

## COMO OS FOTOPOLIMERIZADORES PODEM AFETAR A MICRODUREZA DA RESINA COMPOSTA?

### HOW CAN PHOTOPOLYMERIZERS AFFECT THE MICROHARDNESS OF COMPOSITE RESIN?

Anna Carolina Cenci Matick **Rombaldo**<sup>\*</sup> , Larissa **Pozzobon** , Marcio José **Mendonça** , Veridiana **Camilotti** 

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, Brasil.

\*annamatick@gmail.com

#### RESUMO

A fotopolimerização inadequada das resinas compostas pode ocasionar falhas na restauração, como microinfiltração marginal, resistência ao desgaste e falhas na dureza do material restaurador. A microdureza das resinas compostas é de extrema importância, pois afeta a propriedade mecânica, podendo causar uma perda prematura da restauração. Diante disso, essa revisão de literatura tem como objetivo identificar os fatores que interferem na microdureza das resinas compostas durante a sua polimerização, para assim evitar a ocorrência do insucesso das restaurações. Para tanto, foi realizada uma busca bibliográfica nos bancos de dados Google Scholar, PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) com o emprego dos descritores: resina composta, fotopolimerizador, restauração, polimerização e microdureza. Alguns fatores importantes foram observados: aspectos como intensidade e colimação da luz usada e seu comprimento de onda, o material e a técnica escolhida, o tipo e a quantidade do fotoiniciador presente no material e as características do aparelho fotopolimerizador. Para concluir, é fundamental conhecer o aparelho de luz selecionado e as propriedades do material restaurador para otimizar seus resultados, prevenir falhas na dureza do material e assim proporcionar restaurações mais duradouras.

**Palavras-chave:** Fotopolimerizador. Microdureza. Polimerização. Resina Composta. Restauração dental.

#### ABSTRACT

Inadequate photopolymerization of composite resins can cause restoration failures such as marginal microleakage, wear resistance and failures in the hardness of the restorative material. The microhardness of composite resins is extremely important as it affects the mechanical property and can cause premature loss of the restoration. Therefore, this literature review aims to identify the factors that affect the microhardness of composite resins during their polymerization, in order to avoid the failure of restorations. For this purpose, a bibliographic search was performed in the Google Scholar, PubMed and BVS - Virtual Health Library databases using the descriptors: composite resin, photopolymerizer, restoration, polymerization and microhardness. Thus, some factors are important to note, such as: aspects such as intensity and collimation of the light used and its wavelength, the material and technique chosen, the type and quantity of the photoinitiator present in the material and the characteristics of the photopolymerizer. To conclude, it is essential to know the light fixture selected and the properties of the restorative material, to optimize the results, prevent flaws in the material's hardness and thus provide longer-lasting restorations.

**Keywords:** Composite resin. Dental Restoration. Light curing. Microhardness. Polymerization.

## INTRODUÇÃO

O processo de polimerização resulta na mudança do estado físico das resinas compostas: no momento em que monômeros são convertidos em polímeros, passam do estado viscoso para sólido. Os monômeros mais empregados nos compósitos dentários são os dimetacrilatos, podendo-se citar como exemplo o BIG-GMA, responsável pelo aumento na viscosidade do material. Porém, devido ao seu alto peso molecular, eles são menos reativos. Assim, há necessidade de adicionar monômeros diluentes, como o TEGDMA, com menos peso molecular e mais reativo (RUEGGEBERG *et al.*, 2017).

Para o início do processo de fotopolimerização, é necessária determinada quantidade de energia, conhecida como energia de ativação. Esta é emitida por fótons (unidades de energia irradiada), os quais irão ativar o fotoiniciador presente no material restaurador (MELO *et al.*, 2020). O comprimento de onda, conhecido como a faixa de luz que sensibiliza o fotoiniciador, geralmente corresponde à faixa de luz azul entre 380 e 780 nm (VIEIRA *et al.*, 1998). No momento em que os fótons incidem no fotoiniciador, este, ao ser excitado, resulta na produção de radicais livres, transformando monômeros em polímeros, garantindo a completa polimerização do material (MELO *et al.*, 2020).

Os fotoiniciadores são, em sua maioria, classificados como moléculas orgânicas, apresentadas sozinhas ou em duas ou mais, podendo ser classificados em dois sistemas: os fotoiniciadores Norrish tipo I, que geram radicais livres por dissociação do fotoiniciador em algumas partes e, por consequência, geram dois ou mais radicais livres; e os classificados como Norrish tipo II, que reagem com um co-iniciador, produzindo um radical livre que iniciará a reação de polimerização – como exemplo, citam-se a canforoquinona e a amina terciária, considerada o fotoiniciador mais presente nos materiais resinosos (MELO *et al.*, 2020). A qualidade do aparelho é um fator a se avaliar quando desejamos o sucesso clínico, podendo garantir o controle da sensibilidade pós-operatória, infiltração marginal, manutenção de cor e resistência (CALDARELLI *et al.*, 2011).

Os aparelhos fotopolimerizadores de lâmpada halógena, ainda bastante utilizados pelos profissionais, são compostos por uma lâmpada com filamento de tungstênio, filtro, sistema de refrigeração e ponteira condutora de luz (CALDARELLI *et al.*, 2011). Esses aparelhos emitem um amplo espectro de luz visível e, por isso, geram muito calor, o que pode ocasionar danos no tecido pulpar, degradação do filtro e do bulbo, redução na qualidade da luz emitida e a vida útil restrita do aparelho, que é em torno de 50 horas (LUTZ *et al.*, 1992; VIEIRA *et al.*, 1998).

Recentemente, a tecnologia mais utilizada são os aparelhos de luz LED. Os primeiros aparelhos lançados no mercado odontológico apresentavam luz fria e estreito comprimento de onda (468 nm), que coincide com a canforoquinona, fotoiniciador mais utilizado (FUJIBAYASHI *et al.*, 1998; KURACHI *et al.*, 2001; GODOY, 2008).

Atualmente os aparelhos de luz LED são classificados em *monowave* e *poliwave*. Os LEDs *monowave* liberam ondas de comprimento entre 400 e 500 nm, ideal para o fotoiniciador canforoquinona, cujo pico de absorção é de 480 nm. Porém, materiais restauradores claros ou transparentes que apresentam outros fotoiniciadores, como BAPO, cujo pico de absorção é por volta de 365 – 416 nm, necessitam de um aparelho LED com maior espectro de luz, conhecido como *poliwave*, que consegue absorver comprimentos de onda na faixa ultravioleta, não prejudicando o grau de conversão da polimerização (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Isso é possível pela presença de chips com diferentes comprimentos de onda, podendo assim polimerizar qualquer fotoiniciador presente nos materiais resinosos (Norrish tipo I ou II) (MELO *et al.*, 2020).

Considerando que vários fatores do aparelho de luz influenciam na qualidade da restauração de resina composta, o objetivo do presente trabalho é revisar, na literatura, as principais interferências dos aparelhos fotopolimerizadores e fotoiniciadores em restaurações de resina composta.

## METODOLOGIA

### Estratégia de pesquisa e seleção de dados

Realizou-se uma pesquisa sistemática da literatura pelas bases de dados MEDLINE (PubMed), Google Scholar e literatura cinzenta, por meio do banco de dados dos Periódicos Capes. As palavras-chave para a busca incluíram resina composta, fotopolimerizador, restauração, polimerização e microdureza. A varredura dos estudos foi feita com base nos títulos e resumos. Após a identificação, os artigos encontrados em duplicatas foram eliminados.

### Avaliação da qualidade metodológica e dados extraídos

Os dados extraídos incluem: primeiro autor, ano de publicação, tipo de estudo, tipo de teste de microdureza, resultados, tipo de fotoiniciador, avaliação clínica dos aparelhos fotoativadores, material utilizado.

### Critérios de inclusão

Foram selecionados apenas estudos que avaliaram a influência da fotopolimerização na microdureza das resinas compostas, incluindo somente ensaios clínicos paralelos em língua inglesa entre os anos de 2000 – 2020.

### Critérios de exclusão

Foram excluídos: estudos duplicados; estudos cujos critérios de avaliação não se encaixaram nos objetivos da pesquisa; estudo fora do período de avaliação; estudos em português; estudo de revisão.

### Extração de dados dos artigos

Após a seleção dos artigos, foi realizada avaliação do risco de viés a partir dos critérios: cegamento dos avaliadores de desfecho e dados de resultados incompletos. Foram agrupados os dados dos artigos selecionados em: estudo/autor, tipo de estudo, tipo de teste de microdureza, resultados, tipo de fotoiniciador, avaliação clínica dos aparelhos fotoativadores, material utilizado. As informações dos artigos incluídos na pesquisa estão no Quadro 1.

## DISCUSSÃO

As resinas compostas são muito utilizadas na odontologia como material restaurador por suas características estéticas, boa adesão à estrutura dental e fácil manuseio. Apesar dos benefícios do material, durante sua polimerização pode ocorrer um estresse de contração, causando alteração volumétrica, o que pode originar deformação das paredes cavitárias, fratura da restauração, microinfiltração e hipersensibilidade pós-operatória (TAUBÖCK *et al.*, 2010; MÜNCHOW *et al.*, 2018). Para evitar tais problemas, é necessário entender o processo de fotopolimerização buscando garantir a emissão de luz suficiente e com o correto comprimento de onda (ERNST *et al.*, 2018).

Um dos testes mais empregados para avaliar a qualidade da fotoativação das resinas compostas é a microdureza de superfície. Esse teste evidencia que quanto maior a dureza de superfície melhor a fotoativação e, conseqüentemente, maior a resistência ao desgaste. Os dois testes mais utilizados para medição de microdureza são o vickers e o knoop, sendo este último mais adotado para a medição em pequenas áreas e materiais mais frágeis (SOUZA *et al.*, 2019). Esse dado coincide com os achados do Quadro 1, tendo em vista que, dentre os artigos avaliados nesta revisão, três utilizaram o teste knoop e dois, o teste vickers.

**Quadro 1 - Dados agrupados segundo critérios de extração dos artigos**

| Artigo   | Autor/<br>Ano                                 | Tipo de teste<br>de<br>microdureza | Resultado  | Fotoiniciador  | Aparelho de Luz  | Resina Composta   |
|--|---|------------------------------------|--|--|--|---|
| 1. Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites   | Rizzante<br><i>et al.</i><br>(2019)           | Knoop                              | As resinas compostas de baixa viscosidade apresentaram menores valores de KHN quando comparadas às resinas de alta viscosidade. A Z3XT apresentou a maior microdureza entre as resinas compostas testadas. As Z3XT e Z3F apresentaram menor DC quando comparadas aos compósitos de resina bulk fill. | Não informou   | - LED Blue Star -<br>MONOWAVE<br>C.O: 420nm a 480nm<br><br>INTENSIDADE:<br>1550 Mw/cm2   | 1.ADM<br>2.FBP<br>3.TBF<br>4.XF<br>5.Z3XT<br>6.FBF<br>7.SDR<br>8.XB<br>9.Z3F  |
| 2. Influence of light-curing units on surface microhardness and color change of composite resins after challenge   | Souza<br><i>et al.</i><br>(2019)              | Knoop                              | O LED com vários comprimentos de onda influenciou a microdureza de apenas uma resina contendo lucirin-TPO após AAA. O ΔE foi mais influenciado pela resina composta do que o dispositivo LED.  | -TPO com<br>canforoquinona<br><br>-Canforoquinona<br>sozinha | - Rádii-Cal, SDI<br>MONOWAVE<br>C.O: 440-480 nm<br><br>INTENSIDADE:<br>1200 mW/cm2<br><br>Valo, Ultradent –<br>POLIWAVE<br>C.O:395-480 nm<br><br>INTENSIDADE:<br>Não informou                              | 1.Tetric N-Ceram<br>2.Vit-I-escence<br>3.Filtek Z350XT  |
| 3. Evaluation of microhardness, surface roughness, and wear behavior of different types of resin composites polymerized with two different light sources | Topcu<br><i>et al.</i><br>(2009)              | Vickers                            | A microdureza foi influenciada pela composição das resinas compostas e pelo tipo de fonte de luz utilizada. Os valores de microdureza encontrados nas superfícies inferiores foram mais baixos do que os encontrados nas superfícies superiores para todos os materiais.                             | Não informou   | - QTH LCU -<br>MONOWAVE<br>C.O:450-520 nm.<br><br>INTENSIDADE: 600<br>mW/cm2<br><br>LEDLCU-<br>MONOWAVE<br>C.O: 450-490 nm.<br><br>INTENSIDADE: 950<br>mW/cm2  | 1.Clearfil<br>Majesty™<br>Posterior,<br>2.Filtek™<br>3.Supreme,<br>4.Ceram-XTM<br>5.Premise™ -<br>6.Filtek™<br>Z250,<br>7.Herculite1<br>XRV e<br>8.Clearfil™<br>APX<br>9.Quixfil™ |
| 4. Influence of light-curing intensity on color stability and microhardness of composite resins  | Strazzi-<br>Sahyon<br><i>et al.</i><br>(2019) | Knoop                              | As distintas intensidades de luz e diferentes cores dos materiais resinosos influenciaram a microdureza das resinas compostas, o que foi evidenciado pela resina composta A3 fotopolimerizada com uma polywave Valo apresentando maiores valores de dureza.  | Não informou   | - Valo-poliwave<br>C.O: 450-490 nm.<br>INTENSIDADE:<br>1,431 mW/cm2<br><br>- EAC 450 –<br>monowave<br>C.O: 450-490 nm.<br>INTENSIDADE:<br>101 mW/cm2   | 1.TPH spectrum<br>de cores A3 e C3  |
| 5. evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization   | Rode,<br>Kawano<br>e<br>Turbino<br>(2007)     | Vickers                            | Os resultados obtidos concluem que maiores distâncias de ponta produziram uma diminuição nos valores de microdureza e grau de conversão, enquanto o aumento da espessura da resina diminuiu os valores de microdureza e grau de conversão.   | Não informou   | - Halogênio C.O:<br>450-490 nm.<br>INTENSIDADE:<br>500 mW/cm2.<br><br>- LED C.O: 450-490<br>nm.<br>INTENSIDADE:<br>900mW/cm2<br><br>- Laser de argônio<br>C.O:450-490 nm.<br>INTENSIDADE:<br>892,85 mW/cm2 | 1.Z350  |

**Notas:** PS - contração de polimerização; KNH - microdureza Knoop; DC - profundidade de cura; ΔE - mudança de cor; LED - diodo de emissão de luz; AAA - envelhecimento artificial acelerado; QTH - quartzo tungstênio; LCU - unidade de fotopolimerização.

**Fonte:** os autores.

Outro fator que influencia fortemente a qualidade da fotoativação das resinas compostas é a composição das matrizes orgânicas e inorgânicas do material, interferindo diretamente em suas propriedades físicas e mecânicas. As partículas de carga podem auxiliar na transmissão da luz no interior do incremento da resina composta, além de aumentar as propriedades mecânicas, como módulo de elasticidade, resistência à flexão, dureza do material, entre outras (RODRIGUES *et al.*, 2017). Para evitar complicações quanto à contração de polimerização, as resinas compostas são inseridas nas cavidades em pequenos incrementos de até 2 mm de espessura, buscando diminuir a contração de polimerização. Outra opção é utilizar as resinas bulk-fill, que podem ter incrementos maiores, de 4 ou 5 mm, em sua técnica (BENETTI *et al.*, 2015; VICENZI; BENETTI, 2018).

Dos estudos incluídos no Quadro 1, apenas um fez a comparação da influência da fotoativação entre as resinas convencionais e a bulk fill. O estudo de Rizzante *et al.* (2019) mostrou que as resinas de alta viscosidade apresentaram valores mais altos de microdureza quando comparadas com as de baixa viscosidade, o que pode ser explicado pela composição dos monômeros e partículas de carga dessas resinas (RODRIGUES *et al.*, 2017). Além disso, as resinas bulk fill testadas se comportaram de forma bastante heterogênea devido à composição da matriz orgânica, ao módulo de elasticidade e às diferentes partículas de cada uma. Como exemplo, o estudo abordou uma resina bulk fill de alta viscosidade, que apresentou baixo valor de microdureza, devido à composição da matriz Ormocer, baseada em cerâmicas modificadas organicamente em vez de metacrilatos.

A composição da matriz orgânica das diferentes resinas compostas presentes no mercado odontológico também é de suma importância para a adequada fotoativação. A canforoquinona, que é o principal fotoiniciador presente nas resinas compostas, possui comprimento de onda entre 400 e 500 nm, sendo seu pico de absorção em torno de 470 nm. Ao absorver luz visível no comprimento de onda correto, a canforoquinona atinge um estado de excitação e se combina com um agente redutor da matriz orgânica, que gera os radicais livres responsáveis pelo início da reação de polimerização. Por essa razão, um agente co-iniciador é adicionado às resinas, podendo ser as aminas terciárias. Sua coloração amarelada característica apresenta a desvantagem de limitar seu uso, particularmente em materiais resinosos usados para dentes clareados, e de necessitar de um co-iniciador. Entretanto, em função da sua coloração amarela, outros fotoiniciadores com diferentes comprimentos de onda estão sendo empregados. Esse fato interfere diretamente na qualidade da fotoativação das resinas compostas. A maioria dos fotoativadores consegue alcançar o comprimento de onda da canforoquinona, sendo denominados de *monowave* (BRANDT, 2007; SANTINI, 2010; MELO *et al.*, 2020).

As resinas compostas de colorações mais claras e com efeito indicado para dentes clareados utilizam fotoiniciadores alternativos como o BAPO (Óxido bis-álquil fosfínico), o PPD (Fenil Propanodiona) e o TPO (Óxido mono-álquil fosfínico), que apresentam uma cor mais clara, não necessitam de co-iniciador e abrangem a absorção da luz com um comprimento de onda abaixo do exibido pela canforoquinona, sendo por volta de 364 a 416 nm. Entretanto, esses fotoiniciadores mais claros possuem comprimento de onda menor que o da canforoquinona e não conseguem ser ativados pelos aparelhos de luz *monowave*, podendo interferir negativamente na qualidade da fotoativação e, conseqüentemente, nas propriedades físicas e mecânicas da resina composta (NEUMANN *et al.*, 2006; BRANDT, 2007; SANTINI, 2010; MELO *et al.*, 2020).

No Quadro 1, apenas um artigo informou os fotoiniciadores presentes nas resinas estudadas. Essa falta de informação por parte dos fabricantes é muito preocupante, pois o conhecimento do fotoiniciador é imprescindível para a escolha do aparelho de luz a ser empregado (SOUZA *et al.*, 2019). Foi possível identificar nos estudos avaliados que os aparelhos de luz *poliwave* apresentaram resultados superiores aos dos aparelhos *monowave*, provavelmente por sua amplitude de comprimento de onda (350 a 470nm), fotoativando uma gama maior de fotoiniciadores.

O Quadro 1 mostra também que o material restaurador teve mais efeito sobre o  $\Delta E$  que o dispositivo LED, comprovando novamente a relevância do fotoiniciador nas propriedades do material restaurador. Assim, é possível observar a importância de o cirurgião-dentista saber a composição das

resinas compostas para utilizar um fotopolimerizador que atinja o comprimento de onda adequado, assim como a necessidade do fotopolimerizador *poliwave*, pois atinge vários comprimentos de onda.

Para que uma restauração com materiais resinosos apresente uma boa longevidade, é necessária uma adequada polimerização, visto que, se esta for deficiente, prejudicará as propriedades mecânicas do material, como estabilidade de cor, selamento marginal e biocompatibilidade (STOLF, 2004). Além disso, poderá causar uma diminuição da resistência ao desgaste, ou seja, a microdureza do material (FAN *et al.*, 1987; BARATIERI, MONTEIRO JUNIOR; ANDRADA, 1995; BONA *et al.*, 1997). Diante disso, é necessário que o profissional tenha conhecimento sobre as características e propriedades dos materiais que estão sendo utilizados.

A partir dos dados do Quadro 1, observa-se que Souza *et al.* (2019) e Strazzi-Sahyon *et al.* (2020) compararam os efeitos de um aparelho *monowave* com outro aparelho *poliwave*, a fim de verificar as diferenças de resultado em relação à microdureza. Como conclusão, constataram que o aparelho *poliwave* resultou em maiores valores de resistência nos materiais resinosos, principalmente nos que apresentavam outro fotoiniciador além da canforoquinona (RIZZANTE *et al.*, 2019).

Outro dado importante é que diferentes intensidades de luz influenciam na estabilidade de cor e microdureza das resinas compostas. Alguns estudos anteriores mostraram que a intensidade mínima necessária para polimerização de 2 mm de resina era de 400 Mw, contando com um tempo de polimerização de 40 segundos (RUEGGEBERG *et al.*, 1994; ALKHUDHAIRY, 2017). Dos trabalhos que avaliaram a intensidade de luz dos aparelhos fotoativadores e a distância da ponta do aparelho até a restauração, o que também interfere na intensidade de luz que chega até o material, foi possível inferir que os aparelhos com maior intensidade de luz promoveram melhor microdureza e grau de conversão (STRAZZI-SAHYON *et al.*, 2020). Ainda, verificou-se que as menores distâncias entre aparelho e compósito também promoveram melhores resultados, independentemente do tipo de fonte de luz (RODE *et al.*, 2007).

## CONCLUSÃO

A partir dos artigos revisados no presente trabalho, é possível concluir que a resina composta continua sendo um excelente material restaurador e que, para alcançar a plenitude de suas propriedades mecânicas, é necessária uma adequada polimerização. Com base nos estudos selecionados, pôde-se observar que a escolha do aparelho de luz é de fundamental importância para a qualidade da microdureza de superfície das resinas compostas, sendo os *poliwave* indicados para fotoativação de qualquer resina composta disponível no mercado odontológico e os *monowave* para fotoativação das resinas compostas que têm apenas a canforoquinona como fotoiniciador.

## REFERÊNCIAS

ALKHUDHAIRY, F. Wear resistance of bulk-fill composite resin restorative materials polymerized under diferente curing intensities. **Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 18, n. 1, p. 39-43, 2017.

ALRAHLAH, A.; SILIKAS, N.; WATTS, D. C. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. **Dental Materials**, v. 30, n. 2, p. 149-154, 2014.

BARATIERI, L. N.; MONTEIRO JUNIOR, S.; ANDRADA, M. A. C. **Estética: restaurações adesivas diretas em dentes anteriores fraturados**. São Paulo: Quintessence, 1995. cap.5, p.117-133.

BENETTI, A. R. *et al.* Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. **Operative dentistry**, v. 40, n. 2, p. 190-200, 2015.

BERTOLO, M. V. *et al.* Influence of photoinitiator system on physical-chemical properties of experimental self-Adhesive Composites. **Brazilian Dental Journal**, v. 1, n. 28, p. 35-39, 2017.

BRANDT, W. C. **Determinação do espectro de diferentes fontes de luz e fotoiniciadores e seu efeito no grau de conversão de compositos experimentais contendo diferentes fotoiniciadores.** 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Materiais Dentários) - Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2007.

BONA, A. D. *et al.* Eficácia dos fotopolimerizadores utilizados em clínicas odontológicas. **Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo**, v. 2, n. 1, p. 41-50, 1997.

BUCUTA, S.; ILIE, N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. **Clinical Oral Investigation**, v. 18, n. 8, p. 1991-2000, 2014.

CALDARELLI, P. G. *et al.* Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica. **Odontologia Clínica-Científica**, v. 10, n. 4, p. 317-321, 2011.

CANEPPELE, T. M. F.; BRESCIANI, E. Resinas bulk-fill - O estado da arte. **Revista da Associação Paulista de Cirurgões Dentistas**, v. 70, n. 3, p. 242-248, 2016.

ERNST, C. P. *et al.* Visible light curing devices: irradiance and use in 302 German dental offices. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 20, n. 1, p. 41-55, 2018.

FAN, P. L. *et al.* Irradiance of visible light-curing units and voltage variation effects. **Journal of de American Dental Association**, v. 115, n. 3, p. 442-445, 1987.

FUJIBAYASHI, K. *et al.* Newly developed curing unit using blue lightemitting diodes. **Dentistry in Japan**, v. 34, p. 49-53, 1998.

GONÇALVES, J. E. *et al.* **Avaliação do conhecimento dos cirurgiões dentistas sobre a manutenção do aparelho fotopolimerizador no município de Porto Velho/Rondônia.** 2015. 36f. Monografia (Bacharelado em Odontologia) - Faculdade São Lucas, Porto Velho, 2015.

GODOY, E. P. **Avaliação da capacidade de polimerização e elevação de temperatura produzida por aparelhos fotopolimerizadores.** 2008. 167f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

KRAMER, N. *et al.* Light curing of resin-based composites in the LED. **American Journal of Dentistry**, v. 3, n. 21, p. 135-142, 2008.

KURACHI, C. *et al.* Hardness evaluation of dental composite polymerized whit experimental LED – based devices. **Dental Materials**, v. 17, n. 4, p. 309-315, 2001.

LASSILA, L. V. J. *et al.* Translucency of flowable bulk-filling composites of various thicknesses. **Chinese Journal of Dental Research**, v. 15, n. 1, p. 31, 2012.

LOPES, L. G. *et al.* **Princípios Físico-Químicos da Fotoativação: implicações clínicas em restaurações diretas com resinas compostas.** Em: PEREIRA, J. C.; ANAUATE-NETTO, C.; GONÇALVES, S. A. (Org.). *Dentística Uma Abordagem Multidisciplinar.* São Paulo: Artes Médicas, p. 235-252, 2014.

LUTZ, F.; KRECJI, I.; FRISCHKNECHT, A. Licht polymerisations geräte. **Schweiz Monatsschr Zahnmed**, v. 102, n. 5, p. 565-572, 1992.

MELO, S. R. R. A. *et al.* Análise dos diferentes sistemas de fotopolimerização dos materiais resinosos – revisão de literatura. **Revista da faculdade de odontologia da UFBA**, v. 50, n. 2, p. 41-52, 2020.

MÜNCHOW, E. A. *et al.* Polymerization shrinkage stress of resin-based dental materials: A systematic review and meta-analyses of technique protocol and photo-activation strategies. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 82, p. 77-86, 2018.

NAGASE, D. Y. **Estudo, in vitro, da influência da técnica e do aparelho de fotopolimerização na resistência de união dos pinos intra-radiculares**. 2009. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia da Universidade São Paulo, São Paulo, 2009.

NEUMANN, M. G. *et al.* The initiating radical yields and the efficiency of polymerization for various dental photoinitiators excited by different light curing units. **Dental Materials**, v. 22, n. 6, p. 576-584, 2006.

OLIVEIRA, D. C. R. S. *et al.* Effect of different photoinitiators and reducing agents on cure efficiency and color stability of resin-based composites using different LED wavelengths. **Journal of Dentistry**, v. 43, n. 12, p. 1565-1572, 2015.

RIZZANTE, F. A. P. *et al.* Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites. **Dental Materials Journal**, v. 38, n. 3, p. 403-410, 2019.

RODE, K. M.; KAWANO, Y.; TURBINO, M. L. Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. **Operative Dentistry**, v. 32, n. 6, p. 571-578, 2007.

RODRIGUEZ, A. *et al.* Effect of lightcuring exposure time, shade, and thickness on the depth of cure of bulk fill composites. **Operative Dentistry**, v. 42, n. 5, p. 505-513, 2017.

RUEGGEBERG, F. A.; CAUGHMAN, W. F.; CURTIS, J. W. J. R. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. **Operative Dentistry**, v. 19, n. 1, p. 26-32, 1994.

RUEGGEBERG, F. A. *et al.* Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. **Brazilian Oral Research**, v. 31, n. Supl.1, p. 64-91, 2017.

SANTINI, A. Current status of visible light activation units and the curing of light-activated resin-based composite materials. **Dental Update**, v. 37, n. 4, p. 214-227, 2010.

SCHNEIDER, L. F. *et al.* Alternative photoinitiator system reduces the rate of stress development without compromising the final properties of the dental composite. **Dental Materials**, v. 25, n. 5, p. 566-572, 2009.

SINGH, T. K. *et al.* Light Curing Devices - A Clinical Review. **Journal of Orofacial Research**, v. 1, n. 1, p. 15-19, 2011.

SOUZA, M. B. A. *et al.* Influence of Light-curing Units on Surface Microhardness and Color Change of Composite Resins after Challenge. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 20, n. 2, p. 204-210, 2019.

STOLF, S. C. **Fotopolimerização das resinas compostas**. 2004. 47f. Monografia (Especialização em Dentística) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

STRAZZI-SAHYON, H. B. *et al.* Influence of Light-Curing Intensity on Color Stability and Microhardness of Composite Resins. **International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry**, v. 40, n. 1, p. 129-134, 2020.

TAUBÖCK, T. T. *et al.* Influence of light-curing protocols on polymerization shrinkage and shrinkage force of a dual-cured core build-up resin composite. **European Journal of Oral Sciences**, v. 118, n. 4, p. 423-429, 2010.

TOPCU, F. T. *et al.* Evaluation of microhardness, surface roughness, and wear behavior of different types of resin composites polymerized with two different light sources. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials**, v. 92B, n. 2, p. 470-478, 2010.

VICENZI, C. B.; BENETTI, P. Características mecânicas e ópticas de resinas bulk-fill: revisão de literatura. **Revista Da Faculdade De Odontologia-UPF**, v. 23, n. 1, 107-113, 2018.

VIEIRA, G. F. *et al.* Análise da irradiação de diversos aparelhos fotopolimerizadores. **Revista Odontológica da Universidade de São Paulo**, v. 12, n. 4, p. 395-399, 1998.