



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII - PROFESSORA MARIA DA PENHA - ARARUNA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA
CURSO DE ODONTOLOGIA**

ÉRICA MARIA GOMES DE ARRUDA

**RELEVÂNCIA CLÍNICA DO DIODO EMISSOR DE LUZ (LED) NA
FOTOPOLIMERIZAÇÃO DOS COMPÓSITOS**

**ARARUNA
2022**

ÉRICA MARIA GOMES DE ARRUDA

**RELEVÂNCIA CLÍNICA DO DIODO EMISSOR DE LUZ (LED) NA
FOTOPOLIMERIZAÇÃO DOS COMPÓSITOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a/ao Coordenação/Departamento do Curso de Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

Área de concentração: Clínica Odontológica; materiais dentários e dentística.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gadelha Vasconcelos

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Gadelha Vasconcelos

**ARARUNA
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A779r Arruda, Erica Maria Gomes de.
Relevância clínica do diodo emissor de luz (led) na fotopolimerização dos compósitos [manuscrito] / Erica Maria Gomes de Arruda. - 2022.
42 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2022.

"Orientação : Prof. Dr. Marcelo Gadelha Vasconcelos ,
Coordenação do Curso de Odontologia - CCTS."

"Coorientação: Prof. Dr. Rodrigo Gadelha Vasconcelos ,
Coordenação do Curso de Odontologia - CCTS."

1. Odontologia. 2. Luz. 3. Materiais dentários. I. Título

21. ed. CDD 617.6

ÉRICA MARIA GOMES DE ARRUDA

RELEVÂNCIA CLÍNICA DO DIODO EMISSOR DE LUZ (LED) NA
FOTOPOLIMERIZAÇÃO DOS COMPÓSITOS

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado a/ao
Coordenação/Departamento do Curso de
Odontologia da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

Área de concentração: Clínica
Odontológica.

Aprovada em: 19/07/2022.

BANCA EXAMINADORA

Marcelo Gadelha Vasconcelos

Prof. Dr. Marcelo Gadelha Vasconcelos (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Rodrigo Gadelha Vasconcelos

Prof. Dr. Rodrigo Gadelha Vasconcelos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Fernanda Campos

Profa. Dra. Fernanda Campos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Gerações dos LED.....	14
Quadro 2 – Termos da física da luz e suas respectivas unidades de medida.....	18
Quadro 3 – Conceitos de potência, irradiância e dose de exposição dos LED e cálculo do tempo de ativação.....	19
Quadro 4 – Fatores capazes de influenciar no grau de conversão dos materiais resinosos.....	23
Quadro 5 – Tipos de ponteiros indiretas, apropriadas para o aparelho de LED Radian plus (SDI®) (Figura 6). de acordo com suas respectivas indicações.....	26
Quadro 6 – Características vantajosas ou desvantajosas das pontas transmissoras disponíveis no mercado.....	29
Quadro 7 – Características das UF disponíveis no mercado.....	30
Quadro 8 – Formas de realização manual das técnicas de fotopolimerização....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Diversos estilos de aparelho de LED de segunda terceira geração..	14
Figura 2 –	Aparelho de LED de segunda geração, Ralii cal (SDI®).....	16
Figura 3 –	Aparelho de LED de terceira geração, VALO Grand (ultradent®).....	16
Figura 4 –	Aparelho de LED VALO Grand (ultradent®).....	16
Figura 5 –	Aparelho de LED de terceira geração, Bluephase (Ivoclar Vivadent®).....	17
Figura 6 –	Barreiras físicas descartáveis de proteção das pontas tramissoras de LED.....	20
Figura 7 –	Aparelho de LED Elipar (3M®).....	21
Figura 8 –	Aparelho de LED Ralii Xpert (SDI®).....	21
Figura 9 –	Radiometro utilizado para aferir a irradiância de luz das UF tipo LED.....	22
Figura 10 –	Aparelho de LED Ralii cal (SDI®).....	22
Figura 11 –	Aparelho de LED Ralii plus (SDI®).....	22
Figura 12 –	Colimação de luz de diferentes gerações de LED.....	25
Figura 13 –	Ponteira direta do aparelho de LED Valo (ultradent®).....	26
Figura 14 –	Tipos de ponteira indireta.....	26
Figura 15 –	Ponteira de diametro menor diamento do que a area a ser fotoativada (Ralii Cal – SDI® – 6mm).....	28
Figura 16 –	Ponteira de diametro maior do que a area a ser fotoativada (Valo – Ultradent® – 9,5mm).....	28
Figura 17 –	Influência do ângulo de posicionamento da ponta em relação a superfície a ser ativada.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Apresenta marcas comerciais de UF e o seus respectivos intervalos de comprimento de onda, e os fotoiniciadores compatíveis.....	24
Gráfico 2 – Gráficos exemplificando as técnicas de fotoativação.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fotoinciadores e seus respectivos comprimentos de onda.....	17
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAPO	óxido de bis acilfosfina
BP	Benzofenona
BPO	Peróxido de benzoíla
CQ	Canforoquinona
J	Joule
J/cm ²	Joule por centímetro quadrado
J/cm ³	Joule por centímetro cúbico
LED	Diodo Emissor de Luz
mW/cm ²	Miliwatts por centímetro quadrado
mW/cm/nm	Miliwatts por centímetro por nanômetro
mW/cm/nm	Miliwatts por centímetro por nanômetro
PPD	Fenilpropanodiona
PQ	Fenantrenoquinona
QTH	Quartzo-Tungstênio-Halogênio
TPO	Óxido de trimetilbenzoil-difenilfosfina
UF	Unidades de Fotoativação
W	Watts

LISTA DE SÍMBOLOS

® Marca Registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	METODOLOGIA	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	Unidades fotoativadoras do tipo LED	14
3.1.1	<i>Potência, irradiância e dose de energia dos LED</i>	18
3.1.2	<i>Fatores que afetam a polimerização da resina composta</i>	23
3.1.3	<i>Ponta transmissora dos LED</i>	25
3.1.4	<i>Características e indicações de uso dos LED</i>	30
3.1.5	<i>Técnicas de fotoativação dos LED</i>	32
3.1.6	<i>Fotoiniciadores e compósitos a base de resina</i>	33
4	DISCUSSÃO	34
5	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	38

RELEVÂNCIA CLÍNICA DO DIODO EMISSOR DE LUZ (LED) NA FOTOPOLIMERIZAÇÃO DOS COMPÓSITOS

CLINICAL RELEVANCE OF LIGHT-EMITTING DIODE (LED) IN PHOTOPOLYMERIZATION OF COMPOSITES

Érica Maria Gomes de Arruda¹
Marcelo Gadelha Vasconcelos²

RESUMO

Introdução: Os equipamentos de fotoativação diodo emissor de luz (LED), entrou no mercado como uma solução para as desvantagens dos equipamentos Quartzo-Tungstênio-Halogênio (QTH) e tornou-se um dos principais dispositivos fotoativadores mais utilizado nos consultórios odontológicos. **Materiais e Métodos:** Foi realizada uma revisão de literatura, cujo acesso possibilitado pela base de dados eletrônico PubMed/Medline, e como critério de inclusão artigos recém-publicados, no intervalo de 2016-2022. **Justificativa:** contribuir com o cirurgião-dentista na escolha, nos cuidados e nas orientações da utilização dos equipamentos LED, evidenciando as características favoráveis e desfavoráveis. **Objetivo:** Realizar uma revisão literária sobre as características dos LED, assim como, analisar as propriedades desse tipo de unidade fotoativadora que influenciam na transmissão de luz, suas variáveis e as técnicas efetivas de fotoativação dos compósitos. **Conclusão:** Atualmente, os LED são as UF mais utilizadas nos consultórios odontológicos em razão de suas vantagens frente à outros tipos de fotopolimerizadores. Particularmente, os LED do tipo “polywave” de terceira geração, são os mais multifuncionais, uma vez que, apresentam amplo espectro de comprimentos de ondas de luz visível azul e ultravioleta, permitindo o cirurgião dentista fotopolimerizar materiais resinosos com vários agentes fotoiniciadores.

Palavras-chave: Fotoiniciadores. Unidades fotoativadoras. Luz. LED.

ABSTRACT

Introduction: Light-emitting diode (LED) photoactivation equipment entered the market as a solution to the disadvantages of Quartz-Tungsten-Halogen (QTH) equipment and has become one of the main photoactivation devices most used in dental offices. **Materials and Methods:** A literature review was carried out, access to which was made possible by the electronic database PubMed/Medline, and as inclusion criteria recently published articles, in the range of 2016-2022. **Justification:** to contribute to the dentist in the choice, care and guidelines for the use of LED

¹ Orientando – discente do curso de graduação em odontologia da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Araruna-PB, Brasil.

² Orientador – docente do curso de graduação em odontologia da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Araruna-PB, Brasil.

equipment, highlighting the favorable and unfavorable characteristics. **Objective:** To carry out a literary review on the characteristics of LEDs, as well as to analyze the properties of this type of light curing unit that influence the transmission of light, its variables, and the effective techniques for light curing composites. **Conclusion:** the use of light-curing or dual-curing materials made the use of light-curing units (FU) indispensable in all areas of dentistry. Currently, LEDs are the most used FU in dental offices due to their advantages over other types of light curing units. Third-party polywave LEDs are multifunctional as they have a broad spectrum of wavelengths of visible blue and ultraviolet light. Thus, it is essential for the dental surgeon to choose the most favorable type of LED to overcome the challenges of everyday clinical situations.

Keywords: Photoinitiators. Photoactivating units. Light. LED.

1 INTRODUÇÃO

Nos tratamentos restauradores de cárie dentária os materiais adesivos são os mais utilizados. Uma característica comum desses materiais é seu modo de iniciação de polimerização, que podem ser de três tipos: auto-cura, fotopolimerizável e dual-cura (DE ANGELIS et al., 2021; KOPPERUD et al., 2017).

Os materiais restauradores do tipo fotopolimerizável e dual-cura apresentam fotoiniciadores em sua composição que dependem de unidades de fotoativação (UF) (KOPPERUD et al., 2017; FRAZIER, 2020).

Essas UF são capazes de emitir luz em um comprimento de onda compatível com as moléculas fotoiniciadoras, as quais serão sensibilizadas pela energia luminosa iniciando o processo de polimerização por meio da conversão de monômeros em polímeros. O sucesso clínico das restaurações direta de resina composta está intimamente ligado ao elevado grau de conversão dessas moléculas, propiciado por uma fotopolimerização eficiente (KOPPERUD et al., 2017; ALTO, 2018; ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020; et al. 2020; CARDOSO et. al., 2020; DE ANGELIS et al., 2021).

O diodo emissor de luz (LED) é um dos principais dispositivos fotoativadores mais utilizado nos consultórios odontológicos (SOARES et. al., 2017; ALTO, 2018; CARDOSO et. al., 2020; REIS e LOGUERCIO 2021). Eles contam com dois diferentes semicondutores combinados entre si capazes de emitir o espectro de luz azul. Estes aparelhos, entraram no mercado como uma solução para as desvantagens apresentada pelo antigo sistema Quartzo-Tungstênio-Halogênio (QTH) e têm apresentado cada vez mais melhorias nas gerações atuais de LED, como a redução do tempo de cura em virtude do aumento de energia (ARMELLIN et al., 2016; ALTO, 2018; PIRMORADIAN et al., 2019; ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020; CARDOSO et. al., 2020).

Quando comparados ao QTH, os equipamentos de LED apresentam uma maior vida útil, menor necessidade de manutenção, menor liberação de temperatura operacional, maior praticidade possibilitada pelas baterias recarregáveis, pelo *design*, pouca alteração na saída de luz e o comprimento de onda emitido pelo espectro de luz azul do LED ser muito próximo ao da canforoquinona (CQ). Pode se apresentar com diversos designers como estilo em caneta ou pistola, pode conter fio ou não, além de a fonte de luz ser propiciada tanto por guias de luz, quanto por pontas transmissoras de luz. Os aparelhos sem fio são mais utilizados em vista da sua versatilidade e praticidade (ARMELLIN et al., 2016; SHORTALL et. al., 2016; ALTO, 2018; PIRMORADIAN et al., 2019; ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020; CARDOSO et. al., 2020 DE ANGELIS et al., 2021; REIS e LOGUERCIO 2021).

No que concerne aos fotoiniciadores, a CQ (1,7,7-trimetilbicyclo [2.2.1] heptano-2,3-diona) tipo 2, é o fotoiniciador mais empregado nos materiais resinosos. Em função disso a fabricação das UF apresentam comprimentos de onda adequados para sensibilizar as moléculas da CQ que apresentam pico de absorção em 468nm (RUEGGEBERG et al., 2017; ALTO, 2018; WATTS et al., 2018).

Entretanto, uma das vantagens presente na atual geração de LED é a alta capacidade de emissão de luz em um amplo aspecto, capaz de sensibilizar as moléculas de outros tipos de fotoiniciadores disponíveis no mercado odontológico, como Ivocerin® (um derivado de dibenzoil germânio), o peróxido de benzoila (BPO), a fenilpropanodiona (PPD), o Lucerin® (óxido de trimetilbenzoil-difenilfosfina) (TPO), a fenantrenoquinona (PQ), o óxido de bis acilfosfina (BAPO) e a benzofenona (BP)

(RUEGGERBERG et al., 2017; WATTS et al., 2018; KOWALSKA, SOKOLOWSKI E BOCIONG, 2021; SOARES et. al., 2017; ALTO, 2018; STRAZZI-SAHYON et al., 2020; SOTO-MONTERO et al., 2020).

A literatura aponta que as UF em consultórios odontológicos podem transmitir intensidade de luz insuficiente para polimerização apropriada dos materiais resinosos. Posto isso, os fabricantes de cada compósito a base de resina fotopolimerizável orientam o tempo mínimo exigido para cura do material, com base na potência específica, podendo variar de acordo com a tonalidade do compósito (STRAZZI-SAHYON et al., 2020; FRAZIER et al. 2020).

Logo, para o sucesso clínico dos procedimentos restauradores é indispensável o adequado uso das UF; a correta aplicação da luz permite um alto grau de polimerização dos materiais resinosos o que é fundamental para assegurar excelentes propriedades mecânicas, físicas, compatibilidade com estruturas biológicas e desempenho clínico (ALTO, 2018; PIRMORADIAN et al., 2019; STRAZZI-SAHYON et al., 2020).

Assim, dada a importância do conhecimento das UF para o ambiente odontológico, a presente pesquisa teve por objetivo realizar uma revisão literária sobre o uso dos LED no processo de fotopolimerização dos compósitos: gerações e marcas comerciais, os aspectos físicos da fotoativação, as propriedades que influenciam na profundidade de polimerização e a transmissão de luz das ponteiros, como também, as técnicas efetivas de fotoativação. E ainda assim, colaborar com o cirurgião-dentista na escolha, nos cuidados e nas orientações de utilização dos equipamentos LED, evidenciando as características favoráveis e desfavoráveis.

2 METODOLOGIA

Por meio da base de dados eletrônicos PubMed/Medline, foi realizada a pesquisa de trabalhos acadêmicos, utilizando-se descritores DeCS, palavras chaves como: Unidades fotoativadoras, Fotoiniciadores, LED. e seus correspondentes na língua inglesa “Photoactivating units” “Photoinitiators”, “LED”. Foram encontrados e selecionados trabalhos da língua inglesa, e realizada uma análise por meio do ato de leitura completa dos artigos.

Ao todo foram 24 estudos elegíveis, os demais artigos foram excluídos por não apresentarem relação direta com o tema ou por não se enquadrarem no período de publicação definido pelos autores. O levantamento dos trabalhos selecionados ocorreu entre o período do mês de janeiro ao mês julho, no ano de 2022.

O critério estabelecido pelos autores contou com pesquisas científicas recentes, publicadas no intervalo entre o ano de 2016 a 2022, e ainda sim, foi realizada como estratégia de pesquisa a busca de referências dos artigos e livro selecionado, privilegiando com escolha os que se enquadrarem os mesmos padrões dos artigos que os antecederam. Foram utilizados dois livros da área odontológica, como também foram realizadas pesquisas nos sites de fabricantes dos aparelhos de fotopolimerização.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Unidades Fotoativadoras do Tipo LED

Em 1995, o diodo emissor de luz (LED), entrou no mercado odontológico como uma opção de fotoativador com menor temperatura operacional e maior durabilidade, com uma vida útil superior a 10.000 h. Os aparelhos do tipo LED (figura 1) vieram para solucionar os problemas enfrentados com as UF do tipo QTH, e com o passar dos anos tornaram-se mais acessíveis (ARMELLIN et al., 2016; DE ANGELIS et al., 2021).



Figura 1: diversos estilos de aparelhos de LED de segunda e terceira geração.

Fontes: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7055336/bin/JISPCD-10-1-g002.jpg>

As fontes do tipo LED consistem na conjunção de dois diferentes semicondutores, dos quais, um é do tipo N e outro do tipo P. O semicondutor do tipo N apresenta elétrons extras, enquanto os do tipo P apresenta buracos extras para permitir assim a movimentação dos elétrons do semicondutor tipo N para o tipo P, e assim gerar a corrente elétrica e liberar energia na forma de fótons (unidade básica da luz). Os aparelhos de fotoativação do tipo LED foram se aperfeiçoando e inovando conforme a exigência e desenvolvimento tecnológico e, portanto, tem-se 03 gerações de LED (quadro 1) (ALTO, 2018; STRAZZI-SAHYON et al., 2020; CARDOSO e MACHADO, 2022; REIS e LOGUERCIO 2021):

Quadro 1 – Gerações dos LED

Primeira geração de LED
<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emitiam um comprimento de onda único e baixa emissão radiante; • Apresentava múltiplos LED de 6 a 62; • Possuía uma irradiância de 30 a 60 mW/cm² em cada chip de LED; • Maior aproveitamento energético comparado aos sistemas QTH; • Eram leves e silenciosos; • Design em forma de bastão. • Possuíam uma base elétrica responsável recarga de bateria.

<p>Fotoiniciador compatível:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CQ
<p>Segunda geração de LED (Figura 2)</p>
<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emitiam um comprimento de onda único e com alta emissão radiante; • Apresenta poucos LED; • Possuem uma irradiância de no mínimo 1.000 mW/cm² em um único chip de LED; • Utilizado apenas com compósitos de fotoiniciadores compatíveis apenas com espectro de luz azul; • Intervalo de comprimento de onda iminente ao da CQ (450 a 470nm); • <i>Design</i> em forma de pistola. • Possuem uma base elétrica responsável recarga de bateria. <p>Marcas comerciais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rarii Cal(SDI®); • Rarii Plus(SDI®); • Elipar Deep Cure(3M oral Care®); • Spectrum 800(Dentsply Sirona®); • Demi Plus(Kerr®). <p>Fotoiniciador compatível:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CQ
<p>Terceira geração de LED (Figura 3, 4 e 5)</p>
<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissão de luz de amplo espectro; • Apresenta poucos LED; • Possuem uma irradiância de no mínimo 1.000 mW/cm² a 5.000 mW/cm² em um único chip de LED; • Utilizado com compósitos de fotoiniciadores compatíveis com espectro de luz visível azul e no espectro ultravioleta; • Intervalo de comprimento de onda “<i>polyware</i>” ou “<i>multpeak</i>” (405 a 468nm); • Capaz de polimerizar materiais odontológicos fotopolimerizáveis que utilizem fotoiniciadores em um comprimento de onda de 485 a 515; • <i>Design</i> em forma de pistola ou bastão. • Mais versáteis. <p>Marcas comerciais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valo (Ultradent®); • Bluephase Power Cure (Ivoclar Vivadent®). <p>Fotoiniciador compatível:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ivocerin®; BPO, PPD, Lucerin®, TPO, PQ, BAPO e a BP.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.



Figura 2: aparelho de LED de segunda geração, Radii cal (SDI®).

Fontes: https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/01/radiical1_en.jpg



Figura 3: aparelho de LED de terceira geração, VALO Grand (ultradent®).

Fontes: <https://images.ctfassets.net/wfptrcrbtkd0/5xTSqZfTr810tUvsXHDtoC/f1ce525e698ec745040c3247efa20785/VALO-Grand-Cordless-LED-Curing-Light-Black-and-Red-Rock-Brazil-EQUIPMENT.jpg?w=900&q=70&fm=webp>



Figura 4: aparelho de LED VALO Grand (ultradent®).

Fonte: https://images.ctfassets.net/wfptrcrbtkd0/2a01acd42dd8220d0a7b79d1418fc7e4/8ce3a702bcfed05f119ae0c58eb39858/VALO-Grand-front-angle_EQUIPMENT-highdef.jpg?w=900&q=70&fm=webp



Figura 5: aparelho de LED de terceira geração, Bluephase (Ivoclar Vivadent®).

Fonte: <https://downloadcenter.ivoclar.com/#searchtext=bluephase%20style&details=13430>

Os fotopolimerizadores podem ser denominados como “*monowave*” ou “*polywave*”. Os *monowave* são os aparelhos fotoativadores que emitem picos de comprimento de onda entre 420 e 500nm, dentro do espectro de luz azul; compatível com o pico de absorção da CQ. Já os do tipo *polywave* emitem comprimentos de onda entre 405 e 455nm dentro do espectro de luz azul e ultravioleta, capazes de sensibilizar as moléculas de outros fotoiniciadores além da CQ. Na tabela adiante é demonstrado os comprimentos de onda os quais os fotoiniciadores são ativados e (CARDOSO e MACHADO, 2022).

Tabela 1 – Fotoiniciadores e seus respectivos comprimentos de onda.

FATOINICIADORES	COMPRIMENTO DE ONDA DO ESPECTRO
CQ	425nm - 495nm
TPO	390 - 410nm (absorção máxima em 385nm)
PPD	390 - 460nm
Ivocerin®	390 - 425nm

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Os aparelhos *polywaves* além de multifuncionais, são capazes de emitir variados comprimentos de onda, análogo as emissões do QTH em alta intensidade, as quais permitem a polimerização não só da CQ, como também de outros fotoiniciadores como ivocerina e a PPD (ALTO, 2018; STRAZZI-SAHYON et al., 2020; HARLOW et al., 2016; FRAZIER et al., 2020).

Apesar de permitir uma polimerização eficaz em situações críticas, a alta intensidade do LED gera aquecimento, que por sua vez, pode expor ao risco os tecidos pulpare e gengivais; esses riscos são maiores nas atuais UF em vista da maior produção de energia. A sensibilidade pós-operatória em maior ou menor grau

ou mesmos danos irreversíveis como a necrose pulpar estão associados ao aumento da temperatura intrapulpar (ALTO, 2018; ARMELLIN et al., 2016).

Para contornar a alta intensidade do LED em algumas situações clínicas, tendo em vista reduzir a irradiância, pode afastar a ponteira do LED da região da resina composta a ser fotoativada (REIS e LOGUERCIO, 2021).

3.1.1 Potência, Irradiância e Dose de Energia dos LED

De acordo com ALMEIDA et al., (2021), a qualidade e quantidade de luz emitida pelas UF são dependentes da irradiância, da faixa de comprimento de onda dentro do espectro magnético e do tempo de exposição.

Portanto, alguns conceitos importantes a serem discutidos dos aparelhos fotoativadores são potência, irradiância e dose de energia. A potência é mensurada em mW e compreende a luz emitida pelo LED. Quanto a irradiância é determinada por mW/cm² e consiste na potência dividida pela superfície de saída da ponta transmissora e é considerada uma das principais responsáveis pela maior indução de duplas ligações de C=C quebradas e convertidas em ligações simples C-C. Por fim, a exposição à radiação ou “dose de energia” ou “dose de luz”, é medida em J/cm² e corresponde ao tempo de exposição multiplicado pela irradiância. Com isso, referente aos termos da física da luz mencionado no texto acima, o quadro 2 apresenta as unidades de medidas e seus termos correspondentes (SOARES et. al., 2017; ALTO, 2018; ASSAF, FAHD e SABBAGH; FRAZIER, 2020; CARDOSO et. al., 2020; CARDOSO e MACHADO, 2022).

Quadro 2 – Termos da física da luz e suas respectivas unidades de medida.

Termos	Unidade de medida
Potência radiante ou fluxo radiante	Watts (W)
Emissão radiante	Miliwatts por centímetro quadrado (mW/cm ²)
Irradiância ou irradiância incidente	Miliwatts por centímetro quadrado (mW/cm ²)
Potência radiante espectral	Miliwatts por nanômetro (mW/nm)
Irradiância espectral	Miliwatts por centímetro por nanômetro (mW/cm/nm)
Energia radiante	Joule (J)
Exposição radiante	Joule por centímetro quadrado (J/cm ²)

Densidade de energia radiante	Joule por centímetro cúbico (J/cm ³)
-------------------------------	---

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Em valores insuficiente, a irradiância pode induzir complicações pós-operatórias como desadaptação marginal, descoloração e cáries recorrentes. Do mesmo modo que, quando em valores superiores ao preconizado é capaz de motivar danos aos tecidos moles e a polpa dentária (ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020).

Com isso, tem-se que para um efetivo processo de polimerização dos compósitos é preconizada uma dose de energia de 26J/cm² por abarcar diversos materiais e quanto a irradiância, valores de 300-400 mW/cm² é considerada eficiente cura. Entretanto, de acordo com Reis e Loguercio, (2021), para uma polimerização ideal de uma camada de 2mm de espessura de resina composta, é necessária uma exposição radiante de 16 a 24J/cm². Com os aparelhos atuais de 1000mW/cm²(1,0W/cm²) é possível alcançar em um tempo de 20 segundos (1,0 W/cm² x 20s = 20J/cm²). Essas grandezas físicas são importantes para o cirurgião dentista estimar uma excelente polimerização dos incrementos de resina em função do menor tempo de exposição necessário (Quadro 3) (ALTO, 2018; ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020).

Portanto para obter o tempo de ativação, conforme o quadro 3, tem-se o seguinte cálculo:

Quadro 3 – Conceitos de potência, irradiância e dose de exposição dos LED e cálculo do tempo de ativação.

<ul style="list-style-type: none"> • Potência (mW - miliwatt): luz emitida pelo LED; • Irradiância (mW/cm² - miliwatt por centímetro quadrado): luz emitida pelo LED / superfície de saída da ponta transmissora; • Dose de energia (J/cm² - Joule por centímetro quadrado): Tempo de exposição x Irradiância. <p>Dose de energia (J/cm²) = Tempo de ativação(s) x Irradiância(mW/cm²) Tempo de ativação(s): Dose de energia (J/cm²) / Irradiância(mW/cm²)</p>

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Alguns fatores são capazes de reduzir a irradiância das unidades de fotoativação, um deles é a adesão de resina ou acúmulo de detritos nas pontas transmissoras de luz. Esses detritos podem ser removidos tanto por limpeza com gases associada com álcool, quanto por imersão da ponta transmissora em um compósito não curado a fim de quando ativada a luz o compósito puxe os detritos presentes na ponteira (ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020; SHORTALL et.

al., 2016; SOARES et al., 2020; CARDOSO e MACHADO, 2022; REIS e LOGUERCIO 2021).

Outro fator é o diâmetro da ponta transmissora de luz, para aparelhos de mesma potência e diâmetros de ponta diferentes (ALTO, 2018; CARDOSO e MACHADO, 2022):

- ✓ Quanto menor o diâmetro da ponta, maior a irradiância.
- ✓ Quanto maior o diâmetro da ponta, menor a irradiância.

Fatores como diminuição da energia de bateria, danos ao feixe de fibra óptica e contaminação do guia de luz são capazes de influenciar na intensidade de luz dos LED (STRAZZI-SAHYON et al., 2020).

Por ser um instrumento semicrítico é essencial o uso de barreiras físicas descartáveis (Figura 6) de proteção para evitar a transmissão de infecção através da contaminação das UF (SOARES et al., 2020).

Sabe-se que a utilização dessas barreiras pode reduzir a irradiância do aparelho fotoativador e, portanto, o mais indicado é a utilização de apenas uma única camada de qualquer barreira, pois, quando usada de forma dobrada ou enrugada, a saída de luz ocorre de modo menos efetiva. Algumas composições de materiais disponíveis no mercado são polietileno, policloreto de vinila (PVC), polietileno de baixa densidade e o látex. Quando é aplicado o plástico do tipo PVC há redução em 5% de irradiância; já em materiais à base de látex, essa redução é de até 28% (CARDOSO e MACHADO, 2022; SOARES et al., 2020).



Figura 6: barreiras físicas descartáveis de proteção das pontas transmissoras de LED.

Fonte: CARDOSO, I. O.; MACHADO, A. C.; TEIXEIRA, D.; BASÍLIO, F. C.; MARLETTA, A.; SOARES, P. V. Influence of Different Cordless Light-emitting-diode Units and Battery Levels on Chemical, Mechanical, and Physical Properties of Composite Resin. *Oper Dent*. v. 45, n. 4, p. 377-386. Jul. 2020.

Do mesmo modo, o nível de bateria em alguns aparelhos sem fio pode influenciar na irradiância de acordo com os níveis de carga, que pode variar em carga total, média ou próximo de descarregar. Entretanto, algumas UF, como é o caso do Grand valo[®], Valo[®] (figura 3 e 4), Elipar[®] (figura 7) e Radies Xpert[®] (figura 8) não apresentam essa interferência (CARDOSO et. al., 2020; CARDOSO e MACHADO, 2022).



Figura 7: aparelho de LED Elipar (3M®).

Fonte: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1025896M/elipar-deepcure-l-led-curing-light-with-eyeshield.jpg>



Figura 8: aparelho de LED Radii Xpert (SDI®).

Fonte: <https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/04/XPERT5-768x2452.png>

Os aparelhos sem fio, tem sua intensidade de luz e sua tensão de bateria influenciados pelos níveis de baterias dos equipamentos de LED. Visto que, os baixos níveis de bateria influenciam negativamente na voltagem da bateria e de modo conseqüente a isso afetam a intensidade de luz, podendo resultar em restaurações dentárias com menor resistência a tração dimensional, maior solubilidade e sorção das resinas compostas, devido ao baixo grau de conversão dos compósitos (PEREIRA et al., 2016).

Os radiômetros (Figura 9) são equipamentos capazes de verificar a irradiância das UF. Entretanto, para se obter medidas confiáveis é indispensável que o radiômetro utilizado esteja devidamente calibrado, bem como, o formato e o diâmetro da ponta transmissora devem ser análogos a área do radiômetro a qual a ponta deve ser posicionada (ALTO, 2018; STRAZZI-SAHYON et al., 2020; ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020; FRAZIER et al., 2020).



Figura 9: radiometro utilizado para aferir a irradiância de luz das UF tipo LED. Os 3 modelos a esquerda apresentam display digital, e um modelo a direita possui display analógico.

Fonte: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7055336/bin/JISPCD-10-1-g003.jpg>

Alguns modelos de fotoativados, como é o caso do RadII-cal(SDI®) (Figura 10) e o RadII-plus(SDI®) (Figura 11), já apresentam mensurador de intensidade luminosa no próprio aparelho. (ALTO, 2018; FRAZIER et al., 2020).



Figura 10: aparelho de LED RadII cal (SDI®), o qual apresenta base de carregamento LED com mensurador de intensidade luminosa.

Fontes: https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/01/radiical1_en.jpg



Figura 11: aparelho de LED Radium plus (SDI®), o qual apresenta base de carregamento LED com mensurador de intensidade luminosa.

Fontes: https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/01/Radium_plus9_en-215x300.jpg

3.1.2 Fatores que afetam a polimerização da resina composta

Com relação a profundidade e efetividade da fotopolimerização, alguns fatores são capazes de influenciar no grau de conversão dos materiais resinosos como pode ser visto no quadro 4 (REIS e LOGUERCIO 2021).

Quadro 4 – Fatores capazes de influenciar no grau de conversão dos materiais resinosos.

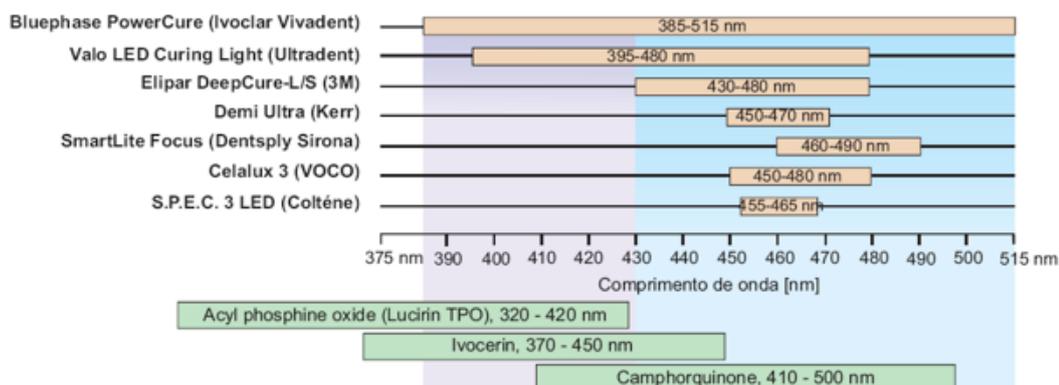
FATORES CAPAZES DE INFLUENCIAR NO GRAU DE CONVERSÃO DOS MATERIAIS RESINOSOS
INERENTES AOS APARELHOS FOTOPOLIMERIZADORES
- Características da luz emitida pelo fotoiniciador e sua eventual incompatibilidade com os fotoiniciadores presentes na resina composta.
- Modo de aplicação da luz sobre a restauração (posicionamento, angulação e diâmetro e estado da ponteira guia de luz).
- Irradiância e tempo de exposição.
- Intensidade da luz e carregamento da bateria.
- Distância entre a extremidade da ponteira e a resina composta.
- Homogeneidade do feixe de luz.
INERENTES AOS MATERIAIS RESINOSOS:
- Espessura dos incrementos de resina composta.
- Cor e opacidade da resina composta.
- Quantidade e tamanho das partículas de resina composta (composição do material).
- Temperatura da resina composta.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Diante disso, um dos fatores indispensáveis é a compatibilidade entre o fotoiniciador e as características da luz emitida pelo LED; considerando que o comprimento de onda emitido pelo LED deve ser capaz de excitar as moléculas dos fotoiniciadores presente na resina composta, no gráfico abaixo, tem-se as marcas

comerciais de UF e os fotoiniciadores compatíveis de acordo com o comprimento de onda (REIS e LOGUERCIO 2021).

Gráfico 1: apresenta marcas comerciais de UF e o seus respectivos intervalos de comprimento de onda, e os fotoiniciadores compatíveis.



Fonte: REIS, A.; LOGUERCIO, A. D. **Materiais restauradores direto: dos fundamentos a aplicação clínica.** 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

Além das características da luz influenciar no processo de polimerização, a forma de aplicação da luz também é um fator a considerar. Pois, o posicionamento, a angulação, o diâmetro e o estado da ponteira guia de luz apresentam forte influência na cura de toda extensão e profundidade da restauração (REIS e LOGUERCIO 2021).

Em relação a irradiância e o tempo de exposição para as resinas convencionais com até 2mm de espessura do incremento e para as resinas bulk fill, de 4 a 5mm de espessura do incremento, é recomendável exposição radiante de 16 a 24J/cm² em um tempo de 20 segundos para eficácia de polimerização em toda área da restauração (REIS e LOGUERCIO 2021).

Portanto, é essencial aferir a emissão radiante dos aparelhos LED para garantir que a luz emitida pelo fotopolimerizador esteja adequada. Já que, a irradiância de alguns modelos de LED é influenciada de acordo com o grau de carregamento de bateria. Assim, como, as barreiras protetoras utilizada nos LED são capazes de reduzir a irradiância (REIS e LOGUERCIO 2021).

Outro fator capaz de influenciar na profundidade de polimerização é a relação da distância da extremidade da ponteira óptica e a resina composta, uma vez que, quanto maior o distanciamento da ponteira (figura 12), maior a divergência do feixe de luz e menor a disponibilidade de fótons, reduzindo assim a irradiância. Assim, é preferível posicionar a ponteira o mais próximo possível da restauração, isso trará uma maior homogeneidade do feixe de luz (REIS e LOGUERCIO 2021).

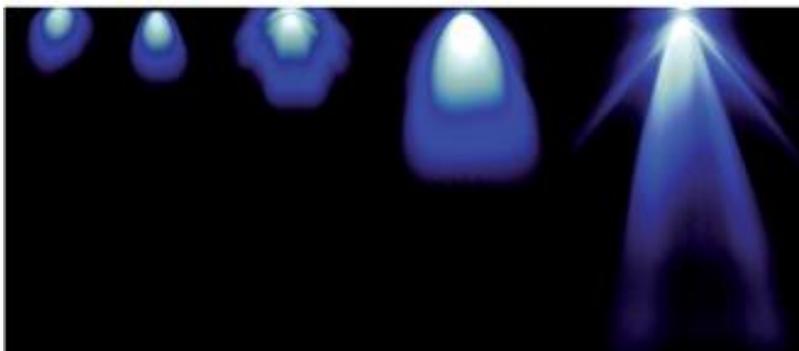


Figura 12: colimação de luz de diferentes gerações de LED. Quanto maior a distância da extremidade da ponteira óptica menor é a irradiância. As duas imagens a esquerda correspondem a colimação de luz dos aparelhos de primeira geração. A terceira imagem a esquerda corresponde a LED de segunda geração. As duas imagens a direita representam a os aparelhos de terceira geração.

Fonte: REIS, A.; LOGUERCIO, A. D. **Materiais restauradores direto: dos fundamentos a aplicação clínica.** 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021

Com relação aos fatores que influenciam na profundidade e efetividade da polimerização, inerentes aos materiais resinosos, são (REIS e LOGUERCIO 2021):

- Espessura dos incrementos de resina composta: uma vez que, parte da luz emitida pelo LED é absorvida pelo material e parte é dispensada, os valores de irradiância encontrados na base do incremento é inferior aos encontrados na superfície do incremento.
- Cor da resina composta: em consequência da maior adição de pigmentos resinas mais escuras tendem a absorver mais luz do que resinas mais claras, reduzindo a velocidade e profundidade de polimerização.
- Opacidade da resina composta: à medida que resinas mais opacas permitem menor transmitância da luz, a profundidade de polimerização é menor que as resinas menos opacas.
- Tamanho e quantidade de partículas da resina composta: posto que, a maior quantidade de partículas de carga provoca uma maior atenuação e espalhamento da luz.
- Temperatura da resina composta: resinas em temperatura ambiente o tempo de exposição exigido para polimerização é menor que em resinas compostas mantidas sob refrigeração.

3.1.3 Ponta Transmissora dos LED

As pontas transmissoras dos LED podem ser de dois tipos, as pontas transmissoras diretas (figura 13) e as indiretas (Quadro 5: Figura 14.A até a 14.E). As do tipo diretas consistem em uma fina camada de um material que pode ser plástico ou vidro entre o LED e a extremidade do aparelho. Já as do tipo indireta tem por característica uma ponteira longa, podendo ser fabricada com materiais diversos, como fibra de vidro selada ou não selada ou mesmo de acrílico (ALTO, 2018).



Figura 13: ponteira direta do aparelho de LED Valo (ultradent®).

Fonte: https://images.cfassets.net/wfptrcrbtkd0/fe9af9672033175cc5a5bb077ec983ca/e9b66a93058f0ac0014355303129c476/VALO-Grand-Lens-close-up-straight_EQUIPMENT-highdef.jpg?w=900&q=70&fm=webp

Algumas marcas comerciais, como é o caso da SDI®, disponibilizam alguns modelos de ponteiros de acordo com suas indicações, como apresentado no quadro abaixo:

Quadro 5 – Tipos de ponteiros indiretos, apropriadas para o aparelho de LED Rarii plus (SDI®) (Figura 6). de acordo com suas respectivas indicações.

Tipos de ponteira	Indicações	Modelos SDI®
Ponteira de restauração em contra ângulo.	Fotopolimerização em ângulo reto.	 14.A
Ponteira de restauração em ângulo reto.	Fotopolimerização em ângulo reto.	 14.B
Ponteira de ortodontia.	Uso ortodôntico.	 14.C

Ponteira de diagnóstico.	Diagnóstico de fraturas, desmineralização fendas, lesões de cárie, aberturas de canal, dentes não vitais, cálculos, restaurações com infiltração e ápice radicular.	
Ponteira de clareamento total.	Realização de clareamento, pois, alcança toda arcada.	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Figura 14.A, 14.B, 14.C, 14.D, 14.E: Tipos de ponteira indireta.

Fonte das imagens (14.A, 14.B, 14.C, 14.D, 14.E):

https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/01/radiiplusT1_en.jpg

https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/01/radiiplusT2_en.jpg

https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/01/radiiplusT3_en.jpg

https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/01/radiiplusT4_en.jpg

https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/01/radiiplusT5_en.jpg

A composição das pontas transmissoras dos LED é capaz de influenciar no processo de fotoativação dos compósitos. A ponta transmissora do tipo direta e indireta, fabricadas com material do tipo vidro são preferíveis. Isso se deve à coerência desse material na transmissão de luz, quando comparadas as confeccionadas com material plástico. Os materiais do tipo plástico, como é o caso do acrílico, são mais suscetíveis à danos, arranhões ou mesmo o acúmulo de impurezas capazes de interferir na transmissão da luz; e, portanto, as fabricadas com plástico exigem cuidados especiais na limpeza e manutenção (ALTO, 2018).

Outra característica importante a ser discutida é o diâmetro das pontas transmissoras (Quadro 6), pois, a área da ponta ativa é inversamente proporcional a intensidade emitida pelo fotoativador, o que influencia diretamente na irradiância. O diâmetro da ponta transmissora é capaz de interferir na irradiância dos aparelhos LED em razão da irradiância ser a potência dividida pela área, assim fotoativadores de alta intensidade e com maior irradiância emitida possui uma ponta ativa com menor área (ALTO, 2018; CARDOSO e MACHADO, 2022).

Entretanto, quanto menor o diâmetro (Figura 15) da ponteira maior o número de vezes deve ser utilizado para fotopolimerizar uma mesma área, quando comparado às ponteiras de maior diâmetro (Figura 16). Para fornecer uma irradiância satisfatória, quanto maior o diâmetro da ponteira, maior deve ser a potência da UF. Outro ponto relevante das ponteiras é a uniformidade de emissão de luz, a qual pode ser insuficiente em algumas regiões da restauração; ponteiras com maior diâmetro como é o caso do Grand valo da Ultradent® com 11,6 mm, apresentam maior homogeneidade no feixe de luz emitido. De acordo com Shortall et. al., (2016) o diâmetro da ponta ativa do UF deve ser superior à maior largura da

restauração. (ALTO, 2018; SHIMOKAWA et. al., 2020; CARDOSO e MACHADO, 2022).



Figura 15: ponteira de diâmetro menor do que a área a ser fotoativada (Radii Cal – SDI® – 6mm).



Figura 16: ponteira de diâmetro maior do que a área a ser fotoativada (Valo – Ultradent® – 9,5mm).

Fonte: ALTO, R. M. **Reabilitação estética anterior: o passo a passo da rotina clínica.** 1.ed. Nova Odessa, SP: Napoleão, 2018.

As UF que possuem pontas de menor diâmetro tem concentração de luz em um espaço reduzido e devem por vezes serem utilizadas de modo a fotoativar várias regiões até que se alcance valores de dureza adequados, pois as áreas da restauração que não envolvidas durante a fotopolimerização podem apresentar redução de cura. Assim como, o ângulo de posicionamento (Figura 17) e distância da ponta em relação a superfície a ser ativada e a homogeneidade do feixe, quando não adequados são capazes de influenciar a cura dos materiais (ALTO, 2018; FRAZIER et al. 2020; SHIMOKAWA et. al., 2020).

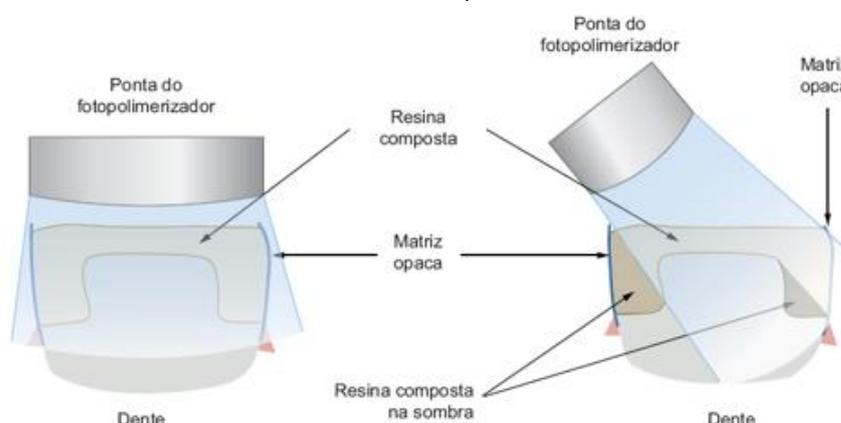


Figura 17: influência do ângulo de posicionamento da ponta em relação a superfície a ser ativada. Na figura do lado esquerdo, demonstra que a ponta de maior diâmetro e ângulo de posicionamento ideal permite que a luz alcance toda a área da restauração. Na figura a lado direito é ilustrado que o

diâmetro menor da ponta e o ângulo de posicionamento incorreto não permite que a luz alcance as regiões profunda da restauração de forma homogênea.

Fonte: REIS, A.; LOGUERCIO, A. D. **Materiais restauradores direto: dos fundamentos a aplicação clínica.** 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

Quadro 6 – Características vantajosas ou desvantajosas das pontas transmissoras disponíveis no mercado.

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Optlight color (Saevo®) 	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Fibra de vidro. - Alta intensidade luminosa. - 100% de aproveitamento da luz emitida. 	Menor diâmetro da ponta, podendo necessitar irradiar a mesma face várias vezes.
<ul style="list-style-type: none"> • Bluephase N (Ivoclar vivadent®) 	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Fibra de vidro. - Transmissão completa da luz emitida pelo LED; - Angulação da ponta próxima a 90°; - Maior diâmetro da ponta. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Valo (Ultradent®) 	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Vidro. - Composta por vidro de alta capacidade de colimação dos feixes de luz, otimizando a intensidade e alcance de profundidade da luz. - Formato da ponteira permite melhor posicionamento para os dentes posteriores. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Rad II-cal (SDI®) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ponteira luminosa do tipo direta. 	Material: Plástico: deve ser mantida limpa e sem danos, que poderiam ocasionar a perda da intensidade luminosa.
<ul style="list-style-type: none"> • Rad II-plus (SDI®) 	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Descartável. - Formato longo permite melhor alcance para os dentes posteriores; - Angulação da ponta próxima a 90°; - Ponteira descartável; - Permite que troque a ponteira de acordo com o tipo de cura. - A ponteira de luz LED pode ser rotacionada 360°. 	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

3.1.4 Características e Indicações de Uso dos LED

É imprescindível que o cirurgião-dentista conheça as particularidades dos UF do tipo LED para que assim, possa escolher o que melhor atenda às suas necessidades clínicas (SHORTALL et. al., 2016). E, portanto, por meio do quadro 7 a seguir, com o objetivo de auxiliar os profissionais da odontologia na escolha do fotoativador, tem-se um resumo das principais características de alguns modelos e marcas disponíveis no mercado.

Quadro 7 – Características das UF disponíveis no mercado.

Modelos	Optlight color	Bluephase N	Valo	Grand valo	Rad II-cal	Rad II-plus
Marca	Saevo®	Ivoclar vivadent®	Ultradent®	Ultradent®	SDI®	SDI®
Intensidade luminosa (mw/cm ²)	1200	1200	1000-3000	1000-3200	1200	1500
LED	1 LED	4 LED (polywave)	4 LED (polywave)	(polywave)	1 LED	1LED
Comprimento de onda (nm)	440 a 480	440 a 500 cobre toda a faixa de comprimento de onda, entre 385 e 515 nm.	385 a 480 cobre toda a faixa de comprimento de onda, entre 385 e 515 nm.	395 a 480 cobre toda a faixa de comprimento de onda, entre 385 e 515 nm.	440 a 480	440 a 480
Iniciador compatível	CQ	CQ, PPD, TPO e ivocerin®	CQ, PPD, TPO e ivocerin®	CQ, PPD, TPO e ivocerin®	CQ	CQ
Ponta transmissora	Tipo: Indireta	Tipo: Indireta	Tipo: Direta	Tipo: Direta	Tipo: Direta	Tipo: Indireta
Modo de aplicação	Contínuo; Rampa;		Standard; Power;	Standard; High	Rampa	Rampa; Não

	Pulsado.		High Power; Xtra Power.	Power; Xtra Power.		rampa.
Diâmetro da ponta (mm)	7,0	9,3	9,5	11,6	6,0	6,0

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

3.1.5 Técnicas de Fotoativação dos LED

As técnicas de emissão de luz podem ser classificadas de duas formas: técnicas de fotopolimerização contínua e descontínua. As contínuas podem ser do tipo saída padrão ou normal, turbo, baixa potência ou 'configuração adesiva', alta potência, *Xtra power, boost, Plasma Emulation* (HARLOW et al., 2016).

Já as descontínuas, são essenciais para reduzir os efeitos de contração de polimerização dos materiais resinosos, tal como, minimizar os riscos aos tecidos orais oferecidos pelo aquecimento dos LEDs de alta intensidade, os termos dado a técnicas descontínuas são do tipo passo, rampa, pulso e atraso de pulso (pulso tardio) (HARLOW et al., 2016).

Assim, no quadro adiante, tem-se as formas de realização manual das seguintes técnicas: pulso tardio, Início lento, transdental, a “*tack cure*” ou pré *cure*, e a “*ortho*”.

Quadro 8 – Formas de realização manual das técnicas de fotopolimerização.

Técnica de pulso tardio	Realizar no ultimo incremento de resina composta uma fotoativação inicial com baixa irradiância (200 mW/cm ²) durante 3 segundos. Após alguns minutos, é realizada uma fotoativação tardia com uma alta irradiância (no mínimo 500mW/cm ²) por 60 segundos.
Técnica de início lento	Divide-se em: rampa (<i>ramped-curing</i>) e degrau (<i>stepped-curing</i>). Como exposto no quadro 5, alguns dispositivos LED já disponibilizam essas funções, entretanto, também pode ser realizada de modo manual como explicado abaixo. <ul style="list-style-type: none"> • Rampa (<i>ramped-curing</i>): a ponteira deve ser posicionada aproximadamente de 2 a 3 cm da restauração ou até mais, mantendo por 20 segundo com baixa irradiância (100 mW/cm²); e logo em seguida, aproximar gradualmente a ponteira da restauração por 10 segundos até 1 mm da região alvo, e mante por mais 40

	<p>segundos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Degrau (<i>stepped-curing</i>): a ponteira deve ser posicionada à aproximadamente 1 cm da restauração, com baixa irradiância (200 mW/cm²) por 10 segundos. Após um intervalo de 5 segundos, fotoativar com alta irradiância (400 a 600 mW/cm²) durante 50 segundos.
Técnica transdental	Deve posicionar a ponteira em contato com a estrutura dental com o objetivo de reduzir a irradiância.
“Tack cure” ou pré cure	Técnica de polimerização curta (1 a 5 segundos). Essa técnica é indicada para cimentação de restaurações indiretas.
“Ortho”	Técnica de polimerização com alta irradiância (2.000 mW/cm ²) em curto tempo (2 a 3 segundos). Essa técnica é indicada para colagem de bráquetes ortodonticos.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

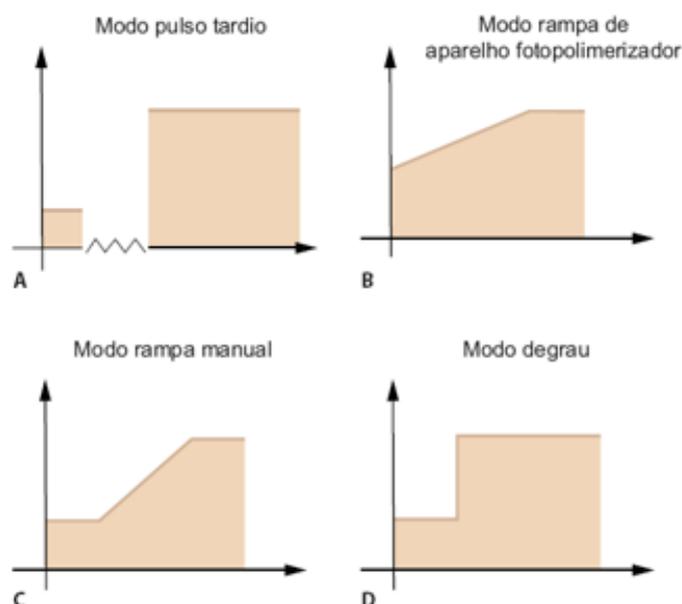


Gráfico 2: gráficos exemplificando as técnicas de fotoativação.

Fonte: REIS, A.; LOGUERCIO, A. D. **Materiais restauradores direto: dos fundamentos a aplicação clínica**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

O uso de técnicas de fotoativação lenta ou transdental, são capazes de protelar o ponto gel das resinas compostas, induzindo a uma polimerização mais lenta do material e permitindo maiores chances alívio das tensões de contração por deformação interna (REIS e LOGUERCIO, 2021).

3.1.6 Fotoiniciadores e compósitos a base de resina

No que se refere aos fotoiniciadores, consistem em um composto que quando submetido a luz inicia um processo de polimerização por adição de radicais livres, sofrendo uma fotorreação. Com isso, a energia física da luz promovida pelos LED é transformada em energia química dos radicais livres, os quais são encarregados de alongar as cadeias poliméricas dos materiais resinosos. O processo de polimerização dos compósitos é a conversão dos monômeros em polímeros, e é dividido em três etapas: iniciação, propagação e terminação (ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020; KOWALSKA, SOKOLOWSKI E BOCIONG, 2021).

Os fotoativadores para a iniciação do processo de polimerização necessitam da irradiação da luz emitida pelas UF, promovendo a formação de radicais livres por meio do hidrogênio. Os fotoativadores devem ter comprimentos de ondas compatíveis com as moléculas dos fotoiniciadores. Na odontologia é possível encontrar dois tipos de fotoiniciadores: os fotoiniciadores **tipo I** e **tipo II** (HARLOW et al., 2016; RUEGGEBERG et al., 2017; WATTS et al., 2018; KOWALSKA, SOKOLOWSKI E BOCIONG, 2021).

Quando absorvem os fótons nos comprimentos de onda adequados, os fotoiniciadores do **tipo I** se dissocia diretamente em um ou mais radicais livres, aumentando sua eficácia quando comparados aos outros fotoiniciadores do **tipo II**, os quais exigem uma reação com um agente de transferência de elétrons secundário (uma amina), tornando o processo de formação de radicais livre mais lento (RUEGGEBERG et al., 2017; WATTS et al., 2018).

Os fotoiniciadores do tipo I é o TPO, o BPO e o Ivocerin®. Em relação aos fotoiniciadores do tipo II, correspondem a CQ, a PPD, a PQ e a BP (RUEGGEBERG et al., 2017; WATTS et al., 2018; KOWALSKA, SOKOLOWSKI E BOCIONG, 2021).

A CQ é uma substância de cor amarela intensa capaz de influenciar na tonalidade das restaurações quando curadas, isso é decorrente de um de seus componentes, chamado da dicetona amarelo (RUEGGEBERG et al., 2017; ALTO, 2018; ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020).

Entretanto, a CQ é o fotoiniciador mais empregado nos materiais resinosos, e tem espectro de absorção entre 425nm a 495nm, com pico de absorção próximo de 468nm. Assim, as UF eram geralmente fabricados com comprimento de onda compatível com essa molécula, impossibilitando o uso de outros fotoiniciadores como o PPD, com espectro de absorção entre 390 a 460nm e o TPO entre 390 a 410nm (RUEGGEBERG et al., 2017; ALTO, 2018; WATTS et al., 2018).

O TPO e o PPD são outros tipos de fotoiniciadores, são capazes de sofrer fotoativação mesmo quando expostos a comprimentos de onda mais curtos que o da CQ, sendo sensíveis a faixa UV. Atualmente são associados a CQ com a finalidade de reduzir o aspecto amarelado das restaurações (RUEGGEBERG et al., 2017; ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020).

Outro fotoiniciador é o Ivocerin®, patenteado pela Ivoclar Vivadent, este fotoiniciador foi formulado com a finalidade de fornecer um amplo espectro de absorção, sendo reativo a comprimento de onda ultravioleta e azul mais baixo, entre 390 a 425nm, com pico de absorção de próximo a 412nm. O Ivocerin® apresenta maior profundidade de cura e exige menor o tempo de exposição e se caracteriza por ter maior atividade de fotopolimerização que a CQ (JUNG e PARK, 2017; RUEGGEBERG et al., 2017; WATTS et al., 2018; SHIMOKAWA et al., 2020).

De acordo com STRAZZI-SAHYON et al., (2020) e Reis e Loguercio, (2021), alguns fatores intrínsecos aos materiais, as UF e ao operador.

Apesar de ter composição semelhante às resinas convencionais, a bulk fill apresenta alguns fatores dos quais permitem maior profundidade de cura, como:

sistema de fotoiniciadores mais eficientes, maior translucidez em virtude partículas de tamanho maior e das baixas concentrações de enchimento, e moduladores específicos de polimerização mais potentes. Ainda assim, nas camadas mais profundas, a luz sofre atenuação, não ocorrendo polimerização ideal; a profundidade de cura é admissível quando a superfície inferior, mais profunda, da restauração alcança ao menos de 80% da dureza da camada superficial superior (JUNG e PARK, 2017; GJORGIEVSKA et al., 2021).

A fotoativação está presente especialmente nos procedimentos adesivos. Os sistemas adesivos são materiais a base de resina, e como todo material resinoso exigem o processo de polimerização para transformar os monômeros constituídos por ligações duplas do tipo carbono-carbono, em polímeros através de ligações simples do tipo carbono-carbono capazes de unir um monômero a outro (CADENARO et al., 2019; CARDOSO e MACHADO, 2022).

Os sistemas adesivos do tipo fotopolimerizáveis quando exposto a luz, as cadeias poliméricas se formam estabelecendo uma interface de união estável, e portanto, a fotopolimerização do sistema adesivo é uma etapa a ser seguida conforme preconizado pelo fabricante com a finalidade de obter uma maior durabilidade clínica, uma apropriada resistência de união e um excelente selamento marginal (CADENARO et al., 2019).

Quando os materiais resinosos são polimerizados inadequadamente, os grupos residuais de metacrilatos não reagidos podem promover citotoxicidade, maior solubilidade podendo levar a formação de micro gaps e conseqüentemente cárie secundária, ainda assim, alteração de cor, sorção de água, menor resistência ao desgaste e comprometimento das propriedades mecânica (STRAZZI-SAHYON et al., 2020).

4 DISCUSSÃO

O processo de fotopolimerização dos compósitos é uma etapa que não deve ser negligenciada, bem como, as conseqüências clínicas não são identificadas a curto prazo, são observadas comumente a médio e longo prazo, sendo capaz de afetar a longevidade clínica dos procedimentos (ALTO, 2018; CARDOSO e MACHADO, 2022).

No que concerne aos compósitos a base de resina, o grau de conversão de monômeros em polímeros fotopolimerizáveis está diretamente associado a potência radiante espectral (W/nm) e a exposição radiante recebida pela resina composta, e é estabelecido pela proporção das moléculas de monômero que tiveram suas ligações de C=C reagidas (J/cm²) (WATTS et al., 2018).

Frazier et al. (2020), mencionam que o comprimento de onda das UF deve ser compatíveis com a faixa de absorção das moléculas fotoiniciadoras, portanto, as UF do tipo LED que emitem vários comprimentos de onda “polywave”, são mais versáteis.

Uma fotopolimerização inadequada pode reduzir taxa de conversão dos monômeros em polímeros e, com isso, as restaurações ficarem mais suscetíveis a degradação marginal, a microinfiltração, e a descoloração ou pigmentação. Ademais, pode ocasionar danos irreversíveis à polpa, isso ocorre quando a temperatura intrapulpar se eleva acima de 42,5 °C, pois, ao longo da irradiação ocorre absorção de energia e reação exotérmica capazes de aumentar a temperatura no interior da polpa (ALTO, 2018; ARMELLIN et al., 2016; ASSAF,

FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020; ALMEIDA et al., 2021; CARDOSO e MACHADO, 2022).

Segundo Armellin et al., (2016) e Frazier et al. (2020), as propriedades dos materiais dentários as quais podem ser influenciadas a depender da dose de energia e do tempo de exposição a que forem submetidos. Assim como, ALTO, (2018) afirma que se fotoativados em alta potência por um curto período de tempo, podem resultar em baixos valores de dureza do material, alta contração de polimerização e inapropriada profundidade de polimerização, em decorrência da insuficiente disponibilidade de moléculas fotoiniciadoras.

Igualmente, ainda de acordo com Alto, (2018), para fotopolimerizadores de baixa potência não é recomendável simplesmente aumentar o tempo de exposição, pois, essa técnica apenas resolve a cura da camada superficial do material, entretanto, regiões mais profundas da restauração depende de uma alta intensidade. E, portanto, o afastamento da ponteira do LED da região da resina composta a ser fotoativada pode ser utilizada como estratégia para contornar a alta intensidade do LED em algumas situações clínicas. Como também, algumas técnicas de fotopolimerização do tipo descontínuas apresentadas no quadro 7, são capazes de reduzir os riscos provocados pelos LED de alta intensidade.

Assim como, Shortall et. al., (2016) argumenta que proteção dos olhos é fundamental, visto que podem ocorrer reações fototóxicas e fotoalérgicas em virtude da exposição constante da retina pela radiação, o risco retiniano maior acontece no espectro de luz azul em um comprimento próximo a 440 nm. Para isso, olho humano apresenta dois mecanismos como fatores de proteção natural (ALASIRI, ALGARNI e ALASIRI, 2019): A absorção do comprimento de ondas prejudiciais (abaixo de 400nm), pelo cristalino e o ajuste no tamanho da pupila de <1 mm a 8mm. Esses fatores de proteção têm como objetivo evitar que comprimentos de onda próximos a 400nm atinja a retina, onde se encontra as células fotorreceptoras e desenvolva danos oxidativos e de apoptose córnea (ALASIRI, ALGARNI e ALASIRI, 2019).

Dessa forma, é indispensável aparelhos LED que utilizem filtros de boa qualidade, capaz de desempenhar a função de óculos de proteção. Visto que, as unidades LED emitem comprimentos de onda dentro do espectro de luz azul, próximo ao risco máximo (ALASIRI, ALGARNI e ALASIRI, 2019; SHORTALL et. al., 2016).

No que concerne a polimerização dos compósitos, os estudos de Frazier et al. (2020) e Reis e Loguercio, (2021) estabelecem vários fatores capazes de influenciar na efetividade e na profundidade desse processo, assim como, os Ma. Assim, para uma fotoativação ideal, é imprescindível que o comprimento de onda da luz emitida pela unidade fotoativadora LED seja compatível com a faixa de absorção das moléculas do fotoiniciador presente na resina composta.

Reis e Loguercio, (2021), alegam que são preferíveis as ponteiras de maior diâmetro pela capacidade de envolver toda superfície e alcançar áreas mais profundas da restauração; assim como Cardoso e Machado, (2022) concordam que o uso de ponteira de menor diâmetro possa ser uma desvantagem, já que para alcançar toda a superfície de uma restauração será necessário aplicar mais vezes. A aplicação da luz deve ser fixa, com a extremidade da ponteira em um ângulo de 90 graus com a restauração, ou seja, mais paralela e o mais próximo possível do incremento de resina composta. Em cavidades classe II, em razão da maior dificuldade de posicionamento da ponteira, conseqüentemente maior distância do incremento, recomenda-se aumentar o tempo de exposição (REIS e LOGUERCIO, 2021).

Ademais, Reis e Loguercio, (2021) afirmam que à irradiância ideal capaz de garantir uma excelente polimerização, é preconizada uma exposição radiante de 16 a 24J/cm² para um incremento de até 2mm de resina composta convencional, em um tempo de exposição de 20 segundos. Entretanto, as resinas bulk fill apresentam maior profundidade de polimerização e assim permitem realizar restaurações com uma camada de 4 a 5mm de espessura mantendo a eficácia de polimerização (JUNG e PARK, 2017; SHIMOKAWA et. al., 2020; GJORGIEVSKA et al., 2021; ALTO, 2018; ASSAF, FAHD e SABBAGH FRAZIER, 2020).

Como também, é importante mencionar que para uma polimerização adequada, é necessário se certificar, através de um radiômetro, que a unidade LED esteja com emissão radiante de acordo com as informações do fabricante. Além disso, optar por aparelhos em que o grau de carregamento de bateria não altere a irradiação, ou mesmo verificar o nível em carga total (REIS e LOGUERCIO, 2021; CARDOSO e MACHADO, 2022).

A ponteira do fotoativador deve apresentar excelente condução de luz, ser livre de danos ou resíduos, apresente-se devidamente limpa e com barreira de proteção com plástico do tipo PVC. O feixe de luz emitido pelas ponteiras dos aparelhos LED, devem se apresentar homogêneo, com emissão radiante uniforme em todas as regiões da restauração (REIS e LOGUERCIO, 2021; CARDOSO e MACHADO, 2022).

Com relação aos fatores inerentes ao material restaurador, devem ser considerados as seguintes características: cor, opacidade, quantidade e tamanho das partículas e a temperatura da resina composta. Assim, faz-se necessário algumas recomendações: Em resinas compostas mais escuras, o tempo de exposição deve ser mais longo do que o aplicado em resinas compostas de cores claras (REIS e LOGUERCIO, 2021).

Do mesmo modo, em resinas compostas mais opacas, o tempo de exposição deve ser mais longo do que o aplicado em resinas compostas mais translúcidas. No tocante as resinas compostas com partículas de carga maior e irregulares (bulk fill), exigem tempo de exposição menor do que o aplicado em resinas compostas com partículas de cargas menores esféricas (microparticuladas), pois, a resina bulk fill foi desenvolvida com o intuito de reduzir a desvantagem de contração de polimerização. Essa categoria possibilita realizar restaurações com uma camada de 4 a 5mm de espessura mantendo a eficácia de polimerização, otimizando o tempo do procedimento clínico e reduzindo o estresse provocado por esse processo (JUNG e PARK, 2017; SHIMOKAWA et. al., 2020; GJORGIEVSKA et al., 2021).

E assim, Reis e Loguercio, (2021), corroboram afirmando que as cargas menores e esféricas geram maior espalhamento da luz, reduzindo a intensidade nas áreas profunda da restauração. Por outro lado, as partículas de carga com tamanho maior e irregulares permitem maior passagem de luz e menor espelhamento. Com relação as resinas compostas em temperatura ambiente, o tempo de exposição deve ser menor do que o aplicado em resfriadas.

Algumas características dos aparelhos LED, apresentam-se mais vantajosas frente a outras e é indispensável que o cirurgião-dentista conheça as particularidades dos LED e assim, possa selecionar o que melhor atenda às suas necessidades clínicas (SHORTALL et. al., 2016).

No que diz respeito a geração dos LED, os LED de terceira geração são mais versáteis em razão de serem “polywave”; são capazes de emitir um espectro de comprimento de onda mais amplo, variando 405 a 468 nm, tem alta capacidade de emissão de luz e podem comportar duplo chip de LED, um dentro do espectro

ultravioleta e um no espectro visível de azul o que o torna capaz de ativar uma gama de fotoiniciadores como CQ, PPD, TPO e ivocerin® (SHORTALL et. al., 2016; ALTO, 2018; FRAZIER et al. 2020; REIS e LOGUERCIO 2021)

Apesar de os aparelhos sem fio apresentarem maior praticidade, eles exigem baterias para operar e, portanto, a irradiância de alguns aparelhos LED sem fio pode ser influenciada pelos níveis de carregamento de bateria do aparelho fotoativador. Contudo, isso não ocorre nos aparelhos LED com fio; entretanto são menos práticos (CARDOSO et. al., 2020; REIS e LOGUERCIO 2021; CARDOSO e MACHADO, 2022).

E, portanto, algumas marcas comerciais disponibilizam aparelhos LED sem fio em que a irradiância não é influenciada pelo nível de bateria, são eles Valo, Valo Grand® (Figura 2) e Elipar® (Figura 7) e Radium Xpert® (Figura 8) (CARDOSO et. al., 2020; REIS e LOGUERCIO 2021; CARDOSO e MACHADO, 2022).

As pontas transmissoras de luz dos aparelhos LED sejam diretas ou indiretas, são preferíveis as confeccionadas em material a base de vidro. Pois, este material permite maior uniformidade na transmissão de luz, menor perda de luz ao longo do corpo da ponta, menor capacidade de acumular sujeira e sofrer arranhões quando comparados as pontas de material plástico. É importante mencionar que os LED de ponta direta como o Valo (ultradent®) (Figura 13) permitem um ângulo de saída de luz paralelo com a superfície da restauração independentemente do tipo de cavidade ou dente a ser restaurado (ALTO, 2018).

As pontas transmissoras do tipo direta são preferíveis por apresentar apenas uma fina camada entre a extremidade do aparelho e o LED, e seu ângulo de 90° em relação ao longo eixo do fotoativador (Figura 4) (ALTO, 2018).

Quanto ao diâmetro da ponta ativa, são mais vantajosas as que apresentam maior diâmetro, pois, apesar de exigirem maior potência para entregar uma boa irradiância, é necessário usá-la menos vezes em diferentes pontos da restauração alcançando adequadamente toda a área a ser polimerizada; entretanto, as pontas de menor diâmetro são capazes de emitir altas intensidades luminosas, podendo ser favoráveis para colagem de braquetes ortodônticos pela técnica "ortho" (ALTO, 2018; REIS e LOGUERCIO 2021; CARDOSO e MACHADO, 2022).

5 CONCLUSÃO

O uso de resinas e materiais adesivos fotopolimerizáveis ou de cura-dual fez-se predominante no mercado odontológico, e assim, tornou-se indispensável o uso de UF em todas as áreas da odontologia.

As UF do tipo LED, atualmente, são as mais utilizadas nos consultórios em virtude de suas vantagens frente à outros tipos de fotopolimerizadores. A emissão de espectro de luz azul, a maior vida útil, assim como, uma menor liberação de temperatura operacional, pouca alteração na saída de luz e disponibilidade dos mais diversos modelos e tipos de pontas transmissoras de luz, podem ser listados como alguns dos benefícios desse tipo de equipamento de fotoativação.

Os LED do tipo polywave de terceira geração, são multifuncionais uma vez que apresentam amplo espectro de comprimentos de ondas de luz visível azul e ultravioleta capazes de ativar o processo de polimerização nas moléculas dos mais diversos fotoiniciadores presentes nos materiais resinosos. Para os modelos atuais de LED de uma potência 1000mW/cm²(1,0W/cm²), o ideal é uma exposição radiante de 16 a 24J/cm² em um tempo de 20 segundos.

Entretanto, é importante avaliar os fatores capazes de influenciar no grau de conversão dos materiais resinosos. Sejam esses fatores relativos ao aparelho LED, como: carregamento de bateria, material utilizado na barreira física de proteção, material de fabricação da ponteira transmissora de luz, diâmetro da ponteira e a distância entre a saída de luz e a região a ser fotoativada. Assim como, características do próprio material restaurador como: a cor da resina, a opacidade, o tamanho e a quantidade de partículas e sua temperatura.

Com isso, é importante ao cirurgião dentista seguir as recomendações dos fabricantes de cada material resinoso fotoativado e optar pelo tipo de LED mais favorável a superar os desafios das situações clínicas no processo de polimerização e assim, alcançar boas propriedades mecânicas, estabilidade de cor ao longo do tempo e boa biocompatibilidade das resinas compostas.

REFERÊNCIAS

ALASIRI R. A.; ALGARNI H. A.; ALASIRI R. A. Ocular hazards of curing light units used in dental practice - A systematic review. **Saudi Dent J.** v.31, n.2, p.173-180. Apr. 2019.

ALMEIDA, R.; MANARTE-MONTEIRO, P.; DOMINGUES, J.; FALCÃO, C.; HERRERO-CLIMENT, M.; RÍOS-CARRASCO, B.; LEMOS, B.F. High-Power LED Units Currently Available for Dental Resin-Based Materials-A Review. **Polymers (Basel).** v. 13, n. 13, p. 2165. Jun. 2021.

ALTO, R. M. **Reabilitação estética anterior: o passo a passo da rotina clínica.** 1.ed. Nova Odessa, SP: Napoleão, 2018.

ARMELLIN, E.; BOVESECCHI, G.; COPPA, P.; PASQUANTONIO, G.; CERRONI, L. LED Curing Lights and Temperature Changes in Different Tooth Sites. **Biomed Res Int.** v. 2016, n. 2016, p. 1894672. Apr. 2016.

ASSAF, C.; FAHD, J. C.; SABBAGH, J. Assessing Dental Light-curing Units' Output Using Radiometers: A Narrative Review. **J Int Soc Prev Community Dent.** v. 10, n. 1, p. 1-8. Jan. 2020.

CADENARO, M.; MARAVIC, T.; COMBA, A.; MAZZONI, A.; FANFONI, L.; HILTON, T.; FERRACANE, J.; BRESCHI, L. The role of polymerization in adhesive dentistry. **Dent Mater.** v. 35, n. 1, p. 1-22. Jan. 2019.

CARDOSO, I. O.; MACHADO, A. C.; TEIXEIRA, D.; BASÍLIO, F. C.; MARLETTA, A.; SOARES, P. V. Influence of Different Cordless Light-emitting-diode Units and Battery Levels on Chemical, Mechanical, and Physical Properties of Composite Resin. **Oper Dent.** v. 45, n. 4, p. 377-386. Jul. 2020.

CARDOSO, I. O.; MACHADO, A. C. Aplicação Clínica. **Ik Journal.** v. 03, n. 01. Jan-Mar. 2022.

DE ANGELIS, F.; VADINI, M.; CAPOGRECO, M.; D'ARCANGELO, C.; D'AMARIO, M. Effect of Light-Sources and Thicknesses of Composite Onlays on Micro-Hardness of Luting Composites. **Materials** (Basel). v. 14, n. 22, p. 6849. Nov. 2021.

FRAZIER, K.; BEDRAN-RUSSO, A. K.; LAWSON, N. C.; PARK, J.; KHAJOTIA, S.; URQUHART, O. Council on Scientific Affairs. Dental light-curing units: An American Dental Association Clinical Evaluators Panel survey. **J Am Dent Assoc**. v. 151, n. 7, p. 544-545. Jul. 2020.

GJORGIEVSKA, E.; OH, D.S.; HAAM, D.; GABRIC, D.; COLEMAN, N. J. Evaluation of Polymerization Efficiency, Roughness, Porosity and Adaptation of Fluid and Sculptable Bulk Fill Composite Resins. **Molecules**. v. 26, n. 17, p. 5202. Ago. 2021.

HARLOW, J. E.; SULLIVAN, B.; SHORTALL, A. C.; LABRIE, D.; PRICE, R. B.; Characterizing the output settings of dental curing lights. **J Dent**. v. 44, p. 20-6. Jan. 2016.

JUNG, J. H.; PARK, S. H. Comparison of Polymerization Shrinkage, Physical Properties, and Marginal Adaptation of Flowable and Restorative Bulk Fill Resin-Based Composites. **Oper Dent**. v. 42, n. 4, p. 375–386. Jul. 2017.

KOWALSKA, A.; SOKOLOWSKI, J.; BOCIONG, K. The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite-A Review and Future Perspectives. **Polymers** (Basel). v. 13, n. 3, p. 470. Fev. 2021.

PEREIRA A. G.; RAPOSO L.; TEIXEIRA D.; GONZAGA R.; CARDOSO I. O.; SOARES C. J.; SOARES P. V. Influence of Battery Level of a Cordless LED Unit on the Properties of a Nanofilled Composite Resin. **Oper Dent**. v.41, n.4, p.409-16. Jul-Aug. 2016.

PIRMORADIAN, M.; HOOSHMAND, T.; JAFARI-SEMNANI, S.; FADAVI, F. Degree of conversion and microhardness of bulk-fill dental composites polymerized by LED and QTH light curing units. **J Oral Biosci**. V. 62, n. 1, p. 107-113. Mar. 2020.

REIS, A.; LOGUERCIO, A. D. Materiais restauradores direto: dos fundamentos a aplicação clínica. 2.ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2021.

RUEGGERBERG, F. A.; GIANNINI, M.; ARRAIS, C. A. G.; PRICE, R. B. T. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. **Braz Oral Res**. v. 31, n. 1, p. e61. 2017.

SHIMOKAWA, C.; TURBINO, M. L.; GIANNINI, M.; BRAGA, R. R.; PRICE, R. B. Effect of Curing Light and Exposure Time on the Polymerization of Bulk-Fill Resin-Based Composites in Molar Teeth. **Oper Dent**. v. 45, n. 3, p. e141-e155. Mai/Jun. 2020.

SHORTALL, A. C.; PRICE, R. B.; MACKENZIE, L.; BURKE, F. J. Guidelines for the selection, use, and maintenance of LED light-curing units - Part 1. **Br Dent J**. v. 221, n. 8, p. 453-460. Out. 2016.

SHORTALL, A. C.; PRICE, R. B.; MACKENZIE, L.; BURKE, F. J. Guidelines for the selection, use, and maintenance of LED light-curing units - Part II. **Br Dent J.** v. 221, n. 9, p. 551-554. Nov. 2016.

SOARES, C. J.; RODRIGUES, M. P.; OLIVEIRA, L. R. S.; BRAGA, S. S. L.; BARCELOS, L. M.; SILVA, G. R.; GIANNINI, M.; PRICE, R. B. An Evaluation of the Light Output from 22 Contemporary Light Curing Units. **Braz Dent J.** v. 28, n. 3, p. 362-371. Mai-Jun. 2017.

SOARES, C. J.; BRAGA, S. S. L.; RIBEIRO, M. T. H.; PRICE, R. B. Effect of infection control barriers on the light output from a multi-peak light curing unit. **J Dent.** v. 103, p. 103503. Dec. 2020.

STRAZZI-SAHYON, H. B.; ROCHA, E. P.; ASSUNÇÃO, W. G.; DOS SANTOS, P. H. Influence of Light-Curing Intensity on Color Stability and Microhardness of Composite Resins. **Int J Periodontics Restorative Dent.** v. 40, n. 1, p. 129-134. Jan/Fev. 2020.

WATTS, D. C.; KAISER, C.; O'NEILL, C.; PRICE, R. B. Reporting of light irradiation conditions in 300 laboratory studies of resin-composites. **Dent Mater.** v. 5, n. 3, p. 414. Mar. 2019.

WRIGHT, W. G. Knowledge Gaps Exist Among Dentists Regarding Curing Lights and Personal Protection. **J Evid Based Dent Pract.** v. 17, n. 3, p. 296-297. Set. 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradecer a Deus, o grande arquiteto do universo, por todos os ensinamentos que me proporcionou ao decorrer da vida. Pelo seu bom, perfeito e agradável propósito em mim e que por sua graça meu deus a dadiwa de cursar odontologia no campus VIII-araruna (PB), e que em nenhum momento me desamparou, mas que aos passar dos dias me fortaleceu através do seu infinito amor, misericórdia e fidelidade e me possibilitou a realização

À minha família, pois aprendi com Shakespeare que “o que importa não é o que vocês tem, mas quem você tem na vida”; e a escolha pela odontologia veio do desejo de orgulhar meus pais.

Sou grata a meu pai Edebrando Alves de Arruda, o qual foi meu maior incentivador e quem me motivava nas horas de desânimo, ele nunca duvidou dos meus sonhos e fez tudo o que podia para me proporcionar a realização desse.

Sou grata a minha mãe, Maria Da Luz Gomes Inácio, meu arrimo e aconchego nas horas difíceis, enxugou minhas lágrimas e vibrou cada conquista minha, minha maior conselheira e melhor amiga.

Agradeço a meu irmão e companheiro de profissão, Élio Gomes De Arruda, quem me guiou, me ensinou e não me deixou desistir da odontologia, minha maior inspiração.

A meu orientador, Marcelo Gadelha Vasconcelos, uma das minhas maiores referências na vida acadêmica, com quem desenvolvi projetos durante 8 períodos, sou grata por todo ensinamento, pela disponibilidade e dedicação em cada orientação de artigo e por toda bagagem de conhecimento que me proporcionou até aqui.

E aos docentes e membros da banca Rodrigo Gadelha Vasconcelos e Fernanda Campos que se colocaram à disposição, para avaliar e colaborar com esta pesquisa; vocês foram essenciais na minha trajetória, com todo suporte teórico e técnico.

Ao meu namorado, Messias Maia Velêz, por todo o companheirismo, abraço e palavra reconfortante em momentos difíceis que me fizeram acreditar em mim mesma, e me deram combustível para chegar até aqui. Por todo carinho e cuidado para comigo, você é a certeza que Deus envia anjos para cuidar de mim aqui na terra.

Agradeço aos meus amigos, em especial Anderson Marques e Jaciane Gomes, pelos favores, por todo suporte e ombro amigo, pelos conselhos, pelo apoio e risadas mesmos em momentos desfavoráveis, pois em nosso coração era mantida a certeza de que “isso de querer ser exatamente aquilo que a gente quer, vai nos levar mais além”, como diria Paulo Leminski.

Aos meus companheiros de turma, Bárbara Myllena, Thallyta Gonçalves, Edjadi Pontes, Ronaldo Targino, Geovanna Brito, Mateus Amorim, Gustavo Meneses, Darah Santos, Marcela Ellem e Henrique souto, pelas longas conversas e amizade sincera.

A minha dupla de clínica e companheira de apartamento Glória Maria pela paciência e parceria nas clínicas.

A todos que fazem parte da turma XIV, que se tornou minha segunda família durante os 5 anos de curso, com quem compartilhei sonhos e a quem desejo todo sucesso profissional.

A todos amigos e colaboradores que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.