

## **Influência das propriedades dos fotopolimerizadores na polimerização da resina composta: revisão de literatura narrativa**

**Influence of light curing properties on composite resin polymerization: narrative literature review**

**Influencia de las propiedades de fotocurado en la polimerización de la resina compuesta: revisión narrativa de la literatura**

Recebido: 31/07/2023 | Revisado: 09/08/2023 | Aceitado: 10/08/2023 | Publicado: 14/08/2023

### **Polyana Cristina Lopes**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2785-2988>

Centro Universitário de Patos de Minas, Brasil

E-mail: [polyanacl@unipam.edu.br](mailto:polyanacl@unipam.edu.br)

### **Flávia de Paulo Braga**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5143-7793>

Centro Universitário De Patos De Minas, Brasil

E-mail: [flaviabraga@unipam.edu.br](mailto:flaviabraga@unipam.edu.br)

### **Juliana Franco Monteiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3091-9459>

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

E-mail: [julianafrancomont@gmail.com](mailto:julianafrancomont@gmail.com)

### **Aletheia Moraes Rocha**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1650-7546>

Centro Universitário De Patos De Minas, Brasil

E-mail: [aletheiamoraes@unipam.edu.br](mailto:aletheiamoraes@unipam.edu.br)

### **Victor da Mota Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6631-6161>

Conselho Regional de Odontologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: [victortag@hotmail.com](mailto:victortag@hotmail.com)

### **Resumo**

As resinas compostas são utilizadas na restauração de dentes para devolver forma, função e estética. O processo de polimerização das resinas fotoativadas depende de aparelhos fotopolimerizadores, tendo no mercado diversos modelos, cada qual com suas características próprias, tipos de fontes de energia, variação no comprimento de onda, tipo de pulso e potência de luz. O objetivo foi realizar uma revisão narrativa de literatura a respeito dos tipos de fotopolimerizadores e a influência de suas propriedades na eficiência da polimerização da resina composta. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados Scielo, Google acadêmico e Pubmed, no período de 10 anos, em português e inglês. A efetividade e a longevidade das resinas necessitam da polimerização adequada, que depende da energia luminosa emitida pelos aparelhos fotopolimerizadores. Dentre os fatores que interferem na polimerização, estão a intensidade de potência do aparelho fotoativador (irradiância), o tempo de exposição e o comprimento de onda emitido. Deve também ser considerada a superfície em que a radiação é distribuída, além de uma intensidade de luz mínima e um comprimento de onda compatível com o do agente fotoiniciador do material. Atualmente, existem no mercado os fotopolimerizadores de luz halógena e os à base de luz emitida por diodo (LED), dentre eles os de 1ª, 2ª e 3ª geração, sendo este considerado a tecnologia mais atual utilizada na polimerização das resinas compostas. As resinas apresentam propriedades favoráveis, porém seu sucesso clínico está diretamente relacionado às propriedades dos aparelhos fotopolimerizadores.

**Palavras-chave:** Resina composta; Luzes de cura dentária; Polimerização.

### **Abstract**

Composite resins are used in tooth restoration to restore shape, function and aesthetics. The polymerization process of light-activated resins depends on light-curing devices, with several models on the market, each with its own characteristics, types of energy sources, variation in wavelength, type of pulse and light power. The objective was to carry out a narrative literature review regarding the types of photopolymerizers and the influence of their properties on the efficiency of polymerization of the composite resin. Bibliographical research was carried out in the Scielo, Google academic and Pubmed databases, using the 10-year period and the Portuguese and English languages as a filter. The effectiveness and longevity of resins require adequate polymerization, which depends on the light energy emitted by light curing devices. Among the factors that interfere with polymerization are the power intensity of the photoactivator device (irradiance), the exposure time and the emitted wavelength. The surface on which the radiation is distributed must also be considered, in addition to a minimum light intensity and a wavelength compatible with that of the material's photoinitiator agent. Currently, there are halogen photopolymerizers on the market and those based on light emitted by diode (LED), among them the 1st, 2nd and 3rd generation, which is considered the most current technology used in the

polymerization of composite resins. The resins have favorable properties, but their clinical success is closely related to the properties of light curing devices.

**Keywords:** Composite resins; Curing lights, Dental; Polymerization.

### Resumen

Las resinas compuestas se utilizan en la restauración dental para restaurar la forma, la función y la estética. El proceso de polimerización de las resinas fotoactivadas depende de dispositivos de fotocurado, existiendo varios modelos en el mercado, cada uno con sus propias características, tipos de fuentes de energía, variación de longitud de onda, tipo de pulso y potencia lumínica. El objetivo fue realizar una revisión bibliográfica narrativa respecto a los tipos de fotopolimerizadores y la influencia de sus propiedades en la eficiencia de polimerización de la resina compuesta. Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Scielo, Google académico y Pubmed, el período de 10 años y portugués e inglés. La eficacia y longevidad de las resinas requieren una polimerización adecuada, que depende de la energía luminosa emitida por los dispositivos. Entre los factores que interfieren con la polimerización se encuentran la intensidad de potencia del dispositivo fotoactivador (irradiancia), el tiempo de exposición y la longitud de onda emitida. Se debe considerar la superficie sobre la que se distribuye la radiación, además de una intensidad luminosa mínima y una longitud de onda compatible con la del agente fotoiniciador del material. Actualmente existen en el mercado fotopolimerizadores halógenos y basados en luz emitida por diodo (LED), entre ellos los de 1ª, 2ª y 3ª generación, que se considera la tecnología más actual utilizada en la polimerización de resinas compuestas. Las resinas tienen propiedades favorables, pero su éxito clínico está estrechamente relacionado con las propiedades de los dispositivos de fotocurado.

**Palabras clave:** Resina compuesta; Luces de curación dental; Polimerización.

## 1. Introdução

Desde os anos 80, materiais à base de compósitos fotopolimerizáveis têm sido amplamente utilizados para restaurações dentárias devido à sua elevada capacidade de devolver forma, função e estética ao dente e ainda oferecerem o benefício de preservar o remanescente dental sadio por meio da aderência à dentina e esmalte através dos sistemas adesivos (Rabelo et al, 2020). Esses materiais comumente são utilizados tanto em dentes anteriores quanto posteriores, devido à sua biocompatibilidade, suas propriedades mecânicas e sua estabilidade de cor. No entanto, ainda há uma grande margem para avanços nesse tipo de restauração, principalmente quando se trata da contração, tensões induzidas pela polimerização e da incompatibilidade de expansão térmica (Ferracane, 2008; Sadowsky, 2006).

Desde que surgiram no mercado odontológico, as resinas compostas vêm passando por diversas modificações visando a melhora de suas propriedades físicas e químicas. Dessa forma, há uma vasta diversidade quanto ao tamanho das partículas de cargas presentes em sua composição, podendo ser classificadas em macro particuladas, microparticuladas, híbridas, microhíbridas, nanoparticuladas e nanohíbridas. Quanto ao sistema de ativação, podem ser subdivididas em fotoativadas, quimicamente ativadas ou duais (Silva & Oliveira, 2021). Ademais, esses materiais possuem uma gama de consistências, desde fluídas até rígidas, o que permite serem moldados no formato desejado e convertidos através da reação de polimerização em um material rígido, resistente, estético e durável (Rosário et al., 2021).

Em relação às resinas fotoativadas, são compostas por uma matriz orgânica monomérica à base de metacrilato, como bis-GMA e UDMA; conteúdo de carga inorgânica, como partículas de carga mineral de vidro ou resinosas; agente de união silânico e também um sistema ativador-iniciador, que é necessário para converter a resina de uma pasta moldável em uma restauração rígida e durável. Nos materiais resinosos, o sistema fotoiniciador mais utilizado é a canforoquinona, cujo coiniciador geralmente é uma amina terciária (Caughman, 2002). A ativação do sistema se dá necessariamente quando o comprimento de onda da luz estiver dentro do espectro 450-480 nanômetros (nm), sob a fonte de luz azul (Rueggeberg et. al. 2017). Apesar de seu amplo uso, uma desvantagem é sua coloração amarelada, que pode afetar a cor final das restaurações se estiver presente em grandes quantidades e limitar a produção de compósitos com pigmentação mais clara (Silva, 2023).

Para superar o prejuízo estético da pigmentação, outros sistemas fotoiniciadores foram desenvolvidos, como o óxido trimetilfosfínico (TPO) e o benzoinil germânio (Ivocerin), os quais dependem de fontes de luz violeta e comprimento de onda inferior a 400nm para serem fotoativados (Melo et al., 2020). Os componentes foto sensíveis e outros aditivos também são

incorporados para melhorar a estabilidade da cor e os inibidores de polimerização minimizam ou previnem a polimerização acidental dos monômeros, assegurando um tempo de trabalho adequado. Um inibidor típico é o hidroxitolueno butilado (BHT), que tem forte potencial de reatividade com os radicais livres e não permite sua interação com os monômeros para formação de polímeros. Dessa forma, uma breve exposição acidental à iluminação não é capaz de polimerizar a resina (Córdova, 2020).

Para permitir a ativação do sistema fotoiniciador presente na resina e, conseqüentemente promover a polimerização, é necessária a utilização de aparelhos fotopolimerizadores. Dessa forma, é indispensável o uso de um fotopolimerizador com uma intensidade mínima de luz azul de 400 mw/cm<sup>2</sup>, com comprimento de onda entre 400 a 500 nm, com pico em 470 nm, que representa o pico máximo de absorção da canforoquinona, molécula capaz de absorver os fótons produzidos pelos aparelhos, entrar em estado excitatório triplo e, ao interagir com a amina terciária, iniciar o processo de formação de radicais livres e a conversão de monômeros em polímeros. Sendo assim, quanto mais eficiente for a unidade fotopolimerizadora, mais fótons estarão disponíveis para absorção e, como consequência, mais moléculas de canforoquinona ficarão excitadas, favorecendo assim o processo de polimerização (Rabelo et al., 2020).

Existem diversos modelos no mercado e marcas de fotopolimerizadores disponíveis com variações em suas características próprias, sendo necessário o conhecimento das suas propriedades e a influência que exercem na fotopolimerização, uma vez que emprego de bons aparelhos contribui significativamente para o sucesso das restaurações (Brandão & Machado, 2019). Atualmente, os equipamentos mais utilizados são os convencionais (lâmpada halógena) e os diodos emissores de luz (light emitting) (Torres, 2013). As lâmpadas halógenas, apesar de grandemente conhecidas, possuem alguns aspectos negativos, como uma vida útil limitada, devido à quantidade de calor produzida e à elevação de temperatura. Em contrapartida, os diodos emissores de luz azul (LEDs) apresentam uma maior vida útil, além de sofrerem pouca degradação no decorrer dos anos e possuem uma grande vantagem de apresentarem um espectro mais próximo a ativação da canforoquinona (Tanthanuch & Kukiattrakoon, 2019).

Com isto, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão de literatura narrativa a respeito dos tipos de fotopolimerizadores e a influência de suas propriedades na eficiência da polimerização da resina composta.

## 2. Metodologia

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados Scielo, Google acadêmico e Pubmed, tendo como filtro o período de 10 anos e os idiomas português e inglês. As palavras-chave utilizadas foram preconizadas utilizando a plataforma Descritores de Saúde (Decs): resina composta (composite resin), fotopolimerização (light-curing), polimerização (polymerization) acompanhada dos operadores booleanos AND e OR. Foi utilizado como critério de inclusão, revisões de literatura, relatos de caso, estudos laboratoriais, estudos in vivo, estudos clínicos randomizados. Como critério de exclusão foram definidos, artigos que não abordassem o tema do estudo, ausência de fontes de luz, resinas acrílicas. Os dados foram compilados e descritos de forma narrativa, baseados na metodologia delimitada (Estrela, 2018).

## 3. Resultados e Discussão

No mercado atual existe uma gama de fotopolimerizadores, cada qual com suas características próprias, formas tipos de fontes de energia, variação na faixa de onda, tipo de pulso e potência de luz. Esses, por sua vez, são capazes de produzir e transmitir uma alta intensidade de luz azul, utilizados especificamente para a fotopolimerização de materiais sensíveis a luz visível (Brandão & Machado, 2019).

Para iniciar a fotopolimerização dos compósitos, fotopolimerizadores de alta e baixa intensidade têm sido utilizados. Esses aparelhos podem ser classificados de acordo com o tipo de luz emitida e da amplitude do espectro de emissão de luz, sendo

eles de amplo e pequeno espectro. Os equipamentos mais utilizados nos dias de hoje são os convencionais (lâmpada halógena) e os diodos emissores de luz (light emitting diode – LED) (Silva & Oliveira, 2021).

Além dos diferentes tipos de fontes de energia, encontram-se aparelhos disponíveis no mercado com variação no comprimento de onda, no tipo de pulso e na potência de luz.

### **Tipos de fontes de energia**

A maioria das fontes de luz consiste em dispositivos portáteis que contém uma lâmpada e uma ponta rígida, levemente curva, feita de fibras ópticas.

### **Aparelhos de lâmpada de luz halógena**

Quanto aos tipos de aparelhos fotopolimerizadores, os de lâmpada halógena possuem eficácia comprovada por diversas pesquisas e é pouco contestada, sendo muito utilizada atualmente (Kurachi et al, 2001; Jandt et al, 2000; Teider et al 2005, Busato et al 2007). Os aparelhos mais antigos possuíam irradiância em torno de 100mW/cm<sup>2</sup> a 200mW/cm<sup>2</sup>, já os mais novos têm de 400mW/cm<sup>2</sup> a 800mW/cm<sup>2</sup>. São compostos de um quartzo com filamento de tungstênio (bulbo e refletor), filtro, sistema de resfriamento e fibras ópticas que irradiam luz UV e luz branca para a ponteira, precisando ser filtrada para eliminar todos os comprimentos de onda, exceto o azul, entre 400 e 500nm. Seu funcionamento ocorre quando uma corrente elétrica atravessa o filamento de tungstênio, que atua como uma resistência que é aquecida pela corrente elétrica, gerando radiação eletromagnética na forma de luz visível (Lutz, 1992).

É caracterizada por possuir luz incandescente, sendo a energia elétrica convertida em calor. No entanto, apresenta uma reduzida durabilidade, uma vez que há uma diminuição da eficiência da luz gerada à medida em que o aparelho vai sendo utilizado, devido à degradação do filtro e do bulbo, que quando não trocados causam a redução da eficácia da polimerização, o que compromete o comportamento clínico do material restaurador (Granadeiro, Rangel, Toledo & Oliveira, 2021). A limitação de sua vida útil varia entre 50 a 100 horas de uso contínuo devido à quantidade de calor produzida e a elevação de temperatura (Brandão & Machado, 2019).

### **Aparelhos de lâmpadas de led (light-emitting diode)**

A luz de LED azul foi desenvolvida de modo a superar, na polimerização das resinas, as desvantagens das lâmpadas convencionais. Essa unidade detém faixas espectrais muito estreitas, de aproximadamente 470 nm, valor que se aproxima do espectro de ativação da canforquinona, principal fotoiniciador da resina composta. Além disso, possui uma vida útil mais longa por sofrer pouca degradação com o tempo, já que resiste a choques e vibrações. Quando comparado a outras fontes de luz, seu consumo de energia é considerado baixo e é caracterizada por apresentar bom desempenho na profundidade adequada de polimerização, resistência à flexão e microdureza de superfície (Tanthanuch & Kukiattrakoon, 2019).

Destacam-se por serem pequenos e eficientes em energia, com a utilização de bateria de níquel-hidreto metálico de alto desempenho (NiMH) ou de ion-lítio. Os LEDs são aparelhos fotônicos fundada em semicondutores In-Ga-N (índio-Gálio-Nitrogênio), onde as partículas de luz conhecidas como fótons executam o papel principal, sendo assim convertem energia elétrica em radiação óptica, onde a luz é emitida através de polarização direta (Granadeiro, Rangel, Toledo & Oliveira, 2021). Ocasionalmente, dessa forma, a emissão de um espectro de luz visível azul com um comprimento de onda entre 450 e 490nm e não requerem o uso de filtros (Melo et al., 2020). Versões mais recentes apresentam mais de uma unidade de LED para estender o comprimento de onda para o violeta também. Além disso, os diodos emissores de luz possuem um espectro mais próximo à ativação da canforquinona (Silva & Oliveira, 2021).

Os LEDs de primeira geração não apresentam intensidade de luz suficiente para a polimerização satisfatória das resinas compostas, possuindo irradiância entre 75 a 150mW/cm<sup>2</sup>. Já os LEDs de segunda e terceira geração foram inseridos no mercado com melhorias em sua potência e profundidade de polimerização, apresentando uma irradiância de 1.500 a 2.000 mW/cm<sup>2</sup> e sendo capazes de emitir um feixe de luz profundo e uniforme, convertendo um maior número de monômeros em polímeros (Rabelo et al, 2020; Granadeiro et al., 2021).

O grau de conversão das resinas está relacionado à quantidade de monômeros que se converteram em polímeros, possuindo grande importância para o processo de polimerização, uma vez que, caso não ocorra com êxito total, podem existir monômeros residuais não reagentes que acabam sendo dissolvidos na presença de umidade, causando a deterioração e afetando a longevidade das restaurações, além de trazer consequências negativas, como a sensibilidade pós-operatória, microinfiltração, cárie e fraturas na restauração e no dente devido às falhas na interface adesiva (Córdova, 2020).

Os LEDs atuais apresentam uma ótima eficácia energética, podendo operar 25 min em média com a bateria totalmente carregada, sendo então capaz de fotopolimerizar 75 ciclos de 20 segundos. Portanto, o tempo de vida útil do aparelho vai em torno de 100.000 horas, ou até mais dependendo da variação de tempo usada pelo profissional (Granadeiro et al., 2021).

### **Variação no comprimento de onda**

Está relacionada com a amplitude do espectro de emissão de luz. Cada sistema ativador-iniciador possui um comprimento de onda ideal para a sua absorção e consequente conversão, sendo que, para a canforoquinona, o comprimento de onda necessário está entre 400 a 500 nm, com pico em 470 nm, representando o espectro de luz azul (Rueggeberg et. al. 2017). Outros sistemas fotoiniciadores como o óxido trimetilfosfínico (TPO) e o benzoinil germânio (Ivocerin) dependem de fontes de luz violeta e comprimento de onda inferior a 400nm para serem fotoativados (Melo et al., 2020).

### **Tipos de pulso**

Os tipos de pulso estão relacionados com os diferentes métodos de polimerização das resinas. Surgiram na tentativa de diminuir os aspectos desfavoráveis da fotopolimerização, como a sensibilidade pós-operatória, contração de polimerização e infiltração marginal das resinas. Dentre eles, pode-se citar a técnica de polimerização convencional ou pulso contínuo, em que 100% da intensidade luminosa é fornecida durante todo o tempo; a polimerização soft-start, gradual exponencial ou pulso em rampa, em que se realiza a polimerização inicial com baixa intensidade de luz seguida de uma polimerização final com alta intensidade e pulso delay ou pulso tardio que envolve uma polimerização inicial de baixa intensidade, um período de espera e uma polimerização final com alta intensidade (Schneider et al, 2016).

Ainda segundo Schneider, Mendonça, Rodrigues, Busato e Camilotti (2016), a alta densidade de luz inicial aumenta o estresse da contração de polimerização. Realizar intervalos entre os pulsos e utilizando intensidades diferentes permite aumentar a fase pré-gel da resina, melhorar sua fluidez e aliviar esse estresse (Carvalho et al, 2012).

### **Irradiância (potência de luz)**

A irradiância se refere à quantidade de fótons emitidos por uma determinada fonte de luz, ou seja, a potência emitida pelo LED, dividida pela área de saída da ponta ativa, sendo mensurada em mW/ cm<sup>2</sup> (Brandão, 2019). Um fotopolimerizador com uma irradiância menor possui uma menor emissão de fótons e, consequentemente, uma baixa intensidade, enquanto que um fotopolimerizador com uma maior irradiância detém uma maior emissão de fótons e, como consequência, uma alta intensidade (Rabelo et al, 2020). Os valores de irradiância podem variar desde 400 a 800mW/cm<sup>2</sup> no caso dos aparelhos de lâmpada halógena, e até 1500 a 2000mW/cm<sup>2</sup> como nos aparelhos LED de terceira geração. Assim, um equipamento fotoativador, para assegurar uma fotoativação satisfatória, precisa de ao menos 400mW/cm<sup>2</sup> (Brandão & Machado, 2019).

Como fatores para se obter uma polimerização adequada nas resinas compostas, cita-se uma intensidade de luz mínima, considerando a superfície e profundidade em que a radiação específica é distribuída, e um comprimento de onda compatível com o do agente fotoiniciador (Silveira et al, 2014). Assim, vale ressaltar que a profundidade da cavidade a ser restaurada depende da extensão da cárie ou fratura. É comum a restauração de cavidades profundas em dentes posteriores, o que dificulta o posicionamento da ponta do fotopolimerizador próxima do material a ser irradiado devido aos dentes adjacentes. Dessa forma, de acordo com Brandão e Machado (2019), nesses casos, o uso de aparelhos fotopolimerizadores com maior irradiância é recomendado para se obter melhores propriedades físicas, resultando em maior longevidade das restaurações.

### **Tempo de exposição à luz**

Córdova (2020) afirma que a eficiência da polimerização é diretamente proporcional à exposição da radiação de luz e pode ser influenciada por fatores como tempo de exposição, intensidade da luz e distância da ponta guia ao material restaurador. Na camada superior da resina composta observam-se valores mais altos de microdureza se comparada à camada mais profunda, podendo ocorrer devido ao fato de a energia luminosa chegar de forma suficiente ao fotoiniciador na camada superior, porém se espalha quando chega à camada mais inferior. Portanto, quando a luz é difundida, a sua intensidade é reduzida devido à dispersão provocada pelas partículas de carga e matriz da resina.

Além disso, quanto maior a intensidade da luz, maior a penetração na resina, portanto, maior a conversão. Ainda de acordo com Córdova (2020), também se deve levar em consideração o tempo de exposição à luz, pois esse deve ser suficiente para que a radiação seja distribuída corretamente, sendo que quanto menor o tempo de exposição à luz, menor a percentagem de conversão. Cada compósito possui uma dose certa de energia de forma a atingir uma adequada polimerização, que corresponde a uma relação entre o tempo de exposição multiplicado pela irradiância. A unidade de medida é o Joule (J). A dose mínima de energia para a fotoativação correta dos materiais resinosos é de 16J. Assim, para um equipamento de 400mW/cm<sup>2</sup>, a fotoativação deve ser feita por 40 segundos, enquanto que para um equipamento de 800mW/cm<sup>2</sup>, a fotoativação deve ser efetuada por 20 segundos. Assim, quanto menor for a irradiância, maior será o tempo utilizado para fotoativação (Alto, 2018; Rueggeberg & Caughman, 1994).

Existe também uma relação inversa entre a distância da ponta do fotopolimerizador à resina composta e a microdureza da resina composta. À medida que a distância da ponta do fotopolimerizador à resina composta aumenta, a dureza diminui proporcionalmente (Córdova, 2020). Recomenda-se manter a ponta do fotopolimerizador o mais próximo possível do objeto que está sendo ativado com o intuito de permitir que a maior intensidade luminosa possível chegue ao material e o centro da ponteira de transmissão deve ser mantido perpendicular ao objeto (Silva, 2023). Quanto maior a distância da ponta do fotopolimerizador do objeto, menor o efeito da intensidade da luz emitida (Brandão & Machado, 2019).

### **Aparelhos disponíveis no mercado**

A maioria dos materiais resinosos hoje apresentam propriedades mecânicas favoráveis, sendo a fotoativação e a técnica adesiva pontos cruciais para a longevidade clínica dessas reabilitações. Esses fatores estão intimamente relacionados às propriedades físicas dos aparelhos fotopolimerizadores, portanto além da escolha criteriosa do material e uma correta técnica restauradora, o emprego de aparelhos bons fotopolimerizadores com potência adequada colabora, significativamente, para o sucesso das restaurações (Rabelo et al, 2020).

As diferentes intensidades de luz influenciam na estabilidade da cor e microdureza da resina composta. Sendo assim, para garantir uma correta polimerização é necessária uma intensidade mínima de luz de 400 mw/cm<sup>2</sup> com uma exposição por cerca de 40 segundos para ter adequada polimerização de um incremento de 1,5 mm a 2 mm de resina composta. Tal questão é



justificada pelo fato de que valores inferiores a esses podem levar a polimerização incompleta e, conseqüentemente, a diminuição das propriedades físicas e mecânicas, alteração de cor e degradação da resina (Alto, 2018; Rueggeberg & Caughman, 1994).

Atualmente, existem no mercado os fotopolimerizadores de luz halógena e os fotopolimerizadores à base de luz emitida por diodo, ou seja, os aparelhos de LED de primeira, segunda e terceira geração. No entanto, apesar das opções disponíveis, a tecnologia mais atual utilizada para gerar os fótons necessários para a polimerização das resinas compostas é o uso dos fotopolimerizadores à base de LED (Cardoso, 2018; Rabelo et al, 2020). Os LEDs possibilitaram um significativo avanço na fotoativação de materiais resinosos odontológicos. A primeira e a segunda gerações de aparelhos fotoativadores LED (LCU), também chamados de LCU monowave, emitiam apenas azul com comprimentos de onda entre 440nm – 480nm, espectro de luz absorvido pela canforoquinona. Posteriormente, com a inclusão de outros sistemas de fotoiniciadores com absorção em diferentes espectros de luz, os LCUs à base de LEDs com emissão de mais de um pico de espectro de luz foram lançados no mercado (Jandt & Mills, 2013).

Essas novas unidades de luz desenvolvidas, também conhecidas como polywave ou multiwave LCUs, são dispositivos de fotoativação de terceira geração, constituídos por uma combinação de dois ou mais chips de LEDs emissores em diferentes faixas de espectro de luz, variando entre o azul e o violeta (Sinhoreti et al., 2018). Por fim, o aparelho Bluephase possui duplo comprimento de onda e irradiância máxima de 2200 mW/cm<sup>2</sup> (Granadeiro, Rangel, Toledo & Oliveira, 2021). Ainda segundo Granadeiro, Rangel, Toledo e Oliveira (2021), existem no mercado odontológico brasileiro atual dois aparelhos polywave que são compatíveis com todos os materiais fotopolimerizáveis: o Bluephase (Ivoclar Viavdent) e o VALO Cordless (Ultradent), com duplo comprimento de onda com irradiância máxima de 2200 mW/cm<sup>2</sup>.

As resinas fotoativadas com o LED de terceira geração obtêm uma elevada taxa de conversão monomérica, com uma média de 85,9%, demonstrando a eficiência da irradiância produzida nesses aparelhos, comparado às resinas fotoativadas com o LED segunda geração, cuja taxa de conversão é menor, com valor de 56%. A justificativa está no fato do aparelho de terceira geração possuir, segundo o fabricante, densidade de potência que varia de 1.100 a 2.000 mW/cm<sup>2</sup> e um comprimento de onda que varia de 385 nm a 515 nm, o que está exatamente dentro do espectro de absorção da canforoquinona e de outros sistemas iniciadores, corroborando na afirmação que esse tipo de aparelho apresenta eficácia ao procedimento de fotoativação (Rabelo et al, 2020).

Brandão e Machado (2019) também comentam a respeito das múltiplas pontas que transmitem luz disponibilizadas no mercado, cada uma com suas peculiaridades atuando na fotoativação. Essas pontas podem ser divididas em dois grandes grupos: as pontas transmissoras indiretas, que são ponteiras longas onde o LED fica localizado dentro do corpo do aparelho fotoativador e a luz gerada precisa ser levada até ao extremo da ponta e as pontas transmissoras diretas, em que a ponta transmissora é uma fina camada que se situa entre a extremidade do aparelho e o LED, podendo ser fabricadas com vidro ou plástico. As mais indicadas devem ser as pontas de fibra de vidro, uma vez que são mais coerentes ao transmitir a luz e menos perda no corpo da ponta.

Por fim, os aparelhos fotopolimerizadores estão suscetíveis à perda de rendimento e a falhas de acordo com o tempo de uso, sendo importante a manutenção do aparelho, tanto de seus componentes como da intensidade da luz por ele emitida, já que o tempo e a constância de uso influenciam em seu desempenho, comprometendo sua efetividade de polimerização, podendo gerar problemas nos tecidos moles da cavidade bucal do paciente ou até mesmo problemas nos olhos do profissional (Barbon et al, 2015; Scariot et al., 2017; Brandão & Machado, 2019; Lins et al, 2023). Cardoso (2018) ainda afirma que diferentes níveis de bateria também podem influenciar no grau de conversão, resistência à tração diametral, sorção e solubilidade da resina composta. Mesmo sendo um processo essencial para efetividade das restaurações, o processo de fotoativação ainda é subestimado e até negligenciado por profissionais e acadêmicos, sendo essencial o cuidado com o manuseio e o protocolo de uso dos aparelhos (Bezerra et al, 2022).

#### 4. Conclusão

A distância da ponta do fotopolimerizador à resina composta pode interferir nas suas propriedades físicas e afetar a durabilidade a longo prazo das restaurações compostas sendo, portanto, indispensável que o foco de irradiância esteja imediatamente direcionado à restauração de forma a permitir com que a maior intensidade luminosa possível chegue ao material que está sendo fotoativado, evitando o comprometimento do comportamento clínico do material restaurador. Os dispositivos de fotopolimerização de luz LED têm uma intensidade de luz mais alta e são mais eficientes na polimerização da camada inferior da resina composta em comparação com as lâmpadas halógena. No entanto, o quesito principal a se considerar, deve ser a utilização da intensidade de luz mínima, tempo adequado e um comprimento de onda compatível com o do agente fotoiniciador. Sendo assim, é necessária uma intensidade mínima de luz de 400 mw/cm<sup>2</sup> com uma exposição por cerca de 40 segundos para ter adequada polimerização de um incremento de 1,5 mm a 2 mm de resina composta, já que valores inferiores a esses podem levar a polimerização incompleta e, conseqüentemente, a diminuição das propriedades físicas e mecânicas, alteração de cor e degradação da resina.

Trabalhos futuros podem enfatizar a importância de se respeitar os pré requisitos mínimos de um aparelho fotopolimerizador por meio de testes comparativos entre marcas e modelos, trazendo boas opções de custo-benefício para o profissional e que tragam resultados satisfatórios para as restaurações. Além disso, seria interessante demonstrar maneiras para detectar que o aparelho não está mais em boas condições de uso, de forma que o profissional consiga realizar a sua manutenção ou providenciar a sua troca.

#### Referências

- Alto, R. M. (2018). Reabilitação Estética Anterior: Passo a Passo da rotina clínica. Ed. Napoleão São Paulo.
- Barbon, F. J., Perin, L., Di Domênico, B. P., Pancotte, L. Ghiggi, P. & Calza, J. V. (2015). Interferência da distância de fotopolimerização na intensidade da luz emitida pelos fotopolimerizadores à luz led. *Journal of Oral Investigation*, 4(1), 4-8.
- Bezerra, A. L. C. A., Alvarenga, M. O. P., Durão, M. de A., Monteiro, G. Q. de M., & Dias, T. J. C. (2022). Eficácia de polimerização de aparelhos fotopolimerizadores utilizados em clínica escola de Odontologia do Recife. *Research, Society and Development.*, 11(4).
- Brandão, J. M. S. F & Machado, I. (2019). *Fotopolimerizadores uma ferramenta fundamental para os cirurgiões dentistas*. RIUniceplac.
- Busato, A. L. S., et al (2007). "Métodos de fotopolimerização." *Stomatos* 13.24: 45-52.
- Cardoso, I. O. (2018). Influência de diferentes aparelhos fotoativadores LED sem fio e o nível de bateria nas propriedades da resina composta (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.
- Carvalho, Andreia Assis, et al (2012). "Effect of light sources and curing mode techniques on sorption, solubility and biaxial flexural strength of a composite resin." *Journal of Applied Oral Science* 20: 246-252.
- Caughman, W. F., & Rueggeberg, F. A. (2002). Shedding new light on composite polymerization. *Operative dentistry*, 27(6), 636-638.
- Córdova, L. G. O. (2020). Efeito da distância do fotopolimerizador à restauração de resina composta (Dissertação de mestrado). *Instituto Universitário de Ciências da Saúde*.
- Estrela, C. (2018). Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa. Editora Ates Médicas.
- Ferracane, J. L. (2008) Buonocore Lecture. Placing dental composites—A stressful experience *Operative Dentistry* 33(3) 247-257.
- Granadeiro, C. F., Rangel, L. F. G. O., Toledo, L. F. C. & Oliveira, R. S. (2021). Evolução dos aparelhos fotopolimerizadores: revisão de literatura. *Rev Pró-Universus*, 12(2),60-64.
- Jandt, K. D., & Mills, R. W. (2013). A brief history of LED photopolymerization. *Dental Materials*, 29(6), 605-617.
- Kurachi, Cristina, et al (2001). "Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices." *Dental materials* 17.4 309-315.
- Lins, M. H. de B., Lacerda F. A. de, Lopes G. H. M., Silva R. K. da C., Chagas D. R. dos S., Beltrão L. P. O., Costa L. M. F., Lins R. N. F., & Alves M. I. de M. (2023). A influência do fotopolimerizador sobre a microdureza das resinas compostas. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 23(5).
- Lutz, F., I. Krejci, and A. Frischknecht. (1992) "Lichtpolymerisationsgeräte." *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102.5.565-572.
- Melo, S. R. R.A., Miranda, C. B., Pereira, T. M. S. & Carvalho, C. S. (2020). Análise dos diferentes sistemas de fotopolimerização dos materiais resinosos: revisão de literatura. *Revista da Faculdade de Odontologia da UFBA*, 50(2), 41-52.



- Rabelo, Z. H., Silva, Y. C. B., Oliveira, L. L., Linhares, N. P., Ferreira, P. B., Sousa, A. M. L., & Mendes, T. A. D. (2020). A influência da irradiância dos fotopolimerizadores nas propriedades mecânicas da resina composta microhíbrida. *Electronic Journal Collection Health*, 12(10).
- Rosário, A. C. A., Ribeiro, M. S., Souza, C. S. & Galitto, M. A. (2021). Relação e efeitos entre as tecnologias de cura polywave e monowave com influência nas propriedades físico-mecânicas dos materiais e relevância clínica: uma revisão de literatura. *Revista fluminense de Odontologia*, 56.
- Rueggeberg, F. A., Caughman, W. F., & Curtis, J. W. (1994). Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Operative dentistry*, 19, 26-26.
- Rueggeberg, F. A., Giannini, M., Arrais, C. A. G., & Price, R. B. T. (2017). Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Brazilian oral research*, 31.
- Sadowsky, S. J. (2006) An overview of treatment considerations for esthetic restorations: A review of the literature. *Journal of Prosthetic Dentistry* 96(6).
- Silva, A. B. S. & Oliveira, L. R. (2021). *Influência do uso de fonte luminosa sobre a dureza da resina composta: revisão de literatura* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade de Uberaba, Uberaba, MG.
- Silva, L. C. S. (2023). *Sistemas de fotopolimerização: características e fatores de eficácia* (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA.
- Silveira, B. C. M. da, Araújo, L. S. N. de, Ambrosano, G. M. B., Marchi, G. M., Aguiar, F. H. B., & Catelan, A. (2014). Influência da Distância de Fotoativação na Microdureza de um Compósito de Baixa Contração de Polimerização. *Archives of Health Investigation*. 3(2), 34-39.
- Schneider, A. C., Mendonça, M. J., Rodrigues, R. B., Busato, P. M. R., & Camilotti, V. (2016). Influência de três modos de fotopolimerização sobre a microdureza de três resinas compostas. *Polímeros*, 26, 37-42.
- Sinhoreti, M. A. C., Oliveira, D., Rocha, M. & Roulet, J-F. (2018). Fotopolimerização de materiais restauradores resinosos: uma abordagem com base em evidências para a prática clínica. *Journal of Clinical Dentistry and Research*, 15(1), 44-53.
- Scariot, R. C., Calza, J. V. & Casali, J. L. (2017). Abordagem dos Cirurgiões Dentistas em Relação a Fotopolimerização de Resinas Compostas. *Journal of Oral Investigations*, 6(1), 38-49.
- Tanthanuch, S., & Boonlert, K. (2019). "The effect of curing time by conventional quartz tungsten halogens and new light-emitting diodes light curing units on degree of conversion and microhardness of a nanohybrid resin composite." *Journal of Conservative Dentistry: JCD* 22.2: 196.
- Teider, L. D., et al. (2005). "Eficiência de dois sistemas de luz: Halógena X Leds." *Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde* 11.3.
- Torres, C. R. G., Torres, A. D. M., Borges, A. B., Gomes, A. P. M., Pucci, C. R., Kubo, C. H., & Caneppele, T. M. F. (2013). *Odontologia Restauradora Estética e Funcional: Princípios para a prática clínica*. Santos.