

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CENTRO INTEGRADO DE SAÚDE
FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

Henrique Miguel Alves

**Influência das ponteiros luminosas de aparelhos fotopolimerizadores sobre a
irradiância e emissão espectral**

Juiz de Fora
2020

Henrique Miguel Alves

Influência das ponteiros luminosas de aparelhos fotopolimerizadores sobre a irradiância e emissão espectral

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal e Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Orientadora: Prof^a Dr^a Laísa Araujo Cortines Laxe

Juiz de Fora

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Alves, Henrique Miguel.

Influência das ponteiros luminosas de aparelhos fotopolimerizadores sobre a irradiância e emissão espectral / Henrique Miguel Alves. -- 2020.
42 f. : il.

Orientadora: Laisa Araujo Cortines Laxe
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia, 2020.

1. Luzes de Cura Dentária. 2. Fotopolimerização de Adesivos Dentários. 3. Resinas Compostas. 4. Dentística Operatória. I. Laxe, Laisa Araujo Cortines, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACODONTO - Coordenação do Curso de Odontologia

Henrique Miguel Alves

Influência das ponteiros luminosas de aparelhos fotopolimerizadores sobre a irradiância e a emissão espectral

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Aprovado em 10 de novembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Profª Drª Laísa Araujo Cortines Laxe - Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Leonardo César Costa
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Renato Cilli
Universidade Federal de Juiz de Fora



Documento assinado eletronicamente por Laísa Araujo Cortines Laxe, Professor(a), em 10/11/2020, às 14:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Renato Cilli, Professor(a), em 10/11/2020, às 15:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Leonardo Cesar Costa, Professor(a), em 10/11/2020, às 17:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **0163500** e o código CRC **3CBAA8A9**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por toda saúde que tem me concedido e pela oportunidade de me graduar no curso de Odontologia na Universidade Federal de Juiz de Fora. Além disso, pelos momentos vividos e pessoas conhecidas na faculdade, que levarei para a vida;

Agradeço a meus pais, Miguel e Luciana, pela forma que me incentivaram e por todo apoio que me ofereceram durante essa jornada;

A minha família, que torceram para que meus planos se realizassem;

Agradeço a minha orientadora Laísa, por toda disponibilidade de tempo e conhecimento, que em falta, esse trabalho não seria possível;

A todos os Mestres que com muita dedicação e sabedoria me ensinaram e, acima de tudo, foram grandes amigos, minha eterna gratidão;

A todos amigos e amigas que fiz, que levarei para vida, e aos que a distância for maior, levarei na lembrança.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar, por meio de uma revisão descritiva da literatura, a influência das características das ponteiros emissores de luz acopladas aos aparelhos fotopolimerizadores sobre a irradiância e a emissão espectral fotoativadora. A fotopolimerização é amplamente empregada na Odontologia contemporânea. Diferentes materiais dentários a base de resina composta contêm fotoiniciadores em suas formulações, tornando-os total ou parcialmente dependentes da ativação por luz para que sua polimerização máxima aconteça. Incluem-se a este grupo de materiais, resinas compostas, sistemas adesivos, cimentos resinosos e cimento de ionômero de vidro híbrido. Além da composição do material, a qualidade da fotopolimerização pode ser influenciada por outros fatores, incluindo as características dos substratos, a técnica do operador e as características dos aparelhos fotopolimerizadores. Nesta revisão da literatura foram incluídos artigos científicos descritos em português ou inglês e publicados entre os anos de 2004 e 2020. A ponteira luminosa do fotopolimerizador pode ter influência na irradiância emitida pelo aparelho fotopolimerizador, considerando variáveis como, distância, presença de barreiras físicas, angulação, acessibilidade da ponteira e integridade da superfície da ponteira. A luz emitida na superfície da ponteira do aparelho fotopolimerizador, principalmente de LEDs *polywave*, pode não ser homogênea por toda a área da mesma, ocasionando emissão de diferentes irradiâncias e em diferentes comprimentos de ondas, de acordo com a região da ponteira. Além disso, fatores técnicos operatórios durante a fotoativação de um material em um procedimento odontológico restaurador também podem interferir positiva ou negativamente na profundidade e qualidade da polimerização dos materiais fotopolimerizáveis. Conclui-se que a fotopolimerização é influenciada por diferentes fatores, incluindo as características de emissão da luz pelo aparelho fotopolimerizador, as propriedades de absorção dos fotoiniciadores que compõem os materiais a base de resina composta e a técnica operatória utilizada para a fotopolimerização.

Palavras-chave: Luzes de Cura Dentária. Fotopolimerização de Adesivos Dentários. Dentística Operatória. Resinas Compostas.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of the light curing tips of light curing units on irradiance and spectral emission. Photopolymerization is widely used in contemporary dentistry. Different dental materials based on composite resin have photoinitiators in their formulations. These materials depend, totally or partially, of the light activation for their maximum polymerization. In the group of resin-based dental materials are composite resins, adhesive systems, resin cements, and hybrid glass ionomer cements. The quality of photopolymerization can be influenced by material composition, substrate characteristics, operator techniques, and light-curing devices characteristics. In this literature review, scientific articles described in Portuguese and English languages, and published between 2004 and 2020 years, were included. The light tip can influence on the irradiance, considering the following variables: distance, physical barriers, angle, access for light tip in the mouth, and surface integrity of the light tip. The light emitted on light tip surface can be not uniform along for all its surface area, mainly in polywave LEDs. It could lead to different irradiances and wave-length emitted in different points of the light tip surface. In addition, operator technique factors adopted during the light-curing of resin-based materials can play positively or negatively on the photopolymerization quality. Finally, the photopolymerization is influenced by different factors, including the characteristics of the light emitted from light-curing units, the absorption properties of the photoinitiators in resin-based materials, and the operator technique used for photopolymerization.

Keywords: Dental curing lights. Light-Curing of Dental Adhesives. Dentistry, Operative. Composite resins.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Gráfico do espectro de emissão.....	17
Gráfico 2 - Irradiância emitida por diferentes aparelhos fotopolimerizadores	20
Gráfico 3 - Variação da intensidade <i>versus</i> distância.....	23
Gráfico 4 - Variação da profundidade de cura em relação à distância.....	25
Figura 1 - Esquema de distribuições de irradiância utilizando um filtro de 460nm	28
Figura 2 - Esquema de distribuições de irradiância utilizando um filtro de 405nm	28
Figura 3 - Diâmetros das ponteiros de diferentes aparelhos fotopolimerizadores.	30
Figura 4 - Acessibilidade da ponteira do AF.....	31
Gráfico 5 - Temperatura média após período de exposição luminosa.....	37

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AF(s)	Aparelho(s) Fotopolimerizador(es)
CQ	Canforoquinona
EMR	Exposição mínima recomendada
PPD	Fenil propadiona
GC	Grau de conversão
HQT	Halógeno de quartzo tungstênio
LED	Diodo emissor de luz
MOD	Mésio-ocluso-distal
PAC	Arco de plasma
PCV	Policloreto de vinila
SI	Sistema internacional de unidades
UVA	Ultravioleta A

LISTA DE SÍMBOLOS

nm	Nanometro
W	Watts
J	Joules
s	Segundos
mW/m ²	miliWatts por metro quadrado
J/m ²	Joules por metro quadrado
Kgf/mm ²	Kilograma força por milímetro quadrado
±	Mais ou menos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	PROPOSIÇÃO	12
3	REVISÃO DISCUTIDA	13
3.1	FÍSICA DA RADIAÇÃO LUMINOSA.....	13
3.2	APARELHOS FOTOPOLIMERIZADORES	16
3.3	UNIDADES DE MEDIDAS RADIOMÉTRICAS	17
3.4	PESQUISA EM FOTOPOLIMERIZAÇÃO.....	19
3.5	PONTEIRAS LUMINOSAS E QUALIDADE DA FOTOPOLIMERIZAÇÃO .	21
3.5.1	Barreiras de proteção na ponteira luminosa.....	32
3.5.2	Irradiância e aumento de temperatura.....	35
4	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A introdução dos materiais dentários à base de resina composta foi uma revolução para a Odontologia restauradora (JANDT e MILLS, 2013). Estes materiais permitem procedimentos restauradores adesivos, sem a necessidade de se criar cavidades retentivas, e assim preservam a estrutura dental sadia (CADENARO et al., 2019). Além disso, são materiais esteticamente agradáveis, estáveis ao ambiente oral e controlados via reação de polimerização (JANDT e MILLS, 2013).

A polimerização pode ser caracterizada pela conversão de ligações $C = C$ dos monômeros em ligações $C - C$, conectando um monômero a outro, e formando uma longa cadeia cruzada, a qual transforma monômeros isolados em um polímero rígido e resistente (CADENARO et al., 2019). Esta reação de polimerização pode ser induzida por diferentes agentes ativadores, químicos e/ou físicos, o que gerou as seguintes classificações de materiais a base de resinas compostas: autopolimerizáveis ou quimicamente polimerizáveis, fotopolimerizáveis e de dupla polimerização ou de polimerização dual. A reação de polimerização de compósitos autopolimerizáveis é ativada por um agente químico, comumente o peróxido de benzoíla, o qual ao reagir com uma amina terciária gera radicais livres capazes de quebrar as $C = C$ nas extremidades das moléculas monoméricas, induzindo a formação de $C - C$ entre os diferentes monômeros até então livres. O avanço dessa clivagem seguida de ligações simples entre os átomos de carbono subsequentes caracteriza a formação do polímero, independente da presença de uma fonte externa de energia ativadora. Nos materiais fotopolimerizáveis, a energia luminosa emitida por uma fonte de luz em um determinado comprimento de onda é fundamental para ativar fotoiniciadores presentes na composição dos mesmos, os quais, ao reagirem com as aminas terciárias, promoverão a liberação de radicais livres, que passarão a atuar na quebra das ligações $C = C$ da mesma forma como supracitado (RUEGGERBERG et al., 2017).

Para Rueggeberg et al. (2017), a fotoativação pode ser definida como um processo pelo qual uma quantidade de energia luminosa suficiente é fornecida para induzir um agente iniciador a gerar radicais livres, os quais serão responsáveis por iniciar a polimerização de materiais a base de resinas compostas, ou seja, materiais poliméricos formulados com uma matriz orgânica a base de monômeros metacrilatos; uma matriz inorgânica com partículas de carga contendo

principalmente sílica; um agente de união organossilano estabelecendo uma ligação efetiva entre os componentes orgânicos e inorgânicos; e, um sistema ativador-iniciador das reações de polimerização.

Difícilmente há procedimentos realizados na Odontologia contemporânea cuja fotopolimerização não seja necessária (RUEGGEBERG, 2011). Atualmente, quase todos os compósitos odontológicos contêm fotoiniciadores em suas composições, total ou parcialmente, incluindo-se resinas compostas, sistemas adesivos, cimentos resinosos e cimentos de ionômero de vidro híbridos (JANDT e MILLS, 2013). A fotopolimerização é uma reação complexa que envolve várias implicações. Além da composição do material, a qualidade da fotopolimerização pode ser influenciada por outros fatores, incluindo as características dos substratos, a técnica do operador e as características dos aparelhos fotopolimerizadores (AFs), (CADENARO et al., 2019).

Talvez porque a fotopolimerização seja considerado um procedimento descomplicado, o papel crítico do fotopolimerizador e a importância de se aplicar uma técnica fotoativadora adequada, muitas vezes, não sejam enfatizados durante o ensino das técnicas restauradoras com resinas compostas ou cimentação adesiva de restaurações indiretas (FERRACANE et al., 2013).

O fornecimento inadequado de energia ao material restaurador resultará em uma restauração com propriedades inferiores às ideais e com desempenho clínico precário. Por isso a importância de uma fotopolimerização adequada do material, a fim de gerar o máximo grau de conversão monomérico possível e garantir propriedades físicas, mecânicas e biológicas ótimas aos materiais a base de resinas compostas (FERRACANE et al., 2013).

Diferentes fatores podem influenciar nesta qualidade da fotopolimerização, como a origem e características das fontes de luz fotoativadoras, ergonomia durante a fotoativação, presença de barreiras físicas entre as ponteiros dos dispositivos fotopolimerizadores e a superfície dos materiais a serem polimerizados, características microestruturais e ópticas dos materiais a base de resina composta e características das ponteiros emissoras de luz dos dispositivos fotopolimerizadores. Dessa forma, este estudo objetivou analisar, por meio de uma revisão descritiva da literatura, a influência das características das ponteiros emissoras de luz acopladas aos aparelhos fotopolimerizadores sobre a irradiância e a emissão espectral fotoativadora.

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi analisar, por meio de uma revisão descritiva da literatura, a influência das características das ponteiros emissores de luz acopladas aos aparelhos fotopolimerizadores sobre a irradiância e a emissão espectral fotoativadora.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a fotopolimerização é influenciada por fatores de diferentes origens, envolvendo as características de emissão da luz pelo aparelho fotopolimerizador, as propriedades de absorção dos fotoiniciadores que compõem os materiais a base de resina composta e a técnica operatória utilizada para a fotopolimerização. As restaurações de resina devem receber do aparelho fotopolimerizador quantidade suficiente de energia em comprimentos de onda específicos, ou seja, irradiância adequada com duração de exposição suficiente sob um comprimento de onda capaz de sensibilizar o fotoiniciador do material.

A ponteira luminosa do fotopolimerizador pode exercer grande influência sobre a irradiância emitida pelo aparelho fotopolimerizador considerando-se a distância entre a ponteira luminosa e o material a base de resina composta, a presença de barreiras físicas entre a ponteira luminosa e a superfície do material, a angulação e acessibilidade da ponteira ao local da fotoativação e a integridade da superfície da ponteira emissora de luz.

REFERÊNCIAS

- ALKHUDHAIRY, F. I. The effects of irradiance and exposure time on the surface roughness of bulk fill composite resin restorative materials. **Saudi Med. J.**, Riyadh, v. 39, n. 2, p. 197-202, 2018.
- ANDRÉ, S. B. et al. Stability of the Light Output, Oral Cavity Tip Accessibility in Posterior Region and Emission Spectrum of Light-Curing Units. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 43, n. 4, p. 398-407. Abr, 2018.
- ARAVAMUDHAN, K.; RAKOWSKI, D.; FAN, P. L. Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, n. 11, p. 988-994, 2006.
- CADENARO, M. et al. The role of polymerization in adhesive dentistry. **Dent. Mater.**, Washington, v. 35, n. 1, p. e1-e22, 2019.
- CATELAN, A. et al. Impact of the distance of light curing on the degree of conversion and microhardness of a composite resin. **Acta Odontol. Scand.**, Copenhagen, v. 73, n. 4, p. 298-301, 2015.
- COUTINHO, M. et al. Distance and protective barrier effects on the composite resin degree of conversion. **Contemp. Clin. Dent.**, Mullana v. 4, n. 2, p. 152-155, 2020.
- FARIA E SILVA, A. L. et al. Impact of Material Shade and Distance from Light Curing Unit Tip on the Depth of Polymerization of Composites. **Braz. Dent. J.**, Ribeirão Preto, v. 28, n. 5, p. 632-637, 2017.
- FERRACANE, J. L.; WATTS, D. C.; BARGHI, N.; RUEGGENBERG, F. A.; SHORTALL, A.; PRINCE, R. Effective Use of Dental Curing Lights: A Guide for the Dental Practitioner. **ADA Professional Product Revil**, Chicago, v. 8, n. 13, p. 2-12, 2013.
- GIANNINI, M. et al. Accuracy of Irradiance and Power of Light-Curing Units Measured With Handheld or Laboratory Grade Radiometers. **Braz. Dent. J.**, Ribeirão Preto, v. 30, n. 4, p. 397-403. Jul, 2019.
- JANDT, K. D.; MILLS, R. W. A brief history of LED photopolymerization. **Dent. Mater.**, Washington, v. 29, n. 6, p. 605- 607. Mar, 2013.
- KHODE, R. T. et al. Evaluation of effect of different disposable infection control barriers on light intensity of light-curing unit and microhardness of composite - An in vitro study. **J. Conserv. Dent.**, Mumbai, v. 20, n.3, p. 180-184, 2017.
- KIRKPATRICK, S. J. A primer on radiometry. **Dent. Mater.**, Washington, v. 21, n. 1, p. 21-26, 2005.

MCANDREW, R. et al. The effect of disposable infection control barriers and physical damage on the power output of light curing units and light curing tips. **Br. dent. j.**, Londres, v. 210, n. 8, p. 1–4, 2011.

MOUHAT, M. et al. Light-curing units used in dentistry: factors associated with heat development—potential risk for patients. **Clin. Oral Investig.**, Berlin, v. 21, n. 5, p. 1687-1696, 2017.

NEUMANN, M. G. et al. Molar extinction coefficients and the photon absorption efficiency of dental photoinitiators and light curing units. **J. Dent.**, Amsterdã, v. 33, n. 6, p. 525-532, 2005.

NOMOTO, R. et al. Light exposure required for optimum conversion of light activated resin systems. **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, n.12, p. 1135–1142, 2006.

NOMOTO, R.; MCCABE, J. F.; HIRANO, S. Effect of aperture size on irradiance of LED curing units. **Dent. Mater.**, Washington, v. 20, p. 687-692, 2004.

PEREIRA, A. G. et al. Influence of Battery Level of a Cordless LED Unit on the Properties of a Nanofilled Composite Resin. **Oper. dent.**, Seattle, v. 41, n. 4, p. 409-416, 2016.

PRICE, R. B. T. et al. Irradiance Differences in the Violet (405 nm) and Blue (460 nm) Spectral Ranges among Dental Light-Curing Units. **J. Esther. Restor. Dent.**, Hamilton, v.22, n. 6, p.363-377, 2010.

PRICE, R. B., SHORTALL, A. C. e PALIN, W. M. Contemporary Issues in Light Curing. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 39, n.1, p.4-14, 2014.

PRICE, R. B; FERRACANE, J. L.; SHORTALL, A. C. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 94, n. 9, p. 1179-1186, 2015.

RUEGGERBERG, F. A. State-of-the-art: Dental photocuring—A review. **Dent. Mater.**, Washington, v. 27, n. 1, p. 39-52, 2010.

RUEGGERBERG, F. A. et al. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. **Braz. Oral. Res.**, São Paulo, v. 31, n. 61, p. 64-91, 2017.

SCOTT, B. A.; FELIX, C. A.; PRINCE R. B. T. Effect of disposable infection control barriers on light output from dental curing lights. **J. Can. Dent. Assoc.**, Ottawa, v. 70, n.2, p. 105–110, 2004.

SOARES, C. J et al. Irradiance and radiant exposures delivered by LED light-curing units used by a left and right-handed operator. **Braz. Dent. J.**, Ribeirão Preto, v. 29, n. 3, p. 282–289, 2018.

SOARES, C. J. et al. An evaluation of the light output from 22 contemporary light curing units. **Braz. Dent. J.**, Ribeirão Preto, v. 28, n. 3, p.362-371, 2017.

SOARES, C. J. et al. Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements – What do we need to know? **Braz. Oral. Res.**, São Paulo, v. 28, n. 31, p.49-63, 2017.

SWORD, R. J. et al. Effect of curing light barriers and light types on radiant exposure and composite conversion. **J Esthet Restor Dent**, Hamilton, v. 28, n. 1, p.29-42, 2016.

VINAGRE, A. et al. Pulp temperature rise induced by light-emitting diode light-curing units using an ex vivo model. **Materials**, Basel, v. 12, n. 3, p. 411-421, 2019.

WATTS, D. C. et al. Reporting of light irradiation conditions in 300 laboratory studies of resin-composites. **Dent. Mater.**, Washington, v. 35, n. 3, p. 414–421, 2019.