹ 2008 observaram que os fatores (tempo de fotoativação, tipo de cerâmica, espessura da cerâmica e translucidez) são altamente significativos sobre a dureza do cimento resinoso Variolink II, onde o maior efeito foi do tempo de fotoativação, seguido da translucidez, tipo de cerâmica e espessura da cerâmica. Logo, estes dados coletados laboratorialmente podem ser utilizados clinicamente, assim recomenda-se a fotopolimerização por um tempo maior ao recomendado pelo fabricante para aumentar o desempenho do material resinoso, independente do fabricante e tipo de luz e ativação do cimento resinoso.

Desta forma, os agentes cimentantes apresentam um fator determinante no resultado estético final dos trabalhos com cerâmicas delgadas e as propriedades físico-mecânicas, bem como estabilidade de cor destes materiais expostos às intempéries da cavidade oral geram preocupações e assim sugere-se mais estudos com outros materiais e testes *in vitro* e *in vivo* para complementar os recentes achados.

7 CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo *in vitro*, as seguintes conclusões foram tiradas.

As pastas de prova *try-in* avaliadas não apresentaram concordância com seus respectivos cimentos resinosos.

Os cimentos resinosos polimerizados (24h) e após envelhecimento artificial acelerado apresentaram as coordenadas de cor **L*** e **a*** semelhantes e a coordenada **b*** que apresentou diferença tendendo ao amarelo. No entanto, não houve estabilidade de cor dos cimentos resinosos avaliados pois houve alteração na coloração após as 300 horas de envelhecimento artificial acelerado, onde os valores de ΔE foram acima de 3,3 exceto para o grupo do cimento cor A3 com espessura de cerâmica de 1,0 mm.

O Grau de conversão foi influenciado pela cor do cimento, onde o mais saturado apresentou maior taxa de conversão, ao passo que o valor de GC diminuiu quando a espessura do disco cerâmico interposto aumentou. Não houve relação entre o GC e ΔE .

REFERÊNCIAS*

1. Albuquerque PP, Moreira AD, Moraes RR, Cavalcante LM, Schneider LF. Color stability, conversion, water sorption and solubility of dental composites formulated with different photoinitiator systems J Dent. 2013 Aug;41 Suppl 3:e67-72. doi: 10.1016/j.jdent.2012.11.020. Epub 2012 Dec 8.
2. ALGhazali N, Laukner J, Burnside G, Jarad FD, Smith PW, Preston AJ. An investigation into the effect of try-in pastes, uncured and cured resin cements on the overall color of ceramic veneer restorations: an in vitro study. J Dent. 2010;38 Suppl 2:e78-86.
3. Alhekeir DF, Al-Sarhan RA, Al Mashaan AF. Porcelain laminate veneers: Clinical survey for evaluation of failure. Saudi Dent J. 2014 Apr;26(2):63-7. doi: 10.1016/j.sdentj.2014.02.003. Epub 2014 Mar 26.
4. Almeida JR, Schmitt GU, Kaizer MR, Boscato N, Moraes RR. Resin-based luting agents and color stability of bonded ceramic veneers. J Prosthet Dent. 2015 Apr 13. pii: S0022-3913(15)00040-2. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.01.008. [Epub ahead of print]
5. AlQahtani MQ, Aljuraif RM, Alshaafi MM. The effects of different shades of resin luting cement on the color of ceramic veneers. Dent Mater J. 2012;31(3):354-61. Epub 2012 May 14.
6. AlQahtani MQ, AlShaafi MM, Price RB. Effects of single-peak vs polywave light-emitting diode curing lights on the polymerization of resin cement. J Adhes Dent. 2013 Dec;15(6):547-51. doi: 10.3290/j.jad.a29634.
7. Anter KF. Light and Colour – Concepts and their use. In: Arnkil H, Anter KF, Klaren U. Colour and Light – Concepts and Confusions. 2. Ed. Helsinki: Aalto University. 2015.
8. Archegas LR, Freire A, Vieira S, Caldas DB, Souza EM. Colour stability and opacity of resin cements and flowable composites for ceramic veneer luting after accelerated ageing. J Dent. 2011 Nov;39(11):804-10.
9. Archegas LR, de Menezes Caldas DB, Rached rN, Soares P, Souza EM. Effect of ceramic veneer opacity and exposure time on the polymerization efficiency of resin cements. Oper Dent. 2012 May-Jun;37(3):281-9. doi: 10.2341/11-134-L. Epub 2012 Feb 7.
10. Arnkil H. Lightness and brightness and others confusions. In: Arnkil H, Anter KF, Klaren U. Colour and Light – Concepts and Confusions. 2. Ed. Helsinki: Aalto University. 2015
11. Balderamos LP, O'Keefe KL, Powers JM. Color accuracy of resin cements and try-in pastes. Int J Prosthodont. 1997 Mar-Apr;10(2):111-5.
12. Barath VS, Faber FJ, Westland S, Niedermeier W. Spectrophotometric analysis of all-ceramic materials and their interaction with luting agents and different backgrounds. Adv Dent Res. 2003 Dec;17:55-60.
13. Barizon KT, Bergeron C, Vargas MA, Qian F, Cobb DS, Gratton DG, Geraldeli S. Ceramic materials for porcelain veneers. Part I: Correlation between translucency

* De acordo com a norma do Programa de Pós-graduação em Odontologia Stricto-sensu da UEPG, baseada no modelo Vancouver. Abreviaturas dos periódicos em conformidade com o *Medline*.

- parameters and contrast ratio. *J Prosthet Dent.* 2013 Nov;110(5):397-401. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.06.008. Epub 2013 Aug 30.
14. Barizon KT, Bergeron C, Vargas MA, Qian F, Cobb DS, Gratton DG, Geraldeli S. Ceramic materials for porcelain veneers: part II. Effect of material, shade, and thickness on translucency. *J Prosthet Dent.* 2014 Oct;112(4):864-70. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.05.016. Epub 2014 Jun 24.
 15. Beier US, Kapferer I, Burtscher D, Dumfahrt H. Clinical performance of porcelain laminate veneers for up to 20 years. *Int J Prosthodont.* 2012 Jan-Feb;25(1):79-85.
 16. Bernardo RT, Obici AC, Sinhoreti MAC. Efeito da ativação química ou dual na microdureza knoop de cimentos resinosos. *Cienc Odontol Bras* 2008 out./dez.; 11 (4): 80-85.
 17. Borges GA, Agarwal P, Miranzi BAS, Platt JA, Valentino TA, Santos PH. Influence of different ceramics on resin cement Knoop hardness number. *Oper Dent.* 2008;33(6):622-8.
 18. Chen XD, Hong G, Xing WZ, Wang YN. The influence of resin cements on the final color of ceramic veneers. *J Prosthodont Res.* 2015 Jul;59(3):172-7. doi: 10.1016/j.jpor.2015.03.001. Epub 2015 Apr 1.
 19. Christensen GJ. The rise of resin for cementing restorations. *J Am Dent Assoc.* 1993 Oct;124(10):104-5.
 20. Christensen GJ. Thick or thin veneers? *J Am Dent Assoc.* 2008 Nov;139(11):1541-3.
 21. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38 Suppl 2:e2-16. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.001. Epub 2010 Aug 1.
 22. CIE. Technical report: Colorimetry. CIE Pub N° 15, CIE Central, Bureau, Vienna, Austria 2004.
 23. Coelho Santos MJ1, Navarro MF, Tam L, McComb D. The effect of dentin adhesive and cure mode on film thickness and microtensile bond strength to dentin in indirect restorations. *Oper Dent.* 2005 Jan-Feb;30(1):50-7.
 24. Collares FM, Portella FF, Leitune VC, Samuel SM. Discrepancies in degree of conversion measurements by FTIR. *Braz Oral Res.* 2014 Jan-Feb;28(1):9-15.
 25. de Azevedo Cubas GB, Camacho GB, Demarco FF, Pereira-Cenci T. The Effect of Luting Agents and Ceramic Thickness on the Color Variation of Different Ceramics against a Chromatic Background. *Eur J Dent.* 2011 Jul;5(3):245-52.
 26. Dias MC, Piva E, de Moraes RR, Ambrosano GM, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L. UV-Vis spectrophotometric analysis and light irradiance through hot-pressed and hot-pressed-veneered glass ceramics. *Braz Dent J.* 2008;19(3):197-203.
 27. Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent.* 1998 Mar;79(3):254-60.
 28. el-Badrawy WA, el-Mowafy OM. Chemical versus dual curing of resin inlay cements. *J Prosthet Dent.* 1995 Jun;73(6):515-24.
 29. El-Mowafy OM, Rubo MH. Influence of composite inlay/onlay thickness on hardening of dual-cured resin cements. *J Can Dent Assoc.* 2000 Mar;66(3):147.

30. Falkensammer F, Arnetzl GV, Wildburger A, Freudenthaler J. Color stability of different composite resin materials. *J Prosthet Dent*. 2013 Jun;109(6):378-83. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60323-6.
31. Fradeani M, Redemagni M, Corrado M. Porcelain laminate veneers: 6- to 12-year clinical evaluation-a retrospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2005 Feb;25(1):9-17.
32. Goldstein, RE. *A estética em odontologia*. 2.ed. São Paulo: Santos. 2000.
33. Gürel G. Porcelain laminate veneers: minimal tooth preparation by design. *Dent Clin North Am*. 2007 Apr; 51(2):419-31.
34. Haddad MF, Rocha EP, Assunção WG. Cementation of prosthetic restorations: from conventional cementation to dental bonding concept. *J Craniofac Surg*. 2011 May;22(3):952-8.
35. Halliday D, Resnick R, Walker J. Ondas eletromagnéticas. In: *Fundamentos de Física*, volume 4: óptica e física moderna. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
36. Hekimoglu C, Anil N, Etikan I. Effect of accelerated aging on the color stability of cemented laminate veneers. *International Journal of Prosthodontics* 2000;13:29–33.
37. Heydecke G, Zhang F, Razzoog ME. In vitro color stability of double-layer veneers after accelerated aging. *J Prosthet Dent*. 2001 Jun;85(6):551-7.
38. Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J Oral Rehabil*. 2001 Nov;28(11):1022-8.
39. Ilie N, Hickel R. Correlation between ceramics translucency and polymerization efficiency through ceramics. *Dent Mater*. 2008 Jul;24(7):908-14. Epub 2008 Feb 21.
40. Imai Y, Ikeda Y. Effect of adding ethylene glycol dimethacrylate to resin cements: durability against thermal stress of adhesion to titanium. *Dent Mater J*. 1997 Jun;16(1):74-7.
41. Imazato S, Tarumi H, Kobayashi K, Hiraguri H, Oda K, Tsuchitani Y. Relationship between the degree of conversion and internal discoloration of light-activated composite. *Dent Mater J*. 1995 Jun;14(1):23-30.
42. Ishikiriyama SK, Maenosono RM, Oda DF, Ordóñez-Aguilera JF, Wang L, Mondelli RF. Influence of volume and activation mode on polymerization shrinkage forces of resin cements. *Braz Dent J*. 2013;24(4):326-9. doi: 10.1590/0103-6440201302113.
43. Janda R, Roulet JF, Latta M, Steffin G, Rüttermann S. Color stability of resin-based filling materials after aging when cured with plasma or halogen light. *Eur J Oral Sc*. 2005 Jun;113:251–7.
44. Jivraj SA, Kim TH, Donovan TE. Selection of luting agents, part 1. *J Calif Dent Assoc*. 2006 Feb;34(2):149-60.
45. Kilinc E, Antonson SA, Hardigan PC, Kesercioglu A. Resin cement color stability and its influence on the final shade of all-ceramics. *J Dent*. 2011 Jul;39 Suppl 1:e30-6.
46. Kucukesmen HC, Usumez A, Ozturk N, Eroglu E. Change of shade by light polymerization in a resin cement polymerized beneath a ceramic restoration. *J Dent*. 2008 Mar;36(3):219-23. doi: 10.1016/j.jdent.2007.12.005. Epub 2008 Feb 1.

47. Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. *Int J Prosthodont.* 2004;17(3):357-63.
48. Kürklü D, Azer SS, Yilmaz B, Johnston WM. Porcelain thickness and cement shade effects on the colour and translucency of porcelain veneering materials. *J Dent.* 2013 Nov;41(11):1043-50. doi: 10.1016/j.jdent.2013.08.017. Epub 2013 Sep 1.
49. Lawn BR, Pajares A, Zhang Y, Deng Y, Polack MA, Lloyd IK, et al. Materials design in the performance of all-ceramic crowns. *Biomaterials.* 2004;25(14):2885-92.
50. Layton D, Walton T. An up to 16-year prospective study of 304 porcelain veneers. *Int J Prosthodont.* 2007 Jul-Aug;20(4):389-96.
51. Lee JW, Cha HS, Lee JH. Curing efficiency of various resin-based materials polymerized through different ceramic thicknesses and curing time. *J Adv Prosthodont.* 2011 Sep;3(3):126-31. doi: 10.4047/jap.2011.3.3.126. Epub 2011 Sep 25.
52. Liu MC, Aquilino SA, Lund PS, Vargas MA, Diaz-Arnold AM, Gratton DG, Qian F. Human perception of dental porcelain translucency correlated to spectrophotometric measurements. *J Prosthodont.* 2010 Apr;19(3):187-93. doi: 10.1111/j.1532-849X.2009.00542.x. Epub 2009 Dec 16.
53. Magalhães AP, Cardoso Pde C, de Souza JB, Fonseca RB, Pires-de-Souza Fde C, Lopez LG. Influence of activation mode of resin cement on the shade of porcelain veneers. *J Prosthodont.* 2014 Jun;23(4):291-5. doi: 10.1111/jopr.12098. Epub 2013 Oct 7.
54. Manso AP, Silva NR, Bonfante EA, Pegoraro TA, Dias RA, Carvalho RM. Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dent Clin North Am.* 2011 Apr;55(2):311-32.
55. Melo TS, Kano P, Araujo Junior EM. Avaliação e reprodução cromática em odontologia restauradora. Parte I: O mundo das cores. *Clín Int J Braz Dent.* 2005;1(2):95-104.
56. Miletic V, Santini A. Micro-Raman spectroscopic analysis of the degree of conversion of composite resins containing different initiators cured by polywave or monowave LED units. *J Dent.* 2012 Feb;40(2):106-13. doi: 10.1016/j.jdent.2011.10.018. Epub 2011 Nov 6.
57. Noie F, O'Keefe KL, Powers JM. Color stability of resin cements after accelerated aging. *Int J Prosthodont.* 1995 Jan-Feb;8(1):51-5.
58. Niu E, Agustin M, Douglas RD. Color match of machinable lithium disilicate ceramics: Effects of cement color and thickness. *J Prosthet Dent.* 2014 Jan;111(1):42-50. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.09.005. Epub 2013 Nov 8.
59. Paravina RD, Ontiveros JC, Powers JM. Curing-dependent changes in color and translucency parameter of composite bleach shades. *J Esthet Restor Dent.* 2002;14(3):158-66.
60. Passos SP, Kimpara ET, Bottino MA, Santos GC Jr, Rizkalla AS. Effect of ceramic shade on the degree of conversion of a dual-cure resin cement analyzed by FTIR. *Dent Mater.* 2013a Mar;29(3):317-23. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.014. Epub 2012 Dec 20.
61. Passos SP, Souza RO, Michida SM, Zamboni SC, Oliveira SH. Effects of cement-curing mode and light-curing unit on the bond durability of ceramic cemented to dentin. *Braz Oral Res.* 2013b Mar-Apr;27(2):169-75. Epub 2013 Mar 1.

62. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res.* 2002 Aug;81(8):578-82.
63. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. Porcelain veneers: a review of the literature. *J Dent.* 2000 Mar;28(3):163-77.
64. Pick B, Gonzaga CC, Junior WS, Kawano Y, Braga RR, Cardoso PE. Influence of curing light attenuation caused by aesthetic indirect restorative materials on resin cement polymerization. *Eur J Dent.* 2010 Jul;4(3):314-23.
65. Pires-de-Souza Fde C, Casemiro LA, Garcia Lda F, Cruvinel DR. Color stability of dental ceramics submitted to artificial accelerated aging after repeated firings. *J Prosthet Dent.* 2009 Jan;101(1):13-8. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60282-6.
66. Rasetto FH, Driscoll CF, Prestipino V, Masri R, von Fraunhofer JA. Light transmission through all-ceramic dental materials: a pilot study. *J Prosthet Dent.* 2004 May;91(5):441-6.
67. Rawls HR. Polímeros Odontológicos. In: Anusavice KJ. *Phillips Materiais Dentários.* 11^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier Ltda; 2005. p.135-159.
68. Rawls HR, Esquivel-Upshaw J. Resinas Restauradoras. In: Anusavice KJ. *Phillips Materiais Dentários.* 11^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier Ltda; 2005. p. 375-417.
69. Ribeiro BC, Boaventura JM, Brito-Gonçalves Jd, Rastelli AN, Bagnato VS, Saad JR. Degree of conversion of nanofilled and microhybrid composite resins photo-activated by different generations of LEDs. *J Appl Oral Sci.* 2012 Mar-Apr;20(2):212-7.
70. Rigoni P, Amaral FL, França FM, Basting RT. Color agreement between nanofluorapatite ceramic discs associated with try-in pastes and with resin cements. *Braz Oral Res.* 2012 Nov-Dec;26(6):516-22.
71. Runnacles P, Correr GM, Baratto Filho F, Gonzaga CC, Furuse AY. Degree of conversion of a resin cement light-cured through ceramic veneers of different thicknesses and types. *Braz Dent J.* 2014 Jan-Feb;25(1):38-42.
72. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987 Oct;3(5):246-51.
73. Silami FD, Mundim FM, Garcia Lda F, Sinhoreti MA, Pires-de-Souza Fde C. Color stability of experimental composites containing different photoinitiators. *J Dent.* 2013 Aug;41 Suppl 3:e62-6. doi: 10.1016/j.jdent.2012.10.009. Epub 2012 Oct 23.
74. Silva EM, Noronha-Filho JD, Amaral CM, Poskus LT, Guimarães JG. Long-term degradation of resin-based cements in substances present in the oral environment: influence of activation mode. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(3):271-7. doi: 10.1590/1679-775720130026.
75. Shen C. Cimentos Odontológicos. In: Anusavice KJ. *Phillips Materiais Dentários.* 11^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier Ltda; 2005. p. 419-468.
76. Shin WS, Li XF, Schwartz B, Wunder SL, Baran GR. Determination of the degree of cure of dental resins using Raman and FT-Raman spectroscopy. *Dent Mater.* 1993 Sep;9(5):317-24.
77. Spear F, Holloway J. Which All-Ceramic System Is Optimal for Anterior Esthetics? *J Am Dent Assoc* 2008;139:19S-24S.

78. Spink LS, Rungruanganut P, Megremis S, Kelly JR. Comparison of an absolute and surrogate measure of relative translucency in dental ceramics. *Dent Mater.* 2013 Jun;29(6):702-7. doi: 10.1016/j.dental.2013.03.021. Epub 2013 Apr 22.
79. Turgut S, Bagis B. Colour stability of laminate veneers: an in vitro study. *J Dent.* 2011 Dec;39 Suppl 3:e57-64. doi: 10.1016/j.jdent.2011.11.006. Epub 2011 Nov 12.
80. Turgut S, Bagis B. Effect of resin cement and ceramic thickness on final color of laminate veneers: an in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2013 Mar;109(3):179-86. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60039-6.
81. Turgut S, Bagis B, Turkaslan SS, Bagis YH. Effect of ultraviolet aging on translucency of resin-cemented ceramic veneers: an in vitro study. *J Prosthodont.* 2014a Jan;23(1):39-44. doi: 10.1111/jopr.12061. Epub 2013 May 31.
82. Turgut S, Bagis B, Ayaz EA, Korkmaz FM, Ulusoy KU, Bagis YH. How will surface treatments affect the translucency of porcelain laminate veneers? *J Adv Prosthodont.* 2014b Feb;6(1):8-13. doi: 10.4047/jap.2014.6.1.8. Epub 2014 Feb 14.
83. Uludag B, Ozturk O, Ozturk AN. Microleakage of ceramic inlays luted with different resin cements and dentin adhesives. *J Prosthet Dent.* 2009 Oct;102(4):235-41.
84. Vandenabeele P. Raman spectroscopy. *Anal Bioanal Chem.* 2010 Aug;397(7):2629-30. doi: 10.1007/s00216-010-3872-8.
85. Wang F, Takahashi H, Iwasaki N. Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *J Prosthet Dent.* 2013 Jul;110(1):14-20. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60333-9.
86. Xing W, Jiang T, Ma X, Liang S, Wang Z, Sa Y, Wang Y. Evaluation of the esthetic effect of resin cements and try-in pastes on ceromer veneers. *J Dent.* 2010;38 Suppl 2:e87-94.
87. Xu B, Chen X, Li R, Wang Y, Li Q. Agreement of try-in pastes and the corresponding luting composites on the final color of ceramic veneers. *J Prosthodont.* 2014 Jun;23(4):308-12. doi: 10.1111/jopr.12109. Epub 2014 Jan 6.

ANEXO A

Relatório do ensaio de intemperismo artificial em câmara de arco xenônio realizado
pelo Instituto LACTEC



Relatório
REL DVEE 2828/2014

Página 1 de 4
Emissão: 16/09/2014

Título:	ENSAIO DE INTEMPERISMO ARTIFICIAL EM CÂMARA DE ARCO XENÔNIO
Objetivo:	Ensaio de intemperismo artificial com base na norma ASTM G 155 – Ciclo 1.
Orçamento:	Nº DVEE_8278/2014
Protocolo:	Nº 20892
Solicitante:	Antonio S. Sakamoto JR. R. DR. Manoel Linhares de Lacerda, 84 – Apº 202 - B Capão Raso - Curitiba / PR 81.110 - 100 A/C: Antonio S. Sakamoto JR.
Amostra:	Amostras de resina
Executante:	Instituto Lactec Rodovia BR-116, km 98, nº 8813 Jardim das Américas Caixa Postal 19067 CEP 81531-980 Curitiba – Paraná – Brasil

Equipe técnica:

Franciele Ines de Carvalho Silva
Técnica Química

Emitido por:

Franciele Ines de Carvalho Silva
Departamento de Eletricidade e Materiais

Aprovado por:

Marilda Munaro
CRQ IX - 09200661
Departamento de Eletricidade e Materiais

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Relatório
REL DVEE 2828/2014**1 INTRODUÇÃO**

O objetivo deste relatório é apresentar a metodologia de ensaio de intemperismo artificial a qual amostras de resina foram submetidas.

2 AMOSTRA

Amostras de resina acopladas em placas de acrílico (Figura 1) recebidas em 16/07/2014 (primeira remessa) e 01/09/2014 (segunda remessa).



Figura 1: Imagem com modelo das amostras recebidas para ensaio.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Relatório

REL DVEE 2828/2014

3 MÉTODO DE ENSAIO

3.1 Normas

- **ASTM G155:2013, Cycle 1:** *Standard Test Method for Operating Xenon Arc Apparatus for Exposure of Non Metallic Materials. USA.*

3.2 Equipamentos e Materiais

- Câmara *Weather-Ometer*, fabricante ATLAS, modelo Ci4000, nº série 22565, patrimônio 04170, Figura 2.



Figura 2: Imagem da câmara de intemperismo artificial.

3.3 Procedimento de ensaio

O ensaio de intemperismo artificial foi realizado em amostras descritas no item 2, em câmara Weather-Ometer Ci4000, com base na norma ASTM G155 – Ciclo 1. Os períodos de exposição foram de 120 (cento e vinte) horas para a primeira placa entregue e 300 (trezentas) horas para a segunda placa entregue. As condições operacionais de exposição estão descritas na Tabela 1.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Relatório

REL DVEE 2828/2014

Tabela 1: Condições operacionais de exposição.

Equipamento: Weather-Ometer Ci4000 Atlas Lâmpada de xenônio 4500- 6500 W (resfriada por água)	
Condição	Ciclo de Luz
Irradiância Automática	$0.35 \pm 0.05 \text{ W/m}^2$ a 340 nm
Temperatura Painel Preto	$63 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Ciclo	102 min. de luz 18 min. de luz + aspersão
Sistema de filtros	Interno e externo de borosilicato

4 RESULTADOS

Após o término do ensaio as amostras foram entregues ao solicitante sem a realização de inspeção visual e/ou ensaio posterior.

5 COMENTÁRIOS

A análise conclusiva dos resultados apresentados será de responsabilidade do solicitante.

* * *

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

APÊNDICE A

Valores de ΔE submetidos à Análise de Variância de 2 fatores e pós-teste de Tukey com nível de significância de 5%

Análise estatística dos valores de ΔE entre *try in* e respectivos cimentos resinosos polymerizados (24h)

2way ANOVA Tabular results					
Table Analyzed	DeltaE try e cimentos 24h				
Two-way ANOVA	Ordinary				
Alpha	0.05				
Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	17.86	< 0.0001	****	Yes	
Cor do try in e cimento	40.49	< 0.0001	****	Yes	
Espessura cerâmica	14.23	< 0.0001	****	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	3028	6	504.6	F (6, 240) = 26.06	P < 0.0001
Cor do try in e cimento	6863	3	2288	F (3, 240) = 118.1	P < 0.0001
Espessura cerâmica	2412	2	1206	F (2, 240) = 62.28	P < 0.0001
Residual	4648	240	19.37		
Number of missing values	0				

Análise estatística dos valores de ΔE entre cimentos resinosos polymerizados nos dois períodos (24 h e após EAA).

2way ANOVA Tabular results					
Table Analyzed	DeltaE cimentos				
Two-way ANOVA	Ordinary				
Alpha	0.05				
Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	11.47	< 0.0001	****	Yes	
Cimento resinoso	7.511	< 0.0001	****	Yes	
Espessura da cerâmica	3.168	0.0083	**	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	196.4	6	32.73	F (6, 240) = 5.895	P < 0.0001
Cimento resinoso	128.6	3	42.86	F (3, 240) = 7.719	P < 0.0001
Espessura da cerâmica	54.23	2	27.11	F (2, 240) = 4.883	P = 0.0083
Residual	1333	240	5.553		
Number of missing values	0				

APÊNDICE B

Valores de grau de conversão submetidos à Análise de Variância de 2 fatores e pós-teste de Tukey com nível de significância de 5%

2way ANOVA					
Tabular results					
Table Analyzed	GC% FT-Raman				
Two-way ANOVA	Ordinary				
Alpha	0.05				
Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	4.019	0.0398	*	Yes	
Cimento resinoso	14.94	< 0.0001	****	Yes	
Espessura da cerâmica	9.401	< 0.0001	****	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	352.4	6	58.73	F (6, 240) = 2.244	P = 0.0398
Cimento resinoso	1310	2	655.0	F (2, 240) = 25.03	P < 0.0001
Espessura da cerâmica	824.3	3	274.8	F (3, 240) = 10.50	P < 0.0001
Residual	6281	240	26.17		
Number of missing values	0				

APÊNDICE C

Valores de GC% e ΔE das três colorações de cimentos resinosos avaliados submetidos à Correlação de Spearman com nível de significância de 5%

	GC% TR vs. ΔE TR	
vs.		
ΔE TR"		
Spearman r		
r	-0,05325	
95% confidence interval	-0,4846 to 0,3989	
P value		
P (two-tailed)	0,8187	
P value summary	ns	
Exact or approximate P value?	Approximate	
Significant? (alpha = 0.05)	No	

	GC% A3 vs. ΔE A3	
vs.		
ΔE A3"		
Spearman r		
r	0,08444	
95% confidence interval	-0,3722 to 0,5082	
P value		
P (two-tailed)	0,7159	
P value summary	ns	
Exact or approximate P value?	Approximate	
Significant? (alpha = 0.05)	No	

	GC% Opaco vs. ΔE Opaco	
vs.		
ΔE Opaco"		
Spearman r		
r	0,09743	
95% confidence interval	-0,3609 to 0,5178	
P value		
P (two-tailed)	0,6744	
P value summary	ns	
Exact or approximate P value?	Approximate	
Significant? (alpha = 0.05)	No	