



AFYA CENTRO UNIVERSITÁRIO SALVADOR-BA

BACHARELADO EM ODONTOLOGIA

EVELLYN ARIADNE RIBEIRO MENDES DA SILVA

**A FOTOPOLIMERIZAÇÃO DE MATERIAIS RESINOSOS:
REVISÃO DE LITERATURA**

Salvador

2025

EVELLYN ARIADNE RIBEIRO MENDES DA SILVA

**A FOTOPOLIMERIZAÇÃO DE MATERIAIS RESINOSOS:
REVISÃO DE LITERATURA**

Artigo apresentado ao Curso de Odontologia do
Centro Universitário Dom Pedro II, como requisito
para aprovação na disciplina TCC.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Carla dos Reis Lima.

Salvador

2025

Silva, Evellyn Ariadne Ribeiro Mendes da
A fotopolimerização de materiais resinosos: revisão literária.
S586f [manuscrito] / Evellyn Ariadne Ribeiro Mendes da Silva. – Salvador: Afya Centro Universitário de Salvador, 2025.
29f.il.; 28cm.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carla dos Reis Lima.
Monografia (graduação)- Afya Centro Universitário de Salvador, 2025
1.Fotopolimerização. 2.Dentística. 3. Restauração. I. Lima, Carla dos Reis. II. Afya Centro Universitário de Salvador. III. Título.
CDU: 613.314

AGRADECIMENTOS

A Deus por me proporcionar a realização de mais um feito em minha vida.

Aos meus pais, Fábio Barbosa e Silvana Ribeiro, que sempre foram a base de tudo, que sempre me incentivaram a estudar, acreditaram no meu potencial e fizeram de tudo para que isso fosse possível.

Ao meu tio Emerson Ribeiro que sempre me ajudou e proporcionou concluir a faculdade. Sem o seu apoio, talvez não fosse possível chegar até aqui.

Ao meu primo Ramon Mendes que me influenciou a iniciar esse caminho e a toda a minha família que contribuiu para realizar esse sonho.

A instituição e coordenação pelo apoio e aprendizado, selecionando o melhor corpo docente. Agradeço, em especial, a minha orientadora, professora Carla Reis, que sempre esteve ao meu lado durante todo o processo, toda dedicação, paciência, incentivo. Sua orientação foi muito importante para meu crescimento tanto acadêmico, como pessoal, uma profissional que ensina com amor, empatia, dedicação e inspiração.

A minha turma por ter participado desse processo o tornando mais leve, com muitas risadas, muitos choros, muitas fofocas e muito aprendizado.

RESUMO

A fotopolimerização é um processo essencial na odontologia, responsável pela conversão de monômeros em polímeros através de uma fonte de luz, proporcionando rigidez e durabilidade aos materiais resinosos. Este trabalho tem como objetivo compreender os princípios básicos da fotopolimerização e analisar os principais tipos de aparelhos fotopolimerizadores, bem como os fatores que influenciam o processo. Trata-se de uma revisão de literatura realizada nas bases de dados *PubMed*, SciELO e Google Acadêmico, considerando artigos entre 2015 e 2025. Observou-se que os aparelhos no qual apresentam a luz emitida por diodo (LED), especialmente os de terceira geração, apresentam maior eficiência, maior profundidade de cura (capacidade e espessura máxima que o material resinoso pode ser solidificado) e menor emissão de calor, favorecendo o desempenho clínico. A escolha adequada do aparelho, o tempo de exposição, a intensidade da luz e o tipo de fotoiniciador são fatores determinantes para uma fotopolimerização eficaz. Conclui-se que o conhecimento técnico do cirurgião-dentista e a manutenção periódica dos equipamentos são fundamentais para garantir restaurações duradouras e seguras.

Palavras-chave: Fotopolimerização. Dentística. Restauração.

ABSTRACT

Photopolymerization is an essential process in dentistry, responsible for converting monomers into polymers through a light source, providing rigidity and durability to resin materials. This work aims to understand the basic principles of photopolymerization and analyze the main types of photopolymerization devices, as well as the factors that influence the process. This is a literature review carried out in the PubMed, SciELO and Google Scholar databases, considering articles between 2015 and 2025. It was observed that devices using light emitted by diode (LED), especially third generation ones, have greater efficiency, greater curing depth (capacity and maximum thickness that the resinous material can be solidified) and lower heat emission, favoring clinical performance. The appropriate choice of device, exposure time, light intensity and type of photoinitiator are determining factors for effective photopolymerization. It is concluded that the technical knowledge of the dental surgeon and the periodic maintenance of equipment are essential to guarantee long-lasting and safe restorations.

Keywords: Photopolymerization. Dentistry. Restoration.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	06
2 METODOLOGIA	09
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
4 DISCUSSÃO	20
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da odontologia adesiva e a expansão dos procedimentos reabilitadores baseados em materiais fotopolimerizáveis, a prática clínica se tornou mais previsível e versátil. A fotopolimerização consolidou-se como um processo indispensável, e o domínio de seus princípios é decisivo para alcançar melhores resultados em reabilitações, sobretudo em restaurações diretas e indiretas que dependem de desempenho mecânico e adesão duradoura (Price *et al.*, 2023).

A polimerização é uma reação que transforma monômeros em polímeros, ou seja, pequenas moléculas em macromoléculas, através de uma reação de adição, resultando na rigidez das resinas compostas (Lemos *et al.*, 2020). As primeiras resinas compostas comercializadas eram polimerizadas por meio de uma reação química, através da manipulação de duas pastas: a pasta base e a pasta catalisadora, que ao serem misturadas passavam do estado viscoso para o estado sólido rígido, denominando-as de resinas autopolimerizáveis. No entanto, esse tipo de polimerização apresentava desvantagens no aspecto clínico, devido à falta de controle do tempo de reação e dificuldades na manipulação, obtendo resultados insatisfatórios nas restaurações (Varghese *et al.*, 2023).

Com a necessidade de o cirurgião dentista controlar a polimerização das resinas, surgiram as resinas fotopolimerizáveis, que necessitam de uma radiação gerada por uma fonte de luz específica para iniciar a reação, possibilitando entre outros benefícios, o controle do tempo de polimerização (Granadeiro *et al.*, 2021).

Os materiais resinosos podem ser polimerizados de diferentes formas: por uma fonte de luz visível (fotopolimerização), polimerização por uma reação química (autopolimerizáveis) ou a combinação de uma reação realizada por luz visível e por reação química (polimerização dual). Os materiais resinosos com polimerização dual, apresentam polimerização física por meio da fonte de luz visível que atua nos fotoiniciadores presentes nesses materiais e a reação química acontece através de peróxido de benzoíla e aminas que promovem a polimerização, essa reação acontece mesmo nas porções mais profundas onde a luz pode não alcançar (Santos *et al.*, 2024).

Os materiais resinosos necessitam de uma adequada aplicação da fonte de luz da unidade fotopolimerizadora para proporcionar os melhores resultados na aplicação clínica (Lemos *et al.*, 2020). A intensidade, comprimento da onda e tempo de exposição à luz são fatores que influenciam a fotopolimerização. Além do volume do material restaurador, quantidade e tipo de fotoiniciador presente no material resinoso, tipo de partícula de carga presente e a técnica de fotopolimerização (Silva *et al.*, 2022).

O fotoiniciador mais utilizado nos materiais resinosos é a canforquinona, uma molécula fotoiniciadora que absorve a luz. A irradiação necessária para ser ativada, requer uma intensidade mínima de 400 mW/cm². O comprimento de onda para irradiação dos fotoiniciadores fica entre 400 a 500 nm (Rabelo *et al.*, 2020). A canforquinona absorve os fótons entrando em estado excitatório e, ao reagir com a amina terciária inicia o processo de formação de radicais livres, resultando na conversão dos monômeros para polímeros (Lopes *et al.*, 2023).

A principal fonte de luz dos aparelhos fotopolimerizadores é a luz azul emitida por diodo (LED), no qual é dividida em 1ª, 2ª e 3ª geração (Rabelo *et al.*, 2020). A luz LED apresenta o melhor resultado na utilização, pois a produção de luz é superior à halógena e emite menos calor, acarretando na redução da degradação dos materiais resinosos ao longo do tempo (Silva *et al.*, 2022).

Negligenciar o uso deste aparelho e subestimar a técnica pode acarretar em alterações como a degradação da matriz orgânica, absorção de água e menor resistência ao desgaste do material resinoso. Clinicamente, a falha no processo de polimerização de materiais fotopolimerizáveis pode provocar sensibilidade no pós operatório, aumento da porosidade e comprometimento da biocompatibilidade dos materiais resinosos (Figueiredo *et al.*, 2023).

O conhecimento sobre o processo fotoquímico envolvido no processo de fotopolimerização contribui para que o cirurgião-dentista obtenha os melhores resultados clinicamente influenciando diretamente a previsibilidade dos tratamentos. A escolha do aparelho fotopolimerizador também é uma etapa indispensável e que não deve ser negligenciada visto que existem vários modelos destes equipamentos sendo comercializado (Price *et al.*, 2022). Como é uma área em constante evolução,

o profissional deve se manter sempre atualizado para reduzir falhas e reações adversas aos tecidos circundantes.

Diante do exposto, percebe-se a importância da fotopolimerização de materiais resinosos para a Odontologia restauradora e reabilitadora. O objetivo do trabalho é compreender o processo de fotopolimerização e os principais tipos de aparelhos fotopolimerizadores.

2 METODOLOGIA

Este trabalho seguiu os preceitos do estudo descritivo, por meio de uma revisão de literatura, desenvolvida a partir da análise de dados e informações de referencial teórico científico consultado sobre a temática.

Deste modo, foram consultados artigos científicos que versavam sobre o assunto, pesquisados nas bases de dados *Scientific electronic library online* (SCIELO), *National library of medicine* (PUBMED) e Google Acadêmico, nos últimos 10 anos. Foram utilizados 39 artigos disponíveis online em texto completo. Os seguintes descritores foram aplicados: Fotopolimerização, Dentística e Restauração.

Para seleção dos artigos foram estabelecidos como critérios de inclusão artigos publicados nos idiomas português e inglês, e artigos com menos de 10 anos de publicação. Os critérios de exclusão considerados foram trabalho de conclusão de curso de graduação, artigos fora do tema e período proposto, e que não foram disponibilizados na íntegra *online*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Fotoquímica do processo de polimerização

A polimerização de materiais resinosos pode, entre outras formas, ser ativada por meio de exposição a luz em faixa específica de comprimento de onda. Neste caso, faz-se necessária a adição de um sistema fotoiniciador a matriz resinosa para desencadear a reação de fotopolimerização. Este processo fotoquímico é fundamental em diversas áreas da odontologia, como em restaurações com resina composta, cimentação de próteses e colagem de bráquetes ortodônticos.

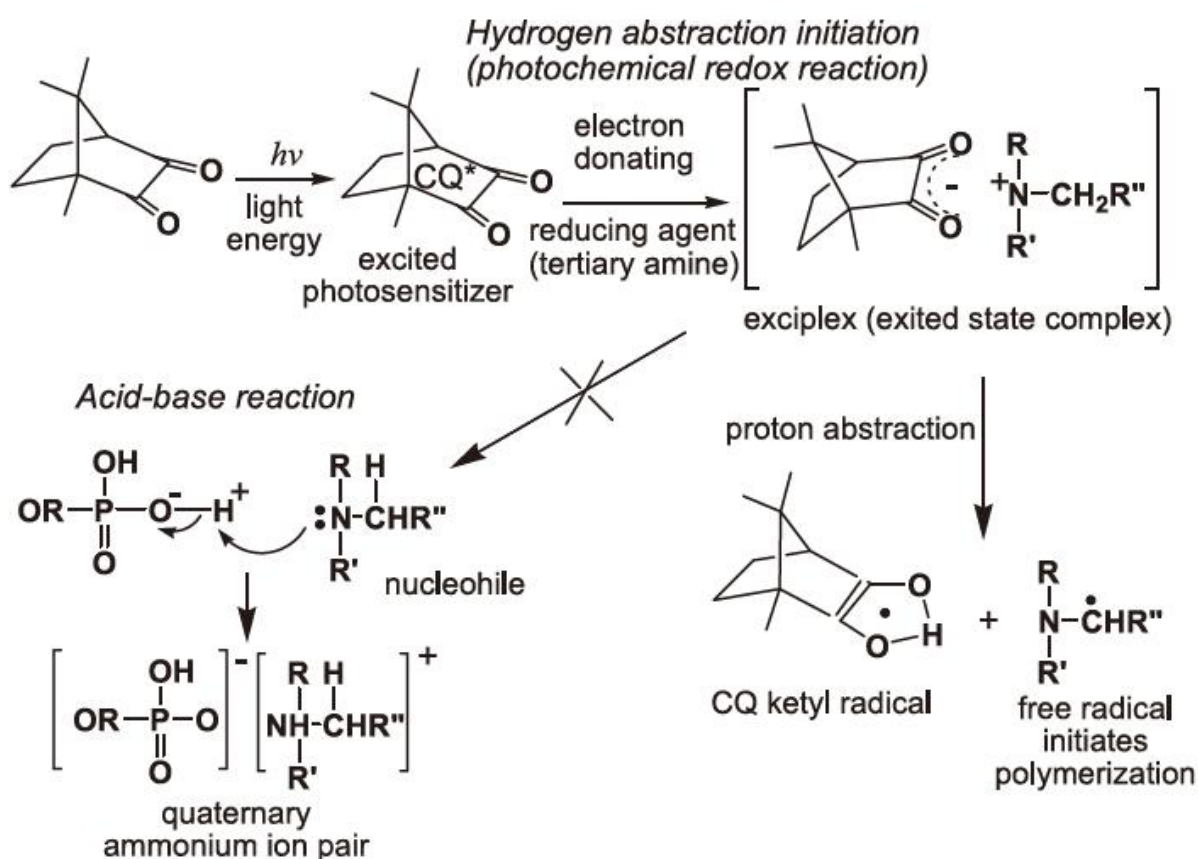
Os componentes básicos dos materiais resinosos são: a matriz orgânica, cargas inorgânicas e agente de união. Na matriz orgânica apresenta monômeros dimetacrílicos como Bis-GMA, UDMA, TEGDMA e Bis-EMA, no qual após a fotopolimerização iniciada pelo sistema fotoiniciador, também presente na matriz orgânica, forma uma rede tridimensional rígida, conferindo coesão e estabilidade mecânica ao compósito. As cargas inorgânicas, geralmente sílica ou vidro, aumentam a resistência, durabilidade e propriedades estéticas, enquanto o agente de acoplamento silano garante a ligação química entre matriz e cargas, promovendo a distribuição uniforme das tensões, além dos aditivos adicionados ao material resinoso como os pigmentos e opacificadores que são responsáveis pela cor e opacidade desejada, permitindo uma estética satisfatória (Ferracane, 2024; Santos *et al.*, 2024).

Com base no mecanismo de formação de radicais livres, após a absorção de luz, o sistema de fotoiniciação é classificado em tipo I e II de Norrish. Esses radicais livres reagem rapidamente com ligações duplas $C=C$ dos monômeros de dimetacrilato e iniciam o processo de reticulação (Kowalska *et al.*, 2021).

O sistema de Norrish Tipo II é formado pela presença do fotoiniciador como a canforquinona (CQ) que necessita de um agente coiniciador para gerar os radicais livres e dar início à reação de polimerização (Sinhoreti *et al.*, 2018). A CQ é o fotoiniciador encontrado na maioria dos materiais resinosos fotopolimerizáveis comercialmente disponíveis e é ativada por absorção de luz visível na cor azul entre 450-500nm obtendo o pico máximo de absorção em 468nm do comprimento de onda. A CQ requer a presença da amina terciária como agente coiniciador para doar

elétrons na reação e gerar o radical cetila ativo na recombinação de radicais e aminilo que inicia o processo de reticulação (figura 1). Entretanto, esse sistema apresenta como desvantagem a descoloração do material que tende a ficar amarelado no decorrer do tempo em função do processo de oxidação da amina terciária resultando na pigmentação indesejada das restaurações (Bertolo *et al.*, 2017).

Figura 1 – Reação fotoquímica da canforquinona.



Fonte: Ikemura, Endo, 2010

Os fotoiniciadores do sistema tipo I de Norrish representam uma alternativa para solucionar o problema de alteração da coloração nas reabilitações. Esses fotoiniciadores tem absorção de luz violeta no espectro entre 365 a 416nm e não requerem a presença de um agente coiniciador para doar elétrons e gerar radicais livres (Melo *et al.*, 2020).

O óxido trimetilfosfínico (TPO), o fenil propanodiona (PPD) e o óxido bisalquil fosfínico (BAPO) representam os fotoiniciadores do sistema tipo I de Norrish.

Eles apresentam composto com cor mais clara em comparação a CQ, maior reatividade por produzirem mais radicais livres aptos a iniciar a reação de polimerização e maior grau de conversão (Bertolo *et al.*, 2017; Pirmoradian *et al.*, 2020; Figueiredo *et al.*, 2023).

A fotopolimerização requer a emissão de um comprimento de onda apropriado para ativar o fotoiniciador e iniciar o processo de conversão de monômeros em polímeros (Resende *et al.*, 2022). Os primeiros aparelhos fotopolimerizadores emitiam a luz halógena de quartzo-tungstênio, apresentavam características de tecnologia de baixo custo, espectro de luz 380-510nm, potência de 400-500mW/cm². Vida útil de 40-50h o que é considerado pouco em relação a quantidade e necessidade do cirurgião dentista utilizar o equipamento (Bertolo *et al.*, 2017). Apresentavam a desvantagem em relação a emissão de calor por possuir luz incandescente, a energia elétrica é convertida em calor o que prejudica a longevidade do aparelho, provocando a perda da lâmpada (Granadeiro *et al.*, 2021).

Com o intuito de superar as desvantagens dos aparelhos de luz halógenas, foram lançados no mercado os fotopolimerizadores a base de laser de argônio e arco de plasma. Apresentam uma tecnologia de alto custo, espectro de luz de 488-514 nm e potência de 800 mW/cm². A principal promessa dos fotopolimerizadores de laser de argônio e arco de plasma era a redução do tempo clínico, porém com o calor excessivo apresentou danos ao tecido pulpar, além de contração de polimerização, prejudicando as restaurações (Bertolo *et al.*, 2017; Granadeiro *et al.*, 2021).

A tecnologia de luz emitida por diodo (LED) é a mais utilizada nos fotopolimerizadores atualmente. A polimerização ocorre através dos dispositivos semicondutores In-Ga-N (Índio-gálio-nitrogênio), no qual converte a energia elétrica em radiação óptica, através da eletroluminescência, resultando no espectro de luz que possibilita a conversão de monômeros em polímeros. Para acontecer a polimerização é necessário ocorrer emissão do comprimento de onda adequado e a energia emitida deve ser o suficiente para realizar a cura dos materiais resinosos (Granadeiro *et al.*, 2021).

A evolução dos fotopolimerizadores de luz LEDs é dividida em primeira, segunda e terceira geração. A luz LED de primeira geração apresenta uma

tecnologia de baixo custo, são mais leves, duráveis, silenciosos, ergonômicos e geram menos calor. Apresentam um espectro de luz de 470 nm e potência de 75 a 150 mW/cm² o que é considerado pouca potência em relação a luz halógena, que caracterizou um obstáculo para a utilização dos LEDs de primeira geração, apesar de apresentar benefícios (Ruggeberg *et al.*, 2017; Granadeiro *et al.*, 2021).

Em seguida, surgiu os LEDs de segunda e terceira geração, que possuem uma maior potência do que os de primeira geração, maior profundidade de cura dos materiais resinosos, ausência de aquecimento do tecido pulpar, maior o tempo de vida útil, durabilidade da bateria e potência superior a 1000 mW/cm² o que torna o processo de fotopolimerização eficiente e satisfatório (Bertolo *et al.*, 2017; Irala *et al.*, 2022)

Os LEDs de segunda geração ou *monowave* se caracterizam por irradiação de aproximadamente 1.200 mW/cm², são responsáveis por realizar a polimerização das moléculas através da luz azul, pois emitem luz em um único comprimento de onda, como é o caso da canforquinona que necessita da luz azul para entrar no estado excitatório e liberar radicais livres resultando na polimerização (Contarin *et al.*, 2015).

Enquanto que os LEDs de terceira geração ou *polywave* emitem luz em múltiplos comprimento de onda possibilitando a fotopolimerização da maioria dos materiais resinosos no mercado, pois além de possuírem a luz azul também abrangem a luz violeta, permitindo ativar tanto os fotoiniciadores Tipo I quanto tipo II de Norrish (Rocha *et al.*, 2017). A potência desses aparelhos pode alcançar até 3.000 mW/cm² (Almeida *et al.*, 2021; Medeiros *et al.*, 2024). Além de apresentar uma diferença na velocidade de polimerização, os fotopolimerizadores de terceira geração possuem a capacidade de converter os monômeros em polímeros mais rápido devido a potência superior. Outra vantagem dos LEDs de terceira geração é a possibilidade de curar camadas mais espessas sem comprometer a dureza e a adesão.

Existem algumas marcas comerciais que proporcionam a utilização desses fotopolimerizadores. EMITTER A E G (Schuster) é um exemplo de fotopolimerizador monowave, já o VALO (Ultradent) e Bluephase (Ivoclar Vivadent) são fotopolimerizadores polywave (Silva *et al.*, 2021).

Schoenhals, Chaves e Naufel (2022) avaliaram por meio de um estudo *in vitro*, a influência da reanatomização de pinos de fibra de vidro e do tipo de fotopolimerizador sobre a resistência de união à dentina radicular. Foram utilizadas noventa raízes bovinas, divididas conforme o tipo de reanatomização (com resina convencional, com resina Bulk Fill e sem reanatomização), os tipos de fotopolimerizadores (Valo, Radium-Cal e Rainbow), e os terços radiculares analisados foram o cervical, médio e apical. Os resultados demonstraram que a reanatomização dos pinos proporcionou maior resistência de união à dentina, independente da resina empregada. Entre os fotopolimerizadores, o Valo apresentou o melhor desempenho, seguido pelo Radium-Cal e pelo Rainbow, que obteve os menores valores de adesão. Observou-se ainda que o terço cervical apresentou maior resistência, enquanto o terço apical foi o mais prejudicado pela menor intensidade luminosa nessa região. Os autores concluíram que a eficiência da fotopolimerização e a intensidade da luz emitida influenciam diretamente na adesão e na durabilidade das restaurações, principalmente nos terços mais profundos do canal, onde a penetração luminosa é limitada.

Uma forma de avaliar o desempenho clínico e as propriedades mecânicas e estéticas do material resinoso é por meio da medição do grau de conversão. Esta propriedade representa a porcentagem de monômeros que são convertidos em polímeros durante a polimerização do material. Um material resinoso com baixo grau de conversão compromete as propriedades mecânicas e gera monômeros residuais livres na matriz orgânica que podem ser lixiviados para os tecidos circundantes como mucosa e tecido pulpar (Santos *et al.*, 2024).

3.2 Fatores extrínsecos

Além de compreender a fotoquímica intrínseca do processo, o profissional deve estar atento a uma série de fatores extrínsecos que influenciam diretamente a eficiência da fotopolimerização. É fundamental considerar variáveis como a irradiância, potência, a distância e o ângulo entre a fonte luminosa e o material, a espessura e a opacidade da restauração ou prótese e tempo de exposição, que

varia de acordo ao material resinoso e instruções do fabricante podendo variar entre 10 a 40s (Price *et al.*, 2020).

A irradiância representa a quantidade de energia emitida pelo aparelho fotopolimerizador que é absorvida pelo material a ser fotoativado e a colimação vai determinar a irradiância, ou seja, ela vai ser responsável por manter a luz concentrada em uma determinada direção. Quanto maior a intensidade, maior é o grau de conversão. Equipamentos com baixa irradiância podem gerar cura incompleta do material resinoso, resultando em restaurações com resistência reduzida e sensibilidade pós-operatória. O ideal é que a irradiância mínima seja de 400mW/cm², podendo variar conforme o tipo de material e o fabricante (Rabelo *et al.*, 2020).

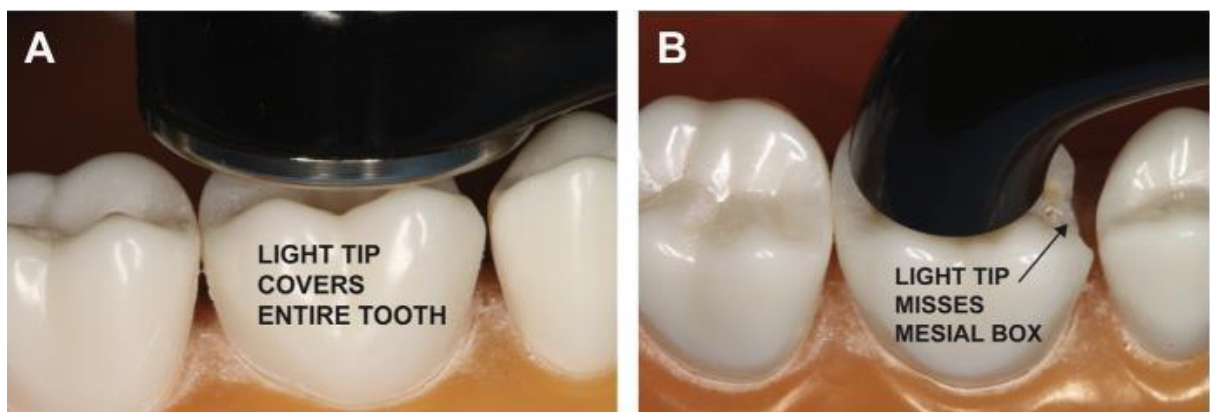
A direção da ponta ativa do fotopolimerizador é um fator que também pode interferir para uma correta fotopolimerização, quanto mais próximo e bem posicionado melhor será o resultado da cura do material resinoso. Quanto maior a distância menor é a intensidade efetiva da luz. Portanto, o cirurgião-dentista deve manter a ponta ativa perpendicular e mais próximo possível da superfície a ser fotopolimerizada (Soares *et al.*, 2017; Al-zain *et al.*, 2018).

No estudo de Irala *et al.* (2022), foram avaliados 12 aparelhos fotopolimerizadores de LED, testados nas distâncias de 4 mm e 8 mm, utilizando um radiômetro Woodpecker LM-1. Os resultados demonstraram que nenhum aparelho apresentou a potência indicada pelo fabricante, e todos sofreram redução significativa da irradiância conforme o afastamento. Em média, houve perda de 40% da potência a 4 mm e mais de 70% a 8,7 mm, sendo o modelo Valo Cordless 3200 o que manteve melhor desempenho. Os autores concluíram que a proximidade da ponta ativa do fotopolimerizador é fundamental para garantir a cura adequada da resina e a qualidade da restauração, recomendando a verificação periódica dos aparelhos com radiômetros e sua manutenção regular. Importante frisar que nenhum dentista que participou deste estudo tinha o conhecimento que os aparelhos fotopolimerizadores precisam de averiguação periódica.

A uniformidade da polimerização depende do diâmetro das ponteira do fotopolimerizador que podem variar entre 6 a 12mm (figura 2), dependendo do

aparelho. Por outro lado, as ponteiros menores concentram luz em uma área reduzida aumentando a irradiância no local e podendo gerar polimerização mais intensa e consequentemente aumentar a profundidade de cura. Entretanto, as ponteiros menores podem necessitar de múltiplas aplicações para cobrir toda a área fotopolimerizada e causar super aquecimento no local. As ponteiros de maior diâmetro apresentam distribuição mais uniforme na área de cobertura da luz, porém a irradiação pode diminuir. para atingir a mesma profundidade de cura podem exigir um tempo de exposição maior, porém distribuem melhor o calor (Cardoso *et al.*, 2022).

Figura 2 – Apresentação de duas pontas de luz com diferentes diâmetros sendo posicionadas em um macromodelo acima de um mesmo dente, nesse caso, um molar. (A) Uma ponta de luz grande e de diâmetro largo pode cobrir um dente molar inteiro, enquanto (B) uma ponta de luz de diâmetro menor e estreito exigirá múltiplas exposições para cobrir de maneira satisfatória uma restauração mésio-oclusal (MO) do mesmo dente.



Fonte: Price (2017).

Outro fator a ser considerado é o tempo de exposição do material resinoso à luz. Quando é curto resulta em cura insuficiente do material, e quando ultrapassa pode causar aquecimento e contração polimérica excessiva (Price *et al.*, 2020). Torres *et al.* (2019) avaliaram o efeito do tempo de polimerização entre 0s, 15s e 20s, na pigmentação extrínseca de três resinas compostas fotopolimerizáveis utilizando uma fonte de luz LED *polywave*. Os autores constataram que quanto maior o tempo

de polimerização menor a alteração de cor. Os fabricantes costumam indicar um tempo de fotoativação que representa o mínimo necessário para alcançar uma polimerização adequada em condições laboratoriais controladas, embora esse tempo nem sempre seja o mais apropriado para a realidade clínica, que envolve variáveis mais complexas. Desse modo, uma estratégia eficaz para o profissional contornar problemas com propriedades mecânicas e comprometimento na biocompatibilidade consiste em prolongar o tempo de fotoativação além daquele sugerido pelos fabricantes (Silva *et al.*, 2023).

Odum, N.C. *et al.* (2023) avaliaram a profundidade de cura, contração pós-gel, grau de conversão e aumento de temperatura com leds de terceira geração em um curto tempo de exposição em compósitos do tipo *bulk-fill*. Foram utilizados aparelhos fotopolimerizadores convencionais e de alta potência, sendo cura rápida (3-5 s) os aparelhos de terceira geração e cura convencional (20 s) os fotopolimerizadores com irradiância padrão. Os resultados da pesquisa destacam que os aparelhos convencionais sobressaem em relação aos LEDs de alta potência, pois resultou em melhor equilíbrio entre dureza e estabilidade térmica. Os LEDs de alta potência aumentaram a temperatura interna da resina em até 12 °C, apesar da irradiância superior, a profundidade de cura não aumentou proporcionalmente e a contração pós-gel foi maior nos modos de cura rápida, devido ao aquecimento. Os autores concluem que o uso de LEDs de alta potência podem acelerar a polimerização, mas compromete o controle térmico e aumenta tensões internas. Protocolos de cura rápida (<5 s) devem ser aplicados com cautela em restaurações profundas ou próximas à dentina.

A espessura e a cor do material resinoso interferem na fotopolimerização, pois camadas espessas dificultam a entrada da luz no material restaurador, assim como tonalidades mais escuras do material resinoso comprometem a absorção de luz, exigindo uma maior potência e tempo de exposição (Figueiredo *et al.*, 2023). Malaspina *et al.* (2024) analisaram a redução na transmissão da luz emitida por 02 diferentes aparelhos fotopolimerizadores (Radii-cal e Emitter.B) ao atravessar discos cerâmicos de dissilicato de lítio com diferentes espessuras (0,5 mm; 1,0 mm e 1,5 mm). Eles observaram que houve diferença na capacidade de penetração da luz

entre as duas marcas de aparelhos fotopolimerizadores testados sendo que o Emitter B apresentou resultado superior. Em relação à espessura dos discos cerâmicos, observou-se que ela foi capaz de diminuir estatisticamente os valores da irradiância em função do aumento de sua espessura.

Uma vez que a polimerização inadequada gera efeitos deletérios em propriedades químicas, mecânicas e físicas, além de promover alta solubilidade de materiais resinosos, conduzindo ao fracasso das reabilitações, Kopperud *et al.* (2017) avaliaram o conhecimento, o desempenho clínico e a segurança ocupacional no uso dos aparelhos fotopolimerizadores por cirurgiões dentistas do serviço público. Os autores aplicaram um questionário a 1.313 profissionais, obtendo 748 respostas, que revelaram dados preocupantes quanto ao domínio técnico desses equipamentos. Os resultados mostraram uma ampla variação no tempo de exposição por incremento, em torno de 27 segundos, sem considerar a irradiância do equipamento utilizado. O que pode resultar na cura inadequada ou no superaquecimento dos tecidos dentários quando a intensidade é alta e o tempo não é ajustado. 78,3% dos cirurgiões dentistas que responderam ao questionário não tinham conhecimento sobre a irradiância do seu aparelho fotopolimerizador, e parte deles não realizavam a manutenção regular do dispositivo, aumentando o risco de baixa energia luminosa devido a falhas, sujeira ou desgaste.

3.3 Segurança ocupacional e o uso de fotopolimerizadores

A segurança ocupacional em relação aos cirurgiões dentistas e a utilização dos fotopolimerizadores é um fator preocupante, pois a emissão dos feixes de luz pode provocar lesão retiniana fotocolorimétrica visto que a retina apresenta uma sensibilidade em torno de 440nm, que coincide com o espectro de emissão de luz da maioria dos fotopolimerizadores utilizados no âmbito clínico. A exposição acumulativa aos feixes de luz pode exceder o limite de dose em um único dia de atendimento, proteções oculares ausentes ou inadequadas podem deixar o profissional vulnerável à esta radiação, além de possíveis efeitos térmicos sobre o globo ocular ou tecidos adjacentes (Alasiri *et al.*, 2019).

A utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) é fundamental para manter a segurança durante o uso de fotopolimerizadores. Os óculos de proteção devem possuir filtro apropriado para bloquear a luz azul/violeta emitida na faixa de 380-550nm, reduzindo os riscos de danos oculares (Alasiri *et al.*, 2019; Fluent *et al.*, 2019). Além disso, alguns aparelhos contam com escudos acoplados à ponta ativa, o que contribui para minimizar a luz dispersa em direção aos olhos do cirurgião-dentista e do auxiliar (Kopperud *et al.*, 2017).

O controle da posição e do ângulo do feixe também é essencial, evitando direcionar a luz aos olhos do paciente ou da equipe (Fluent *et al.*, 2019). Recomenda-se limitar a exposição cumulativa, especialmente em aparelhos com alta irradiância, como os de terceira geração, utilizando apenas o tempo necessário para fotopolimerização adequada (Price; Ferracane; Shortall, 2023; Medeiros *et al.*, 2024). Outra prática de segurança é a inspeção regular dos EPIs, garantindo que os filtros de luz não estejam riscados, degradados ou danificados, mantendo sua eficácia protetora (Alasiri *et al.*, 2019).

4 DISCUSSÃO

A fotopolimerização representa um dos processos mais relevantes da odontologia moderna, pois influencia diretamente na durabilidade, resistência e estética dos procedimentos. A partir da análise dos estudos revisados, observa-se uma evolução significativa tanto nos materiais resinosos quanto nos equipamentos fotopolimerizadores, refletindo avanços tecnológicos e científicos que visam melhorar o desempenho clínico e a previsibilidade dos resultados.

Maciel (2021) acrescenta que de modo geral, os compósitos comercializados possuem diferentes tipos de matriz orgânica, carga e sistema fotoiniciador, informações que nem sempre são fornecidas pelos fabricantes. Essa falta de padronização dificulta a compreensão dos reais efeitos da composição e fonte de luz utilizada (Hadis *et al.*, 2024).

A canforquinona (CQ) continua sendo o mais empregado nos materiais resinosos, devido à sua eficácia e compatibilidade com os aparelhos monowave. Contudo, apresenta limitações estéticas, como a coloração amarelada, além de depender de uma amina terciária como coiniciador (Sinhoreti *et al.*, 2018). Diante disso, estudos recentes exploram fotoiniciadores alternativos, como TPO, PPD e BAPO que proporcionam melhor estabilidade de cor e maior grau de conversão com menor tempo de exposição à luz (Melo *et al.*, 2020; Figueiredo *et al.*, 2023). Essa diversidade exige do cirurgião dentista um conhecimento aprofundado sobre a compatibilidade entre o fotoiniciador e o tipo de luz emitida pelo aparelho, especialmente entre sistemas *monowave* e *polywave* (Rocha *et al.*, 2017).

A eficácia dos fotoiniciadores alternativos também é tema de debate. Santos *et al.* (2024) e Pirmoradian *et al.* (2020) defendem que o uso de TPO e BAPO melhora o desempenho óptico e estético dos compósitos, especialmente em LEDs *polywave*. No entanto, Bertolo *et al.* (2017) e Soares *et al.* (2017) ressaltam que a canforquinona ainda é o fotoiniciador mais estável e previsível em diferentes condições clínicas, justificando sua ampla utilização.

Os fotoiniciadores alternativos apresentam uma melhor estabilidade de cor, apesar dos avanços a literatura destaca resultados controversos quanto a real

superioridade desses iniciadores. Kowalska *et al.* (2022) realizaram um experimento sobre fotoiniciadores alternativos e canforquinona, baseando também em outros artigos experimentais e revisões, compararam resultados de estudos que avaliaram propriedades físicos-químicas e mecânicas de compósitos polimerizados com diferentes iniciadores. Através do experimento relatam que o TPO apresentou valores de dureza elevado, resultando no grau de conversão maior que a canforquinona, no entanto apresentou menor profundidade de cura devido à atenuação mais acentuada da luz de menor comprimento de onda.

Nenhum sistema isolado é universalmente eficaz em todos os critérios de desempenho. Um exemplo dessa afirmação pode ser observado no estudo experimental conduzido por Silva *et al.* (2021), que avaliou o efeito da CQ + TPO em compósitos experimentais. Os autores observaram que o grau de conversão foi semelhante entre os grupos tanto com um único fotoiniciador como combinado, entretanto, o sistema misto CQ + TPO apresentou melhor eluição de monômeros residuais, quando comparada a CQ e TPO isolados. Esses resultados sugerem que a combinação de dois fotoiniciadores pode favorecer uma rede polimérica mais estável e menos solúvel, mesmo sem alterar significativamente o grau de conversão (Silva *et al.*, 2021). Entrando em controvérsia com o experimento de Kowalska *et al.* (2021) no qual relatou que o TPO apresenta maior grau de conversão em relação a CQ.

Outro ponto discutido na literatura são os fatores que influenciam no sucesso da fotopolimerização. O tempo de exposição, a intensidade da luz, o posicionamento da ponta ativa e a distância da fonte emissora são variáveis críticas para a conversão adequada dos monômeros em polímeros (Price *et al.*, 2020; Soares *et al.*, 2017). Ajaj *et al.* (2018) corrobora com esses autores ao dizer que a negligência em relação a esses parâmetros pode resultar em cura incompleta do material restaurador, levando à degradação precoce, sensibilidade pós-operatória e falhas adesivas. Assim, o uso do radiômetro é recomendado para monitorar a potência do equipamento e garantir a eficiência clínica.

Segundo os autores Granadeiro *et al.* (2021) e Bertolo *et al.* (2017) destacam a transição dos fotopolimerizadores halógenos para os de tecnologia LED, que

apresentam maior eficiência energética, menor emissão de calor e maior durabilidade. Essa substituição representou um marco no controle da intensidade e do espectro de luz, permitindo uma fotopolimerização mais estável e uniforme, além de reduzir o risco de danos térmicos aos tecidos dentários. No entanto, apesar das vantagens, a literatura aponta que o mau uso clínico dos aparelhos ainda é frequente, o que compromete a qualidade da cura e a longevidade das restaurações (Irala *et al.*, 2022).

Os estudos de Irala *et al.* (2022) e Schoenhals, Chaves e Naufel (2022) concordam sobre a importância de monitorar a potência dos fotopolimerizadores e manter a fonte de luz próxima ao material restaurador. Além disso, evidenciam que a intensidade luminosa e a correta técnica de fotoativação são fatores determinantes para a qualidade da polimerização, a resistência mecânica e o sucesso clínico das restaurações estéticas. O conhecimento técnico do cirurgião-dentista e a manutenção dos equipamentos são, portanto, elementos indispensáveis para garantir tratamentos previsíveis, duradouros e seguros.

Estudos comprovam que os cirurgiões dentistas não apresentam conhecimento sobre os aparelhos fotopolimerizadores, no qual é necessário um protocolo de cuidado para manter o equipamento em boas condições e funcionando perfeitamente. Fatores como a limpeza e desinfecção, manutenção regular para evitar que o fotopolimerizador diminua a intensidade e a potência da luz, armazenamento em locais que não possui umidade nem contato direto com o sol, qualidade do equipamento e bateria vão influenciar diretamente na vida útil do fotopolimerizador. (Irala *et al.*, 2022; Kopperud *et al.*, 2017).

Estudos de Soares *et al.* (2017) e Al-Zain *et al.* (2018) demonstram que a posição, ângulo e proximidade da ponteira influenciam diretamente a intensidade luminosa recebida pelo material resinoso, evidenciando a necessidade de técnicas operacionais padronizadas. Irala *et al.* (2022) corroboram essa perspectiva, mostrando que a perda de irradiância em função da distância pode superar 70%, mesmo em aparelhos de LED de alto desempenho, reforçando a importância do controle clínico rigoroso.

Apesar dos avanços, apresenta controvérsia na literatura em relação aos parâmetros ideais de fotopolimerização. Os autores Price *et al.* (2020) e Rocha *et al.*

(2017) relatam que altas irradiâncias podem compensar tempos curtos de exposição sem prejuízo ao desempenho mecânico, enquanto Al-zain *et al.* (2018) e Figueiredo *et al.* (2023) divergem alertando que a exposição rápida pode resultar em polimerização superficial excessiva e menor conversão nas camadas profundas, comprometendo a integridade estrutural.

Outras divergências dizem respeito à influência da distância e posicionamento da ponteira. Irala *et al.* (2022) observaram perdas significativas de irradiância quando a ponteira era afastada mais de 2 mm da superfície, enquanto Granadeiro *et al.* (2021) destacaram que LEDs modernos, com melhor controle óptico, minimizam essa perda, sugerindo que o impacto depende fortemente do design do equipamento.

Percebe-se a necessidade de realizar estudos adicionais que padronizam os parâmetros ideais de exposição e composição dos materiais resinosos. Pesquisas futuras devem buscar a uniformização de métodos, a correlação entre parâmetros físicos e resultados clínicos, e a avaliação dos efeitos em longo prazo da fotopolimerização em diferentes condições operatórias. Essa continuidade científica é fundamental para consolidar evidências e aprimorar a previsibilidade e segurança dos tratamentos restauradores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão dos princípios do processo de fotopolimerização é essencial para a obtenção de restaurações diretas e indiretas duráveis e com bom desempenho clínico.

Fatores intrínsecos e extrínsecos como intensidade e tempo de exposição à luz, composição do compósito e tipo de fotoiniciador exercem influência direta sobre o grau de conversão e as propriedades mecânicas do material. Verificou-se ainda que as recomendações dos fabricantes, muitas vezes baseadas em condições laboratoriais, nem sempre são suficientes para garantir uma polimerização adequada em ambiente clínico.

Dessa forma, cabe ao cirurgião-dentista aplicar o conhecimento técnico-científico de forma crítica, ajustando os parâmetros de fotoativação conforme cada situação clínica, a fim de assegurar resultados previsíveis e de qualidade superior. Além de manter o processo de educação continuada para se atualizar periodicamente.

REFERÊNCIAS

1. ALASIRI, R. A.; *et al.* Ocular hazards of curing light units used in dental practice. *Saudi Dental Journal*, [s.l.], v. 31, n. 2, p. 173-180, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6445451/>. Acesso em: 23 out. 2025.
2. ALMEIDA, R.; *et al.* High-Power LED Units Currently Available for Dental Resin-Based Materials. *Materials*, v. 14, n. 17, p. 1-16, 2021. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8271666/>. Acesso em: 23 out. 2025.
3. AL-ZAIN, S. A.; FAGEEH, H. N.; ALMUFLEH, B. S.; ALMALKI, S. A.; AL-HUMAIDI, A. H. Effect of distance and curing time on the depth of cure and microhardness of bulk-fill resin composites. *Saudi Dental Journal*, v. 30, n. 4, p. 358-364, 2018.
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2018.03.006>. Acesso em: 31 out. 2025.
4. BERTOLO, M. V.; *et al.* Influence of Photoinitiator System on Physical-Chemical Properties of Experimental Self-Adhesive Composites. *Braz. Dent. J.*, v. 28, n. 1, p. 35-9, 2017. Disponível: <https://ohsu.elsevierpure.com/en/publications/influence-of-photoinitiator-system-on-physical-chemical-propertie> . Acesso em: 19 set. 2025.
5. CARDOSO, I. O.; MACHADO, A. C.; FERNANDES, L. O.; SOARES, P. V.; RAPOSO, L. H. A. Influence of tip diameter and light spectrum of curing units on the properties of bulk-fill resin composites. *European Journal of Dentistry*, v. 16, n. 2, p. 360-366, 2022. Disponível em: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/s-0041-1735799.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025
6. CONTARIN, C. R.; CASALLI, J. L.; RIGO, L. Avaliação da Potência dos Aparelhos Fotopolimerizadores Utilizados no Curso de Odontologia da IMED. *Journal of Oral Investigations*. v. 4, n. 1, p. 19-25, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/304265765_Avaliacao_da_Potencia_do_s_Aparelhos_Fotopolimerizadores_Utilizados_no_Curso_de_Odontologia_da_IMED. Acesso em: 19 set. 2025.
7. FERRACANE, J.L. A historical perspective on dental composite restorative materials. *Journal of Functional Biomaterials*, v. 15, n. 7, art. 173. DOI: 10.3390/jfb15070173, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-4983>. Acesso em: 26 mar. 2025.
8. FIGUEIREDO, O. M. C.; *et al.* Fatores que determinam a fotopolimerização adequada das restaurações de resina composta. *Brazilian Journal of Health Review* ISSN: 2595-6825 16508. DOI:10.34119/bjhrv6n4-195, 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/61894/44582>. Acesso em: 26 mar. 2025.

9. FLUENT, M. T.; FERRACANE, J. L.; MACE, J. G.; SHAH, A. R. Shedding light on a potential hazard: Dental light-curing units (LCUs). *The Journal of the American Dental Association*, v. 150, n. 12, p. 1051-1058, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337661437_Shedding_light_on_a_potential_hazard_Dental_light-curing_units. Acesso em: 23 out. 2025.
10. GRANADEIRO, C. F.; *et al.* Evolução dos Aparelhos Fotopolimerizadores – Revisão de Literatura. *Revista Pró-UniverSUS*. Jul./Dez.; v. 12, n. 2, p. 60-64. DOI: 10.21727/rs.v12i3.2781, 2021. Disponível em: <https://editora.univassouras.edu.br/index.php/RPU/article/view/3005>. Acesso em: 26 mar. 2025.
11. HADIS, M. A.; SHORTALL, A. C.; PALIN, W. M. The power of light – from dental materials processing to diagnostic and therapeutics. *Biomaterial Investigations in Dentistry*. v. 11, n. 1, p. 22, 2024. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11022655/pdf/BlID-11-40308.pdf>. Acesso: 28 out. 2025.
12. IRALA, L. E. D.; *et al.* – Avaliação da potência de aparelhos fotopolimerizadores em consultórios odontológicos variando a sua distância do radiômetro. *RSBO*;v. 19, n. 1,p. 110-6, Jan-Jun. ISSN: 1984-5685, 2022. Disponível em: <https://periodicos.univille.br/RSBO/article/view/1767/1452> Acesso em: 27 ago. 2025.
13. KOPPERUD, S. E. *et al.* Light curing procedures – performance, knowledge level and safety awareness among dentists. *Journal of Dentistry*, v. 58, p. 67-73, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article>. Acesso em: 23 out. 2025.
14. KOWALSKA, A.; *et al.* *Can TPO as Photoinitiator Replace “Golden Mean” Camphorquinone? Influence of Photoinitiator Type and Concentration on Selected Properties of Model Composites*. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 19, p. 1–18, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/19/11594>. Acesso em: 12 nov. 2025
15. KOWALSKA, A.; SOKOŁOWSKI, J.; BOCIOŃG, K. *The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite—A Review and Future Perspectives*. *Polymers*, v. 13, n. 3, art. 470, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/3/470>. Acesso em: 12 nov. 2025
16. LEMOS, B. A.; *et al.* Influência do fotopolimerizador na resistência mecânica de sistemas adesivos. *International Journal of Development Research*, v. 10, n. 10, 41735-41738. ISSN: 2230-9926, 2020. Disponível em: <https://www.journalijdr.com/influ%C3%Aancia-do-fotopolimerizador-na-resist%C3%Aancia-mec%C3%A2nica-de-sistemas-adesivos>. Acesso em: 26 mar. 2025.
17. LOPES, P. C.; *et al.* Influência das propriedades dos fotopolimerizadores na polimerização da resina composta: revisão de literatura narrativa. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 8, e5912842875, (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i8.42875>, 2023. Disponível em:

file:///C:/Users/PC/Downloads/42875-Article-453027-1-10-20230814%20(2).pdf.
Acesso em: 12 abr. 2025.

18. MACIEL, D. A. S. Análise comparativa dos fotoiniciadores BAPO e PPD em compósitos resinosos experimentais [tese]. São Paulo:Universidade Anhaguera de São Paulo; 2022. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/39867/1/Tese%20Dayany%20Maciel%202021_atual.pdf. Acesso em: 28 out. 2025.

19. MALASPINA, O. A. et al. Influência da cor e da espessura da cerâmica de dissilicato de lítio na transmissão da luz emitida por fotopolimerizadores a LED. RSBO – Revista Sul-Brasileira de Odontologia, Joinville, v. 21, n. 1, p. 1–8, 2024. Disponível em: <https://periodicos.univille.br/rsbo>. Acesso em: 25 out. 2025.

20. MEDEIROS, F. L.; VASCONCELOS, M. G.; VASCONCELOS, R. G. Polimerização da Resina Composta Bulk-Fill com LEDs Monowaves e Polywaves: Revisão de Literatura. Arch Health Invest v. 13, n. 1, p. 136-144, 2024. Disponível em: file:///C:/Users/n5724132/Downloads/10.21270archi.v13i1.5621.pdf. Acesso em: 23 out. 2025.

21. MELO, S. R. R. A.; et al. Análise dos diferentes sistemas de fotopolimerização dos materiais resinosos –Revisão de literatura. Rev Fac Odontol Univ Fed Bahia; v. 50, n. 2, p. 41-52, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/revfo/article/view/38257>. Acesso em: 26 out. 2025.

22. ODUM, N. C.; ROSS, J. T.; CITRIN, N. S.; TANTBIROJN, D.; VERSLUIS, A. Fast curing with high-power curing lights affects depth of cure and post-gel shrinkage and increases temperature in bulk-fill composites. *Operative Dentistry*, v. 48, n. 1, p. 98-107. DOI: 10.2341/21-160-L, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36445972/>. Acesso em: 06 nov. 2025.

23. 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. *Journal of oral biosciences*, v. 62, n. 1, p.107-113, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.12.004>. Acessado em: 27 ago. 2025.

24. PRICE, R. B. T.; FERRACANE, J. L.; SHORTALL, A. C. C. Light-curing units: A review of what we need to know. *Journal of Dental Research*, v. 94, n. 9, p. 1179-1186. DOI: 10.1177/0022034515594786, 2023. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0022034515594786>. Acessado em: 26 mar. 2025.

25. PRICE, R. B.; FERRACANE, J. L.; HICKEL, R.; SULLIVAN, B. The light-curing unit: An essential piece of dental equipment. *International Dental Journal*, v. 70, n. 2, p. 131-138. DOI:10.1111/idj.12582, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343128476_The_light-curing_unit_An_essential_piece_of_dental_equipment. Acesso em: 27 ago. 2025.

26. PRICE, R. B. T.; SULLIVAN, B.; KUGEL, G.; FERRACANE, J. L. *The effectiveness of contemporary light-curing units and techniques in dental practice*.

Dental Materials, v. 38, n. 1, p. 1-14. DOI: 10.1016/j.dental.2021.10.004, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs> Acessado em: 26 mar. 2025.

27. RABELO, Zidane Hurtado *et al.* A influência da irradiância dos fotopolimerizadores nas propriedades mecânicas da resina composta microhíbrida. *Revista Eletrônica Acervo Saúde / Electronic Journal Collection Health* | ISSN 2178-2091 REAS/EJCH | v. 12, n. 10 | e4542 | DOI: <https://doi.org/10.25248/reas.e4542>, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/PC/Downloads/4542-Artigo-48603-2-10-20201021.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.

28. RESENDE, L. F. M.; *et al.* *Mechanical Properties of Experimental Composites with Different Photoinitiator*. *European Journal of Dentistry*, v. 16, n. 1, p. 167-172, 2022. Disponível em: <https://www.thiemeconnect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-00411731929>. Acesso em: 25 out. 2025

29. ROCHA, M. G.; *et al.* Light-emitting diode beam profile and spectral output influence on the degree of conversion of bulk fill composites. *Operative Dentistry*. V. 42, n. 4, p. 418-27, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28402730/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

30. RUGGEBERG, F. A.; *et al.* Fotopolimerização em odontologia e implicações clínicas: uma revisão de literatura. *Tapete Dente*, v. 3, p. 64-91, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.02.001>. Acesso em: 23 set. 2025.

31. SANTOS, M.; *et al.* The impact of inorganic fillers, organic content, and polymerization mode on the degree of conversion of monomers in resin-matrix cements for restorative dentistry: a scoping review. *Clinical Oral Investigations*, v. 28, n. 8, art. 454. DOI: 10.1007/s00784-024-05829-6, , 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-024-05829-6>. Acesso em: 31 out. 2025.

32. SCHOENHALS, Érica; CHAVES, Gabriela de Souza; NAUFEL, Fabiana Souza. Influência da reanatomização de pinos de fibra de vidro e do tipo de fotopolimerizador na resistência de união à dentina radicular. *Revista Odontológica do Brasil Central*, v. 31, n. 91, p. 1–10, 2022. Disponível em: <https://www.robrac.org.br/seer/index.php/ROBRAC/issue/archive>. Acesso em: 11 nov. 2025.

33. SILVA, A. C. C. *et al.* *Effect of combining photoinitiators on cure efficiency of dental resin-based composites*. *Journal of Applied Oral Science*, v. 29. DOI: 10.1590/1678-7757-2020-0647, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jaos/a/K8CYBQXVvFmHSNCGbKCQZvr/?lang=en>. Acesso em: 12 nov. 2025.

34. SILVA, G. C. B.; *et al.* Implicações Clínicas Envolvidas no Processo de Fotopolimerização da Resina Composta. *ARCHIVES OF HEALTH INVESTIGATION*, v. 12, n. 1, p. 134–146. <https://doi.org/10.21270/archi.v12i1.5476>, 2022. Disponível em:

<https://www.archhealthinvestigation.com.br/ArcHI/article/view/5476>. Acesso em: 12 abr. 2025.

35. SILVA, D. K. C.; Menezes, C. F. S.; Brito, A. C. R.; Lima, D. M. .; Firoozmand, L. M. XXI Century: The philosophy of a minimally invasive Dentistry, what has been changed did changed from the diagnosis to the treatment of dental caries?. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 12, p. e440101220385. DOI: 10.33448/rsd-v10i12.20385, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article>. Acesso em: 12 abr. 2025.

36. SILVA, F. J. V.; SILVA, E. L.; JANUÁRIO M. V. S.; VASCONCELOS, M. G.; VASCONCELOS, R. G. Técnicas para reduzir os efeitos da contração de polimerização das resinas compostas fotoativadas. *Salusvita*.;v. 36, n. 1,p. 187-203, 2017. Disponível em: <https://secure.unisagrado.edu.br/static/biblioteca/salusvita/salusvita>. Acesso em: 26 mar. 2025.

37. SINHORETI, M. A.; OLIVEIRA, D.C.; ROCHA, M.G.; ROULET, J. F. Light-curing of resin-based restorative materials: an evidence-based approach to clinical practice application. *J Clin Dent Res*. v. 15, n. 1, p. 44-53, 2018. Disponível em: <https://www.clinicaldentistry.net/artigo/195/Est%C3%A9tica-%7C-JCDR-2018-v15n1/13148/Light-curing-of-resin-based-restorative-material>. Acesso em: 12 abr. 2025.

38. TORRES, L. H. S.; COVRE, L. M.; UCHÔA, C. P.; SANTOS, D. L. P.; AUGUSTO NETO, R. T.; XIBLE, A. A.; PEREIRA FILHO, V. A. Estudo *in vitro* do efeito do tempo de fotopolimerização na pigmentação de resinas compostas. *Archives of Health Investigation*, v. 8, n. 8, p. 443-447, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21270/archi.v8i8.3878>. Acesso em: 30 out. 2025.

39. VARGHESE, T.; RAJU, R.; FARRAR, P.; PRENTICE, L.; PRUSTY, B. G. Comparative analysis of self-cure and dual-cure dental composites on their physico-mechanical behaviour. *Australian Dental Journal*, v. 59, n. 2, p. 124-138, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38131257/>. Acessado em: 26 mar. 2025.