

Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica - uma revisão da literatura

Light-curing units: evolution and clinical application - a literature review

Pablo Guilherme Caldarelli¹, Fernanda Carolina Beltrani¹, Stella Kossatz Pereira², Sueli de Almeida Cardoso³, Márcio Grama Hoepfner⁴

1. Acadêmico(a) do Curso de Odontologia da Universidade Estadual de Londrina – UEL
2. Professora Associada do Departamento de Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG
3. Professora Assistente do Departamento de Odontologia Restauradora da Universidade Estadual de Londrina – UEL
4. Professor Adjunto do Departamento de Odontologia Restauradora da Universidade Estadual de Londrina – UEL

DESCRITORES:

Resina composta; Polimerização; Aparelho fotopolimerizador.

RESUMO

Devido ao surgimento das resinas compostas fotopolimerizáveis no mercado, foi desenvolvida, ao longo dos anos, uma variedade de tecnologias para se produzir a luz necessária para a ativação desses materiais. Frente à importância da qualidade da luz na fotopolimerização dos compósitos, este trabalho tem como objetivo, com base na literatura correlata, apresentar alguns conceitos fundamentais referentes à reação de polimerização das resinas compostas e a relação que há entre as características dos aparelhos fotopolimerizadores, a luz emitida e o comportamento clínico das restaurações de resina composta. Assim, podemos concluir que, independentemente do sistema empregado, a intensidade da luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador é de suma importância para a longevidade clínica dos procedimentos restauradores realizados. E, além disso, os aparelhos à base de LED representam uma tecnologia promissora, comparados aos aparelhos de luz halógena, os quais ainda são bastante utilizados.

Keywords:

Composite resin; Polymerization; Curing unit.

ABSTRACT

Due to the emergence of light cure composite resins on the market, was developed over the years a variety of technologies to produce the necessary light for activation of these materials. Based on the importance of the quality of light, when the curing of composites, this paper aims, based on related literature, to present some fundamental concepts concerning to the polymerization of composite resins and the relationship between the characteristics of light curing units, light emitted and clinical behavior of resin composite restorations. Thus, we conclude that, whatever the system employed, the light intensity emitted by the curing unit is very important for the clinical longevity of restorative procedures performed. Furthermore, the LED light units represent a promissory technology, compared to the quartz-tungsten halogen, that are very used yet.

317

Endereço para correspondência

Márcio Grama Hoepfner
Universidade Estadual de Londrina
Rua Pernambuco, 540
Londrina - PR CEP: 86020-120
E-mail: hoepfner@uol.com.br

INTRODUÇÃO

Na década de 1960, estudos realizados por Bowen¹ tinham por objetivo unir, num mesmo produto, as características desejáveis das resinas acrílicas às das resinas epóxicas. O resultado foi o desenvolvimento da molécula orgânica de BIS-GMA, que representa a reação do éster de bisfenol A com o metacrilato de glicidila. Denominada de resina de Bowen, o BIS-GMA preencheu vários requisitos dos exigidos para que uma matriz resinosa fosse capaz de formar uma resina composta, que substituiu definitivamente os cimentos de silicato e as resinas acrílicas, materiais até então empregados na restauração estética de dentes anteriores². No que tange à composição, basicamente as resinas compostas são constituídas de matriz orgânica, partículas de carga inorgânica, agente de união, ativadores e inibidores de polimerização³.

As primeiras resinas compostas lançadas no mercado

odontológico apresentavam polimerização química com base na mistura de duas pastas, uma denominada pasta universal (ou base) e outra pasta catalisadora. Por consequência, eram denominadas de resinas compostas autopolimerizáveis. Entretanto, diante das desvantagens quanto à manipulação e aos resultados clínicos insatisfatórios apresentados por estas, foi inevitável o surgimento de compósitos em que a polimerização poderia ser controlada pelo profissional. Assim, surgiram as resinas compostas fotopolimerizáveis, cuja polimerização ocorre com base em uma radiação gerada por uma fonte de luz. Nessas, a qualidade e a intensidade da fonte de luz empregada são fundamentais para a longevidade do procedimento restaurador realizado, a curto, a médio e a longo prazo^{4,5,6,7,8}.

Diante desse fato, a partir da década de 1970, vivenciamos o desenvolvimento de uma variedade de tecnologias a fim de produzir a luz necessária para a cura dos compósitos: luz ultravioleta, luz halógena de quartzo-tungstênio, luz de

arco de plasma (PAC), laser de argônio e, mais recentemente, a luz emitida por diodo (LEDs)^{9,10}.

O comportamento clínico dos compósitos fotoativados pelo sistema de luz visível de lâmpada halógena superou o dos materiais resinosos de polimerização química e os fotopolimerizados pelo sistema de luz ultravioleta^{11,12}. Mas, a partir da década de 1990, surgiram os aparelhos à base de LEDs (luz emitida por diodo), que, desde então, foram se aprimorando e se tornaram a tecnologia mais recente na ativação da polimerização de materiais fotossensíveis¹³. Isso é notório porque, diferentemente dos aparelhos com lâmpada halógena, os LEDs produzem pouco aquecimento¹⁴, o que reduz, significativamente, a possibilidade de degradação dos componentes internos ao longo do tempo, bem como a necessidade de filtros, já que a luz emitida tem espectro de comprimento de onda próximo ao de absorção da canforoquinona, fotoiniciador mais comumente encontrado nas resinas compostas fotopolimerizáveis¹⁵.

Tendo em vista a variação de aparelhos fotopolimerizadores existentes e a sua importância nos procedimentos restauradores, quer sejam diretos ou indiretos, este trabalho tem como objetivo, com base na literatura correlata, apresentar alguns conceitos fundamentais, enfocando a polimerização das resinas compostas do ponto de vista físico e a relação entre características do aparelho fotopolimerizador, a luz emitida e o comportamento clínico das restaurações de resina composta, de forma a contribuir para a otimização dos procedimentos restauradores com materiais fotopolimerizáveis.

REVISÃO DA LITERATURA

1. Polimerização das resinas compostas do ponto de vista físico

A polimerização é o processo de endurecimento das resinas compostas, decorrente da conversão de monômeros em polímeros, em uma reação por adição. Como principais componentes da matriz orgânica, os monômeros mais empregados nos compósitos dentários são os dimetacrilatos, dentre eles: BIS-GMA (Bisfenol glicil metacrilato), UDMA (Uretano dimetacrilato) e o Bis-EMA (Bisfenol A - polietileno glicol diéter dimetacrilato), que aumentam a viscosidade das resinas compostas. Por sua vez, para diminuir a viscosidade do BIS-GMA, há outros monômeros, como o TEGDMA (Trietilenoglicol dimetacrilato)².

A reação por adição tem início quando da presença de radicais livres, gerados por ativação química, nos compósitos de polimerização química, ou por uma fonte de energia externa, no caso a luz, nos compósitos de fotopolimerizáveis².

As resinas compostas autopolimerizáveis se apresentam sob a forma de duas pastas, cuja cura se dá com base na mistura destas após espatulação. As substâncias responsáveis pela polimerização nesses compósitos são um iniciador, o peróxido de benzóila, e um ativador, uma amina terciária (N, N-dimetil-p-toluidina), sendo que cada um está presente em uma das pastas. Esses sistemas apresentam alguns inconvenientes, tais como: a incorporação de bolhas de ar (oxigênio) no interior da mistura, durante a espatulação das pastas, o que compromete a polimerização do material e, conseqüentemente, as propriedades físicas; impossibilidade de controle do tempo de trabalho, já que a inserção do material no preparo cavitário deve ocorrer imediatamente após a sua mistura; porosidade superficial, decorrente do tamanho e do tipo de partículas de carga dispersas na matriz orgânica^{2,4,16,17,18}.

Diferentemente das antecessoras, as resinas compostas

fotopolimerizáveis se apresentam acondicionadas em seringas individualizadas por cor e apresentam como vantagens: menor porosidade e descoloração, maior tempo de trabalho e manipulação facilitada¹⁹. Nesses sistemas, o processo de polimerização tem início quando ocorre a sensibilização de uma molécula fotoativadora presente na massa resinosa, por meio da luz. Essa molécula, na grande maioria das resinas compostas, é uma alfa-diquetona (canforoquinona) que, quando exposta à luz num comprimento de onda entre 450 e 500 nm (luz azul), absorve esses fótons. Na presença dos fótons, são gerados radicais livres, os quais, ao colidirem com a amina, promovem a transferência de elétrons. Os radicais livres são moléculas reativas que, ao encontrarem os monômeros, promovem a quebra de ligações duplas do carbono, passando a formar um complexo radical monômero, capaz de reagir com outros monômeros e dar continuidade ao processo de polimerização das resinas²⁰.

2. Relação entre características do aparelho fotopolimerizador, a luz emitida e o comportamento clínico das restaurações de resina composta

A quantidade dos fótons liberados por um fotopolimerizador, responsável pela ativação da canforoquinona, é diretamente proporcional à formação de radicais livres, garantindo, assim, completa polimerização²⁰. 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. Isso implica afirmar que, na fotopolimerização das resinas compostas, o grau de conversão dos monômeros depende de alguns fatores, a saber: 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, distância da ponta do aparelho fotopolimerizador em relação ao incremento a ser fotopolimerizado (técnica de fotopolimerização), a cor e o grau de translucidez da resina utilizada^{5,8,19,20,21,22,23,24,25}.

Quanto aos tipos de aparelhos fotopolimerizadores, os de lâmpada halógena, atualmente ainda muito empregados no cotidiano clínico dos profissionais, apresentam eficácia comprovada por inúmeros trabalhos e pouco contestada^{14,26,27,28}. Esses aparelhos são compostos por uma lâmpada com filamento de tungstênio, um selecionador de comprimento de onda (filtro), um sistema de refrigeração e fibras ópticas. Seu funcionamento se dá quando uma corrente elétrica atravessa o filamento de tungstênio, o qual funciona como uma resistência que é aquecida pela corrente elétrica, produzindo radiação eletromagnética na forma de luz visível²⁹. No entanto, esse sistema apresenta algumas desvantagens: a eficiência da luz gerada tende a diminuir gradativamente com o uso do aparelho, em conseqüência da degradação do filtro e do bulbo, o que compromete o comportamento clínico do material restaurador; o calor gerado pela lâmpada pode resultar em agressão ao tecido pulpar, já que apenas 0,5% da energia gerada pela lâmpada halógena é empregada na fotopolimerização da resina composta, e o tempo de duração dessa lâmpada é pequeno, variando de 40 a 100 horas^{29,30,31}.

Além dos aparelhos de lâmpada halógena, o mercado disponibiliza aos profissionais aparelhos fotopolimerizadores à base de laser de argônio e arco de plasma, lançados com a proposta de reduzir, consideravelmente, o tempo clínico necessário à fotopolimerização dos compósitos^{10,32}. Esses aparelhos, embora emitam luz na intensidade necessária à fotopolimerização das resinas compostas, apresentam desvantagens que os tornam inviáveis para uso, como: elevado custo para aquisição e manutenção, além da possibilidade de danos ao tecido pulpar, decorrentes do calor gerado^{15,33}.

A mais recente e promissora tecnologia para gerar os fótons necessários a fim de polimerizar resinas compostas é o uso de luz gerada por LEDs (luz emitida por diodo). Os sistemas à base de LEDs são compostos por uma combinação de semicondutores no estado sólido, sob a forma de cristais de nitreto de gálio, que produzem luz por eletroluminescência. Em relação aos aparelhos de luz halógena, os aparelhos à base de LEDs apresentam algumas vantagens, como: durabilidade de aproximadamente 10.000 horas, ausência de filtros, não necessitam de sistema de refrigeração, são mais silenciosos, possuem maior seletividade de luz, requerem menor consumo de energia e, portanto, geram menos calor^{14,34,35,36,37,38}.

Diferentemente dos aparelhos com lâmpada incandescente, a frequência da luz emitida pelo LED é bem definida, dependendo do tipo de material empregado no semicondutor, podendo variar entre as cores vermelho, amarelo, verde e azul. O semicondutor de InGaN (Nitrito de gálio e índio) concentra a produção de luz azul, com comprimento de onda entre 425 nm e 475 nm, ou seja, coincidente com o espectro de absorção da canforquinona, fotoiniciador presente na maioria dos materiais resinosos³⁹, o que torna esse tipo de aparelho capaz de fotopolimerizar pequenos incrementos de resina composta, mesmo que os valores de intensidade da luz emitida, VG aferidos por um radiômetro, sejam inferiores aos aparelhos de lâmpada halógena²⁶.

Em comparação aos aparelhos de lâmpada halógena, encontramos divergências quanto à efetividade desses novos aparelhos, em especial, se considerarmos os diferentes modelos de aparelhos e a diversificação de metodologias empregadas nos diferentes trabalhos^{10,40}.

Os primeiros aparelhos, classificados como de primeira geração, eram montados com um grupo de LEDs e não apresentaram performance compatível aos aparelhos de lâmpada halógena. Esse problema foi solucionado com os novos aparelhos, classificados como aparelhos de segunda e terceira gerações, na sua maioria montados com um só LED, e os mais recentemente idealizados, considerados aparelhos híbridos, que associam LED à lâmpada halógena de quartzo-tungstênio, que garantem a ativação de fotoiniciadores que não a canforquinona, como o phenyl propanodione (PPD), bis-acryl-phosphinoxide (BAPO) ou Lucerin (TPO), presentes em alguns compósitos empregados atualmente^{24,40,41,42,43,44}. Entretanto, se por um lado o aumento significativo da potência pode resultar em melhorias das propriedades físicas e mecânicas dos compósitos fotopolimerizáveis, resta saber seus reais efeitos sobre o tecido pulpar.

Na literatura correlata, trabalhos relacionados aos efeitos adversos dos aparelhos fotopolimerizadores com alta intensidade de luz apontam que há risco em potencial em decorrência do calor gerado, independentemente do tipo de luz^{46,47}. Entretanto, outros fatores podem resultar em elevação da temperatura e, por consequência, danos ao tecido pulpar, a saber: o tempo de irradiação do material restaurador^{45,46,47} e a distância entre ponta ativa do aparelhos fotopolimerizadores e o compósito a ser fotopolimerizado⁴⁸, o que sugere atenção quando da correta escolha do aparelho fotopolimerizador.

DISCUSSÃO

Dentre os diferentes tipos de aparelhos fotopolimerizadores, possíveis de serem empregados para a fotopolimerização dos materiais resinosos, aqueles à base de lâmpada halógena são os mais conhecidos e utilizados³⁸. Porém, relevando a durabilidade da lâmpada e o calor gerado por esta, atualmente os aparelhos à base de LEDs são comercializados como prováveis substitutos.

Indiferentemente do tipo de aparelho fotopolimerizador selecionado, sabe-se que a qualidade da luz emitida é de fundamental importância para o sucesso clínico dos procedimentos restauradores realizados com os materiais resinosos⁴⁹. Assim, a intensidade ou densidade de potência da luz emitida preconizada é de 400 mW/cm² para adequada fotopolimerização de incrementos dos compósitos de até 2 mm^{21,26}.

Frente à relação que há entre profundidade de polimerização e intensidade da luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador, um fato histórico relevante, referente aos aparelhos à base de LEDs e que ainda hoje pode influenciar na escolha do tipo de aparelho a ser utilizado, diz respeito aos LEDs de primeira geração, que não possuíam intensidade de luz suficiente para a polimerização satisfatória das resinas compostas em incrementos com 2 mm de espessura^{19,21,26}. Comparativamente aos aparelhos à base de lâmpada halógena, isso representava uma desvantagem, pois a utilização destes exigia o dobro de tempo de exposição à fonte luminosa ou a redução da espessura do incremento para adequada polimerização dos materiais resinosos¹⁴.

Apesar do insucesso inicial, as vantagens apresentadas, tais como: maior tempo de vida útil da lâmpada, a não necessidade do uso de filtros e o fato de emitirem luz azul numa faixa espectral estreita, com pico próximo ao necessário para estimular a canforquinona, fotoiniciador presente na maioria das resinas compostas, resultaram em novas propostas de aparelhos à base de LEDs^{14,15,34,35,36,37,38}.

Atualmente, encontramos, no mercado, fotopolimerizadores à base de LEDs com intensidade da luz emitida superior a 1000 mW/cm², ou seja, com intensidade acima da preconizada para efetiva polimerização dos compósitos^{38,50}, o que nos possibilita substituir os aparelhos de lâmpada halógena, sem comprometer a polimerização dos materiais restauradores resinosos¹⁹.

Embora a intensidade da luz emitida seja fundamental para a seleção e a indicação de um aparelho fotopolimerizador, pois é sabido que esta influencia diretamente no grau de conversão, na profundidade de polimerização e na dureza superficial das resinas compostas^{14,21}, não podemos desconsiderar que, independentemente do tipo da lâmpada, a luz emitida em alta intensidade pode gerar tensão na interface dente-restauração, decorrente da contração de polimerização, como também elevação da temperatura, quer seja no material restaurador como do tecido pulpar^{51,52,53}. E, mesmo que desconhecidos os reais efeitos da luz emitida pelos aparelhos fotopolimerizadores sobre a polpa dental, clinicamente devemos relevar o fato, principalmente, quando da fotopolimerização de materiais resinosos em cavidades profundas, onde, histologicamente, há aumento da permeabilidade dentinária⁵⁴.

Outro fato a ser considerado em relação aos aparelhos à base de LEDs diz respeito ao tipo de fotoiniciador presente nas resinas compostas, pois emitem luz azul com comprimento de onda entre 425 nm e 475 nm, coincidindo como pico máximo de absorção da canforquinona (465 nm)³³, fotoiniciador comumente presente nos materiais resinosos⁵⁰. Entretanto, algumas resinas compostas apresentam outros tipos de fotoiniciadores (PPD – phenyl propanodione, BAPO – bis-acryl-

-phosphinóxido ou Lucerin TPO), que absorvem energia fora do espectro da luz emitida pelos aparelhos à base de LEDs^{17,56}. Para solucionar esse problema, foram idealizados os aparelhos à base de LEDs de terceira geração, que emitem luz em alta intensidade como também o fazem em diferentes comprimentos de onda⁵⁵.

Apesar de toda a preocupação quanto à qualidade da luz emitida pelos aparelhos fotopolimerizadores, bem como as técnicas de fotopolimerização, estudos demonstram a falta de conscientização dos profissionais quanto à manutenção de seus aparelhos fotopolimerizadores, sendo que muitos realizam a troca da lâmpada halógena apenas depois que esta queima e não monitoram a intensidade da luz dos seus aparelhos com um radiômetro para registrar a intensidade de luz^{18,23,56,57}.

Qualquer que seja o aparelho fotopolimerizador, a intensidade da luz emitida pode ser aferida com o uso de um radiômetro. Inicialmente idealizado para a verificação da qualidade da luz emitida por aparelhos fotopolimerizadores à base de lâmpada halógena, ainda hoje persistem dúvidas quanto à necessidade de uso de diferentes radiômetros para aferir a intensidade da luz emitida pelos aparelhos à base de LEDs. Para Pereira⁵⁸, em 2008, os radiômetros para LEDs não apresentam intervalos de sensibilidade mais estreitos do que os radiômetros para lâmpada halógena, mesmo que esses aparelhos emitam luz numa faixa mais estreita de comprimento de onda, o que resultaria na perda de grande parte da luz emitida pelos aparelhos à base de lâmpada halógena. Da mesma forma, afirma que os radiômetros manuais não devem ser utilizados como parâmetro de comparação entre diferentes aparelhos fotopolimerizadores, mas apenas como forma de monitorar a qualidade da luz emitida por estes.

CONCLUSÃO

320

Com base nas informações obtidas na literatura correlata, podemos concluir que

1. As resinas compostas fotopolimerizáveis representaram um avanço no que tange aos materiais restauradores odontológicos e apresentam grandes vantagens quando comparadas às autopolimerizáveis. Porém, independente do aparelho fotopolimerizador utilizado para a sua cura, devemos relevar a intensidade da luz emitida, visando ao sucesso clínico das restaurações a curto, a médio e a longo prazo;

2. Atualmente, os aparelhos de luz visível de lâmpada halógena ainda são muito utilizados e avaliados. Por sua vez, a tecnologia mais recente são os aparelhos à base de LEDs, que, diante das melhorias apresentadas, possivelmente substituirão os aparelhos à base de lâmpada halógena.

REFERÊNCIAS

1. Bowen, R.L. Dental filling material comprising vinyl – silane – treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidil methacrylate. Us Patent 3000, 1962:112.
2. Phillips, R.W. Materiais dentários de Skinner. Trad. da 10. ed. norte-americana. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 1998. p.161-177.
3. Garlip, O.A.; Carvalho, J.C. Compósitos: constituição e propriedades. Part. I – matriz e substrato. ARS. Curandi em Odontologia, 1978; 5(4):4-15.
4. Pereira, S.K. Avaliação da intensidade de luz e profundidade de polimerização de aparelhos fotopolimerizadores para resi-

nas compostas. Araraquara, 1995. 120 p. (Dissertação - Mestrado em Dentística Restauradora). Araraquara: Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista; 1995.

5. Pereira, S.K.; Porto, C.L.A.; Mandarino, F.; Rodrigues Júnior, A.L. Intensidade de luz e profundidade de polimerização de aparelhos fotopolimerizadores. Revista da APCD, 1997; 51(3): 257-260.

6. Accetta, D.F.; Magalhães Filho, T.R.; Weig, K.M.; Fraga, R.C. Influência dos fotopolimerizadores (luz halógena x LED) na resistência à compressão de resinas compostas. Rev. Fac. Odontol. Porto Alegre, 2008; 12(3): 13-15.

7. Fróes-Salgado, N.R.; Francini, C.; Kawano, Y. Influência do modo de fotoativação e da distância de irradiação no grau de conversão de um compósito. POS – Perspect. Oral Sci., 2009; 1(1).

8. Hoepfner, M.G.; Pfau, E.A.; Pereira, S.K.; Caccia, P.I. Basso, A.C. Resolução estética de dentes com diastemas - 10 anos de preservação clínica. R Dental Press Estét, 2009; 6(3):68-79.

9. Souza, A. R.; Youssef, M. N.; Turbino, M. L.; Mello, F. B. Avaliação do grau de polimerização de duas resinas compostas utilizando luz halógena e dois diferentes tipos de LEDs. RPG Rev. Pós. Grad., 2005; 12(4):474-478.

10. Rahiotis, C.; Patsouri, K.; Silikas, N.; Kakaboura, A. Curing efficiency of high-intensity light-emitting diode (LED) devices. Journal of Oral Science, 2010; 52(2): 187-195.

11. Machado, C.T. Avaliação da microdureza de uma marca comercial de resina composta híbrida submetida a três tipos de aparelhos fotopolimerizadores. Araraquara, 2000 168p. (Dissertação - Mestrado em Dentística Restauradora). Araraquara: Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista; 2000.
12. Dunn, W.J.; Buskal, C.B. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. J. Am. Dent. Assoc., 2002; 133(3):335-341.

13. Nakamura, S.; Senoh, M.; Iwasa, A.; Nagahama, N.S. High-power InGaN single-quantum-well-structure blue and violet light-emitting-diodes. Appl. Phys. Lett., 1995; 67(13):1868-1870.
14. Kurachi, C.; Tuboy, A.M.; Magalhães, D.V.; Bagnato, V.S. Hardness evaluation of dental composite polymerized whit experimental LED – based devices. Dent Mat., 2001; 17(4):309-315.

15. Caughman, W.F.; Rueggeberg, F.A. Shedding new light on composite polymerization. Oper. Dent., 2002; 27(6):636-638.

16. Spyridis, G.M.; Chevitarese, O. Propriedades e desempenho clínico dos compósitos polimerizados por luz visível existentes no mercado brasileiro em cavidades de classe IV. Rev. Bras. Odontol., 1986; 43(3):34-48.

17. Franco, E.B.; Lopes, L.G. Conceitos atuais na polimerização de sistemas restauradores resinosos. Revista Biodonto, 2003; 1(2):6-11.

18. Correia, I.B.; Teixeira, H.M.; Nascimento, A.B.L.; Costa, S.X.; Galindo, R.M.; Azevedo, L.M.; Maciel, W.V. Avaliação da intensidade de luz, da manutenção e do método de utilização dos fotopolimerizadores utilizados nos consultórios da cidade de Caruaru-PE. Rev. Odontol. UNESP, 2005; 34(3):113-118.

19. Reston, E.G.; Barbosa, A.N.; Busato, A.L.S.; Klein Jr, C.A.; Carli, G.; Carvalho, C.M.; Schirmer, D. Microdureza de resina composta polimerizada com LEDs de diferentes gerações e luz halógena. Stomatol, 2008; 14(27):17-25.

20. Gouvea, C.V.; Costa, M.F.; Costa Neto, C.A.; Weig, K.M.; Magalhães Filho, T.R.; Barros, R.N. Avaliação dos aparelhos fotoativadores utilizados em odontologia. RGO, 2008; 56(4): 399-403.

21. Pereira, S.K.; Porto, C.L.A.; Mendes, A.J.D. Avaliação da dureza superficial de uma resina composta híbrida em função de cor, tempo de exposição, intensidade de luz e profundidade do material. JBC – Jornal Brasileiro de Clínica & Estética em Odontologia, 2000; 4(23):63-67.

22. Rueggeberg, F.A. Evaluation of the Ultralume LED curingli-

- ght. Medical College of Georgia; Augusta, GA, 2002.
23. Montenegro, G.; Pinto, T.; Guimarães, C.; Assunção, M.C.A.; Bazzio, M.D. Descobrimo seu fotopolimerizador. *Revista da APCD*, 2003; 57(1):66-70.
24. Wiggins, K.M. Curing performance of a new-generation light-emitting diode dental curing unit. *J. Am. Dent Assoc.*, 2004; 135(10):1471-1479.
25. Cunha, L.A.; Pagani, C.; Miranda, C.B.; Teixeira, S.C.; Silva, R.C.S.P. Efeito de diferentes métodos de polimerização na microinfiltração marginal de restaurações de resina composta. *Cienc. Odont. Bras.*, 2006; 9(2):61-66.
26. Jandt, K.D.; Mills, R.W.; Blackwell, G.B.; Ashworth, S.H. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent. Mat.*, 2000; 16(1):41-47.
27. Teider, L.D.; Baldi, R.L.; Martins, R.; Leite, T.M.; Cotrina, L.D.; Pereira, S. K. Eficiência de dois sistemas de luz: Halógena X Leds. *Publ. UEPG Cienc. Biol. Saúde*, 2005; 11(3):73-78.
28. Busato, A.L.S.; Valin, R.R.; Arossi, G.; Reichert, L.; Sonza, Q.; Melo, G. Métodos de Fotopolimerização. *Stomatos*, 2007; 13(24):45-52.
29. Lutz, F.; Krecjij, I.; Frischknecht, A. Licht polymerisations geräte. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 1992; 102(5):565-572.
30. Vieira, G.F.; Freire, I. A.; Agra, C.M.; Goveia, J.C.; Matson, E. Análise da irradiação de diversos aparelhos fotopolimerizadores. *Rev. Odontol. Univ. São Paulo*, 1998; 12(4):395-399.
31. Mills, R.W.; Uhl, A.; Jandt, K. D. Optical power outputs, spectra and dental composite depths of cure, obtained with blue light emitting diode (LED) and halogen light curing units. *British Dental Journal*, 2002; 193(8):459-463.
32. Guiraldo, R.D.; Consani, S.; Sinhoreti, M.A.C.; Correr-Sobrinho, L.; Consani, R.L.X.; Fugolin, A.N.P. Avaliação da densidade de potência e do espectro de luz de fotoativadores usados em consultórios odontológicos. *Cienc. Odontol. Bras.*, 2008; 11(4): 86-90.
33. Rueggeberg, F.A. Contemporary issues in photocuring. *Comp. Cont. Educ. Dent.*, 1999; 20(25):4-15.
34. Fujibayashi, K.; Ishimaru, K.; Takahashi, N.; Kohno, A. Newly developed curing unit using blue light emitting diodes. *Dentistry in Japan*, 1998; 34:49-53.
35. Whitters, C.J.; Girkin, J.M.; Carey, J.J. Curing of dental composites by use of InGaN light-emitting diodes. *Optics Letters*, 1999; 24(1):67-69.
36. Mills, R. W.; Jandt, K. D.; Ashworth, S. H. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *British Dental Journal*, 1999; 186(8):388-391.
37. Leonard, D.; Charlton, D. G.; Roberts, H. W.; Cohen, M. E. Polymerization efficiency of LED curing lights. *J. Esthet. Restor. Dent.*, 2002; 14(5):286-295.
38. Pereira, S. K.; Porto, C. L. A.; Mandarino, F.; Rodrigues, A. L. J. Efeito da luz halógena e LEDs na microdureza de resinas compostas. *RGO*, 2004; 52(1):7-12.
39. Godoy, E.P. Avaliação da capacidade de polimerização e elevação de temperatura produzida por aparelhos fotopolimerizadores. Ponta Grossa, 2008 (Dissertação de Mestrado). Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2008.
40. Firoozmand, L.M.; Balducci, I.; Araújo, M.A.M. Influência da fotopolimerização e da cor da resina composta na microdureza. *Pesq. Bras. Odontoped. Clin. Integr.*, 2009; 9(1):37-42.
41. Ernst, C.P.; Meyer, G.R.; Müller, J.; Stender, E.; Ahlers, M.O.; Willershausen, B. Depth of cure of LED vs QTH light-curing devices at a distance of 7 mm. *J Adhes Dent.*, 2004; 6(2):141-150.
42. Uhl, A.; Sigusch, B.W.; Jandt, K.D. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. *Dent Mater*, 2004; 20(1):80-87.
43. Bosquioli, V.; Franco, E.B.; Pereira, J.C.; Navarro, M.F.L.; Mondelli, R.F.L. Fotopolimerização de resina composta com luz halógena e LED. *RGO*, 2006; 54(2):129-133.
44. Machado, C.T.; Santos, A.J.S.; Seabra, B.G.M.; Hyppolito, M.P.; Lanverly, B.C.S. Novos tipos de fontes fotopolimerizadoras existentes no mercado: conceitos atuais. *Odontologia Clín.-Científ.*, 2007; 6(3):207-211.
45. Kleverlaan, C.J.; De Gee, A.J. Curing efficiency and heat generation of various resin composites cured with high-intensity halogen lights. *Eur J Oral Sci.*, 2004; 112(1):84-88.
46. Uhl, A.; Volpel, A.; Sigusch, B.W. Influence of heat from light curing units and dental composite polymerization on cells in vitro. *J Dent*, 2006; 34(4):298-306.
47. Kathryn, D.; Ario, S.; Vesna, M. Pulp chamber temperature rise during curing of resin-based composites with different light-curing units. *Prim. Dent. Care*, 2008; 15(1):33-38.
48. Yap, A.U.J.; Soh, M.S. Thermal emission by different light – curing units. *Oper Dent.*, 2003; 28(3):260-266.
49. Stahl, F.; Ashworth, S.H.; Jandt, K.D.; Mills, R.W. Light emitting diode (LED) polymerization of dental composites: flexural composites: flexural properties and polymerization. *Biomaterials*, 2000; 21(13):1379-1385.
50. Godoy, E.P.; Pereira, S.K.; Carvalho, B.M.; Martins, G.C.; Franco, A.P.G.O. Aparelhos fotopolimerizadores: elevação de temperatura produzida por meio da dentina e durante a polimerização da resina composta. *Rev. Clín. Pesq. Odontol.*, 2007; 3(1):11-20.
51. Mehl, A.; Hickel, R.; Kunzelmann, K. H. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without “soft start-polymerization”. *J. Dent.*, 1997; 25(3):321-330.
52. Hannig, M.; Bott, B. In vitro pulp chamber temperature rise during composite resin polymerization whit various light - curing sources. *Dent Mat.*, 1999; 15(4): 275-281.
53. Asmussen, E.; Peutzfeldt, A. Temperature rise induced by some light emitting diode and quartz-tungsten-halogen curing units. *Eur. J. Oral. Sci.*, 2005; 113(1):96-98.
54. Stewardson, D.A.; Shortall, A.C.C.; Harrington, E.; Lumley, P.J. Thermal changes and cure depths associated with a high intensity light activation unit. *J. Dent.*, 2004; 32(8):643-651.
55. Costa, S.X.S.; Rastelli, A.N.S.; Porto Neto, S.T.; Andrade, M.F. Evolução dos aparelhos fotoativadores à base de diodos emissores de luz, LEDs. *Dental Science - Clínica e Pesquisa Integrada*, 2008; 2(8):309-319.
56. Pereira, S.K.; Pascotto, R.C.; Carneiro, F.P. Avaliação dos aparelhos fotopolimerizadores utilizados em clínicas odontológicas. *J. Bras. Dent. Estet.*, 2003. 2(5):29-35.
57. Funayama, E.A.; Geraldi, P.F.; Pereira, S.K. O que os clínicos realmente sabem sobre aparelhos fotopolimerizadores. *Rev. ABO Nac.*, 2008; 16(2):88-94.
58. Pereira, S.K. Análise comparativa de radiômetros manuais e das condições da luz emitida por aparelhos fotopolimerizadores. Ponta Grossa, 2008. 31p. Monografia. (Trabalho apresentado como requisito para ascensão de nível) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG.