



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
CURSO DE DOUTORADO

JÉSSYCA MARIA FRANÇA DE OLIVEIRA MELO

**Influência no grau de conversão polimérica de diferentes cimentos resinosos e
fotopolimerizadores através da cerâmica de dissilicato de lítio com 1,5mm de espessura e
média opacidade**

RECIFE

2024

JÉSSYCA MARIA FRANÇA DE OLIVEIRA MELO

**Influência no grau de conversão polimérica de diferentes cimentos resinosos e
fotopolimerizadores através da cerâmica de dissilicato de lítio com 1,5mm de espessura e
média opacidade**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Odontologia da Universidade Federal de
Pernambuco como requisito parcial para obtenção
do título de Doutora. Área de concentração: Clínica
Integrada na UFPE.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Bruna de Carvalho Farias Vajgel

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Juliana Raposo Souto Maior Costa

RECIFE

2024

Catálogo na fonte:
Bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4: 1895

M528i Melo, Jéssyca Maria França de Oliveira.
 Influência no grau de conversão polimérica de diferentes cimentos resinosos e
 fotopolimerizadores através da cerâmica de dissilicato de lítio de maior espessura e
 opacidade / Jéssyca Maria França de Oliveira Melo – 2024.
 48 p.

 Orientadora: Bruna de Carvalho Farias Vajgel
 Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da
 Saúde. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Recife, 2024.
 Inclui referências.

 1. Fotoiniciadores dentários. 2. Espectroscopia no infravermelho por transformada
 de Fourier. 3. Cimentos de resina. Vajge, Bruna de Carvalho Farias (orientadora). II.
 Título.

617.6 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS 2024 - 189)

JÉSSYCA MARIA FRANÇA DE OLIVEIRA MELO

**Influência no grau de conversão polimérica de diferentes cimentos resinosos e
fotopolimerizadores através da cerâmica de dissilicato de lítio com 1,5mm de espessura e
média opacidade**

Tese apresentada a Universidade Federal de Pernambuco, Centro acadêmico de saúde como requisito para o título de Doutor em odontologia.
Área de concentração: Clínica Integrada.

Recife, ____de____de_____.

Aprovada em 08/05/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Bruna de Carvalho Farias Vajgel (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr Irani de Farias Cunha Júnior (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Profa. Dra. Alessandra De Albuquerque Tavares Carvalho (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Profa. Dra. Cátia Maria Fonseca Guerra (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Profa. Dra. Rafaella de Souza Leão (Examinador externo)
Universidade de Pernambuco - UPE

Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, pelo dom da vida e pela sabedoria concedida nos momentos mais difíceis vividos durante a pandemia da Covid-19. Sem que eu percebesse, trilhei caminhos melhores do que os planejados. Agradeço por todas as pessoas que Ele colocou na minha vida.

Ao meu **filho Arthur**; com ele, esta tese teve um sabor especial. Também dedico ao meu **esposo Davi** pelo companheirismo e amor sem limites dedicado à nossa família.

A **minha Mãe**, você é minha heroína silenciosa, trabalhando incansavelmente para garantir que nada me falte. Seja acordando cedo para preparar meu café da manhã, ficando com Arthur ou ficando acordada até tarde para me ajudar com minhas preocupações, você sempre esteve lá, sem nunca hesitar. Sua bondade infinita e sua capacidade de amor me inspiram todos os dias a ser uma pessoa melhor. Ao meu **pai Everaldo**, amo-te infinitamente!

A minha avó **Salomé** pelos doces afetos em toda minha jornada e ao meu irmão **Pedro**, que é meu complemento nessa vida.

À **Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)**, pela oportunidade de formação e por ser a minha segunda casa há nove anos.

A minha orientadora **Profa. Dra. Bruna Farias**, pelas orientações, oportunidades e pelo incentivo constante na minha trajetória acadêmica. Uma pessoa que conquistou meu respeito, admiração e carinho. Obrigada por todo crescimento proporcionado. Foi uma experiência muito valiosa tê-la, mais uma vez, como orientadora.

A minha coorientadora **Profa. Dra. Juliana Souto**, pelos ensinamentos compartilhados, pelo incentivo e apoio que me estimularam a trilhar este caminho. Obrigada por fazer parte dessa conquista!

A **todos os professores** que dividiram comigo seus conhecimentos. Que orgulho aprender com todos vocês!

A equipe do laboratório **Júnior Lima-Atelier Dental**, agradeço toda a dedicação imposta a este trabalho.

Ao servidor **João Rangel**, gerente do Laboratório de Combustíveis da UFPE, e a Douglas, técnico do mesmo laboratório, por terem me recebido e ensinado todo o processo de aquisição dos espectros de absorvância no FTIR.

Ao **Laboratório de Combustíveis (LAC)** que é parte do Laboratório Integrado de Tecnologia em Petróleo, Gás e Biocombustíveis (LITPEG – UFPE), por permitir a utilização do equipamento de espectroscopia FTIR.

Ao estatístico **Jansen Campos**, pelas análises estatísticas apresentadas neste trabalho.

Aos professores **Hilcia Mezzalira** e **Alexandre Nascimento** por fornecerem o radiômetro para as leituras e por me receberem na sala da Disciplina de Dentística da UFPE.

Aos meus **colegas** de mestrado e do **grupo de pesquisa Perio-implante UFPE**, que estiveram sempre junto comigo nessa caminhada, em especial a doutoranda Sinara Cunha que me apoiou em todos os momentos dessa jornada. Estará sempre guardada em meu coração.

A todos que ajudaram e incentivaram na realização desse trabalho e que contribuíram na minha tese, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes fotopolimerizadores no grau de conversão (GC) de dois cimentos resinosos fotopolimerizáveis (Variolink® Esthetic LC e Rely X Venner®) e dois duais (Variolink N base® e Rely X Ultimate®) sob matriz cerâmica através da Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR). Foram confeccionados 192 corpos de prova de cimentos resinosos com 5 mm de diâmetro e 1 mm de espessura, sendo 48 amostras para cada tipo de cimento. Metade das amostras de cada grupo (n=24) foram fotopolimerizadas utilizando a luz monowave Radii Cal (LED A) e a outra metade utilizando a poliwave Valo Grand Cordless (LED B) com a interposição do disco cerâmico IPS e.max® Press na espessura de 1,5 mm e com média opacidade. Para o grupo controle de todos os grupos, 12 corpos de prova foram fotopolimerizados por cada LED A e B sem a interposição do disco cerâmico. Observou-se diferença significativa entre todos os cimentos estudados ($p < 0,05$). Os cimentos resinosos fotoativados tiveram o maior GC comparado aos cimentos resinosos duais, tendo o Variolink-LC o maior GC ($51,58 \pm 3,82\%$) e o Rely X- ULT o menor GC ($26,75 \pm 2,99\%$). Quanto à influência da luz fotopolimerizadora no GC, para os cimentos estudados, os cimentos Rely X Ultimate, Rely X Venner®, Variolink Esthetic LC® apresentaram diferença significativa para o GC, tendo os maiores valores para o fotopolimerizador Valo Grand Cordless. Os valores mais expressivos do GC ($p < 0,05$) foram apresentados pelos cimentos resinosos fotoativados quando fotopolimerizados pelo Valo Grand Cordless.

Palavras-chave: fotoiniciadores dentários; espectroscopia no infravermelho por transformada de fourier; cimentos de resina

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of different photopolymerizers on the GC of two light-cured resin cements (Variolink® Esthetic LC e Rely X Venera®) e of two light-cured resin cements (Variolink N base® e Rely X Ultimate®) under ceramic matrix through Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). 192 specimens of resin cement were made with 5 mm in diameter and 1 mm in thickness, with 48 samples for each type of cement. Half of the samples from each group (n=24) were photopolymerized using Radii Cal monowave light (LED A) and the other half using Valo Grand Cordless polywave (LED B) with the interposition of IPS e.max® Press ceramic discs in the 1.5 mm thick, at medium opacity. For the control group of all groups, 12 specimens were photopolymerized by each LED A and B without the interposition of the ceramic disc. A significant difference was observed between all cements studied ($p < 0.05$). Photoactivated resin cements had the highest GC compared to dual resin cements, with VARIOLINK-LC having the highest GC ($51.58 \pm 3.82\%$) and RELYX-ULT having the lowest GC ($26.75 \pm 2.99\%$). Regarding the influence of the light-curing light on the GC, for the cements studied, mainly for the cements Rely X Ultimate, Rely The most significant GC ($p < 0.05$) values were presented by light-activated resin cements when photopolymerized by Valo Grand Cordless.

Keywords: photoinitiators, Dental; spectroscopy, fourier transform infrared; resin cements.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

TESE

Figura 1 –	Projeto exocad dos discos de resina.	22
Figura 2 –	Impressora 3D utilizada para impressão em resina dos discos.	22
Figura 3 –	Discos de resina no anel de injeção.	22
Figura 4 –	Unidades fotoativadoras. (4A LED monowave emitindo o comprimento de onda azul; 4B LED poliwave emitindo os comprimentos de luz azul e violeta).	23
Quadro 1 –	Aparelhos fotoativadores utilizados na pesquisa.	24
Figura 5 –	Radiômetro utilizado para avaliação da irradiância de aparelhos fotoativadores.	25
Figura 6 –	Matriz de polivinilsiloxano sendo realizada com molde dos discos de resina impressos.	27
Figura 7 –	Representação da preparação amostras de cimento resinoso.	27
Figura 8 –	Paquímetro realizando a calibração do disco de resina.	28
Figura 9 –	Preparação dos espécimes para análise do grau de conversão. A- Molde de silicone de adição; B- Inserção do cimento resinoso dentro do molde de silicone; C- Tira de poliéster posicionada sobre o cimento; D- Disco de cerâmica posicionada sobre a tira de poliéster; E- Fotopolimerização do cimento resinoso através do disco de cerâmica.	30
Figura 10 –	Amostra de cimento	30
Figura 11 –	FTIR com a unidade ATR acoplada e posicionada sobre o cristal da ATR.	31

ARTIGO – INFLUENCE ON THE DEGREE POLYMER CONVERSION OF DIFFERENT RESIN CEMENTS AND CURING LIGHTS THROUGH LITHIUM DISILICATE CERAMICS WITH 1.5 MM THICKNESS AND MEDIUM OPACITY

Quadro 1 –	Presentation of the resin and dual cements used in the research	37
------------	---	----

LISTA DE TABELAS

TESE

Tabela 1 –	Apresentação dos cimentos resinosos utilizados no estudo	26
Tabela 2 –	Distribuição dos grupos de acordo com as variáveis estudadas nos cimentos resinosos e quantidade de amostras	29

ARTIGO – INFLUENCE ON THE DEGREE POLYMER CONVERSION OF DIFFERENT RESIN CEMENTS AND CURING LIGHTS THROUGH LITHIUM DISILICATE CERAMICS WITH 1.5 MM THICKNESS AND MEDIUM OPACITY

Tabela 1 –	DC measures according to the type of cementing agent and curing light	35
------------	---	----

LISTA DE ABREVIATURA, SIGLAS E SÍMBOLOS

□	Diâmetro
ATR	Reflectância total atenuada
BAPO	2,4,6-Trimetilbenzofenona
Bis-EMA	Bisfenol A dimetacrilato etoxilado
Bis-GMA	Bisfenol A glicol dimetacrilato
CQ	Canforoquinona
D3MA	1,10-decanodiol dimetacrilato
DC	Dual-cured (cura dual)
DP	Desvio padrão
EDMAB	Etil 4-dimetil aminobenzoato
FTIR	Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier
HEMA	Metacrilato de 2-hidroxietila
HT	Alta translucidez
LC	Light-cured (fotopolimerizável)
LT	Baixa translucidez

MEMO	Metacriloxipropiltrimetoxisilano
MO	Média opacidade
mW/cm ²	Miliwatts por centímetro quadrado
GC	Grau de conversão
TEGDMA	Trietileno glicol dimetacrilato
TPO	Óxido de 2,4,6-trimetil benzoildifenil fosfina
UDMA	Uretano dimetacrilato
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
Variolink E	Variolink Esthetic LC

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	18
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	TIPO E LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	19
3.2	PREPARAÇÃO DOS DISCOS DE CERÂMICA.....	19
3.3	MENSURAÇÃO DA INTENSIDADE DE LUZ (MW/CM2)	21
3.4	CÁLCULO AMOSTRAL.....	23
3.5	CONFEÇÃO DAS AMOSTRAS DE CIMENTO RESINOSO.....	23
3.6	MENSURAÇÃO DO GC DO CIMENTO RESINOSO.....	29
3.7	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	30
4	RESULTADOS.....	31
4.1	ARTIGO: Influence on the degree of polymer conversion of different resin cements and curing lights through lithium disilicate ceramics of greater thickness and opacity.....	31
	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A polimerização de cimentos resinosos envolve a reação entre radicais livres, quando o material é transformado do estado físico líquido viscoso para o sólido rígido. Durante essa fase, as ligações duplas de carbono ($C=C$) existentes na porção alifática da cadeia são quebradas e convertidas em ligações covalentes ($C-C$) entre os monômeros metacrilatos, formando a cadeia polimérica⁽¹⁻¹¹⁾. O parâmetro indicativo da qualidade de polimerização dos cimentos resinosos é o grau de conversão (GC), que é a medida de porcentagem relativa de ligações duplas de carbono consumidas durante este processo químico⁽¹²⁻¹⁸⁾. Alguns estudos tem sugerido que a maioria dos polímeros exibem uma quantidade considerável de monômero residual em graus de conversão variando de 55% até 75%⁽²⁶⁾.

Monômeros residuais apresentam alto grau de toxicidade e podem induzir efeitos biológicos adversos nos tecidos, principalmente na polpa, além de aumentar a solubilidade marginal e desenvolvimento de lesão de cárie secundária como consequência da polimerização insuficiente do cimento⁽²⁶⁻²⁹⁾. Muitas tentativas têm sido feitas para melhorar o GC e profundidade de cura dos cimentos resinosos como, melhorias no tamanho das partículas de carga e lançamentos de novos fotoiniciadores e fotopolimerizadores⁽¹²⁾. Uma dessas tentativas foi a introdução de um novo fotoiniciador, Ivocerin® (um dibenzoílo derivado de germânio) em cimentos resinosos fotoativados. Ele foi desenvolvido para fornecer um espectro ainda mais amplo de ondas curtas de absorção, que estão na faixa do violeta, ou seja, um fotoiniciador altamente reativo para ajudar a aumentar a profundidade de reação de polimerização sobre diferentes espessuras de coroas com maior valor de cor⁽²⁶⁻³³⁾.

Quanto a reação de polimerização, os cimentos resinosos podem ser classificados em: química (autopolimerizáveis), fotoativados (ativados pela emissão de luz visível) e duais (quimicamente e fotoativados)^(1,5). Neste último, a reação de polimerização se dá tanto pela emissão da luz visível quanto por reação química (peróxido de benzoíla), monômeros fotoiniciadores, como as cetonas aromáticas Norrish Tipo II (canforoquinona) e aminas terciárias promotoras da reação de polimerização⁽⁶⁻¹⁰⁾.

Os cimentos duais são essenciais para assegurar a adequada polimerização entre as moléculas do cimento, mesmo sob restaurações opacas e espessas, onde a luz não é capaz de alcançar ^(13,15). Para garantir que a reação química ocorra entre essas moléculas, a amina terciária é geralmente adicionada em maiores quantidades em comparação a concentração da canforoquinona. Porém, se a amina terciária é adicionada em excesso, ela sobra na reação, pois nem toda molécula é consumida na reação. A reação da amina terciária restante da reação com outras moléculas no interior do material resinoso polimerizado, é responsável pelo amarelamento do cimento resinoso ao longo do tempo. E, conseqüentemente, a alteração de cor ou escurecimento da restauração cerâmica como um todo. Por essa razão, atualmente, as empresas têm substituído parcialmente ou totalmente o sistema de fotoiniciação à base de canforoquinona por outros sistemas de fotoiniciação que não necessitam de amina terciária para sua reação ⁽¹⁵⁾.

Já os cimentos fotoativados, possuem fotoiniciadores Norrish tipo I (Ivocerin®, TPO, BAPO) que são ativados por luz visível, assim a polimerização se inicia somente após a exposição do material à luz. Além disso, os cimentos fotopolimerizados apresentam melhor estabilidade de cor, pois não tem amina terciária como ativador químico e possuem um bom tempo de trabalho clínico por ter uma estabilidade de cor superior em comparação aos sistemas duais, o faz ser o mais procurado no mercado ⁽³³⁻³⁹⁾. No entanto, o GC para cimentos fotopolimerizados depende da penetração da luz e da exposição, que é influenciada pela espessura e translucidez das restaurações adesivas. Desse modo, esses cimentos são indicados para cerâmicas puras com até 2 mm de espessura, como por exemplo, coroas. Acima dessa medida, um cimento dual parece ser o mais indicado ⁽³³⁻⁴⁰⁾.

A translucidez dos materiais cerâmicos pode variar de acordo com: saturação da cor, estrutura cristalina, espessura, tamanho das partículas cristalinas e pigmentos. Já a espessura da cerâmica pode influenciar a transmissão e qualidade da luz do fotopolimerizador que atinge a camada de cimento subjacente. Logo, a escolha do tipo de cerâmica, espessura, cor e opacidade (translucidez) reflete diretamente no GC dos cimentos resinosos ⁽⁷⁻¹⁰⁾.

Os aparelhos fotopolimerizadores ou Diodo emissor de luz (LED) são utilizados para ativar fotoiniciadores presentes nos cimentos resinosos. Para que as propriedades físicas, mecânicas e biológicas dos cimentos resinosos sejam preservadas, a intensidade luminosa da unidade

fotopolimerizável deve gerar energia suficiente para ativar e promover um adequado GC, à medida que quando essa energia total for aquém do requerido pelo material resinoso, ela atuará negativamente no processo de polimerização desses cimentos⁽¹³⁾. Atualmente, estão disponíveis no mercado os LEDs de segunda e terceira geração⁽¹⁴⁻²¹⁾.

Os de segunda geração apresentam altos valores de irradiância e alta geração de calor⁽⁴¹⁻⁴⁴⁾. Utilizados para fotoiniciadores que exigiam alta absorvância, como a canforoquinona, que é principalmente ativado por luz azul com pico de comprimento de onda de 468 nm^(45,46). Esses fotopolimerizadores, chamados de *monowave*, resultavam em energia suficiente para a reação. Porém, esses fotoiniciadores tipo II apresentavam uma acelerada reação de polimerização, resultando em alto grau de contração^(44, 45). O aparelho LED Radii Cal® (SDI), é um exemplo de LED de segunda geração. No modo *ramp*, inicia sua polimerização suave, minimizando o *stress* da união entre o cimento e o esmalte / dentina e reduz os espaços marginais na cimentação. Além disso, produz uma luz azul forte em ondas que variam entre 440 e 480 nm e uma intensidade de lux máxima de 1.200mw/cm² com limites necessários para os produtos que contém canforoquinona, segundo o fabricante⁽⁴⁵⁾.

Os LEDs de terceira geração se apresentam com múltiplos comprimentos de onda (*poliwave*)⁽⁴⁶⁻⁴⁸⁾, e que tem como exemplos, o Valo Grand Cordless® (Ultradent) e o Bluephase N® (Ivoclar Vivadent). Esta geração, em contraste com as versões anteriores, emitem um espectro de luz que varia seu comprimento de onda entre 385 à 515nm. Esta característica permite a fotopolimerização de diferentes fotoiniciadores, ou seja, Norrish tipo I ou Norrish tipo II presente na composição dos cimentos resinosos^(46, 47).

Dentre os métodos utilizados para avaliar o GC de compostos resinosos e que consegue trazer uma aproximação direta na avaliação da profundidade de cura de compósitos dentais na polimerização de monômeros, o infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) pode ser utilizado. Esse método baseia-se na interferometria para obtenção do espectro (frequência de irradiação infravermelha e na frequência vibracional da matéria). A irradiação infravermelha corresponde a porção do espectro eletromagnético situada entre as regiões do visível e das micro-ondas. O espectro infravermelho pode ser distribuído em três regiões: o infravermelho distante (400 - 25 cm⁻¹), o infravermelho médio (4000 - 400 cm⁻¹) e o infravermelho próximo 14285 - 4000

cm^{-1}). Os raios infravermelhos são absorvidos pelo corpo de prova e interagem com cada grupamento orgânico presente no cimento resinoso, sensível a essa radiação, produzindo bandas de absorção, que resultam num gráfico (espectro de infravermelho). O espectro é o conjunto das absorções medidas em porcentagem de absorvância (%A) em função do número de onda (cm^{-1}) (48-55).

Os dados são escassos de trabalhos que avaliam, em um único estudo, o GC de cimentos resinosos com diferentes fotoiniciadores (Norrish tipo I e Norrish tipo II) quando fotopolimerizados através de fotopolimerizadores de segunda e terceira geração, assim como a comparação desses grupos de cimentos resinosos entre si (8, 18, 19, 25). Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes tipos de fotopolimerizadores (Valo Grand Cordless® e Ralii Cal®) no GC dos cimentos duais (Rely X Ultimate® e Variolink N Base®) e resinosos fotoativados (Rely X Vener® e Variolink Esthetic LC®) através da cerâmica de dissilicato de lítio, utilizando a técnica de Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR).

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Analisar a influência de diferentes fotopolimerizadores Ralii Cal[®] (SDI, Bayswater, Austrália) e Valo Grand Cordless[®] (Ultradent Inc, South Jordan, UT, USA) no GC de cimentos resinosos duais e fotoativados, através da técnica de Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR).

Objetivos Específicos

- Comparar a influência de diferentes fotopolimerizadores (Ralii Cal[®] e Valo Grand Cordless[®]) no GC dos cimentos resinosos;
- Avaliar o GC dos cimentos resinosos duais Rely X Ultimate[®] (3M – ESPE) e Variolink N Base[®] (Ivoclar Vivadent) comparado aos fotoativados Rely X Venner[®] (3M – ESPE) e Variolink Esthetic LC[®] (Ivoclar Vivadent) de acordo com os diferentes fotopolimerizadores.

Hipóteses

- H0:

a) Os fotopolimerizadores Valo Grand Cordless[®] e Ralii Cal[®] não apresentam diferença no GC dos cimentos resinosos.

b) Não houve diferença entre os GC dos cimentos resinosos duais e fotoativados.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo e localização do estudo

O presente estudo foi do tipo experimental laboratorial e realizado no Laboratório de Combustíveis da Universidade Federal de Pernambuco (LAC), Laboratório de pós-graduação em Odontologia e parceria com o Laboratório Junior Lima - Atelier dental, localizado na cidade do Recife-PE.

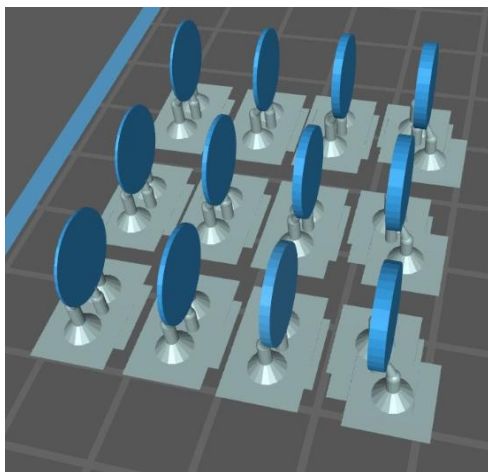
3.2 Preparação dos discos de cerâmica

Foram fabricados 3 discos de cerâmica IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent), com 10 mm de diâmetro, 1,5 mm de espessura na cor A2, e média opacidade (MO), de acordo com as especificações do fabricante, pelo laboratório Júnior Lima - ateliê dental^(3,62) tendo isso como uma finalidade de representar uma coroa cerâmica,

Um protótipo dos discos de cerâmica foi projetado no programa Exocad GmbH©, seguindo o diâmetro e espessuras estabelecidos. O projeto foi salvo no formato STL e impresso em uma impressora 3D em resina (Anycubic Photon LCD-based SLA 3D Printer, Shenzhen, China) (Figura - 1)⁽⁶⁵⁾.

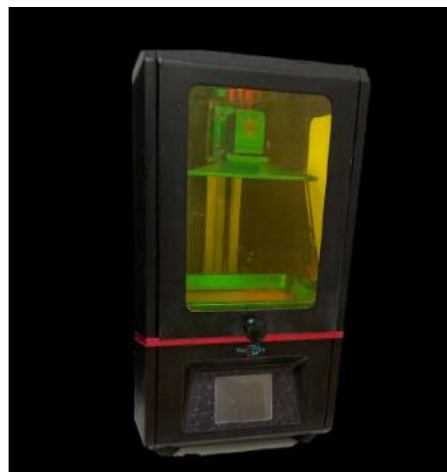
A impressão dos protótipos aconteceu por estereolitografia (SLA) usando a resina (priZma 3D CM-450 CASTING DLP/LCD UV, Makertech Labs, São Paulo, Brasil) (Figura - 2).

Figura 1- Projeto exocad dos discos de resina



Fonte: Lima (2021)

Figura 2- Impressora 3D utilizada para impressão em resina dos discos



Fonte: Lima (2021)

Após impressão, os discos foram destacados da base e preparados para o anel para injeção. Foram posicionado 4 discos de resina em um anel de fundição de 100 gramas de revestimento (Figura 3) ⁽⁶⁵⁾.

Figura 3 - Discos de resina no anel de injeção.



Fonte: Lima (2021)

O agente redutor de tensão superficial (Surface, Polidental, São Paulo) foi aplicado antes da inclusão com revestimento para injeção (Gilvest HS, Bradent, São Paulo), e, após a presa do

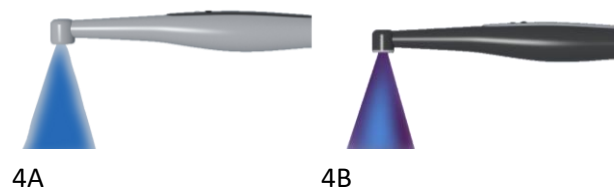
revestimento, a resina foi eliminada em forno automático à temperatura de 850°C por 60 min, utilizando a técnica da cera perdida. Os lingotes de cerâmica IPS E.max Press foram injetados nos moldes de revestimento em um forno de prensagem automática (EP 600, Ivoclar Vivadent) ⁽⁶⁵⁾.

Um dos lados do disco de cerâmica foi submetido a acabamento com pedra e borracha (DT01, DT08 diamante - Diaturbo, Ribeirão Preto, Brasil) para simular o processo que o técnico em prótese dental realiza nas restaurações indiretas de cerâmica. O outro lado do disco não foi submetido a polimento. Todas as amostras foram limpas em cuba ultrassônica em água deionizada (Ultrasonic Cleaner 1440 D[®] (Odontobrás) São Paulo, por 10 min e secas com ar comprimido. A espessura final dos discos 1,5 mm foi confirmada com um paquímetro digital (Zaas precision; 0,01 mm). Duas camadas de pasta glaze (IPS e.max Ceram Glaze, Ivoclar Vivadent) foram aplicadas na superfície da cerâmica polida com movimentos únicos e direção única. Cada camada de pasta glaze queimou no forno de sinterização (P710 Programat; Ivoclar-Vivadent) por 15 min, segundo orientações do fabricante ⁽⁶⁵⁾.

3.3 Mensuração da intensidade de luz (mW/cm²)

Foram selecionadas neste estudo dois tipos diferentes de unidades LEDs fotoativadoras: uma *monowave*, o Rádi Cal[®] (SDI, Bayswater, Austrália) e uma *poliwave*, o Valo Grand Cordless[®] (Ultradent Inc, South Jordan, UT, USA), (Figura - 4).

Figura 4- Unidades fotoativadoras. (4A- LED monowave emitindo o comprimento de onda azul; 4B - LED poliwave emitindo os comprimentos de luz azul e violeta.)



Fonte: elaborada pela autora (2024)

O aparelho emissor de luz LED o Rádi Cal[®] (SDI, Bayswater, Austrália) foi ativado por 15s, pois segundo o fabricante, é capaz de alcançar uma intensidade de irradiância de até

1200mW/cm² neste tempo. Enquanto o Valo Grand Cordless[®] (Ultradent Inc, South Jordan, UT, USA) foi utilizado na potência standard (20s), onde, de acordo com o fabricante, é capaz de alcançar uma intensidade de irradiância de até 1000 mW/cm² neste modo ⁽⁶³⁾. (Quadro - 1).

Quadro 1- Aparelhos fotoativadores utilizados na pesquisa.

Nome comercial	Fabricante	Aparelho fotoativador	Irradiância máxima	Espectro emitido	Fotoiniciadores ativados
Radii Cal [®]	SDI8	LED	1200 Wm ⁻² 15s	Azul (Monowave)	Canforoquinona
Valo Grand Cordless [®]	Ultradent	LED	-1000 Wm ⁻² (standard) 20s -1600 Wm ⁻² (alta potência plus) 4s -3200 Wm ⁻² (potência Xtra) 3s	Azul e violeta (Poliwave)	Canforoquinona, Ivocerin e óxidos fosfínicos (como TPO* e BAPO**)

*Óxido mono-alkil fosfínico (TPO); **Óxido bis-alkil fosfínico (BAPO)

Fonte: elaborada pela autora (2024).

Foi utilizado para confirmar e mensurar a irradiância que atravessou os discos de cerâmica um radiômetro (Hilux Ledmax Dental Curing Light Meter, Benlioğlu Dental Inc.) (Figura 5).

Figura 5- Radiômetro utilizado para avaliação da irradiância de aparelhos fotoativadores



Fonte: elaborada pela autora (2024).

Para padronizar a temperatura da lâmpada e obter valores homogêneos de intensidade durante todo o experimento, o aparelho foi acionado por 60 segundos, até completar três ciclos de 20 segundos ^(15, 53). Esta etapa teve por objetivo padronizar a temperatura da lâmpada ⁽⁵³⁾⁽¹⁵⁾. Após isso, os discos de cerâmica foram posicionados sobre a área fotossensível do radiômetro e a ponta LED do fotopolimerizador foi posicionada em contato e perpendicular ao disco e encontrou-se o valor superior a $>1128 \text{ mW/cm}^2$ quando acionados por 20s. ⁽⁵³⁾.

Para garantir o armazenamento necessário de energia das baterias dos fotopolimerizadores, a cada 24 amostras fotopolimerizadas, o fotopolimerizador era submetido a um novo carregamento.

3.4 Cálculo amostral

Para determinação do tamanho amostral, foi utilizado o software MATLAB (versão 7.5.0, MathWorks, Natick, MA, EUA) ⁽⁸⁻¹¹⁾. Considerando o GC em cimentos duais do grupo teste de $(44.55 \pm 4.33\%)$ e fotoativados $(87.18 \pm 2.90\%)$ ⁽¹¹⁾ 24h após a fotopolimerização, um mínimo de 4 amostras por grupo foi calculado como necessário para fornecer 0,95 de poder estatístico com $\alpha=0,05$. Para garantir uma maior representatividade, 12 amostras foram utilizadas.

3.5 Confeccção das amostras de cimento resinoso

As amostras dos cimentos resinosos (Tabela 1) foram confeccionadas a partir da impressão dos protótipos dos discos de cimentos por estereolitografia (SLA) usando a resina (priZma 3D CM-

450 CASTING DLP/LCD UV, Makertech Labs, São Paulo, Brasil). Esses discos de resina tiveram suas medidas previamente conferidas por um paquímetro digital (Zaas precision; 0,01 mm), obtendo uma dimensão final de 5 mm de diâmetro e 1 mm de espessura (Figura - 6, 7 e 8) ^(11, 59, 64,65).

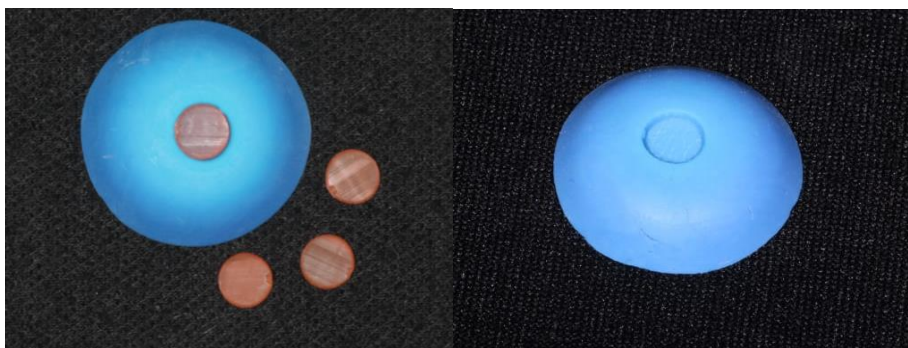
As amostras de cimentos foram confeccionadas sobre um molde de polivinilsiloxano (Virtual[®] – Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein), respeitando as recomendações do fabricante ^(11, 59, 64,65).

Tabela 1 - Apresentação dos cimentos resinosos utilizados no estudo.

Produto	Lote	Tipo de cimento	Fabricante	Cor	Espectro de luz necessário	Fotoiniciadores
Rely X Ultimate[®]	8011384	Cimento resinoso de presa dual	3M – ESPE	Translúcido	Azul	Canforoquinona
Variolink N[®]	Z01HG5	Cimento resinoso de presa dual	Ivoclar Vivadent	Translúcido	Azul	Canforoquinona
Rely X Venner[®]	ND00383	Cimento resinoso Fotoativado	3M – ESPE	Translúcido	Azul	Canforoquinona
Variolink Esthetic LC[®]	Z01HG6	Cimento resinoso Fotoativado	Ivoclar Vivadent	Neutral	Violeta	Ivocerin

Fonte: elaborada pela autora (2024).

Figura 6 - Matriz de polivinilsiloxano sendo realizado com molde dos discos de resina impressos.



Fonte: Lima (2021).

Figura 7- Representação das preparações amostrais de cimento resinoso.



Fonte: elaborada pela autora (2024).

Figura 8- Paquímetro realizando a calibração do disco de cimento



Fonte: Lima (2021).

Para cada disco de cerâmica (n=3) foram confeccionadas 4 amostras de cada cimento para cada fotopolimerizador utilizado (LED A/ LED B), resultando num total de 12 amostras por grupo (RELYX- ULT; VARIOLINK-N; RELYX-VEN; VARIOLINK-LC) (Tabela 2). Ao total foram confeccionados 192 espécimes de cimentos resinosos com aproximadamente 5 mm de diâmetro e 1 mm de espessura, sendo 48 amostras para cada tipo de cimento (Rely X Ultimate®; Rely X Venner®; Variolink N base; Variolink® Esthetic LC). A metade das amostras de cada grupo (n=24) foram fotopolimerizados pelo fotopolimerizador *monowave* Radii Cal (LED A) e a outra metade pelo *poliwave* Valo Grand Cordless (LED B) com a interposição de discos de cerâmica IPS e.max® Press na espessura de 1,5 mm na cor A2, na translucidez MO (média opacidade). Para o grupo controle de todos os grupos 12 amostras foram fotopolimerizadas pelos LED A e 12 pelo LED B sem a interposição do disco cerâmica.

Tabela 2: Distribuição dos grupos de acordo com as variáveis estudadas nos cimentos resinosos e quantidade de amostras.

Cimento	Nº de discos		Fotopolimerizador			
	cerâmicos utilizados		Radii Cal (LED A)		Valo Grand Cordless (LED B)	
	Controle	Teste	Controle (n=12)	Teste (n=12)	Controle (n=12)	Teste (n=12)
Rely X Ultimate[®]	0	3	RELYX-ULT	C-RELYX-ULT	RELYX-ULT	C-RELYX-ULT
Variolin k N[®]	0	3	VARIOLINK-N	C-VARIOLINK-N	VARIOLIN K-N	C-VARIOLINK-N
Rely X Venner[®]	0	3	RELYX-VEN	C-RELYX-VEN	RELYX-VEN	C-RELYX-VEN
Variolik n Esthetic LC[®]	0	3	VARIOLINK-LC	C-VARIOLINK-LC	VARIOLIN K-LC	C-VARIOLINK-LC

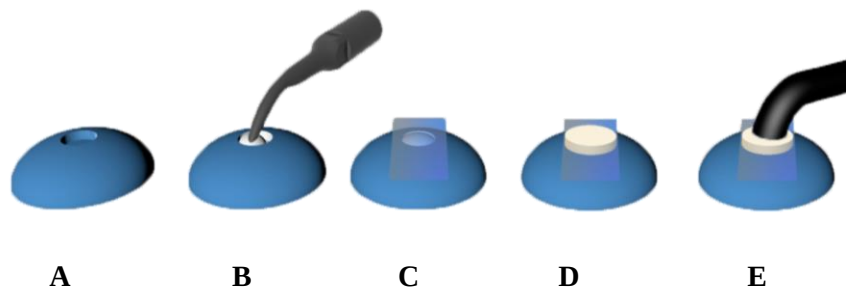
N: número; LC: light cure; DC: dual cure

Fonte: elaborada pela autora (2024).

Para confeccionar as amostras de cimento, foi colocada uma quantidade de cimento preenchendo toda a área da matriz de silicone (5x1mm), em seguida, uma tira de poliéster foi posicionada sobre a matriz preenchida^(58, 61). Para regularizar a espessura e extravar o excesso de cimento, a tira de poliéster foi pressionada manualmente por uma espátula reta número 24 (Golgran) com dimensões de 20,0 × 4,0 × 1,5 cm. Em seguida, o disco de cerâmica, com a superfície glazeada

voltada para cima, foi posicionado sobre a tira de poliéster/cimento resinoso e a unidade fotoativadora foi justaposta perpendicularmente a cerâmica para fotoativação. Todos os grupos foram fotopolimerizados seguindo a recomendação do fabricante (Figura – 09 e 10).

Figura 09- Preparação dos espécimes para análise da GC: A-molde de silicona de adição; B- Inserção do cimento resinoso dentro do molde de silicona; C- Tira de poliéster posicionada sobre o cimento; D- Disco de cerâmica posicionada sobre a tira de poliéster; E- Fotopolimerização do cimento resinoso através do disco de cerâmica.



Fonte: elaborada pela autora (2024).

O fotopolimerizador Valo Grand Cordless® foi utilizado no modo *Standard*, e para ambos os fotopolimerizadores, foi utilizado um tempo de 20 segundos de fotopolimerização das amostras de cimentos ⁽⁶³⁾. A manipulação dos cimentos resinosos seguiu as orientações dos fabricantes, sendo os cimentos duais misturado através da ponta automix fornecida pelo próprio fabricante.

Figura 10- Amostra de cimento confeccionada



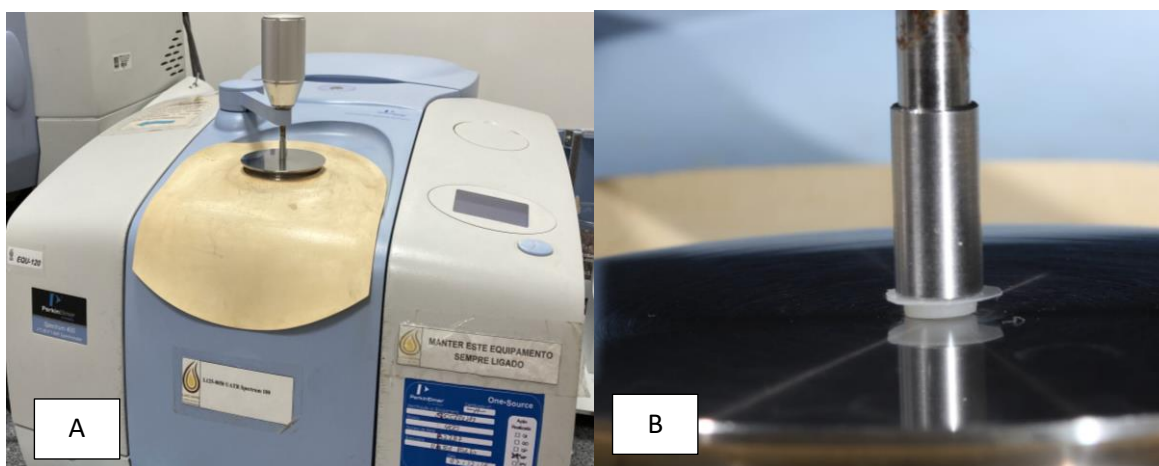
Fonte: Lima (2021).

Toda fotopolimerização das amostras aconteceram em uma sala sem a interferência direta da luz solar. As amostras foram armazenadas em estufa biológica (Medclave® S.STEEL, MODELO 3) a 37°C por 24h em potes herméticos de plástico escuro, no laboratório da pós-graduação em Odontologia da UFPE, antes da mensuração do GC⁽⁶⁵⁾.

3.6 Mensuração do GC do cimento resinoso

As mensurações do GC das amostras de cimento foram feitas através da Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) associada com reflectância total atenuada (ATR) (PerkinElmer® FT-IR/FT-NIR Spectrometer, modelo: spectrum 400; Miracle accessory ATR unit, spectrum 100, diamante/ZnSe/1mm), realizadas no LAC-UFPE (Figura - 11).

Figura 11- FTIR: a) unidade ATR acoplada; b) Amostra de cimento posicionada sobre o cristal da ATR.



Fonte: Lima (2021).

Foi feita uma leitura preliminar de cada cimento na sua forma não polimerizada para obter o espectro de absorvância das ligações de cada um deles. Cada amostra foi escaneada 32 vezes com uma variação de 4.000 a 400 cm^{-1} e resolução de 4 $\text{cm}^{-1(3-5)}$. Os picos de absorção de ligações duplas

aromáticas foram registrados em 1609 cm^{-1} e o pico das ligações duplas alifáticas ($\text{C}=\text{C}$) foi registrado em 1637 cm^{-1} (13, 59, 62). A razão entre a ligação dupla carbono-carbono alifática e o grupo aromático para amostras não polimerizadas e polimerizadas foi usada para calcular o GC de acordo com a seguinte equação^(3,51).

$$GC (\%) = 1 - \frac{\left[\frac{abs(\text{C}=\text{C}_{alifática})}{abs(\text{C}=\text{C}_{aromática})} \right]_{polímero}}{\left[\frac{abs(\text{C}=\text{C}_{alifática})}{abs(\text{C}=\text{C}_{aromática})} \right]_{monômero}} \times 100$$

Onde, GC é o grau de conversão, $abs(\text{C}=\text{C}_{alif})$ é a quantidade máxima de ligações alifáticas $\text{C}=\text{C}$ que atinge o pico durante absorvância, e $(\text{C}=\text{C}_{arom})$ são o pico de benzeno para todos os tipos de cimento estudados. Tal equação resume-se na razão entre a absorvância do cimento polimerizado (polímero) e não polimerizado (monômero)⁽³⁾.

3.7 Análise e interpretação dos dados

Os dados obtidos para cada variável avaliada foram registrados, tabulados e calculados em planilha no software SPSS versão 20.0 para Windows. os valores médios de grau de conversão foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk para escolha do tipo do teste. Como análise de comparação, foram utilizados os testes não paramétricos de Mann-Whitney para análise de dois fatores independentes (cimento resinoso e fotopolimerizador). Para verificar se houve associação entre variáveis, foi adotado o nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS

4.1 ARTIGO: – Influence on the degree polymer conversion of different resin cements and curing lights through lithium disilicate ceramics with 1.5 mm thickness and medium opacity

Jéssyca M. F. O. Melo ^a, Juliana Souto Maior ^b, Bruna C. F. Vajgel^b

Author's affiliations:

^a PhD student, Federal University of Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brazil.

^b Associate professor, Federal University of Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brazil.

Key words: Polymerization; Spectroscopy, Fourier Transform Infrared; Resin cements.

Corresponding author:

Bruna de Carvalho Farias Vajgel

Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife-PE, Brazil

508670-901

Tel.: +55 (81) 2126-8817

e-mail: bruna.farias@ufpe.br

ABSTRACT

Problem statement. Influence of two types of curing lights on the degree of conversion (DC) of resin cements. **Objective.** To evaluate the influence of two curing lights on the DC of two light-

cured resin cements (Variolink® Esthetic LC and Rely X Venner®) and two dual cements (Variolink N base® and Rely X Ultimate®) through Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). **Materials and methods.** A total of 192 resin cement specimens measuring 5 mm in diameter and 1 mm thick were prepared, with 48 samples for each type of cement. Half of the samples from each group (n = 24) were photopolymerized using Radii Cal monowave light and the other half using Valo Grand Cordless polywave, with the interposition of IPS e.max® Press ceramic discs with a thickness of 1.5 mm in A2 shade, at medium opacity, simulating a ceramic crown. For the control group of all groups, 12 specimens were photopolymerized by using the LEDs without the interposition of the ceramic disc. **Results.** Light-cured resin cements performed better in DC than dual resin cements, with Variolink-LC having the highest DC ($51.58 \pm 3.82\%$) and Relyx-ULT having the lowest DC ($26.75 \pm 2.99\%$). Regarding the influence of curing lights on the DC of the cements in question, Rely X Ultimate, Rely X Venner®, and Variolink Esthetic LC® had a significant difference in DC, with the highest values for Valo Grand Cordless curing light. **Conclusion.** Therefore, the most significant DC values were presented by light-activated resin cements when photopolymerized by Valo Grand Cordless.

CLINICAL IMPLICATIONS

The results of this study can help professionals determine which cement and type of light-curing agent perform better in DC when used in the cementation of ceramic restorations of 1,5mm thickness and medium opacity. Achieving ideal DC is important to avoid early hydrolytic degradation, pulp injuries, and long-term compromise of the mechanical properties of the cement.

INTRODUCTION

The degree of conversion (DC) is a critical measure to ensure the effectiveness and durability of dental cementations ⁽¹⁻³⁾. A clinically acceptable DC must range from 55% to 75% under irradiation ⁽⁴⁻¹²⁾. What is not polymerized becomes residual monomers. These, in turn, have a high degree of toxicity and can induce adverse biological effects on tissues, mainly on the pulp, and increase marginal solubility and development of caries due to insufficient cement polymerization ⁽¹³⁻²⁰⁾. To ensure adequate polymerization in opaque and thick restorations, dual cements are essential where light is not able to reach ^(12,15). Its polymerization reaction occurs through both the emission of visible light and a chemical reaction (benzoyl peroxide), photoinitiator

monomers, such as Norrish Type II aromatic ketones (camphorquinone), and tertiary amines that trigger the polymerization reaction ^(21,22, 6-16). Photoactivated cements have photoinitiators (e.g., the Norrish type I initiator – Ivocerin[®]), which are activated by visible light, so polymerization begins only after exposing the material to light ^(24,33). In general, light-cured cements tend to have a higher DC than dual cements because photoactivation allows for faster and more efficient polymerization ⁽³³⁻⁴⁰⁾.

However, it is important to note that specific performance may vary between different cement brands and formulations. Factors such as material formulation, intensity, and quality of light also play important roles in the DC ⁽¹⁴⁻²¹⁾. Second (monowave) and third generation (polywave) LEDs are currently available on the market. Second-generation LEDs are used for cements with photoinitiators that require high absorbance ⁽⁴¹⁻⁴⁴⁾, such as camphorquinone, which is mainly activated by blue light with a peak wavelength of 468 nm ^(10, 44, 45,46). Third-generation ones emit a spectrum of light whose wavelength ranges from 385 to 515 nm. This feature allows the photopolymerization of any photoinitiator (i.e., Norrish type I or Norrish type II) present in the composition of resin cements ^(46, 47,48).

The current literature has little data on research that evaluates, in a single study, the DC of resin cements with different photoinitiators (Norrish type I and Norrish type II) when photopolymerized with second and third generation curing lights and compares these groups of resin cements with each other ^(8,12,48,49). This study aimed to evaluate the influence of different types of curing lights (Valo Grand Cordless[®] and Raddi Cal[®]) on the DC of photoactivated resin cements (Rely X Vener[®] and Variolink Esthetic LC[®]) and dual resin cements (Rely Base[®]) through lithium disilicate ceramics, using the Fourier Transform Infrared (FTIR) technique. The null hypotheses were that a) there is no influence of the different curing lights (Valo Grand Cordless[®] and Raddi Cal[®]) on the DC of the different resin cements; b) there is no difference in the DC of dual resin cements compared to light-activated ones.

METHODOLOGY

Preparation of ceramic discs

Three IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent) ceramic discs were prepared, measuring 10 mm in diameter, 1.5 mm thick, in A2 color, and medium opacity (MO), according to the manufacturer's

specifications ^(3,48). A prototype ceramic disc was designed to this end using the Exocad GmbH[®] program, following the established diameter and thickness. The project was saved in STL format and printed on a resin 3D printer (Anycubic Photon LCD-based SLA 3D Printer, Shenzhen, China). The prototypes were printed by stereolithography (SLA) using resin (priZma 3D CM-450 CASTING DLP/LCD UV, Makertech Labs, São Paulo, Brazil). After printing, a prosthetic technician prepared the discs for the injection ring and thermally pressed them with the lost wax technique, according to the manufacturer's specifications ⁽⁵¹⁾.

Preparation of resin cement samples

To standardize the diameter (5 mm) and thickness (1 mm) of the resin cement samples, a disc mold was printed on the SLA Anycubic Photon LCD-based SLA 3D printer and then molded in a polyvinylsiloxane matrix (Virtual[®] – Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein). For each ceramic disc ($n = 3$), four samples of each cement were made for each light-curing device, resulting in a total of 12 samples per group – in addition to the control groups with 12 specimens of each cement per type of light-curing device without interposition of the ceramic disc. In total, 192 cement samples were prepared to be analyzed (Chart – 1) ⁽⁵¹⁾.

Chart 1 – Presentation of the resin and dual cements used in the research.

Product	Lot	Type of cement	Manufacturer	Color	Light spectrum needed	Photoinitiators
Rely X Ultimate®	8011384	Dual-setting resin cement	3M – ESPE	Translucid	Blue	Camphorquinon
Variolink N®	Z01HG5	Dual-setting resin cement	Ivoclar Vivadent	Translucid	Blue	Camphorquinon
Rely X Venner®	ND0038 3	Resin cement	3M – ESPE	Translucid	Blue	Camphorquinon
Variolink Esthetic LC®	Z01HG6	Resin cement	Ivoclar Vivadent	Neutral	Violet	Ivocerin

The resin cement was photoactivated with the high-power Valo Grand Cordless®, for 20 seconds in Standard mode, and Radii Cal® for 20 s ⁽⁴⁸⁾. The steps took place in a room with no artificial light interference, and the samples were stored in a laboratory oven (Medclave® S.STEEL, MODEL 3) at 37 °C for 24 hours in airtight dark plastic pots ⁽⁵¹⁾.

Light intensity measurement (Mw/cm²)

Two different types of photoactivating LED units were selected in this study: a polywave, the Valo Grand Cordless® (Ultradent Inc, South Jordan, UT, USA), and a monowave, the Radii Cal® (SDI, Bayswater, Australia). A radiometer (Hilux Ledmax Dental Curing Light Meter, Benlioğlu Dental Inc.) was used to confirm and measure the irradiance that passed through the ceramic discs. The latter was positioned over the photosensitive area of the radiometer, and the tip of the LEDs was positioned in contact and perpendicular to the disc; values greater than > 1128 mW/cm² were found ⁽³⁹⁾ when activated for 20 s.

Sample calculation.

MATLAB software (version 7.5.0, MathWorks, Natick, MA, USA) was used to determine the sample size ⁽⁸⁻¹¹⁾. Considering the DC in dual cements from the test group ($44.55 \pm 4.33\%$) and light-cured cements ($87.18 \pm 2.90\%$) ⁽³⁾ 24 hours after photopolymerization, a minimum of four samples per group was calculated as necessary to provide statistical power with $\alpha = 0.05$.

Measurement of the DC of resin cement

The DC samples were measured using FTIR associated with attenuated total reflectance (ATR) (PerkinElmer® FT-IR/FT-NIR Spectrometer, model: spectrum 400; Miracle accessory ATR unit, spectrum 100, diamond/ZnSe 1 mm). A preliminary reading was initially made of each cement in its unpolymerized form to obtain the absorbance spectrum of each one's bonding. Then, each sample was scanned 32 times with a range of 4,000 to 400 cm^{-1} and a resolution of 4 cm^{-1} ⁽³⁾. The absorption peaks of aromatic double bonds were recorded at 1609 cm^{-1} and the peak of aliphatic double bonds (C = C) was recorded at 1637 cm^{-1} ^(12, 3, 48). The ratio of the aliphatic carbon-carbon double bond to the aromatic group for unpolymerized and polymerized samples was used to calculate the DC ⁽³⁾.

Data analysis and interpretation

The data obtained for each variable were recorded, tabulated, and calculated in a spreadsheet using SPSS software, version 20.0 for Windows. Mean DC values were subjected to the Shapiro-Wilk normality test to choose the type of test. As a comparison analysis, the non-parametric Mann-Whitney tests were used to analyze two independent factors (resin cement and curing light). The significance level was set at 5% to check whether there was an association between variables.

RESULTS

The DC values for each group are shown in Table 1. The mean DC values differ for all cementing agents and the Rádi Cal and Valo Grand Cordless curing lights ($p < 0.001$). Mean DC values were higher in the Variolink Esthetic LC cement for Valo, and the lowest DC values were in the Rely X Ultimate cement for Rádi, as shown in Table 1.

Table 1 – DC measures according to the type of cementing agent and curing light.

Degree of Conversion						p-value ³ (Radii x Valo Grand)
Radii Cal (LED A)			Valo Grand Cordless (LED B)			
D	Mean ± SD	p-value ¹	D	Mean ± SD	p-value ²	
C-RELYX- ULT	36.35 ± 2.03 Aa	0.001 *	GB-RUC	37.26 ± 1.52 Aa	0.001 *	0.522
RELYX- ULT	26.75 ± 2.99 Ba		GB-RU	30.25 ± 2.70 Bb		0.010 *
C-VARIOLINK-N	36.67 ± 2.66 Aa	0.001 *	GB-VNC	36.18 ± 2.05 Aa	0.001 *	0.258
VARIOLINK-N	28.92 ± 1.78 Ba		GB-VN	30.40 ± 1.51 Ba		0.061
C- RELYX-VEN	42.17 ± 0.75 Aa	0.001 *	GB-RVC	39.66 ± 2.00 Ab	0.026 *	0.024 *
RELYX-VEN	33.67 ± 2.71 Ba		GB-RV	37.00 ± 0.85 Bb		0.002 *
C- VARIOLINK-LC	48.77 ± 6.16 Aa	0.001 *	GB-ELC	60.60 ± 2.33 Ab	0.001 *	0.004 *
VARIOLINK-LC	38.25 ± 3.60 Ba		GB-EL	51.58 ± 3.82 Bb		<0.001 *

* Statistically significant.

SD standard deviations followed by different letters (capital letters comparing the control group and test group, and lowercase letters comparing the different light curing devices).

P-values ^{1,2,3} indicate statistical differences ($p < 0.05$) through the Mann-Whitney test.

D Degree of conversion

Source: Developed by the author (2024).

The Variolink Esthetic LC cementing agent had the highest DC among all cements in both the control group (without the interposition of ceramic tablets) and experimental group (with the interposition of ceramic tablets when light-activated by the Valo Grand Cordless curing light [LED B]). Furthermore, LED B obtained higher and similar values among resin cements when compared to the specimens photopolymerized by LED A.

DISCUSSION

The data obtained in this study partially supports the rejection of the null hypothesis, since there was no statistical difference between the LED types in the Variolink N Base dual resin cement. This result can be justified by the fact that LED A and LED B achieve homogeneity in the light emitted through their active tip and sensitize camphorquinone in a similar way – i.e., they were able to present power with a wavelength in the CQ spectrum in these dual cements ⁽¹⁴⁻¹⁶⁾. On

the other hand, the difference found in DC between LED A and LED B in the other groups may have been affected by the properties of the materials that make up the organic and inorganic matrix of those cements ⁽³²⁻³⁴⁾. Under photopolymerization, a DC between 50 and 75% was expected in the samples, which did not occur with LED A in the different dual and light-cured cements. LED A has an active tip diameter of 7.93 mm, 1200 (mW/cm²) light intensity, and does not have a collimated system or the ability to activate some photoinitiators, such as Ivocerin; consequently, it causes under-polymerization and early decementation ⁽¹⁴⁻¹⁶⁾.

Dual cements had lower DC values than light-cured cements. This may have occurred due to the need for a longer chemical polymerization time, more than 24 hours, compared to light-activated cements, since these cements are designed to offer a balance between the speed of initial polymerization (photoactivation) and the continuation of chemical polymerization over time ⁽³²⁻³⁴⁾.

For the photoactivated resin cement groups, the Valo Grand Cordless curing light had the highest DC in the experimental group. Furthermore, the Valo curing light had more similar values among the resin cements and was more oscillating when compared to the resin cements photopolymerized by Radii Cal. This may be associated with the Valo collimated system, which parallels the light beam, providing better alignment aimed at the maximum CQ absorption peak. Moreover, the Valo has a wider spectral output, with three LED chips (two blue and one violet) in the array assembly, compared to the narrower spectral output of Radii Cal curing lights. Hence, it can increase awareness of all contemporary photoinitiators, particularly for Ivocerin ⁽³⁶⁾. The DC results of the Rely X Veneer experimental group (RelyX™ Veneer, 3M ESPE, Seefeld, Germany) obtained a slightly higher mean value than the dual resin cements. This can be justified by the absence of tertiary amine in its composition; thus, the number of residual monomers tends to be lower after the cement cures, generating more conversion of carbon double bonds (C=C) into covalent bonds (C-C) between the methacrylate monomers, forming the solid polymer chain. RelyX Veneer cement cures very efficiently with a variety of light sources, as it contains a Norrish II photoinitiator (Camphorquinone) in its composition, which requires a wavelength of 468 nm ⁽⁴⁵⁻⁴⁹⁾.

The Variolink LC cement presented mean DC values higher than all the cementing agents studied. Likewise, this finding is in line with the few studies in which the Variolink LC presented

mean DC values higher than the Variolink N ^(11,14) > 50%. This finding is correlated with the Norrish type I photoinitiators (Ivocerin[®]) present in its formulation, which do not require additional chemical components to form radicals ^(18, 19, 25). This one has a broad absorption spectrum with short violet waves (380 to 420 nm) when compared to Norrish type II, reducing photoactivation time and increasing the curing depth. These also have lower solubility in water and cytotoxicity, thus justifying the higher DC values found in these cements ^(24, 26, 27). On the other hand, a study by Michaud et al. ⁽⁵⁰⁾.

An in vitro assay has its limitations, as it is not a complete representation of a human being's response to cementation; rather, it is a baseline for the next stage of development. Additional in vivo studies are recommended to evaluate the integrity, longevity, adhesion, strength, and stability of cementation with dual and light-cured resin cements. The results obtained in this study can help professionals determine which cement and type of light-curing agent perform best in DC when used in the cementation of ceramic restorations with greater thickness and greater opacity.

CONCLUSION

This research led to the conclusion that:

1. The Valo Grand Cordless curing light had the greatest values the DC of resin cements.
2. Light-cured resin cements had significantly higher DC than dual-cured resin cements, regardless of the type of LED used.
3. Variolink LC resin cement had the highest DC, followed by Rely X Venner, Variolink N base, and Rely X Ultimate, regardless of the type of LED used.
4. There was no difference in DC between dual cements. However, significance was found when comparing DC between light-cured cements, with better performance for Variolink LC.

REFERÊNCIAS

1. Aguiar TR, Di Francescantonio M, Arrais CA, Ambrosano GM, Davanzo C, Giannini M. Influence of curing mode and time on degree of conversion of one conventional and two self-adhesive resin cements. *Oper Dent*. 2010;35(3):295-9.
2. Ayres AP, Andre CB, Pacheco RR, Carvalho AO, Bacelar-Sa RC, Rueggeberg FA, et al. Indirect Restoration Thickness and Time after Light-Activation Effects on Degree of Conversion of Resin Cement. *Braz Dent J*. 2015;26(4):363-7.
3. Alkhudhairy F, AlKheraif A, Naseem, Khan R, Vohra F. Degree of conversion and depth of cure of Ivocerin containing photo-polymerized resin luting cement in comparison to conventional luting agents. *Pak J Med Sci*. 2018; 34(2):253-259.

4. Jerri BA. Avalie o grau de conversão do polímero de restaurações compostas de preenchimento total. *IOSR J Dent Med Sci*. 2015; 14 (9): 75–79.
5. Mendonca LM, Ramalho IS, Lima L, Pires LA, Pegoraro TA, Pegoraro LF. Influence of the composition and shades of ceramics on light transmission and degree of conversion of dual-cured resin cements. *J Appl Oral Sci*. 2019;27-20180351.
6. RIBEIRO RAO, LIMA IM, NASCIMENTO ABLD, TEIXEIRA. HM. Evaluation of light intensity and maintenance of light curing units used in clinics in the city of Recife. *Rev Odontol UNESP*. 2016;45-6.
7. Stewardson DA, Shortall ACC, Harrington E, Lumley PJ, Themal changes and cure depths associated with a high intensity light activation unit. *J Dent*. 2004; 32: 643-651.
8. 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(1):6-9. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent*. 2002;88(1):4-9.
10. Runnacles P, Correr GM, Filho FB, Gonzaga CC, Furuse AY. Grau de conversão de um cimento resinado fotopolimerizável através de facetas de cerâmica de diferentes espessuras e tipos. *Braz Dente J*. 2014;25-1.
11. 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(5):441-6.
12. Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT. Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements. *Dent Mater*. 2009;25(9):1104-8.
13. Serbena FC, Mathias I, Foerster CE, Zanutto ED. Crystallization toughening of a model glass-ceramic. *Science Direct*. 2015; 86:216-28.
14. Gehrt M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D. Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. *Clinical Oral Investigations*. 2013;17(1):275-84.
15. Hooshmand T, Parvizi S, Keshvad A. Effect of surface acid etching on the biaxial flexural strength of two hot-pressed glass ceramics. *Journal of Prosthodontics*. 2008;17(5):415-9.
16. Montazerian M, Zanutto ED. Bioactive and inert dental glass-ceramics. *Journal of Biomedical Materials Research*. 2017;105(2):619-39.
17. Lien W, Roberts HW, Platt JA, Vandewalle KS, Colina TJ, Chu T-ML. Microstructural evolution and physical behavior of a lithium disilicate glass–ceramic. *Dental Materials*. 2015;31(8):928-40.
18. MJ H, SA A, AM D-A, DR H, CM S, MA V. Relative Translucency of Six All-Ceramic Systems. Part II: Core and Veneer Materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;88-1.
19. Höland W, Rheinberger V, Apel E, van't Hoen C. Principles and phenomena of bioengineering with glass-ceramics for dental restoration. *Journal of the European Ceramic Society*. 2007;27(2-3):1521-6.
20. Quinn J, Sundar V, Lloyd I. Influence of microstructure and chemistry on the fracture toughness of dental ceramics. *Dental Materials*. 2003;19(7):603-11.
21. Denry I, Materials Holloway JA. Ceramics for dental applications: A review. *Journal Mater*. 2010;3(1):351-68.
22. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dental Materials*. 2004;20(5):441-8.

23. 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. *The journal of prosthetic dentistry*. 2015;113(6):534-40.
24. Marinho MLVD, Suzuki TYU, Assunção WG, Moraes CS, Santos PH. Degree of conversion of resin cements polymerized under different thicknesses of feldspathic porcelain. 2019; 18.
25. ANUSAVICE KJ - Phillips - Materiais Dentários. 11 edição. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005.
26. Guedes LLS, Mattos ECG, Zani IM, Prates LHM, Chain MC. Avaliação das propriedades mecânicas de cimentos resinosos convencionais e autocondicionantes. *Ver Odontol UNESP*, 2008; 37(1):85-9.
27. Peutzfeldt A, Asmussen E. Resin composite properties and energy density of light cure. *J Dent Res* 2005;84: 659–62.
28. Umetsubo LS, Yui KCK, Borges AB, Barcellos DC, Gonçalves SEP. Additional chemical polymerization of dual resin cements: reality or a goal to be achieved? *Rev. odontol. UNESP* 2016;45(3):159-64.
29. Gomes OM, Calixto AL. Cimentação adesiva. *Estética em clínica odontológica*. Curitiba: Ed. Maio, 2004. p. 301-330.
30. Carvalho RM, Pegoraro TA, Tay FR, Pegoraro LF, Silva NR, Pashley DH. Adhesive permeability affects coupling of resin cements that utilise self-etching primers to dentine. *J Dent*. 2004; 32(1): 55-65.
31. Mills RW. Diodos emissores de luz azul: outro método de fotopolimerização? *Br Dent J*. 1995; 178 (5): 169.
32. Rueggeberg FA. Estado da arte: fotocura dental: uma revisão. *Dent Mater*. 2011; 27 (1): 39-52
33. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Braz. Oral Res*. 2017; 31: 61-91.
34. Ilie N, Hickel R. Can CQ be completely replaced by alternative initiators in dental adhesives? *Dent Mater J*. 2008 Mar;27(2):221-8.
35. Santini A, Miletic V, Swift MD, Bradley M. Degree of conversion and microhardness of TPO-containing resin-based composites cured by polywave and monowave LED units. *J Dent*. 2012 Jul;40(7):577-84
36. Meng X, Yoshida K, Atsuta M. Influence of ceramic thickness on mechanical properties and polymer structure of dual-cured resin luting agents. *dental materials* 24 (2008) 594–599.
37. Rueggeberg FA, et al. Indirect restoration thickness and time after light-activation effects on degree of conversion of resin cement. *Braz Dent J*. 2015;26(4):363-7.

38. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent*. 2002;88(1):4-9.
39. Acquaviva PA, Cerutti F, Adami G, Gagliani M, Ferrari M, Gherlone E, et al. Degree of conversion of three composite materials employed in the adhesive cementation of indirect restorations: a micro-Raman analysis. *J Dent*. 2009;37(8):610-5.
40. Silverstein, RM; Webster, FX. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. 6ª ed. Rio de Janeiro: LCT, 2006.
41. Guarany CA. Estudo de materiais ferroelétricos por espectroscopia no infravermelho. {Dissertação}. Ilha Solteira. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.
42. Brandt WC, Tomaselli LO, Correr-Sobrinho L, Sinforeti MA. Can phenylpopanedione influence knoop hardness, rate of polymerization and bond strength of resin composite restorations? *J Dent*. 2011; 39(6): 438-47.
43. 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 cement. *Clin Oral Invest*. 2013; 17 (9): 2127-37.
44. Borges, LPS; Borges, GA; Correr, AB; Platt, JA; Kina, S; Correr-Sobrinho, L; Costa, AR. Effect of lithium disilicate ceramic thickness, shade and translucency on transmitted irradiance and knoop microhardness of a light cured luting resin cement. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2021; 32:90.
45. AlkhudhairyF , AlKheraif A, NaseemM, Khan R, Vohra F. Degree of conversion and depth of cure of Ivocerin containing photo-polymerized resin luting cement in comparison to conventional luting agents. *Pak J Med Sci March*, 2018; 34 (2).
46. Tosco V, Monterubbianesi R, Orilisi G, Sabbatini S; Conti K, Özcan M, Putignano A, Orsini G. Comparison of two curing protocols during adhesive cementation: can the step luting technique supersede the traditional one? *Odontology*, 2021; (109) 433–439 .
47. NOVAIS VR, RAPOSO LHA, MIRANDA RR, LOPES CCA, SIMAMOTO JÚNIOR PC, SOARES CJ. Degree of conversion and bond strength of resin-cements to feldspathic ceramic using different curing modes. *Journal of applied oral science*. 2017; 25(1): 61-8.
48. Faria-E-Silva AL, Pfeifer CS. Effectiveness of high-power LEDs to polymerize resin cements through ceramics: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2017;118(5):631-6.
49. Bueno AL, Arrais CA, 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(1):22-7.
50. Michaud PL, Pricea RBT, Labrieb D, Rueggebergc FA, Sullivan B. Localised irradiance distribution found in dental light curing units. *Journal of Dentistry*. 2014, 42(2): 129-139.

51. Lima SC, Silva ACA, Cimões R, Vajgel BCF. Influence of thickness and translucency of lithium disilicate ceramic on the degree of conversion of resin cements with different initiators. The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry. 2023; 10.1922/EJPRD_2552Lima08

TABLES

Table 1 – DC measures according to the type of cementing agent and curing light.

Degree of Conversion						p-value ³
Radii Cal (LED A)			Valo Grand Cordless (LED B)			(Radii x Valo Grand)
D	Mean ± SD	p-value ¹	D	Mean ± SD	p-value ²	
C-RELYX- ULT	36.35 ± 2.03 Aa	0.001 *	GB-RUC	37.26 ± 1.52 Aa	0.001 *	0.522
RELYX- ULT	26.75 ± 2.99 Ba		GB-RU	30.25 ± 2.70 Bb		0.010 *
C-VARIOLINK-N	36.67 ± 2.66 Aa	0.001 *	GB-VNC	36.18 ± 2.05 Aa	0.001 *	0.258
VARIOLINK-N	28.92 ± 1.78 Ba		GB-VN	30.40 ± 1.51 Ba		0.061
C- RELYX-VEN	42.17 ± 0.75 Aa	0.001 *	GB-RVC	39.66 ± 2.00 Ab	0.026 *	0.024 *
RELYX-VEN	33.67 ± 2.71 Ba		GB-RV	37.00 ± 0.85 Bb		0.002 *
C- VARIOLINK-LC	48.77 ± 6.16 Aa	0.001 *	GB-ELC	60.60 ± 2.33 Ab	0.001 *	0.004 *
VARIOLINK-LC	38.25 ± 3.60 Ba		GB-EL	51.58 ± 3.82 Bb		<0.001 *

* Statistically significant.

SD standard deviations followed by different letters (capital letters comparing the control group and test group, and lowercase letters comparing the different light curing devices).

P-values ^{1,2,3} indicate statistical differences ($p < 0.05$) through the Mann-Whitney test.

D Degree of conversion

Source: Developed by the author (2024).

REFERÊNCIAS

- SILAMI FDJ, Pratavieira S, Nogueira MS, Barrett AA, Sinhoreti MAC, Geraldeli S, et al. **Quantitative image of fluorescence of ceramic and resin-cement veneers.** Braz Oral Res. 2019;33:e0088.
- VERISSIMO AH, Moura DMD, Tribst JPM, Araujo AMM, Leite FPP, Souza R. **Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on resin-bond strength to different glass ceramics.** Braz Oral Res. 2019;33:e041.
- LOPES CdCA, Rodrigues RB, Silva ALFe, Júnior PCS, Soares CJ, Novais VR. **Degree of Conversion and Mechanical Properties of Resin Cements Cured Through Different All-Ceramic Systems.** Braz Dente J. 2015;26(5).
- YAN J, Kaizer MR, Zhang Y. **Load-bearing capacity of lithium disilicate and ultra-translucent zirconias.** J Mech Behav Biomed Mater. 2018;88:170-5.
- LEE IB, An W, Chang J, Um CM. **Influence of ceramic thickness and curing mode on the polymerization shrinkage kinetics of dual-cured resin cements.** Dent Mater. 2008;24(8):1141-7.
- AGUIAR TR, Di Francescantonio M, Arrais CA, Ambrosano GM, Davanzo C, Giannini M. **Influence of curing mode and time on degree of conversion of one conventional and two self-adhesive resin cements.** Oper Dent. 2010;35(3):295-9.
- AYRES AP, Andre CB, Pacheco RR, Carvalho AO, Bacelar-Sa RC, Rueggeberg FA, et al. Indirect Restoration Thickness and Time after Light-Activation **Effects on Degree of Conversion of Resin Cement.** Braz Dent J. 2015;26(4):363-7.
- ALKHUDHAIRY F, AlKheraif A, Naseem , Khan R, Vohra F . **Degree of conversion and depth of cure of Ivocerin containing photo-polymerized resin luting cement in comparison to conventional luting agents.** Pak J Med Sci. 2018; 34(2):253-259.
- JERRI BA. **Avalie o grau de conversão do polímero de restaurações compostas de preenchimento total.** IOSR J Dent Med Sci. 2015; 14 (9): 75–79.
- BRANDÃO NL, Poskus LT, Guimarães JGA, Silva Emd. **Uma análise crítica do grau de conversão de cimentos à base de resina.** Jornal da ciência oral aplicada [Internet]. 2010; 18.
- MENDONCA LM, Ramalho IS, Lima L, Pires LA, Pegoraro TA, Pegoraro LF. **Influence of the composition and shades of ceramics on light transmission and degree of conversion of dual-cured resin cements.** J Appl Oral Sci. 2019;27:e20180351.
- RAFAEL, Antonio de Oliveira RIBEIRO, LIMA IM, NASCIMENTO ABLd, TEIXEIRA. HM. **Evaluation of light intensity and maintenance of light curing units used in clinics in the city of Recife.** Rev Odontol UNESP. 2016;45(6).

STEWARTSON DA, Shortall ACC, Harrington E, Lumley PJ, **Thermal changes and cure depths associated with a high intensity light activation unit.** J Dent. 2004; 32: 643-651.

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(1):6-12.

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

RUNNACLES P, Correr GM, Filho FB, Gonzaga CC, Furuse AY. **Grau de conversão de um cimento resinado fotopolimerizável através de facetas de cerâmica de diferentes espessuras e tipos.** Braz Dente J. 2014;25(1).

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(5):441-6.

VROCHARI AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT. **Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements.** Dent Mater. 2009;25(9):1104-8.

SERBENA FC, Mathias I, Foerster CE, Zanotto ED. **Crystallization toughening of a model glass-ceramic.** Science Direct. 2015;86:216-28.

GEHRT M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D. **Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service.** Clinical Oral Investigations. 2013;17(1):275-84.

HOOSHMAND T, Parvizi S, Keshvad A. **Effect of surface acid etching on the biaxial flexural strength of two hot-pressed glass ceramics.** Journal of Prosthodontics. 2008;17(5):415-9.

MONTAZERIAN M, Zanotto ED. **Bioactive and inert dental glass-ceramics.** Journal of Biomedical Materials Research. 2017;105(2):619-39.

LIEN W, Roberts HW, Platt JA, Vandewalle KS, Colina TJ, Chu T-ML. **Microstructural evolution and physical behavior of a lithium disilicate glass-ceramic.** Dental Materials. 2015;31(8):928-40.

HÖLAND W, Rheinberger V, Apel E, van't Hoen C. **Principles and phenomena of bioengineering with glass-ceramics for dental restoration.** Journal of the European Ceramic Society. 2007;27(2-3):1521-6.

QUINN J, Sundar V, Lloyd I. **Influence of microstructure and chemistry on the fracture toughness of dental ceramics.** Dental Materials. 2003;19(7):603-11.

DENRY I, Materials Holloway JA. **Ceramics for dental applications: A review.** Journal Mater. 2010;3(1):351-68.

- GUAZZATO M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. **Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials.** Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dental Materials*. 2004;20(5):441-8.
- 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.** *The journal of prosthetic dentistry*. 2015;113(6):534-40.
- MARINHO MLVD, Suzuki TYU, Assunção WG, Moraes CS, Santos PH. **Degree of conversion of resin cements polymerized under different thicknesses of feldspathic porcelain.** 2019; 18.
- ANUSAVICE KJ - Phillips - *Materiais Dentários*. 11 edição. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005. 38. Guedes LLS, Mattos ECG, Zani IM, Prates LHM, Chain MC. **Avaliação das propriedades mecânicas de cimentos resinosos convencionais e autocondicionantes.** *Ver Odontol UNESP*, 2008; 37(1):85-9.
- PEUTZFELDT A, Asmussen E. **Resin composite properties and energy density of light cure.** *J Dent Res* 2005;84: 659–62.
- UMETSUBO LS, Yui KCK, Borges AB, Barcellos DC, Gonçalves SEP. **Additional chemical polymerization of dual resin cements: reality or a goal to be achieved?** *Rev. odontol. UNESP* 2016;45(3):159-64.
- GOMES OM, Calixto AL. **Cimentação adesiva. Estética em clínica odontológica.** Curitiba: Ed. Maio, 2004. p. 301-330.
- CARVALHO RM, Pegoraro TA, Tay FR, Pegoraro LF, Silva NR, Pashley DH. **Adhesive permeability affects coupling of resin cements that utilise self-etching primers to dentine.** *J Dent*. 2004; 32(1): 55-65.
- MILLS RW. **Diodos emissores de luz azul: outro método de fotopolimerização?** *Br Dent J*. 1995; 178 (5): 169.
- RUEGGEBERG FA. **Estado da arte: fotocura dental: uma revisão.** *Dent Mater*. 2011; 27 (1): 39-52
- RUEGGEBERG FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. **Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review.** *Braz. Oral Res*. 2017; 31: 61-91.
- SANTINI A, Miletic V, Swift MD, Bradley M. **Degree of conversion and microhardness of TPO-containing resin-based composites cured by polywave and monowave LED units.** *J Dent*. 2012 Jul;40(7):577-84
- MENG X, Yoshida K, Atsuta M. **Influence of ceramic thickness on mechanical properties and polymer structure of dual-cured resin luting agents.** *dental materials* 24 (2008) 594–599.
- NOMOTO R, Uchida K, Hirasawa T. **Effect of light intensity on polymerization of light-cured composite resins.** *Dent Mater J* 1994;13:198–205.

PEUTZFELDT A, Asmussen E. **Resin composite properties and energy density of light cure.** J Dent Res 2005;84: 659–62.

RUEGGERBERG FA, et al. **Indirect restoration thickness and time after light-activation effects on degree of conversion of resin cement.** Braz Dent J. 2015;26(4):363-7.

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

ACQUAVIVA PA, Cerutti F, Adami G, Gagliani M, Ferrari M, Gherlone E, et al. **Degree of conversion of three composite materials employed in the adhesive cementation of indirect restorations: a micro-Raman analysis.** J Dent. 2009;37(8):610-5.

SILVERSTEIN, RM; Webster, FX. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos.** 6ª ed. Rio de Janeiro: LCT, 2006.

GUARANY CA. **Estudo de materiais ferroelétricos por espectroscopia no infravermelho.**{Dissertação}. Ilha Solteira.- Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

BRANDT WC, Tomaselli LO, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. **Can phenylpopenedione influence knoop hardness, rate of polymerization and bond strength of resin composite restorations?** J Dent. 2011; 39(6): 438-47.

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 cement.** Clin Oral Invest. 2013; 17 (9): 2127-37.

BORGES, LPS; Borges, GA; Correr, AB; Platt, JA; Kina, S; Correr-Sobrinho, L; Costa, AR. **Effect of lithium disilicate ceramic thickness, shade and translucency on transmitted irradiance and knoop microhardness of a light cured luting resin cement.** Journal of Materials Science: Materials in Medicine. 2021; 32:90.

ALKHUDHAIRY F , AlKheraif A, NaseemM, Khan R, Vohra F. **Degree of conversion and depth of cure of Ivocerin containing photo-polymerized resin luting cement in comparison to conventional luting agents.** Pak J Med Sci March, 2018; 34 (2).

TOSCO V, · Monterubbianesi R, Orilisi G, Sabbatini S; Conti K, Özcan M, Putignano A, Orsini G. **Comparison of two curing protocols during adhesive cementation: can the step luting technique supersede the traditional one?** Odontology, 2021; (109) 433–439 .

RUNNACLES P, Correr GM, Filho FB, Gonzaga CC, Furuse AY. **Degree of conversion of a resin cement light-cured through ceramic veneers of different thicknesses and types.** Brazilian dental journal. 2014; 25(1): 38-42.

NOVAIS VR, RAPOSO LHA, MIRANDA RR, LOPES CCA, SIMAMOTO JÚNIOR PC, SOARES CJ. **Degree of conversion and bond strength of resin-cements to feldspathic ceramic using different curing modes.** Journal of applied oral science. 2017; 25(1): 61-8.

FARIA-E-Silva AL, Pfeifer CS. **Effectiveness of high-power LEDs to polymerize resin cements through ceramics: An in vitro study.** J Prosthet Dent. 2017;118(5):631-6.

BUENO AL, Arrais CA, 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(1):22-7.

LIMA SC, **Influência da espessura e translucidez da cerâmica de dissilicato de lítio na taxa de conversão de cimentos resinosos com diferentes iniciadores.**2021.57. Dissertação (mestrado em odontologia. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco. 2021