

# ANÁLISE DOS DIFERENTES SISTEMAS DE FOTOPOLIMERIZAÇÃO DOS MATERIAIS RESINOSOS – REVISÃO DE LITERATURA

*ANALYSIS OF DIFFERENT PHOTOPOLYMERIZATION SYSTEMS OF RESIN MATERIALS - LITERATURE REVIEW*

Sylvia Regina Reis de Andrade Melo\*  
Carolina Baptista Miranda\*\*  
Tássia Monique dos Santos Pereira\*\*\*  
Cristal Fernandez de Carvalho\*\*\*\*

## Unitermos:

Cura luminosa de adesivos dentários, fotoiniciadores de resinas dentárias, polimerização, luzes de cura dentária.

## RESUMO

**Introdução:** Falhas no processo de polimerização levam o material resinoso a sofrer alterações estruturais, como menor resistência ao desgaste, degradação na matriz orgânica, infiltrações e absorção de água. Diversos tipos de aparelhos fotopolimerizadores têm sido lançados no mercado, com o intuito de permitir diferentes métodos de fotoativação. É de suma importância saber qual fotopolimerizador deve ser usado para o tipo de fotoiniciador composto no material resinoso. **Objetivo:** O objetivo desta revisão de literatura é analisar diferentes fotopolimerizadores e fotoiniciadores para polimerização de resinas compostas. **Metodologia:** A revisão de literatura contou com uma busca em bancos de dados científicos online nacionais e internacionais, selecionando artigos publicados a partir de 2008, em português, inglês e espanhol, utilizando os descritores *light curing of dental adhesives; photoinitiators, dental; polymerization; curing lights dental* e suas respectivas traduções para o idioma português, disponíveis na biblioteca *Medical Subjects Headings (MeSH)*. **Discussão:** Observou-se que existem fotopolimerizadores no mercado que diferem quanto ao tipo de luz, potência e intensidade. Para assegurar uma efetiva polimerização dos materiais resinosos e uma durabilidade clínica dos procedimentos restauradores, o uso dos aparelhos fotopolimerizadores com diferentes espectros de luz dependem do tipo de fotoiniciador presente na matriz resinosa. **Considerações finais:** Concluiu-se que é de suma importância o desenvolvimento dos aparelhos fotoativadores, compostos fotoiniciadores e materiais resinosos, no intuito de uma maior longevidade clínica dos procedimentos restauradores realizados.

\* Pós-graduanda da Especialização em Dentística do Instituto Prime da Faculdade Avantis – Balneário Camboriú, SC, Brasil.

\*\* Professor Adjunto da Disciplina de Clínica Integrada da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil.

\*\*\* Graduanda em Odontologia pela Faculdade de Odontologia da Universidade Federal da Bahia – Salvador, BA, Brasil.

\*\*\*\* Núcleo de Clínica Integrada da Atenção Básica - União Metropolitana de Educação e Cultura - UNIME - Lauro de Freitas - BA - Brasil.

## Uniterms:

light curing of  
dental adhesives;  
photoinitiators,  
dental;  
polymerization;  
curing lights dental.

## ABSTRACT

**Introduction:** When faults occur in the polymerization process, the resinous material undergoes structural changes, such as lower wear resistance, organic matrix degradation, infiltration and water absorption. Several types of light-curing devices have been launched in the market, in order to allow different methods of photoactivation. It is of utmost importance to know which curing light should be used for the type of photoinitiator composed in the resinous material. **Objective:** The objective of this literature review is to analyze different curing light and photoinitiators for polymerization of composite resins. **Methodology:** The literature review included a search in national and international online scientific databases, using articles published since 2008, in Portuguese, English and Spanish, using the descriptors light curing of dental adhesives; photoinitiators, dental; polymerization; curing lights dental and their respective translations into Portuguese, available from the Medical Subjects Headings (MeSH) library. **Discussion:** There are curing lights in the market with which they differ in light type, power and intensity. To ensure an effective polymerization of the resinous materials and a clinical durability of the restorative procedures, the light type of the curing lights depend on the type of photoinitiator being used. **Final considerations:** It is concluded that the development of photoactivating devices, photoinitiating compounds and resinous materials is of paramount importance, aiming at a greater clinical longevity of the restorative procedures performed.

## INTRODUÇÃO

Em busca da obtenção de uma excelência estética, a Odontologia vem evoluindo progressivamente de forma muito rápida, tal como, o crescente anseio dos pacientes por tratamentos estéticos e imediatos, sendo este último, uma das principais demandas da Odontologia Moderna<sup>1</sup>.

Uma das evoluções mais expressivas foi a introdução das resinas compostas fotopolimerizáveis como material restaurador estético, para dentes anteriores e posteriores, devido as suas propriedades físicas e químicas; como o controle do tempo de trabalho, a redução da porosidade e a melhoria na estabilidade da cor. Aliado ao aperfeiçoamento dos materiais restauradores, o aparelho fotopolimerizador, utilizado na conversão das resinas compostas, é um instrumento imprescindível para assegurar a qualidade desse processo<sup>2</sup>.

Há mais de 50 anos, as resinas compostas foram idealizadas e introduzidas na Odontologia por Rafael Lee Bowen. Estas são famosas entre os dentistas e extensamente utilizadas em tratamentos restauradores estéticos devido a incorporação de uma matriz orgânica denominada Bisfenol Glicidilmetacrilato (BIS-GMA), que proporcionou melhorias nas propriedades físicas e mecânicas, permitindo ao profissional confeccionar restaurações em dentes anteriores e posteriores com excelente resultado estético e mecânico<sup>3</sup>.

As resinas compostas sofreram uma expressiva evolução quando o sistema de polimerização química, do tipo pasta-pasta, foi alterado para o sistema de polimerização física, o qual, a presença de um emissor de luz visível é fundamental. Inicialmente, por volta da década de 70, estas resinas fotopolimerizáveis

eram ativadas por uma luz ultravioleta com um comprimento de onda de 365nm, resultando em mudanças impactantes na prática clínica do cirurgião-dentista, porém vários problemas foram expostos na época, como por exemplo, longo tempo de trabalho e irradiação ionizante. Visando debelar estes obstáculos, na década de 80, foi desenvolvido aparelhos fotopolimerizadores que emitiam luz visível<sup>4</sup>.

Atualmente, a maioria das resinas compostas são ativadas por uma luz azul visível que apresenta um comprimento de onda entre 400 e 500nm. Estas iniciam o seu processo de polimerização através de absorção de luz por meio de fotoiniciador, em geral a canforoquinona, cuja sua absorção máxima dá-se em 468nm. O fotoiniciador ao ser excitado reage com uma amina terciária produzindo radicais livres, em consequência, dar-se início ao processo de polimerização pela conversão de monômeros em polímeros. Existem quatro principais tipos de fotopolimerizadores: luz de arco de plasma (PAC), laser de argônio, luz halógena de quartzo-tungstênio e a luz emitida por diodo (LED), sendo que as duas últimas são as mais utilizadas no momento atual<sup>5</sup>.

Independente da unidade fotopolimerizadora empregada, existe um parâmetro mínimo necessário para garantir uma correta fotopolimerização. Neste quesito, a emissão de intensidade de luz ideal para uma unidade fotopolimerizadora deve ser, no mínimo, de 400mW/cm<sup>2</sup> para polimerizar um incremento de resina composta de 2mm. Conforme a quantidade de energia e a intensidade de luz do aparelho, é estabelecido um tempo específico necessário para a polimerização de um determinado compósito<sup>7</sup>.

Os aparelhos fotopolimerizadores estão susceptíveis à perda de rendimento, de acordo com sua frequência e tempo de uso. Para atestar a eficiência de um aparelho de fotopolimerização é importante que uma unidade

fotoativadora mantenha uma intensidade de luz ideal. Para tal, é de extrema importância, a manutenção periódica deste com o auxílio de um radiômetro, que visa medir o desempenho da intensidade de luz de polimerização dos aparelhos fotopolimerizadores<sup>2</sup>.

Contudo, quando ocorrem falhas no processo de polimerização, o material resinoso sofre alterações estruturais, como degradação na matriz orgânica, absorção de água e menor resistência ao desgaste. Isto resulta em problemas para o procedimento restaurador, podendo desencadear sensibilidade pós-operatória, aumento da porosidade, menor biocompatibilidade, dentre outros, comprometendo assim a sua longevidade<sup>6</sup>.

Diante dos diversos aparelhos fotopolimerizadores, distintas composições das matrizes resinosas disponíveis no mercado e da importância de uma correta polimerização dos materiais resinosos, o objetivo desta revisão de literatura é analisar os diferentes fotopolimerizadores e fotoiniciadores para polimerização de resinas compostas.

## METODOLOGIA

Para avaliação da literatura científica que contemplasse o objetivo do trabalho, foi realizada uma revisão de literatura em bases de dados científicas nacionais e internacionais. A construção da expressão de busca destes estudos utilizou descritores disponíveis na biblioteca *Medical Subjects Headings* (MeSH). Após avaliação de alguns descritores desta base, foram eleitos os termos *light curing of dental adhesives; photoinitiators, dental; polymerization; curing lights dental* e suas respectivas traduções para o idioma português, os quais foram conectados pelo operador booleano AND. As bases de dados online escolhidas para esta revisão foram Pubmed/Medline, Lilacs e Scielo.

Para captação dos resultados foi utilizado o site do Periódicos sendo considerados os seguintes critérios de inclusão: estudos disponíveis e completos, publicados nos últimos dez anos e escritos nos idiomas inglês, espanhol ou português. Para seleção dos estudos foram organizadas duas fases de leitura: leitura de título e resumo, e leitura do texto completo. Na primeira fase, o principal critério de inclusão foi contemplar o objetivo dessa pesquisa. Na segunda fase, os artigos foram lidos na íntegra para verificar se atendiam ao escopo da pesquisa. As variáveis autoria, ano de publicação, objetivo, método e desfecho foram eleitas para análise e sistematização destes resultados.

## REVISÃO DE LITERATURA

### ODONTOLOGIA ADESIVA ATUAL

A Odontologia Contemporânea apresenta-se com diversos confrontos intelectuais diante das novas técnicas e materiais, criando, desta forma, uma gama de protocolos diferentes e antagônicos, mas, ao mesmo tempo, aplicáveis.

Nas três últimas décadas, ocorreram grandes mudanças, principalmente relacionadas com a qualidade, eficiência e capacidade de ofertar métodos mais práticos e aprimorados para solucionar as necessidades odontológicas, passando de um paradigma meramente curativo para um modelo de promoção de saúde<sup>8</sup>.

O surgimento de novas tecnologias resultou em uma Nova Era para a Odontologia Restauradora Convencional, permitindo, através da utilização de polímeros resinosos fotoativados, a implementação de técnicas restauradoras minimamente invasivas, selamento de cicatrículas e fissuras, cimentações adesivas, dentre outras<sup>9</sup>.

A crescente demanda por uma Odontologia com um enfoque na estética tem proporcionado constantes avanços tecnológicos, em virtude da necessidade da utilização de um material que restabeleça a função mastigató-

ria, forma e cor natural das unidades dentárias. Além disso, que apresente boa resistência a abrasão, biocompatibilidade e adequada adaptação marginal<sup>1</sup>.

Atualmente, a Odontologia Adesiva pode ser subdividida em: Preventiva (DP), Restauradora (DR) e Estética e Cosmética (DEC). A DP se refere à prevenção bucal, diante dos desafios cariogênicos, empregando orientações de higiene oral, fluoroterapia, controle da dieta e a aplicação de selantes resinosos. Este enfoque preventivo tem impedido o surgimento e/ou o avanço da doença cárie<sup>10</sup>.

Em contrapartida, a DR tem o objetivo de recuperar a função e forma dos elementos dentários afetados por lesões cariosas ou não, traumatismos coronários e fraturas. Já a DEC tem como propósito harmonizar as restaurações com as estruturas dentárias e anatômicas circunvizinhas, de tal modo que o trabalho se torne belo, expressivo e imperceptível. E, ainda, recompor um novo sorriso que se adapte ao modo de vida do paciente, com o anseio de elevar a autoestima, bem-estar e saúde deste<sup>10</sup>.

Esta demanda por uma excelência na estética do sorriso tem promovido um grande desenvolvimento científico na busca por sistemas resinosos com propriedades ópticas semelhantes ao dente, mais resistentes aos esforços mastigatórios e, ainda, por aparelhos polimerizadores eficazes.

### SISTEMAS DE POLIMERIZAÇÃO DE MATERIAIS RESINOSOS

#### Evolução dos sistemas de polimerização

As resinas compostas foram desenvolvidas na década de 1960, através dos estudos realizados por Rafael Lee Bowen, um dos maiores pesquisadores da área odontológica. Esta descoberta revolucionou a condução dos tratamentos restauradores, devido a este material possuir a mesma cor e translucidez dos dentes

humanos. Na época, o objetivo de Bowen era unificar as propriedades desejáveis da resina acrílica com a da resina epóxi<sup>11</sup>.

A elaboração da resina composta decorreu-se do surgimento das resinas acrílicas, na Alemanha, em 1934. Estas últimas, foram desenvolvidas visando substituir os cimentos de silicatos. Durante a Segunda Guerra Mundial, a resina acrílica teve seu uso ampliado, pois apresentavam menor fragilidade, estética razoável e solubilidade ao meio bucal inferior aos dos cimentos de silicatos. Em contrapartida, estudos comprovaram sua alta contração de polimerização, baixa adesão ao substrato dentário, baixa resistência à compressão e deficiência na adaptação marginal em decorrência do seu alto coeficiente de expansão térmica; desencadeando fissuras, infiltrações, cáries e descoloração da restauração e das unidades dentárias<sup>12</sup>.

Em torno de 1962, devido aos insucessos das resinas existentes para restaurações dentárias, Bowen associou a resina epóxica com a resina acrílica, elaborando um novo monômero denominado Bisfenol Glicidil Metacrilato (BIS-GMA). Esse monômero se equipara à resina epóxica, exceto pelo fato que os dois grupamentos epóxi foram substituídos por dois grupamentos de metacrilato. O éster glicidil do bisfenol A reage com o metacrilato da resina acrílica, que é a matriz orgânica da resina composta. Uma carga inorgânica foi acrescentada a esta matriz através de um agente de união denominado silano, com o propósito de melhorar as propriedades físicas e mecânicas deste material. Tais mudanças resultaram na Resina de Bowen, posteriormente denominada de Resina Composta<sup>12</sup>.

A primeira resina composta foi lançada no mercado odontológico em 1964, denominada Advent (3M), na apresentação de pó e líquido. Em 1969, foi disponibilizada a resina composta Adaptic (Johnson & Johnson), que apresen-

tava polimerização química com base na mistura de duas pastas; uma continha o gerador de radicais livres (peróxido de benzoíla) e a outra uma amina terciária. Essas resinas foram denominadas de resinas compostas autopolimerizáveis. A mistura das duas pastas era feita manualmente, dando início à reação de presa, que acontecia igualmente em toda a espessura do material<sup>1</sup>. Esta resina se tornou muito popular no mercado mundial, porém apresentavam desvantagens quanto a sua manipulação e resultados clínicos insatisfatórios<sup>12</sup>.

A partir da década de 70, a resina composta obteve um grande avanço tecnológico com o surgimento das resinas compostas fotopolimerizáveis, cuja polimerização ocorre através de uma radiação gerada por uma fonte de luz, por meio de um aparelho fotopolimerizador<sup>13</sup>. Essa substituição permitiu a utilização de incrementos resinosos, com diferentes cores e maior tempo de trabalho possibilitando, desta forma, a confecção de restaurações adesivas mais próximas do dente natural<sup>7</sup>. As resinas compostas fotopolimerizáveis se apresentam embaladas em seringas individualizadas por cor, que ao permanecerem fechadas se encontram vedadas à luz, mantendo desta forma a qualidade da resina. Esse sistema tem como vantagens: maior tempo de trabalho, menor porosidade e facilidade de manuseio<sup>13</sup>.

Os sistemas ativados por luz visível, inicialmente na década de 70, empregavam aparelhos que emitiam luz ultravioleta num comprimento de onda entre 340 e 380nm. No entanto, foram relatadas algumas deficiências nas características físicas das resinas compostas e problemas de saúde para os operadores, como por exemplo, alterações oculares e dérmicas. Para superar estes problemas, posteriormente, na década de 80, os aparelhos passaram a emitir luz visível ou halógena. Desde então, o sistema de polimerização através de luz visível sofreu grande evolução e

atualmente é universalmente difundido e preconizado pela praticidade ou capacidade de proporcionar uma adequada polimerização do material<sup>4</sup>.

### Fotopolimerização à LED

Devido aos problemas encontrados na fotopolimerização por luz ultravioleta, avanços foram realizados para a inserção de novas tecnologias. Dentre as tecnologias apresentadas, surgiram o arco de plasma (PAC) e a lâmpada halógena, porém nenhum obteve tanto sucesso quanto o LED, criado na década de 1990<sup>14</sup>.

A palavra LED é um acrônimo que significa no inglês “Light Emitting Diode” (em português: Diodo Emissor de Luz), ou seja, é um componente eletrônico semicondutor, o qual faz uso da mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores, que quando energizado emite luz visível por luminescência<sup>7</sup>.

Apesar do LED ser um componente muito comentado atualmente, sua invenção ocorreu em 1962, no laboratório da General Electric (GE), pelo engenheiro norte-americano Nick Holonyak. Este primeiro LED emitia somente luz vermelha, com baixa intensidade luminosa<sup>15</sup>.

Em 1990, os cientistas japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura descobriram uma maneira de emitir luz azul usando tecnologia LED, possibilitando o uso para iluminação, com gasto muito menor de energia que o usada pelas lâmpadas incandescentes. Este foi um grande passo para a produção de fotopolimerizadores à LED<sup>16</sup>.

O LED, para difundir a luz, transforma a energia elétrica em luz por meio da combinação de dois diferentes semicondutores sólidos (ânodo e cátodo), sob o estado de cristais de nitrito de gálio, ocasionando a emissão de um espectro de luz visível com um comprimento de onda entre 450 e 490nm.

Quando desenvolvida a primeira geração do LED, também denominadas de CU *mono-*

*wave*, a capacidade de polimerizar o composto era deficiente, especialmente nos sistemas com fotoiniciador cujo espectro de absorção não se encontram entre 450 e 490 mW/cm<sup>2</sup><sup>17,18</sup>. Posteriormente, as gerações de LED conseguiram suprir este problema<sup>17</sup>.

Os aparelhos LED de 2º geração apresentaram vantagens muito superiores aos outros tipos de fotopolimerizadores, como: menor produção de calor; tempo de vida útil de aproximadamente 10000 horas; aparelhos menores, mais silenciosos e mais resistentes; fotopolimerização em tempo mais curto; ausência de emissão de radiação infravermelha na resina e no dente e maior profundidade de polimerização<sup>20,21,22</sup>.

A posteriori, com a introdução de outros sistemas de fotoiniciadores com absorção em diferentes espectros de luz, os LEDs com emissão de mais de um pico de espectro de luz foram divulgados no mercado odontológico. Essas unidades de luz, também conhecidas como LEDs *polywave*, *multiwave* ou *multi-peak*, são mecanismos de fotoativação formados por uma combinação de dois ou mais chips de LEDs emissores em diferentes faixas de espectro de luz, tendo como exemplo, o Valo Led (Ultradent Products Inc) e o Bluephase G2 (Ivoclar Vivadent Ltda.)<sup>23,24</sup>.

### Fotoiniciadores

Os fotoiniciadores, em sua maioria, são moléculas orgânicas aplicadas sozinhas ou em um complexo químico contendo 2 ou mais moléculas que ao absorverem um comprimento de luz geram espécies reativas aptas a dar início a uma reação em cadeia<sup>24</sup>.

Os materiais restauradores podem dispor de dois tipos de sistemas fotoiniciadores: aqueles que geram radicais livres por dissociação do fotoiniciador em uma ou mais partes, gerando assim dois ou mais radicais livres (reação de clivagem), chamados de *Fotoiniciadores*

*Norrish Tipo I*; e aqueles que reagem com um coiniador, produzindo um radical livre capaz de dar início a uma reação de polimerização, como por exemplo a canforoquinona (CQ), chamados de *Fotoiniciadores Norrish Tipo II*<sup>25,26</sup>.

A canforoquinona é uma alfa-dicetona que gera radicais quando exposta a uma radiação de 450-500nm, com um máximo em 468nm<sup>24,26</sup>. Considerada o sistema fotoiniciador mais frequente nos materiais restauradores resinosos, este requer um coiniador e possui uma coloração amarelada que pode afetar a cor final das restaurações, desta forma, limita a produção de compósitos restauradores com pigmentação mais claras<sup>24,26</sup>. O coiniador necessário para ativar tais fotoiniciadores geralmente é uma amina terciária, que pode oxidar ao longo do tempo e cuja oxidação termina por alterar a coloração do compósito, afetando a estética das restaurações em um longo prazo<sup>24,26</sup>.

Diante das desvantagens apresentadas pela canforoquinona, outros sistemas fotoiniciadores foram introduzidos, como o óxido trimetilfosfínico (TPO) e o benzoil germânio (Ivocerin®), os quais, entretanto, dependem de fontes de luz violeta para serem fotoativados. Visto que, cada sistema fotoiniciador é capaz de absorver um espectro de luz específico (violeta, azul, etc.), sendo que enquanto a CQ absorve luz no espectro azul, com pico de absorção a aproximadamente 468nm, os sistemas de fotoiniciadores alternativos, como o TPO e o Ivocerin®, absorvem luz violeta; que quando a fonte ativadora não emite de forma homogênea prejudica o grau de conversão da resina, pois o sistema fotoiniciador não gera radicais livres de forma eficiente<sup>24,26</sup>.

Além destes fotoiniciadores, a 1,2-Fenil-Propanodiona (PPD) é um fotoiniciador do Tipo 1. Uma alfa-dicetona com pico de absorção de aproximadamente 393nm, sendo considerada bastante eficaz em resinas dentá-

rias<sup>23</sup>. Já o BAPO é um fotoiniciador do Tipo 1, comercialmente conhecido como *Irgacure*, e é visto como um dos mais eficientes em consequência de formar 4 radicais livres para cada molécula, ou seja, sempre terá 2 radicais ativos por fóton absorvido. Além disso, tem o aspecto de pó branco, onde o pico de absorção é acima de 400nm. Este fotoiniciador é frequentemente utilizado na produção de adesivos autocondicionantes<sup>23,24</sup>.

As resinas compostas utilizadas para a restauração de dentes clareados, que necessitam apresentar cores mais claras, utilizam esses sistemas fotoiniciadores (PPD e o BAPO) que são ativados com um comprimento de onda menores que 400nm (luz violeta)<sup>27</sup>.

## APARELHOS FOTOPOLIMERIZADORES

A quantidade de fótons liberados por um fotopolimerizador, responsável pela ativação dos fotoiniciadores, é diretamente proporcional à formação de radicais livres, garantindo, assim, completa polimerização<sup>28</sup>. Dessa forma, o sucesso clínico de uma restauração com resina composta fotopolimerizável, no que se refere ao controle da sensibilidade pós-operatória imediata; da infiltração marginal, que pode resultar em sensibilidade pós-operatória mediata e/ou cárie secundária; manutenção da cor inicial e da resistência ao desgaste está diretamente relacionado à qualidade do polímero formado por determinada fonte de luz, sendo necessário, portanto, considerar a qualidade do aparelho fotopolimerizador<sup>3</sup>.

Isso implica afirmar que, na fotopolimerização, o grau de conversão dos monômeros depende de alguns fatores, como: intensidade e comprimento de onda da luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador, tempo de exposição à luz, volume de material restaurador a ser fotopolimerizado, quantidade e tipo de fotoiniciador presente no material, tipo de partícula de carga presente e distância da

ponta do aparelho fotopolimerizador em relação ao incremento a ser polimerizado (técnica de fotopolimerização)<sup>3</sup>.

### Processo de polimerização ativadas com luz azul visível (LEDs *monowave*)

As resinas compostas fotopolimerizáveis apresentam em sua matriz resinosa componentes fotossensíveis<sup>2</sup>. Essa molécula, na maioria das resinas compostas, é uma alfa-diquetona (canforoquinona) em que, quando exposta à luz num comprimento de onda entre 450 e 500nm (luz azul), absorvem os fótons; atingindo absorção máxima em 465nm<sup>3</sup>. Na presença dos fótons, são gerados radicais livres, os quais, ao colidirem com a amina alifática, promovem a transferência de elétrons. Os radicais livres são moléculas reativas que, ao encontrarem os monômeros (BIS-GMA, UDMA, TEGDMA e o EGDMA), promovem a quebra de ligações duplas do carbono, passando a formar um complexo radical monomérico, capaz de reagir com outros monômeros e dar continuidade ao processo de polimerização das resinas<sup>2, 3</sup>. Esta reação em cadeia será interrompida quando dois radicais complexos colidirem<sup>2</sup>.

A energia de ativação é a energia necessária para iniciar o processo. Essa energia é a habilidade do fóton (unidade de energia irradiada) em ativar a canforoquinona e é ditada pela sua energia individual, a qual é determinada pelo comprimento de onda emitido pela luz gerada por esse aparelho<sup>29</sup>.

### Processo de polimerização ativadas com combinações de luzes visíveis (LEDs *polywave*)

Um coiniador baseado em amina não é necessário para que os fotoiniciadores Norrish Tipo I gerem radicais livres, os quais são denominados amina-free e, em geral, são moléculas de coloração clara, podendo substituir a CQ em materiais dentários cuja base é de resinas fotoativáveis. De acordo com os fa-

bricantes, quando utilizados em materiais resinosos, podem permitir tons mais brancos ou mais translúcidos, bem como reduzir o amarelamento do material em longo prazo<sup>26</sup>.

Entretanto, é importante ressaltar, como já relatado na literatura, que, em relação aos benefícios estéticos; como tais fotoiniciadores Norrish Tipo I absorvem principalmente a luz no espectro violeta, ao invés da luz no espectro azul, como ocorre com a CQ; a preocupação é que a luz violeta não consiga atingir as camadas mais profundas do material resinoso como ocorre com a luz azul, o que pode causar diminuição no grau de conversão em camadas mais profundas de alguns materiais resinosos<sup>30</sup>.

### Eficiência do fotopolimerizador

Para estudar a efetividade dos fotopolimerizadores, além da intensidade de luz, pode-se avaliar a profundidade de polimerização, a dureza relativa, o grau de conversão e a resistência da resina composta quando polimerizada por estes dispositivos<sup>5</sup>.

No que se refere a potência da luz, esta medida descreve o número de fótons emitidos que incidem numa determinada superfície do material em um dado momento num determinado instante. Esta depende da voltagem elétrica, do diâmetro da ponteira condutora e das condições de funcionamento dos componentes do aparelho. Uma redução na intensidade da emissão de luz, normalmente, está correlacionada com a degradação do aparelho<sup>4,6</sup>.

Considera-se 300 miliwatts por centímetro quadrado (mW/cm<sup>2</sup>) como o valor mínimo aceitável de intensidade de luz, contudo recomenda-se a utilização de aparelhos de 400 mW/cm<sup>2</sup> para um tempo de exposição de 40 segundos, em camadas de resina composta de 2 mm de espessura<sup>14</sup>.

O radiômetro, ou também denominado de potenciômetro, quantifica a produção de luz, sendo a forma mais fácil de monitorar, perio-

dicamente, a eficácia dos aparelhos fotopolimerizadores quanto a intensidade debitada<sup>29</sup>.

## DISCUSSÃO

Existem diferentes fotopolimerizadores disponíveis no mercado, que se diferem quanto a potência, tipo e intensidade de luz. O aumento da intensidade de luz acarreta em um maior grau de conversão, microdureza superficial e profundidade de polimerização do material resinoso<sup>2</sup>. Quanto maior a intensidade de luz e o tempo de fotoativação, maior será o grau de conversão das resinas fotopolimerizáveis. Entretanto, cada resina tem um grau máximo de conversão, ficando desnecessário conceder mais energia para polimerização após as resinas compostas atingirem este grau máximo<sup>7</sup>. Além disso, o excesso de intensidade de luz na fotopolimerização pode apresentar desvantagens, como uma maior contração de polimerização e elevação da temperatura pela luz emitida na polpa dental e na resina composta, causando danos nas mesmas<sup>2</sup>.

Com relação aos aparelhos fotopolimerizadores, o tipo de luz é imprescindível e dependente do tipo de fotoiniciador que está sendo utilizado no material resinoso. O fotoiniciador tem um papel fundamental à proporção que absorve a luz, pois converte a energia em radicais livres para iniciar a reação e sua reatividade rege a eficiência da polimerização. Entretanto, muitas complicações clínicas têm sido evidenciadas quanto ao uso do sistema fotoiniciador<sup>26</sup>.

A maioria dos compósitos odontológicos apresentam a associação entre a canforoquinona e uma amina terciária, a qual é uma molécula sensível ao comprimento de onda de luz azul. Por muitos anos, a canforoquinona tem sido o principal fotoiniciador composto nos materiais resinosos. Todavia, a CQ é um fotoiniciador de cor amarela escura que, dependendo da quantidade existente no mate-

rial resinoso, pode apresentar como desvantagem a estabilidade da cor a longo prazo nas restaurações estéticas<sup>26</sup>. Este fato tem impulsionado pesquisas para o desenvolvimento de novos agentes fotoiniciadores, uma vez que a sociedade vem buscando tratamentos estéticos mais duradouros e com tendências de sorrisos cada vez mais claros. Esse aspecto se torna um obstáculo para o cirurgião-dentista que procura melhorar a estética bucal, objetivando uma excelência ao final do tratamento odontológico.

Devido a essa demanda, alguns fabricantes tem produzido adesivos, cimentos e resinas compostas nos quais a canforoquinona é parcialmente ou totalmente substituída por outros fotoiniciadores de cores claras, como o Ivocerin®, TPO e BAPO, os quais são sensíveis ao comprimento de onda de luz violeta e apresentam maior eficiência estética quando comparados à canforoquinona. Aliado, à implementação de novos fotoiniciadores nos materiais resinosos, os fabricantes lançaram fotopolimerizadores *polywave*, que apresentam dois diferentes LEDs (um com aprox. 410 nm e o outro com aprox. 470 nm comprimento de onda dominante), com o intuito de garantir uma completa polimerização desses compósitos. É de suma importância que uma quantidade de energia irradiante alcance os fotoiniciadores, contudo, muitos cirurgiões-dentistas carecem deste conhecimento. Atualmente, existem no mercado odontológico brasileiro dois aparelhos *polywave* que são compatíveis com todos os materiais fotopolimerizáveis, são eles: *Bluephase* (Ivoclar Viavdent) e o *VALO® Cordless (Ultradent)*.

Outros aspectos como a distância entre a ponta do aparelho e o material restaurador, potência do fotopolimerizador, uniformidade na saída de luz da ponta ativadora, comprimento de onda emitido pela fonte de luz e vida útil da bateria do fotopolimerizador tam-

bém influenciam numa correta polimerização do material resinoso. A intensidade de uma unidade de fotopolimerização LED deve ser avaliada durante a vida útil da carga da bateria do aparelho para garantir que a intensidade de luz gerada seja suficiente<sup>2</sup>.

A diminuição da intensidade de luz e a eficácia de polimerização das resinas compostas são invisíveis aos olhos humano, visto que o aparelho com potência diminuta pode polimerizar somente a camada superficial da resina. Por isso, cabe ao cirurgião-dentista ter conhecimento sobre o perfeito funcionamento do seu fotopolimerizador para, quando necessário, solicitar um técnico para manutenção deste<sup>19</sup>. Marson et al.<sup>4</sup> (2010) examinaram aparelhos fotopolimerizadores de 30 consultórios particulares e verificaram que apenas 50% tinham intensidade de luz suficiente para polimerização de resinas e, dos outros 50% que registraram intensidade inferior, 30% obtiveram menor potência do que 200 mW/cm<sup>2</sup>.

O estado de conservação, desempenho e o modelo do equipamento usado são essenciais na qualidade da polimerização dos compósitos. Visto que a profundidade de fotopolimerização prejudica as propriedades mecânicas, o selamento marginal e a dureza superficial das resinas compostas, influenciando como direcionador do sucesso ou do fracasso das restaurações, é fundamental um minucioso cuidado em relação à manutenção dos aparelhos fotopolimerizadores para assegurar uma efetiva polimerização dos materiais e a durabilidade clínica dos procedimentos restauradores<sup>31</sup>.

É indispensável que o cirurgião-dentista fique atento a efetividade e o estado de conservação do seu aparelho de fotopolimerização, pois o mesmo pode desencadear falhas no processo de polimerização devido ao tempo de uso, causando falhas nos materiais resinosos e assim prejudicando a longevidade da restauração.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado na presente revisão de literatura pode-se concluir que:

- Os fotoiniciadores influenciam nas propriedades químicas-físicas-estéticas dos materiais resinosos;
- É extremamente importante que o cirurgião-dentista tenha conhecimento do material resinoso que está sendo utilizando;
- O aparelho fotopolimerizador *polywave* permite fotopolimerizar os diversos tipos de fotoiniciadores atualmente presentes nos materiais odontológicos, demonstrando uma maior aplicabilidade clínica;
- É necessário ter um radiômetro para avaliar a emissão de intensidade de luz do fotopolimerizador.

## REFERÊNCIAS

1. Melo Junior PC, Cardoso RM, Magalhães BG, Guimarães RP, Silva CH, Beatrice LC. Selecionando corretamente as resinas. *International Journal of Dentistry*. 2011; 10(2): 91-6.
2. Contarin CR, Casalli JL, Rigo L. Avaliação da Potência dos Aparelhos Fotopolimerizadores Utilizados no Curso de Odontologia da IMED. *Journal of Oral Investigations*. 2015; 4(1):19-25.
3. Caldarelli PG, Beltrani FC, Pereira SK, Cardoso AS, Hoepfner MG. Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica – uma revisão da literatura. *Odontologia Clínico-Ciêntifica*. 2011; 10(4): 317-21.
4. Marson FC, Mattos R, Sensi LG. Avaliação das condições de uso do fotopolimerizador. *Revista Dentística On-line*. 2010; 9(19): 15-20.
5. Wunderlich Junior AE, Siqueira DF, Scanavini MA, Kanashiro LK. Avaliação da potência de fotopolimerizadores à

- LED utilizados em consultórios. Revista Ortodontia SPO. 2009; 42(2): 95-100.
6. Beltrani FC, Caldarelli PG, Kossats S, Hoepfner MG. Avaliação da intensidade de luz e dos componentes dos aparelhos fotopolimerizadores da Clínica Odontológica da Universidade Estadual de Londrina. Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde. 2012; 14(1): 5-11.
  7. Vimercati BM, Masioli MA, Colodetti H. Fotopolimerização e Fotopolimerizadores. Odontologia restauradora de A a Z. 1. ed. Florianópolis: Editora Ponto; 2012. p. 122-135.
  8. Gonçalves ER, Ramos FR. O trabalho do cirurgião-dentista na estratégia de saúde da família: potenciais e limites na luta por um novo modelo de assistência. Interface (Botucatu) [Internet]. 2010; 14(33): 301-14.
  9. Teixeira L. Planejamento Estético na Restauração Direta de Dentes Anteriores: Técnica de Simulação Semi-direta. Revista Portuguesa de Estomatologia. 2008; 9(4): 241-46.
  10. Xavier DB. Planejamento estético em Dentística Restauradora e Reabilitadora: Revisão de Literatura [Monografia de graduação]. Londrina: Graduação em Odontologia da Universidade Estadual de Londrina; 2013.
  11. Reis A, Loguercio AD, Bittencourt DD, Góes MF. Materiais Dentários Diretos: dos Fundamentos à Aplicação Clínica. 1. ed. São Paulo: Editora Santos; 2007. p. 137-80.
  12. Fernandes HK, Silva R, Marinho MA, Oliveira PO, Ribeiro JC, Moyses MR. Evolução da resina composta: revisão da literatura. Revista da Universidade Vale do Rio Verde. 2014; 12(2): 401-11.
  13. Reston EG, Barbosa NA, Busato AL, Klein Júnior CA, Carli G, Carvalho CM, et al. Microdureza de resina composta polimerizada com LEDs de diferentes gerações e luz halógena. Stomatol. 2008; 14(27).
  14. Singh TK, Ataide I, Fernandes M, Lambor R. Light Curing Devices - A Clinical Review. Journal of Orofacial Research. 2011; 1(1): 15-9.
  15. GE DO BRASIL [homepage na internet]. A GE está completando 125 anos! Conheça os pioneiros que ajudaram a moldar a maneira como vivemos [acesso em 24 set 2018]. Disponível em: <https://gereportsbrasil.com.br/a-ge-est%C3%A1-completando-125-anos-conhe%C3%A7a-os-pioneiros-que-ajudaram-a-moldar-a-maneira-como-vivemos-e55054633533>.
  16. G1 [homepage na internet]. Trio ganha Nobel de Física por viabilizar uso de LED para iluminação [acesso em 24 set 2018]. Disponível em: <http://glo.bo/1s8cZPp>.
  17. Kramer N, Lohbauer U, Garcia-Godoy F, Frankenberger R. Light curing of resin-based composites in the LED. American Journal of Dentistry. 2008; 21(3): 135-42.
  18. Lopes LG, Souza JB, Baseggio W, Frannco EB. Princípios Físico-Químicos da Fotoativação: implicações clínicas em restaurações diretas com resinas compostas. Em: Pereira JC, Anauate-Netto C, Gonçalves SA. (Org.). Dentística Uma Abordagem Multidisciplinar. São Paulo: Artes Médicas; 2014. p. 235-252.
  19. Shaafi MM, Maawadh AM, Qahtani MQ. Evaluation of Light Intensity Output of QTH and LED Curing Devices in Various Governmental Health Institutions. Operative Dentistry. 2011; 36(4): 356-61.
  20. Nagase DY. Estudo, in vitro, da influência da técnica e do aparelho de fotopolimerização na resistência de união dos pinos intra-radulares [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade São Paulo; 2009.
  21. Gonçalves JE, Domingues DC, Carvalho PR, Ribeiro GC. Avaliação do conhecimento dos cirurgiões dentistas sobre a manutenção do aparelho fotopolimerizador no município de Porto Velho/Rondônia [monografia]. Porto Velho:

- Curso de Odontologia da Faculdade São Lucas; 2015.
22. Hamerski F, Celant RB, Mello AM, Mello FA. Resina Composta: Fotopolimerização relacionada com Microinfiltração. *Revista Gestão & Saúde*. 2015; 13: 01-10.
  23. Schneider LF, Consani S, Sakaguchi RL, Ferracane JL. Alternative photoinitiator system reduces the rate of stress development without compromising the final properties of the dental composite. *Dental Materials*. 2009; 25(5): 566-72.
  24. Bertolo MV, Moraes RC, Pfeifer C, Salgado VE, Correr AR, Schneider LF. Influence of Photoinitiator System on Physical-Chemical Properties of Experimental Self-Adhesive Composites. *Braz. Dent. J.* 2017; 28(1): 35-9.
  25. Dressano D. Influência de diferentes sistemas de fotoiniciação em propriedades químico-físicas de sistemas adesivos simplificados experimentais. [dissertação]. Piracicaba: Universidade Estadual de Campinas; 2015.
  26. Sinhoreti MA, Oliveira DC, Rocha MG, Roulet JF. Light-curing of resin-based restorative materials: an evidence-based approach to clinical practice application. *J Clin Dent Res*. 2018;15(1):44-53.
  27. Price RB, Felix CA. Effect of delivering light in specific narrow bandwidths from 394 to 515nm on the micro-hardness of resin composites. *Dent Mater*. 2009; 25(7): 899-908.
  28. Gouvea CV, Costa MF, Costa Neto CA, Weig KM, Magalhães Filho TR, Barros RN. Avaliação dos aparelhos fotoativadores utilizados em Odontologia. *Revista Gaúcha de Odontologia*. 2008; 56(4): 399-403.
  29. Freitas S, Costa J, Bauer J. Avaliação da intensidade da luz dos aparelhos fotopolimerizadores utilizados em clínicas odontológicas de São Luís – MA. *Revista de Pesquisa em Saúde*. 2011; 12(2): 27-31.
  30. Rocha MG, Oliveira D, Correa IC, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti M, Ferracane JL, et al. Light-emitting diode beam profile and spectral output influence on the degree of conversion of bulk fill composites. *Operative Dentistry*. 2017; 42(4): 418-27.
  31. Barbon FJ, Perin L, Domênico BP, Pancotte L, Ghiggi P, Calza JV. Interferência da distância de fotopolimerização na intensidade da luz emitida pelos fotopolimerizadores à luz led. *Journal of Oral Investigations*. 2016; 4(1): 4-8.

#### Endereço para correspondência:

Tássia Monique dos Santos Pereira.  
Rua Bartolomeu de Gusmão, 45, Sobradinho.  
Feira de Santana- BA, Brasil. CEP 44021-165.  
EMAIL: tassia\_moniq@hotmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7504-3705>