

CAROLINA NEMESIO DE BARROS PEREIRA

Efeito da espessura, cor e translucidez de uma cerâmica de dissilicato de lítio sobre a transmissão da luz halógena e de diodo emissor de luz, o grau de conversão e a microdureza de diferentes cimentos resinosos

Faculdade de Odontologia

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte

2015

CAROLINA NEMESIO DE BARROS PEREIRA

Efeito da espessura, cor e translucidez de uma cerâmica de dissilicato de lítio sobre a transmissão da luz halógena e de diodo emissor de luz, o grau de conversão e a microdureza de diferentes cimentos resinosos

Tese apresentada ao Colegiado de Pós-graduação da FOUFMG como parte dos pré-requisitos para obtenção do título de Doutor em Odontologia

Área de concentração: Clínica Odontológica

Orientador: Prof. Dr. Allyson Nogueira Moreira

Co-orientadora: Profa. Dra. Cláudia Silami de Magalhães

Faculdade de Odontologia

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte

2015

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Bernadete, amorosa e dedicada, que tornou possível mais essa conquista na minha vida por seu desprendimento e zelo com tudo aquilo que não consegui fazer, cuidando com tanto amor de minha filha e minha casa. Por seu apoio incondicional, sua paciência e amizade, te amo para sempre!

À minha filha querida, Maria Clara, luz, alegria e amor maior da minha vida, que foi tão sacrificada com minhas ausências e impossibilidades: por você sempre foram e serão todos os meus esforços em buscar me tornar uma pessoa melhor! Te amo mais do que tudo nesta vida!

Ao meu grande mestre, Professor Doutor Luiz Thadeu de Abreu Poletto, que há 22 anos me apoia paternalmente, acreditando no fundo que eu poderia ir mais longe do que ousaria pensar.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Professor Dr. Allyson Nogueira Moreira, mais que um orientador, um amigo querido que me aceitou e acolheu neste programa apesar de todas as minhas limitações. Obrigada pela oportunidade de trabalhar e caminhar com você ao longo desse tempo! Meu respeito, admiração e minha amizade!

À Professora Doutora Cláudia Silami de Magalhães, exemplo de dedicação e zelo para com o trabalho e a pesquisa, agradeço por seu exemplo e cuidado em nos mostrar o caminho da retidão e da coerência na pesquisa e na vida. Obrigada também a você pelo voto de confiança e pelo carinho com que abriu para mim todas as portas, inclusive a da amizade sincera!

AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso pai de luz, bondade e misericórdia, sustentação para enfrentar as dificuldades e tropeços pelos quais passei ao longo desses quatro anos. Agradeço a cada oportunidade de aprendizado, reflexão, convívio e crescimento.

À querida Professora Dra. Rogéli Tibúrcio Ribeiro da Cunha Peixoto, que aceitou compartilhar comigo suas idéias e projetos, agradeço a confiança e a amizade de todo esse tempo!

Ao Professor Dr. Luiz Alberto Cury do Departamento de Física da UFMG, por toda a paciência e desprendimento em viabilizar as análises de transmissão de luz. Muito obrigada pela leveza e gentileza em nos receber e por dividir conosco os seus conhecimentos!

À Professora Dra. Classídia, pela oportunidade de trabalharmos no CDTN, abrindo portas ao acreditar em nossos projetos! Ao Daniel Andrada, pela paciência e perseverança na análise dos cimentos resinosos e dados de grau de conversão.

Ao Professor Dr. Cristiano Fantini do Laboratório de Óptica do Departamento de Física do ICEX/UFMG, por ceder com tanta gentileza e desprendimento seu tempo, seus conhecimentos e equipamentos de forma a viabilizar a espectroscopia FT-Raman.

Às professoras Dra. Elaine Carballo e Luciana Palhares, do Laboratório de Metalografia do Departamento de Ciência dos Materiais do CEFET-MG, pela oportunidade de iniciar essa parceria e por todo o carinho e confiança, recebendo-me com tanta alegria e boa vontade!

Ao amigo Wagner Reis, do CDTN, que com seriedade e após incansáveis tentativas abriu novas portas para nosso conhecimento em microdureza!

À Professora Dra. Raquel Ferreira da Conceição, pela paciência e perseverança em acreditar e defender nossas múltiplas possibilidades estatísticas! Ao professor Giselson Pereira Alencar, da USP, pelo auxílio nas análises. E ao professor Miguel Hourri que abriu as portas para o entendimento inicial das análises.

Aos professores e amigos, Dr. Nelson Renato Silva, Dr. Rodrigo Richard da Silveira e Walison Arthuso, pela oportunidade das parcerias. Meu abraço e minha gratidão.

Ao Centro de Microscopia da UFMG, especialmente aos funcionários Breno Moreira, Paola Barbosa, Raquel Souza, Fernanda, Douglas Miquita e Roberto Couceiro. Valiosas contribuições, muito bom humor e boa vontade sempre! Muito obrigada!

Aos professores da FOUFMG e do Programa de Pós-graduação, pela oportunidade do convívio, da reflexão e do aprendizado. Em especial agradeço o apoio dos queridos Professores Tulimar Machado Cornacchia, Maria Elisa Souza e Silva, Maria Luíza Carvalho de Oliveira, Patrícia Valente Araújo Jacques Gonçalves e João Maurício Lima de Figueiredo Mota.

Aos queridos e sinceros amigos, muito mais que colegas, cúmplices nesta jornada, sem cujo apoio, amparo, troca de experiências, doação e desprendimento tudo teria sido tristemente muito mais difícil: Bruno Daleprane, Emerson Hamilton da Silva e Giovani Lana Peixoto de Miranda. Obrigada pela grata oportunidade de fazer parte da vida de vocês! Obrigada por todos os risos, angústias, dificuldades, viagens, congressos e conquistas compartilhadas! E principalmente, obrigada por tantas contribuições substanciais em minha vida e por termos crescido tanto juntos! Minha amizade sincera para sempre.

A todos os colegas e companheiros de mestrado e doutorado, em especial a Viviane Frade de Aguiar, Fernanda Rezende Lins e Rodrigo Nascimento: nossos caminhos se cruzaram por tantas vezes! Apesar dos desencontros, sabemos que fazemos parte das histórias uns dos outros! Obrigada!

Ao Sr. João e Tiago, da oficina do ICEx-UFMG, sempre disponíveis para auxiliar na confecção de todos os dispositivos que a eles solicitamos.

À minha querida amiga Silvilene Giovane, Gio, para quem me faltam adjetivos que descrevam quanta alegria e amorosidade traz para nossos corações! Obrigada por todo o carinho.

Aos funcionários do ODR, em especial à Rafaela, por sua discrição, disponibilidade e cuidado em atender nossas solicitações.

A cada um dos alunos de graduação da FOUFG, com quem tive a grata oportunidade de descobrir minha vocação para a docência, sempre buscando rever e superar minhas limitações em favor do ensino e da formação profissional desses jovens.

A todas as funcionárias do Colegiado de Pós-graduação da FOUFG, em especial Beth, Laís e Letícia, por toda a atenção e cuidado com nossas solicitações ao longo de todo esse tempo.

Aos funcionários da manutenção, da Oficina da FOUFG, pela atenção e disponibilidade sempre que precisamos da ajuda deles.

A cada funcionário da FOUFG, que tornam possível o nosso trabalho dia a dia, especialmente ao Bruno Lourenço, do Laboratório de Pesquisa da ODR.

À Faculdade de Odontologia e ao Colegiado de Pós-graduação por me receberem novamente como aluna e filha desta casa! Agradeço pela oportunidade e por todo o apoio.

À minha secretária, Adriana Pedrosa, companheira e dedicada, pela paciência e tolerância ao longo desses 4 anos de muitas correrias. E aos meus pacientes por compreenderem minhas ausências e não perderem a fé em mim.

À 3M, em especial à Fernanda Soares, pela doação de alguns dos cimentos utilizados e por sempre acreditarem em nós.

À Ivoclar Vivadent, especialmente à Camila Madruga, pela oportunidade de fazer o curso laboratorial de introdução ao Sistema IPS e.max.

À CAPES, FAPEMIG e Pró-reitoria de Pesquisa da UFG, pelo apoio financeiro para os projetos que realizei ao longo deste tempo.

A todas as pessoas que de alguma forma colaboraram, contribuíram, incentivaram e apoiaram para que tudo fosse possível e desse certo! Meu muito obrigada!!

LISTA DE ABREVIATURAS

ATR – reflectância total atenuada

ARC – cimento resinoso convencional dual Rely X ARC

AP – arco de plasma

CAD/CAM (*computer-aided design/computer-aided manufacturing*) desenho assistido por computador/manufatura assistida por computador

cm⁻¹ – centímetro a menos um ou número de onda

CCD – dispositivo de carga acoplada

CP – controle positivo

CN – controle negativo

Cr – creep

d – distância

DC – *dual-cured* (presa dual)

E – módulo de elasticidade

F – força

FTIR – *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier)

FT-Raman – espectroscopia Raman por transformada de Fourier

G – grupo

GC – grau de conversão

HAL – luz halógena convencional / halógena

HHAL – luz halógena de alta intensidade

HO – *high opacity* (alta opacidade)

HT – *high translucency* (alta translucidez)

I – intensidade da luz transmitida através da cerâmica

I_0 – intensidade da luz incidente sobre o detector LC – *Light cure* (fotoativado)

J/cm^2 – Joule por centímetro quadrado

KHN – número de dureza Knoop

LC – *light-cured*

LED – *Light Emitting Diode* (diodo emissor de luz)

LT – *low translucency* (baixa translucidez)

ME – módulo de endentação

MO – *medium opacity* (média opacidade)

mW/cm^2 – miliwatt por centímetro quadrado

NH – nanodureza

nm – nanômetro

PPD – 1-phenyl-1,2-propanediona

PT – porcentagem de transmissão de luz

PTe – porcentagem de transmissão estimada

s - segundo

TP – *translucency parameter* (parâmetro de translucidez)

U100 – cimento resinoso autoadesivo dual RelyX U100/Unicem

U200 – cimento resinoso autoadesivo dual RelyX U200

VHN – número de dureza Vickers

ZR – zircônia

λ – lambda, comprimento de onda

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Blocos de cerâmica e.max CAD HT A1 (A), bloco posicionado na placa acrílica com cera pegajosa (B), corte do bloco na Isomet (C), corpos de prova de cerâmica de 1 a 5mm HT A1 (D).....	50
Figura 2 – Cerâmicas posicionadas no forno sobre manta refratária antes (A) e após a cristalização (B).....	52
Figura 3 – Cristal fotossensível do detector do aparelho medidor de potência (A) e cerâmica posicionada com anel rosqueado (B).....	53
Figura 4 – Ponteiras das fontes de luz acopladas ao detector: (A) HAL; (B) LED.....	54
Figura 5 – Bloco de resina composta posicionado na balança de precisão (A). Lamínula com cimento resinoso posicionada sobre bloco de resina (B).....	58
Figura 6 – Ponteira posicionada sobre a lamínula (A) para a fotoativação direta do cimento resinoso (B).....	58
Figura 7 – Fotoativação através do bloco cerâmico: (A) LED, (B) HAL.....	59
Figura 8 – Espectrofotômetro RAM II, Vertex 70, Bruker.....	60
Figura 9 – Matriz bipartida de policetal. A seta indica o orifício central, utilizado para a confecção dos corpos de prova para microdureza.....	61
Figura 10 – Fotoativação direta do cimento resinoso: (A) LED; (B) HAL.....	62
Figura 11 – Fotoativação do cimento através da cerâmica: (A) LED; (B) HAL.....	62
Figura 12 – Microdurômetro Shimadzu HMV 2 (A) e vista aproximada da ponteira Knoop (B).....	63
Figura 13 – Corpo de prova de cimento resinoso embutido mecanicamente na matriz bipartida, durante teste de microdureza Knoop.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação da porcentagem de transmissão de luz segundo a cor, translucidez e a fonte de luz.....	70
Tabela 2 – Coeficiente β (95% IC) e valor de p para as variáveis incluídas no modelo de regressão.....	71
Tabela 3 – Modelo de regressão linear ajustado combinando os fatores fonte de luz e translucidez.....	72
Tabela 4 – Coeficientes de absorção das cerâmicas conforme a translucidez e cor em função da fonte de luz.....	73
Tabela 5 – Resultados dos testes de aderência (Shapiro Wilk / Levéne).....	78
Tabela 6 – Valores médios de GC e desvio padrão dos cimentos resinosos.....	78
Tabela 7 – ANOVA para o cimento RelyX ARC.....	81
Tabela 8 – Média de grau de conversão (GC) em porcentagem do cimento RelyX ARC considerando-se a cor da cerâmica.....	81
Tabela 9 – Média de grau de conversão (GC) em porcentagem do cimento RelyX ARC considerando-se espessura e translucidez da cerâmica.....	82
Tabela 10 – ANOVA para o cimento RelyX U200.....	82
Tabela 11 – Média de grau de conversão (GC) em porcentagem do cimento RelyX U200 considerando-se cor, espessura e translucidez da cerâmica.....	83
Tabela 12 – ANOVA para o cimento RelyX Veneer.....	84
Tabela 13 – Médias de grau de conversão (GC) em porcentagem para o cimento RelyX Veneer em função da translucidez da cerâmica.....	84
Tabela 14 – Médias de grau de conversão (GC) em porcentagem para o cimento RelyX Veneer em função da espessura da cerâmica.....	85

Tabela 15 – Médias de grau de conversão (GC) em porcentagem para o cimento RelyX Veneer em função da cor da cerâmica.....85

Tabela 16 – Valores de microdureza Knoop (média e mediana, Kruskal-Wallis) da microdureza Knoop (KHN) de cada cimento resinoso para as combinações TE proposta, para os grupos controle positivo – CP (fotoativação direta) e controle negativo – CN (sem fotoativação) de cada cimento, e do C&B (químico).....88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição, cor, translucidez, número de lote e composição das cerâmicas utilizadas no estudo.	50
Quadro 2 – Parâmetros recomendados pelo fabricante para a cristalização da cerâmica IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent).	51
Quadro 3 – Cimentos resinosos utilizados no estudo: marcas comerciais, lote, modo de ativação e composição.	56
Quadro 4 – Aleatorização para a confecção dos corpos-de-prova de cimentos resinosos (RelyX U200, U; RelyX ARC, A; RelyX Veneer, V) considerando-se a cerâmica de translucidez (HT, LT) espessura (2, 3 e 4mm) e cor (A2, A3 e A3.5) para cada fonte de luz (LED e HAL) alternadamente (1 e 2).....	57
Quadro 5 – Variável construída (TE) pela combinação entre os fatores translucidez (HT alta ou LT baixa) e espessura (2, 3 ou 4mm) da cerâmica interposta.....	86

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Espectros de emissão de luz das fontes fotoativadoras LED e halógena (HAL).....	67
Gráfico 2 – Percentual de transmissão da luz em função da espessura, cor e translucidez da cerâmica para a fonte de luz halógena.....	68
Gráfico 3 – Percentual de transmissão da luz em função da espessura, cor e translucidez da cerâmica para a fonte de luz LED.....	69
Gráfico 4 – I_n de I/I_0 para a luz em função da espessura da cerâmica: (A) HAL, (B) LED.....	74
Gráfico 5 – Coeficientes de absorção das cerâmicas conforme a translucidez e cor em função da fonte de luz.	75
Gráfico 6 – Espectros de absorção de luz dos cimentos resinosos RelyX ARC, U200 e Veneer antes da fotoativação (A) e após a fotoativação (B).	76
Gráfico 7 – Espectros do cimento C&B não polimerizado (A) e polimerizado (B).....	77
Gráfico 8 – Valores médios \pm 2 vezes o erro padrão do grau de conversão (%) dos cimentos avaliados e dos controles negativos duais.....	79
Gráfico 9 – Médias de GC (%) para os cimentos duais e fotoativado em relação à variação de espessura, cor e translucidez da cerâmica.....	80
Gráfico 10 – Representação das médias de KHN para cada cimento resinoso em função da translucidez e da espessura da cerâmica.....	87

EPÍGRAFE

“A adversidade é como um vento forte. Arranca de nós tudo, menos o que não nos pode ser tirado, de maneira que nos vemos exatamente como somos.”

Arthur Golden

RESUMO

Avaliou-se o efeito da espessura, cor e translucidez de uma cerâmica vítrea sobre a transmissão da luz halógena (HAL) e diodo emissor de luz (LED) e sobre o grau de conversão e microdureza de diferentes cimentos resinosos. Quarenta blocos da cerâmica IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent) de translucidez (alta-HT e baixa-LT) cores A1, A2, A3 e A3.5, foram cortados (1, 2, 3, 4 e 5mm) e cristalizados (200 corpos de prova). Os espectros de emissão de HAL (Demetron LC) e LED (Bluephase, Ivoclar Vivadent) foram determinados. A intensidade da luz (mW/cm^2) incidente sobre o detector e da luz transmitida através da cerâmica foram medidas em triplicata para cada fonte de luz. Os coeficientes de absorção de luz (α) da cerâmica para as diferentes cores e translucidez foram obtidos utilizando-se a fórmula de Lambert-Beer a partir do \log_n das espessuras avaliadas. O grau de conversão (GC) por espectroscopia FT-Raman e a microdureza Knoop (KHN) dos cimentos resinosos RelyX ARC, RelyX U200 e RelyX Veneer foram medidos sem barreira ou com a interposição da cerâmica nas espessuras (2, 3 e 4mm), cores (A2, A3 e A3.5) e translucidez (HT e LT), $n=3$. Calculou-se GC e KHN do ARC e U200 sem fotoativação comparados ao cimento resinoso quimicamente ativado C&B. A análise dos dados ($\alpha=5\%$) foi realizada por regressão linear para os dados de transmissão de luz; ANOVA e Tuckey para GC e Kruskal-Wallis, Dunn teste e correção de Bonferroni para KHN. A intensidade da luz foi $1350\text{mW}/\text{cm}^2$ para o LED e $950\text{mW}/\text{cm}^2$ para HAL. Houve efeito significativo da interação entre fonte de luz e translucidez ($p=0,008$) e forte correlação negativa entre a espessura da cerâmica e o percentual de transmissão de luz, PT (Coeficiente de Correlação de Pearson, $r=-0,845$, $p<0,001$). O aumento de uma unidade na espessura da cerâmica levou a uma redução média de 3,16 no PT. Não houve diferença estatística ($p=0,124$) entre as cores A1 ($\beta_1=0$) e A2 ($\beta_1=-0,45$). A redução na PT foi de 0,83 para A3 e 2,18 para A3,5. A PT foi mais favorável para a interação HAL/HT ($\beta_1=0$), seguida de LED/HT ($\beta_1=-2,92$), HAL/LT ($\beta_1=-3,75$) e LED/LT ($\beta_1=-5,58$). Foi proposta uma equação para determinar PT estimada considerando os valores de β_1 encontrados. Apesar de α ser inerente ao material, a cerâmica absorveu menos luz quando exposta à HAL quando comparada ao LED. Houve efeito da cor, translucidez e espessura da cerâmica sobre o grau de conversão dos cimentos resinosos RelyX ARC, U200 e Veneer ($p<0.0017$), sem efeito da fonte de luz ($p=0.9512$). O cimento quimicamente ativado

C&B e o fotoativado RelyX Veneer apresentaram maiores valores de GC, seguidos dos demais ARC e U200. Os cimentos U200 e ARC não fotoativados apresentaram menor GC. Não houve significância para os fatores cor ($p= 0.1717$) e fonte de luz ($p= 0.1421$) para a microdureza dos cimentos resinosos. A espessura e a translucidez da cerâmica e o tipo de cimento apresentaram efeito sobre KHN ($p=0.0001$). KHN foi maior para U200, seguido do ARC e Veneer. Os valores mais baixos foram encontrados para o C&B e U200 não fotoativado. Cerâmicas de alta translucidez foram associadas a maiores valores de KHN do cimento subjacente em relação às de baixa translucidez. Concluiu-se que a interação LED/LT, o aumento da espessura cerâmica e as cores A3 e A3.5 levaram a menores valores de PT. A equação proposta permitiu estimar PT através de uma restauração de espessura, cor, translucidez e fonte de luz determinadas clinicamente. Houve efeito da cor, translucidez e espessura da cerâmica sobre o grau de conversão. A microdureza foi dependente da translucidez, seguida da espessura da cerâmica. HAL produziu menor densidade de energia em 30 segundos, mas não houve diferença entre as fontes de luz nem para a microdureza nem para o grau de conversão dos cimentos avaliados.

Palavras-chave: Fonte de luz LED, fonte de luz halógena, cerâmica vítrea para CAD/CAM, dissilicato de lítio, transmissão de luz, grau de conversão, microdureza Knoop

ABSTRACT

Effect of thickness, shade and translucency of a lithium disilicate glass-ceramic on the light transmission of halogen or light emitting diode, degree of conversion and microhardness of different resin cements

This study evaluated the effect of thickness, shade and translucency of a ceramic on light emitting diode (LED) and halogen light (HAL) transmission, and the degree of conversion and microhardness of different resin cements. The factors studied were thickness (1, 2, 3, 4, 5mm), shade (A1, A2, A3, A3.5) and translucency (high-HT or low-LT) of a lithium disilicate glass-ceramic and light sources (halogen and LED). Forty ceramic blocks (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) were cut and crystallized (200 samples). The emission spectra of HAL (Demetron LC) and LED (Bluephase) were determined. Light intensity (mW/cm^2) incident on the detector and the light transmitted through each ceramic sample were measured in triplicate for each light unit. A linear regression model was used for statistical analysis. The light absorption coefficient (α) of ceramics for the different shades and translucency were obtained using the Lambert-Beer formula from \log_n of measured thickness. The degree of conversion (DC) by FT-Raman spectroscopy and Knoop microhardness (KHN) of resin cements RelyX ARC, RelyX U200 and RelyX Veneer were measured without barrier or by interposing ceramics (2, 3 or 4mm-thick), shade (A2, or A3 A3.5) and translucency (HT or LT), $n=3$. GC and KHN of the same cements without photoactivation were evaluated as a chemical pattern compared to C&B cement ($n=3$). Data analysis ($\alpha=5\%$) were performed by linear regression for light transmission ANOVA and Tuckey for conversion degree; Kruskal-Wallis, Dunntest and Bonferroni correction for microhardness. Light intensity was $1350\text{mW}/\text{cm}^2$ for LED and $950\text{mW}/\text{cm}^2$ for HAL. There was a significant interaction between light source and translucency ($p=0.008$) and a strong negative correlation ($r=-0.845$; $p<0.001$) between ceramic thickness and light transmission percentage (TP). Increasing a unit in thickness led to a mean reduction of 3,17 in TP. There was no significant difference in TP ($p=0.124$) between the shades A1 ($\beta_1=0$) and A2 ($\beta_1=-0.45$) but a significant reduction occurred for A3 ($\beta_1=-0.83$) and A3.5 ($\beta_1=-2.18$). The HAL/HT interaction showed higher PT ($\beta_1=0$) than LED/HT

($\beta_1=-2.92$) and HAL/LT ($\beta_1=-3.75$). LED/LT showed the lower PT ($\beta_1=-5.58$). From the regression model, an equation was obtained to determine PT estimated using β_1 values of each variable. There was effect of ceramic shade, translucency and thickness on the conversion degree of resin cements RelyX ARC, U200 e Veneer ($p<0.0017$), but there was no effect of light source ($p=0.9512$). Higher values of conversion degree were observed for C&B self-cured and RelyX Veneer light-cured cement, followed by ARC and U200 dual cements. U200 and ARC without photoactivation showed the lowest degree of conversion. For KHN, there was no significance for the factors shade ($p=0.1717$) and light source ($p=0.1421$). Ceramic translucency and thickness, and type of resin cement presented effect on the KHN ($p=0.0001$). The KHN values were higher for U200, followed by ARC. The lowest values were found for Veneer. High translucency ceramics were associated with higher KHN values of the underlying cement compared to the low translucency samples. In conclusion, there were differences in ceramics behavior, which absorb less light than when exposed to HAL compared to the LED. The interaction LED/LT and the increased ceramic thickness produced lowest PT values. Shades A1 and A2 allowed higher PT than A3 and A3.5. The proposed equation allowed estimating TP through a restoration from shade, translucency and light source. Degree of conversion has the effect of ceramic shade, translucency and thickness. KHN was dependent of ceramic translucency, followed by thickness. HAL produced less energy density, but there was no difference between light sources concerning KHN or conversion degree.

Key-words: LED light source, halogen light source, CAD/CAM lithium disilicate glass-ceramics, light transmission, degree of conversion, Knoop hardness

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1. Translucência das cerâmicas	24
2.2. Efetividade da polimerização dos cimentos resinosos	29
3. OBJETIVOS	46
3.1. Objetivo geral	46
3.2. Objetivos específicos	46
4. HIPÓTESES	48
5. MATERIAL E MÉTODOS	49
5.1. Delineamento do estudo	49
5.2. Obtenção dos corpos de prova cerâmicos	49
5.3. Transmissão de luz	52
5.3.1 Análise do espectro de emissão das fontes de luz	52
5.3.2 Medida da transmissão da luz	53
5.4. Grau de conversão	55
5.4.1 Preparo dos corpos de prova dos cimentos resinosos para GC	55
5.4.2 Avaliação do grau de conversão por espectroscopia FT-Raman	59
5.5. Microdureza	61
5.5.1 Confecção dos corpos de prova dos cimentos resinosos para KHN	61
5.5.2 Avaliação da microdureza Knoop dos cimentos resinosos	63
5.6. Análise estatística	64
5.6.1 Transmissão de luz	64
5.6.2 Grau de conversão	65
5.6.3 Microdureza	65
6. RESULTADOS	67
6.1. Transmissão de luz	67
6.2. Grau de conversão	75
6.3. Microdureza	85
7. DISCUSSÃO	90
8. CONCLUSÃO	103
REFERÊNCIAS	104
PRODUÇÃO INTELECTUAL DESENVOLVIDA DURANTE O CURSO	111
ANEXO I	132

1 INTRODUÇÃO

As restaurações cerâmicas livres de metal têm sido largamente utilizadas na odontologia por seus excelentes resultados estéticos, biocompatibilidade e durabilidade (VICHI *et al.*, 2011; DELLA BONA *et al.*, 2014). A translucidez e a estabilidade de cor são os dois aspectos mais importantes para uma restauração estética, particularmente nas cerâmicas vítreas de cobertura (HARIANAWALA *et al.*, 2014). Em um primeiro momento, o coping metálico foi substituído por subestruturas de cerâmicas de alta resistência mecânica, mas sua composição química, pigmentos e arranjo atômico determinavam um material de alta opacidade (DELLA BONA, 2009; VICHI *et al.*, 2011, BALDISSARA *et al.*). Como alternativa, especialmente para as coroas monolíticas e para as restaurações parciais (*inlays*, *onlays* e facetas) foram idealizadas as cerâmicas vítreas com reforço cristalino, que apresentam alta resistência à compressão e são ácido-sensíveis, possibilitando a confecção de restaurações com maior translucidez e facilidade para a cimentação adesiva (DELLA BONA, 2009). As cerâmicas vítreas à base de dissilicato de lítio apresentam alta resistência mecânica, são altamente estéticas e passíveis de fixação com cimentos resinosos (DELLA BONA *et al.*, 2009), além da possibilidade de obtenção das restaurações por CAD/CAM (*computer aided-design/computer aided-manufacturing*) (DELLA BONA *et al.*, 2008; GIANNETOPOULOS *et al.*, 2010; BALDISSARA *et al.*, 2010; WANG *et al.*, 2013).

As propriedades biomecânicas das cerâmicas odontológicas têm sido extensivamente estudadas (GUESS *et al.*, 2010; GONZAGA *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2011; MAGNE *et al.*, 2011; LIN *et al.*, 2012; BALADHANDAYUTHAM *et al.*, 2015). Entretanto, dados sobre suas propriedades óticas são escassos, apesar de serem necessários para o modelamento da interação da luz com a restauração (YOSHIMURA *et al.*, 2012). Esta interação é determinante para a obtenção de resultados estéticos que considerem as diferentes espessuras de preparo, a cor do substrato dentário e o padrão de cor e opacidade dos dentes naturais dos pacientes (DELLA BONA, 2009).

Na dentição natural, a luz incidente pode ser refletida, dispersa ou absorvida. Os prismas do esmalte são responsáveis pelo espalhamento da luz, enquanto a dentina a absorve (ZIJP *et al.*, 1995; TEN BOSCH e COOPS, 1995). As propriedades óticas

do dente também são afetadas pela transmissão da luz difusa e especular (BRODBELT *et al.*, 1981). A escolha das cerâmicas nos casos de grande exigência estética é devida, além de suas propriedades físicas, à capacidade de mimetizar a cor e a vitalidade dos dentes, reproduzindo com equilíbrio o padrão de absorção e espalhamento da luz (ILIE e HICKEL, 2008; CORCIOLANI *et al.*, 2011).

Apesar da alta resistência à compressão das cerâmicas à base de dissilicato de lítio, são materiais frágeis por não apresentarem deformação plástica, isto é, sob cargas extremas se fraturam. Desta forma, as restaurações cerâmicas devem ser cimentadas de forma adesiva, garantindo que o estresse da mastigação seja distribuído através da estrutura dentária (DELLA BONA, 2009). Para se alcançar os melhores resultados adesivos, deve-se utilizar cimentos resinosos, que podem apresentar polimerização química (cuja reação polimérica tem início com a mistura base/catalisador), física (dependente da luz para excitar os fotoiniciadores) ou dupla (química e física, ou ainda dual). Para os cimentos físicos ou duais, que dependem da fotoativação, a excitação somente ocorrerá na presença de luz em adequado comprimento de onda e irradiância suficiente (RUEGGEBERG, 1999; DIAS *et al.*, 2008; PIVA *et al.*, 2008; FLURY *et al.*, 2013). Desta forma, a translucidez das cerâmicas não deve ser considerada apenas como critério estético, mas também como fator determinante na polimerização do cimento resinoso subjacente (WATTS e CASH, 1994; ILIE e HICKEL, 2008).

Considerando-se os cimentos resinosos de ativação dupla, sua adequada polimerização é determinada ainda pelo tipo (BALDISSARA *et al.*, 2010; WANG *et al.*, 2013) e espessura da cerâmica (ILIE e HICKEL, 2008; NORONHA FILHO *et al.*, 2010; KILINC *et al.*, 2011; ÖZTÜRK *et al.*, 2015).

Entretanto, ainda não existe consenso sobre a influência da unidade de luz fotoativadora sobre a qualidade da polimerização dos cimentos resinosos através das restaurações (RASETTO *et al.*, 2004; OZYESIL *et al.*, 2004; OZTURK *et al.*, 2005; KOMORI *et al.*, 2010; ARHEGAS *et al.*, 2012; WATANABE *et al.*, 2015). Considerando que a combinação de espalhamento, reflexão e absorção podem explicar a atenuação da luz incidente através da cerâmica, a interferência no padrão de polimerização do cimento resinoso subjacente compromete a longevidade da restauração (DIAS *et al.*, 2008; PIVA *et al.*, 2008; ARHEGAS *et al.*, 2012).

O tipo de material restaurador indireto e os diferentes aparelhos fotoativadores podem afetar a transmissão da luz. A redução na quantidade de energia irradiante que atinge o cimento resinoso pode comprometer o grau de polimerização do mesmo, afetando suas propriedades e a longevidade da restauração. Entretanto, não foi encontrado um estudo que avaliasse as diferentes características de uma cerâmica com diferentes fontes de luz e sua relação com o grau de conversão e a microdureza. Além disso, a literatura atual não deixa claro se existe a real necessidade de substituição das lâmpadas halógenas pelo LED para a fotoativação dos cimentos resinosos. A comparação do comportamento químico e mecânico de cimentos resinosos com composição e modo de ativação diferentes se faz necessária para avaliar a possível influência de cada fonte fotoativadora. Além disso, deve-se estabelecer se existe uma relação entre a intensidade da luz transmitida através da cerâmica e as propriedades químicas e mecânicas dos diferentes cimentos resinosos.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a intensidade e a transmitância total da luz emitida por aparelhos fotoativadores de luz halógena (HAL) e de um diodo emissor de luz (LED) através de diferentes espessuras, cores e translucidez de uma cerâmica reforçada por dissilicato de lítio para fresagem no sistema CAD/CAM, e avaliar o grau de conversão e a microdureza de diferentes cimentos resinosos sob os mesmos parâmetros. A hipótese nula é de que não existe efeito da espessura, cor e translucidez da cerâmica vítrea de dissilicato de lítio sobre a transmissão da luz HAL e LED, o grau de conversão e a microdureza de diferentes cimentos resinosos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Translucência das cerâmicas

Brodbelt *et al.* (1980) avaliaram a translucência direta e total de cerâmicas feldspáticas convencionais. Avaliou-se ainda a translucência como função do comprimento de onda. Foram avaliadas 5 cerâmicas de cobertura (Bioform, Ceramco BF, Vita VMK, Neydium e Willceram) e uma cerâmica feldspática (Steeles) nas cores 59, 62, 65, 67 e 91 ou suas equivalentes (n= 4), e 3 espessuras da cerâmica Ceramco incisal clara. A intensidade do feixe de transmissão direta foi medida em espectrofotômetro dual. Todas as cerâmicas apresentaram aumento na transmissão direta com o aumento do comprimento de onda de 400 para 700nm, e não houve picos distintos em nenhum espectro de transmissão direta ou total. Não houve diferença significativa entre as cerâmicas do mesmo grupo, apenas entre a cerâmica mais translúcida (Neydium 91, 38,14%) e as de menor translucidez (Vita 65 - 20,39%; Willceram 67 - 19,03% e Vita 67 - 18,05%). A translucência da cerâmica foi função da espessura. A quantidade de luz direta transmitida foi menor que 1%. O espalhamento gerou transmissão total média de 26,8%. Concluiu-se que a transmissão da luz através da cerâmica depende da espessura da mesma; a translucência pode ser expressa em relação ao coeficiente de transmissão total; as cerâmicas odontológicas transmitem 200 vezes mais luz por transmissão total do que pela transmissão direta; a transmissão total aumenta com o aumento do comprimento de onda de acordo com a equação de Rayleigh.

Em 1994 Myers *et al.* investigaram o efeito da composição, cor e espessura da restauração na transmissão de luz de materiais utilizados na confecção de facetas, inlays e coroas. Avaliou-se também a relação entre a luz transmitida e a extensão de polimerização de um cimento resinoso fotoativado em diferentes tempos de exposição à luz. Confeccionaram-se discos nas cores A1 e A4, com espessuras de 0.5 a 3mm, com intervalos de 0.5mm das cerâmicas Colorlogic (Ceramco), Dicor (Dentsply). A fonte de luz utilizada foi a halógena (HAL) convencional (Demetron 401) por 20, 40 e 60s. A transmissão de luz foi medida por radiômetro (Demetron 100). O grau de polimerização do cimento dual Porcelite translúcido (Kerr) foi avaliado por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (espectroscopia FTIR). A espessura da restauração e sua cor tiveram maior

influência na transmissão da luz do que o material utilizado. A cerâmica fundida Dicor permitiu maior transmissão de luz, e possibilitou a polimerização do cimento resinoso com restaurações mais espessas. Os autores sugeriram que para restaurações com espessura maior que 1mm seja utilizado um cimento resinoso dual ou de polimerização química, buscando a obtenção de melhores propriedades do cimento.

Antonson e Anusavice (2001) avaliaram quatro cerâmicas de subestrutura (Procera e Dicor – comerciais – e BAS e Canasite – experimentais) e quatro cerâmicas de recobrimento (Ceramco, Finesse, Duceram FLC e Vita VMK 68) nas espessuras de 0.7, 1.1, 1.25 ou 1.5mm. A correlação entre espessura e translucidez da cerâmica foi determinada pela comparação dos valores do coeficiente de determinação R^2 obtidos a partir de uma análise de regressão linear. R^2 é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, em relação aos valores observados. Varia entre 0 e 1, indicando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo, melhor ele se ajusta à amostra. Houve diferença significativa entre os valores médios da taxa de contraste dos materiais. A cerâmica de subestrutura menos opaca, em todas as espessuras, foi o Dicor e a mais opaca foi o Procera. Entre as cerâmicas de cobertura, a mais translúcida foi a Ceramco e a menos translúcida a Duceram, em todas as espessuras. Os valores da taxa de contraste foram significativamente diferentes para a espessura de 1.5mm em todos os grupos avaliados, sendo a cerâmica experimental a mais translúcida. A relação entre taxa de contraste e espessura foi linear para todas as cerâmicas, exceto para a Vita VMK 68.

Rasetto *et al.* (2004) avaliaram a transmissão da luz através das cerâmicas Procera All Ceram (0.25, 0.4 e 0.6mm) e cerâmica feldspática (Ceramco II), cerâmica infiltrada por alumina (Vitadur Alfa), e cerâmica fundida e prensada (IPS Empress), todas com 1mm de espessura. A transmissão da luz halógena convencional – HAL (3M Unitek), arco de plasma – AP (Apollo 95E) e halógena de alta intensidade – HHAL (Kreativ modelo de luz Kuring 2000), foi medida por radiômetro (mW/cm^2). As medidas de intensidade de luz HAL, AP e HHAL foram 660, 1050, e 2475 mW/cm^2 , respectivamente. A intensidade da luz transmitida através dos laminados de

cerâmica foi ditada pela unidade de polimerização, pelo tipo e principalmente pela espessura da cerâmica. Concluiu-se que HAL ou HHAL por 10s pode ser insuficiente para a adequada fotoativação através de laminados ou coroas totalmente em cerâmica, mesmo em copings finos de Procera.

Peixoto *et al.* (2007) avaliaram a cerâmica Duceram (Degussa) em 4 espessuras (1,5, 2, 3 e 4mm) e 8 cores da escala Vita (A1, A4, B1, B4, C1, C4, D2, D4). As unidades fotoativadoras foram o Optilux 401 e 403 (Demetron, Kerr) e o registro da transmissão da luz foi feito com dispositivo digital de medição de energia (Newport Optical Power Meter, modelo 835), em triplicata. Para todas as cores avaliadas, a percentagem de transmissão de luz diminuiu significativamente com o aumento da espessura da cerâmica, exceto para A4 e C4, que não apresentaram diferença entre 3 e 4mm. Mantendo-se a mesma espessura, as cores mais escuras transmitiram significativamente menos luz que as cores mais claras. A correlação entre o logaritmo Neperiano do coeficiente de transmissão e a espessura da cerâmica mostrou um comportamento linear entre as variáveis cor e espessura, demonstrando que os resultados seguiram a lei de Lambert-Beer. Concluiu-se que houve significativa redução na transmissão da luz com o aumento da espessura da cerâmica.

Dias *et al.* (2008) investigaram a irradiação da luz através de cerâmicas de subestrutura e cobertura em diferentes espessuras, assim como a transmitância destes materiais. Foi avaliado se o aumento da espessura da cerâmica levaria a diminuição da transmitância e da irradiância utilizando as cerâmicas vítreas IPS Empress (EMP), IPS Empress Esthetic (EST) nas espessuras de 0,7, 1,4 e 2mm; IPS Empress 2 (E2) e IPS Eris E2 dentina (D) e esmalte (E) com diferentes combinações de espessura. A transmitância de luz difusa foi medida por espectrofotômetro (UV-Vis, Lambda 9, Perkin Elmer). A irradiância das fontes HAL (XL2500, 3M ESPE) e LED (Ultrablue Is, DMC) foi aferida por radiômetro (Demetron 100), com a ponta posicionada perpendicularmente ao detector (grupo controle) ou diretamente sobre a superfície da cerâmica. Houve redução na porcentagem de transmitância da luz dependendo da espessura da cerâmica. Esta redução foi maior para E2 recoberto com D comparada com E2 + D recoberto por E. EST apresentou maiores valores de transmitância que EMP em todas as espessuras. Entretanto, a

percentagem de transmitância foi maior com o aumento do comprimento de onda, independentemente do material ou da espessura. Todos os grupos irradiados através da cerâmica apresentaram redução significativa quando comparados ao controle, com redução gradual em função do aumento da espessura do corpo de prova. A irradiância através da EST foi significativamente maior que para EMP, independentemente da espessura ou do método de fotoativação. LED apresentou menor irradiância que halógena. Observou-se que, para a fonte de luz halógena, o resfriamento adequado foi efetivo em aumentar o nível de irradiância que foi sempre maior que o LED. O tipo de cerâmica influenciou significativamente a irradiância e a transmitância, que diminuíram com o aumento da espessura.

Baldissara *et al.* (2010) avaliaram o padrão de translucência de diferentes cerâmicas à base de zircônia Lava Frame (0.3 e 0.5mm), 3M ESPE; IPS e.max ZirCAD, Ivoclar Vivadent (0.5mm), VITA YZ, VITA (0.5mm); Procera AllZircon, Nobel Biocare (0.6mm); Digizon, Amman Girschbach AG (0.6mm); DC Zircon, DCZ Dental AG (0.5mm) e Cercon Base, DeguDent (0.4mm), sendo o controle uma cerâmica vítrea a base de dissilicato de lítio IPS e.max PRESS, Ivoclar Vivadent (0.5mm). As espessuras foram definidas pelo *software* dos fabricantes para coroas de molar, com espaçamentos de 0.4µm para a cimentação. A translucência da luz gerada por HAL (Xenophot HLX) foi determinada por fotorradiômetro (HD 9221/S3, Delta Ohm Srl, 400 a 900nm), em triplicata. Houve diferença significativa entre a translucência do coping de IPS e.max PRESS e os copings de zircônia. Os valores de translucência em relação ao fluxo de luz controle foram: IPS e.max 0.5: 17,5%; Lava 0.3: 12,5%; Lava 0.5: 11,2%, Procera 0.6: 10,1%; Digizon 0.6: 9,59%; DCZ 0.5: 9,26%; VITA YZ 0.5: 9,18%; IPS ZirCAD 0.5: 8,97%; Cercon 0.4: 7,38%. Todos os materiais estudados podem ser considerados translúcidos em algum grau, mas não houve absorção da luz visível e a difusão foi mínima. As diferenças observadas entre copings de mesma espessura devem-se às variações químicas e estruturais das cerâmicas, além dos efeitos do processamento e estrutura cristalina. Cercon apresentou a menor translucidez, a despeito da espessura de 0.4, sugerindo que a espessura menor apenas não garante maior translucidez. Os outros grupos foram estatisticamente similares entre si.

Wang *et al.* (2013) avaliaram a relação entre a translucidez e a espessura de diferentes cerâmicas vítreas, com 2mm de espessura, IPS e.max Press (HO, MO, LT, HT), IPS e.max CAD (LT, MO) e AvanteZ (Dentina e translúcido) e de cerâmicas a base de zircônia com 1mm (Cercon Base, Zenotec Zr Bridge, Lava Standard, Lava Standard FS3 e Lava Plus High Translucency), posteriormente desgastadas em politriz para a obtenção de cada espessura desejada. O parâmetro de translucidez (TP) das cerâmicas vítreas (espessuras entre 0.6 e 2.0mm) e das zircônias (entre 0.4 e 1.0mm) foi avaliado por espectrofotômetro. A relação entre a espessura e a TP de cada material foi avaliada utilizando-se análise de regressão. Os valores de TP das cerâmicas vítreas variaram de 2.2 a 25.3 e das zircônias de 5.5 a 15.1. O valor de TP da dentina humana foi determinado em 16.4 e do esmalte em 18.1, similares aos valores médios encontrados para as cerâmicas vítreas (14.9 a 19.6). Concluiu-se que a translucidez das cerâmicas odontológicas foi significativamente influenciada tanto pelo material quanto pela espessura, e aumentou exponencialmente com a diminuição da espessura. Todas as zircônias avaliadas apresentaram algum grau de translucidez, com menor sensibilidade para a espessura que as cerâmicas vítreas.

Harianawala *et al.* (2014) avaliaram a transmitância de uma zircônia translúcida e compararam com o dissilicato de lítio. Foram confeccionados 12 discos de 1mm de espessura e 1cm de diâmetro de duas zircônias (convencional e translúcida, Metoxit Dental Pre-Sintered Zirconia Blocks) e duas cerâmicas de dissilicato de lítio (de baixa translucidez, IPS e.max LT; e de alta translucidez, IPS e.max HT), na cor A2. A transmitância foi medida para todas as cerâmicas seguida de análise microestrutural. O dissilicato de alta translucidez apresentou estatisticamente os maiores valores de transmitância, seguido do dissilicato de baixa translucidez, zircônia de alta translucidez e zircônia convencional. A transmitância dos materiais avaliados está correlacionada com a microestrutura. Concluiu-se que, apesar dos esforços do fabricante em tornar a zircônia mais translúcida, os valores de transmitância desses materiais ainda não alcançam os encontrados para o dissilicato de lítio convencional. Mais pesquisas são necessárias para tornar a zircônia um material mais translúcido para ser utilizada em restaurações estéticas monolíticas.

Awad *et al.* (2015) avaliaram a translucência de materiais restauradores para CAD/CAM e resinas compostas diretas em relação à espessura e rugosidade de superfície. Um total de 240 discos das cerâmicas vítreas (CELTRA Duo, IPS e.max CAD, IPS Empress CAD, VITA Mark II), cerâmicas híbridas com resina (VITA Enamic, LAVA Ultimate e uma experimental), materiais temporários (Telio CAD e VITA CAD-Temp) e 3 resinas compostas (Tetric EvoCeram; Filtek Supreme XTE; Tetric EvoCeram Bulk Fill) foram fabricados (n=10) e submetidos a 3 diferentes tipos de tratamento de superfície (polimento, lixamento SiC P1200 ou SiC P500). Mediuse a translucência absoluta (espectrofotometria) e a rugosidade superficial (perfilometria táctil) avaliando-se a influência do tipo de material, espessura e rugosidade. A espessura apresentou maior influência sobre a translucência, seguida pelo tipo de material e tratamento de superfície. A rugosidade superficial foi fortemente influenciada pelos tipos de tratamento e de material.

2.2 Efetividade da polimerização do cimento resinoso

Pianelli *et al.* (1999) compararam a análise do grau de conversão de uma resina composta (Z100, 3M ESPE) por espectroscopia Raman por transformada de Fourier (FT-Raman) e espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) pela comparação dos espectros de resinas não polimerizadas e polimerizadas (Labram, Dilor, Lille, França). O grau de conversão (GC) contínuo foi calculado a partir da altura da banda a 1640cm^{-1} (referente à ligação dupla de carbono alifática) sobre a altura da banda a 1610cm^{-1} (referente à ligação dupla de carbono aromática). Os resultados foram comparados com a espectroscopia FTIR, realizada num segundo momento do estudo. Observou-se que bandas referentes à presença de moléculas de água e partículas de sílica se sobrepunham às bandas de interesse na análise por espectroscopia FTIR, o que não ocorreu na espectroscopia FT-Raman. Concluiu-se que a espectroscopia FT-Raman foi um método mais simples para o acompanhamento da evolução dos primeiros estágios da polimerização de resinas compostas a base de metacrilatos. Demonstrou-se ainda ser esta técnica mais fácil e mais bem adaptada que a espectroscopia FTIR.

Caughman *et al.* (2001) avaliaram por espectroscopia FTIR o GC de diferentes cimentos resinosos duais: Calibra (Dentsply), Choice (Bisco), Insure (Cosmedent), Lute-It (Jeneric/Pentron), Nexus (Kerr), Variolink II (Ivoclar-Vivadent). Esses materiais foram avaliados sob cinco condições experimentais: 1) catalisador e base, polimerizados sem luz sob a tira de poliéster; 2) fotoativado através da cerâmica (Colorgic porcelain, Ceramco A2, 3mm); 3) fotoativado através de tira de poliéster; 4) pasta base fotoativada pela interposição de cerâmica de 3mm de espessura e 5) pasta base fotoativada através da tira de poliéster. Para todos os cimentos avaliados, a condição dual fotoativada sob 3mm de cerâmica apresentou conversão entre 70 e 75%, com Lute-It chegando a 80%. Na condição dual sem luz a conversão foi de 65 a 70%, exceto para o Variolink II (45%). Os autores concluíram que a seleção de um cimento resinoso dual deve ser baseada na área e na forma de utilização, porque nem todos os materiais polimerizam-se adequadamente em todas as situações clínicas. Além disso, observou-se que dentre os cimentos avaliados nenhum pode ser indicado para todas as situações.

Lee e Um (2001) estudaram a cinética de polimerização de cinco cimentos resinosos duais: Bistite (Tokuyama), Dual (Vivadent), Scotchbond (3M), Duolink (Bisco) e Duo Cement (Coltene) polimerizados através de várias espessuras de inlays de cerâmica por ativação química ou fotoativação. O efeito da espessura da cerâmica no grau de conversão de um cimento resinoso dual durante a exposição à luz foi avaliado por análise térmica, análise termogravimétrica e calorimetria exploratória diferencial. Verificou-se que a reação por exposição à luz halógena (XL 1000, 3M) por 40 segundos foi 5 a 20 vezes mais rápida que a polimerização química. Os cimentos resinosos de polimerização dual foram muito diferentes na sua sensibilidade à luz e ativação química. O pico do tempo para transmissão de calor aumentou de 1.51, 1.87 e 3.24 vezes quando da fotoativação através de discos de cerâmica de 1, 2 e 4mm de espessura, respectivamente. O tempo de exposição recomendado pelos fabricantes não foi suficiente para compensar a atenuação da luz promovida pela interposição do disco de cerâmica de 4mm de espessura.

Braga *et al.* (2002) avaliaram a resistência à flexão, o módulo de flexão e a dureza dos cimentos resinosos Enforce (Dentsply), Variolink II (Ivoclar Vivadent), RelyX ARC (3M ESPE) e C&B (Bisco Inc). Formaram-se 3 grupos experimentais: G1)

fotoativação através de resina composta (Z250, 3M ESPE, A3, 2mm); G2) dupla ativação (dual); e G3) ativação química. A fotoativação foi realizada com HAL (550mW/cm² por 60s). A dureza Knoop foi medida nos fragmentos obtidos após o teste de flexão em três pontos. O cimento ARC dual apresentou maior resistência à flexão que os outros grupos. ARC e o Variolink II dependeram da fotoativação para alcançar maiores valores de dureza. Os valores de dureza do Enforce foram similares tanto no modo dual quanto no quimicamente ativado. Não foi encontrada correlação entre resistência à flexão e dureza. Não houve diferença estatística no módulo de flexão entre os diferentes grupos. Os autores consideraram que outros fatores além do grau de conversão, como conteúdo de carga e tipo de monômero, poderiam afetar a resistência à flexão dos cimentos resinosos.

Kumbuloglu *et al.* (2004) avaliaram a microdureza superficial (número de dureza Vickers – VHN) e a resistência à flexão e à compressão de cinco cimentos e compararam o grau de conversão na forma dual e quimicamente ativada de quatro cimentos resinosos. Os materiais avaliados foram: Panavia F (Kuraray), RelyX ARC (3M/ESPE), Variolink II (Ivoclar Vivadent) e RelyX Unicem Applicap (3M/ESPE) e um cimento de poliacrilato de zinco, Durelon (3M/ESPE). Além disso, os cimentos resinosos foram analisados quanto ao grau de conversão por espectroscopia FTIR nas formas dual e quimicamente ativada. A maior resistência à flexão foi observada no Variolink II (90MPa) e a menor para o Durelon (28MPa). RelyX Unicem mostrou maior VHN (44), enquanto o Variolink II apresentou o menor (32). A maior resistência a compressão foi observada com o RelyX Unicem (145MPa), e a menor com o Durelon (41MPa). Quanto ao grau de conversão, todos demonstraram diferenças quanto à forma dual ou autoativada: o RelyX ARC alcançou os maiores valores de GC (81% e 61%), enquanto o RelyX Unicem apresentou os menores (56% e 26%). Cimentos resinosos com composição química semelhante apresentaram propriedades mecânicas diferentes e o método de polimerização influenciou a conversão dos monômeros.

Ozyesil *et al.* (2004) avaliaram a eficácia da polimerização de 3 unidades fotoativadoras através da cerâmica pelo grau de conversão do cimento resinoso. Luz halógena, 550mW/cm² (HAL– 20 ou 40s), arco de plasma, 1200mW/cm² (AP– 3 ou 6s) e luz halógena de alta intensidade, 850mW/cm² (HHAL– 10 ou 20s) foram

utilizados para a fotoativação do Variolink II com ou sem catalisador, com espessura de 1mm x 5mm de diâmetro. Um bloco de 2mm de espessura x 5mm de largura de IPS Empress 2 foi posicionado sobre o cimento resinoso com tira de poliéster interposta. Um molde de silicóna foi utilizado como suporte para o complexo cerâmica/cimento para diminuir a reflectividade da superfície através de cada cerâmica. Para a determinação do grau de conversão imediatamente e 24h após a polimerização, 120 corpos de prova do cimento (n=5) foram submetidos à moagem e análise por espectroscopia FTIR. O grau de conversão foi relacionado diretamente com a diminuição do pico de absorção 1637cm^{-1} no FTIR, referente às duplas ligações de carbono (C=C). Para a análise estatística, utilizou-se ANOVA de 4 fatores. Os maiores valores de grau de conversão foram observados para HAL de alta intensidade com catalisador após 24h ($65,06\pm 8,14$). Os menores foram para HAL imediato ($31,59\pm 7,76$). O AP apresentou resultados similares aos da HAL com menor exposição à luz. Os espécimes polimerizados com catalisador testados após 24h apresentaram maior grau de conversão, enquanto os espécimes fotoativados não apresentaram aumento na conversão dos monômeros com o tempo. Concluiu-se que os maiores valores de grau de conversão foram observados para HHAL. AP apresentou valores de grau de conversão similares a HAL, apesar do tempo de fotoativação muito menor.

Jung *et al.* (2006) avaliaram por microdureza Vickers e profundidade de polimerização a influência de diferentes fontes de luz e modos de exposição na polimerização do cimento resinoso dual Variolink II (Ivoclar Vivadent) com ou sem catalisador, através da cerâmica Empress (Ivoclar Vivadent, cor 300) de 1 ou 2mm de espessura. Utilizou-se luz halógena convencional (Elipar Trilight – 3M Espe) por 40s; luz halógena de alta potência (Astradis 10 – Ivoclar Vivadent) por 20s; arco de plasma (Aurys – Degré K) por 10s ou 20s; LED (Elipar Freelight – 3M Espe) por 40s; LED de alta potência (Elipar Freelight II – 3M Espe) por 20s; LED (Lux-Omar – Akeda) por 40s; e LED (e-Light – GC) por 12s ou 40s. Observou-se que o aumento da espessura da cerâmica promoveu diminuição na profundidade de polimerização e dureza para todas as fontes de luz. A partir de 2mm de espessura, utilizando-se o Lux-Omar e Light-12s, ou Aurys 10 ou 20s, os autores recomendam a utilização de polimerização química.

Soares *et al.* (2006) avaliaram a microdureza Vickers do cimento resinoso dual RelyX ARC sob influência da espessura (1, 2 e 4mm) e cor (A1, A2, A3, A3,5 e A4) da cerâmica feldspática Noritake EX3. As coroas de noventa e nove incisivos bovinos foram embutidas em resina de poliestireno e divididas aleatoriamente em 19 grupos. Na superfície vestibular foram realizados preparos cavitários de 4mm de diâmetro e 1mm de profundidade para inserção do cimento resinoso dual sob tira matriz de poliéster. A fotoativação do cimento foi realizada por 40s com HAL (XL 3000, 3M ESPE, 600 mW/cm²): sem interposição da restauração de cerâmica, a distância de 0, 1, 2, e 4mm ou com a cerâmica posicionada entre o cimento resinoso e a fonte de luz. Independentemente da cor, não houve redução significativa da dureza do cimento fotoativado através de cerâmicas de até 2mm de espessura. A polimerização química do cimento dual não foi suficiente para compensar a atenuação de luz promovida pela interposição de cerâmica nas cores A3.5 e A4 com 4mm de espessura. Os autores concluíram que a espessura apresentou maior influência sobre a microdureza do cimento do que a cor da restauração de cerâmica.

Ilie e Hickel (2008) avaliaram a dureza Vickers do cimento resinoso Variolink II utilizando-se LED de alta intensidade (Bluephase 16i, 1600mW/cm²) variando o tempo de fotoativação (5, 10 e 15s), a espessura (0.5; 1, 2 e 3mm) e o tipo de cerâmica (reforçada por leucita – ProCAD E100 e Bleach; ou cerâmica vítrea de dissilicato de lítio – IPS e.max CAD MO1 e MO4, ambas da Ivoclar/Vivadent). A cor e a reflectância espectral das cerâmicas foram medidas de acordo com a escala de cor CIELab relativa ao iluminante padrão D65 em um espectrofotômetro de reflexão (Color Eye 7000A), escala de preto e branco. Calculou-se também o parâmetro de translucência em função da reflectância luminosa, variando o comprimento de onda de 360 a 750nm. Houve aumento da dureza com o aumento do tempo de exposição à luz de 5s (21 a 38) para 10s (26 a 43) e 15s (32 a 47). O aumento do tempo de fotoativação para 20 ou 30s não aumentou os valores de dureza, tanto para o cimento fotoativado quanto para o dual. Os maiores valores de dureza foram observados aos 15s, para todas as espessuras de cerâmica utilizadas sobre o cimento. As cerâmicas reforçadas por leucita até 2mm de espessura não reduziram significativamente a dureza do cimento polimerizado por 15s, enquanto tempos menores de exposição levaram a redução significativa dos valores de dureza. A fotoativação por 5 segundos através das cerâmicas e.max CAD MO1 de 1mm levou

à diminuição da dureza do cimento (21,6 a 18,1). O parâmetro de translucência a 470nm apresentou redução nas cerâmicas mais escuras (ProCAD E100 < ProCAD bleach < e.max CAD MO1 < e.max CAD MO4). Todos os fatores avaliados apresentaram correlação com os valores de dureza Vickers, sendo que o maior efeito foi observado para o tempo de fotoativação seguido da translucidez, tipo e espessura da cerâmica. O tempo de exposição utilizando LED de alta potência para se alcançar os maiores valores de dureza do cimento avaliado deve ser 15s. A unidade utilizada foi capaz de fotoativar o cimento sob espessuras de cerâmica de até 2mm sem diminuição significativa dos valores de dureza.

Piva *et al.* (2008) avaliaram se diferentes unidades de luz teriam o mesmo efeito sobre a microdureza do cimento resinoso quando doses equivalentes de energia fossem aplicadas. Cilindros de cerâmica feldspática (Duceram, dentina A3; 2mm de espessura x 8mm de diâmetro) foram confeccionados, polidos e glazeados. O cimento resinoso Enforce com flúor (Dentsply) foi inserido em orifício de 1mm de profundidade x 5mm de diâmetro. O grupo controle (n=10), quimicamente ativado, foi manipulado em sala escura para evitar a fotoiniciação. Os grupos fotoativados receberam a irradiação de luz direta (D) ou através da cerâmica (C), interposta com tira de poliéster, sob 3 doses de energia modificando a irradiância (I) e o tempo de irradiação (T): 24 J/cm^2 ($I/2 \times 2T$), 24 J/cm^2 ($I \times T$) e 48 J/cm^2 ($I \times 2T$). Três fontes de luz foram utilizadas: HAL (XL2500, 3M ESPE, irradiância média 589 mW/cm^2), LED (Ultrablue Is, DMC, irradiância média 614 mW/cm^2) e arco de plasma xenon AP (Apollo 95E, DMD, irradiância média 1656 mW/cm^2), aferidas por radiômetro. As unidades de luz foram ligadas a um estabilizador de voltagem e posicionadas em um dispositivo a 90° com a superfície do material. As leituras foram feitas após 10 seqüências de ativação para cada aparelho. Três doses de energia foram aplicadas através da cerâmica, equivalentes à irradiação de 600 mW/cm^2 obtida com a lâmpada halógena por 40s. Para diminuir a irradiação pela metade, as pontas das unidades de luz foram mantidas a uma distância de 7,7mm (HAL), 4,8mm (LED) e 4,75mm (AP) da superfície do material. Para cada unidade de luz, um grupo sem interposição da cerâmica foi preparado pelo tempo de irradiação recomendado pelo fabricante (HAL=40s, LED=40s, AP=3s). Os espécimes dos 13 grupos (n=10) foram armazenados a seco a 37°C por 24h e então polidos e submetidos ao teste de microdureza Knoop a $100\mu\text{m}$ de profundidade da superfície irradiada (50g por 15s, 3

endentações por corpo de prova). Sob luz direta, HAL apresentou número de dureza Knoop (KHN) significativamente maior (51,5) que LED e AP (47,2 e 47,7) e químico (44,7). Para 1x2T a 1/2x2T LED e HAL apresentaram KHN similares entre si (50,5) e maiores que AP (47). Concluiu-se que HAL e LED apresentaram desempenho similar e superior ao AP para KHN do cimento resinoso através da cerâmica. A ativação química apresentou resultado semelhante aos protocolos propostos pelo estudo, representando que o padrão de reação química foi satisfatório para o cimento avaliado. Apenas HAL apresentou relação entre o aumento da dose de energia e o aumento da microdureza.

Noronha Filho *et al.* (2010) avaliaram o GC dos cimentos resinosos Enforce (Dentsply), RelyX ARC (3M ESPE), Variolink II (Ivoclar Vivadent) e All Cem (FGM) sob ativação química, dual e sob discos cerâmicos de 2mm de espessura (IPS Empress 2). Utilizou-se HAL (Optilux 501, Kerr, 650mW/cm² por 40s). A exposição radiante foi de 26J/cm², calculada como produto da irradiação da unidade de luz (radiômetro Demetron100) pelo tempo de irradiação. Espectros de espécimes polimerizados e não polimerizados de cada cimento foram obtidos por espectroscopia FTIR (Varian 3100 FT-IR). RelyX ARC dual apresentou os maiores valores de GC (75,2%), enquanto os outros cimentos apresentaram GC médio de 58%. Os menores resultados foram observados para os cimentos quimicamente ativados Variolink e All Cem (13,6 e 14,2%). Para todos os cimentos, o GC foi maior para o grupo dual, seguido do grupo dual com cerâmica e finalmente os quimicamente ativados. O baixo GC apresentado pelo Variolink e pelo All Cem permitiu inferir que estes cimentos apresentam menor quantidade de catalisador químico em suas formulações que Enforce e ARC. O GC seria uma medida mais representativa do comportamento do material do que a análise de dureza. Concluiu-se que os cimentos resinosos podem apresentar baixo GC quando submetidos à ativação através de cerâmicas com translucência igual ou menor que do IPS Empress 2 em espessuras de 2mm.

Komori *et al.* (2010) avaliaram o efeito de diferentes densidades de energia luminosa sobre o grau de conversão e microdureza Knoop do cimento resinoso RelyX ARC utilizando HAL (800mW/cm²) e LED (1100mW/cm²). Os espécimes foram fotoativados com densidades de luz de 10, 20 e 30 J/cm². Após 24h, o GC foi

analisado por espectroscopia FT-Raman (RFS100/S – Bruker Inc, $\lambda 1064,1\text{nm}$). A potência máxima do laser incidente na superfície do corpo de prova foi de 200mW e a resolução do espectro de 4cm^{-1} . Foram utilizados 200 escaneamentos para a obtenção dos espectros FT-Raman do cimento resinoso não fotoativado. Para cada espécime, foram feitos 3 escaneamentos em 3 pontos distintos da superfície, totalizando 90 espectros. Após 48h da fotoativação, os mesmos corpos de prova foram cortados longitudinalmente sob irrigação abundante e as superfícies expostas foram polidas (granulações de 400, 600 e 1220 de carbetto de silício por 15, 30 e 60s respectivamente). As medidas de KHN foram realizadas em microdurômetro Shimadzu HMV-2 em 3 sequências de 3 endentações (50g por 15s) nas profundidades de 50, 400 e 750 μm . Concluiu-se que tanto HAL quanto LED foram efetivas como unidades fotoativadoras. Para HAL, não houve diferença entre as densidades de energia de luz para grau de conversão ou KHN. Para LED, houve redução significativa na conversão com a densidade de energia em $10\text{J}/\text{cm}^2$. A fotoativação sob alta intensidade de luz pode levar o cimento rapidamente à forma de gel viscoso, dificultando a mobilidade dos radicais livres que favoreceriam a reação química no cimento resinoso dual. A microdureza não foi influenciada pela unidade de fotoativação nem pela densidade de energia da luz emitida. Não foi observada correlação entre grau de conversão e microdureza.

Mendes *et al.* (2010) testaram o cimento resinoso autoadesivo de presa dual RelyX Unicem quanto ao grau de conversão (GC) e microdureza Vickers, em 4 grupos: G1 – irradiação HAL ($500\text{mW}/\text{cm}^2$) por 20 segundos; G2 – mesma irradiação com interposição de cerâmica IPS Empress 2, A2 2mm; G3 – mesma irradiação por 40 segundos; G4 – polimerização química. GC por espectroscopia FTIR e VHN (110g, 30s) foram medidos imediatamente após a fotoativação e após 24 horas. A polimerização dual mostrou maiores valores de GC (G1 – 33% ; G2 – 30%; G3 – 33%; G4 – 20%) e VHN (G1 – 15; G2 – 9; G3 – 11,5; G4 – 10,7) do que a polimerização química. A interposição da cerâmica não afetou o GC, mas diminuiu VHN. Com o aumento do tempo de exposição à luz, GC permaneceu constante enquanto VHN aumentou consideravelmente, indicando que a microdureza é dependente da energia incidente. Além disso, as porções de pó e líquido do cimento foram caracterizadas, sendo o pó constituído por 96% de conteúdo inorgânico (400 a 11000nm) e 4% de vinil silano. O líquido apresentou 84% de mistura de monômeros.

A densidade de energia, o tamanho e distribuição das partículas e a baixa efetividade da polimerização química contribuíram para os baixos valores de GC e VHN. O modo de polimerização dual mostrou GC e VHN maiores que o químico. A microdureza parece ser mais dependente da energia incidente que o GC. O disco cerâmico não afetou o GC, mas reduziu VHN.

Brandt *et al.* (2010) avaliaram os espectros de absorção dos fotoiniciadores e de emissão de 3 unidades fotoativadoras, além do grau de conversão de compósitos experimentais contendo diferentes fotoiniciadores sob as diferentes fontes fotoativadoras. Misturas de BisGMA, UDMA, BisEMA e TEGDMA com canforquinona (CQ) e/ou 1-phenyl-1,2-propanediona (PPD) foram preparadas. Dimethylaminoethyl methacrylate (DMAEMA) foi utilizado como coiniciador. Cada mistura recebeu 65%p de partículas silanizadas. Uma lâmpada halógena HAL (XL 2500, 3M/ESPE, 935mW/cm²) e dois diodos emissores de luz (LED, UltraBlue IS, DMC, 597mW/cm²; UltraLume LED 5, Ultradent, 1315mW/cm²) foram utilizados para a fotoativação. A irradiância (mW/cm²) foi calculada pela proporção da potência de saída pela área da ponteira. A distribuição espectral foi avaliada por espectrômetro (USB 2000). A curva de absorção de cada fotoiniciador foi determinada por espectrofotômetro (Varian Cary 5G) e o GC calculado por espectroscopia FTIR. Não houve diferença estatística dos valores de GC quando se utilizou LED independentemente do tipo de fotoiniciador. Para CQ não houve influência da fonte de luz sobre o GC. Entretanto, PPD mostrou GC significativamente menor que o compósito com CQ quando irradiado com HAL. PPD produziu valores similares à CQ, mas foi dependente da fonte de luz.

Kilinc *et al.* (2011) propuseram avaliar a microdureza dos cimentos resinosos Nexus 2 (Kerr), Appeal (Ivoclar) e Calibra (Dentsply), fotoativados através de diferentes cores e espessuras de uma mesma cerâmica, para comparar o efeito das propriedades da cerâmica sobre o grau de conversão. Discos de IPS Empress Esthetic (Ivoclar) foram fabricados nas cores ETC1 (correspondente a A1, B1 e C1), ETC2 (A3, A3.5, A4 e D3), ETC3 (B3, B4 e D4) e ETC4 (C2, C3 e C4) em espessuras de 1, 2, 3 e 4mm. Utilizou-se radiômetro (Demetron, Kerr) para a leitura da irradiância resultante através da cerâmica, em mW/cm². O grupo controle de cada cimento foi polimerizado sem a cerâmica, num total de 510 corpos de prova. A

fotoativação foi realizada com LED (Flashlite 1401, Discus Dental, máximo de $800\text{mW}/\text{cm}^2$) por 40s em contato direto com o disco cerâmico tanto para os grupos LC (*light-cured*, apenas fotoativados) quanto DC (*dual-cured*, de dupla ativação). Os valores de transmissão de luz diminuíram para cores mais escuras e para maiores espessuras. Houve efeito significativo na microdureza: controle, $800\text{mW}/\text{cm}^2$; da cor mais clara para a mais escura, 1mm- 400, 375, 350, 325; 2mm- 250, 200, 180, 190; 3mm- 175, 125, 100, 100 e 4mm- 100, 80, 60, 60. Quanto às diferentes cores de cerâmicas, observaram-se valores de microdureza significativamente menores para ETC2 no grupo Calibra LC. No Grupo Calibra DC, a polimerização através das cerâmicas de cor ETC3 e ETC4 resultou em valores de microdureza significativamente menores que ETC1. Nos grupos afetados pela variação da cor, houve diferença estatística apenas quando a espessura aumentou para 3 e 4mm. A espessura da cerâmica foi significativa em todos os grupos: 3mm ou mais determinaram diminuição dos valores de microdureza tanto nos grupos LC quanto DC. Os valores de microdureza nos grupos LC foram significativamente menores que em DC. Houve correlação significativa entre a quantidade de luz transmitida e a microdureza. Observou-se que apenas as cerâmicas de 1mm na cor ETC1 permitiram a intensidade de luz de $400\text{mW}/\text{cm}^2$, capaz de gerar 16.000J de energia, necessários para garantir a adequada polimerização do cimento. Nas cores mais escuras com 3 e 4mm houve diminuição da intensidade para 100 e $60\text{mW}/\text{cm}^2$ respectivamente. Espessuras de 3mm ou mais foram críticas para todas as cores e cimentos avaliados, enquanto outros trabalhos definiam 1.5mm para cimentos LC e 2.5mm para os DC. A espessura da cerâmica teve efeito mais intenso sobre os valores de microdureza que a cor da cerâmica, com diminuição de 60 a 70% nos valores de microdureza dos cimentos destes grupos quando comparados aos controles. Espessuras de 3mm ou mais afetaram adversamente a polimerização tanto dos cimentos resinosos de presa dual quanto os fotoativados.

Bueno *et al.* (2011) avaliaram KHN dos cimentos resinosos Eco-link (Ivoclar Vivadent), RelyX ARC (3M ESPE) e Panavia F (Kuraray) fotoativados (Optilux 501, $700\text{mW}/\text{cm}^2$) por 40s no topo e nos lados equivalentes à vestibular e lingual (120s de exposição para cada espécime) através da cerâmica IPS Empress 2 (A3, 2 e 4mm). Os menores valores de KHN foram observados para o Eco-Link com a interposição da cerâmica, independentemente da espessura. Não se observou

variação na KHN dos cimentos quando a espessura variou de 2 para 4mm. Todos os valores obtidos após 24h foram maiores que os observados imediatamente após a fotoativação. Para o ARC imediato não houve diferença entre o grupo controle e os demais, mas após 24h apenas o grupo controle exibiu valores superiores. Para o Panavia F não houve diferença entre o grupo controle e os experimentais e os valores após 24h foram sempre superiores aos imediatos. Para o Eco-link, a super exposição à luz não compensou a atenuação promovida pela cerâmica. O aumento da KHN do ARC controle após 24h pode ser atribuído ao aumento das ligações cruzadas na rede polimérica, o que não foi alcançado apenas com o aumento do tempo de exposição à luz. Panavia F apresentou os melhores resultados, quando o aumento da exposição à luz levou a maiores KHN, independentemente da espessura. Pôde-se concluir que o aumento da exposição à luz não compensou a atenuação promovida pela cerâmica para a maioria dos cimentos avaliados. Embora tenha ocorrido aumento da dureza com o maior tempo de exposição, os cimentos não alcançaram os valores observados quando expostos diretamente à luz.

Giraldez *et al.* (2011) compararam a microdureza Vickers de cimentos resinosos autoadesivos e convencionais ativados quimicamente e em diferentes tempos de fotoativação. Sete cimentos foram avaliados: dois de condicionamento ácido total (RelyX ARC e Variolink – VK), um autocondicionante (Multilink – ML) e quatro autoadesivos (RelyX Unicem – U100, Maxcem – MC, SmartCem 2 – SC e GCem – GC). Um único operador preparou os espécimes e realizou os testes. Cada cimento foi manipulado de acordo com seu fabricante e inserido em um molde (1,5mm de espessura x 5mm de diâmetro) sobre lamínula de vidro com tira de poliéster interposta. Sobre cada espécime foi colocada outra tira de poliéster, pressionada por placa de vidro para a remoção dos excessos. Todos os espécimes foram cobertos com cilindro de resina (4mm de espessura x 6,5mm de diâmetro) para simular uma resina indireta. Para cada cimento, 3 modos de polimerização foram avaliados (n=3): G1) auto ativados; G2) fotoativados por 40s; G3) fotoativados por 80s. A fotoativação foi realizada com LED (Bluephase, Ivoclar Vivadent, 1200mW/cm²). Todos os espécimes foram removidos do molde 20 minutos após o preparo e a microdureza Vickers (Buehler 2101) realizada sob carga de 100g por 30s. ARC apresentou os maiores valores de microdureza para todos os modos de ativação. No modo autoativado, os maiores valores foram observados para ARC (17,6), seguido

do GCem (9,5) e VL (7,8). Os cimentos ML, MC e SC foram similares entre si (5,8 a 6,3) enquanto U100 apresentou os valores mais baixos (1,6). Sob 40s de fotoativação, ARC aumentou o VHN para 29,7; seguido do ML (16,8), GCem (13,5) e U100 (11,8). Não houve diferença entre SC e VL (9,3 a 10,2) e o menor valor foi observado para MC (6,9). Já após 80s de fotoativação, a microdureza para o ARC foi 33,13, superior ao ML (19,4), U100 e GCem (18) e os mais baixos foram o MC (9,2). Comparada à ativação química, a fotoativação por 40s aumentou os VHN para todos os cimentos, principalmente para o U100. Já o tempo de 80s foi mais marcante para o VL. ML e U100 foram especialmente sensíveis à fotoativação. Concluiu-se que os cimentos duais devem ser fotativados por mais tempo que o recomendado pelo fabricante quando a luz é atenuada por uma restauração indireta.

Archegas *et al.* (2012) determinaram o grau de conversão (GC), nanodureza (NH), e o módulo de elasticidade (E) dos cimentos resinosos RelyX ARC (dual), RelyX Veneer (fotopolimerizável), e da resina Filtek Z350 Flow através de uma cerâmica (Noritake EX-3, 1mm) opaca cor OBA3, ou translúcida cor BA3, por 40, 80, e 120 segundos de fotoativação (HAL Optilux 501, 550mW/cm²). Metade de cada corpo de prova foi utilizado para testar o GC por espectroscopia FTIR e a outra metade para NH e E por nanoindentação (XP nanoindentador, MTS Systems Corp., um ciclo de carregamento com carga máxima de 400mN utilizando ponta Berkovich). Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas para os três fatores (material, opacidade e tempo de exposição), assim como para a interação entre eles. A cerâmica opaca resultou em menor GC, NH e E do que a cerâmica translúcida para um tempo de exposição de 40 segundos (ARC 71 - 73%, Veneer 64 – 69%, Flow 63,8 – 63,9%). Um tempo de exposição de 120 segundos resultou em GC semelhante para todos os materiais (ARC 76%, Veneer 73%, Flow 68%), independentemente da opacidade da cerâmica. Os materiais fotoativados por 120 segundos apresentaram NH e E superior aos polimerizados por 40 segundos, sendo que o cimento dual apresentou melhor desempenho que os materiais fotoativados. Observou-se forte correlação entre o grau de conversão e as propriedades mecânicas avaliadas, mas a quantidade e o tipo de partícula podem influenciar os resultados de NH e E. O tempo de exposição e a opacidade da cerâmica exerceram influência sobre o GC, NH e E dos materiais resinosos avaliados. Os autores recomendam que a resina flow não seja utilizada para a cimentação de laminados

opacos. Além disso, quando se utiliza um cimento resinoso fotoativado ou uma cerâmica opaca, o tempo mínimo de exposição deve ser de 80 segundos.

Souza-Junior *et al.* (2012) avaliaram a influência de diferentes fontes de luz e catalisadores químicos sobre o grau de conversão de cimentos resinosos. Sessenta discos de RelyX ARC e Panavia F (5mm x 0.5mm) foram preparados e os respectivos catalisadores químicos adicionados (Scotchbond Multi-Purpose Plus ou ED Primer). Para a fotoativação utilizou-se laser de argônio a 600 mW/cm² (Accucure 3000/Lasermed); LED a 1.400 mW/cm² (FLASH lite 1401/Discus Dental); ou HAL a 600 mW/cm² (VIP/Bisco, Schaumburg) através de discos de resina (Z350, 2mm, cor A2). Após armazenamento a seco por 24h a 37°C, o GC foi medido por espectroscopia FTIR. Os valores de GC do Panavia F sem catalisador fotoativado com LED (10,9%) ou laser (7,1%) foram significativamente menores que do ARC com ou sem catalisador fotoativado com qualquer fonte de luz (54 a 68%). Os resultados sugerem que o ARC pode conter mais canforquinona que o Panavia, uma vez que a variação na densidade de energia não influenciou sua polimerização, independentemente do uso do catalisador.

Calgaro *et al.* (2013) avaliaram o efeito da fotoativação através da cerâmica sobre o GC e microdureza Knoop dos cimentos resinosos Variolink II (dual) e RelyX Veneer (fotoativado). Os cimentos resinosos foram fotoativados através das cerâmicas feldspática, e.max LT, e.max MO, alumina infiltrada e zircônia policristalina com 1.5 e 2mm de espessura, cor A2. O GC foi analisado por espectroscopia FTIR, sob dois protocolos de obtenção do espectro do cimento dual não polimerizado: I) manipulação das pastas base e catalisadora e análise imediata; II) filmes finos de pasta base e catalisadora analisados separadamente e uma média foi obtida. Filmes finos (0,1mm) de cada cimento foram fotoativados por 40 segundos com as cerâmicas interpostas utilizando-se LED (Translux Power Blue, 1000 mW/cm²). KHN foi avaliada utilizando-se espécimes cilíndricos (n=5) dos cimentos fotoativados através das cerâmicas (10g por 10s, 5 endentações por corpo de prova). O cimento fotoativado apresentou maior GC (61,9%) que o dual (55,7%). O GC variou como se segue: feldspática (65.4%), e.max-HT (65.1%), e.max-LT (61.8%), e.max-MO (60.9%), ZR (54.8%), e alumina (44.9%). KHN do cimento fotoativado foi menor (22,0) que do dual (25,6), e os valores foram maiores para o cimento fotoativado sob

as cerâmicas de 1,5mm (26,2) em relação à espessura de 2mm (21,3). Quanto aos protocolos para a obtenção dos espectros iniciais dos cimentos não polimerizados, houve diferença apenas em 3 grupos, considerando-se ambos os métodos apropriados. As propriedades físicas e mecânicas dos cimentos resinosos podem ser afetadas pela espessura e microestrutura do material cerâmico interposto durante a fotoativação. Houve uma correlação positiva entre os valores de GC e KHN.

Flury *et al.* (2013) avaliaram o grau de conversão por espectroscopia FTIR modo ATR (reflectância total atenuada) de cinco cimentos resinosos duais (Panavia F2, RelyX Unicem 2, SpeedCem, BisCem e BeautiCem) sob diferentes modos de ativação: LED segunda geração (Elipar, 1.545 mW/cm², 40s) e LED terceira geração (VALO, 2.179 mW/cm², 32s e 4.156 mW/cm², 18s), n=6. A irradiância das fontes de luz foi medida variando a distância (1.5 a 6mm) e através das cerâmicas vítreas IPS Empress CAD (LT A3) e e.max CAD (LT A3) nas espessuras de 1.5 e 3mm. A irradiância diminuiu 80% através dos discos de 1,5mm; 95% com 3mm e acima de 99% com 6mm. De forma geral, os cimentos autoadesivos resultaram em menores valores de grau de conversão e em alguns casos a fotoativação direta não resultou em aumento do GC comparado à fotoativação através da cerâmica. O RelyX Unicem 2 não fotoativado apresentou GC médio de 24,7% enquanto a fotoativação direta gerou valores em torno de 50%, ligeiramente menor para o LED de maior potência. Houve ligeira redução do GC para o cimento fotoativado sob as cerâmicas de 1.5mm (48%) e de 3mm (45%), sem diferença significativa entre as cerâmicas.

Flury *et al.* (2014) investigaram a microdureza Vickers e módulo de endentação (ME) de cinco cimentos resinosos (Panavia F2.0, RelyX Unicem 2, Automix, SpeedCEM, BisCem e BeautiCem) ativados quimicamente ou fotoativados (LED: Elipar FreeLight 2, 1.545mW/cm²; VALO 1.869mW/cm² ou 3.505mW/cm²) através das cerâmicas IPS Empress CAD ou IPS e.max CAD (cor LT A3, espessura de 1.5 ou 3mm), após o armazenamento por uma semana a 37°C sob 100% de umidade (n=10). Foi utilizado um microdurômetro endentador automático (Fisherscope H100C). O cimento Unicem 2 fotoativado através das cerâmicas apresentou os maiores valores de VHN e ME, seguido por BeautiCem, BisCem, SpeedCEM e finalmente Panavia F2.0. Já no modo de ativação químico, Unicem 2 e SpeedCem

resultaram nos menores valores de VHN e ME comparados aos corpos de prova fotoativados diretamente sobre a lamínula de vidro, sem interposição da cerâmica, enquanto o Panavia F2.0, BisCem e BeautiCem quimicamente ativados apresentaram valores semelhantes ou significativamente maiores de VHN e ME que os fotoativados. De forma geral, a fotoativação direta dos cimentos resultou em propriedades mecânicas semelhantes ou inferiores quando comparados aos fotoativados através de cerâmicas de 1.5mm de espessura. VHN e ME diminuíram para todos os cimentos fotoativados através das cerâmicas de 3mm, exceto o SpeedCem. Concluiu-se que os cimentos resinosos avaliados responderam de maneira heterogênea às variações no modo de ativação. A irradiância aplicada e os tempos de fotoativação foram adequados para polimerizar os cimentos sob espessuras de cerâmica de 1.5mm. Os autores reportaram forte correlação entre os valores de microdureza e módulo de endentação com os achados de grau de conversão dos mesmos cimentos avaliados no estudo anterior, sob condições experimentais similares.

Öztürk *et al.* (2015) avaliaram as propriedades mecânicas do cimento resinoso Variolink Veneer em 4 cores diferentes de alto ou baixo valor (HV+1, HV+3, LV-1, LV-3) fotoativado (LED Bluephase, 1200mW/cm², 20s) através de cerâmica vítrea reforçada por leucita (IPS Empress CAD) nas cores A1 e A3 e espessuras de 1 e 2mm, além do controle fotoativado sem interposição da cerâmica. Após armazenamento por 24h a 37°C em água destilada, foram avaliados o módulo de endentação (ME), a microdureza Vickers (VHN) e o creep (Cr) utilizando-se microdurômetro endentador automático (Fisherscope H100C). Foram feitas 10 endentações em cada corpo de prova (n=3) à taxa de 0.4mN a 30mN e microdureza a 30mN por 30 segundos. A cor do cimento teve maior efeito sobre as propriedades mecânicas dos cimentos, seguida da espessura da cerâmica. Os cimentos com a cor mais clara expressaram ME e VHN mais altos e menor Cr comparados aos cimentos de cores mais escuras. A cor da cerâmica teve menor influência sobre as propriedades micromecânicas do cimento avaliado.

Watanabe *et al.* (2015) avaliaram a eficácia de diferentes fontes de luz na microdureza do cimento resinoso dual Clearfil Esthetic (Kuraray) através da cerâmica VITABLOCKS Mark II, cor A2 (Vita Zahnfabrik) com diferentes espessuras

(1, 2 e 3mm). Uma fonte de luz halógena (JetLite 3000, Morita, 860mW/cm²), um LED de segunda geração (Demi, Kerr, 1.812mW/cm²) e dois LED de alta intensidade (PenCure 2000, Morita, 2.790mW/cm²; Valo, Ultradent, 3.337mW/cm²) foram testados. O cimento foi irradiado diretamente ou através da cerâmica (por 5, 10, 15 ou 20 segundos para as unidades de LED de alta intensidade e 20, 40, 60, ou 80 segundos para os demais aparelhos). Para todas as unidades de luz, as condições de polimerização apresentaram efeito estatisticamente significativo sobre o KHN do cimento irradiado. KHN diminuiu com o aumento da espessura da cerâmica e com a diminuição do tempo de irradiação. JetLite 3000 alcançou valores de dureza comparáveis ao controle sem cerâmica somente com a espessura de 1mm. Para espessuras de cerâmica \geq 2mm, as unidades LED (exceto PenCure 2000, 3mm) foram capazes de alcançar valores de dureza comparáveis ao controle quando o tempo de irradiação foi aumentado. Numa espessura de 3mm, a irradiação por 20 segundos com Valo ou 80 segundos com Demi produziram valores de dureza equivalentes aos produzidos pela irradiação direta. Independentemente do tipo de fonte de luz, a irradiação através da cerâmica resultou em valores de dureza menores em comparação com a irradiação direta. Unidades de LED de alta intensidade necessitam de um período de irradiação mais curto do que a unidade halógena e o LED de segunda geração para obter valores de dureza semelhantes aos observados durante a irradiação direta do cimento resinoso.

Kuguimiya *et al.* (2015) avaliaram a nanodureza dos cimentos resinosos duais RelyX U200 e RelyX ARC fotoativados por dois tipos de LED (convencional Elipar Freelight 2 LED; Bluephase LED Poliwave, 380 a 515nm) e um Laser AccuCure 3000 (n=5). Discos de 2mm de espessura, na cor A2, da cerâmica IPS e.max Press e da resina SR Adoro (ambas Ivoclar/Vivadent) foram cimentados à dentina coronária bovina. Um grupo controle positivo foi fotativado sem a interposição da restauração e um controle negativo não recebeu fotoativação. Os espécimes foram seccionados longitudinalmente e armazenados a 37°C por 7 dias em água destilada e submetidos ao teste de nanoindentação (carga de 100mN). A dureza dos cimentos resinosos foi negativamente influenciada pela presença das restaurações e não houve diferença entre os materiais. Não houve diferença entre o LED convencional e o Poliwave e ambos foram superiores ao laser. O cimento convencional ARC apresentou maiores valores de dureza que o U200. A fotoativação direta gerou maiores valores de

dureza, independentemente do tipo de cimento ou de fonte de luz. Concluiu-se que a fotoativação é requerida durante a cimentação de restaurações estéticas para garantir a adequada polimerização dos cimentos resinosos duais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo foi avaliar a intensidade e a transmitância total da luz emitida por aparelhos fotoativadores de luz halógena (HAL) e de um diodo emissor de luz (LED) através de diferentes espessuras, cores e translucidez de uma cerâmica reforçada por dissilicato de lítio para fresagem no sistema CAD/CAM, e avaliar o grau de conversão e a microdureza de diferentes cimentos resinosos sob os mesmos parâmetros.

3.2 Objetivos específicos

1. Determinar os espectros de emissão das fontes de luz HAL e LED.
2. Determinar e comparar a porcentagem de transmissão da luz HAL e LED através da cerâmica IPS e.max CAD em diferentes espessuras (1, 2, 3, 4, 5mm), cores (A1, A2, A3, A3.5) e translucidez (alta ou baixa).
3. Propor uma equação para estimar a porcentagem de transmissão de luz considerando as características da cerâmica estudadas.
4. Avaliar a estabilidade da emissão da luz pelas fontes HAL e LED ao longo dos experimentos utilizando radiômetro.
5. Determinar o coeficiente de absorção da cerâmica em suas diferentes espessuras, cores e translucidez, utilizando luz HAL e LED.
6. Avaliar o grau de conversão por espectroscopia FT-Raman dos cimentos resinosos duais RelyX U200, RelyX ARC e do cimento fotoativado RelyX Veneer através da cerâmica IPS e.max CAD em diferentes espessuras (2, 3 e 4mm), cores (A2, A3 e A3.5) e translucidez (alta ou baixa), utilizando-se luz HAL e LED.
7. Avaliar o grau de conversão por espectroscopia FT-Raman do cimento resinoso quimicamente ativado C&B comparado aos cimentos duais RelyX U200 e RelyX ARC sem fotoativação.
8. Avaliar a microdureza Knoop dos cimentos resinosos duais RelyX U200, RelyX ARC e do cimento fotoativado RelyX Veneer através da cerâmica IPS e.max CAD em diferentes espessuras (2, 3 e 4mm), cores (A2, A3 e A3.5) e translucidez (alta ou baixa), utilizando-se luz HAL e LED.

9. Avaliar a microdureza Knoop do cimento resinoso quimicamente ativado C&B comparado aos cimentos duais RelyX U200 e RelyX ARC sem fotoativação.
10. Viabilizar um protocolo clínico de escolha do cimento resinoso e parâmetros para a cimentação de restaurações cerâmicas de dissilicato de lítio.

4 HIPÓTESES

Hipótese nula primária: a transmissão total da luz emitida, o grau de conversão e a microdureza dos cimentos químico, duais e fotoativado não variam em função da fonte de luz, da espessura, translucidez e cor da cerâmica;

Hipótese nula secundária: o coeficiente de absorção da cerâmica independe da fonte de luz.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Delineamento do estudo

Foi realizado um estudo experimental *in vitro*. Os fatores investigados foram espessura (1, 2, 3, 4 e 5mm), cor (A1, A2, A3 e A3.5) e translucidez (alta e baixa) da cerâmica IPS e.max CAD e os cimentos resinosos convencional dual RelyX ARC, autoadesivo dual RelyX U200, fotoativado RelyX Veneer e quimicamente ativado C&B.

As variáveis dependentes foram a transmissão de luz através das cerâmicas em porcentagem, o grau de conversão dos cimentos resinosos em porcentagem e o número de microdureza Knoop dos cimentos resinosos.

As unidades amostrais foram 200 corpos de prova cerâmicos (n=5), 357 películas de cimento resinoso para a análise do grau de conversão (n=3) e 357 discos de cimento resinoso para a análise de microdureza (n=3).

5.2 Obtenção dos corpos de prova cerâmicos

Foram utilizados 40 blocos da cerâmica IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) subdivididos em 8 categorias conforme descrito no Quadro 1. Para cada categoria de cerâmica descrita foram utilizados 5 blocos (14x12mm e 18mm de comprimento) cortados (IsoMet® 1000, Buehler, Lake Bluff, Illinois, U.S.A.) com disco adiamantado (Buehler Diamond Wafering Blade, # 11.4254, Illinois, U.S.A.) nas espessuras de 1 ± 0.3 mm, 2 ± 0.2 mm, 3 ± 0.4 mm, 4 ± 0.3 mm e 5 ± 0.6 mm (Figura 1). Foram obtidos 200 corpos de prova de cerâmica. Após o corte, as cerâmicas foram cristalizadas em forno cerâmico (EDG Titan 2000 Platinum, Equipamentos e Controles Ltda, São Carlos, SP, Brasil) de acordo com os parâmetros fornecidos pelo fabricante (Quadro 2). Os blocos fornecidos para o corte apresentam baixa resistência inicial para favorecer a fresagem. O processo de cristalização a 840-850°C é responsável por produzir alterações na microestrutura, resultado de um crescimento controlado dos cristais de dissilicato de lítio, que confere as propriedades mecânicas e óticas finais da cerâmica.

Quadro 1 – Descrição, cor, translucidez, número de lote e composição das cerâmicas utilizadas no estudo.

CERÂMICA	COR	TRANSLUCIDEZ	LOTE	COMPOSIÇÃO
IPS e.max CAD LT A1/C14	A1	Baixa	R54560	SiO ₂ , Li ₂ O, K ₂ O, MgO, ZnO ₂ , Al ₂ O ₃ , P ₂ O ₅ e outros óxidos
IPS e.max CAD LT A2/C14	A2	Baixa	R55522	
IPS e.max CAD LT A3/C14	A3	Baixa	R55527	
IPS e.max CAD LT A3.5/C14	A3.5	Baixa	R51803	
IPS e.max CAD HT A1/C14	A1	Alta	R39201	
IPS e.max CAD HT A2/C14	A2	Alta	R42574	
IPS e.max CAD HT A3/C14	A3	Alta	R42576	
IPS e.max CAD HT A3.5/C14	A3.5	Alta	R02231	

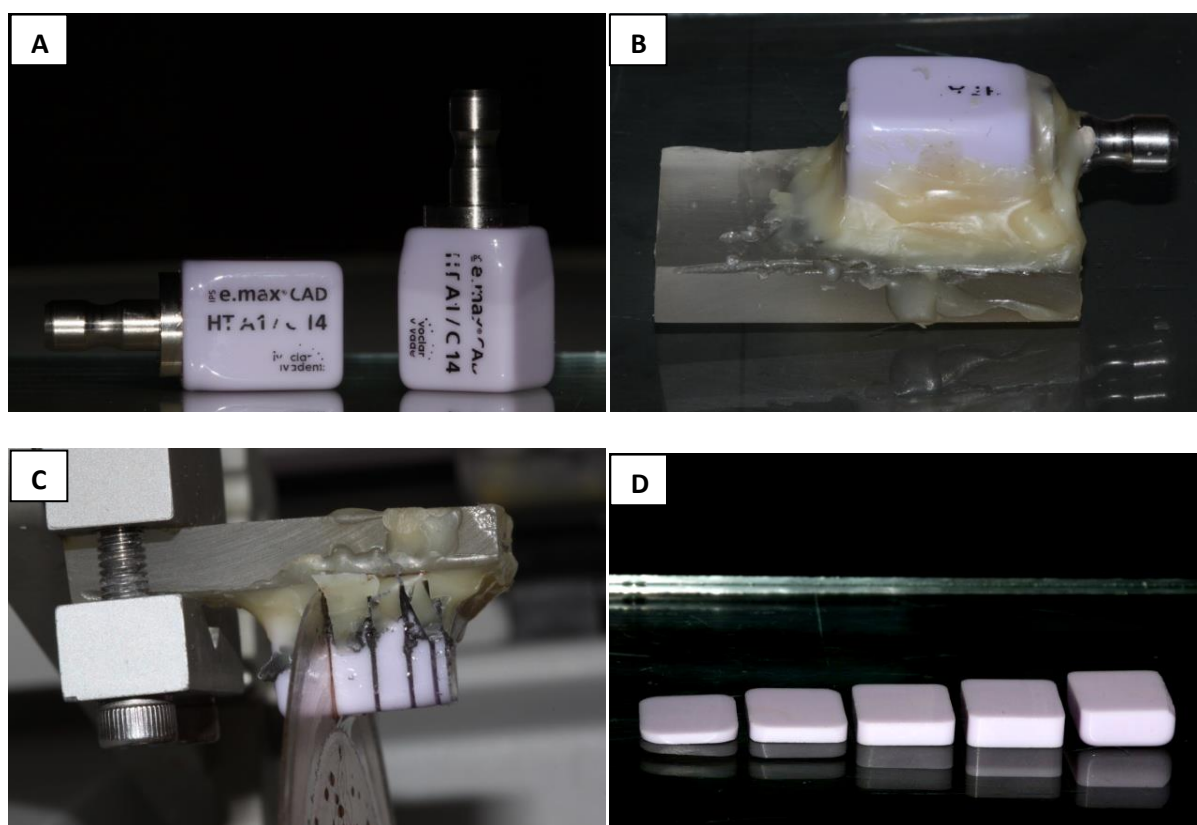


Figura 1 – Blocos de cerâmica e.max CAD HT A1 (A), bloco posicionado na placa acrílica com cera pegajosa (B), corte do bloco na IsoMet® (C), corpo de prova de cerâmica de 1 a 5mm HT A1 (D).

Quadro 2 – Parâmetros recomendados pelo fabricante para a cristalização da cerâmica IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent).

PARÂMETRO	RECOMENDAÇÃO DO FABRICANTE
Tempo de fechamento	6min
Temperatura de serviço	403°C
Acréscimo de temperatura	30°C
Temperatura de queima	850°C
Tempo de manutenção	10min
Esfriamento lento	700°C
Vácuo	Entre 500 a 850°C

Cada corpo de prova foi catalogado em pasta plástica e numerado de acordo com sua translucidez, espessura e cor. Os números referentes aos corpos de prova foram dispostos em uma planilha de Excel com 200 linhas, posteriormente submetida à randomização, de forma que os corpos de prova fossem realocados aleatoriamente na planilha para se definir a ordem de inserção no forno. A cristalização foi realizada seguindo-se esta reordenação aleatória, em grupos de 17 a 19 corpos de prova por queima (Figura 2 A e B). As cerâmicas foram posicionadas em mantas refratárias (Fibertray 1919-0000, Renfert GmbH Ind., Hilzingen, Germany) e levadas à plataforma do forno. O primeiro ciclo foi realizado com o forno vazio, apenas para a programação do mesmo. Todas as queimas foram realizadas no mesmo dia. Após o resfriamento, cada corpo de prova foi novamente catalogado em pasta plástica respeitando a numeração inicial de 1 a 200 e mantido seco, à temperatura ambiente, até a aferição da transmissão de luz.

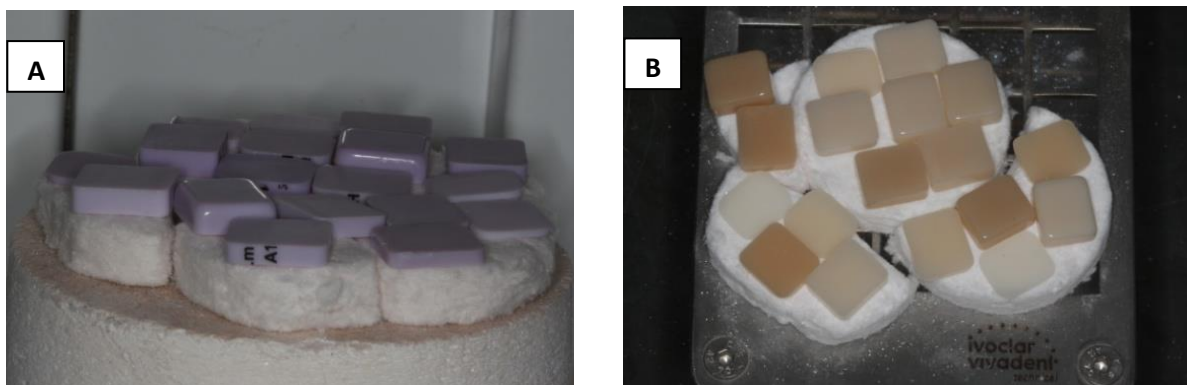


Figura 2 – Cerâmicas posicionadas no forno sobre manta refratária antes (A) e após a cristalização (B).

5.3 Transmissão de luz

5.3.1 Análise do espectro de emissão das fontes de luz

A análise do espectro de emissão de luz de cada aparelho foi realizada no Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas da UFMG, no Laboratório de Ótica de Polímeros utilizando-se um Espectrômetro (USB 2000 Ocean Optics Inc, Dunedin, FL, EUA). Este aparelho é equipado com um microcontrolador e um conjunto de detectores (dispositivo de carga acoplada, CCD) de 2.048 pixels, com interface USB 2.0, que mede propriedades óticas em comprimentos de onda de 200 a 1.100nm e resolução de 0,35nm por difração da luz (software SpectraSuite). Uma câmara CCD com funcionamento na faixa de comprimento de onda de luz visível (400 a 600nm) detecta a intensidade de luz em função de cada comprimento de onda emitido pelo filamento da lâmpada halógena ou LED.

O aparelho de luz halógena (Demetron LC, SDS Kerr Corp, Orange, CA, USA), com diâmetro da ponta de 10mm, foi posicionado e fixado a 40cm do espectrômetro e na entrada deste foram colocados filtros neutros de absorção de luz (Adsorptive ND Filter, Newporter) com densidade ótica total de 3,6 para a obtenção dos gráficos das regiões de emissão em função do comprimento de onda no momento inicial e após 10 acionamentos consecutivos, simulando uma condição de aquecimento e possível queda na intensidade da luz emitida. O aparelho de LED (Bluephase, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), com diâmetro da ponta de 9mm, foi posicionado nas mesmas condições descritas anteriormente, utilizando-se o conjunto de filtros neutros de densidade 5. Foram obtidos os gráficos das regiões de emissão, em

função do comprimento de onda, para o nível de intensidade de luz *High* e após a utilização sequencial do aparelho, também por 10 vezes.

As análises dos gráficos e as faixas de comprimentos de onda observadas foram utilizadas como referência para cada aparelho na transmissão de luz, além de serem relacionadas com os dados de absorção de luz dos cimentos resinosos.

5.3.2 Medida da transmissão de luz

A potência da luz emitida por cada aparelho e a potência transmitida através de cada cerâmica foi registrada por um medidor de potência digital (Newport Optical Power Meter, Modelo 835, Évry Cedex). Este medidor foi ajustado ao comprimento de onda correspondente à posição de maior intensidade emitida por cada fonte de luz no ensaio anterior (LED 460nm; HAL 490nm). A aferição da intensidade dos aparelhos (mW/cm^2) foi realizada a cada 5 acionamentos utilizando-se radiômetro para HAL e LED (ECEL, São Paulo, SP, Brasil). A média dos valores registrados para cada aparelho ao longo do experimento foi utilizada ainda para calcular a densidade de energia (J/cm^2), que é o produto da intensidade de luz (mW/cm^2) pelo tempo de exposição, a ser utilizada nos experimentos subseqüentes de grau de conversão e microdureza. Cada cerâmica foi posicionada diretamente sobre o cristal fotossensível do detector do aparelho medidor de potência (Figura 3 A e B). A saída da ponteira de luz de cada aparelho foi acoplada a um anel metálico rosqueado à sonda do medidor de potência que abriga o cristal fotossensível (Figura 4 A e B).

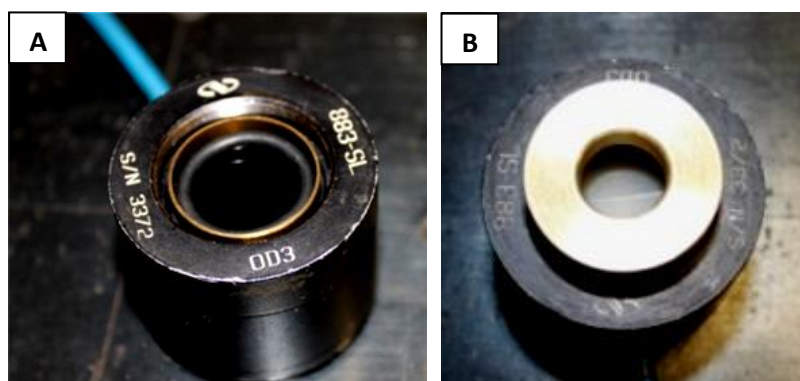


Figura 3 – Cristal fotossensível do detector do aparelho medidor de potência (A) e cerâmica posicionada com anel rosqueado (B).

Três séries de medidas de transmissão foram realizadas para cada cerâmica. As aferições foram feitas aos dez, vinte e trinta segundos de funcionamento do timer do aparelho. Foram ainda registradas três medidas da intensidade gerada por cada fonte de luz, nos mesmos intervalos de tempo, sem a interposição da cerâmica, alternadamente às medidas de transmissão através de cada corpo de prova de cerâmica com a finalidade de avaliar se ocorreu variação significativa da intensidade de luz com o tempo de uso do aparelho. A cada 5 corpos de prova cerâmico avaliados as fontes de luz foram aferidas com radiômetro.

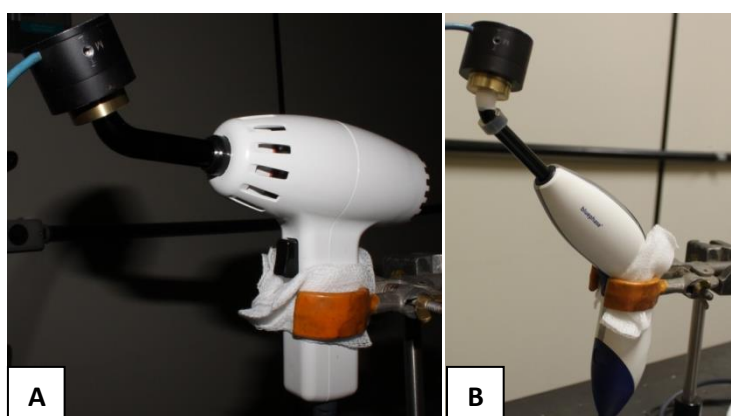


Figura 4 – Ponteiras das fontes de luz acopladas ao detector: (A) HAL; (B) LED.

Os valores de intensidade de luz incidente e intensidade de luz através de cada cerâmica foram tabulados, obtendo-se o valor final de porcentagem de transmissão da luz por corpo de prova com cada fonte de luz (Anexo 1). Utilizando-se o *software* Origin Pro 7.0, o coeficiente de absorção (α) foi obtido a partir da equação de Lambert-Beer que explica se há uma relação exponencial entre a transmissão de luz através de um material e a espessura do corpo que a luz atravessa

$$I / I_0 = e^{-\alpha d} \quad (1)$$

Onde I_0 é a intensidade da luz incidente, I é a intensidade da luz após atravessar o material, d é a distância que a luz percorre através do material, α é o coeficiente de absorção do material, e é o número Neperiano (SCHOEMAKER *et al.*, 1989). Para avaliar a estabilidade de cada fonte de luz ao longo do experimento, foi calculado o coeficiente de variação a partir dos dados da intensidade de luz inicial, sem

interposição de cerâmica, medidos em triplicata antes da avaliação de cada cerâmica.

5.4 Grau de conversão

5.4.1 Preparo dos corpos de prova dos cimentos resinosos para GC

Foram utilizados quatro cimentos resinosos cujos fabricantes, lotes, modo de ativação e composições são descritos no Quadro 3. Inicialmente, os cimentos passíveis de fotoativação tiveram seu espectro de absorção de luz determinado por Espectrofotômetro (Spectrophotometer UV VIS NIR UV 3600, Shimadzu, Kyoto, Japan). As pastas base e catalisadora dos cimentos RelyX U200 e ARC foram dispensadas em bloco de papel (3mm de comprimento), manipuladas com espátula metálica por 10 segundos, e aplicadas sobre lâmina de vidro formando uma película fina. Sem realizar nenhuma fotoativação, a lâmina foi posicionada no espectrofotômetro para a medida da absorbância inicial de cada cimento. Uma porção do cimento Veneer foi aplicada sobre lâmina de vidro formando uma película para o mesmo procedimento. Novas porções dos mesmos cimentos foram dispensadas, manipuladas, aplicadas sobre uma lâmina de vidro e fotoativadas para nova medida de absorbância.

Nos grupos experimentais, o cimento foi fotoativado através da cerâmica IPS e.max CAD avaliados na primeira fase, sorteando-se um único corpo de prova representativo das variáveis em estudo, definidas após a análise dos resultados de transmissão de luz: espessura (2, 3 ou 4mm), translucidez e cor (HTA2, LTA2, HTA3, LTA3, HTA3.5 e LTA3.5), totalizando 18 corpos de prova de cerâmica, de acordo com o Quadro 4. Foram eliminados nesta fase os fatores cor A1 (estatisticamente semelhante a A2) e as espessuras de 1mm (já descrita como condição favorável na literatura) e 5mm (semelhante a 4mm nas análises de transmissão de luz). Os corpos de prova de todos os cimentos (n=3) foram confeccionados em 3 blocos completos casualizados por sorteio, totalizando 20 grupos. Durante todo o procedimento, os fotoativadores foram aferidos com radiômetro para luz halógena e LED (ECEL) para registro das intensidades médias das fontes de luz (um registro a cada 5 corpos de prova de cimento confeccionados com cada aparelho).

Quadro 3 – Cimentos resinosos utilizados no estudo: marcas comerciais, lote, modo de ativação e composição.

CIMENTO RESINOSO (Fabricante) Lote Tipo Cor	MODO DE ATIVAÇÃO	COMPOSIÇÃO
RelyX U200 Clicker (3M ESPE) Lote: 509517 Autoadesivo Cor: A2	Dupla ativação (Química + fotoativado)	BASE: pó de vidro tratado com silano (45-55%p), ácido 2-propenóico, 2-metil-1,1'-[1-(hydroxymetil)-1,2-ethanodil] éster, dimetacrilato de trietileno glicol (TEGDMA), sílica tratada com silano (1-10%), fibra de vidro, persulfato de sódio e per-3,5,5-trimetil-hexanoato t-butila. CATALISADOR: pó de vidro tratado com silano (45-55%p), dimetacrilato substituto, sílica tratada com silano, p-toluenosulfonato de sódio, 1-benzil-5-fenil-ácido bórico, sais de cálcio, dióxido de titânio, vidro de borossilicato
RelyX ARC Clicker (3M ESPE) Lote: 1312201018 Convencional Cor: A1	Dupla ativação (Química + fotoativado)	PASTA A: Bis-GMA, TEGDMA, zircônia, sílica, pigmentos, amina e sistema fotoiniciador. PASTA B: Bis-GMA, TEGDMA, zircônia, sílica, peróxido de benzoíla.
RelyX Veneer (3M ESPE) Lote: 1236400155 Convencional Cor: Translúcido	Física (Fotoativado)	BisGMA, TEGDMA, zirconia, sílica (60% p) e polímero dimetacrilato, pigmentos e sistema fotoiniciador 66%p de partículas (0,6mm)
C&B Clicker (Bisco) Lote: 1200006534 Cor: Universal	Química	BASE: Bis-GMA, Bis-EMA, dimetacrilato, sílica, vidro fundido, fluoreto de sódio, amina terciária. CATALISADOR: Bis-GMA, TEGDMA, sílica, peróxido de benzoíla.

Quadro 4 – Aleatorização para a confecção dos corpos-de-prova de cimentos resinosos (RelyX U200, U; RelyX ARC, A; RelyX Veneer, V; C&B, C) considerando-se a cerâmica de translucidez (HT, LT) espessura (2, 3 e 4mm) e cor (A2, A3 e A3.5) para cada fonte de luz (LED e HAL) alternadamente (1 e 2).

Cerâmica	CIMENTO			HAL	LED
	V	A	U		
1- HT2A2	V	A	U	1	2
2- HT4A2	V	A	U	2	1
3- HT3A3	U	V	A	1	2
4- HT2A3.5	A	U	V	2	1
5- LT2A2	U	V	A	1	2
6- LT2A3.5	U	A	V	2	1
7- LT3A3.5	U	V	A	1	2
8- HT3A2	U	A	V	2	1
9- HT2A3	A	U	V	1	2
10- HT3A3.5	V	U	A	2	1
11-LT3A2	V	A	U	1	2
12-LT3A3	A	V	U	2	1
13-LT4A3	A	U	V	1	2
14-HT4A3	U	V	A	2	1
15- HT4A3.5	U	V	A	1	2
16-LT4A2	U	V	A	2	1
17-LT2A3	V	A	U	1	2
18-LT4A3.5	A	V	U	2	1
19-CONTROLE POSITIVO	A	U	V	1	2
20-CONTROLE NEGATIVO	U	A	V	--	--
21-C&B	--	--	--	--	--

Para a análise do grau de conversão dos cimentos resinosos, um único operador preparou todos os espécimes. Os cimentos duais RelyX U200 e ARC foram manipulados de acordo com as instruções dos fabricantes, dispensados por *clicker* em bloco de papel (3mm de comprimento das pastas base e catalisadora) e manipulados por 10 segundos com espátula de metal. A mistura foi posicionada sobre lamínula de vidro (0,16mm de espessura), uma tira de poliéster colocada sobre o cimento e outra lamínula de vidro sobreposta a esta tira de poliéster. O conjunto foi então posicionado sobre um bloco de resina composta (15 x 15 x 4mm, na cor A2 – Tetric Ceram, Ivoclar Vivadent), para simular um substrato padronizado (Figura 5). Foi utilizado ainda o cimento fotoativado RelyX Veneer considerando-se as mesmas condições experimentais, não sendo necessária apenas a fase de manipulação, visto ser apresentado como pasta única.

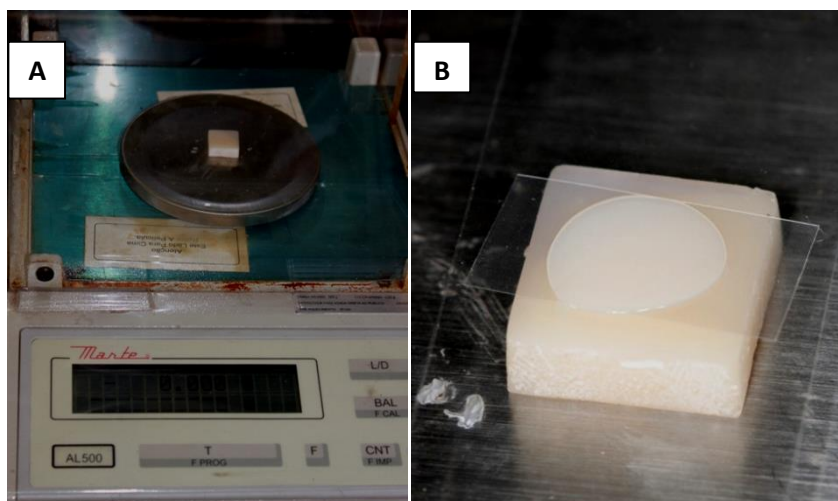


Figura 5 – Bloco de resina composta posicionado na balança de precisão (A).
Lamínula com o cimento resinoso posicionada sobre bloco de resina (B).

A fotoativação foi realizada com LED (Bluephase, Ivoclar Vivadent) ou HAL (Demetron, Kerr) por 30 segundos, sob pressão de cimentação de $30\pm 5\text{g}$, em balança de precisão. Nos grupos controle positivo de cada cimento de dupla ativação nenhuma barreira foi utilizada e a fotoativação foi realizada diretamente sobre a tira de poliéster, para cada fonte de luz (Figura 6).

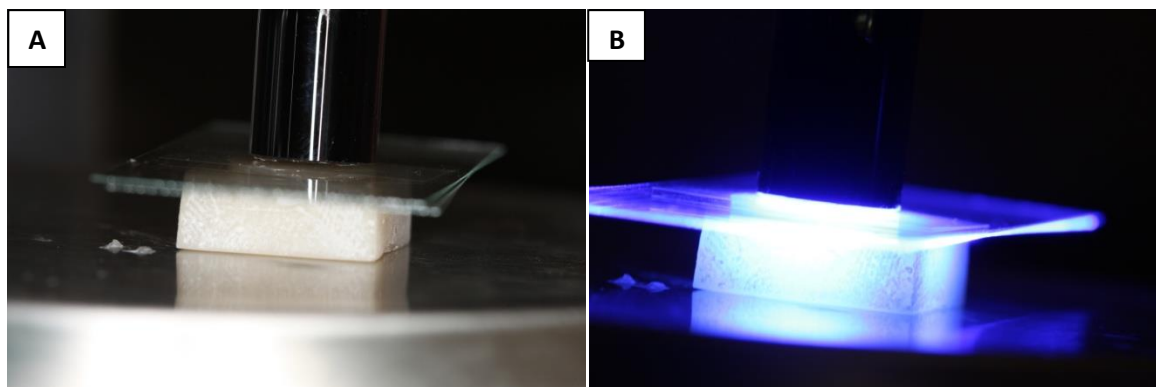


Figura 6 – Ponteira posicionada sobre a lamínula (A) para a fotoativação direta do cimento resinoso (B).

Nos demais grupos experimentais o cimento foi fotoativado através da interposição da cerâmica (Figura 7), de acordo com o grupo.

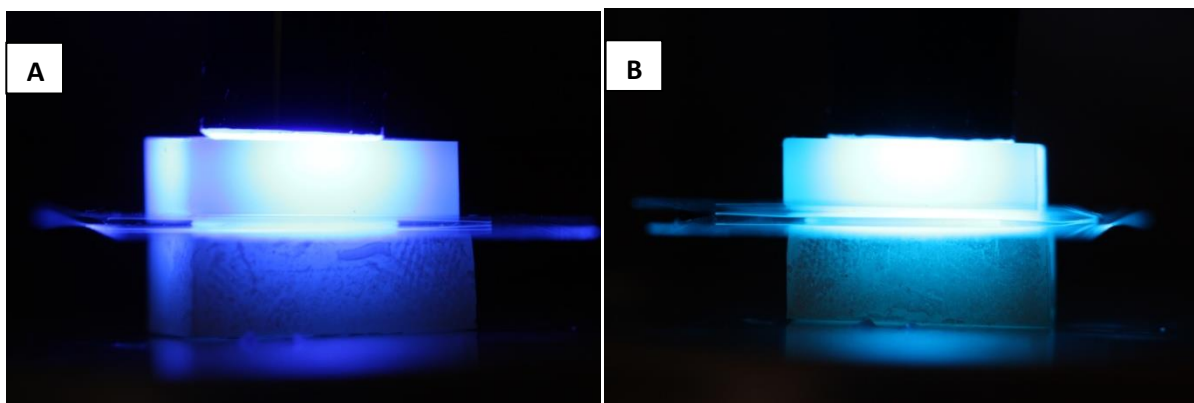


Figura 7 – Fotoativação através do bloco cerâmico: (A) LED, (B) HAL

Nos grupos controle positivo de cada cimento de dupla ativação nenhuma cerâmica foi utilizada e a fotoativação foi realizada diretamente sobre a tira de poliéster. Três corpos de prova dos cimentos U200 e ARC foram confeccionados sem fotoativação para avaliar o padrão de polimerização química, sendo que após a manipulação e posicionamento entre as lamínulas de vidro e tiras de poliéster o cimento foi mantido sob pressão estática de 30 gramas por 15 minutos. Três corpos de prova do cimento C&B foram obtidos da mesma forma. Todos os corpos de prova foram armazenados à temperatura ambiente protegidos da luz por 5 dias. A espessura de película dos cimentos foi medida com paquímetro digital (Mitutoyo, Japan).

5.4.2 Avaliação do grau de conversão por espectroscopia FT-Raman

O grau de conversão (GC) dos cimentos resinosos foi analisado por espectroscópio FT Raman (RAM II, Vertex 70, Bruker, Ettlingen, Germany - Figura 8), no Laboratório de Ótica do Departamento de Física do ICEX/UFMG. Este equipamento possui refletor de quartzo, detector de germânio resfriado por nitrogênio líquido e a excitação livre de fluorescência. Utilizou-se laser Nd:YAG (*neodymium-doped yttrium aluminium garnet*) a 1064nm (2mm de diâmetro). Inicialmente foram realizados testes para avaliar se a potência de trabalho iria influenciar no espectro do cimento, assim como qual a quantidade de varreduras e resolução do espectro poderiam gerar leituras com baixo ruído no menor tempo possível. Foram gerados espectros

utilizando-se 500mW de potência do laser, com resolução de 4 cm^{-1} para 48 varreduras em número de onda de 300 a 3600 cm^{-1} , com tempo de integração de 60 segundos para cada espectro (*Software OPUS 7.5, CO, UK*). A espectroscopia Raman avalia o GC do cimento resinoso com base na variação na intensidade a 1638 cm^{-1} , relativa ao pico da dupla ligação entre carbonos no metacrilato, e a 1608 cm^{-1} , pico correspondente à ligação dupla entre carbonos do anel aromático que permanece estável durante a conversão do monômero em polímero. Para os cimentos resinosos duais analisados realizaram-se espectros imediatamente após a manipulação das pastas base e catalisadora, que foram utilizados como referência não polimerizada de cada material. O RelyX Veneer teve como referência não polimerizada medida a partir da pasta única não fotoativada.

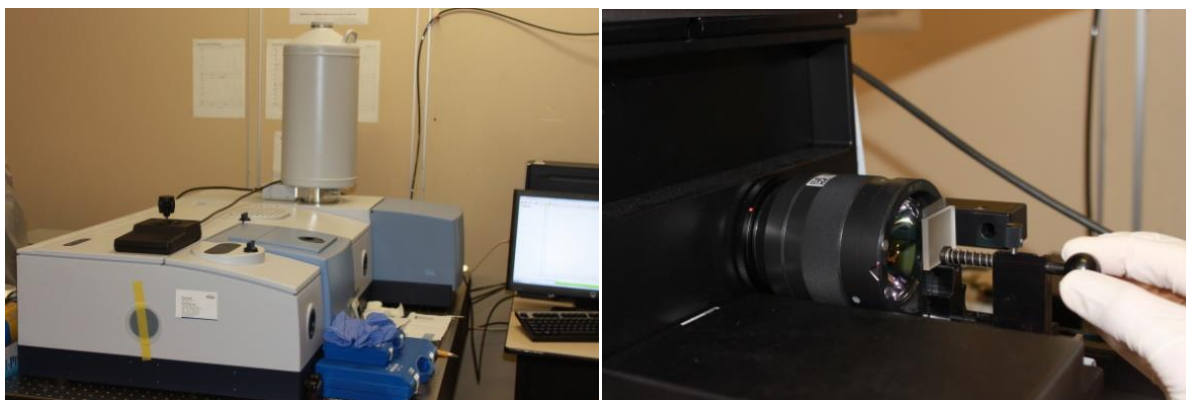


Figura 8 – Espectrofotômetro RAM II, Vertex 70, Bruker

Para calcular o grau de conversão, a razão da intensidade dos picos entre 1605 a 1610 cm^{-1} e entre 1635 a 1640 cm^{-1} foram utilizadas na seguinte equação (PIANELLI *et al.*, 1999):

$$\text{GC} = [1 - (\text{R polimerizado} / \text{R não polimerizado})] \times 100 \quad (2)$$

Onde R = intensidade da banda a $\approx 1638\text{ cm}^{-1}$ / intensidade da banda a $\approx 1608\text{ cm}^{-1}$. O ajuste analítico das curvas foi feito para cada gráfico de cada corpo de prova na região de 1550 e 1700 cm^{-1} , considerando-se os picos com amplitude Voigt G/L para o ajuste em largura e altura (*Software Peak Fit v4.12*), que considera as curvas Gaussianas e Lorentzianas. Os valores máximos identificados na ordenada “Y” para os picos de interesse foram tabulados (Microsoft Excel) para o cálculo do grau de conversão de cada corpo de prova de cimento resinoso.

5.5 Microdureza

5.5.1 Confeção dos corpos de prova dos cimentos resinosos para KHN

Os cimentos duais RelyX ARC e RelyX U200 foram dispensados (3mm) em bloco de papel, manipulados com espátula metálica e inseridos em uma matriz bipartida de policetal, cobertos por tira de poliéster e lamínula de vidro. Foi utilizado o orifício médio da matriz bipartida, nas dimensões de 1.5mm de profundidade x 2mm de diâmetro (Figura 9).

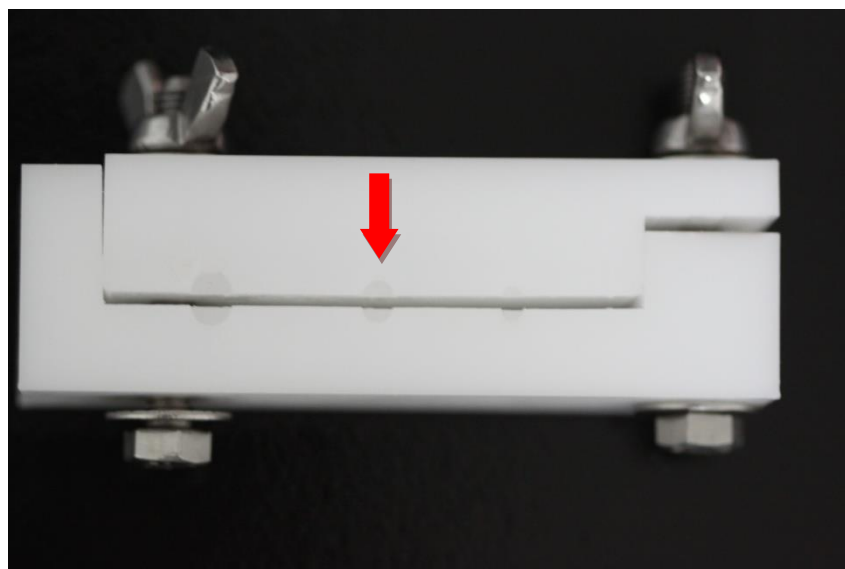


Figura 9 – Matriz bipartida de policetal. A seta indica o orifício central, utilizado para a confecção dos corpos de prova para microdureza.

Para o controle positivo de cada cimento, realizou-se a fotoativação diretamente sobre a lamínula de vidro tanto com LED quanto com HAL por 30 segundos (Figura 10), sem a colocação de nenhuma cerâmica. Como controle negativo dos cimentos duais, três corpos de prova dos cimentos U200 e ARC foram confeccionados sem fotoativação para avaliar o padrão de polimerização química, sendo que após a manipulação e posicionamento da tira de poliéster e da lamínula de vidro, o cimento foi mantido sob pressão estática de 30 gramas por 15 minutos. Três corpos de prova do cimento C&B foram obtidos da mesma forma.

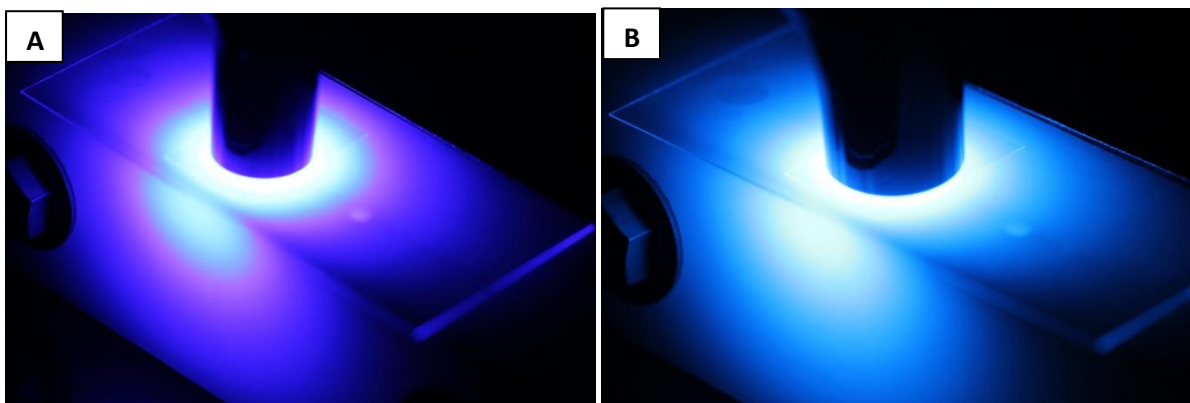


Figura 10 – Fotoativação direta do cimento resinoso: (A) LED; (B) HAL.

Os demais foram fotoativados através das mesmas cerâmicas utilizadas para a análise do grau de conversão, em triplicata ($n=3$), utilizando-se as mesmas fontes de luz e mesma sequência de blocos casualizados apresentada no Quadro 4 (p.54). O cimento fotoativado RelyX Veneer foi inserido diretamente na matriz e avaliado nas mesmas condições experimentais (Figura 11).

Durante a confecção dos corpos de prova dos cimentos resinosos, foram registradas por radiômetro as intensidades médias das fontes de luz utilizadas (um registro a cada 5 corpos de prova confeccionados). Após 5 dias de armazenamento a seco protegidas da luz, os corpos de prova foram submetidos à microdureza Knoop.

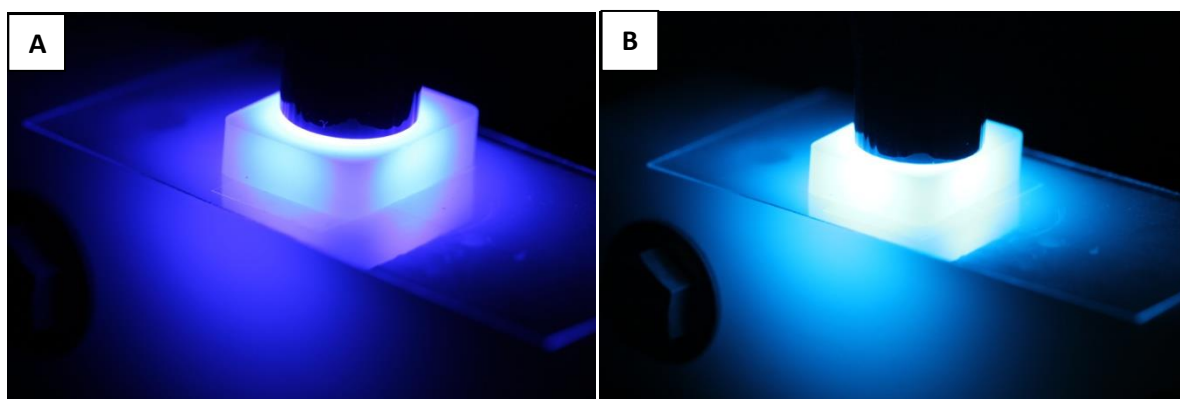


Figura 11 – Fotoativação do cimento através da cerâmica: (A) LED; (B) HAL.

5.5.2 Avaliação da microdureza Knoop dos cimentos resinosos

Utilizou-se o microdurômetro HMV 2 (Shimadzu, Japão), do Laboratório de Metalografia do Departamento de Metalurgia do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG (Figura 12).

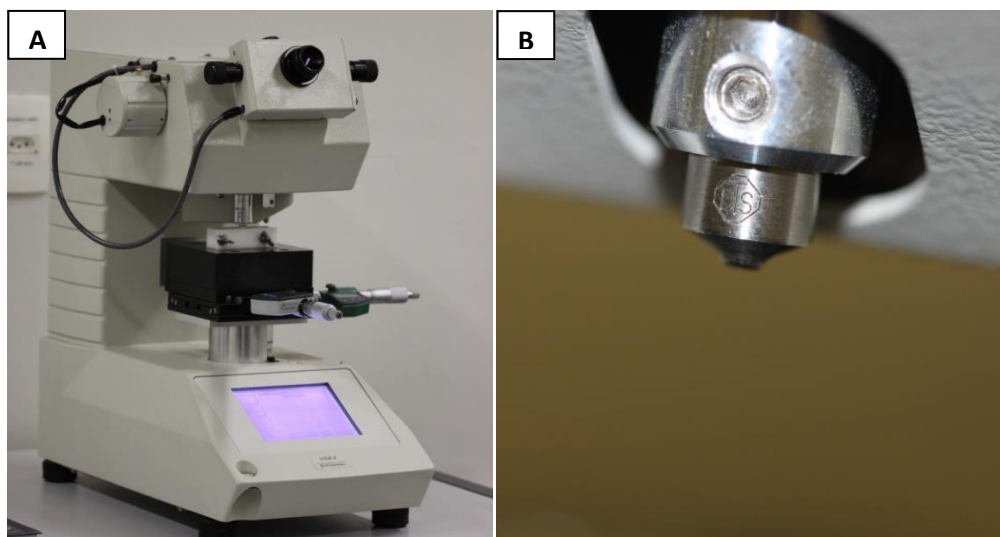


Figura 12 – Microdurômetro Shimadzu HMV 2 (A) e vista aproximada da ponteira Knoop (B)

A microdureza Knoop utilizou os parâmetros de carga de 50g por 15s. Foram feitas 9 endentações equidistantes em cada corpo de prova, na face do cimento voltada para a cerâmica ou mais próxima da ponteira fotoativadora, no caso dos grupos controle com fotoativação direta sem interposição da cerâmica. Para garantir o paralelismo do corpo de prova de cimento com a base do microdurômetro durante os testes, cada um foi reposicionado na matriz bipartida e travado, numa condição de embutimento mecânico (Figura 13).

Após a realização de cada endentação, as leituras foram feitas sob aumento de 400x seguidas da identificação manual da diagonal maior. Os valores de microdureza Knoop ou número de dureza Knoop (KHN) foram registrados automaticamente pelo microdurômetro a partir da fórmula:

$$\text{KHN} = 14,23 \cdot 10^6 \cdot F/d^2 \quad (3)$$

Onde, F=força em grama e d=distância da diagonal maior, em micrometro.



Figura 13 – Corpo de prova de cimento resinoso embutido mecanicamente na matriz bipartida, durante teste de microdureza Knoop

5.6 Análise estatística

5.6.1 Transmissão de luz

Os valores de transmissão de luz foram obtidos em porcentagem, para cada corpo de prova cerâmico (total de 198 corpos de prova) para a fonte de luz LED e para HAL, sempre em triplicata, assim como os registros consecutivos sem interposição da cerâmica. Tanto a espessura quanto a porcentagem de transmissão de luz foram consideradas variáveis quantitativas contínuas. Todas as análises consideraram o nível de confiança a 95%. Realizou-se inicialmente a análise univariada para testar a relação dos fatores estudados com o percentual de transmissão de luz. O efeito independente dos fatores em estudo, espessura, tipo de fonte de luz, cor e translucidez da cerâmica sobre o percentual de transmissão de luz com a interposição da cerâmica foi avaliado por meio de regressão linear múltipla. A análise de variância testou a significância do modelo e o teste *t* a significância de cada fator no modelo, sendo estimados os coeficientes β_0 (intercepto) e β_1 para cada nível dos fatores avaliados. Utilizou-se o *softwear* Stata versão 12.

5.6.2 Grau de conversão

Os valores de grau de conversão, em porcentagem, foram avaliados pelos testes de normalidade (Shapiro Wilk) e homogeneidade de variância (Levéne) e então submetidos ao teste estatístico de análise de variância, ANOVA, para avaliar o efeito dos fatores cimento resinoso em 4 níveis, fonte de luz em 2 níveis, translucidez em 2 níveis, cor em 3 níveis e espessura da cerâmica em 3 níveis. Nos testes *post hoc* (Tukey HSD), foram consideradas as comparações múltiplas para cada cimento e os fatores significativos na interação. Como o cimento não apresentou interação significativa com nenhum dos outros fatores, foi avaliado seu efeito separadamente comparando-se os 4 cimentos resinosos avaliados. Para os cimentos RelyX ARC, U200 e Veneer, os fatores fonte de luz, cor, espessura e translucidez, incluindo o efeito da ausência de cerâmica (corpos de prova sob fotoativação direta), foram realizadas análises *one way* considerando cada fator separadamente e os testes *post hoc* (Tukey HSD) para cada um deles (Software Stata versão 12). Para todas as análises considerou-se o nível de confiança de 95%.

5.6.3 Microdureza

A média da microdureza das 9 endentações para cada corpo de prova de cimento resinoso foi calculada. Inicialmente foram realizados testes de aderência para avaliação da distribuição normal e homogeneidade de variância da resposta microdureza segundo os níveis dos fatores estudados: tipo do cimento, fonte de luz, espessura, translucidez e cor da cerâmica. Não houve distribuição normal nem homogeneidade de variância da variável resposta para todos os níveis dos fatores em estudo ($p > 0,05$).

Em função disso, optou-se pela estatística não-paramétrica. Os valores de microdureza foram comparados entre os grupos por meio do teste Mann-Whitney ou Kruskal Wallis. Para avaliar o efeito concomitante dos fatores, uma nova variável foi construída pela combinação entre os fatores que apresentaram efeito significativo. Posteriormente, foi utilizado o Dunn test, com correção de Bonferroni, para as múltiplas comparações de microdureza Knoop (KHN) segundo os níveis dos fatores

significativos para cada um dos cimentos, separadamente. Utilizou-se o *software* Stata v. 12 considerando-se o nível de confiança de 95%.

6 RESULTADOS

6.1 Transmissão de luz

As aferições realizadas com o radiômetro ECEL nos aparelhos fotoativadores geraram valores médios de 1348mW/cm^2 para o LED Bluephase e 947mW/cm^2 para HAL Demetron. Os espectros de emissão dos aparelhos utilizados no estudo são apresentados no gráfico 1. Os picos de intensidade de luz de 460nm para o LED e 490nm para HAL foram utilizados como referência para as medidas de intensidade de luz direta (I_0) e com a interposição da cerâmica (I) no medidor de potência.

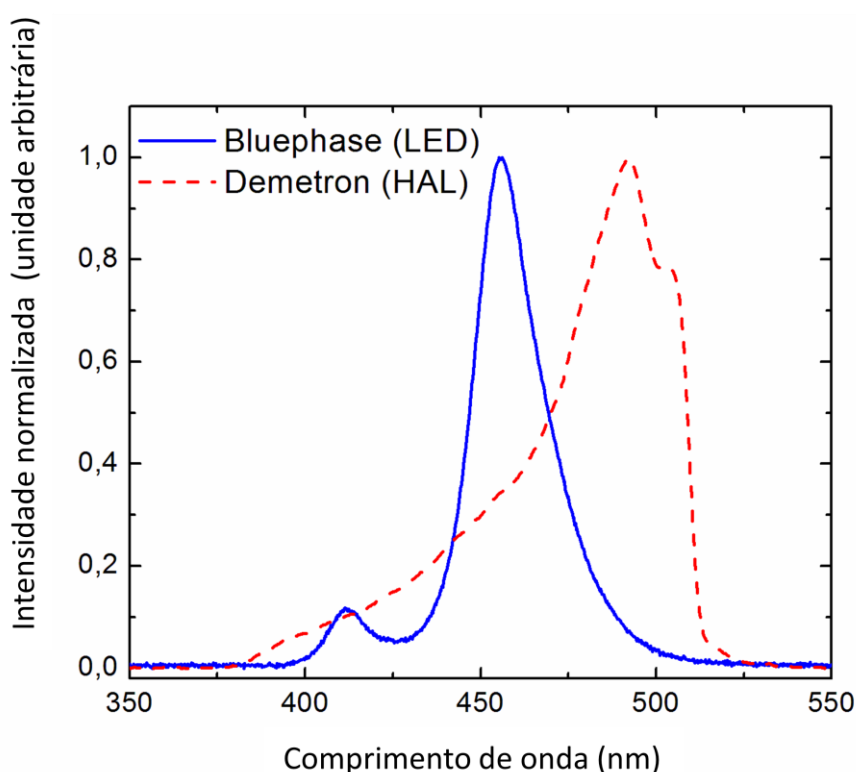


Gráfico 1 – Espectros de emissão de luz das fontes fotoativadoras LED e HAL.

O coeficiente de variação calculado a partir das medidas iniciais sem interposição das cerâmicas foi de 3,5% para HAL e 3,7% para o LED. Os resultados das medidas de porcentagem de transmissão de luz para cada cerâmica em função da espessura, cor e translucidez foram tabulados (ANEXO I) e são apresentados no gráfico 2 para a fonte de luz halógena e no gráfico 3 para o LED.

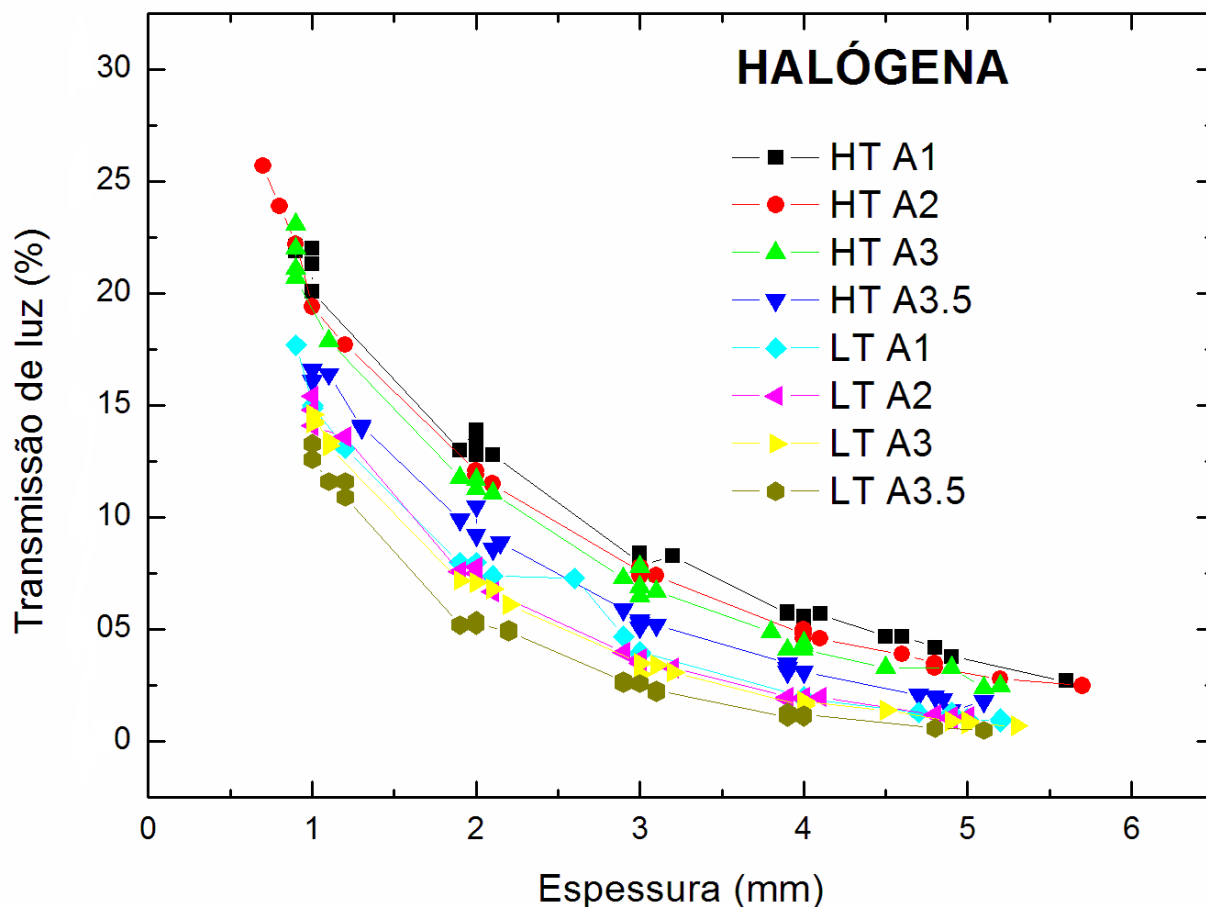


Gráfico 2 – Percentual de transmissão da luz em função da espessura, cor e translucidez da cerâmica para a fonte de luz halógena.

Os maiores valores de transmissão da luz, acima de 20%, foram observados apenas através cerâmicas mais finas, de 1mm, de cerâmicas HT nas cores A1, A2 e A3, com a luz halógena, com o máximo de 25,7% para a cor A1 de 0.7mm. Estas mesmas cerâmicas permitiram entre 13 e 20% de transmissão da luz emitida pelo LED. As cerâmicas LT, mesmo em espessuras de 1mm, permitiram um máximo de 17% de transmissão da HAL e 13% da luz emitida pelo LED. As cerâmicas HT com espessura de 2mm transmitiram entre 10 e 15% da luz halógena, exceto na cor A3.5, enquanto as LT transmitiram entre 5 e 10%.

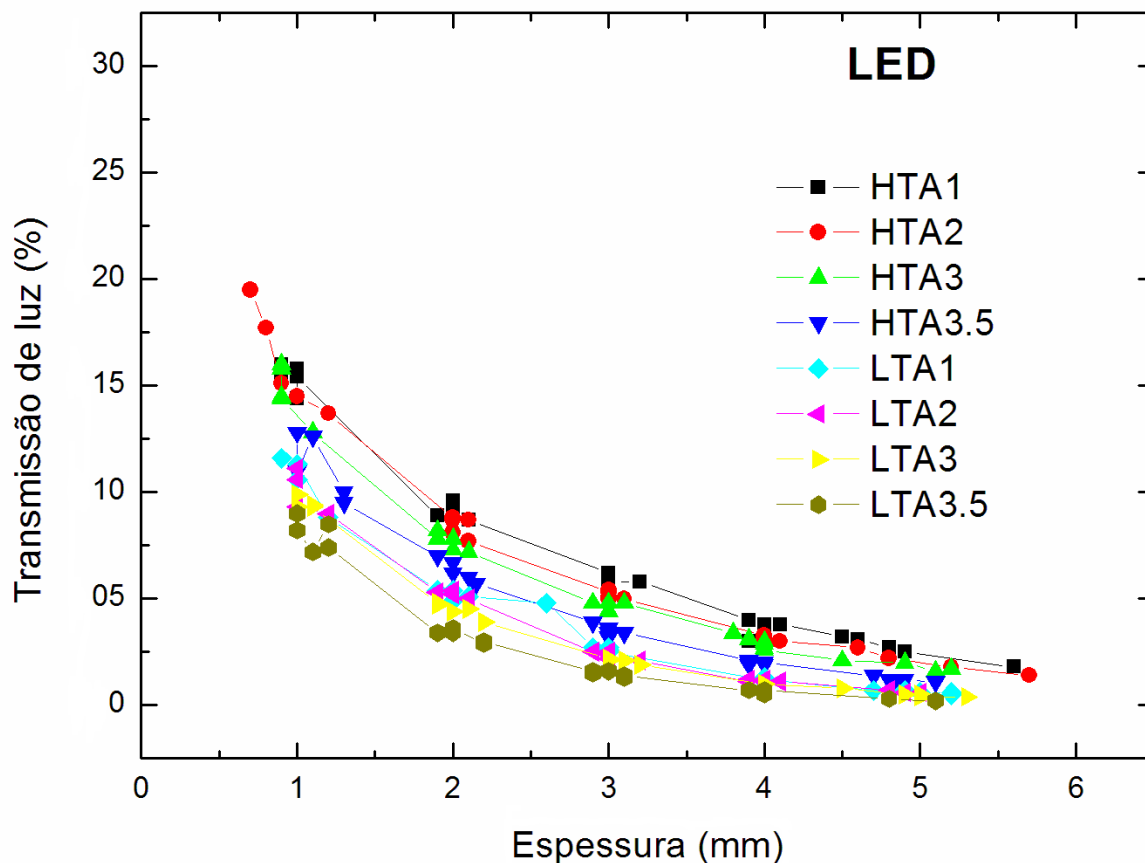


Gráfico 3 – Percentual de transmissão da luz em função da espessura, cor e translucidez da cerâmica para a fonte de luz LED.

Para o LED na espessura de 2mm a transmissão da luz foi sempre menor que 10% para as cerâmicas HT e menor que 5% para as LT. A partir de 3mm de espessura, as cerâmicas HT transmitiram entre 5 e 7% da luz halógena e entre 3 e 7% da luz LED, e as LT entre 3 e 5% para HAL e em torno de 3% para LED. Cerâmicas com 4mm de espessura ou mais transmitiram valores abaixo de 6% da luz emitida tanto por HAL quanto por LED, sendo que esses valores se aproximaram de zero para as LT de cor mais escura, A3 e A3.5.

Houve uma relação linear entre a espessura dos corpos de prova e o percentual de transmissão de luz. A análise da correlação de *Pearson* mostrou forte correlação negativa ($r=-0,845$, $p<0,001$) entre a espessura e a transmissão da luz. Houve homogeneidade de variância da variável percentual de transmissão da luz entre os grupos definidos por fonte de luz ($p=0,269$) e por cor ($p=0,374$). Não houve

homogeneidade de variância da variável percentual de transmissão da luz entre os grupos definidos pela translucidez ($p=0,02$). A análise univariada das variáveis categóricas explicativas demonstrou diferença significativa nos valores médios de porcentagem de transmissão de luz entre os grupos definidos pela cor e translucidez da cerâmica e o tipo de fonte de luz (Tabela 1).

Tabela 1 – Comparação da porcentagem de transmissão de luz segundo a cor, translucidez e a fonte de luz.

		Média (DP) Percentual de Transmissão de luz (%)	Valor de p
Cor	A1	6.97 (5.59)	0.018
	A2	6.52 (5.67)	
	A3	6.24 (5.43)	
	A3.5	4.74 (4.30)	
Fonte Luz	Halógena	7.29 (5.97)	<0.001
	LED	4.94 (4.28)	
Translucidez	Alta (HT)	7.75 (5.71)	<0.001
	Baixa (LT)	4.45 (4.30)	

O modelo de análise de regressão linear (Tabela 2) explicou 85% da variância do percentual de transmissão de luz. O aumento de uma unidade na espessura da cerâmica levou a uma redução média no percentual de transmissão de luz de 3,16. A média do percentual de transmissão de luz foi 1,83 menor para LED em relação à luz halógena. A média do percentual de transmissão de luz foi 3,76 maior para a translucidez alta. Para a cor A2, não houve diferença estatística em relação à cor A1 ($p=0.124$). Em relação à cor A1, as cerâmicas de cor A3 transmitiram em média 0,83 menos luz, enquanto as de cor A3.5 apresentaram uma redução média de 2,18 na porcentagem de transmissão. Observou-se, entretanto, que houve efeito significativo da interação entre fonte de luz e translucidez ($p=0.008$).

Tabela 2 – Coeficiente β (95% IC) e valor de p para as variáveis incluídas no modelo de regressão.

	Coeficiente β (95% IC)	Valor de p
Espessura	-3,16 (-3,31-3,02)	<0,001
Luz LED	-1,83 (-2,40 -1,25)	<0,001
Translucidez alta	3,76 (3,18-4,33)	<0,001
Cor A2	-0,45 (-1,12- 0,12)	0,124
Cor A3	-0,83 (-1,41- 0,26)	0,005
Cor A3.5	-2,18 (-2,75 -1,61)	<0,001
Fonte de Luz # Translucidez	-1,09 (-1,91 ; - 0,28)	0,008

R-square ajustado: 0,85

Como a interação fonte de luz e translucidez foi significativa, o modelo foi ajustado com estes fatores combinados, conforme descrito na Tabela 3, onde são apresentados os novos coeficientes β_1 das possíveis interações.

Após o ajuste, observou-se que a interação que favoreceu a maior passagem de luz ocorreu entre a luz halógena e as cerâmicas de alta translucidez. A interação entre a fonte de luz LED e a cerâmica de baixa translucidez levou a uma redução média de 5,58 na transmissão da luz, enquanto para a luz halógena e a cerâmica de baixa translucidez a redução média foi de 3,75. A interação entre LED e cerâmica de alta translucidez levou a uma menor redução da transmissão da luz, em média 2,92.

Tabela 3 – Modelo de regressão linear ajustado combinando os fatores fonte de luz e translucidez.

Parâmetro	β_1	Sig.	95% Intervalo de confiança	
			Limite inferior	Limite superior
Intercepto	19,480	,000	18,791	20,170
LED / LT	-5,583	,000	-6,157	-5,010
LED / HT	-2,924	,000	-3,494	-2,353
HAL / HT	-3,756	,000	-4,330	-3,182
HAL / LT	0 ^b	.	.	.
LED	0 ^b	.	.	.
HAL	0 ^b	.	.	.
HT	0 ^b	.	.	.
LT	0 ^b	.	.	.
Espessura	-3,165	,000	-3,312	-3,019
A3.5	-2,183	,000	-2,754	-1,612
A3	-,833	,005	-1,406	-,259
A2	-,450	,124	-1,024	,123
A1	0 ^b	.	.	.

A partir destes dados, é possível estabelecer o valor estimado da porcentagem de transmissão da luz (P_{Te}) a partir dos coeficientes e das variáveis conhecidas, conforme a equação:

$$P_{Te} = \text{Intercepto} + \beta_{1\text{Espessura}} \cdot \text{Espessura (mm)} + \beta_{1\text{Cor}} + \beta_{1\text{Fonte de luz\#translucidez}} \quad (4)$$

Onde

O Intercepto é 19,48;

β_1 para espessura é -3,17;

β_1 para cor é -0,45 (A2), ou -0,83 (A3), ou -2,18 (A3.5);

β_1 para a interação fonte de luz#translucidez é -3,76 (HAL#LT), ou -2,92 (LED#HT), ou -5,58 (LED#LT).

Houve homogeneidade de variância do resíduo padronizado para os grupos definidos por cor (0.688), translucidez (0.606) e fonte de luz (0,125). A análise dos resíduos mostrou distribuição normal com média tendendo a zero (média=0.000; desvio=0.99), homocedasticidade e independência entre os resíduos. Além disso, 95,3% dos resíduos apresentaram valores no intervalo entre +1,96 e -1,96.

Para a determinação do coeficiente de absorção da cerâmica para cada fonte de luz em função da translucidez e da cor, os valores de transmissão de luz para cada espessura foram submetidos à transformação logarítmica com base neperiana e linearização gráfica no programa Origin Pro 7.0 (Gráfico 4 A e B).

Os coeficientes de absorção, correspondentes à inclinação da reta para cada combinação de cor e espessura, foram obtidos a partir da fórmula de Lambert-Beer e são apresentados na Tabela 4 e no Gráfico 5.

Tabela 4 – Coeficientes de absorção das cerâmicas conforme a translucidez e cor em função da fonte de luz.

GRUPO	COEFICIENTE DE ABSORÇÃO (α)
HT A1 HAL	0,433 (\pm 0,007)
HT A1 LED	0,46 (\pm 0,01)
HT A2 HAL	0,467 (\pm 0,007)
HT A2 LED	0,50 (\pm 0,08)
HT A3 HAL	0,502 (\pm 0,009)
HT A3 LED	0,515 (\pm 0,009)
HT A3.5 HAL	0,56 (\pm 0,01)
HT A3.5 LED	0,599 (\pm 0,008)
LT A1 HAL	0,67 (\pm 0,01)
LT A1 LED	0,718 (\pm 0,012)
LT A2 HAL	0,67 (\pm 0,008)
LT A2 LED	0,734 (\pm 0,009)
LT A3 HAL	0,702 (\pm 0,008)
LT A3 LED	0,755 (\pm 0,008)
LT A3.5 HAL	0,797 (\pm 0,009)
LT A3.5 LED	0,866 (\pm 0,046)

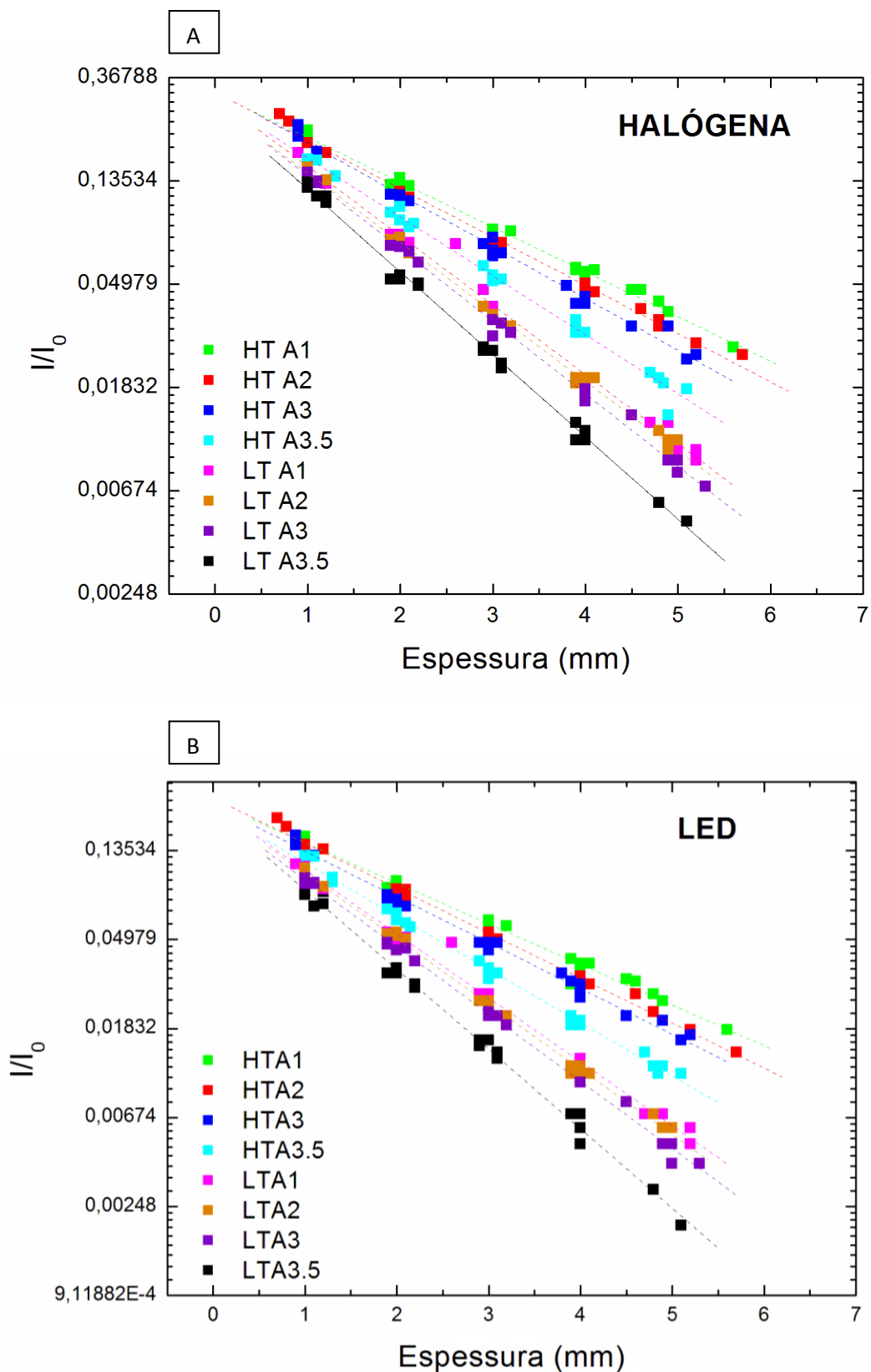


Gráfico 4 – I_n de I/I_0 para a luz em função da espessura da cerâmica:
(A) HAL, (B) LED.

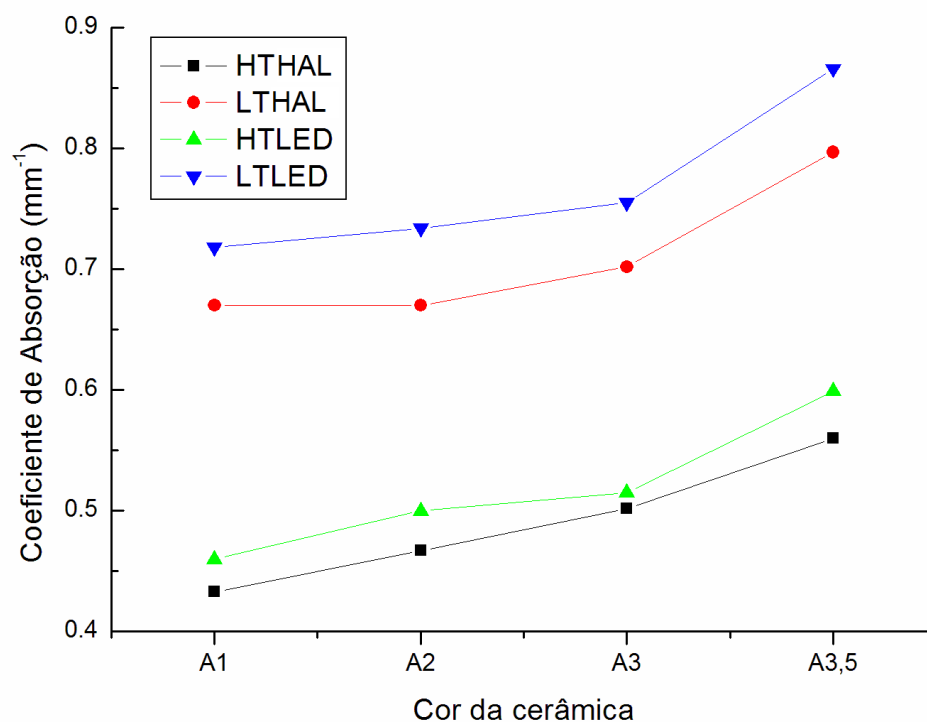


Gráfico 5 – Coeficientes de absorção das cerâmicas conforme a translucidez e cor em função da fonte de luz.

6.2 Grau de conversão

A intensidade média das fontes de luz foi 1349mW/cm^2 para o LED e 945mW/cm^2 para HAL. A densidade de energia calculada para cada aparelho, considerando-se que o tempo de fotoativação foi fixado em 30 segundos, foi $40,5\text{J/cm}^2$ para o LED e $28,4\text{J/cm}^2$ para HAL. No Gráfico 6 são apresentados os espectros de absorção dos cimentos resinosos antes da fotoativação e após a fotoativação, respectivamente. A espessura de película média dos cimentos resinosos, em milímetros, foi de 0.13 para o ARC; 0.11 para o U200 e para o C&B; 0.19 para o Veneer.

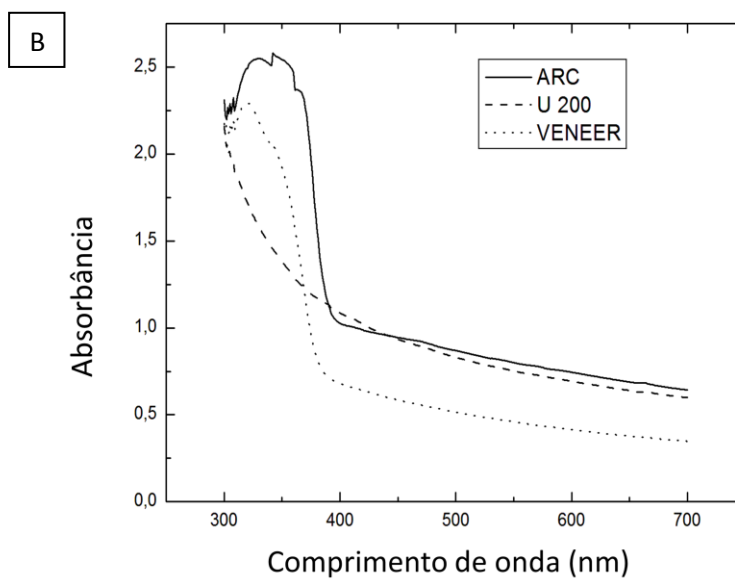
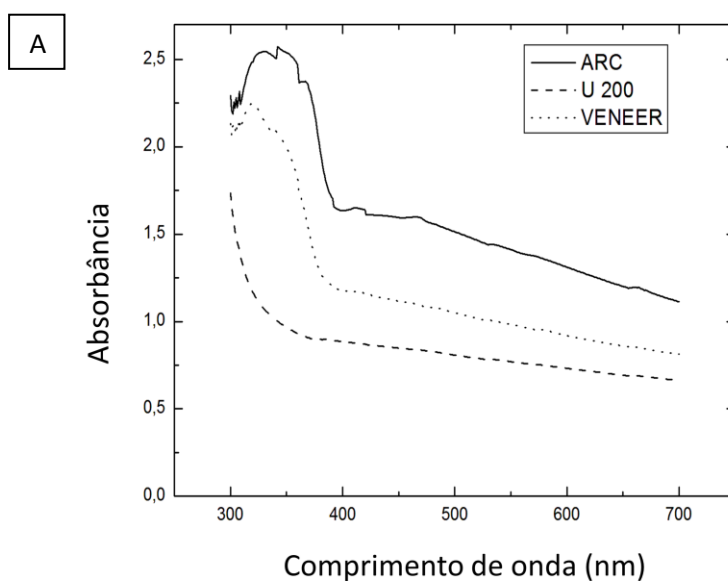


Gráfico 6 – Espectros de absorção de luz dos cimentos resinosos RelyX ARC, U200 e Veneer antes da fotoativação (A) e após a fotoativação (B).

No Gráfico 7 são apresentados os espectros do cimento C&B não polimerizado (A) e polimerizado (B), como exemplo do padrão dos gráficos obtidos e analisados individualmente para a aquisição dos valores dos picos de interesse para o cálculo do grau de conversão.

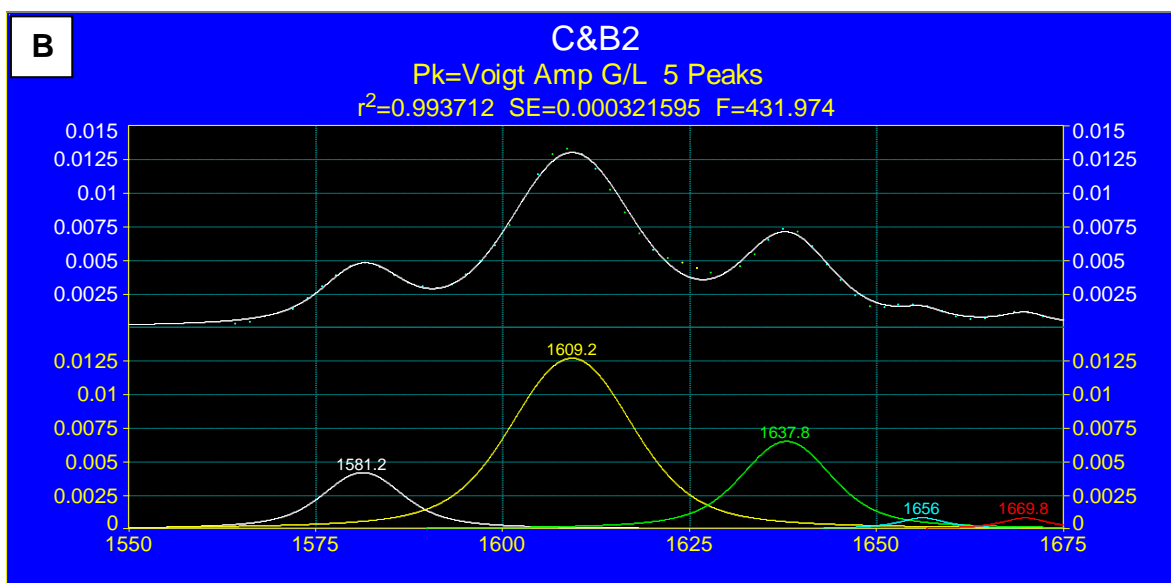
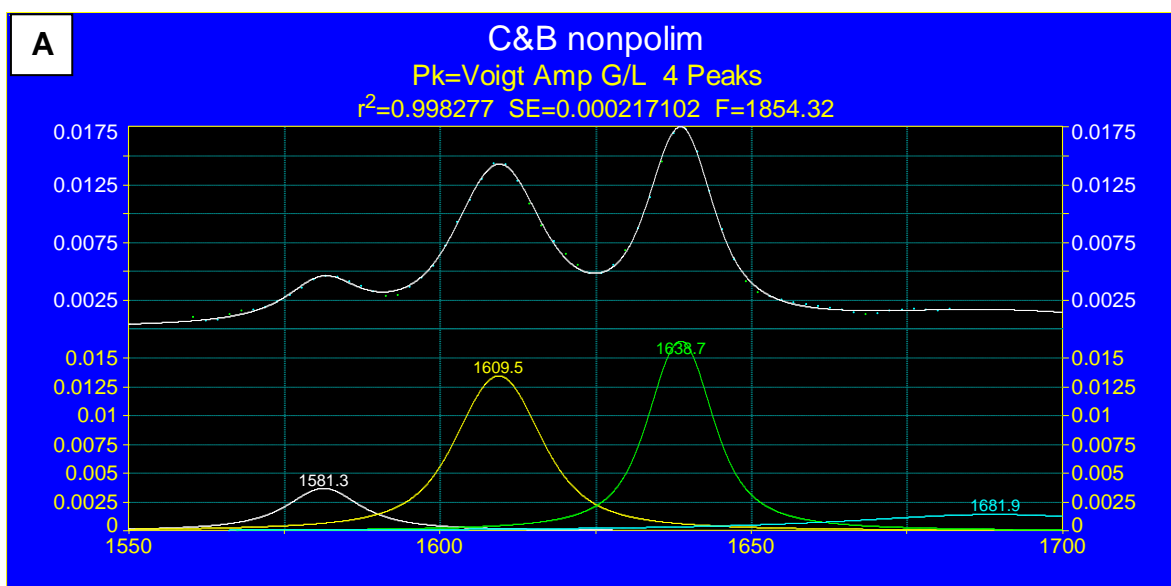


Gráfico 7 – Espectros do cimento C&B não polimerizado (A) e polimerizado (B).

Na tabela 5 são apresentados os dados das análises de normalidade e homogeneidade dos fatores em estudo, demonstrando que houve normalidade e homogeneidade de variância, sendo aceitos os pressupostos para uma análise de variância. Houve normalidade dos dados de grau de conversão (Kolmogorov-Smirnov, $p=0.059$).

Tabela 5 – Resultados dos testes de aderência (Shapiro Wilk / Levéne)

Fator	ARC		U200		VENEER	
	Valor p (Shapiro Wilk)	Levene	Valor p (Shapiro Wilk)	Levene	Valor p (Shapiro Wilk)	Levene
Espessura	0,12 a 0,20	0,49	0,27 a 0,78	0,33	0,05 a 0,20	0,17
Cor	0,22 a 0,95	0,06	0,09 a 0,57	0,46	0,09 a 0,29	0,15
Luz	0,24 a 0,43	0,38	0,29 a 0,63	0,93	0,05 a 0,06	0,18
Translucidez	0,16 a 0,88	0,37	0,27 a 0,56	0,68	0,07 a 0,19	0,06

A análise das médias de GC para cada condição experimental proposta por ANOVA demonstrou que não houve diferença entre as fontes de luz HAL e LED ($p=0.9512$) sobre o grau de conversão dos cimentos ARC, U200 e Veneer. Todos os outros fatores foram significativos para os resultados de GC ($p<0.0017$). Na Tabela 6 são apresentados os valores médios de GC e desvio padrão dos cimentos resinosos avaliados incluindo os grupos controle positivo (fotoativação direta) e negativo (sem fotoativação) dos cimentos duais.

Tabela 6 – Valores médios de GC e desvio padrão dos cimentos resinosos.

Cimento	MÉDIA GC (%)	DESVIO PADRÃO
ARC	46,64 ^b	7,02
U200	43,38 ^{c d}	6,42
VENEER	56,80 ^a	5,74
C&B	56,39 ^{a c}	6,02
ARC (fotoativação direta)	52,31 ^{a b}	4,62
U200 (fotoativação direta)	47,74 ^{b c}	4,64
VENEER (fotoativação direta)	61,7 ^{a b}	2,73
ARC (sem fotoativação)	33,82 ^{d e}	3,62
U200 (sem fotoativação)	29,75 ^e	3,15

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre as linhas.

Para a análise do efeito dos fatores sobre cada cimento, considerou-se $n=6$ para cada condição experimental, uma vez que o tipo de fonte de luz (halógena ou LED) não teve efeito sobre os valores de GC. Houve diferença estatisticamente significativa entre os cimentos ($p<0.001$), sendo que os maiores valores foram observados para o cimento fotoativado RelyX Veneer e para o quimicamente ativado C&B, seguidos do RelyX ARC e do RelyX U200 fotoativados (Gráfico 8). O GC dos controles negativos dos cimentos U200 e ARC foram menores e semelhantes entre si ($p=0.110$).

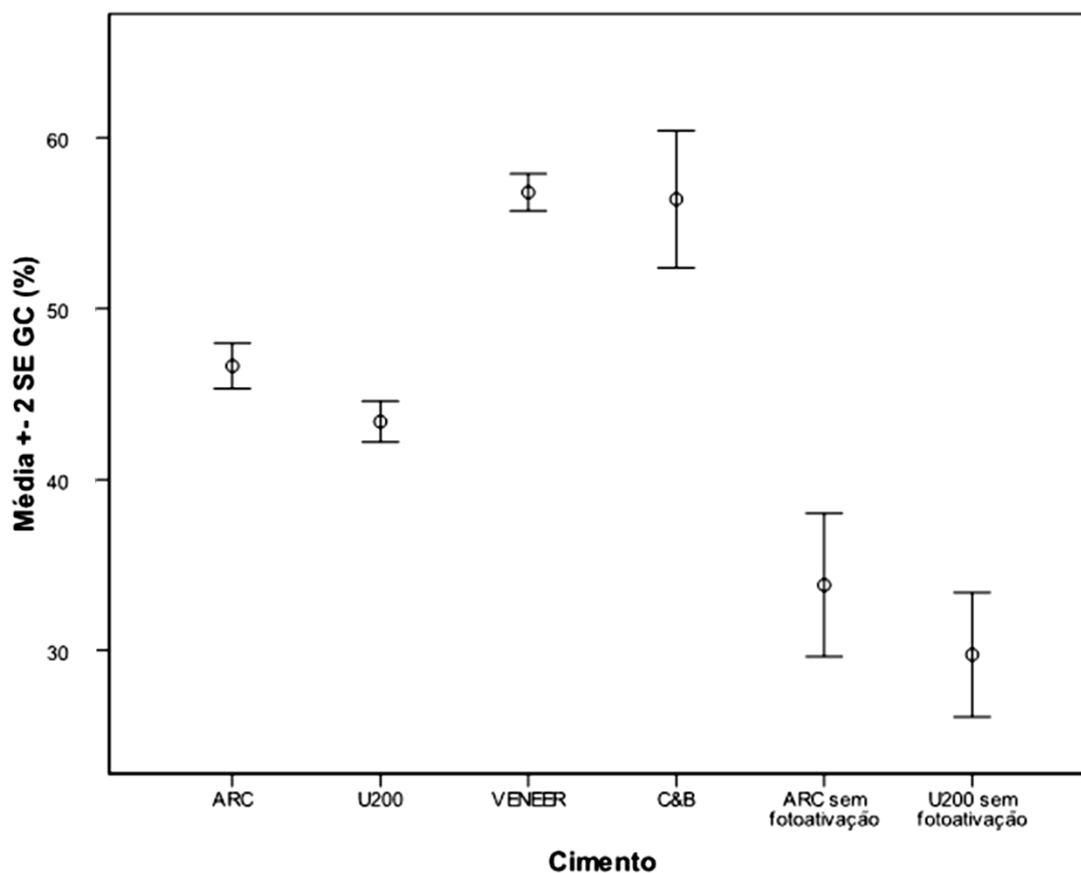


Gráfico 8 – Valores médios \pm 2 vezes o erro padrão do grau de conversão (%) dos cimentos avaliados e dos controles negativos duais.

Realizou-se então a análise dos cimentos resinosos duais ARC e U200 e do cimento fotoativado Veneer em relação ao efeito dos fatores relacionados à cerâmica interposta entre o cimento e a fonte de luz, conforme apresentado no Gráfico 9. Como a luz não atua sobre o cimento C&B, que apresenta ativação química, não foi feita nenhuma análise deste cimento sob a cerâmica. Portanto este cimento não foi considerado nesta fase da análise.

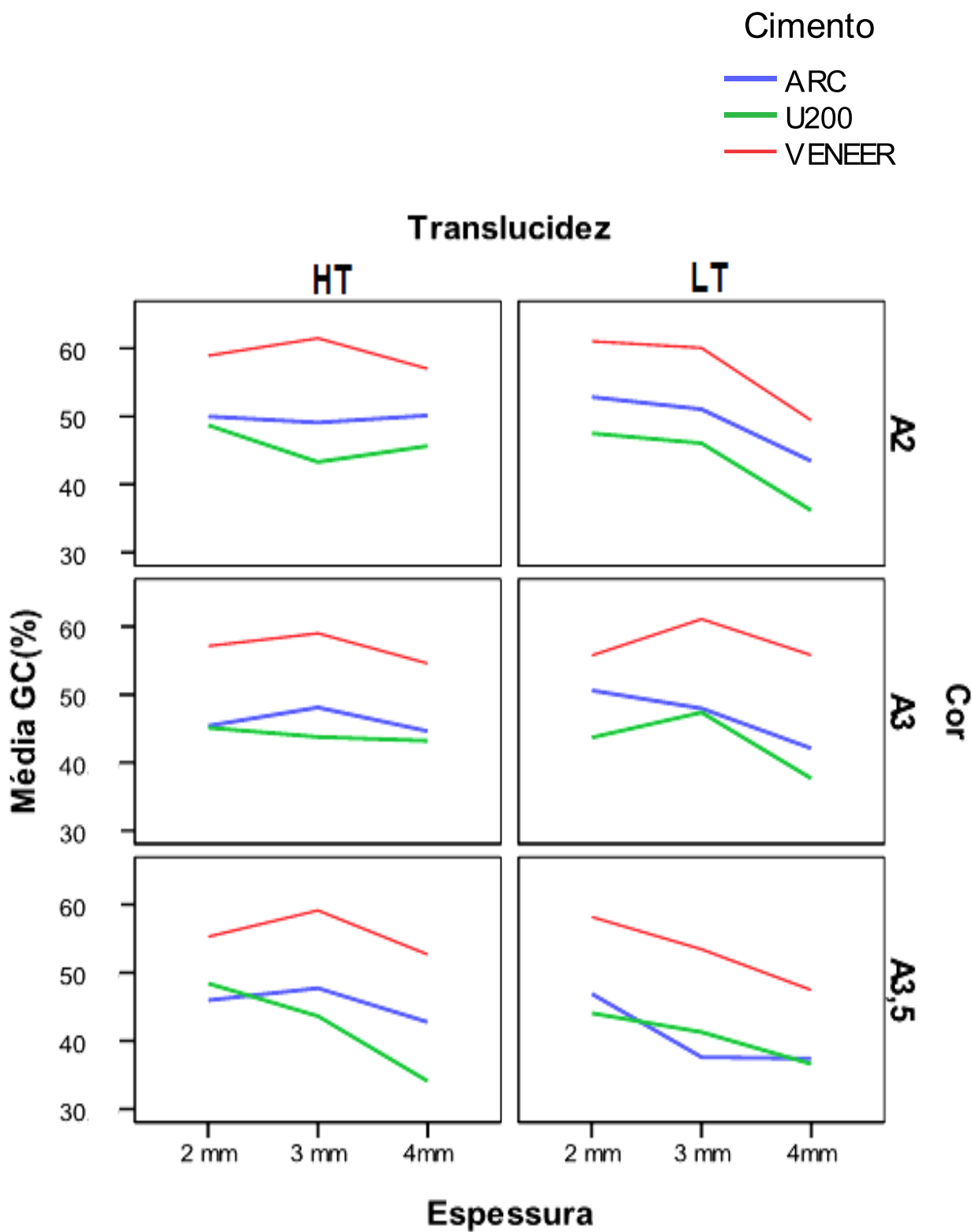


Gráfico 9 – Médias de GC (%) para os cimentos duais e fotoativado em relação à variação de espessura, cor e translucidez da cerâmica.

Para o cimento ARC, (Tabela 7), a fonte de luz não teve efeito significativo sobre o grau de conversão ($p=0.6823$). Houve efeito significativo da cor, da translucidez, da espessura ($p<0.0014$), e da interação translucidez e espessura ($p=0.0185$).

Tabela 7 – ANOVA para o cimento RelyX ARC.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Translucidez	629.518	2	314.759	13.48	0.0000
Espessura	771.316	2	385.658	16.51	0.0000
Cor	259.867	2	129.933	5.56	0.0000
Fonte de luz	7.182	1	7.182	0.31	0.5803
Resíduo	2475.526	106	23.354		
Total	3723.635	113	32.952		

Todas as outras interações não foram significativas. Entre os níveis das cores (Tabela 8), não houve diferença do grau de conversão do ARC fotoativado sob cerâmicas nas cores A2 e A3, nem entre estas e o controle positivo ($p>0.129$), fotoativado sem a interposição da cerâmica. GC do ARC fotoativado sob cerâmicas da cor A3 foi semelhante ao fotoativado sob cerâmicas A3,5 ($p=0.083$) e menor que os anteriores ($p<0.004$). Não houve efeito da espessura sobre o grau de conversão do ARC fotoativado sob cerâmicas de alta translucidez ($p>0,523$). Para as cerâmicas de baixa translucidez, o GC do ARC sob cerâmicas de 2mm ($p=0,137$) foi semelhante a 3mm (0,285). Houve efeito negativo sobre o GC a partir de 4mm ($p=0,019$). Para as cerâmicas de baixa translucidez, houve diferença nos valores de GC a partir de 4mm de espessura da cerâmica interposta (Tabela 9).

Tabela 8 – Média de grau de conversão (GC) em porcentagem do cimento RelyX ARC considerando-se a cor da cerâmica.

COR	ARC Média GC (%)	Desvio Padrão
Sem Cerâmica	52,31 ^a	4,62
A2	49,42 ^a	7,78
A3	46,47 ^{a,b}	4,80
A3,5	43,07 ^b	6,756

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre as linhas.

Tabela 9 – Média de grau de conversão (GC) em porcentagem do cimento RelyX ARC considerando-se espessura e translucidez da cerâmica.

TRANSLUCIDEZ	ESPESSURA (mm)	ARC Média GC (%)	Desvio Padrão
Sem Cerâmica	Zero	52,31 ^a	4,62
Alta HT	2	47,12 ^a	5,88
	3	48,31 ^a	7,26
	4	45,85 ^a	7,11
Baixa LT	2	50,12 ^a	5,96
	3	45,54 ^a	8,05
	4	40,98 ^b	4,42

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre as linhas.

Para o cimento U200, houve efeito da translucidez, da espessura e da cor da cerâmica sobre os valores de grau de conversão, sem efeito significativo para o tipo de fonte de luz ($p=0,8044$). A interação foi significativa apenas entre os fatores translucidez, espessura e cor (Tabela 10).

Tabela 10 – ANOVA para o cimento RelyX U200.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Translucidez	608.662	2	304.331	10.99	0.0001
Espessura	1037.555	2	528.777	18.74	0.0000
Cor	192.311	2	96.155	3.47	0.0350
Fonte de luz	1.707	1	1.707	0.06	0.8044
Translucidez#espessura#cor	625.552	12	52.129	1.88	0.0462
Resíduo	2601.951	94	27.680		
Total	4659.746	113	41.237		

Considerando as cerâmicas de alta translucidez, o grau de conversão do U200 foi maior quando fotoativado sob espessuras de 2mm em comparação com 4mm ($p=0.004$). O cimento fotoativado através das cerâmicas mais translúcidas com espessura de 3mm apresentaram valores estatisticamente semelhantes a 2mm ($p=0.124$) e a 4mm ($p=0.379$). Para as cerâmicas de baixa translucidez, o GC do U200 foi semelhante quando fotoativado sob 2 ou 3mm ($p=0.994$) e maior do que

sob 4mm ($p < 0.001$). Não houve efeito da cor sobre o grau de conversão do U200, independentemente da translucidez ($p > 0.162$). Não houve efeito da translucidez sobre o grau de conversão do U200 para as espessuras de 2mm ($p = 0.197$) ou 3mm ($p = 0.436$). Para 4mm houve efeito da translucidez ($p = 0.005$). O efeito da cor não foi significativo para nenhuma espessura de cerâmica ($p > 0.086$). Entretanto, comparando-se o efeito da espessura para a cor sobre o GC do U200, para a cor A2 houve diferença entre as espessuras de 2 e 4mm ($p = 0.01$) e para a cor A3 houve diferença entre 3 e 4mm ($p = 0,05$). Para A3.5, houve diferença entre 2 e 4mm ($p = 0.000$) e entre 3 e 4mm ($p = 0.07$). Não houve efeito significativo entre a translucidez e a cor da cerâmica ($p > 0.206$) sobre o GC do U200 (Tabela 11).

Tabela 11 – Média de grau de conversão (GC) em porcentagem do cimento RelyX U200 considerando-se cor, espessura e translucidez da cerâmica.

TRANSLUCIDEZ	COR	ESPESSURA (mm)	U200 Média GC (%)	Desvio Padrão
Sem Cerâmica	-----	----	47,74 ^a	4,64
Alta HT	A2	2	48,70 ^a	6,59
		3	43,31 ^b	3,93
		4	45,66 ^{a,b}	4,51
	A3	2	45,14 ^a	5,75
		3	43,79 ^{a,b}	3,50
		4	43,22 ^b	6,76
	A3,5	2	48,44 ^a	3,61
		3	43,65 ^{ab}	5,90
		4	34,09 ^b	4,93
Baixa LT	A2	2	47,51 ^a	4,53
		3	46,05 ^a	6,28
		4	36,19 ^b	2,99
	A3	2	43,69 ^a	4,83
		3	47,37 ^a	3,75
		4	37,68 ^b	7,34
	A3,5	2	44,07 ^a	6,24
		3	41,29 ^a	5,68
		4	36,61 ^b	5,05

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre as linhas.

Para o grau de conversão do cimento RelyX Veneer, também houve efeito da translucidez, cor e espessura da cerâmica (Tabela 12). Entretanto, nenhuma interação entre os fatores foi significativa ($p > 0.0608$). Não houve influência do tipo de fonte de luz ($p = 5803$).

Tabela 12 – ANOVA para o cimento RelyX Veneer.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Translucidez	629.518	2	314.759	13.48	0.0000
Espessura	771.316	2	385.658	16.51	0.0000
Cor	259.867	2	129.933	5.56	0.0000
Fonte de luz	7.182	1	7.182	0.31	0.5803
Resíduo	2475.526	106	23.354		
Total	3723.635	113	32.952		

O grau de conversão do controle positivo do cimento Veneer foi igual ao fotoativado sob as cerâmicas de alta translucidez ($p = 0.015$) e maior que sob cerâmicas de baixa translucidez ($p = 0.084$), apresentado na Tabela 13. Para a espessura (Tabela 14), houve diferença do GC quando o cimento Veneer foi fotoativado sob cerâmicas de 4mm em relação às outras espessuras ($p < 0.001$) e sem cerâmica interposta. O GC do cimento fotoativado sob cerâmicas de cor A2 (Tabela 15) foram semelhantes ao controle positivo sob fotoativação direta ($p > 0.155$), sendo que sob cerâmicas A3 e A3.5 o GC do Veneer foi igual ($p = 0.066$) e menor que sob fotoativação direta ou cerâmica de cor A2 ($p < 0.011$).

Tabela 13 – Médias de grau de conversão (GC) em porcentagem para o cimento RelyX Veneer em função da translucidez da cerâmica.

TRANSLUCIDEZ	ENEER Média GC (%)	Desvio Padrão
Sem Cerâmica	61,72 ^a	2,73
Alta	57,24 ^a	4,55
Baixa	55,80 ^b	6,70

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre as linhas.

Tabela 14 – Médias de grau de conversão (GC) em porcentagem para o cimento RelyX Veneer em função da espessura da cerâmica.

Espessura (mm)	VENEER Média GC (%)	Desvio Padrão
Zero	61,72 ^a	2,73
2 mm	57,72 ^a	5,20
3 mm	59,03 ^a	4,56
4 mm	52,82 ^b	5,57

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre as linhas.

Tabela 15 – Médias de grau de conversão (GC) em porcentagem para o cimento RelyX Veneer em função da cor da cerâmica.

Cor	VENEER Média GC (%)	Desvio Padrão
Sem Cerâmica	61,72 ^a	2,73
A2	57,98 ^a	5,43
A3	57,22 ^{a b}	4,98
A3,5	54,37 ^b	6,27

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre as linhas.

6.3 Microdureza

Os valores de microdureza Knoop (KHN) dos cimentos avaliados não apresentaram variação significativa quanto à cor da cerâmica ($p=0.1717$) ou tipo de fonte de luz (0.1421). Houve diferença significativa nos valores de microdureza do cimento resinoso segundo o tipo de cimento e a espessura e translucidez da cerâmica ($p<0.0001$). Uma nova variável foi construída pela combinação entre translucidez e espessura (TE) das cerâmicas interpostas entre cada fonte de luz e o cimento (Quadro 5).

Quadro 5 – Variável construída (TE) pela combinação entre os fatores translucidez (HT alta ou LT baixa) e espessura (2, 3 ou 4mm) da cerâmica interposta.

Combinação TE	TRANSLUCIDEZ	ESPESSURA (mm)
HT2	HT	2
LT2	LT	2
HT3	HT	3
LT3	LT	3
HT4	HT	4
LT4	LT	4

No Gráfico 10 é possível verificar uma relação inversa entre os valores de KHN e a espessura da cerâmica de baixa translucidez interposta entre a fonte de luz e o cimento resinoso. Cerâmicas de alta translucidez foram associadas a maiores valores de KHN do cimento subjacente em relação às de baixa translucidez.

De maneira geral, os valores de KHN foram maiores para o cimento RelyX U200, seguido do RelyX ARC. Valores mais baixos de microdureza foram encontrados para o cimento RelyX Veneer e foram sensivelmente menores para o cimento quimicamente ativado C&B e do U200 não fotoativado. Como este cimento não é passível de alterações em função da passagem da luz através da cerâmica, ele não está representado no Gráfico 10. Na Tabela 16 é apresentado o ranqueamento dos valores de microdureza Knoop (Kruskal-Wallis) que identifica as igualdades e diferenças entre os dados a partir do Dunn test.

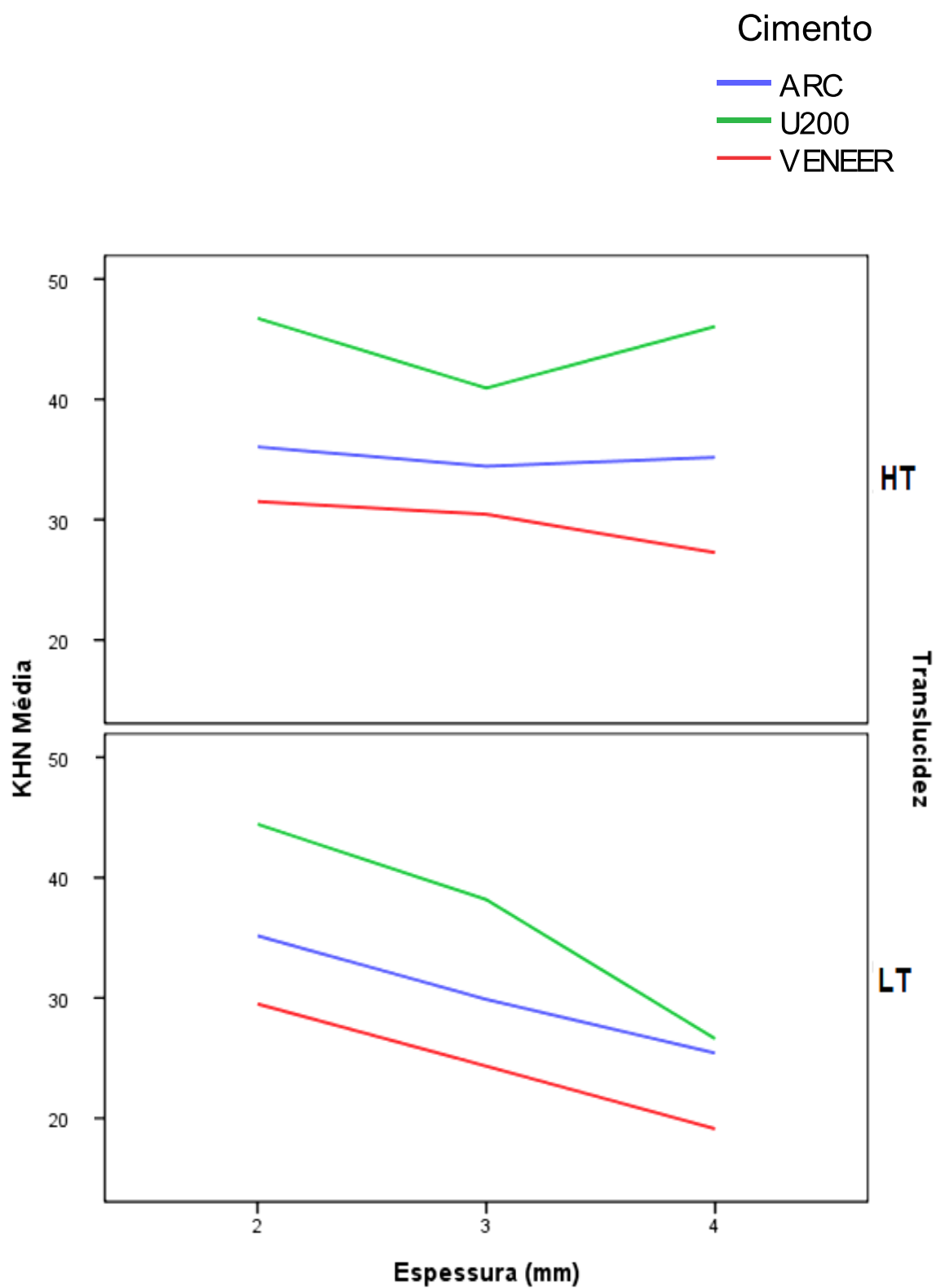


Gráfico 10 – Representação das médias de KHN para cada cimento resinoso em função da translucidez e da espessura da cerâmica.

Tabela 16 – Valores de microdureza Knoop (média e mediana, Kruskal-Wallis e Dunn teste) para as combinações TE propostas, para os grupos controle positivo – CP (fotoativação direta) e controle negativo – CN (sem fotoativação) de cada cimento resinoso dual ou fotoativado, e do C&B (químico).

CIMENTO	TE	Média	Desvio					
			padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Intervalo	
ARC	CP	41,00 ^a	1,32					
	HT2	36,05 ^a	1,41	36,27	33	38	5	
	LT2	35,16 ^a	2,87	35,19	30	40	10	
	HT3	34,44 ^{ab}	2,04	34,48	30	38	8	
	LT3	29,88 ^c	2,86	29,77	25	34	9	
	HT4	35,18 ^{abc}	2,40	35,58	31	39	8	
	LT4	25,42 ^{cd}	2,31	24,57	22	29	7	
	CN	33,82 ^b	3,62					
Total	32,69^B	4,48	33,71	22	40	17		
U200	CP	45,59 ^a	2,88					
	HT2	46,74 ^a	3,78	46,93	40	53	13	
	LT2	44,44 ^a	5,08	44,18	37	55	18	
	HT3	40,93 ^{ab}	4,99	39,71	35	52	17	
	LT3	38,17 ^{bc}	3,57	38,57	31	43	12	
	HT4	46,06 ^{ad}	4,04	47,02	39	52	14	
	LT4	26,60 ^e	4,53	25,14	21	34	13	
	CN	3,80 ^f	0,87					
Total	40,49^A	8,12	41,86	21	55	34		
VENEER	CP	30,68 ^a	1,87					
	HT2	31,50 ^a	3,15	31,00	24	37	13	
	LT2	29,50 ^a	2,71	29,71	24	34	9	
	HT3	30,45 ^a	2,54	29,39	27	36	9	
	LT3	24,33 ^b	2,96	24,70	18	28	10	
	HT4	27,26 ^{abc}	2,39	26,44	24	32	8	
	LT4	19,12 ^{cd}	2,28	18,47	16	23	6	
	Total	27,02^C	5,00	28,04	16	37	20	
C&B		12,1^D	0,57					

Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre as linhas, para cada cimento.

Letras maiúsculas diferentes indicam diferença entre os tipos de cimento.

Para o cimento RelyX ARC fotoativado sob cerâmicas de alta translucidez, não houve diferença entre as espessuras de 2, 3 ou 4mm, nem entre estas e o controle positivo fotoativado sem cerâmica ($p>0.7887$). A fotoativação através das cerâmicas HT2 resultou em maior KHN do cimento que através de LT3 ($p=0.000$). O cimento ARC fotoativado através das cerâmicas LT2 apresentou KHN estatisticamente semelhante ao fotoativado através das cerâmicas translúcidas independentemente da espessura destas ($p=0.1000$). Os valores de microdureza diminuíram significativamente de LT2 para LT3 ($p=0.0011$), sendo que a KHN do cimento ARC sob as cerâmicas LT3 e LT4 foram estatisticamente semelhantes ($p=0.4443$).

A KHN do cimento U200 fotoativado através das cerâmicas de 2mm LT2 e HT2 foi semelhante ($p=1.000$). U200 fotoativado através das cerâmicas HT3 apresentou menor KHN que através de HT2 ($p=0.0289$), mas não houve diferença quando fotoativado através de HT3 e HT4 ($p=0.0751$). Houve diferença estatisticamente significativa da KHN do U200 fotoativado através das cerâmicas LT3 e LT4 ($p=0.0012$). As cerâmicas HT4 interpostas levaram a valores de microdureza do U200 semelhantes a HT2 e LT2 ($p=1.000$).

Para o cimento fotoativado RelyX Veneer, KHN foi maior e estatisticamente semelhante quando fotoativado através das cerâmicas HT2, LT2 e HT3 ($p=1.000$). A fotoativação através da LT3 gerou valores de KHN do Veneer menores que HT2, LT2 e HT3 ($p<0.0030$) e semelhantes aos observados através de HT4 e LT4 ($p>0.2632$). Através de HT4, os valores de KHN do Veneer foram semelhantes aos alcançados através de LT2, HT3 e LT3 ($p>0.1371$) e maiores que LT4 ($p=0.0006$).

Comparado aos cimentos duais e ao fotoativado, os menores valores de KHN foram observados para o cimento quimicamente ativado C&B (12,1) e para o U200 controle negativo, sem fotoativação (3,8).

7 DISCUSSÃO

A hipótese nula de que a transmissão da luz através da cerâmica não é influenciada pela espessura, cor e translucidez da cerâmica ou pelo tipo de fonte de luz foi rejeitada. Quanto às fontes de luz avaliadas, os espectros de emissão de luz gerados para o LED e HAL identificaram para o LED um pico mais específico e para HAL uma faixa mais abrangente do espectro da luz azul visível. Ambos foram compatíveis com o espectro de absorção da canforoquinona, de 370 a 500nm com pico a 468nm (ASMUSSEN & PEUTZFELDT, 2002) fotoiniciador presente nos cimentos resinosos. O uso de um detector posicionado imediatamente após a cerâmica garantiu que nenhuma luz se perdesse ao longo da aferição, conferindo maior fidelidade das medidas de transmitância, uma vez que tem sido descrito que a potência inadequada da unidade de luz pode ter efeito adverso no desempenho clínico das restaurações cerâmicas cimentadas adesivamente (DIAS *et al.*, 2008; ILIE E HICKEL, 2008). O baixo coeficiente de variação observado tanto para HAL (3,5%) quanto para o LED (3,7%) nas aferições sem a interposição da cerâmica ao longo do presente estudo indicam que houve estabilidade da intensidade da luz emitida pelos dois aparelhos utilizados, mesmo sob uso contínuo, ao contrário do demonstrado por Dias *et al.* (2008) e Komori *et al.* (2008), que reportaram diminuição da energia luminosa com o tempo de uso do fotoativador. Tal achado pode ser explicado pelo fato de no presente estudo a utilização dos aparelhos foi feita de forma intercalada, de forma que todas as análises da cerâmica foram realizadas de forma consecutiva, além das análises sem cerâmica. Desta forma o uso das fontes de luz não foi contínuo, mas intermitente.

A homogeneidade de variância do resíduo observada para cor e translucidez confirmam a baixa variabilidade entre os blocos pré-fabricados utilizados no presente estudo, após o procedimento de cristalização das cerâmicas e.max CAD. Sugere-se que o alto padrão de homogeneidade do material cerâmico foi conferido por sua estrutura cristalina e forma de processamento, e responde pelo gradiente dose-resposta demonstrado, com transmissão de luz gradativamente menor para as cerâmicas mais escuras e menos translúcidas. Harianawala *et al.* (2014) atribuíram os maiores valores de transmitância para o dissilicato de lítio de alta translucidez

devido ao índice de refração dos cristais combinado ao da matriz vítrea. Segundo esses autores, a ausência de porosidades previne o espalhamento e melhora os valores de transmitância em uma estrutura cristalina bem organizada.

A partir das médias das observações com e sem a interposição da cerâmica, foi possível calcular a porcentagem de luz transmitida para cada corpo de prova. De forma geral, os valores de porcentagem de transmissão da luz através do e.max CAD neste estudo acompanharam o padrão observado por Wang *et al.* (2013) e Harianawala *et al.* (2015), e foram superiores aos relatados na literatura utilizando cerâmicas feldspáticas (BRODBELT *et al.*, 1980; PEIXOTO *et al.*, 2007) e e.max PRESS ou zircônia (BALDISSARA *et al.*, 2010). Graficamente observou-se um padrão de transmissão de luz exponencialmente maior para as cerâmicas de cores mais claras e de maior translucidez, assim como nas de menor espessura, corroborando os achados de Peixoto *et al.* (2007), Dias *et al.* (2008), Killinc *et al.* (2011) e Wang *et al.* (2013). Este padrão foi confirmado pelo coeficiente de absorção obtido a partir da equação de Lambert-Beer, demonstrando uma relação exponencial entre a transmissão de luz através da cerâmica avaliada e sua espessura, também observada por Peixoto *et al.* (2007) e Wang *et al.* (2013).

O aumento exponencial da transmissão da luz com a diminuição da espessura observados no presente estudo também foi relatado por Antonson e Anusavice (2001). Os valores de β_1 apresentados na Tabela 3 (p. 68) confirmam os achados da literatura de que a transmissão da luz através da cerâmica está mais associada com sua espessura do que com sua cor (MYERS *et al.*, 1994; PEIXOTO *et al.*, 2007; KILLINC *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2013; ÖZTÜRK *et al.*, 2015). Awad *et al.* (2015) afirmam que dobrar a espessura da cerâmica resulta em redução média da translucência em 14,59%, mas o efeito clínico desta relação linear ou exponencial ainda não estaria claro. Segundo esses autores, espessuras acima de 1,5mm seriam suficientes para garantir a estética da restauração cerâmica, independentemente do substrato, mas a fotoativação adequada deve ser garantida pelo aumento do tempo de exposição à luz dos cimentos fotoativados ou pela utilização de cimentos resinosos duais.

A análise dos Gráficos 2 e 3 (p. 68 e 69) demonstra que a transmissão da luz HAL foi mais efetiva que do LED, particularmente através das cerâmicas de 1mm e de

alta translucidez de 2mm, corroborando os achados de Dias *et al.* (2008). Entretanto, a presença da interação entre o tipo de fonte de luz e a translucidez da cerâmica na análise de regressão não permitiu a análise desses fatores separadamente. Desta forma, observou-se que a interação entre a fonte de luz HAL e a cerâmica de maior translucidez favoreceu a transmissão da luz. Esta interação estaria relacionada tanto com o comprimento de onda de cada fonte de luz quanto com a estrutura cristalina da cerâmica à base de dissilicato de lítio. O comprimento de onda do LED mais estreito e colimado origina um feixe de luz mais direcionado e centralizado, acompanhando o contorno da ponteira do aparelho, enquanto na HAL ocorre uma maior dispersão do feixe, favorecendo o espalhamento da luz por toda a cerâmica. Este comportamento ótico pode ser confirmado comparando-se as Figuras 7 – A e B (p. 59) e 11 – A e B (p. 62). Sugere-se que a forma de distribuição dos cristais pode ter favorecido o padrão de refração, dispersão e espalhamento da luz halógena, aumentando sua efetividade na transmissão total em relação ao LED.

Quanto ao coeficiente de absorção da cerâmica avaliada, apesar de ser uma constante teoricamente inerente ao material, houve diferença no comportamento da cerâmica, que absorveu menos luz quando exposta à HAL quando comparada ao LED, o que rejeita a hipótese nula secundária. O Gráfico 5 (p. 75) mostra coeficientes de absorção maiores para as cerâmicas de baixa translucidez e de cor mais escura, em conformidade com os achados de Kilinc *et al.* (2011), que também demonstraram coeficiente de absorção ligeiramente menor para a lâmpada halógena que para o LED. Tal achado confirma as observações de Brodbelt *et al.* (1980), que observaram o aumento na transmissão direta da luz através de cerâmicas vítreas em função do aumento do comprimento de onda de 400 para 700nm. A correlação entre o logaritmo Neperiano do coeficiente de absorção e a espessura das cerâmicas demonstra um comportamento linear entre as variáveis cor e translucidez, tanto para o LED quanto para a luz halógena, sugerindo que o coeficiente de absorção também é função do comprimento de onda médio de cada aparelho, como observado por Dias *et al.* (2008).

No presente estudo, a proposta de uma equação para a estimativa do valor da transmissão das fontes HAL e LED avaliadas considera os valores de β_1 obtidos na análise de regressão multivariada e as informações de conhecimento do clínico

sobre a restauração de e.max CAD solicitada por ele ao laboratório de prótese. Esta equação é válida para aparelhos de luz halógena com potência próxima de 900mW/cm² ou LED de 1300mW/cm². Desta forma, será possível estimar clinicamente a porcentagem de transmissão de luz através do e.max CAD a partir dos valores de β_1 da cor, translucidez e espessura da restauração cerâmica, indicados na Tabela 3 (p. 72) na equação dada:

$$P_{Te} = \text{Intercepto} + \beta_{1\text{Espessura}} \cdot \text{Espessura (mm)} + \beta_{1\text{Cor}} + \beta_{1\text{Fonte de luz/translucidez}} \quad (4)$$

Considerando-se clinicamente uma restauração com cerca de 1mm de espessura ($\beta_1 = 3,17$), na cor A1 ($\beta_1 = 0$) com alta translucidez utilizando-se HAL ($\beta_1 = 0$), tem-se:

$$P_{Te} = 19,48 - 3,17 \cdot 1(\text{mm}) + 0_{(\text{Cor})} + 0_{(\text{Fonte de luz/translucidez})} = 16,31\% \quad (5)$$

Logo, as maiores médias estimadas seriam de 16,31% de transmissão da luz. Entretanto, a equação não considera as diferenças no comprimento de onda de cada aparelho.

Considerando a absorbância dos cimentos resinosos, os Gráficos 6 A e B (p. 76) demonstram que os cimentos não polimerizados ARC e U200 absorvem a luz no comprimento do visível a partir de 400nm, enquanto o Veneer absorve a partir de 300nm, todos até acima de 700nm. Após a polimerização, somente o início da faixa de absorção do Veneer altera para 350nm. Estes dados demonstram que as fontes de luz HAL e LED utilizadas foram adequadas para a ativação destes cimentos.

As análises de grau de conversão e microdureza subseqüentes foram propostas de acordo com os achados reportados acima, considerando-se as cores A1 e A2 como estatisticamente semelhantes e as espessuras de 4 e 5mm sem diferença entre si. Com o propósito de sugerir um protocolo para a fotoativação de restaurações posteriores em CAD/CAM, optou-se pela análise das espessuras de 2, 3 e 4mm, visto ainda que a transmissão da luz para cerâmicas vítreas de até 1mm têm apresentado resultados favoráveis quanto às propriedades dos cimentos resinosos duais ou fotoativados (LEE E UM, 2001; SOARES *et al.*, 2006; WATANABE *et al.*, 2015). Öztürk *et al.* (2015) reportam que dureza superficial é um parâmetro frequentemente utilizado para avaliar a resistência à deformação plástica pela penetração e tem relação com a resistência do material. Entretanto, para Noronha

Filho *et al.* (2010) o GC seria uma medida mais representativa do comportamento do material do que a análise de dureza. Entretanto, Archegas *et al.* (2012), Calgaro *et al.* (2013) e Flury *et al.* (2014) encontraram correlação positiva entre microdureza e GC, o que não foi observado por Komori *et al.* (2010).

Considerando a análise de grau de conversão, Calgaro *et al.* (2013) afirmam que não há muita informação sobre a obtenção do espectro inicial dos materiais duais ainda não polimerizados, uma vez que sua polimerização inicia imediatamente após o início da mistura das pastas base e catalisadora. Como a maioria dos estudos reporta que este espectro inicial é obtido imediatamente após a mistura das pastas, avaliou-se outro protocolo, quando quantidades iguais em peso das pastas base e catalisadora foram analisadas separadamente e uma média dos dois espectros foi obtida. Apesar do início da reação que ocorreu durante a aquisição do espectro inicial, não houve diferença significativa entre os valores de GC nos dois protocolos. No presente estudo esta análise também foi feita num piloto, optando-se por seguir as orientações para a espectroscopia FT-Raman de Pianelli *et al.* (1999).

As restaurações cerâmicas deveriam ser cimentadas utilizando-se cimentos quimicamente ativados, que não dependem da luz para iniciar a reação de polimerização. Entretanto, estes cimentos apresentam como limitações maior tempo de presa, menor estabilidade de cor pela maior concentração de amins terciárias e estão mais associados com relatos de sensibilidade pós-operatória. No presente estudo o C&B apresentou alto grau de conversão (56.39%), porém os valores de microdureza foram os mais baixos (12.1). Idealmente, o cimento deve ter um módulo de elasticidade intermediário entre o material restaurador e o substrato dentário, sendo que baixos valores de microdureza são associados a uma diminuição da integridade da interface adesiva (BRAGA *et al.*, 2002). Além disso, considerando que a reação química entre as pastas base e catalisadora quimicamente ativadas ocorre a taxas menores que a porção fotoativada do cimento, é provável que os radicais livres formados pelos componentes químicos fiquem aprisionados na rede polimérica e não possam contribuir para um aumento do GC global e da microdureza (KOMORI *et al.*, 2004). Desta forma, os cimentos duais são a primeira escolha para a cimentação de restaurações mais espessas por apresentarem componentes de ativação química (MENDES *et al.*, 2010), pois a associação com a luz garante

valores de dureza clinicamente aceitáveis (SOARES *et al.*, 2006; FLURY *et al.*, 2014), além de maiores valores de grau de conversão (FLURY *et al.*, 2013). Entretanto, a irradiação dos cimentos resinosos através das cerâmicas diminui a intensidade de luz com o aumento da espessura e da opacidade do material cerâmico (JUNG *et al.*, 2006; KILINC *et al.*, 2011; FLURY *et al.*, 2013), assim como foi observado no presente estudo. A microdureza pareceu ser mais dependente da energia incidente que o grau de conversão, como também observado por Mendes *et al.* (2010). Segundo Öztürk *et al.* (2015), examinadas individualmente, tanto a cor do cimento quanto da cerâmica influenciaram as propriedades micromecânicas dos cimentos resinosos, sugerindo que materiais mais claros transmitem mais luz que os mais escuros.

As restaurações cerâmicas, particularmente as confeccionadas no sistema CAD/CAM, cujos preparos não podem apresentar retenções friccionais, são preferencialmente cimentadas de forma adesiva. Entretanto, o próprio material cerâmico interposto entre a fonte de luz e o cimento resinoso atenua a intensidade da luz, o que pode influenciar negativamente a polimerização do cimento resinoso dual ou fotoativado (ARCHEGAS *et al.*, 2012; WATANABE *et al.*, 2015). Para os cimentos duais, tem sido reportada redução significativa das propriedades mecânicas e/ou da qualidade de polimerização do cimento fotoativado através de cerâmicas vítreas reforçadas por dissilicato de lítio a partir de espessuras de 2mm (ILIE E HICKEL, 2008; NORONHA FILHO *et al.*, 2010; CALGARO *et al.*, 2013) ou 3mm (KILINC *et al.*, 2011; FLURY *et al.*, 2013 e FLURY *et al.*, 2014). Mendes *et al.* (2010) relataram que a interposição de uma cerâmica vítrea de dissilicato de lítio na cor A2 de 2mm não afetou o GC, mas diminuiu a microdureza dos cimentos avaliados. Os valores de transmissão da luz no presente estudo foram menores que 10% através das cerâmicas de baixa translucidez de 2mm e a partir da espessura de 2,9mm, tanto para HAL quanto para LED. A partir de 3,8mm de espessura foram registrados valores de 5% de transmissão de luz para as cerâmicas de alta translucidez e se aproximaram de zero para as cerâmicas de baixa translucidez. Entretanto, apesar da redução exponencial da intensidade da luz através da cerâmica, a redução dos valores de GC e KHN dos cimentos duais e do fotoativado através das mesmas cerâmicas não foi tão acentuada, em consonância com o estudo de Flury *et al.* (2013). Uma das hipóteses seria que devido à estrutura

crystalina conferida pelo dissilicato de lítio, a translucidez teve um impacto maior que a espessura nos resultados de grau de conversão e microdureza observados.

No presente estudo, como a intensidade de luz do LED era maior e o tempo de fotoativação dos cimentos resinosos foi fixado em 30 segundos, a densidade de energia do LED foi 30% maior que da HAL. Entretanto, apesar da menor densidade de energia emitida pela HAL, não houve diferença significativa entre as fontes de luz nem para os valores de grau de conversão nem para a microdureza Knoop, o que aceita parcialmente a hipótese nula primária. Segundo Piva *et al.* (2008), além da dose de energia, a eficiência da irradiação foi dependente do tipo de fonte de luz, o que parece ser comprovado no presente estudo, visto que os valores de β_1 associados à luz halógena foram mais favoráveis à transmissão da luz que os valores do LED. Flury *et al.* (2013) reportaram que o aumento da irradiância não necessariamente leva a maiores valores de GC, e que a fotoativação diretamente sobre a tira de poliéster, sem cerâmica interposta, também não garante GC mais alto, o que também foi observado no presente estudo. De maneira similar, as porcentagens de GC do ARC encontradas por Souza-Junior *et al.* (2011) não variaram quando a fotoativação foi feita por HAL ou AP (24J/cm²) ou LED (40J/cm²), entre 58 e 68%. Avaliando microdureza e módulo de endentação, Flury *et al.* (2014) afirmam que a densidade de energia também não influenciou a fotoativação do cimento através de cerâmicas de até 1,5mm mas sugerem o aumento do tempo de exposição para cerâmicas mais espessas. Quanto ao tipo de fonte de luz e a variação na densidade de energia durante a fotoativação, tanto o presente estudo quanto alguns dos autores consultados demonstram que não houve influência destes fatores sobre a microdureza ou o grau de conversão, tanto para o cimento fotoativado quanto para o dual (ILIE E HICKEL, 2008; KOMORI *et al.*, 2010; BUENO *et al.*, 2011), apesar de Watanabe *et al.* (2015) e Piva *et al.* (2008) terem demonstrado relação positiva entre a densidade de energia e a microdureza de um cimento dual e Ozyesil *et al.* (2004) reportarem maiores valores de GC associados à HAL de alta potência. Rasetto *et al.* (2004) afirmaram que a intensidade da luz transmitida através de laminados cerâmicos foi ditada pela unidade de polimerização, pelo tipo e principalmente pela espessura da cerâmica.

Os cimentos fotoativados são indicados para a cimentação de laminados cerâmicos de até 1mm de espessura (RASETO *et al.*, 2004). No presente estudo, a escolha desse cimento teve como propósito avaliar GC e KHN de um cimento de referência que fosse um marcador para a diminuição da transmissão da luz através das cerâmicas, identificada na primeira fase do estudo. Entretanto, apesar dos menores valores de KHN deste cimento em relação aos cimentos duais e destes valores diminuir com o aumento da espessura e diminuição da translucidez da cerâmica, não houve influência da cor da cerâmica. Além disso, o efeito destes mesmos fatores sobre o GC foi muito menor neste cimento que nos duais, e os valores de GC muito mais altos que os esperados, semelhantes aos do cimento quimicamente ativado. Estes achados para o RelyX Veneer também foram observados por Archegas *et al.* (2012) e Calgaro *et al.* (2013). Calgaro *et al.* (2013) encontraram 60% de GC dos cimentos resinosos fotativados através do e.max, semelhante ao GC através da cerâmica feldspática, e KHN do cimento fotoativado menor (22,0) que do dual (25,6), sendo maior quando fotoativado sob cerâmicas de 1,5mm em relação às de 2mm. Além disso, Öztürk *et al.* (2015) relataram que cimentos de cores mais claras apresentaram melhores propriedades micromecânicas, e o Veneer foi utilizado na cor translúcida. Pode-se sugerir ainda que este cimento apresente maior quantidade de fotoiniciadores que os duais avaliados e desta forma seja mais sensível à luz. Brandt *et al.* (2015) demonstraram que o espectro de absorção da canforquinona varia entre 400 a 500nm, com pico de absorção em 470nm, e o do 1-phenyl-1,2-propanediona (PPD) tem início na região do ultravioleta até 480nm, com pico em 398nm. Ambos seriam compatíveis com a faixa de absorção do RelyX Veneer, entretanto o fabricante não informa nem o tipo nem a concentração de fotoiniciador utilizados nos cimentos avaliados. Ainda que a intensidade tenha sido atenuada pela presença da cerâmica, a luz transmitida foi suficiente para iniciar a reação de polimerização do RelyX Veneer e garantir altos valores de GC, ao contrário do que se esperava inicialmente. Como os valores de microdureza foram baixos, pode ser que esta irradiação não tenha sido suficiente para garantir a formação das ligações cruzadas que ocorrem numa fase mais tardia da polimerização e respondem, em parte, pelo aumento das propriedades mecânicas do cimento resinoso. Existe ainda a influência do tipo e conteúdo de carga de cada cimento avaliado, que podem alterar as propriedades mecânicas finais sem interferir no grau de conversão do cimento resinoso (Öztürk *et al.*, 2015). Considerando a

metodologia do GC, a aquisição de cada espectro demorou 58 segundos, tempo suficiente para uma reação inicial nos cimentos duais ARC e U200. Nessa condição, o espectro de base não polimerizado já apresentaria uma ligeira redução do pico a 1638cm^{-1} . Como o cálculo do GC considera a proporção entre os picos de referência, tal achado pode explicar, em parte, os maiores resultados de grau de conversão do RelyX Veneer em relação aos valores observados para os cimentos duais. O espectro inicial do Veneer pode ser obtido sem esta interferência, uma vez que este cimento é apresentado em pasta única e sua reação só se inicia sob exposição à luz do fotoativador. Desta forma, o registro da discrepância entre os picos a 1608 e 1638 cm^{-1} pode ter sido mais preciso para o cimento fotoativado do que para os duais. Além disso, optou-se por utilizar o cimento Veneer translúcido para que a cor deste cimento não interferisse nos resultados de GC, que se esperava serem muito menores. Esta diferença na cor pode ter favorecido o GC para este cimento, como demonstrado por Öztürk *et al.* (2015), mas a ausência de dados sobre o tipo de fotoiniciador presente em cada cimento e o fato de não ter sido realizada nenhuma comparação entre cores diferentes para cada cimento limita esta análise.

Observou-se ainda que para o cimento ARC a translucidez da cerâmica foi determinante para os maiores valores de KHN e houve interação entre translucidez e espessura da cerâmica. A menor translucidez da cerâmica diminuiu os valores de KHN do ARC a partir de 3mm e para o GC a partir de 4mm nas cores A3 e A3.5. Soares *et al.* (2006) avaliaram apenas o ARC e observaram que a microdureza através da cerâmica foi dependente da interação entre espessura e cor da cerâmica. Até 2mm, a microdureza foi semelhante e independente da cor. Através da cerâmica feldspática de 4mm houve diminuição da microdureza, especialmente para as cores A3.5 e A4. Ainda para este cimento, Bueno *et al.* (2011) concluíram que o aumento da exposição à luz não compensou a atenuação promovida pela cerâmica. Embora tenha ocorrido aumento da dureza com o aumento do tempo de exposição à luz, a fotoativação através da cerâmica IPS Empress 2 não alcançou os valores observados sob exposição direta à luz. Os valores de KHN para o cimento ARC (45) encontrados por Braga *et al.* (2002) sob barreira de 2mm foram semelhantes aos do presente estudo. Resultados semelhantes foram apresentados por Kumbuloglu *et al.* (2004) para o ARC, GC (81% e 61%), que também encontraram maiores valores de

microdureza para o Unicem (44) associado a menores valores de GC (56% e 26%). Estes autores reportaram ainda que cimentos resinosos com composição química semelhante apresentaram propriedades mecânicas diferentes, e o método de polimerização influenciou o grau de conversão dos monômeros. Kuguimiya *et al.* (2015) observaram maiores valores de nanodureza para o ARC que para o U200 quando fotoativados sob restaurações de e.max PRESS A2 de 2mm. Flury *et al.* (2013) ainda consideram que o Unicem 2 (similar ao U200) é altamente sensível ao modo de ativação. Caughman *et al.* (2001) observaram que mesmo cimentos duais fotoativados sob 3mm de cerâmica apresentaram conversão entre 70 e 75%, mais elevados que no presente estudo.

Archeegas *et al.* (2012) observaram que GC, microdureza e módulo de elasticidade de todos os cimentos resinosos avaliados foram maiores através da cerâmica translúcida que da opaca. Os materiais fotoativados por 120 segundos apresentaram propriedades mecânicas superiores aos polimerizados por 40 segundos, sendo que o cimento dual apresentou melhor desempenho que os materiais fotoativados, em conformidade com os achados de Jung *et al.* (2006), Flury *et al.* (2013) e Flury *et al.* (2014). Os materiais avaliados foram produzidos pelo mesmo fabricante e apresentam tipo e quantidade de partículas semelhantes. No presente estudo, apesar dos cimentos resinosos serem produzidos pelo mesmo fabricante, as semelhanças se mantêm apenas entre ARC e Veneer, pois o cimento autoadesivo U200 apresenta tanto a composição quanto a reação química mais complexas.

Quanto ao cimento resinoso fotoativado diretamente sobre a tira de poliéster, sem a interposição da cerâmica, para todos os cimentos os valores médios de KHN foram independentes da fonte de luz e foram maiores para o U200, seguido do ARC e do cimento fotoativado Veneer, com menores valores para o C&B. Já o GC, também independentemente da fonte de luz, foi maior para Veneer e C&B seguido de ARC e U200 sob fotativação direta e ARC sob cerâmicas de 2mm. Os cimentos U200 e Veneer sob fotativação direta apresentaram média de KHN semelhante aos respectivos cimentos fotoativados sob as cerâmicas de alta translucidez de todas as espessuras e de baixa translucidez de 2mm. Já KHN média do ARC sob fotativação direta foi maior que fotoativado sob as cerâmicas. Por outro lado, o grupo controle negativo dos cimentos duais, sem fotativação, apresentaram os

menores valores de KHN e de GC. O cimento autoadesivo RelyX U200 apresentou baixos valores de GC, além da microdureza muito inferior no modo não fotoativado, o que também foi observado por Giraldez *et al.* (2011), que relataram que os cimentos resinosos autoadesivos têm sido largamente utilizados pela fácil aplicação e alguns fabricantes sugerem sua utilização apenas no modo auto polimerizável. Entretanto, além da sua complexidade química, pouca informação está disponível sobre a efetividade de seus componentes químicos ou duais. Kuguimiya *et al.* (2015) afirmam que os cimentos duais requerem a fotoativação através da restauração para atingir maiores valores de dureza. Nas áreas onde a polimerização é inadequada não se espera que as melhores propriedades fisicoquímicas dos cimentos sejam alcançadas.

O cimento ARC não fotoativado apresentou KHN média similar ao fotoativado através da cerâmica de baixa translucidez de 3mm (29,2) e maior do que quando fotoativado sob a cerâmica de baixa translucidez de 4mm (25,4). O C&B apresentou os menores valores de KHN (12,3). Braga *et al.* (2002) encontraram KHN similares para o C&B e o ARC não fotoativado e mais elevados para o ARC no modo dual. No presente estudo, o cimento U200 não fotoativado apresentou KHN muito inferior a todos os outros valores encontrados (3,4) e cerca de 7 vezes menor que as este mesmo cimento fotoativado sob cerâmicas de baixa translucidez de 4mm (26,6). Este achado reforça a importância da fotoativação através da restauração cerâmica, ainda que de maior espessura. Considerando o grau de conversão para os cimentos não fotoativados, o C&B apresentou os maiores valores (56,4%). U200 apresentou GC menor que o ARC (24,45% e 33,82%, respectivamente). Além disso, o GC do cimento fotoativado Veneer foi similar ao do C&B, 56,8%, mas da mesma forma que o cimento quimicamente ativado, o Veneer apresentou valores de microdureza mais baixos. A diferença de GC entre os cimentos foi menos acentuada que da microdureza, sugerindo que outros fatores, além do grau de conversão, são responsáveis pela resistência mecânica dos cimentos resinosos estudados. Considerando-se que no presente estudo a cor da cerâmica não influenciou a microdureza dos cimentos avaliados, pode-se inferir que para o matiz escolhido (A) não houve influência da saturação da cerâmica, apenas de sua translucidez.

Como limitações deste estudo, é preciso considerar a dificuldade da obtenção do espectro de base, não polimerizado, para cada tipo de cimento avaliado. O cimento resinoso fotoativado Veneer foi o único apresentado em pasta única, sendo o de aquisição mais previsível. Os demais cimentos estudados apresentavam pasta base e catalisadora e a obtenção do espectro de base se deu imediatamente após a manipulação das pastas. Entretanto, o tempo de aquisição do espectro foi de 58 segundos, o que pode ter influenciado os valores finais de GC para o ARC, U200 e C&B. Salienta-se ainda que não houve avaliação quanto à variação da densidade de energia no presente estudo, pois utilizou-se apenas um tempo fixo de fotoativação de 30 segundos para as duas fontes de luz estudadas.

Apesar de o presente estudo ter considerado muito efeitos em relação aos fatores estudados, ainda falta esclarecer se existe efeito de outras cores e níveis de opacidades da cerâmica avaliada sobre o grau de conversão e a microdureza, cuja escolha é determinada pelo padrão de cor dos dentes naturais de cada paciente e do substrato a ser restaurado. Além disso, é necessário avaliar o comportamento dos cimentos ao longo do tempo em condições experimentais de envelhecimento, como armazenamento em saliva artificial ou termociclagem, incluindo análises de sorção de água, associada ao estudo da resistência de união à estrutura dentária.

A partir dos resultados do presente estudo, é possível sugerir como critérios clínicos para se alcançar maiores valores de microdureza Knoop e grau de conversão com a cimentação de cerâmicas à base de dissilicato de lítio acima de 2mm de espessura os seguinte pontos:

- 1- Dentre os cimentos avaliados, os dois devem ser preferidos aos fotoativados ou aos quimicamente ativados, pois apresentaram tanto valores de grau de conversão quanto de microdureza satisfatórios, desde que adequadamente fotoativados.
- 2- Para cerâmicas de translucidez alta com até 3mm de espessura de cor A3 ou mais clara, tanto o cimento RelyX ARC quanto o RelyX U200 podem ser utilizados, sob fotoativação com LED ($40\text{J}/\text{cm}^2$) ou HAL ($28\text{J}/\text{cm}^2$) para cada face da restauração.
- 3- Para cerâmicas translúcidas de cores mais escuras que A3 e espessura acima de 4mm ou de baixa translucidez acima de 3mm de espessura, a

densidade de energia deveria ser aumentada, o que pode ser conseguido aumentando o tempo de exposição à luz em cada face fotoativada. A densidade de energia considera a potência do fotoativador (medida por radiômetro em mW/cm^2) e o tempo de fotoativação em segundos, e é calculada da seguinte forma: $\text{Potência} \times \text{Tempo} / 1000$ (J/cm^2).

8 CONCLUSÃO

Considerando as limitações deste estudo laboratorial, pode-se concluir que:

O espectro das fontes de luz halógena e LED confirmou a emissão no comprimento de onda da luz visível entre 400 e 500nm e foi compatível com o espectro de absorção dos cimentos avaliados.

Tanto o aparelho de luz halógena quanto o LED apresentaram estabilidade ao longo dos experimentos e foram efetivos em transmitir a luz através da cerâmica e.max CAD. Houve diferença no coeficiente de absorção da cerâmica e.max CAD, que foi menor para a luz halógena comparada ao LED.

A interação entre a fonte de luz halógena e cerâmicas de alta translucidez foi mais significativa na transmissão da luz. Houve diminuição da transmissão da luz com o aumento da espessura da cerâmica tanto para a luz halógena quanto para o LED. As cores A1 e A2 permitiram maior transmissão de luz que A3 e A3.5.

Apesar da densidade de energia emitida pela lâmpada halógena ter sido 30% menor, as fontes de luz não influenciaram os valores de grau de conversão nem de microdureza Knoop.

Houve efeito da cor, translucidez e espessura da cerâmica sobre o grau de conversão dos cimentos resinosos RelyX ARC, U200 e Veneer. Os maiores valores de grau de conversão foram observados para o cimento quimicamente ativado C&B e para o fotoativado RelyX Veneer, seguidos dos cimentos duais ARC e do U200. Os cimentos U200 e ARC não fotoativados apresentaram os menores valores de grau de conversão.

A microdureza dos cimentos avaliados teve maior influência da translucidez da cerâmica, seguida pela espessura. Nem a cor da cerâmica nem o tipo de fonte de luz influenciaram os valores de microdureza. Os cimentos U200 e ARC apresentaram os maiores valores, seguidos pelo Veneer e ARC não fotoativado. Os menores valores de microdureza foram observados para C&B e U200 não fotoativado.

REFERÊNCIAS

1. Antonson AS, Anusavice JK. Contrast ratio of veneering and core ceramics as a function of thickness. *Int J Prosthodont.* 2001;14:316-20.
2. Archegas LRP, 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;37:281-9.
3. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of composition on rate of polymerization contraction of light-curing resin composites. *Acta Odontol Scand.* 2002;60:146-50.
4. Awad D, Stawarczyk B, Liebermann A, Ilie N. Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. *J Prosthet Dent.* 2015;113:534-540.
5. Baladhandayutham B, Lawson NC, Burgess JO. Fracture load of ceramic restoration after fatigue loading. *J Prosthet Dent.* 2015;114:266-71.
6. Baldissara P, Llukacej A, Ciocca L, Valandro FL, Scotti R. Translucency of zirconia copings made with different cad/cam systems. *J Prosthet Dent.* 2010;104:6-12.
7. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehab.* 2002;29:257-62.
8. Brandt WC, Schneider LFJ, Frollini E, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MAC. Effect of different photo-initiators and light curing units on degree of conversion of composites. *Braz Oral Res.* 2010;24:263-70.
9. Brodbelt RHW, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains. *J Dent Res.* 1980;59:70-5.

10. Brodbelt RHW, O'Brien WJ, Fan PL, Frazer-Dib JG, Yu R. Translucency of human dental enamel. *J Dent Res.* 1981;60:1749-53.
11. Bueno ALN, Arrais CAG, Tedesco Jorge AC, Reis AF, Amaral CM. Light-activation through indirect ceramic restorations: does the overexposure compensate for the attenuation in light intensity during resin cement polymerization? *J Appl Oral Sci.* 2011;19:22-7.
12. Calgaro PAM, 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; 27:403-9.
13. Caughman WF, Chan DCN, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. *J Prosthet Dent.* 2001;86:101-6.
14. Corciolani G, Vichi A, Louca C, Ferrari M. Color match of two different ceramic systems to selected shades of one shade guide. *J Prosthet Dent.* 2011;105:171-6.
15. Della Bona A, Kelly JR. The clinical success of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc.* 2008;139:8S–13S.
16. Della Bona A. *Adesão às cerâmicas: evidências científicas para o uso clínico.* São Paulo. Ed. Artes Médicas. 2009.
17. Della Bona A, Nogueira AD, Pecho OE. Optical properties of CAD–CAM ceramic systems. *J Dent.* 2014;42:1202-9.
18. Dias MC, Piva E, Moraes RR, Ambrosano GMB, Sinhoretí MAC, Correr-Sobrinho L. UV-Vis spectrophotometric analysis and light irradiance through hot-pressed and hot-pressed-veneered glass ceramics. *Braz Dent J.* 2008;19:197-203.
19. 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 Invest.* 2013;17:2127-37.
20. Flury S, Lussi A, Hickel R, Ilie N. Light curing through glass ceramics: effect of curing mode on micromechanical properties of dual-curing resin cements. *Clin Oral Invest.* 2014;18:809-18.
21. Giannetopoulos S, Van Noort R, Tsitrou E. Evaluation of the marginal integrity of ceramic copings with different marginal angles using two different CAD/CAM systems. *J Dent.* 2010;38:980-6.
22. Giraldez I, Ceballos L, Garrido MA, Rodriguez J. Early Hardness of Self-Adhesive Resin Cements Cured under Indirect Resin Composite Restorations. *J Esthet Rest Dent.* 2011;23:116-24.
23. Gonzaga CC, Cesar PF, Miranda WG Jr, Yoshimura HN. Slow crack growth and reliability of dental ceramics. *Dent Mater.* 2011;27:394-406.
24. Harianawala HH, Kheur MG, Apte SK, Kale BB, Sethi TS, Kheur SM. Comparative analysis of transmittance for different types of commercially available zirconia and lithium disilicate materials. *J Adv Prosthodont.* 2014;6:456-61.
25. Ilie N, Hickel R. Correlation between ceramics translucency and polymerization efficiency through ceramics. *Dent Mater.* 2008;24:908-14.
26. 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.
27. 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;36:661-9.

28. Komori PCP, Paula AB, Martin AA, Tango RN, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. Effect of light energy density on conversion degree and hardness of dual-cured resin cement. *Oper Dent.* 2010;35:120-4.
29. Kuguimiya RN, Rode KM, Carneiro PMA, Aranha ACC, Turbino ML. Influence of curing units and indirect restorative materials on the hardness of two dual-curing resin cements evaluated by the nanoindentation test. *J Adhes Dent.* 2015;17:243-8.
30. 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;17:357-63.
31. Lee IB, Um CM. Thermal analysis on the cure speed of dual cured resin cements under porcelain inlays. *J Oral Rehab.* 2001;28:186-97.
32. Lin WS, Ercoli C, Feng C, Morton D. The effect of core material, veneering porcelain, and fabrication technique on the biaxial flexural strength and weibull analysis of selected dental ceramics. *J Prosthodont.* 2012;21:353-62.
33. Magne P, Paranhos MPG, Schlichting LH. Influence of material selection on the risk of inlay fracture during pre-cementation functional occlusal tapping. *Dent Mater.* 2011;27:109-13.
34. Mendes LC, Matos IC, Miranda MS, Benzi MR. Dual-Curing, self-adhesive resin cement: influence of the polymerization modes on the degree of conversion and microhardness. *Mater Res.* 2010;3:171-6.
35. Myers ML, Caughman WF, Rueggeberg FA. Effect of restoration composition, shade, and thickness on the cure of a photoactivated resin cement. *J Prosthodont.* 1994;3:149-157.
36. Noronha Filho JD, Brandao NL, Poskus L T, Antunes Guimaraes JG, Da Silva EM. A critical analysis of the degree of conversion of resin-based luting cements. *J Appl Oral Sci.* 2010;18:442-6.

37. Ozturk N, Usumez A, Usumez S, Ozturk B. Degree of conversion and surface hardness of resin cement cured with different curing units. *Quint Inter.* 2005;36:771-7.
38. Öztürk E, Bolay S, Hickel R, Ilie N. Effects of ceramic shade and thickness on the micro-mechanical properties of a light-cured resin cement in different shades. *Ac Odont Scand, Early Online.* 2015;73:503-7.
39. Ozyesil AG, Usumez A, Gunduz B. The efficiency of different light sources to polymerize composite beneath a simulated ceramic restoration. *J Prosthet Dent.* 2004;91:151-7.
40. Peixoto RTC, Paulinelli VMF, Sander HH, Lanza MD, Cury LA, Poletto LTA. Light transmission through porcelain. *Dent Mater.* 2007;23:1363-8.
41. Pianelli C, Devaux J, Bebelma S, Leloup G. The micro-Raman spectroscopy, a useful tool to determine the degree of conversion of light-activated composite resins. *J Biomed Mater Res.* 1999;48:675-81.
42. Piva E, Correr-Sobrinho L, Coelho Sinhoreti M A, Consani S, Demarco FF, Powers JM. Influence of energy density of different light sources on Knoop hardness of a dual-cured resin cement. *J Appl Oral Sci.* 2008;16:189-93.
43. 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;91:441-6.
44. Rueggeberg F. Contemporary issues in photocuring. *Compend Contin Educ Dent Suppl.* 1999;25:S4-S1.
45. Schoemaker DP, Garland CW, Nibler JW. *Experiments in Physical Chemistry*, McGraw-Hill Book, New York, 5a. edição, 1989.

46. Silva NR, Thompson VP, Valverde GB, Coelho PG, Powers JM, Farah JW, Esquivel-Upshaw J. Comparative reliability analyses of zirconium oxide and lithium disilicate restorations in vitro and in vivo. *J Am Dent Assoc.* 2011;142 Suppl 2:4S-9S.
47. Soares CJ, Silva NR, Fonseca RB. Influence of the feldspathic ceramic thickness and shade on the microhardness of dual resin cement. *Oper Dent.* 2006;31:384-9.
48. Souza-Junior EJ, Prieto LT, Soares GP, Dias CTS, Aguiar FHB, Paulillo LAMS. The effect of curing light and chemical catalyst on the degree of conversion of two dual cured resin luting cements. *Lasers Med Sci.* 2012;27:145-51.
49. Ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res.* 1995;74:374-80.
50. Vichi A, Louca C, Corciolani G, Ferrari M. Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. *Dent Mater.* 2011;27:97-108.
51. Wang F, Takahashi H, Iwasaki N. Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *J Prosthet Dent.* 2013;110:14-20.
52. Watanabe H, Re Kazama, Asai T, Kanaya F, Ishizaki H, Fukushima M, Okiji T. Efficiency of the dual-cured resin cement polymerization induced by high-intensity led curing units through ceramic material. *Oper Dent.* 2015;40:153-62.
53. Watts DC, Cash AJ. Analysis of optical transmission by 400-500 nm visible light into aesthetic dental biomaterials. *J Dent.* 1994;22:112-7.
54. Yoshimura HN, Pinto MM, Lima E, Cesar PF. Optical properties of dental bioceramics evaluated by Kubelka-munk model. *Mater Sci Technol.* 2012;Oct:7-11.

55. Zijp JR, Ten Bosch JJ, Groenhuis RAJ. HeNe-laser light scattering by human dental enamel. *J Dent Res.* 1995;74:1891-8.

PRODUÇÃO INTELECTUAL DESENVOLVIDA DURANTE O CURSO

Artigo aceito para publicação no periódico Brazilian Dental Journal

LED and halogen light transmission through a CAD/CAM lithium disilicate glass-ceramic

Running title: Light transmission through a CAD/CAM glass-ceramic

PEREIRA C. N. B., MAGALHAES C. S., DALEPRANE B., PEIXOTO R. T. R. C., FERREIRA R. C., CURY L. A., MOREIRA A. N.

SUMMARY

The effect of thickness, shade and translucency of CAD/CAM lithium disilicate glass-ceramic on light transmission of light-emitting diode (LED) and quartz-tungsten-halogen units (QTH) were evaluated. Ceramic IPS e.max CAD shades A1, A2, A3, A3.5, translucency high (HT) and low (LT) were cut (1, 2, 3, 4, 5 mm). Light sources emission spectra were determined. Light intensity incident and transmitted through each ceramic sample was measured to determine light transmission percentage (TP). Statistical analysis used a linear regression model. There was significant interaction between light source and ceramic translucency ($p = 0.008$) and strong negative correlation ($R = -0.845$, $p < 0.001$) between ceramic thickness and TP. Increasing one unit thickness led to 3.17 reduction in TP. There was no significant difference in TP ($p = 0.124$) between shades A1 ($\beta_1 = 0$) and A2 ($\beta_1 = -0.45$) but significant reduction occurred for A3 ($\beta_1 = -0.83$) and A3.5 ($\beta_1 = -2.18$). The interaction QTH/HT provided higher TP ($\beta_1 = 0$) than LED/HT ($\beta_1 = -2.92$), QTH/LT ($\beta_1 = -3.75$), and LED/LT ($\beta_1 = -5.58$). Light transmission was more effective using halogen source and high-translucency ceramics, decreased as the ceramic thickness increased, and was higher for light shades, A1 and A2. From the regression model ($R^2 = 0.85$), an equation was obtained to estimate TP value using each variable β_1 founded. It was found a maximum TP of 25% for QTH and 20% for LED, suggesting that ceramic light attenuation could compromise light cured and dual cured resin cements polymerization.

Keywords: halogen dental curing lights, LED dental curing lights, lithium disilicate, dental porcelain, glass ceramics

INTRODUCTION

Dentistry is going through the polymer and ceramic age. Metal-free ceramic restorations present excellent aesthetics, biocompatibility, long-term stability, and ability to mimic the tooth shade (1,2). Nowadays, there is an extensive variety of systems available for the preparation of ceramic restorations using CAD/CAM technology (2-4). Lithium disilicate glass-ceramics have been proposed as an option for partial and all-ceramic restorations (4,5). Their good mechanical resistance (6), acid sensitivity (4), and translucency (2,7) allow the construction of esthetics and adhesively cemented crowns (6), inlays, onlays and veneer restorations (4,5).

The adequate polymerization of resin cement improves clinical performance of the ceramic restoration. This polymerization can be influenced by several factors, such as ceramic translucency (1,8), type and thickness (1,9,10), and the light curing unit (LCU) (11,12). Until recently, conventional quartz-tungsten-halogen (QTH) light curing units were the most commonly used light source for inducing polymerization in resin based dental materials (13). However, its use has been decreased due their inherent drawbacks. Halogen bulbs have a limited effective lifetime of around 50 hours. The bulb, reflector and filter degrade over time due to the high temperatures produced, leading to a reduction in light output. The result is a reduction of the light cure unit's effectiveness to cure dental composites (14). In the last few years light-emitting diodes (LED) are also available. LEDs have lifetimes of over 10,000 hours and undergo little degradation of light output over this time, a distinct advantage when compared with halogen bulbs. In addition, LEDs require no filters to produce blue light. LEDs are very resistant to shock and vibration and their relatively low power consumption make them suitable for portable use. The spectral output of these blue LEDs falls mainly within the absorption spectrum of the camphorquinone (400 nm – 500 nm), photoinitiator of most dental composites. Although these systems present greater energy efficiency, QTH light transmission through ceramics have been showing similar results than LED and some clinicians still use QTH to light cure resin cement during ceramic restorations cementation (12,15,16) because they still have success in their clinical practice.

The influence of the type of LCUs to polymerize dual-cured resin cement through ceramic restorations has not been fully investigated and the clinicians are not sufficiently clarified whether they should keep the use of its QTH or whether they should exchange for LED source. The clinical significance of this topic is that the resin cement under ceramic restorations should receive enough light intensity to achieve proper polymerization and optimal properties. The objective of this study was to evaluate the effect of the thickness, shade, and translucency of a CAD/CAM lithium disilicate glass-ceramic on the percentage of light transmission from both quartz-tungsten-halogen lamp (QTH) and light-emitting diode (LED) curing sources. The null hypothesis is that the percentage of light transmission through the ceramic is not influenced by ceramic thickness, translucency, shade, or type of light source .

MATERIAL AND METHODS

Forty ceramic blocks (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), distributed according to translucency and shade (Table 1), were sectioned into approximately 1-, 2-, 3-, 4-, and 5-mm-thick samples ($n = 5$ at each thickness) using a diamond saw (Isomet 1000, Buehler, Illinois, USA). The specimens with 1 to 4mm vary up to 0.3mm and 5mm specimens vary up to 0.6mm and were not polished as they had smooth and regular surfaces after cutting. The thickness of each specimen was measured with a digital caliper and several points were plotted in thickness x light transmission curve. The greater the number of plotted points, greater the reliability of the absorption coefficient calculation. Each sample was then crystallized in a ceramic oven (EDG Titan 2000 Platinum, Equipamentos e Controles Ltd., SP, Brazil) at temperatures ranging from 403 to 850°C, according to manufacturer's specifications. During the crystallization process, two samples were lost: a 2-mm-thick LTA2 and a 3-mm-thick LTA3.

Analyses of QTH and LED emission spectra were performed using a spectrometer (USB 2000 Ocean Optics Inc., Dunedin, FL, USA), which measured the relative intensity of diffracted light (SpectraSuite software, Ocean Optics, Dunedin, FL, USA) with a linear array detector with 0.35-nm resolution over a wavelength range from 340 to 1100 nm. The spectra were obtained at an elapsed time of zero and after ten consecutive activations to simulate a continuous use and heating conditions and any associated decrease in intensity of light emitted.

The emitted baseline intensity of each curing light unit and the light intensity transmitted through each ceramic sample were recorded using a digital power meter (Newport Optical Power Meter, Model 835, Évry Cedex, France). Each sample was placed directly over the photosensitive crystal detector in contact with the light tip of the light cure unit. Considering that this sensor detects photons around a central value, the peaks obtained in the spectra analysis were used as reference for the wavelength range of each light source. From the light source characterization experiments, the initial emission spectra were similar for both QTH and LED illumination (Figure 1) and remained unchanged after 10 min after thermalization of the lamp wire filament of each appliance, since after heating the power emitted by these lamps tended to be more stable.

The tip of each light source was coupled to a metallic ring attached to the power meter probe, containing the photosensitive crystal. For each ceramic sample, measurements were performed at 10, 20, and 30 s from the start of activation. The mean of three power measurements (mW/cm^2), with and without ceramic samples, was used to calculate the light transmission percentage (TP). The light intensity of each light source throughout the experiment was measured at the beginning and after every five samples using a radiometer (Radiometer for halogen light and LED, ECEL, SP, Brazil), and mean values were $1350 \text{ mW}/\text{cm}^2$ for LED source and $950 \text{ mW}/\text{cm}^2$ for QTH.

The independent effect of each factor and their interactions on the TP through each ceramic sample was evaluated using multiple linear regression (Stata, release 12, StataCorp LP, TX, USA). The coefficients β_0 (intercept) and β_1 were estimated for each level of factors evaluated.

Origin Pro 7.0 data analysis software (Origin Lab Corporation, MA, USA) was used to obtain the coefficient of absorption (α) according the Lambert-Beer equation:

$$I/I_0 = e^{-\alpha d} \quad (1)$$

where I is the light intensity transmitted through the sample, I_0 is the intensity of the incident light, d is the thickness of the sample, and e is Napier's constant. To determine the coefficient of absorption for each ceramic as a function of translucency and shade, the transmission percentage (TP) values obtained at each thickness were converted into Napierian logarithms and fitted to linear models for both QTH and LED data series.

RESULTS

The variation coefficient obtained for initial measurements without ceramic was 3.5% for the QTH source and 3.7% for the LED source, indicating low ranging throughout the experiment, with no additional interval between irradiances. TP results obtained for each ceramic sample as a function of thickness, shade, and translucency are presented in Figures 2 and 3 for QTH and LED sources, respectively. There was a decrease in TP with an increase in thickness, as well as with a decrease in translucency. There was a strong negative correlation between ceramic thickness and TP (Pearson correlation coefficient: $R = -0.845$, $p < 0.001$). The linear regression model explained 85% of the TP variance ($R^2 = 0,85$). There was significant interaction only between light source and ceramic translucency ($p = 0.008$). The adjusted model, combining light source and translucency, is described in Table 2, which gives β_1 coefficients of investigated factors.

Based on β_1 values, increasing thickness in one unit, TP reduced a mean of 3.17. Considering shades, there was no statistical difference between effects of A1 and A2 ($p = 0.124$). Light transmission was significantly lower for A3 ($\beta_1 = -0.83$) and A3.5 ($\beta_1 = -2.18$) compared to A1. Considering the light source and translucency interaction, the highest TP was obtained with QTH and high-translucency (HT) ceramic, the reference value. A mean reduction of 2.92 in TP was observed for LED and HT ceramics. When QTH and low-translucency (LT) ceramic factors were combined, a mean reduction of 3.75 was observed, whereas LED and LT ceramics had the greater impact on TP reduction ($\beta_1 = -5.58$). From these data, an equation for the estimated light transmission percentage (ETP) was constructed:

$$ETP \approx \beta_1 \text{ Intercept} + \beta_{1,d} \cdot d + \beta_{1,shade} + \beta_{1,s*t} \quad (2)$$

where $\beta_{1 \text{ Intercept}} = 19.48$; $\beta_{1,d} = -3.17$; $d =$ sample thickness (mm); $\beta_{1,\text{shade}} = 0$ for A1, -0.45 for A2, -0.83 for A3, or -2.18 for A3.5; $s^*t =$ (interaction between light source and translucency) and $\beta_{1,ls^*t} = 0$ for QTH/ HT, -2.92 for LED/HT, -3.76 for QTH/LT, or -5.58 for LED/LT, according Table 2.

Figures 4 and 5 show the Naperian logarithm of the TP as a function of ceramic thickness, considering all combinations of translucency and color, for QTH and LED sources, respectively. Figure 6 shows the coefficients of absorption as a function of ceramic shade for each combination of translucency and light source.

DISCUSSION

The null hypothesis that light transmission through ceramic is not influenced by ceramic thickness, translucency, shade, or light source was rejected, and light transmitted by LED was lower than QTH. Evaluating light sources, light emission spectra showed an explicit peak for the LED source and a broader region of intensity for the QTH source in visible blue light spectrum. The detector, placed immediately behind the sample, prevented loss of any light during the analysis, and this provided more accurate transmission readings. The low coefficient of variation observed for both the QTH (3.5%) and LED (3.7%) sources in the readings without any interposing sample suggests that the intensity of light emitted by the devices was predictable, even after continuous use. However, this finding differs from studies where a decrease in light intensity with prolonged use was reported (20). This is important as inadequate power provided by the light unit may have an adverse effect on the clinical performance of ceramics that rely on light cured or dual cured resin cements (12,17,18).

Figures 2 and 3 demonstrated that QTH light transmission was more effective than LED transmission, particularly for 1 mm samples and for high-translucency 2 mm ceramic samples. However, these factors cannot be analyzed separately because the regression analysis results showed an interaction between the light source and ceramic translucency. This could be related to the pattern of each light source. During the experiments, LED focused directly on the ceramic generated a narrower and collimated beam following the tip diameter, while for QTH a scattering of light through the entire sample was observed. Besides that, lithium disilicate crystalline structure probably contributes to refraction, dispersion, and diffraction of the QTH light, making its total transmission more effective than LED light. Though it was stated previously that the light transmission through ceramic restorations is influenced by the light curing unit and the ceramic type, the ceramic thickness has the main effect (10,12).

The absorption coefficient of the ceramic is theoretically an intrinsic property of the material. However, the light absorption of ceramics exposed to a QTH source was lower than that for a LED source, suggesting the influence of wavelength range on the optical performance of the lithium disilicate glass-ceramics. It was demonstrated that direct light transmission through glass ceramics increased with an increase in wavelength from 400 to 700 nm (19).

The correlation between the Napierian logarithm of the absorption coefficient and the ceramic thickness shows a linear relationship between the variables of shade and translucency, not only for QTH but also for LED. The higher coefficient of absorption for darker and low-translucency ceramics confirmed the findings of lower TP values for these ceramic specimens exposed to LED. This is probably because of the different emission spectra obtained from the two light sources; the LED source exhibited a narrower spectrum. This suggests that coefficient of absorption is also related to the wavelength range of each light source (20).

Dose-response gradient of light transmission beneath lithium disilicate glass-ceramic, with progressively lower TP for darker and low-translucency ceramics, can be explained due the homogeneity of variance in residuals for shade and translucency, confirming the low variability among pre-manufactured ceramic blocks after crystallization procedure. It also is likely a result of lithium disilicate glass-ceramic crystalline structure. This study also demonstrated an exponential increase in TP with a decrease in thickness. It was previously reported that light transmission through a ceramic is more affected by its thickness than its shade (7,21,22).

Inspite of different parameters were used, the TP behavior of lithium disilicate glass-ceramics were in agreement with other study (7), and suggests that it is more favorable than those reported for feldspathic and pressed lithium disilicate glass-ceramics (21,22) or zirconia ceramics (23). Figures 2 and 3 show that light transmission was exponentially higher for light-shade and high-translucency-ceramic samples, as well as for low-thickness ceramics, confirming other studies results (7,10,16). Coefficients of absorption obtained from the Lambert-Beer equation confirm these trends, demonstrating an exponential relationship between TP and ceramic thickness (7,21) and a more favorable performance of QTH. Besides the absorption, the scattering should also be considered in light transmission when ceramic materials are investigated.

Resin cements are the usual choice for the bonding of CAD/CAM restorations, as the preparations cannot present frictional retention (24). Reduction of light transmission through the ceramic restoration affects the polymerization of the dual-cured resin cement (9), especially for restoration thicknesses above 2 mm (17) or 3 mm (10). In the present study, TP was lower than 10% for samples with thicknesses above 2 and 3 mm for LED and QTH, respectively, regardless of shade and translucency. TP values were lower than 5% for low-translucency and dark shade samples above 3-mm thickness for both light sources. A significant decrease in irradiance of QTH and

LED light sources through ceramics when 1.5 to 6 mm-thick IPS e.max CAD LT A3 was reported (11).

Equation (2) was proposed to estimate QTH and LED light transmission, considering β_1 coefficients of each parameter evaluated, from the multivariate regression. As an example, the estimated light transmission can be calculated (using β_1 values showed in Table 2) for an lithium disilicate glass-ceramic restoration with 1mm thick, A1 shade, and a high-translucency using QTH light source as follow:

$$ETP \approx \beta_{1 \text{ Intercept}} + \beta_{1,d}.d + \beta_{1,shade} + \beta_{1,s*t} \quad (2)$$

$$ETP = 19.48 + (-3,17 \cdot 1) + 0 + 0$$

Under these conditions, ETP would be 16.31%. Based on β_1 data, it is possible to estimate the efficiency of light transmission through the restoration and, consequently, its potential effect on the photo activation of the resin cement. This equation is valid for lithium disilicate glass-ceramics and QTH ($\approx 950 \text{ mW/cm}^2$) or LED ($\approx 1350 \text{ mW/cm}^2$). Further studies are being conducted to determine the effect of light transmission attenuation on the degree of conversion and microhardness of different resin cements.

Within the limitation of this in vitro study, it may be concluded that both light sources were effective, but light transmission through lithium disilicate glass-ceramic is more effective using a halogen source and high-translucency ceramic; light transmission decreased as the ceramic thickness increased and was higher for A1 and A2 ceramic shades than for A3 and A3.5 shades, for both QTH and LED. Besides, the proposed equation allows estimation of light *transmission percentage through an IPS e.max CAD ceramic from clinical data of thickness, shade, translucency, and light source.*

The emission spectrum of the light sources evaluated are compatible with the absorption peak of camphorquinone, photoinitiator commonly present in photoactivated and dual resin cements (12). Although the equation proposal does not consider the wavelength of each device, the attenuation of light promoted by ceramic can be compensated by the concept of energy density. This one considers the product of total intensity of the light emitted by the exposure time (25). The clinical significance of the present study is that the less translucent, darker and thicker the ceramic, the greater should be the exposure time on each face of the restoration, aiming to provide enough power for proper polymerization of the underlying resin cement.

RESUMO

Avaliou-se o efeito da espessura, cor e translucidez de uma cerâmica vítrea a base de dissilicato de lítio para CAD / CAM sobre a transmissão da luz halógena (QTH) e de diodos emissores de luz (LED). Amostras de cerâmica (IPS e.max CAD) foram feitas com diferentes espessuras (1, 2, 3, 4, 5 mm), cores (A1, A2, A3, A3.5), e translucidez (alta, HT: baixa, LT). Os espectros de emissão de QTH e LED foram determinados por espectrometria. A intensidade da luz (mW/cm^2) incidente e transmitida através de cada amostra de cerâmica foi avaliada (Newport Power Meter) para determinar a percentagem de transmissão de luz (TP). Um modelo de regressão linear foi utilizado para a análise estatística. Houve interação significativa entre a fonte de luz e translucidez cerâmica ($p = 0.008$) e forte correlação negativa ($r = -0.845$, $p < 0.001$) entre a espessura da cerâmica e TP. O aumento da espessura em uma unidade levou a uma redução média de 3.17 em TP. Não houve diferença significativa em TP ($p = 0.124$) entre as cores A1 ($\beta_1 = 0$) e A2 ($\beta_1 = -0.45$). Uma redução significativa ocorreu para as cores A3 ($\beta_1 = -0.83$) e A3.5 ($\beta_1 = -2.18$) em relação a A1. A interação QTH/HT proporcionou maior TP ($\beta_1 = 0$) do que LED/HT ($\beta_1 = -2.92$), QTH/LT ($\beta_1 = -3.75$) e LED/LT ($\beta_1 = -5.58$). A transmissão de luz foi mais eficaz utilizando QTH e cerâmica de alta translucidez, diminuiu à medida que a espessura de cerâmica aumentou, e foi maior para as cores A1 e A2 do que para A3 e A3.5. A partir do modelo de regressão ($R^2 = 0.85$), obteve-se uma equação para estimar o valor de TP utilizando os valores de β_1 para cada nível das variáveis estudadas. Foi observada TP máxima de 25% para QTH e 20% para LED, indicando que a atenuação promovida pela cerâmica pode comprometer a ativação de um cimento resinoso fotoativado ou de ativação dupla.

REFERENCES

1. Ilie N, Hickel R. Correlation between ceramics translucency and polymerization efficiency through ceramics. *Dent Mater* 2008;24: 908-914.
2. Della Bona A, Nogueira AD, Pecho OE. Optical properties of CAD–CAM ceramic systems *J Dent* 2014;42:1202-1209.
3. Giannetopoulos S, van Noort R, Tsitrou E. Evaluation of the marginal integrity of ceramic copings with different marginal angles using two different CAD/CAM systems. *J Dent* 2010;38:980-986.
4. Della Bona A, Kelly JR. The clinical success of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc.* 2008;139:8S-13S.
5. Magne P, Paranhos MPG, Schlichting LH. Influence of material selection on the risk of inlay fracture during pre-cementation functional occlusal tapping. *Dent Mater.* 2011;27:109-13.
6. Guess PC, Zavanelli RA, Silva NRFA, Bonfante EA, Coelho PG, Thompson VP. Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: comparison of failure modes and reliability after fatigue. *Inter J Prosthodont* 2010;23:434-442.
7. Wang F, Takahashi H, Iwasaki N. Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *J Prosthet Dent* 2013; 110:14-20.
8. Archegas LRP, 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.
9. Borges GA, Agarwal P, Miranzi BAS, Platt JA, Valentino TA, Santos PH. Influence of different ceramics on resin cement knoop hardness number. *Operative Dentistry* 2008;33:622-628.
10. 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.
11. 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.
12. Watanabe H, Re Kazama, Asai T, Kanaya F, Ishizaki H, Fukushima M, Okiji T. Efficiency of the dual-cured resin cement polymerization induced by high-intensity led curing units through ceramic material. *Oper Dent* 2014;40:153-162.
13. Soares CJ, Silva NR, Fonseca RB. Influence of the feldspathic ceramic thickness and shade on the microhardness of dual resin cement. *Oper Dent* 2006;31:384-389.

14. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Restorative Dentistry: Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Brit Dent J* 1999;186:388-391.
15. Cekic-Nagas I, Egilmez F, Ergun G, Kaya B. Light transmittance of zirconia as a function of thickness and microhardness of resin cements under different thicknesses of zirconia. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2013;1:e212-218.
16. Santini A, Gallegos IT, Felix CM. Photoinitiators in dentistry: a review. *Prim Dent J*. 2013;2:30-3.
17. 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.
18. Moraes RR, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MAC, Puppim-Rontani RM, Ogliari FA, Piva E. Light-activation of resin cement through ceramic: Relationship between irradiance intensity and bond strength to dentin. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater* 2008;85:160-165.
19. Brodbelt RHW, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains. *J Dent Res* 1980;59:70-75.
20. 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;19:197-203.
21. Peixoto RTC, Paulinelli VMF, Sander HH, Lanza MD, Cury LA, Poletto LTA. Light transmission through porcelain. *Dent Mater* 2007;23:1363-1368.
22. Myers ML, Caughman WF, Rueggeberg FA. Effect of restoration composition, shade, and thickness on the cure of a photoactivated resin cement. *J Prosthodont* 1994;3:149-157.
23. Baldissara P, Llukacej A, Ciocca L, Valandro FL, Scotti R. Translucency of zirconia copings made with different cad/cam systems. *J Prosthet Dent* 2010;104:6-12.
24. Tsitrou EA, Helvatjoglu-Antoniades M, van Noort R. A preliminary evaluation of the structural integrity and fracture mode of minimally prepared resin bonded CAD/CAM crowns. *J Dent* 2010;38:16-22.
25. Komori PCP, Paula AB, Martin AA, Tango RN, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. Effect of light energy density on conversion degree and hardness of dual-cured resin cement. *Oper Dent*. 2010;35:120-4.

Table 1: Description, shade, translucency, batch numbers and composition of the ceramics used.

CERAMIC	SHADE	TRANSLUCENCY	LOT	COMPOSITION
IPS e.max CAD LT A1/C14	A1	Low	R54560	
IPS e.max CAD LT A2/C14	A2	Low	R55522	
IPS e.max CAD LT A3/C14	A3	Low	R55527	
IPS e.max CAD LT A3.5/C14	A3.5	Low	R51803	SiO ₂ , Li ₂ O, K ₂ O, MgO, ZnO ₂ ,
IPS e.max CAD HT A1/C14	A1	High	R39201	Al ₂ O ₃ , P ₂ O ₅ and other oxides
IPS e.max CAD HT A2/C14	A2	High	R42574	
IPS e.max CAD HT A3/C14	A3	High	R42576	
IPS e.max CAD HT A3.5/C14	A3.5	High	R02231	

Table 2: Adjusted linear regression model for ceramic thickness and shade, combining the factors of light source and translucency.

Parameter	β_1	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Intercept	19.480	.000	18.791	20.170
LED / Low translucency	-5.583	.000	-6.157	-5.010
LED / High translucency	-2.924	.000	-3.494	-2.353
QTH / Low translucency	-3.756	.000	-4.330	-3.182
QTH / High translucency	0 ^b	.	.	.
Thickness	-3.165	.000	-3.312	-3.019
Shade A3.5	-2.183	.000	-2.754	-1.612
Shade A3	-.833	.005	-1.406	-.259
Shade A2	-.450	.124	-1.024	.123
Shade A1	0 ^b	.	.	.

R-square adjusted: 0.85

β = reference for each factor

FIGURE LEGENDS

Figure 1. Spectra for Bluephase (LED) and Demetron (QTH) light sources.

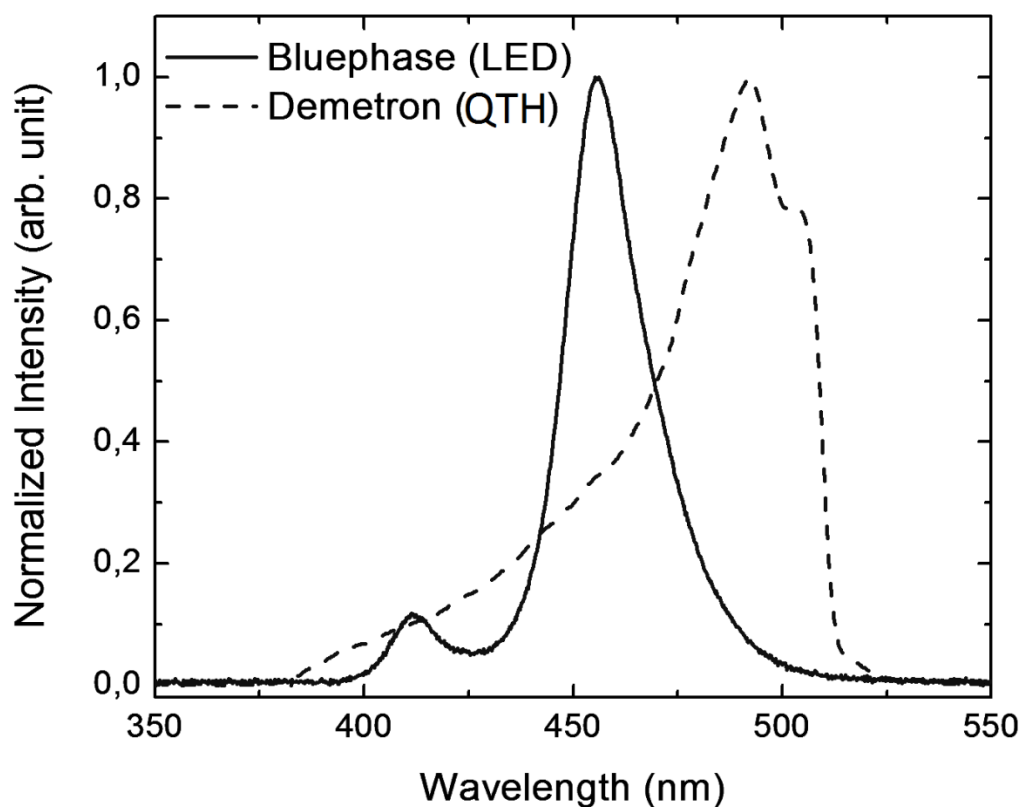
Figure 2. Graphic presentation of percent light transmission as function of ceramic thickness, shade, and translucency obtained using QTH light source.

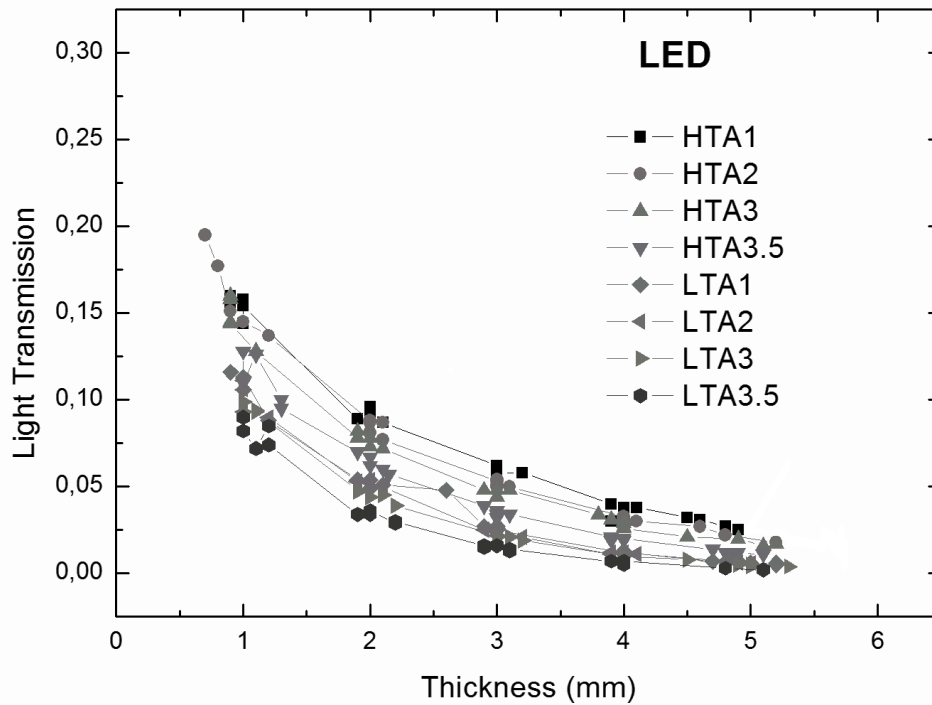
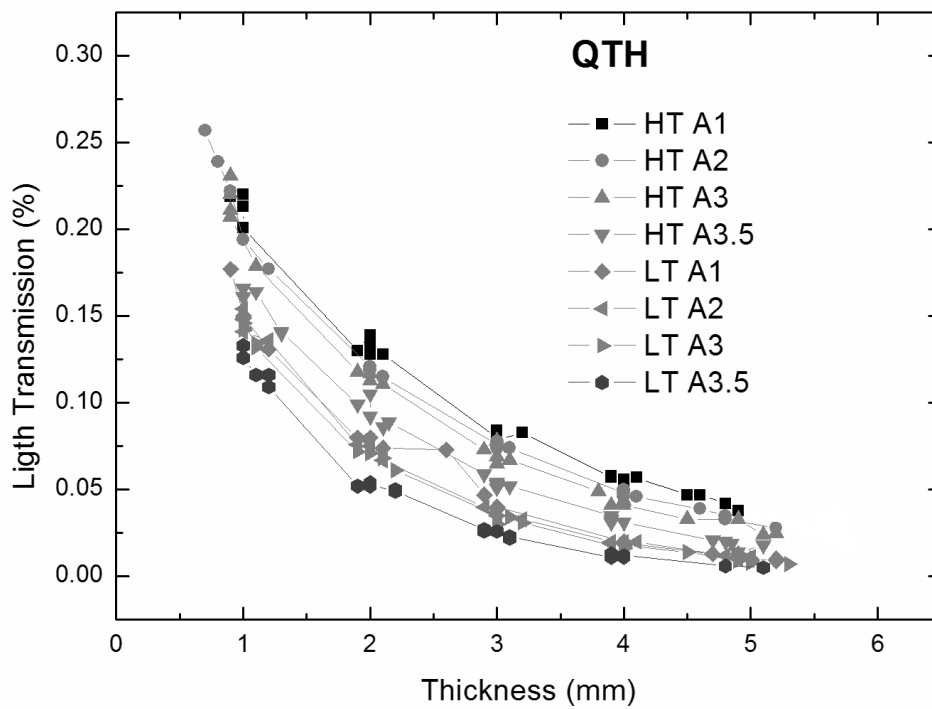
Figure 3. Graphic presentation of percent light transmission as function of ceramic thickness, shade, and translucency obtained using LED light source.

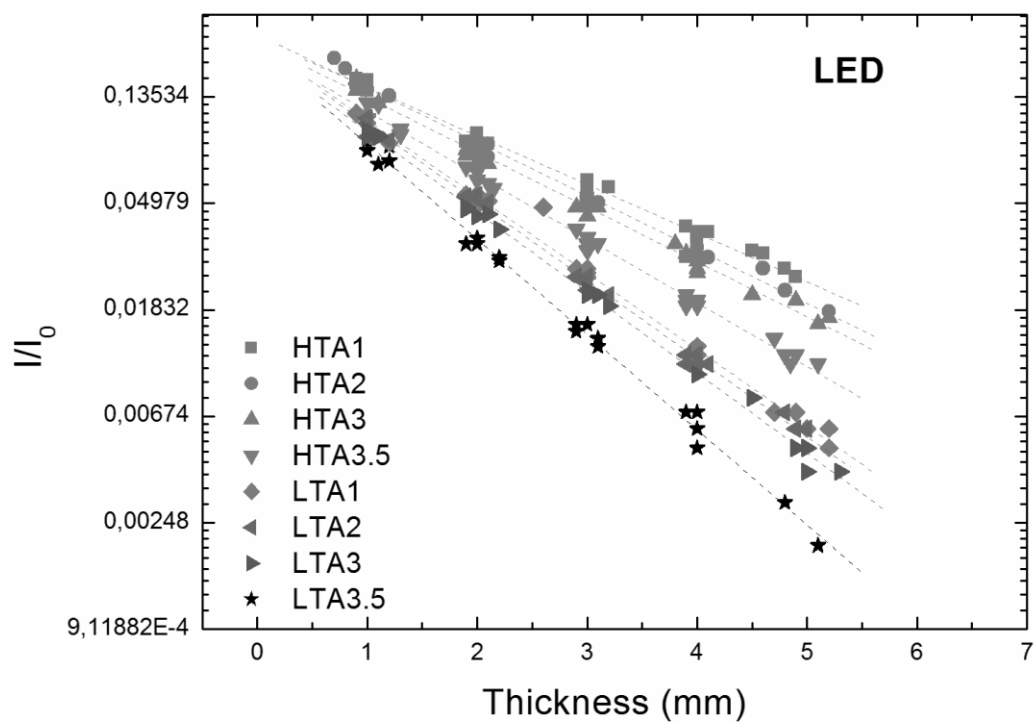
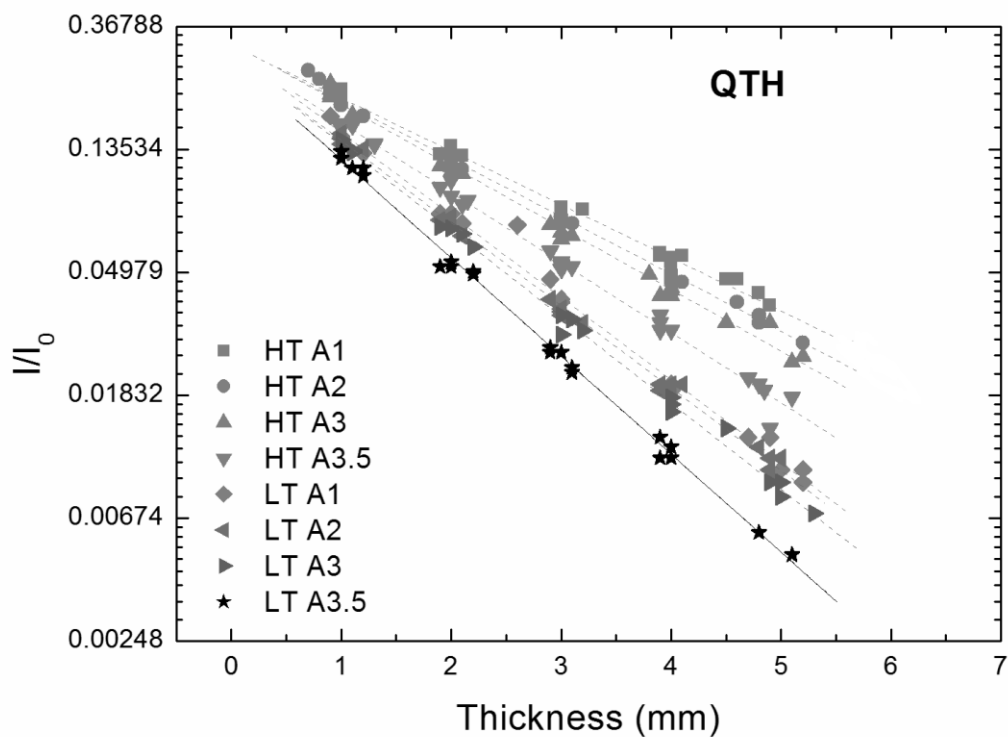
Figure 4. Graphic presentation of I_n of QTH light transmission as function of ceramic thickness for all combinations of translucency and shade.

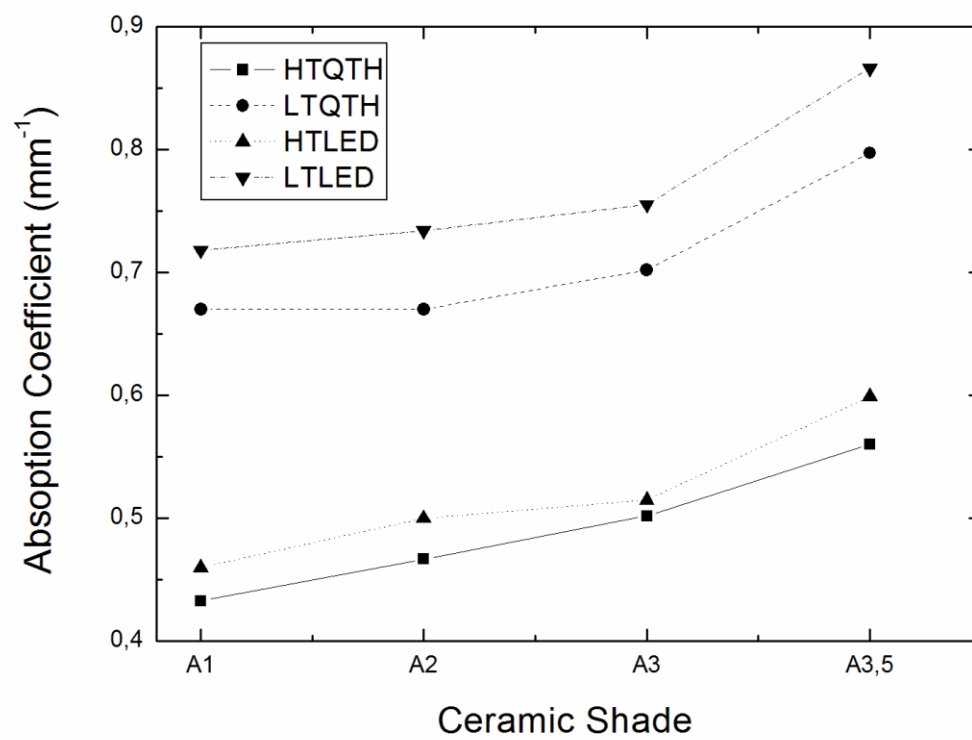
Figure 5. Graphic presentation of I_n of LED light transmission as function of ceramic thickness for all combinations of translucency and shade.

Figure 6. Graphic presentation of coefficients of absorption as function of ceramic shade according to each combination of translucency and light source.









Artigos completos publicados

DALEPRANE B., **PEREIRA C. N. B.**, OREFICE R. L., BUENO A. C., VAZ R. R., MOREIRA A. N., MAGALHAES C. S. The effect of light-curing access and different resin cements on apical bond strength of fiber posts. **Operative Dentistry**, v.39, n.2, p. E93-100, 2014.

PEREIRA C. N. B., DALEPRANE B., BARBOSA P. F., MOREIRA A. N., MAGALHAES C. S. Qualitative evaluation of Scanning Electron Microscopy methods in a study of the resin cement/dentin adhesive interface. **Microscopy and Microanalysis**. v. 20, p. 1-8, 2013.

Artigos submetidos ou em fase de submissão

PERIÓDICO: Brazilian Dental Journal

SILVA E. H., **PEREIRA C. N. B.**, DALEPRANE B., MOREIRA A. N., MAGALHÃES C. S. Comparison between two insertion techniques of a resin cement for luting fiber glass posts.

PERIÓDICO: Implant Dentistry

GRECO G. D., CORNACCHIA T. P. M., **PEREIRA C. N. B.**, MIRANDA G. L. P., SILVA G. C. C., MAGALHÃES C. S., MOREIRA A. N. Analysis of bone-implant interfacial stress during disocclusion in complete implant-supported prosthesis: a finite element study.

PERIÓDICO: Journal of Applied Oral Science

LINS F. C. R., FERREIRA R. C., SILVEIRA R. R., **PEREIRA C. N. B.**, MOREIRA A. N., MAGALHÃES C. S. Immediate or delayed finishing/polishing with different systems on surface roughness, microhardness and microleakage of a silorane-based composite resin.

PERIÓDICO: Journal of Prosthetic Dentistry

DALEPRANE B., **PEREIRA C.N.B.**, BUENO A. C., MOREIRA A. N., MAGALHAES C. S. Different accesses to the root canal affect bond strength of fiber posts luted with resin cements.

Resumos publicados em anais de eventos

PEREIRA C. N. B., MIRANDA G. P. L., AVELAR A. H. F., SILVEIRA R. R., SILVA N. R. F. A. Uma nova perspectiva para restaurações fresadas. In: 51^o Encontro do Grupo Brasileiro de Materiais Dentários, Bauru. GBMD, 2015.

SILVA E. H., **PEREIRA C. N. B.**, FERREIRA R. C., FANTINI C., ANDRADA D. M., MAGALHÃES C. S., MOREIRA A. N. Grau de conversão de cimentos resinosos sob cerâmica vítrea de diferentes cores, translucidez e espessura. In: 51^o Encontro do Grupo Brasileiro de Materiais Dentários, Bauru. GBMD, 2015.

PEREIRA C. N. B., MIRANDA G. L. P., DALEPRANE B., CURY L. A., MAGALHAES C. S., MOREIRA, A. N. Effect of light-emitting-diode tip slope on light transmission along root-canal. In: IADR/AADR/CADR General Session and Exhibition, Boston, Massachusetts, 2015.

MIRANDA G. L. P., AVELAR A. H. F., **PEREIRA C. N. B.**, SILVEIRA R. R., SILVA N. R. F. A. Stress distribution of multi-layer ceramic restorations. In: IADR/AADR/CADR General Session & Exhibition, Boston, Massachusetts, 2015.

MIRANDA G. L. P., DALEPRANE B., **PEREIRA, C. N. B.**, BUENO A. C., MOREIRA A. N., MAGALHAES C. S. Efeito de sistemas de cimentação resinosos e do nível de acesso ao canal na resistência ao cisalhamento por extrusão de pinos de fibra de vidro. In: 50^o Encontro do Grupo Brasileiro de Materiais Dentários, Pelotas. GBMD, 2014.

PEREIRA C. N. B., LINS F. C. R., SILVEIRA R. R., FERREIRA R. C., MOREIRA A.N., MAGALHAES C. S. Efeito do polimento imediato com diferentes sistemas na

rugosidade, microdureza e microinfiltração de um compósito à base de silorano. In: 50^o Encontro do Grupo Brasileiro de Materiais Dentários, Pelotas. GBMD, 2014.

PEREIRA C. N. B., MAGALHAES C. S., DALEPRANE B., PEIXOTO R. T. R. C., FERREIRA R. C., CURY L. A., MOREIRA A. N. Halogen and LED light transmission trough a lithium disilicate glass-ceramic. In: IADR General Session, Cape Town, 2014. (Oral Presentation)

MIRANDA G. L. P., **PEREIRA C. N. B.**, AVELAR A. H. F., ANDRADE A. G. P., SILVEIRA R. R., SILVA N. R. F. A. Stress distribution at the interface of restorative materials and cements. In: 43rd Annual Meeting and Exhibition of the AADR, Charlotte, 2014.

PEREIRA C. N. B., DALEPRANE, B., MOREIRA, A. N., MAGALHAES, C. S. Ultramorfologia da interface adesiva entre cimentos auto-adesivos e dentina ou esmalte bovinos sob diferentes tratamentos de superfície In: 30^a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2013, Águas de Lindóia. Brazilian Oral Research. São Paulo: Imprensa Científica, 2013. v.27. p.182.

DALEPRANE B., **PEREIRA C. N. B.**, MOREIRA A. N., MAGALHAES C. S. Avaliação qualitativa de dois protocolos de obtenção de imagens para caracterização morfológica da interface adesiva em dentina In: 30^a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2013, Águas de Lindóia. Brazilian Oral Research. São Paulo: Imprensa Científica, 2013. v.27. p.183.

PEREIRA C. N. B., DALEPRANE B., SILVA E. H., MAGALHAES C. S., MOREIRA A.N. Comparação entre duas técnicas de inserção de um cimento resinoso para fixação de pinos intrarradiculares de fibra de vidro In: 49^o. Encontro Grupo Brasileiro de Materiais Dentários, 2013, Piracicaba. Brazilian Journal of Oral Science. , 2013. v.12. p.271.

DALEPRANE B., VAZ R. R., BUENO A. C., **PEREIRA C. N. B.**, OREFICE R. L., MOREIRA A. N., MAGALHAES C. S. Different light-curing accesses affects apical bond strength of fiber posts. In: 91st General Session & Exhibition of the IADR, 2013, Seattle. Program Book., 2013. p.210.

MIRANDA G. L. P.; **PEREIRA C. N. B.**, SILVEIRA R. R., SILVA N. R. F. A. Perfil de distribuição da tensão na interface dos materiais restauradores e cimentos odontológicos In: 49º. Encontro Grupo Brasileiro de Materiais Dentários, 2013, Piracicaba. Brazilian Journal of Oral Science. , 2013. v.12. p.268.

MIRANDA G. L. P. D., MARTINS A. V., **PEREIRA C. N. B.**, LANA M. M., ROCHA W. M. Correção de Classe II dentária com recuperação de espaço para prótese implantossuportada. In: 18º Congresso Brasileiro de Ortodontia - Orto 2012 SPO, 2012, São Paulo. Program Book: v.18. p.1.

PEREIRA C. N. B., SOUZA S. E., VAZ R. R., VASCONCELLOS W. A., MEDEIROS S.T. Influence of Surfactant in propolis release of a combined GIC. In: IADR/LAR General Session & Exhibition, Foz do Iguaçu, 2012. Program Book. , 2012.

ANEXO I

TRANSMISSÃO - HAL 490nm : 950mW/cm ²								
ESPESSURA	TRANSLUCIDEZ	COR	Sem		Com		T %	DP
			Cerâmica	DP	Cerâmica	DP		
0,9	HT (alta)	A1	147,0	5,3	32,5	0,7	22,1	1,3
1,9	HT(alta)	A1	150,3	1,5	19,5	0,2	13,0	0,3
3,0	HT (alta)	A1	155,0	4,4	12,5	0,3	8,0	0,4
3,9	HT (alta)	A1	150,0	1,7	8,7	0,2	5,8	0,2
5,6	HT (alta)	A1	150,0	4,0	4,1	0,2	2,7	0,2
0,7	HT (alta)	A2	152,7	6,7	39,2	0,6	25,7	1,5
2,0	HT(alta)	A2	144,7	5,7	17,4	0,3	12,1	0,7
3,1	HT (alta)	A2	150,7	2,1	11,1	0,0	7,4	0,1
4,0	HT (alta)	A2	142,7	6,4	6,9	0,1	4,8	0,3
4,8	HT (alta)	A2	144,3	4,2	4,8	0,1	3,3	0,2
0,9	HT (alta)	A3	150,3	4,5	31,7	0,4	21,1	0,9
1,9	HT(alta)	A3	147,3	5,5	17,4	0,4	11,8	0,7
3,0	HT (alta)	A3	150,7	1,2	9,8	0,2	6,5	0,2
4,0	HT (alta)	A3	145,7	2,5	6,5	0,1	4,4	0,2
3,8	HT (alta)	A3	149,3	0,6	7,3	0,1	4,9	0,1
1,3	HT (alta)	A3.5	143,7	3,1	20,3	0,1	14,1	0,4
2,0	HT(alta)	A3.5	142,7	5,0	15,0	0,2	10,5	0,5
3,0	HT (alta)	A3.5	149,7	4,9	7,7	0,1	5,1	0,2
3,9	HT (alta)	A3.5	143,3	6,5	5,0	0,1	3,5	0,2
5,1	HT (alta)	A3.5	148,0	6,0	2,7	0,0	1,8	0,1
0,9	LT (baixa)	A1	153,7	5,5	27,2	0,5	17,7	0,9
1,9	LT (baixa)	A1	156,3	9,8	12,5	0,2	8,0	0,6
3,0	LT (baixa)	A1	161,0	2,6	6,2	0,1	3,9	0,1
4,0	LT (baixa)	A1	154,7	1,2	3,2	0,1	2,0	0,1
4,9	LT (baixa)	A1	157,0	3,6	2,0	0,0	1,3	0,1
1,0	LT (baixa)	A2	152,0	7,0	23,4	0,5	15,4	1,0
1,9	LT (baixa)	A2	150,7	5,7	11,4	0,1	7,6	0,3
2,9	LT (baixa)	A2	143,0	2,0	5,7	0,2	4,0	0,2
3,9	LT (baixa)	A2	150,0	6,1	2,9	0,1	2,0	0,2
4,8	LT (baixa)	A2	152,7	4,9	1,8	0,1	1,2	0,1
1,0	LT (baixa)	A3	148,0	5,3	21,2	0,3	14,3	0,7
1,9	LT (baixa)	A3	153,0	9,6	11,0	0,3	7,2	0,6
3,2	LT (baixa)	A3	151,3	5,8	4,7	0,1	3,1	0,2
4,0	LT (baixa)	A3	148,0	1,7	2,5	0,1	1,7	0,1
5,3	LT (baixa)	A3	153,0	10,5	1,1	0,0	0,7	0,0
1,0	LT (baixa)	A3.5	154,3	6,7	19,4	0,2	12,6	0,7
2,0	LT (baixa)	A3.5	150,0	3,6	8,0	0,2	5,4	0,2
3,1	LT (baixa)	A3.5	152,7	0,6	3,5	0,1	2,3	0,0
3,9	LT (baixa)	A3.5	159,7	6,7	1,8	0,1	1,1	0,1
5,1	LT (baixa)	A3.5	140,3	5,7	0,7	0,0	0,5	0,0
1,0	HT (alta)	A1	145,0	6,6	31,9	0,3	22,0	1,2
2,0	HT(alta)	A1	141,3	4,7	19,7	0,4	13,9	0,7
3,0	HT (alta)	A1	152,7	5,0	12,8	0,4	8,4	0,5
3,9	HT (alta)	A1	152,7	5,5	8,7	0,1	5,7	0,3
4,5	HT (alta)	A1	143,0	1,7	6,7	0,1	4,7	0,1
1,2	HT (alta)	A2	157,0	3,6	27,9	0,4	17,7	0,7
2,1	HT(alta)	A2	150,0	0,0	17,3	0,3	11,5	0,2
3,0	HT (alta)	A2	146,3	5,5	11,1	0,1	7,6	0,3
4,1	HT (alta)	A2	147,7	4,0	6,7	0,1	4,6	0,2
4,6	HT (alta)	A2	138,3	1,5	5,4	0,2	3,9	0,2

0,9	HT (alta)	A3	142,3	8,3	32,9	0,2	23,1	1,5
2,1	HT(alta)	A3	145,7	6,7	16,2	0,3	11,1	0,7
3,0	HT (alta)	A3	150,3	4,0	10,3	0,1	6,9	0,3
3,9	HT (alta)	A3	147,7	4,5	6,1	0,1	4,1	0,2
5,1	HT (alta)	A3	153,0	1,0	3,7	0,1	2,4	0,1
1,1	HT (alta)	A3.5	147,7	4,0	24,2	1,1	16,4	1,2
1,9	HT(alta)	A3.5	147,7	7,4	14,7	0,6	9,9	0,9
3,1	HT (alta)	A3.5	142,0	5,0	7,4	0,1	5,2	0,3
3,9	HT (alta)	A3.5	160,7	0,6	5,0	0,0	3,1	0,0
4,7	HT (alta)	A3.5	157,3	0,6	3,4	0,1	2,1	0,0
1,2	LT (baixa)	A1	149,7	4,0	19,5	0,1	13,1	0,4
2,1	LT (baixa)	A1	146,3	3,2	10,6	0,2	7,3	0,3
3,0	LT (baixa)	A1	153,0	2,6	6,0	0,2	3,9	0,2
4,0	LT (baixa)	A1	150,0	1,7	2,9	0,0	1,9	0,0
4,7	LT (baixa)	A1	142,3	3,5	1,8	0,0	1,3	0,0
1,0	LT (baixa)	A2	143,0	5,0	21,1	0,2	14,8	0,6
2,0	LT (baixa)	A2	148,0	3,0	11,1	0,2	7,5	0,3
3,2	LT (baixa)	A2	144,3	8,0	4,8	0,1	3,3	0,2
3,9	LT (baixa)	A2	150,0	6,2	3,0	0,1	2,0	0,1
4,9	LT (baixa)	A2	158,7	6,4	1,6	0,1	1,0	0,1
1,1	LT (baixa)	A3	154,7	1,5	20,8	0,7	13,4	0,6
1,9	LT (baixa)	A3	152,3	4,6	10,9	0,3	7,2	0,4
3,1	LT (baixa)	A3	147,0	4,0	5,0	0,1	3,4	0,1
4,0	LT (baixa)	A3	146,3	4,0	2,5	0,0	1,7	0,0
4,5	LT (baixa)	A3	146,0	11,0	2,1	0,1	1,4	0,1
1,0	LT (baixa)	A3.5	145,3	4,0	19,4	0,5	13,3	0,7
2,0	LT (baixa)	A3.5	151,3	3,8	7,9	0,0	5,2	0,1
3,0	LT (baixa)	A3.5	148,3	5,5	3,9	0,1	2,6	0,1
4,0	LT (baixa)	A3.5	148,3	3,5	1,6	0,1	1,1	0,1
4,8	LT (baixa)	A3.5	149,0	4,0	0,9	0,0	0,6	0,0
1,0	HT (alta)	A1	149,3	4,7	31,7	0,8	21,3	1,2
2,0	HT(alta)	A1	148,0	2,6	19,8	0,6	13,4	0,6
3,2	HT (alta)	A1	144,3	3,8	12,0	0,1	8,3	0,3
4,1	HT (alta)	A1	146,3	5,5	8,4	0,2	5,7	0,3
4,6	HT (alta)	A1	141,3	6,5	6,6	0,1	4,7	0,3
0,8	HT (alta)	A2	147,0	6,1	35,2	0,3	23,9	1,2
2,1	HT(alta)	A2	148,3	7,4	17,0	0,3	11,5	0,7
3,0	HT (alta)	A2	146,3	4,6	10,8	0,2	7,4	0,4
4,0	HT (alta)	A2	149,7	9,1	7,2	0,1	4,8	0,4
5,7	HT (alta)	A2	145,3	6,8	3,6	0,1	2,5	0,2
0,9	HT (alta)	A3	144,7	8,3	31,9	0,5	22,0	1,6
2,0	HT(alta)	A3	156,7	1,5	17,7	0,3	11,3	0,3
3,0	HT (alta)	A3	141,0	1,7	10,9	0,2	7,8	0,2
4,0	HT (alta)	A3	144,0	4,6	6,2	0,1	4,3	0,2
4,5	HT (alta)	A3	145,3	0,6	4,8	0,0	3,3	0,0
1,3	HT (alta)	A3.5	150,7	2,1	21,2	0,5	14,0	0,5
2,0	HT(alta)	A3.5	154,7	4,2	14,2	0,1	9,2	0,3
3,0	HT (alta)	A3.5	156,7	3,5	8,4	0,2	5,4	0,2
3,9	HT (alta)	A3.5	152,0	3,0	5,0	0,1	3,3	0,1
4,8	HT (alta)	A3.5	160,0	4,0	3,2	0,1	2,0	0,1
1,0	LT (baixa)	A1	156,3	3,2	23,5	0,4	15,0	0,6
2,0	LT (baixa)	A1	150,7	4,9	12,0	0,5	8,0	0,6
2,9	LT (baixa)	A1	147,3	0,6	6,9	0,1	4,7	0,1
4,0	LT (baixa)	A1	157,3	3,1	3,2	0,1	2,0	0,1

5,2	LT (baixa)	A1	154,7	7,6	1,5	0,1	0,9	0,1
1,0	LT (baixa)	A2	158,3	3,5	22,3	0,3	14,1	0,5
2,1	LT (baixa)	A2	162,7	2,1	11,0	0,3	6,7	0,3
3,0	LT (baixa)	A2	164,7	2,9	5,9	0,1	3,6	0,1
3,9	LT (baixa)	A2	159,0	7,0	3,1	0,1	1,9	0,1
5,0	LT (baixa)	A2	156,3	0,6	1,7	0,0	1,1	0,0
1,0	LT (baixa)	A3	166,0	7,2	23,6	0,9	14,2	1,2
2,1	LT (baixa)	A3	159,0	4,4	10,8	0,2	6,8	0,3
3,0	LT (baixa)	A3	150,3	3,5	5,3	0,2	3,5	0,2
4,0	LT (baixa)	A3	159,7	5,5	2,6	0,1	1,6	0,1
4,9	LT (baixa)	A3	158,3	2,1	1,5	0,1	0,9	0,0
1,2	LT (baixa)	A3.5	151,0	2,0	16,4	0,5	10,9	0,5
2,2	LT (baixa)	A3.5	154,3	5,1	7,7	0,1	5,0	0,2
2,9	LT (baixa)	A3.5	154,0	0,0	4,1	0,1	2,6	0,0
4,0	LT (baixa)	A3.5	152,0	7,0	1,6	0,1	1,1	0,1
4,8	LT (baixa)	A3.5	150,3	1,5	1,0	0,1	0,6	0,0
1,0	HT (alta)	A1	164,7	1,5	33,2	0,2	20,1	0,3
2,1	HT(alta)	A1	154,3	7,4	19,7	0,1	12,8	0,7
3,0	HT (alta)	A1	163,7	2,5	13,0	0,1	7,9	0,2
4,0	HT (alta)	A1	157,3	3,1	8,7	0,1	5,6	0,2
4,8	HT (alta)	A1	159,0	6,9	6,6	0,1	4,2	0,2
0,9	HT (alta)	A2	157,7	3,2	35,1	0,7	22,2	0,9
2,0	HT(alta)	A2	155,7	6,7	18,6	0,5	11,9	0,8
3,0	HT (alta)	A2	148,3	2,9	11,6	0,1	7,8	0,2
4,0	HT (alta)	A2	151,0	8,7	7,6	0,1	5,0	0,3
5,2	HT (alta)	A2	164,7	2,9	4,5	0,1	2,8	0,1
0,9	HT (alta)	A3	158,0	2,6	32,7	0,8	20,7	0,9
2,0	HT(alta)	A3	149,0	2,6	17,4	0,1	11,7	0,3
3,1	HT (alta)	A3	156,0	5,3	9,4	0,1	6,0	0,3
4,0	HT (alta)	A3	160,0	2,6	6,8	0,2	4,3	0,2
5,2	HT (alta)	A3	157,7	2,3	4,0	0,1	2,5	0,1
1,0	HT (alta)	A3.5	163,7	6,5	27,2	0,6	16,6	1,0
2,1	HT(alta)	A3.5	159,3	1,5	13,7	0,2	8,6	0,2
2,9	HT (alta)	A3.5	158,3	4,9	9,3	0,5	5,9	0,5
4,0	HT (alta)	A3.5	152,0	2,6	4,7	0,1	3,1	0,1
4,9	HT (alta)	A3.5	152,0	9,5	3,3	0,3	2,1	0,3
1,0	LT (baixa)	A1	154,0	2,0	22,9	0,2	14,9	0,3
2,0	LT (baixa)	A1	148,3	9,5	11,9	0,1	8,0	0,6
3,0	LT (baixa)	A1	162,3	2,5	6,4	0,1	3,9	0,1
4,0	LT (baixa)	A1	155,3	1,5	3,0	0,1	1,9	0,1
5,0	LT (baixa)	A1	152,3	5,1	1,5	0,1	1,0	0,1
1,2	LT (baixa)	A2	148,3	2,1	20,2	0,5	13,6	0,5
2,0	LT (baixa)	A2	144,0	3,5	11,2	0,2	7,8	0,3
3,0	LT (baixa)	A2	151,7	2,1	5,3	0,2	3,5	0,2
4,0	LT (baixa)	A2	154,3	8,6	3,0	0,1	2,0	0,1
4,1	LT (baixa)	A2	148,7	1,2	2,9	0,1	2,0	0,1
1,1	LT (baixa)	A3	151,0	3,6	19,9	0,3	13,2	0,5
2,0	LT (baixa)	A3	146,3	4,6	10,4	0,1	7,1	0,3
3,0	LT (baixa)	A3	155,3	3,2	5,0	0,2	3,2	0,2
4,0	LT (baixa)	A3	151,7	7,0	2,6	0,0	1,7	0,1
5,0	LT (baixa)	A3	154,3	4,9	1,3	0,1	0,8	0,1
1,1	LT (baixa)	A3.5	148,3	7,2	17,1	0,5	11,6	0,9
2,2	LT (baixa)	A3.5	150,0	3,0	7,4	0,1	4,9	0,1
2,9	LT (baixa)	A3.5	147,3	2,5	3,9	0,1	2,7	0,1

4,0	LT (baixa)	A3.5	148,0	3,0	1,8	0,1	1,2	0,1
4,8	LT (baixa)	A3.5	148,7	3,2	0,9	0,0	0,6	0,0
0,9	HT (alta)	A1	151,3	4,2	33,2	0,0	21,9	0,6
2,0	HT(alta)	A1	150,7	3,2	19,3	0,4	12,8	0,5
3,0	HT (alta)	A1	154,3	3,8	12,0	0,1	7,8	0,2
4,0	HT (alta)	A1	151,3	6,0	8,2	0,2	5,4	0,3
4,9	HT (alta)	A1	155,7	0,6	5,9	0,1	3,8	0,1
1,0	HT (alta)	A2	152,0	2,0	29,5	0,9	19,4	0,8
2,0	HT(alta)	A2	152,7	6,1	18,4	0,2	12,1	0,6
3,0	HT (alta)	A2	148,3	5,7	11,5	0,2	7,8	0,4
4,0	HT (alta)	A2	150,7	0,6	6,9	0,1	4,6	0,1
4,8	HT (alta)	A2	148,7	5,9	5,2	0,1	3,5	0,2
1,1	HT (alta)	A3	151,0	4,4	27,0	0,6	17,9	0,9
1,9	HT(alta)	A3	152,3	1,5	18,0	0,3	11,8	0,3
2,9	HT (alta)	A3	148,3	4,7	10,8	0,1	7,3	0,3
4,0	HT (alta)	A3	151,3	3,5	6,2	0,0	4,1	0,1
4,9	HT (alta)	A3	146,7	4,2	4,8	0,1	3,3	0,1
1,0	HT (alta)	A3.5	147,7	2,1	23,8	0,8	16,1	0,7
2,2	HT(alta)	A3.5	140,3	7,5	12,5	0,2	8,9	0,6
3	HT (alta)	A3.5	147,7	4,0	7,9	0,1	5,3	0,2
4	HT (alta)	A3.5	151,7	2,3	4,8	0,1	3,1	0,1
4,9	HT (alta)	A3.5	151,0	3,0	2,9	0,1	1,9	0,1
1	LT (baixa)	A1	149,0	3,5	22,4	0,7	15,0	0,8
2,1	LT (baixa)	A1	150,3	2,5	11,1	0,4	7,4	0,4
3,0	LT (baixa)	A1	149,3	1,2	6,1	0,1	4,1	0,1
4,0	LT (baixa)	A1	152,0	2,6	3,1	0,0	2,0	0,0
5,2	LT (baixa)	A1	147,0	4,6	1,4	0,0	1,0	0,0
1,0	LT (baixa)	A2	149,3	3,5	22,2	1,2	14,8	1,1
X	LT (baixa)	A2						
3,0	LT (baixa)	A2	148,0	2,0	5,5	0,1	3,7	0,1
4,0	LT (baixa)	A2	152,7	4,0	2,9	0,1	1,9	0,1
4,9	LT (baixa)	A2	150,7	4,7	1,6	0,1	1,1	0,1
1,0	LT (baixa)	A3	150,0	1,0	21,8	0,6	14,6	0,5
2,2	LT (baixa)	A3	151,3	9,3	9,2	0,1	6,1	0,4
X	LT (baixa)	A3						
4,0	LT (baixa)	A3	150,7	3,2	2,7	0,1	1,8	0,1
5,0	LT (baixa)	A3	150,0	4,0	1,4	0,1	0,9	0,1
1,2	LT (baixa)	A3.5	150,7	4,7	17,5	0,3	11,6	0,6
1,9	LT (baixa)	A3.5	150,0	8,0	7,9	0,3	5,2	0,4
3,1	LT (baixa)	A3.5	150,0	4,4	3,3	0,1	2,2	0,1
3,9	LT (baixa)	A3.5	151,0	3,6	1,9	0,0	1,3	0,0
5,1	LT (baixa)	A3.5	150,0	1,0	0,7	0,0	0,5	0,0

TRANSMISSÃO - LED 460nm : 1.350mW/cm²

ESPESSURA	TRANSLUCIDEZ	COR	Sem Cerâmica		Com Cerâmica		T%	DP
			Sem Cerâmica	DP	Com Cerâmica	DP		
0,9	HT (alta)	A1	288,7	5,3	46,2	0,1	16,0	0,3
1,9	HT(alta)	A1	300,3	2,1	26,8	0,8	8,9	0,3
3,0	HT (alta)	A1	272,0	9,2	16,9	0,1	6,2	0,3
3,9	HT (alta)	A1	289,3	5,5	8,6	0,2	3,0	0,1
5,6	HT (alta)	A1	289,7	7,6	5,1	0,0	1,8	0,0
0,7	HT (alta)	A2	274,0	18,7	53,5	0,3	19,5	1,4
2,0	HT(alta)	A2	276,0	7,9	24,3	0,2	8,8	0,3
3,1	HT (alta)	A2	281,0	6,9	14,0	0,2	5,0	0,2
4,0	HT (alta)	A2	271,7	14,5	8,9	0,1	3,3	0,2
4,8	HT (alta)	A2	285,3	5,5	6,4	0,2	2,2	0,1
0,9	HT (alta)	A3	268,7	14,0	42,5	1,5	15,8	1,4
1,9	HT(alta)	A3	277,3	16,6	22,7	0,4	8,2	0,6
3,0	HT (alta)	A3	276,0	14,1	12,1	0,1	4,4	0,2
4,0	HT (alta)	A3	264,7	13,0	7,7	0,2	2,9	0,2
3,8	HT (alta)	A3	272,0	17,8	9,3	0,0	3,4	0,2
1,3	HT (alta)	A3.5	283,0	7,5	26,8	0,0	9,5	0,3
2,0	HT(alta)	A3.5	283,7	6,8	19,1	0,2	6,7	0,2
3,0	HT (alta)	A3.5	287,7	12,7	9,3	0,1	3,2	0,2
3,9	HT (alta)	A3.5	287,7	6,4	6,0	0,0	2,1	0,0
5,1	HT (alta)	A3.5	273,0	10,5	3,0	0,0	1,1	0,0
0,9	LT (baixa)	A1	289,3	6,0	33,7	0,4	11,6	0,4
1,9	LT (baixa)	A1	284,7	5,0	15,2	0,1	5,4	0,1
3,0	LT (baixa)	A1	285,7	11,2	7,4	0,0	2,6	0,1
4,0	LT (baixa)	A1	280,0	11,3	3,5	0,1	1,3	0,1
4,9	LT (baixa)	A1	284,7	6,7	2,0	0,1	0,7	0,1
1,0	LT (baixa)	A2	283,7	8,1	31,5	0,3	11,1	0,4
1,9	LT (baixa)	A2	283,0	4,4	15,0	0,3	5,3	0,2
2,9	LT (baixa)	A2	297,3	4,0	7,3	0,1	2,5	0,1
3,9	LT (baixa)	A2	297,7	6,7	3,4	0,1	1,1	0,1
4,8	LT (baixa)	A2	293,7	17,2	2,0	0,0	0,7	0,0
1,0	LT (baixa)	A3	306,7	11,0	28,5	0,5	9,3	0,5
1,9	LT (baixa)	A3	296,3	3,8	14,4	0,2	4,8	0,1
3,2	LT (baixa)	A3	298,7	9,0	5,6	0,1	1,9	0,1
4,0	LT (baixa)	A3	292,0	23,6	2,9	0,0	1,0	0,1
5,3	LT (baixa)	A3	281,0	7,0	1,1	0,1	0,4	0,0
1,0	LT (baixa)	A3.5	289,0	15,6	23,6	0,6	8,2	0,6
2,0	LT (baixa)	A3.5	291,3	17,9	9,8	0,1	3,4	0,2
3,1	LT (baixa)	A3.5	286,0	9,8	4,0	0,1	1,4	0,1
3,9	LT (baixa)	A3.5	281,0	8,7	1,8	0,1	0,7	0,0
5,1	LT (baixa)	A3.5	297,0	6,1	0,7	0,1	0,2	0,0
1,0	HT (alta)	A1	267,0	18,2	42,2	1,6	15,8	1,7
2,0	HT(alta)	A1	274,7	20,2	25,8	0,2	9,4	0,8
3,0	HT (alta)	A1	278,0	1,7	16,7	0,2	6,0	0,1
3,9	HT (alta)	A1	280,7	56,0	11,1	0,1	4,0	0,8
4,5	HT (alta)	A1	273,7	10,5	8,7	0,1	3,2	0,2
1,2	HT (alta)	A2	274,7	18,8	37,6	0,3	13,7	1,0
2,1	HT(alta)	A2	270,7	25,8	23,5	0,1	8,7	0,8
3,0	HT (alta)	A2	274,3	12,7	14,7	0,2	5,3	0,3
4,1	HT (alta)	A2	286,7	5,0	8,7	0,1	3,0	0,1
4,6	HT (alta)	A2	270,7	16,9	7,2	0,1	2,7	0,2
0,9	HT (alta)	A3	276,3	27,8	44,2	0,6	16,0	1,8

2,1	HT(alta)	A3	291,0	9,5	21,1	0,3	7,2	0,3
3,0	HT (alta)	A3	273,7	4,6	13,2	0,0	4,8	0,1
3,9	HT (alta)	A3	256,7	17,6	8,0	0,0	3,1	0,2
5,1	HT (alta)	A3	288,7	18,5	4,7	0,0	1,6	0,1
1,1	HT (alta)	A3.5	270,7	16,9	34,2	0,1	12,6	0,8
1,9	HT(alta)	A3.5	278,7	3,5	19,4	0,2	7,0	0,1
3,1	HT (alta)	A3.5	277,7	11,6	9,4	0,1	3,4	0,2
3,9	HT (alta)	A3.5	311,7	62,7	5,9	0,1	1,9	0,4
4,7	HT (alta)	A3.5	277,3	10,8	3,8	0,1	1,4	0,1
1,2	LT (baixa)	A1	290,0	12,1	25,6	0,4	8,8	0,5
2,1	LT (baixa)	A1	280,0	12,5	13,4	0,1	4,8	0,2
3,0	LT (baixa)	A1	281,7	21,5	7,3	0,1	2,6	0,2
4,0	LT (baixa)	A1	286,7	5,7	3,3	0,1	1,1	0,1
4,7	LT (baixa)	A1	293,7	11,0	2,0	0,1	0,7	0,0
1,0	LT (baixa)	A2	277,3	10,7	29,4	0,6	10,6	0,6
2,0	LT (baixa)	A2	274,7	4,2	14,9	0,1	5,4	0,1
3,2	LT (baixa)	A2	289,3	3,1	5,9	0,1	2,1	0,0
3,9	LT (baixa)	A2	285,3	12,2	3,4	0,0	1,2	0,1
4,9	LT (baixa)	A2	270,7	16,3	1,7	0,0	0,6	0,0
1,1	LT (baixa)	A3	290,0	5,0	27,2	0,1	9,4	0,2
1,9	LT (baixa)	A3	297,3	5,0	13,8	0,1	4,7	0,1
3,1	LT (baixa)	A3	275,7	11,6	5,8	0,1	2,1	0,1
4,0	LT (baixa)	A3	289,7	7,5	2,9	0,0	1,0	0,0
4,5	LT (baixa)	A3	273,3	11,5	2,3	0,1	0,8	0,1
1,0	LT (baixa)	A3.5	289,0	12,2	26,1	0,5	9,0	0,5
2,0	LT (baixa)	A3.5	281,0	9,5	10,1	0,3	3,6	0,2
3,0	LT (baixa)	A3.5	277,3	22,0	4,5	0,1	1,6	0,1
4,0	LT (baixa)	A3.5	286,3	15,3	1,8	0,1	0,6	0,1
4,8	LT (baixa)	A3.5	276,7	7,5	0,9	0,1	0,3	0,0
1,0	HT (alta)	A1	291,0	3,0	42,0	0,3	14,4	0,2
2,0	HT(alta)	A1	277,0	17,7	26,5	0,2	9,6	0,7
3,2	HT (alta)	A1	270,3	19,3	15,8	0,1	5,8	0,4
4,1	HT (alta)	A1	274,0	14,4	10,5	0,1	3,8	0,2
4,6	HT (alta)	A1	270,3	18,5	8,3	0,1	3,1	0,3
0,8	HT (alta)	A2	273,7	21,6	48,4	0,5	17,7	1,6
2,1	HT(alta)	A2	292,3	14,6	22,5	0,3	7,7	0,5
3,0	HT (alta)	A2	263,0	10,5	14,3	0,1	5,4	0,2
4,0	HT (alta)	A2	296,7	9,1	9,2	0,1	3,1	0,1
5,7	HT (alta)	A2	300,3	4,9	4,3	0,1	1,4	0,0
0,9	HT (alta)	A3	280,0	16,1	40,7	0,4	14,5	1,0
2,0	HT(alta)	A3	297,3	17,7	23,2	0,1	7,8	0,5
3,0	HT (alta)	A3	282,0	15,1	13,4	0,1	4,8	0,3
4,0	HT (alta)	A3	293,3	26,3	7,9	0,1	2,7	0,3
4,5	HT (alta)	A3	285,0	6,9	5,9	0,1	2,1	0,1
1,3	HT (alta)	A3.5	286,3	23,2	28,5	0,4	10,0	0,9
2,0	HT(alta)	A3.5	293,0	18,4	18,2	0,2	6,2	0,4
3,0	HT (alta)	A3.5	284,0	10,0	10,2	0,1	3,6	0,1
3,9	HT (alta)	A3.5	284,3	5,7	5,8	0,0	2,0	0,0
4,8	HT (alta)	A3.5	307,0	2,6	3,6	0,0	1,2	0,0
1,0	LT (baixa)	A1	292,7	6,7	31,2	0,2	10,6	0,3
2,0	LT (baixa)	A1	277,0	8,7	14,8	0,1	5,4	0,2
2,9	LT (baixa)	A1	290,3	1,5	7,8	0,1	2,7	0,0
4,0	LT (baixa)	A1	279,7	4,2	3,5	0,0	1,3	0,0
5,2	LT (baixa)	A1	281,0	6,6	1,6	0,0	0,6	0,0

1,0	LT (baixa)	A2	307,3	2,9	28,7	0,3	9,3	0,2
2,1	LT (baixa)	A2	275,7	14,7	13,8	0,1	5,0	0,3
3,0	LT (baixa)	A2	275,7	11,8	6,9	0,0	2,5	0,1
3,9	LT (baixa)	A2	297,7	6,4	3,5	0,1	1,2	0,0
5,0	LT (baixa)	A2	284,0	3,0	1,8	0,0	0,6	0,0
1,0	LT (baixa)	A3	300,0	9,8	29,8	0,1	9,9	0,4
2,1	LT (baixa)	A3	286,7	4,9	12,9	0,1	4,5	0,1
3,0	LT (baixa)	A3	276,7	12,2	6,1	0,0	2,2	0,1
4,0	LT (baixa)	A3	293,3	5,5	2,8	0,0	1,0	0,0
4,9	LT (baixa)	A3	294,3	5,5	1,5	0,0	0,5	0,0
1,2	LT (baixa)	A3.5	278,7	2,3	20,7	0,1	7,4	0,1
2,2	LT (baixa)	A3.5	303,0	7,0	8,9	0,1	2,9	0,1
2,9	LT (baixa)	A3.5	293,0	10,5	4,4	0,0	1,5	0,1
4,0	LT (baixa)	A3.5	307,0	1,0	1,6	0,0	0,5	0,0
4,8	LT (baixa)	A3.5	284,3	19,5	0,8	0,0	0,3	0,0
1,0	HT (alta)	A1	290,3	4,0	44,6	0,3	15,4	0,3
2,1	HT (alta)	A1	299,7	10,0	26,0	0,1	8,7	0,3
3,0	HT (alta)	A1	290,0	7,8	17,2	0,1	5,9	0,2
4,0	HT (alta)	A1	290,7	8,3	11,1	0,1	3,8	0,1
4,8	HT (alta)	A1	290,7	8,3	7,9	0,0	2,7	0,1
0,9	HT (alta)	A2	285,3	4,7	23,0	0,3	8,1	0,2
2,0	HT (alta)	A2	268,0	12,1	14,8	0,0	5,5	0,3
3,0	HT (alta)	A2	297,0	10,5	14,8	0,2	5,0	0,2
4,0	HT (alta)	A2	283,7	19,4	9,2	0,1	3,3	0,2
5,2	HT (alta)	A2	290,7	24,0	5,2	0,1	1,8	0,2
0,9	HT (alta)	A3	294,0	9,2	42,3	0,5	14,4	0,6
2,0	HT (alta)	A3	291,3	12,9	21,2	0,1	7,3	0,4
3,1	HT (alta)	A3	279,0	18,7	13,3	0,2	4,8	0,4
4,0	HT (alta)	A3	281,3	3,1	8,5	0,1	3,0	0,1
5,2	HT (alta)	A3	288,7	4,7	4,8	0,0	1,7	0,0
1,0	HT (alta)	A3.5	280,0	13,9	35,9	0,1	12,8	0,7
2,1	HT (alta)	A3.5	296,7	13,0	17,7	0,0	6,0	0,3
2,9	HT (alta)	A3.5	281,0	2,0	11,0	0,0	3,9	0,0
4,0	HT (alta)	A3.5	299,3	17,7	5,6	0,1	1,9	0,1
4,9	HT (alta)	A3.5	302,7	5,9	3,6	0,1	1,2	0,0
1,0	LT (baixa)	A1	292,0	2,6	30,9	0,1	10,6	0,1
2,0	LT (baixa)	A1	300,7	7,5	14,8	0,0	4,9	0,1
3,0	LT (baixa)	A1	282,0	10,0	7,6	0,1	2,7	0,1
4,0	LT (baixa)	A1	288,7	14,7	3,6	0,1	1,2	0,1
5,0	LT (baixa)	A1	303,7	7,6	1,7	0,0	0,6	0,0
1,2	LT (baixa)	A2	302,3	4,7	27,3	0,2	9,0	0,2
2,0	LT (baixa)	A2	282,0	18,0	14,7	0,1	5,2	0,4
3,0	LT (baixa)	A2	295,0	14,8	7,2	0,0	2,4	0,1
4,0	LT (baixa)	A2	296,3	13,3	3,5	0,0	1,2	0,1
4,1	LT (baixa)	A2	302,3	4,7	3,5	0,1	1,1	0,0
1,1	LT (baixa)	A3	287,0	9,6	26,8	0,1	9,3	0,3
2,0	LT (baixa)	A3	311,0	13,1	13,6	0,0	4,4	0,2
3,0	LT (baixa)	A3	302,7	6,4	6,3	0,0	2,1	0,0
4,0	LT (baixa)	A3	301,0	18,5	3,0	0,0	1,0	0,1
5,0	LT (baixa)	A3	304,0	7,8	1,3	0,1	0,4	0,0
1,1	LT (baixa)	A3.5	306,7	3,2	22,1	0,1	7,2	0,1
2,2	LT (baixa)	A3.5	297,7	6,7	8,9	0,1	3,0	0,1
2,9	LT (baixa)	A3.5	287,3	5,5	4,7	0,0	1,6	0,0
4,0	LT (baixa)	A3.5	291,7	14,6	1,9	0,0	0,7	0,0

4,8	LT (baixa)	A3.5	301,0	7,2	0,9	0,0	0,3	0,0
0,9	HT (alta)	A1	295,3	15,8	46,2	0,2	15,6	0,9
2,0	HT(alta)	A1	294,0	20,2	26,6	0,1	9,0	0,7
3,0	HT (alta)	A1	286,3	10,1	16,5	0,0	5,8	0,2
4,0	HT (alta)	A1	289,3	3,1	10,5	0,1	3,6	0,1
4,9	HT (alta)	A1	285,0	4,6	7,2	0,0	2,5	0,0
1,0	HT (alta)	A2	295,7	7,8	43,0	0,0	14,5	0,4
2,0	HT(alta)	A2	288,7	10,6	23,3	0,1	8,1	0,3
3,0	HT (alta)	A2	296,7	12,3	15,2	0,1	5,1	0,2
4,0	HT (alta)	A2	293,3	7,6	8,6	0,0	2,9	0,1
4,8	HT (alta)	A2	295,3	6,0	6,4	0,1	2,2	0,1
1,1	HT (alta)	A3	295,7	1,2	37,8	0,1	12,8	0,1
1,9	HT(alta)	A3	297,7	3,2	23,3	0,2	7,8	0,2
2,9	HT (alta)	A3	288,7	6,5	13,8	0,1	4,8	0,1
4,0	HT (alta)	A3	306,7	4,9	7,9	0,0	2,6	0,0
4,9	HT (alta)	A3	298,0	5,3	5,9	0,1	2,0	0,1
1,0	HT (alta)	A3.5	309,7	0,6	33,9	0,3	11,0	0,1
2,15	HT(alta)	A3.5	291,7	9,6	16,5	0,1	5,7	0,2
3	HT (alta)	A3.5	288,3	3,1	9,8	0,0	3,4	0,0
4	HT (alta)	A3.5	287,3	3,5	5,6	0,1	2,0	0,0
4,85	HT (alta)	A3.5	292,3	5,1	3,3	0,0	1,1	0,0
1	LT (baixa)	A1	280,7	2,1	31,8	0,1	11,3	0,1
2,1	LT (baixa)	A1	279,0	5,6	14,2	0,3	5,1	0,2
3,0	LT (baixa)	A1	294,3	17,6	7,5	0,1	2,5	0,2
4,0	LT (baixa)	A1	303,3	4,9	3,7	0,0	1,2	0,0
5,2	LT (baixa)	A1	301,0	3,6	1,5	0,0	0,5	0,0
1,0	LT (baixa)	A2	288,3	15,0	31,9	0,2	11,1	0,7
X	LT (baixa)	A2						
3,0	LT (baixa)	A2	300,7	8,0	6,7	0,1	2,2	0,1
4,0	LT (baixa)	A2	289,3	14,2	3,3	0,1	1,1	0,1
4,9	LT (baixa)	A2	294,7	7,4	1,8	0,0	0,6	0,0
1,0	LT (baixa)	A3	291,7	14,6	29,0	0,1	9,9	0,5
2,2	LT (baixa)	A3	299,7	3,1	11,7	0,1	3,9	0,1
X	LT (baixa)	A3						
4,0	LT (baixa)	A3	299,7	0,6	2,9	0,1	1,0	0,0
5,0	LT (baixa)	A3	294,3	9,3	1,4	0,0	0,5	0,0
1,2	LT (baixa)	A3.5	264,3	50,5	22,4	0,4	8,5	1,8
1,9	LT (baixa)	A3.5	293,3	8,6	10,0	0,1	3,4	0,1
3,1	LT (baixa)	A3.5	292,7	9,0	3,8	0,1	1,3	0,1
3,9	LT (baixa)	A3.5	293,3	10,1	2,0	0,0	0,7	0,0
5,1	LT (baixa)	A3.5	297,3	10,0	0,7	0,0	0,2	0,0