

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Alcira Cinthia Rodríguez Ponce

**INFLUÊNCIA DA TRANSLUCIDEZ E
ESPESSURA DE UMA CERÂMICA
REFORÇADA POR DISSILICATO DE LÍTIO NO
GRAU DE CONVERSÃO DE AGENTES DE
CIMENTAÇÃO**

Taubaté - SP
2017

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Alcira Cinthia Rodríguez Ponce

**INFLUÊNCIA DA TRANSLUCIDEZ E
ESPESSURA DE UMA CERÂMICA
REFORÇADA POR DISSILICATO DE LÍTIO NO
GRAU DE CONVERSÃO DE AGENTES DE
CIMENTAÇÃO**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Odontologia da Universidade
de Taubaté.

Área de concentração: Prótese Dentária

Orientadora: Profa. Dra. Priscila Christiane
Suzy Liporoni

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Catelan

Taubaté - SP
2017

ALCIRA CINTHIA RODRÍGUEZ PONCE

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Universidade de

Assinatura _____

Dedico a todos, que fizeram parte da minha
trajetória. O caminho foi longo, porém, perseverei e
até aqui cheguei.

Ao meu marido Nilser Delgadillo Alba e a meus filhos
Diana Rodriguez Alba e Eduardo Gabriel Rodriguez
Alba, como também a minha
orientadora Profa. Dra. Priscila Christiane Suzy
Liporoni
e coorientador Prof. Dr. Anderson Catelan.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Altíssimo Senhor que me sustentou até aqui e a todas as pessoas que de alguma forma deixaram sua marca nesta jornada.

Estendo meus agradecimentos em especial à minha família, educadores e colegas, que me deram força para prosseguir.

PONCE ACR. Influência da translucidez e espessura de uma cerâmica vítrea reforçada por dissilicato de lítio no grau de conversão de agentes de cimentação [Dissertação de Mestrado]. Taubaté: Universidade de Taubaté, Departamento de Odontologia, 2017. 35p.

RESUMO

Hipótese de estudo: A hipótese no presente estudo foi que os agentes de cimentação resinosos apresentariam maior grau de conversão quanto menor a espessura e maior a translucidez da cerâmica interposta durante a fotoativação. **Objetivo:** Neste estudo *in vitro* foi avaliado o grau de conversão de agentes de cimentação fotoativados através de uma cerâmica de dissilicato de lítio com diferentes espessuras e graus de translucidez. **Método:** Corpos de prova (n=5) foram confeccionados com auxílio de uma matriz quadrada de teflon (5x5mm e 0,5mm de espessura). Um cimento resinoso *dual* (RelyX Ultimate, cor A1, 3M ESPE) e um cimento resinoso fotoativado (Variolink Esthetic LC, cor Light+, Ivoclar Vivadent), ambos sem a presença de amina na composição, além de uma resina composta fluída (Filtek Z350 XT Flow, cor A1, 3M ESPE) foram inseridos na matriz em um único incremento e fotoativados com um LED de terceira geração (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent) com 1200mW/cm² de irradiância por 40s através de peças de cerâmica vítrea reforçada por dissilicato de lítio (7x7mm - IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent) de baixa (LT) ou alta (HT) translucidez com diferentes espessuras (0,5, 1,0 ou 2,0mm). Grupos controles para cada agente de cimentação foram confeccionados fotoativando-se diretamente os materiais sem a interposição da peça cerâmica. A análise do grau de conversão foi realizada num espectrômetro de infravermelho por transformada de Fourier (Spectrum 100 FTIR/ATR - Perkin Elmer). Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelos testes de ANOVA, Tukey e Dunnett com nível de significância de 5%. **Resultados:** O cimento resinoso de dupla ativação sem amina mostrou menor grau de conversão quando comparado aos demais agentes de cimentação, compósito fluído e cimento resinoso fotoativado, os quais não apresentam diferença significativa entre si. A maior translucidez promoveu maior grau de conversão quando comparada a menor translucidez. As diferentes espessuras da cerâmica não tiveram influência no grau de conversão dos agentes de cimentação. **Conclusões:** O cimento *dual* sem amina apresentou a menor conversão monomérica e a cerâmica de maior translucidez promoveu maior grau de conversão.

Palavras-chave: Cimentação; Cerâmica; Polimerização.

PONCE ACR. Influence of translucency and thickness of a lithium disilicate glass ceramic on the degree of conversion of luting agents [Dissertation of Master]. Taubaté: University of Taubaté, Department of Dentistry, 2017. 35p.

ABSTRACT

Hypothesis of the study: The hypothesis in the present study was that the resin luting agents would present a higher degree of conversion the lower the thickness and the greater the translucency of the ceramic interposed during the light curing. **Objective:** In this *in vitro* study the degree of conversion of luting agents light cured through a lithium disilicate ceramic with different thicknesses and degrees of translucency was evaluated. **Method:** Samples (n=5) were made using a square Teflon matrix (5x5mm and 0.5mm thick). A dual resin cement (RelyX Ultimate, A1 shade, 3M ESPE) and a light cured resin cement (Variolink Esthetic LC, Light+ shade, Ivoclar Vivadent), both amine free in their composition, besides a flowable composite resin (Filtek Z350 XT Flow, A1 shade, 3M ESPE) were inserted into the matrix in a single increment and light cured using the third-generation LED (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent) at 1200mW/cm² of irradiance for 40s through low lithium disilicate (7x7mm - IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent) vitreous ceramic pieces (LT) or high (HT) translucency with different thicknesses (0.5, 1.0, or 2.0mm). Control groups for each luting agent were made by direct light curing of the materials without the interposition of the ceramic part. Degree of conversion (n = 5) analysis was performed on a Fourier transform infrared (Spectrum 100 FTIR/ATR - Perkin Elmer) spectrometer. The data were statistically analyzed by ANOVA and Tukey's test with a significance level of 5%. **Results:** The dual resin cement showed a lower degree of conversion compared to the other luting agents, flowable composite and light cured resin cement, which did not present significant differences between them. The higher translucency promoted a higher degree of conversion compared to the lower translucency. The different thicknesses of the ceramics had no influence on the degree of conversion of the luting agents. **Conclusion:** The dual amine-free cement showed the lowest monomer conversion and the higher translucency ceramics promoted a higher degree of conversion.

Keywords: Cementation; Ceramics; Polymerization.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	01
2. REVISÃO DA LITERATURA	05
3. PROPOSIÇÃO	21
4. METODOLOGIA	22
4.1. Delineamento experimental	22
4.2. Confeção dos corpos de prova	22
4.3. Análise do grau de conversão	25
4.4. Análise estatística	25
5. RESULTADOS	27
6. DISCUSSÃO	29
7. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O uso de materiais cerâmicos na Odontologia tem aumentado substancialmente, devido principalmente às suas boas propriedades ópticas, físicas químicas e biológicas, tais como aparência semelhante ao dente natural, fluorescência, estabilidade química, biocompatibilidade, alta resistência à compressão e ao desgaste, entre outras (Calgaro et al., 2013; Östürk et al., 2015; Novais et al., 2017). Assim, restaurações cerâmicas livres de metal, tais como facetas, *inlays*, *onlays* e coroas totais, têm sido rotineiramente realizadas na prática clínica (Cho et al., 2015; Ural et al., 2016). Entretanto, o sucesso destas restaurações é altamente dependente da efetiva adesão entre o complexo formado pela cerâmica, cimento e tecido dental duro (Lopes et al., 2015; Östürk et al., 2015; Scotti et al., 2016).

Para uma união efetiva entre a peça protética e a estrutura dental, diversos agentes de cimentação podem ser utilizados, mas o cimento resinoso é o material de escolha para cimentação das restaurações estéticas indiretas totalmente em cerâmica (Kilinc et al., 2011; Giráldez et al., 2011; Calgaro et al., 2013; Östürk et al., 2015; Novais et al., 2017). Este material resinoso apresenta melhor selamento marginal, adesão, propriedades mecânicas e menor solubilidade comparado aos cimentos convencionais, tais como o fosfato de zinco, policarboxilato de zinco e ionômero de vidro (Giráldez et al., 2011; Ilie, 2017).

Os cimentos resinosos podem ser classificados de acordo com o modo de polimerização em ativados fisicamente (por uma fonte de luz), ativados quimicamente (pela mistura do ativador e iniciador) e de dupla ativação (química e física), também conhecido como *dual* (Giráldez et al., 2011; Cho et al., 2015; de

Souza et al., 2015; Lopes et al., 2015; Östürk et al., 2015).

Os cimentos fotoativados permitem maior controle sobre o tempo de trabalho do material, visto que a reação de polimerização só tem início quando o fotoiniciador (normalmente a canforquinona) é exposto à luz com comprimento de onda específico (região azul do espectro visível). São apresentados em uma única pasta contendo o sistema fotoiniciador, composto por um componente fotossensível e uma amina terciária, sendo indicados em situações em que a luz consiga passar através da restauração, tais como facetas e *inlays* finas. A reação de polimerização se dá a partir da excitação da canforquinona pela luz emitida pelo aparelho de fotoativação, a qual se liga a amina terciária e libera radicais livres que irão iniciar a conversão de monômeros em polímeros (de Souza et al., 2015).

Os cimentos de polimerização química são apresentados em duas pastas, uma contendo o iniciador (peróxido de benzoíla) e a outra o ativador (amina terciária). A polimerização destes materiais se inicia a partir da mistura das duas pastas, o que pode dificultar as etapas clínicas de cimentação pela falta de controle do tempo de trabalho. São indicados em situações em que a luz é incapaz de chegar ou chega de forma prejudicada, tais como restaurações espessas, cimentação de pinos intrarradiculares ou coroas feitas de materiais que bloqueiam a luz, como *copings* metálicos ou cerâmicas altamente opacas (de Souza et al., 2015).

Já os cimentos resinosos *duais* combinam as propriedades desejáveis provenientes da ativação química e física (Meng et al., 2008; Giráldez et al., 2011; Scotti et al., 2016; Novais et al., 2017). Consistem em uma pasta catalisadora contendo o iniciador químico e uma pasta base contendo a resina fotoativável e a amina terciária (de Souza et al., 2015; Novais et al., 2017). Após a mistura das pastas, inicia-se a ativação química pela interação da amina com o peróxido de

benzoíla, e com a fotoativação se inicia a ativação física, por meio da interação da amina com a canforquinona (de Souza et al., 2015; Scotti et al., 2016). Desta forma, os materiais de dupla ativação foram desenvolvidos para compensar a falta de polimerização na ausência de luz, ou com luz atenuada, possibilitando a indicação dos cimentos *duais* em diferentes situações clínicas e com propriedades superiores aos cimentos ativados somente quimicamente (de Souza et al., 2015; Scotti et al., 2016).

Entretanto, os cimentos resinosos *duais* e químicos possuem a tendência de se tornarem amarelados e escurecidos ao longo do tempo devido à oxidação da amina terciária, o que pode levar ao comprometimento estético, especialmente nos casos de laminados cerâmicos (de Souza et al., 2015; Ural et al., 2016; Novais et al., 2017). Com o objetivo de contornar esse problema a cimentação de restaurações indiretas delgadas com resina composta de baixa viscosidade (*flowable* ou *flow*) ou cimentos fotoativados tem sido sugerida, devido a menor concentração de amina (Archeegas et al., 2012; Leal et al., 2016). Adicionalmente, foram desenvolvidos cimentos resinosos livres de amina e/ou com sistemas fotoiniciadores mais efetivos, como o Ivocerin, com o propósito de melhorar a estabilidade de cor (Ural et al., 2016; Ilie, 2017).

Além disso, a fotoativação do material resinoso através da peça protética cerâmica promove redução na irradiância da luz emitida pela unidade fotoativadora diminuindo o grau de conversão e conseqüentemente as propriedades mecânicas do material, podendo afetar a durabilidade das restaurações indiretas (Meng et al., 2008; Archeegas et al., 2012; Passos et al., 2014; Scotti et al., 2016; Jang et al., 2017). Deste modo, a irradiância efetiva que atinge o agente de cimentação sob o material cerâmico é reduzida, dependendo da intensidade de luz, do tipo de unidade

fotoativadora, da espessura e opacidade da cerâmica, entre outras (Kilinc et al., 2011; Archebas et al., 2012; Passos et al., 2013; Runnacles et al., 2014; Lopes et al., 2015; Östürk et al., 2015). Assim, a avaliação das propriedades físico-químicas de agentes de cimentação livres de amina terciária ativados através da cerâmica com diferentes espessuras e graus de translucidez seria interessante para prever o comportamento clínico destes materiais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Meng et al. (2008) investigaram a influência da espessura cerâmica nas propriedades mecânicas e estrutura do polímero (grau de conversão e densidade de ligações cruzadas) de agentes de cimentação de dupla polimerização. Três cimentos *duais* [Linkmax HV (GC), Nexus 2 (Kerr) e Variolink II HV (Ivoclar Vivadent)] foram polimerizados com ou sem irradiação de 800mW/cm^2 através da cerâmica usinada (GN-I - cor A3, GC Corp.) com espessura de 0-3mm. Corpos de prova em forma de barra (2x2x25mm) foram submetidos ao ensaio de flexão de três pontos para determinar a resistência à flexão (RF) e o módulo de elasticidade (ME) após armazenamento à 37°C por 24h. A dureza Knoop foi mensurada na superfície irradiada do corpo de prova em forma de disco (4,5x2mm) antes (KHN1) e após (KHN2) o armazenamento em solução de etanol 100% à 37°C por 24h. KHN1 e KHN2 foram usados como indicadores indiretos para estimar o grau de conversão (GC) e densidade de ligações cruzadas (DLC), respectivamente. Os dados foram analisados pela ANOVA um critério e teste Student-Newman-Keuls para cada agente de cimentação, e as quatro propriedades mecânicas foram submetidas à análise de regressão. Para os três cimentos resinosos a RF, ME, KHN1 e KHN2 diminuíram com o aumento da espessura da cerâmica. A RF exceto para Nexus e o ME para os três materiais, tiveram uma relação linear positiva com KHN1 e KHN2. As variáveis testadas apresentaram comportamento diferente. Quando a espessura da cerâmica aumentou, os componentes da polimerização química dos cimentos *duais* não produziram compensação significativa para todas as variáveis. As propriedades mecânicas e a estrutura polimérica dos materiais resinosos testados foram dependentes da intensidade da irradiação da luz.

Giráldez et al., em 2011, determinaram a influência de diferentes modos de polimerização na dureza de superfície de cimentos usados para cimentação de restaurações indiretas em compósito. Sete cimentos resinosos de dupla polimerização foram testados: dois convencionais [RelyX ARC (3M ESPE) e Variolink II (Ivoclar Vivadent)], um autocondicionante [Multilink Automix (Kerr Corp.)] e quatro autoadesivos [RelyX Unicem (3M ESPE), Maxcem Elite (Kerr Corp.), SmartCem2 (Dentsply) e G-Cem (GC Corp.)]. Três corpos de prova cilíndricos (6,5 x 0,5mm) de cada material foram confeccionados para cada condição experimental: polimerização unicamente química, fotoativação por 40s e por 80s. A fotoativação foi realizada através de um cilindro de compósito (cor, A3; Filtek Z250, 3M ESPE) com 4mm de espessura. A dureza Vickers foi determinada após 20min do preparo da amostra, usando uma carga de 100g por 30s, por meio de 10 indentações em cada corpo de prova. Os dados foram analisados pela análise de variância (2 fatores) e pós-teste Student-Newman-Keuls com nível de significância de 5%. A dureza de superfície foi significativamente influenciada pelo cimento resinoso testado ($p < 0,0001$), modo de polimerização ($p < 0,0001$) e sua interação ($p < 0,0001$). O RelyX ARC exibiu os maiores valores médios de dureza independente do modo de polimerização. A fotoativação aumentou significativamente a dureza de todos os cimentos resinosos testados e, estes valores aumentaram ainda mais com o tempo de irradiação foi dobrado. Os cimentos autoadesivos exibiram diferentes comportamentos de acordo com o modo de cura. RelyX Unicem foi altamente sensível à irradiação pela luz, mostrando os menores valores no modo autopolimerização. Após a fotoativação por 40 ou 80 s, Maxcem Elite exibiu os menores valores médios de dureza entre todos os cimentos testados. Assim, verifica-se que a dureza dos cimentos resinosos é altamente dependente da marca e

mesmo sendo de cura dual, os cimentos resinosos devem sempre ser fotoativados por um tempo maior do que o recomendado pelos fabricantes.

Em 2011, Kilinc et al. testaram o efeito da espessura e cor da cerâmica na dureza de cimentos resinosos fotoativados e de dupla polimerização. Três diferentes marcas de cimento (Appeal - Ivoclar Vivadent, Calibra - Dentsply e Nexus 2 - Kerr) foram usados na forma fotopolimerizável (LC) e *dual* (DC) para confeccionar corpos de prova (n=15) em forma de disco (5x0,5mm). A fotoativação foi realizada durante 40s com o aparelho Flashlite 1401 (Discus Dental) através das quatro cores (ETC1, ETC2, ETC3 e ETC4) e quatro espessuras (1, 2, 3 e 4mm) cerâmicas (IPS Esthetic, Ivoclar Vivadent). Grupos controle foram polimerizados diretamente sem a presença do disco cerâmico. A transmissão através das diferentes cores e espessuras da cerâmica foram mensuradas usando um radiômetro (Demetron, Kerr). Após 24h de armazenamento dos corpos de prova em água à 37°C em ambiente escuro, a dureza Vickers foi obtida sob uma carga de 30g por 15s (Micromet, Buehler Inc.). A correlação entre cor da cerâmica, espessura da cerâmica e irradiância foi estatisticamente avaliada usando análise de variância ($\alpha=0,05$). As espessuras de 3 e 4mm diminuíram a dureza de todos os cimentos resinosos ($p<0,0001$). A cor da cerâmica teve efeito significativo somente no cimento Calibra DC e LC ($p<0,0001$). Os cimentos fotoativados apresentaram menor dureza do que os de dupla polimerização ($p<0,0001$). Os grupos controles tiveram valores de dureza estatisticamente maiores para todos os cimentos ($p<0,0001$). Uma significativa correlação entre a quantidade de luz transmitida e dureza foi observada ($p<0,000$). Assim, a espessura da cerâmica mostrou maior efeito sobre a polimerização comparada à cor da mesma. A interposição de uma cerâmica com mais de 3mm afetou negativamente a polimerização de ambos os cimentos duais e fotoativáveis.

Archegas et al. (2012) avaliaram o grau de conversão, a dureza e o módulo de elasticidade de um cimento resinoso de dupla polimerização (RelyX ARC, 3M ESPE), um cimento resinoso fotoativado (RelyX Veneer, 3M ESPE) e um compósito de baixa viscosidade (Filtek Z350 Flow, 3M ESPE) polimerizado através de cerâmica opaca (OBA3) ou translúcida (T) com diferentes tempos de fotoativação. Foram confeccionados corpos de prova (n=10) de 8mm de diâmetro e 0,5mm de espessura dos materiais resinosos na cor A3 com auxílio de uma matriz de Teflon, os quais foram fotoativados sob o disco de porcelana fedspática (EX-3, Noritake Dental) de 1mm de espessura (OBA3 ou T) por 40, 80 ou 120s usando um aparelho de lâmpada halógena (Optilux 501, Demetron Corp.) com $550\text{mW}/\text{cm}^2$. Os corpos de prova foram armazenados em frascos a prova de luz sob umidade relativa a 37°C por 24h. Então os mesmos foram cortados ao meio, metade do corpo de prova foi usada para avaliar o grau de conversão e a outra metade no teste de nanoindentação. O grau de conversão foi determinado em um espectrômetro de infravermelho por transformada de Fourier (Spectrum 100, Perkin Elmer) no modo de absorbância utilizando os picos 1636 e 1610cm^{-1} , sinalizando as cadeias de carbono alifática e aromática respectivamente. A dureza e o módulo de elasticidade foram obtidos usando um nanoindentador (XP nanoindenter, MTS Systems Corp.) sob uma carga de 400mN. Os dados foram avaliados pela análise de variância 3 critérios (material, opacidade e tempo de exposição), teste de Tukey e teste de correlação de Pearson ($\alpha=0,05$). Os três fatores apresentaram diferença estatisticamente significativa bem como a interação entre eles. A cerâmica opaca promoveu menor grau de conversão, dureza e módulo de elasticidade nos materiais resinosos quando comparado aos grupos polimerizados sob a cerâmica translúcida. A exposição de 120s resultou em similar grau de conversão para todos os materiais,

independente da opacidade da cerâmica, e maior dureza e módulo de elasticidade do que aqueles polimerizados por 40s. Portanto, pode-se concluir que o tempo de fotoativação e a opacidade da cerâmica exercem influência em propriedades físico-químicas dos materiais avaliados.

Calgaro et al., em 2013, avaliaram a influência da interposição de espaçadores cerâmicos no grau de conversão (GC) e dureza (KHN) de cimentos resinosos. Os cimentos resinosos fotoativável (RelyX Veneer, 3M ESPE) e *dual* (Variolink II, Ivoclar Vivadent) foram fotoativados através das cerâmicas {porcelana feldspática [CF], cerâmica vítrea reforçada por dissilicato de lítio [e.max de baixa translucidez (LT), média opacidade (MO) e alta translucidez (HT)], cerâmica à base de alumina infiltrada (AI) e zircônia policristalina [ZP]} com 1,5 e 2mm de espessura por 40s com a unidade LED (Translux Power Blue, Heraeus Kulzer) com 1000mWcm^2 . Filmes finos (0,1mm) foram confeccionados para obtenção de espectros dos materiais não polimerizados e após a fotoativação usando um espectrômetro de infravermelho para mensurar o grau de conversão (n=3). Para a dureza, corpos de prova cilíndricos (10x1mm) foram confeccionados para mensuração da dureza Knoop na superfície de topo sob uma carga de 10g aplicada por 10s. Os dados foram analisados pela ANOVA e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). O cimento fotoativado apresentou maior GC (61,9%) do que o cimento *dual* (55,7%). Os valores de GC variaram como se segue: CF (65,4%), e.max HT (65,1%), e.max LT (61,8%), e.max MO (60,9%), ZP (54,8%) e AI (44,9%). O cimento de polimerização física mostrou menor KHN (22,0) do que o cimento *dual* (25,6). Os cimentos fotoativados com os espaçadores de 1,5mm apresentaram maior KHN (26,2) do que quando polimerizados sob cerâmica de 2mm (21,3). Desta forma, as

propriedades físicas e mecânicas dos cimentos resinosos podem ser afetadas pela espessura e microestrutura do material cerâmico interposto durante a fotoativação.

Passos et al. (2013) avaliaram o grau de conversão monomérica de um cimento resinoso de diferentes cores quando fotoativados através de diferentes cores de cerâmica feldspática. O tempo de fotoativação bem como a translucidez de cada cor de cerâmica também foi avaliada. Três cores (OM1, 2M2 e 5M3) da cerâmica VM7 (VITA) foram usadas para determinar porcentagem de translucidez. O espectrofotômetro MiniScan foi usado para mensurar a porcentagem de opacidade de cada espécime com 2mm de espessura, e então a translucidez foi calculada. Para mensurar o grau de conversão (GC) do cimento resinoso (Variolin II, A3 e transparente), corpos de prova (5x5mm) com 100µm de espessura foram fotoativados sob o bloco cerâmico por 20 ou 40s. Corpos de prova fotoativados sem o bloco de cerâmica foram usados com controle. Dezesesseis grupos (n=3) foram avaliados por um espectrômetro (Micro-ATR/FTIR) para mensurar o GC após 24h. A porcentagem de translucidez das cerâmicas 0M1, 2M2 e 5M3 foram 12,41 (1,02)%, 5,75 (1,91)% e 1,07 (0,03)%, respectivamente. O GC de ambas cores do cimento fotoativado através do cerâmica 5M3 foi significativamente menor do que os outros grupos ($p < 0,05$). Os valores de GC dos grupos 0M1 e 2M2 não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$), com exceção do cimento transparente fotoativado por 40s. Assim, o aumento do croma da cerâmica reduziu a conversão de monômero em polímero do cimento resinoso.

Em 2014, Passos et al. investigaram a influência da espessura e cor da cerâmica na dureza Knoop e módulo de elasticidade dinâmico de um cimento resinoso *dual*. Neste estudo foram avaliados seis cores de cerâmica (BL, A1, A2, A3, A3,5 e B3) e duas espessuras (1 e 3mm). Corpos de prova em forma de

disco (7x2mm) foram preparados com o cimento Variolink II (Ivoclar Vivadent) e fotoativados por 20s sob a peça cerâmica (10x8mm com 1,05 ou 3,05mm de espessura - Vitablocks Mark II, Vita Zahnfabrik) usando o LED Elipar FreeLight 2 (3M ESPE) com irradiância de 900mW/cm². Como grupo controle o cimento foi fotoativado diretamente sem a cerâmica. A dureza Knoop (n=5) foi obtida sob uma carga de 0,49N por 15s (5 indentações) e módulo de Young dinâmico (n=3) foi determinado por um método ultrassônico que utiliza cristais piezoelétricos de niobato de lítio para transmitir e receber sinais gerados usando uma frequência de 10MHz ressonância. A análise estatística foi conduzida usando a ANOVA e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). O cimento resinoso polimerizado através da peça cerâmica de cor BL com 1mm de espessura apresentou o maior módulo de elasticidade dinâmico. Os menores módulos de elasticidade foram observados para o grupos fotoativados sob as peças com 3mm de espessura em comparação ao grupo BL com 3mm também, sem diferença significativa entre eles. O cimento fotoativado através da cerâmica A3,5 com 3mm de espessura mostrou menor dureza Knoop do que os grupos polimerizados sob as peças de 1mm nas cores A1 e BL, e não houve diferença entre as diferentes espessuras da mesma cor. Portanto, o cimento resinoso *dual* irradiado através da cerâmica mais clara (cor BL) exibiu o maior módulo de elasticidade e as diferentes cores e espessuras não afetou a dureza, exceto quando a peça cerâmica na cor A3,5 com 3mm de espessura foi usada como anteparo.

Runnacles et al., em 2014, avaliaram o efeito de diferentes tipos e espessuras de cerâmica no grau de conversão de um cimento resinoso fotoativado. O cimento (RelyX Veneer, 3M ESPE) foi fotoativado interpondo discos cerâmicos [IPS InLine, IPS Empress Esthetic e IPS e.max de baixa (LT) e alta (HT) translucidez, todos Ivoclar Vivadent] translucidez com quatro diferentes espessuras (0,5, 1,0, 1,5 e

2,0mm). Como controle o cimento foi fotoativado sem a interposição da cerâmica. O grau de conversão foi mensurado usando um espectrômetro FTIR (n=5). Os dados foram analisados com ANOVA um critério e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Houve diferença significativa entre os grupos ($p<0,001$). Os valores de grau de conversão do cimento foram semelhantes para os grupos fotoativados sob as cerâmicas com 0,5 e 1mm de espessura quando comparado ao grupo controle ($p>0,05$). A fotoativação através da cerâmica LT promoveu menor conversão monomérica em comparação ao grupo polimerizado sem cerâmica ($p<0,05$). Somente o IPS e.max LT e HT com 2mm de espessura mostrou o grau de conversão similar ao grupo controle ($p>0,05$). Sendo assim, conclui-se que o grau de conversão do cimento resinoso fotoativado testado depende da espessura e tipo de cerâmica usada quando a mesma possui mais do que 1,5mm.

Cho et al. (2015) testaram o efeito de diferentes espessuras de uma cerâmica na polimerização de cimentos resinosos. Um total de 80 discos cerâmicos injetados foram fabricados com uma cerâmica de baixa translucidez (e.max Press HT, Ivoclar Vivadent). Os discos cerâmicos foram divididos de acordo com o cimento resinoso (fotoativado - NX3 Nexus LC, Kerr e dupla ativação - NX3 Nexus DC, Kerr) e espessura (0,3, 0,6, 0,9 e 1,2mm). Os valores de microdureza Vickers (300g por 15s) e grau de conversão (resolução de 4cm^{-1} e 64 varreduras) foram obtidos após 24h. Os dados foram analisados estaticamente usando ANOVA. Não houve diferença no grau de conversão entre os grupos do cimento de polimerização física ($p>0,05$), somente para o cimento de dupla ativação, fotoativado através da cerâmica com 1,2mm de espessura ($p<0,05$). O cimento fotoativado apresentou maior dureza comparado ao de polimerização dupla ($p<0,05$), sem diferença entre as diferentes espessura ($p>0,05$). Já para o cimento *dual* o grupo fotoativado sob a

cerâmica de 1,2mm mostrou menor dureza quando comparado as espessuras de 0,3 e 0,6mm ($p < 0,05$). O grau de conversão e a dureza de ambos cimentos resinosos testados não foram afetados quando a fotoativação foi realizada através de cerâmicas de 0,3-0,9mm. Entretanto, a polimerização através da cerâmica com 1,2mm de espessura reduziu a dureza e o grau de conversão do cimento *dual*.

Em 2015, de Souza et al. realizaram uma revisão de literatura correlacionando a performance clínica e o grau de conversão de cimentos resinosos. Os autores apresentaram e discutiram alguns dos fatores que podem afetar a performance clínica dos atuais sistemas de cimentação a base de resina, relatando as principais vantagens e desvantagens dos cimentos resinosos de acordo com o tipo de polimerização (física, química e ambas). De acordo com o exposto os cimentos de dupla polimerização são mais versáteis, pois demonstraram maior conversão de monômeros em polímeros mesmo em condições de redução da irradiância da unidade fotoativadora. Entretanto, os procedimentos clínicos e características dos materiais podem ter diferentes implicações no grau de conversão dos cimentos resinosos atualmente disponíveis, afetando suas propriedades mecânica, resistência de união aos substratos dentais e resultados estéticos. De acordo com o exposto, fatores como o mecanismo de polimerização, a escolha do sistema adesivo, material restaurador indireto e o aparelho de fotoativação podem afetar a conversão monomérica do cimento e, portanto, ter efeito na performance dos agentes de cimentação a base de resina. Assim, medidas específicas devem ser tomadas para garantir um maior grau de conversão dos sistemas de cimentação a serem usados.

Lopes et al. (2015) avaliaram o grau de conversão, dureza e módulo de elasticidade de cimentos resinosos polimerizados sob diferentes sistemas

cerâmicos. Um disco de cerâmica de 1,5mm de espessura de cada sistema (feldspática, dissilicato de lítio e zircônia recoberto com feldspática) foi interposto durante a fotoativação dos cimentos resinosos [três *duais*: Allcem (FGM), Variolink II (Ivoclar Vivadent) e RelyX U200 (3M ESPE); e um quimicamente ativado: Multilink (Ivoclar Vivadent)]. Para os cimentos de dupla polimerização foi usada a unidade fotoativadora Optilux 501 (Kerr - 650mW/cm²) durante 120s. Nos grupos controles o cimento foi fotoativado sem a interposição da cerâmica. Os corpos de prova foram armazenados à 37°C durante 24h de armazenamento. O grau de conversão (n=5) foi obtido usando um espectrômetro de infravermelho (ATR/FTIR Vertex 70, Bruker). A dureza e o módulo de elasticidade foram mensurados com um indentador dinâmico (CSM) sob velocidade constante; a carga foi aumentada de 0 a 500mN durante 20s, permaneceu aplicada constantemente durante 5s e foi removida gradualmente 500 a 0mN (20s). A carga e profundidade de penetração do diamante Vickers foi constantemente monitorada durante o teste, sendo cinco indentações realizadas em cada amostra. Os dados foram submetidos à análise de variância (2 fatores: cerâmica e cimento) e teste de comparações múltiplas Tukey ($\alpha=0,05$). O teste de correlação de Pearson foi usado para analisar a possível correlação entre as três propriedades mecânicas analisadas. O grau de conversão foi afetado apenas pelo tipo de cimento resinoso ($p=0,001$). Para dureza, foi detectada interação significativa entre cimento e sistema cerâmico ($p=0,045$). Os cimentos *duais* não mostraram diferenças significativas nos valores de E, estes significativamente maiores do que o cimento de cura química. O grau de conversão e as propriedades mecânicas dos materiais testados dependem do modo de ativação e do tipo de cerâmica utilizada. Os cimentos resinosos *duais* tiveram melhor desempenho do que o cimento de polimerização exclusivamente química em todas as propriedades estudadas.

Östürk et al., em 2015, investigaram as propriedades micromecânicas de um cimento resinoso fotoativado em diferentes cores e fotopolimerizado através de uma cerâmica vítrea reforçada por leucita em diferentes cores e espessuras. O cimento resinoso Variolink Veneer (Ivoclar Vivadent) em quatro cores (HV+1, HV+3, LV-1 e LV-3) foi selecionado para este estudo. O cimento foi fotoativado por 20s usando o LED Bluephase (Ivoclar Vivadent, 1200mW/cm²) sob a cerâmica (IPS Empress CAD, Ivoclar Vivadent) em duas cores (A1 e A3) com 1 ou 2mm de espessura, ou o material foi fotoativado diretamente (grupo controle). Os corpos de prova (n=3) foram armazenados por 24h a 37°C sob umidade. As propriedades micromecânicas (módulo de elasticidade - E, dureza - HV e *creep* - Cr) foram obtidas por meio de microdurômetro automático (Fischerscope H100C, Fischer), sendo realizada 10 indentações em cada corpo de prova. Os dados foram analisados estatisticamente usando ANOVA (um fator) e teste de Tukey, bem como por uma análise multivariável para testar a influência dos parâmetros estudados ($\alpha=5\%$). Foi observada diferença significativa entre as propriedades micromecânicas dos cimentos resinosos testados ($p<0,05$). A cor do cimento mostrou o maior efeito sobre as propriedades testadas dos cimentos avaliados, seguido pela espessura da cerâmica e cor da cerâmica. Neste estudo, a cor do cimento resinoso apresentou a maior influência nas propriedades mecânicas, as cores mais claras mostraram maiores valores de E e HV, bem como menores de Cr comparada às cores mais escuras.

Em 2016, Leal et al. avaliaram o efeito de laminados cerâmicos com diferentes graus de translucidez na sorção de água e solubilidade de agentes para cimentação. Peças cerâmicas de dissilicato de lítio (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent) na cor A1 com 0,7mm de espessura e diferentes graus de translucidez

(alta, média e baixa) foram usadas como anteparo durante a fotoativação dos agentes de cimentação. Uma placa de vidro transparente foi usada como controle. Corpos de prova cilíndricos (8x0,5mm) foram confeccionados (n=5) para material (cimento resinoso *dual* RelyX ARC, cimento fotoativável RelyX Vener e compósito *flowable* Filtek Z350XT Flow - todos 3M ESPE), os quais foram fotoativados por 40s sob a cerâmica utilizando o aparelho um aparelho LED (Radii Plus, SDI) com intensidade de 1500mW/cm². O ganho e perda de massa foi calculado usando uma balança analítica de precisão de acordo com a norma ISO 4049, exceto o tamanho do corpo de prova. A análise estatística utilizada foi a ANOVA 2 critérios e teste de Tukey com nível de significância de 5%. Quando fotoativados sob a cerâmica de alta translucidez, todos os materiais mostram similar comportamento em relação à sorção de água. O compósito fluído e o cimento fotoativado apresentaram os menores valores de solubilidade. A resina *flow* e o cimento *dual* quando polimerizados sob as cerâmicas de média e baixa translucidez mostraram melhor performance em relação à sorção de água e solubilidade. Assim, os clínicos devem se atentar no momento da fotoativação de laminados cerâmicos com menor translucidez, uma vez que ocorre menor penetração de luz e diminuição das propriedades dos agentes de cimentação, sendo indicado nestes casos o uso de compósitos fluídos ou cimentos resinosos *duais*.

Em um estudo realizado por Scotti et al. (2016), o grau de conversão e dureza de um cimento resinoso de dupla polimerização e um fotoativado foram avaliados após a fotoativação através de discos de cerâmica com diferentes espessuras. Um total de 48 discos de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) foram preparados e divididos (n=8) de acordo com a espessura (0,6, 1 e 1,5mm) e cimento resinoso [NX3 (Kerr) e Choice 2 (Bisco)]. Uma película de 170µm de cada cimento

testado foi colocada sobre o cristal de refletância total atenuada do espectrômetro FTIR (Nicolet IS10, Thermo Scientific), e os espectros antes e após a polimerização por 60s usando o Valo (Ultradent - 1400mW/cm²) foram obtidos para a mensuração do grau de conversão. Após 24h, a dureza foi obtida usando uma carga de 100g por 15s, três indentações foram realizadas em cada corpo de prova com um diamante Vickers (VMHT, Leica). Os resultados foram analisados estatisticamente pela análise de variância e teste de Bonferroni ($\alpha=0,05$). O cimento fotoativado mostrou maior grau de conversão do que o *dual* ($p<0,05$), mas este não foi influenciado pela espessura do disco cerâmico ($p>0,05$). Somente a cerâmica com 1,5mm reduziu a dureza do cimento fotoativado ($p<0,05$). Desta forma, pode-se concluir que o cimento resinoso de polimerização exclusivamente física apresentou maior grau de conversão e dureza comparado ao cimento de dupla polimerização, mas a interposição da cerâmica com 1,5mm de espessura reduziu sua dureza.

Ural et al. (2016) investigaram a estabilidade de cor de cimentos resinosos fotoativados e de dupla polimerização, com e sem amina terciária, após quatro semanas de armazenamento. Sessenta corpos de prova em formato de disco (10x1mm) foram preparados com os cimentos resinosos fotoativados [NX3 LC - Kerr (sem amina), RelyX Veneer - 3M ESPE e Variolink Veneer - Ivoclar Vivadent] e de dupla polimerização [NX3 DC - Kerr (sem amina), RelyX Ultimate - 3M ESPE e Variolink II - Ivoclar Vivadent], os quais foram fotoativados sob um disco de cerâmica feldspática de 0,8mm de espessura. As diferenças nas coordenadas de cor (ΔL , Δa e Δb) e alteração de cor (ΔE) foram calculadas após a imersão em água destilada por diferentes períodos. Os dados foram comparados usando análise de variância um critério ($\alpha=0,05$). Os resultados revelaram que as diferentes composições químicas e modos de polimerização afetaram os valores de ΔE ($p<0,05$). A maior

alteração de cor foi observada para o cimento resinoso *dual* RelyX Unicem ($2,14 \pm 0,40$) e a menor para o cimento fotoativado NX3 ($0,78 \pm 0,34$). Portanto, o cimentos resinosos de terceira geração livre de aminas terciárias, tanto de dupla polimerização quanto fotoativado, mostraram uma sutil menor alteração de cor.

Em 2017, Jang et al. estudaram o efeito da exposição insuficiente de luz na polimerização de cimentos resinosos duais convencionais e autoadesivos sob restaurações cerâmicas. Dois cimentos convencionais (RelyX ARC - 3M ESPE e Duolink - Bisco) e dois cimentos autoadesivos (RelyX U200 - 3M ESPE e Maxcem Elite - Kerr) foram polimerizados com diferentes modos de cura (dupla ativação ou autopolimerização), tempos de fotoativação (20 e 120s) e espessura de uma *overlay* em cerâmica (2 e 4mm). A cinética de polimerização foi obtida em um espectrômetro de infravermelho por transformada de Fourier nos 10min iniciais e após 24h. Os dados foram analisados pela ANOVA para modelos mistos, teste de Student-Newman-Keuls para comparações múltiplas e teste t-pareado ($\alpha=0,05$). A presença do bloco cerâmico afetou significativamente o grau de conversão de todos os cimentos nos primeiros 20s de fotoativação, principalmente para os grupos fotoativados sob a cerâmica de 4mm de espessura, que mostraram menor grau de conversão comparado aos grupos autopolimerizados inclusive após 24h ($p<0,05$). Entretanto, os cimentos de dupla cura aos 120s de fotoativação apresentaram grau de conversão semelhante ao grupo com polimerização direta do cimento, exceto para o Maxcem Elite após 24h. Assim, tanto para os cimentos convencionais quanto para os autopolimerizáveis, a exposição de luz insuficiente (20s) através da restauração cerâmica de 4mm resultou em menor grau de conversão do que somente a polimerização química.

Novais et al. (2017) avaliaram a performance de cimentos resinosos usando diferentes métodos de polimerização, por meio da avaliação do grau de conversão e resistência de união à cerâmica. Três cimentos foram testados, sendo um fotoativado (Variolink Veneer - Ivoclar Vivadent) e dois de *duais* (Variolink II - Ivoclar Vivadent e RelyX ARC - 3M ESPE), avaliados no modos dupla polimerização (pasta base e catalisadora) e fotoativado (somente a pasta base). Para mensuração do grau de conversão (n=5), um disco de cerâmica feldspática (EX-3 Speed, Noritake) com 1mm de espessura foi colocado sobre os corpos de prova de cimento resinoso e fotoativado por 40s usando o Optilux 501 (Kerr, 800mW/cm²). Após 24h, os espectros foram obtidos em um espectrômetro de infravermelho (ATR/FTIR Vertex 70, Bruker). Para a resistência de união (n=5), cinco discos cerâmicos foram submetidos ao tratamento de superfície e três cilindros de cada cimento foram confeccionados em cada disco. Após 24h, o teste de microcisalhamento foi realizado em uma máquina de ensaio universal (OM100, Odeme) sob velocidade constante de 0,5mm/s até a fratura da amostra. Os dados foram analisados estatisticamente pela ANOVA (1 fator) seguido pelo teste de Tukey com 5% de nível de significância. Os modos de falha foram classificados em microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram maior grau de conversão e resistência de união para os cimentos no modo de dupla polimerização. O Variolink II apresentou maior grau de conversão e resistência de união quando somente fotoativado quando comparado ao Variolink Veneer. Portanto, pode-se concluir que a pasta base dos cimentos duais quando fotoativados podem ser usados para unir restaurações cerâmicos com até 1mm de espessura.

Ilie (2017) caracterizou o comportamento de polimerização de um cimento resinosos fotoativável (Variolink Aesthetic LC, Ivoclar Vivadent) sob diferentes

tempos de ativação (10 e 20s) através de discos cerâmicos (IPS Empress CAD e IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) com diferentes espessuras (sem cerâmica; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0mm). A variação da irradiância alcançada pela unidade fotoativadora (Bluephase Style, Ivoclar Vivadent) até 10mm de distância, bem como a irradiação incidente e transmitida e a exposição radiante até 6mm de espessura cerâmica foram avaliadas numa espectrômetro (MARC System, Bluelight Analytics Inc.). Um total de 216 (18 grupos, n=12) corpos de prova finos e planos de 500 μ m de espessura foram confeccionados do cimento resinoso e armazenados durante 24h à 37°C. As propriedades mecânicas [dureza Vickers (DV) e módulo de endentação (MI)] foram determinadas por meio de um indentador automático de microdureza (0,4-500mN). Os dados obtidos foram analisados estatisticamente ($\alpha=0,05$). A exposição radiante recebida pelo agente de cimentação variou de 2,56 a 24,75J/cm², mostrando um alto impacto nas propriedades testadas. Comparando o efeito dos parâmetros: tempo de exposição, espessura cerâmica e tipo da cerâmica, foi identificada a maior influência do tempo de exposição nas propriedades mecânicas, enquanto esta influência foi mais forte na DV ($p<0,001$, $\eta_p^2=0,452$) do que no MI ($p<0,001$, $\eta_p^2=0,178$). A influência do tipo da cerâmica foi significativamente mas baixa ($\eta_p^2=0,161$ na DV e $\eta_p^2=0,113$ no MI), enquanto a influência da espessura cerâmica foi a mais baixa ($\eta_p^2=0,04$ e $\eta_p^2=0,05$, respectivamente). Assim, os valores de irradiância ligeiramente mais elevados foram transmitidos através da Empress até uma espessura cerâmica de 3mm, sendo comparáveis com e.max para as fatias mais espessas. As diferenças na translucência entre cerâmicas foram refletidas nas propriedades mecânicas do cimento resinoso.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo neste estudo foi avaliar o grau de conversão de agentes de cimentação resinosos com e sem amina terciária fotoativados através de peças cerâmicas com diferentes espessuras (0; 0,5; 1,0 e 2mm) e graus de translucidez (baixa e alta).

4. METODOLOGIA

4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Unidades experimentais: corpos de prova (5,0x5,0x0,5mm)

Fatores em estudo:

Translucidez da cerâmica em dois níveis:

- Baixa (LT);
- Alta (HT);

Espessura da cerâmica em três níveis:

- 0,5mm;
- 1,0mm;
- 2,0mm.

Agente de cimentação em três níveis

- Variolink Esthetic LC Light+ (Ivoclar Vivadent);
- RelyX Ultimate A1 (3M ESPE);
- Filtek Z350 XT Flow A1 (3M ESPE).

Variável de resposta: grau de conversão.

Forma de designação: processo aleatório por meio de sorteio.

4.2 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Para a confecção dos corpos de prova foi usada uma matriz de teflon quadrada (5,0x5,0mm) com 0,5mm de espessura. Inicialmente, sobre uma placa de vidro foi colocada uma tira de poliéster e sobre esta foi posicionada a matriz de

teflon, então a mesma foi preenchida com o agente de cimentação (Tabela 1) a ser testado (Variolink Esthetic LC, cor Light+; RelyX Ultimate, cor A1 e Filtek Z350 XT Flow, cor A1 - ambos 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA). Uma nova tira de poliéster e uma lâmina de vidro foram colocadas sobre o conjunto, em seguida foi realizada pressão manual da lâmina de vidro para compactação e remoção de excesso de material. Posteriormente, a lâmina foi removida e a peça cerâmica (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent) foi posicionada sobre o agente de cimentação para ser realizada a polimerização através da cerâmica vítrea reforçada por dissilicato de lítio de baixa (LT) ou alta (HT) translucidez com diferentes espessuras (0,5, 1,0 ou 2,0mm).

Tabela 1 - Composição dos agentes de cimentação

Material/Fabricante	Composição
Variolink Esthetic LC Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Uretano metacrilato e monômeros metacrilatos. Ivocerin. Trifluoreto de itérbio e esferas de óxido de zircônio (0,04-0,2 μ m, com tamanho médio de 0,1 μ m, 38% vol.)
RelyX Ultimate 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Pasta base: monômeros metacrilato, aditivos reológicos. Partículas silanizadas. Iniciador. Pasta catalisadora: Monômeros metacrilato, iniciador, partículas alcalinas, aditivos reológicos e ativador de cura sem luz.
Filtek Z350 XT Flow 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	BisGMA, TEGDMA, BisEMA e polímero de dimetacrilato. Nanopartículas de zircônia/sílica (5-20nm, nanoaglomerados 0,6-1,4 μ m, 55% vol.)

A fotoativação foi realizada com o aparelho de diodo emissor de luz de terceira geração Bluephase G2 (Ivoclar Vivadent) por 40s, sob uma irradiância de 1200mW/cm², a qual foi monitorada com um radiômetro (modelo L.E.D; Kerr Corp., Orange, CA, EUA). A mensuração da irradiância através dos discos cerâmicos também foi obtida. Grupos controles para cada agente de cimentação foram

confeccionados fotoativando-se diretamente os materiais sem a interposição da peça cerâmica. Deste modo, 21 grupos (n=5) foram estabelecidos (Tabela 2). Os corpos de prova foram armazenados secos em frascos recobertos com papel alumínio em estufa à 37°C durante 24h, para posterior análise do grau de conversão.

Tabela 2 - Grupos de acordo com o agente de cimentação, translucidez e espessura da cerâmica

Grupo	Agente de cimentação	Cerâmica	
		Translucidez	Espessura (mm)
VE00		-----	-----
VELT05	Variolink Esthetic LC	Baixa (LT)	0,5
VELT10			1,0
VELT20			2,0
VEHT05		Alta (HT)	0,5
VEHT10			1,0
VEHT20			2,0
RU00		-----	-----
RULT05	RelyX Ultimate	Baixa (LT)	0,5
RULT10			1,0
RULT20			2,0
RUHT05		Alta (HT)	0,5
RUHT10			1,0
RUHT20			2,0
FZ00		-----	-----
FZLT05	Filtek Z350 XT Flow	Baixa (LT)	0,5
FZLT10			1,0
FZLT20			2,0
FZHT05		Alta (HT)	0,5
FZHT10			1,0
FZHT20			2,0

4.3 ANÁLISE DO GRAU DE CONVERSÃO

Para a mensuração do grau de conversão (GC) nesta metodologia, foi necessária a obtenção dos espectros de absorção dos agentes de cimentação polimerizados e não polimerizados.

Os espectros de absorção dos materiais resinosos foram obtidos por meio de um espectrômetro de infravermelho por transformada de Fourier (Spectrum 100 FTIR/ATR; Perkin Elmer, Waltham, MA EUA) pelo método de absorbância. Para obtenção dos espectros dos materiais não polimerizados, uma porção do mesmo foi colocada sobre o cristal do dispositivo de refletância total atenuada (ATR), em seguida foi posicionado um frasco a prova de luz para evitar a polimerização e imediatamente foram procedidas as leituras. Para os materiais polimerizados, a superfície de topo do corpo de prova foi posicionado sobre o cristal do dispositivo de ATR, então o braço para aplicação de carga do próprio equipamento foi usado para a obtenção do contato necessário para leitura.

A região entre 650 a 4000cm^{-1} foi avaliada com 16 varreduras e 4cm^{-1} de resolução. Para análise dos espectros dos agente de cimentação foi considerado o intervalo de 1590 a 1660cm^{-1} , para observações em 1610 e 1640cm^{-1} , sinalizando, respectivamente, as ligações vinílicas aromáticas do bisfenol e alifáticas do grupamento funcional metacrilato. O GC (%) foi calculado a partir da seguinte equação: $\text{GC} = 100 \times [1 - (R_{\text{polimerizado}}/R_{\text{não-polimerizado}})]$, na qual R representa a razão entre o pico de absorbância em 1640cm^{-1} e em 1610cm^{-1} .

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados estatisticamente pela análise de variância três critérios e teste de Tukey com nível de significância de 5%. Para comparação do

grupo controle com os grupos experimentais dentro de cada agente de cimentação foi utilizado o teste estatístico de Dunnett ($\alpha=0,05$).

5. RESULTADOS

A ANOVA mostrou diferença significativa para os agentes de cimentação ($p < 0,0001$) e translucidez ($p = 0,0252$). O cimento resinoso RelyX Ultimate mostrou menor grau de conversão quando comparado aos demais agentes de cimentação, Filtek Z350 XT Flow e Variolink Esthetic LC, os quais não apresentam diferença significativa entre si. A maior translucidez promoveu maior grau de conversão quando comparada a menor translucidez (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de grau de conversão de acordo com o agente de cimentação, espessura e translucidez da cerâmica

Agente de cimentação	Espessura (mm)	Translucidez		Dados agrupados
		Alta	Baixa	
	Sem cerâmica	52,00 (0,48)		
Filtek Z350 XT Flow	0,5	52,84 (0,94)	51,18 (0,73)	
	1,0	52,99 (0,41)	51,40 (0,63)	52,36 (1,01) a
	2,0	52,99 (0,34)	52,75 (0,94)	
	Sem cerâmica	53,07 (0,83)		
Variolink Esthetic LC	0,5	53,63 (0,94)	52,74 (0,45)	
	1,0	53,04 (0,96)	53,30 (0,84)	52,55 (1,41) a
	2,0	51,28 (1,03)	51,30 (2,04)	
	Sem cerâmica	46,52 (2,40)		
RelyX Ultimate	0,5	46,18 (3,67)	45,17 (3,19)	
	1,0	46,48 (2,65)	46,33 (1,80)	45,84 (2,77) b
	2,0	45,99 (3,32)	44,92 (2,85)	
Dados agrupados		50,72 (3,75) A	49,82 (3,61) B	

Médias (desvios padrões) seguidas por letras distintas (maiúsculas comparando graus de translucidez e minúsculas comparando agentes de cimentação) indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$). O teste de Dunnett não apresentou diferença significativa para nenhum grupo experimental em comparação ao grupo controle dentro de cada agente de cimentação avaliado ($p > 0,05$).

6. DISCUSSÃO

A demanda por procedimentos restauradores indiretos com peças cerâmicas tem aumentado significativamente nos últimos anos. Entretanto, para a obtenção de sucesso na longevidade das restaurações cerâmicas é essencial um correto protocolo de cimentação adesiva. Desta forma, é primordial se obter adequadas propriedades físico-químicas dos agentes de cimentação, uma vez que cerâmicas com diferentes graus de translucidez e espessura são usadas em cada caso clínico. Além disso, o amarelamento do cimento resinoso no decorrer do tempo tem sido um dos grandes problemas relatados nos casos de laminados cerâmicos (de Souza et al., 2015; Ural et al., 2016; Novais et al., 2017). Assim, a utilização de compósitos *flow* e cimentos resinosos livres de amina tem sido recomendado nestas situações (Archeegas et al., 2012; Leal et al., 2016; Ural et al., 2016; Ilie, 2017).

Clinicamente durante a cimentação da peça protética a irradiância da fonte de luz é atenuada com o aumento da opacidade e espessura do material cerâmico, o que poderia reduzir as propriedades físico-químicas dos agentes de cimentação resinosos (Jung et al., 2006; Kilinc et al., 2011; de Souza et al., 2015). Desta forma, a intensidade de luz que atinge o agente de cimentação sob a peça cerâmica é reduzida, dependendo da irradiância da unidade de fotoativação, além da espessura e opacidade da cerâmica (Flury et al., 2013). Entretanto, neste estudo não houve diferença no grau de conversão para nenhum dos agentes de cimentação avaliados quando fotoativado sob as diferentes espessuras dos blocos cerâmicos, tanto de alta quanto de baixa translucidez. Todos os grupos experimentais apresentaram grau de

conversão semelhante ao seu grupo controle, no qual o agente de cimentação foi fotoativado sem a interposição do bloco cerâmico.

Mesmo a espessura de 2mm não foi capaz de reduzir a conversão de monômeros em polímeros. Isto se deve provavelmente a alta irradiância do aparelho de fotoativação usado, que aliado a delgada espessura do agente de cimentação resinoso, propiciou a não redução nos valores de grau de conversão. Também é importante ressaltar a utilização de fonte de ativação com espectro compatível com o comprimento de onda de absorção do fotoiniciador alternativo à canforquinona para uma adequada polimerização do material.

Em relação ao grau de translucidez, tem sido relatado que quanto maior a opacidade, assim como a maior saturação menor a transmissão da luz, o que resulta em propriedades físico-químicas inferiores dos agentes de cimentação resinosos (Archegas et al., 2012; Calgaro et al., 2013; Passos et al., 2013; Leal et al., 2016), como observado nesta pesquisa em que a cerâmica de dissilicato de lítio de menor translucidez ocasionou menor grau de conversão dos agentes de cimentação quando comparada à cerâmica de maior translucidez. A menor translucidez promove dissipação da luz da unidade fotoativadora, desta forma uma menor intensidade de luz atinge o agente de cimentação (Archegas et al., 2012; Passos et al., 2013). Assim, nos casos de reabilitações de dentes mais escurecidos em que se faz necessário o uso de cerâmica de maior opacidade tem sido recomendado se prolongar o tempo de fotoativação (Archegas et al., 2012).

Na comparação entre os agentes de cimentação, o cimento resinoso RelyX Ultimate apresentou menor grau de conversão comparado aos demais materiais resinosos, corroborando com os achados de um estudo prévio (Lima, 2015). Lima (2015) também avaliou a densidade de ligações cruzadas e dureza Knoop, as quais

apresentaram valores superiores aos demais materiais resinosos, sugerindo uma maior taxa de polimerização para o cimento RelyX Ultimate, uma vez que maiores quantidades de radicais livres promovem mais centros de crescimento da rede polimérica (Soh & Yap, 2004; Dewaele et al., 2009). Por outro lado, a rápida formação da rede polimérica reticulada acaba limitando a mobilidade dos radicais livres (Daronch et al., 2005), o que ocasiona a formação de microgéis (monômeros e oligômeros não reagidos) entre zonas de alta densidade de ligações cruzadas, resultando num polímero heterogêneo (Soh & Yap, 2004) e que pode ter contribuído para a obtenção de uma menor conversão monomérica.

A irradiância da unidade fotoativadora, o tempo de exposição e a transmissão da luz pela cerâmica são fatores que afetam significativamente a conversão de monômeros em polímeros. Uma vez que uma polimerização adequada é fundamental para obtenção de propriedades físicas, químicas e biológicas, o cirurgião dentista deve estar atento durante a cimentação adesiva para se obter maior longevidade do procedimento reabilitador e a utilização de agentes de cimentação livres de amina terciária poderia resultar em maior estabilidade de cor. Assim, o cimento resinoso exclusivamente fotoativável sem a presença de amina em sua composição parece ser uma alternativa viável para cimentação de cerâmicas vítreas de maior translucidez com até 2mm de espessura, desde que a fotoativação seja realizada usando aparelhos de alta irradiância.

7. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- O cimento resinoso de dupla ativação sem amina apresentou a menor conversão de monômeros em polímeros;
- A cerâmica com maior translucidez promoveu maior grau de conversão dos agentes de cimentação;
- As diferentes espessuras da cerâmica interposta durante a fotoativação não influenciou na conversão monoméricos dos materiais resinosos.

REFERÊNCIAS

1. Calgaro PA, Furuse AY, Correr GM, Ornaghi BP, Gonzaga CC. Influence of the interposition of ceramic spacers on the degree of conversion and the hardness of resin cements. *Braz Oral Res* 2013; 27: 403-409.
2. Östürk et al., 2015 Effect of ceramic veneer opacity and exposure time on the polymerization efficiency of resin cements. *Oper Dent* 2012; 37: 281-289.
3. Novais VR, Raposo LH, Miranda RR, Lopes CC, Simamoto PC Júnior, Soares CJ. Degree of conversion and bond strength of resin-cements to feldspathic ceramic using different curing modes. *J Appl Oral Sci* 2017; 25: 61-68.
4. Cho SH, Lopez A, Berzins DW, Prasad S, Ahn KW. Effect of different thicknesses of pressable ceramic veneers on polymerization of light-cured and dual-cured resin cements. *J Contemp Dent Pract* 2015; 16: 347-352.
5. Ural Ç, Duran İ, Tatar N, Öztürk Ö, Kaya İ, Kavut İ. The effect of amine-free initiator system and the polymerization type on color stability of resin cements. *J Oral Sci* 2016; 58: 157-161.
6. Lopes CC, Rodrigues RB, Silva AL, Simamoto Júnior PC, Soares CJ, Novais VR. Degree of conversion and mechanical properties of resin cements cured through different all-ceramic systems. *Braz Dent J* 2015; 26: 484-489.
7. Scotti N, Comba A, Cadenaro M, Fontanive L, Breschi L, Monaco C, Scotti R. Effect of lithium disilicate veneers of different thickness on the degree of conversion and microhardness of a light-curing and a dual-curing cement. *Int J Prosthodont* 2016; 29: 384-388.
8. Kilinc E, Antonson SA, Hardigan PC, Kesercioglu A. The effect of ceramic restoration shade and thickness on the polymerization of light- and dual-cure

- resin cements. *Oper Dent* 2011; 36: 661-669.
9. Giráldez I, Ceballos L, Garrido MA, Rodríguez J. Early hardness of self-adhesive resin cements cured under indirect resin composite restorations. *J Esthet Restor Dent* 2011; 23: 116-124.
 10. Ilie N. Transmitted irradiance through ceramics: effect on the mechanical properties of a luting resin cement. *Clin Oral Investig* 2017; 21: 1183-1190.
 11. de Souza G, Braga RR, Cesar PF, Lopes GC. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. *J Appl Oral Sci* 2015; 23: 358-368.
 12. Meng X, Yoshida K, Atsuta M. Influence of ceramic thickness on mechanical properties and polymer structure of dual-cured resin luting agents. *Dent Mater* 2008; 24: 594-599.
 13. 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; 37: 281-289.
 14. Leal CL, Queiroz A, Foxton RM, Argolo S, Mathias P, Cavalcanti AN. Water sorption and solubility of luting agents used under ceramic laminates with different degrees of translucency. *Oper Dent* 2016; 41: E141-E148.
 15. Passos SP, Kimpara ET, Bottino MA, Rizkalla AS, Santos GC Jr. Effect of ceramic thickness and shade on mechanical properties of a resin luting agent. *J Prosthodont* 2014; 23: 462-466.
 16. Jang Y, Ferracane JL, Pfeifer CS, Park JW, Shin Y, Roh BD. Effect of insufficient light exposure on polymerization kinetics of conventional and self-adhesive dual-cure resin cements. *Oper Dent* 2017; 42: E1-E9.
 17. 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* 2013; 29: 317-323.
18. 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; 25: 38-42.
 19. Jung H, Friedl KH, Hiller KA, Furch H, Bernhart S, Schmalz G. Polymerization efficiency of different photocuring units through ceramic discs. *Oper Dent* 2006; 31: 68-77.
 20. Flury S, Lussi A, Hickel R, Ilie N. Light curing through glass ceramics with a second- and a third-generation LED curing unit: effect of curing mode on the degree of conversion of dual-curing resin cements. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 2127-2137.
 21. Lima MO. Influência do preaquecimento nas propriedades físicas de agentes cimentantes fotoativados através de diferentes espessuras de cerâmica. [Dissertação de mestrado]. Piracicaba: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, 2015. 38p.
 22. Soh MS, Yap AU. Influence of curing modes on crosslink density in polymer structures. *J Dent* 2004; 32: 321-326
 23. Dewaele M, Asmussen E, Peutzfeldt A, Munksgaard EC, Benetti AR, Finné G, Leloup G, Devaux J. Influence of curing protocol on selected properties of light-curing polymers: degree of conversion, volume contraction, elastic modulus, and glass transition temperature. *Dent Mater* 2009; 25: 1576-1584.
 24. Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF. Monomer conversion of pre-heated composite. *J Dent Res* 2005; 84: 663-667.