



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

EFEITO DA DISTÂNCIA DO FOTOPOLIMERIZADOR À RESTAURAÇÃO DE RESINA COMPOSTA

Luis Guillermo Oro Córdoba

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 30 de junho de 2020



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Luis Guillermo Oro Córdoba

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

EFEITO DA DISTÂNCIA DO FOTOPOLIMERIZADOR À RESTAURAÇÃO DE RESINA COMPOSTA

Trabalho realizado sob a Orientação da Professora Doutora Orlanda Torres

Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

Declaração

Eu, "**Orlanda de Araújo Lamas Correia Torres**", com a categoria profissional de **Professor Auxiliar** do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de orientadora do Relatório de Estágio intitulado "*EFEITO DA DISTÂNCIA DO FOTOPOLIMERIZADOR À RESTAURAÇÃO DE RESINA COMPOSTA*", do aluno do Mestrado Integrado de Medicina Dentária, "**Luis Guillermo Oro Córdova**", declaro que sou do parecer favorável para que o Relatório Final de Estágio possa ser presente ao Júri para admissão a provas conducentes à obtenção do grau de Mestre.

Gandra, 30 de junho de 2020

Orlanda Torres

Agradecimentos

Aos meus queridos pais, quero expressar a minha gratidão, pelo vosso apoio incondicional que sempre me demonstraram e pelo afeto, que me demonstram todos os dias. Agradeço a oportunidade de poder me especializar como Médico Dentista, porque sem o vosso apoio, eu não o teria conseguido. À minha família em geral, da minha avó aos primos, porque eles sempre me encorajaram a seguir em frente com os meus objetivos.

Aos meus amigos, que partilharam comigo esta bela experiência, Dante, Oriana e Cláudia agradeço a vossa amizade incondicional e pelo apoio e compreensão que demonstrámos uns aos outros durante todo este tempo.

À minha orientadora, Professora Doutora Orlanda Torres, um agradecimento especial pelo apoio que me ofereceu durante este tempo e por estar sempre atenta e interessada no desenvolvimento desta tese.

Resumo

Objetivo: O objetivo da revisão é a abordagem dos efeitos da distância da ponta do fotopolimerizador à restauração da resina composta, distância mínima, intensidade de luz e qual a diferença entre as diversas unidades de luz.

Metodologia: A pesquisa bibliográfica foi realizada na base de dados PubMed. Foram recolhidos 226 artigos, datados entre 2005 e 2019, após terem sido analisados, respeitando os critérios de inclusão e exclusão, resultaram na seleção de 16 artigos. A pesquisa foi também realizada em Google Scholar, foram encontrados 24 artigos, dos quais 2 foram selecionados. Foram utilizados 2 livros, "Adhesión en Odontología Restauradora" 2ª edição de Gilberto Henostroza H. e o livro "Phillips Materiais Dentários" 12ª edição de Kenneth J. Anusavice.

Desenvolvimento: O aumento da distância da ponta do fotopolimerizador à superfície da resina resulta numa diminuição significativa da intensidade da luz através do material e afeta negativamente a polimerização, microdureza e grau de conversão da resina composta. Valores de microdureza mais elevados foram mostrados na camada superior em oposição à camada inferior, que mostrou valores de microdureza mais baixos.

Conclusão: A distância da ponta do fotopolimerizador à resina composta pode influenciar negativamente as suas propriedades e afetar a qualidade das restaurações. É recomendado o uso de um dispositivo LED, dado que foram observados melhores resultados de microdureza na camada inferior das restaurações em resina.

A distância deve ser o mais próxima possível da superfície da restauração da resina composta sem exceder 3 mm, pois o aumento da distância diminui os valores de microdureza.

Palavras-chave: light curing, distance, composite, curing tip.

Abstract

Objective: The objective of the review is to address the effects of distance from the tip of the light curing to the composite resin restoration, minimum distance, light intensity and the difference between the various units of light.

Methodology: The bibliographic research was conducted in the PubMed database. 226 articles were collected, dated between 2005 and 2019, after being analyzed, respecting inclusion and exclusion criteria, resulting in the selection of 16 articles. The search was also carried out on Google Scholar, 24 articles were found, of which 2 were selected. Two books were used, "Adhesión en Odontología Restauradora" 2nd edition by Gilberto Henostroza H. and the book "Phillips Materiais Dentários" 12th edition by Kenneth J. Anusavice.

Development: Increasing the distance from the tip of the photopolymerizer to the resin surface results in a significant decrease in the intensity of light through the material and negatively affects the polymerization, microhardness and degree of conversion of the composite resin. Higher microhardness values were shown in the upper layer as opposed to the lower layer, which showed lower microhardness values.

Conclusion: The distance from the tip of the light-curing agent to the composite resin can negatively influence its properties and affect the quality of the restorations. The use of an LED device is recommended, since better results of microhardness were observed in the lower layer of resin restorations.

The distance should be as close as possible to the surface of the composite resin restoration without exceeding 3 mm, as increasing the distance decreases the microhardness values.

Keywords: light curing, distance, composite, curing tip.

ÍNDICE

Capítulo I: Fundamentação Teórica

| | |
|---|----|
| 1. Introdução..... | 1 |
| 2. Objetivos..... | 2 |
| 3. Metodologia..... | 3 |
| 4. Resultados..... | 4 |
| 5. Desenvolvimento..... | 11 |
| 5.1. Conversão de monómeros..... | 11 |
| 5.2. Influência das fontes luminosas..... | 12 |
| 5.3. Influência da distância da luz..... | 14 |
| 5.4. Influência da resina composta..... | 15 |
| 6. Conclusão..... | 15 |
| 7. Bibliografia..... | 17 |

Índice de Acrónimos e Abreviaturas

LCU = Unidade de luz de fotopolimerização

QTH = Quartzo-tungstênio-halogénio

LED = Diodo emissor de luz

DC = Grau de Conversão

PAC = Lâmpada de arco e plasma

R = Relação entre o diâmetro de entrada e o diâmetro de saída do dispositivo de fotopolimerização

Fundamentação Teórica

1. Introdução

O uso na medicina dentária de resinas compostas foi desenvolvido há mais de 50 anos, e representou um grande avanço para a prática restauradora. Desde então, foram feitas várias modificações na sua composição com o objetivo de melhorar tanto em termos de estética, propriedades físicas e químicas, como de simplificar os procedimentos adesivos.¹

Este material é composto por uma matriz orgânica monomérica, à base de metacrilato, conteúdo de carga inorgânica, agente aglutinante e fotoiniciador. Além disso, contém um sistema ativador-iniciador, que é necessário para converter a resina de uma pasta moldável em uma restauração rígida e durável. Os componentes foto sensíveis e outros aditivos também são incorporados para melhorar a estabilidade da cor e os inibidores de polimerização minimizam ou previnem a polimerização acidental dos monómeros, assegurando um tempo de trabalho adequado.^{1,2}

Para ter uma fotopolimerização bem-sucedida, um dispositivo que gera a radiação com a potência certa deverá ser selecionado. Deve também ser considerada a superfície em que a radiação específica é distribuída. Uma intensidade de luz mínima e um comprimento de onda compatível com o do agente fotoiniciador de resina composta fazem parte do grupo de fatores para obter uma polimerização adequada nas resinas compostas.³

O DC (Grau de Conversão) depende de certos fatores, como a composição das resinas, pois quanto maior a quantidade de matriz orgânica, menor a conversão. A intensidade da luz é também um fator determinante, pois quanto maior a intensidade da luz, maior a penetração na resina, portanto, maior a conversão. Outro fator a ter em conta é o tempo de exposição à luz, pois não basta ter um dispositivo com potência adequada, depende também do tempo, e este deve ser suficiente para que a radiação seja distribuída corretamente. O tempo de exposição à luz determina a percentagem de conversão, quanto menor o tempo, menor a percentagem de conversão.^{1,3,4}

Aumentar intensidade da lâmpada aumenta a taxa e o DC (grau de conversão), mas também quanto maior a potência, menor é a fase pré-gel e maior a contração de polimerização. O DC é a percentagem de monómeros que conseguem quebrar as suas ligações duplas de

carbono-carbono para formar cadeias de polímeros originando uma resina polimérica. Quanto maior o DC, melhor a resistência mecânica da resina composta.^{2,4}

Se houver uma polimerização incorreta do material restaurador, uma quantidade significativa de monómeros permanecerá sem reagir devido à conversão incompleta das ligações duplas de carbono. Este stress pode levar a vários problemas, tais como falhas na interface adesiva, sensibilidade pós-operatória, microinfiltração, coloração marginal, cárie secundária e fraturas na restauração e no dente, que afetarão a longevidade clínica das restaurações adesivas com resinas compostas.¹

Existem fatores que podem alterar negativamente a polimerização das resinas compostas tais como a técnica de polimerização, tempo, distância, intensidade da luz, tonalidade da resina. A distância da fonte de luz até à superfície da resina composta é um fator perceptível e, portanto, controlável.³

Na prática clínica, os dentistas deparam-se frequentemente com cavidades profundas para serem restauradas. Em alguns casos em que a cavidade é muito grande, geralmente recebem menos irradiação devido à maior distância entre a ponta do dispositivo de fotopolimerização e a superfície a ser irradiada. Isto pode resultar numa taxa de conversão inferior, o que afeta negativamente as propriedades mecânicas como a microdureza, sendo que esta propriedade está diretamente relacionada com o DC.¹

2. Objetivos

O objetivo da revisão é a abordagem dos efeitos da distância da ponta do fotopolimerizador à restauração da resina composta, distância mínima, intensidade de luz e qual a diferença entre as diversas unidades de luz.

3. Metodologia

A pesquisa bibliográfica foi realizada na plataforma PubMed, utilizando as seguintes combinações de termos de pesquisa "light curing" AND "distance" AND "composite" e também "curing tip" AND "distance" AND "composite". Com as combinações de termos de pesquisa "light curing AND distance AND composite" foram encontrados 155 artigos, dos quais 10 foram selecionados. Com as combinações de termos de pesquisa "curing tip AND distance AND composite" foram encontrados 71 artigos, dos quais 6 foram selecionados. Foi também realizada uma pesquisa no Google Scholar com a combinação das palavras "resinas compostas" AND "microdureza" AND "fotoativação", foram encontrados 24 artigos, dos quais 2 foram selecionados: "Influência da fotoativação da microdureza de um compósito de baixa polimerização" por Silveira Bruna et al. e "Influência da distância da ponta do fotopolimerizador nas propriedades da resina composta", de Baggio Rafael et al.

Também foram utilizados complementos de pesquisa, como o livro "Adhesión en Odontología Restauradora" 2ª edição de Gilberto Henostroza H. e o livro "Phillips Materiais Dentários" 12ª edição de Kenneth J. Anusavice. Isto dá um total de 20 referências bibliográficas. (Figura 1)

Critérios de inclusão

Estudos *in vitro* e experimentais que abordavam o efeito da distância do fotopolimerizador à superfície da resina.

Os artigos selecionados foram lidos individualmente e avaliados de acordo com o objetivo deste estudo.

Critérios de exclusão

Estudos longitudinais e transversais.

Artigos que não apresentam as variáveis a serem avaliadas.

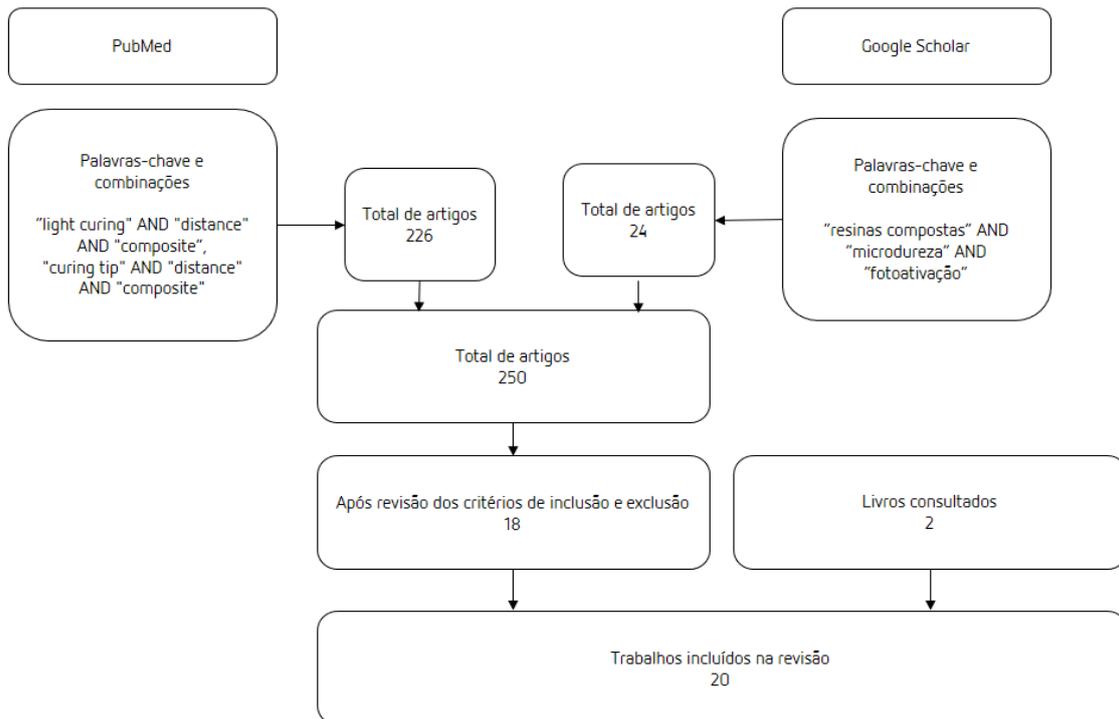


Figura 1. Diagrama de fluxo da estratégia de busca utilizada neste estudo.

4. Resultados

| TITULO | AUTOR (ANO) | OBJETIVO | VARIABLES | RESULTADOS |
|--|---|--|--|--|
| The Influence of Tip Geometry and Distance on Light-curing Efficacy ⁵ | Corciolani G, Vichi A, Davidson CL, Ferrari M. (2008) | Investigou a influência da ponta guia de luz na eficácia de polimerização de um compósito à base de resina ativada por luz fotopolimerizado com unidades LED em função da distância entre a ponta e a restauração. | <ul style="list-style-type: none"> geometria da ponta do dispositivo de fotopolimerização distância da ponta à superfície da resina composta profundidade de fotopolimerização. | A geometria da ponta influencia significativamente a fotopolimerização. As pontas com um R (diâmetro de entrada / diâmetro de saída) são mais eficientes até 5 mm de distância da ponta à resina composta enquanto em distâncias maiores as pontas com um valor R menor são mais eficientes. |



| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| <p>The Effect of Light Curing Tip Distance on the Curing Depth of Bulk Fill Resin Based Composites.⁶</p> | <p>Malik AH, Baban LM. (2014)</p> | <p>Medir e comparar o efeito da distância da ponta do fotopolimerizador em profundidade em resina composta, medindo o valor de microdureza vickers em dois compósitos à base de resina.</p> | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• microdureza | <p>Todos os grupos experimentaram maior microdureza no topo do que no fundo, com uma diferença significativa em todas as distâncias. A uma distância de 0 mm, todos os grupos apresentaram o maior valor de microdureza.</p> |
| <p>Impact of the distance of light curing on the degree of conversion and microhardness of a composite resin.⁷</p> | <p>Catelan A, De Araújo LSN, Da Silveira BCM, Kawano Y, Ambrosano GMB, Marchi GM, et al. (2015)</p> | <p>Avaliar o impacto da distância entre a ponta de guia de luz do fotopolimerizador e a superfície do material no grau de conversão e microdureza Knoop de uma resina composta.</p> | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• grau de conversão• microdureza | <p>O aumento da distância de fotopolimerização reduziu a microdureza, mas não influenciou o grau de conversão da resina composta testada; A superfície superior apresentou melhores propriedades que a inferior.</p> |
| <p>The Effect of the Light Intensity and Light Distances of LED and QTH Curing Devices on the Hardness of Two Light-Cured Nano-Resin Composites.⁸</p> | <p>Segal P, Lugassy D, Mijiritsky E, Dekel M, Ben-Amar A, Ormianer Z, et al. (2015)</p> | <p>Medir o efeito da intensidade da luz dos dispositivos de polimerização LED e QTH em relação às distâncias da luz, na microdureza knoop de duas resinas compostas.</p> | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• microdureza• dispositivo de fotopolimerização | <p>Os dispositivos de fotopolimerização por LED produziram maiores resultados de microdureza na parte inferior das amostras. O Filtek Ultimate apresentou os maiores valores de microdureza nas superfícies superior e inferior, polymerizados com os quatro dispositivos de</p> |



| | | | | |
|--|---|--|--|---|
| | | | | fotopolimerização e as nove distâncias. |
| Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite. ⁹ | Aguiar FHB, Lazzari CR, Lima DANL, Ambrosano GMB, Lovadino JR. (2005) | Avaliar a influência da distância da ponta do fotopolimerizador e da tonalidade da resina na microdureza de uma resina composta. | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• microdureza• tonalidade da resina composta | Os grupos de cores A1 apresentaram médias mais altas e com diferenças estatísticas do que os grupos de cores C2 e o grupo A3.5 não apresentou diferenças estatísticas em comparação com os outros grupos. A superfície inferior apresentou médias estatisticamente menores de microdureza do que as da superfície superior. |
| Distance and protective barrier effects on the composite resin degree of conversion. ¹⁰ | Coutinho M, Takayassu R, Leme A, Soares G, Trevizam N. (2013) | Investigar os efeitos sobre a eficiência da restauração de uma barreira protetora para embalagens de alimentos usada na ponta das unidades de fotopolimerização. | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• grau de conversão | O uso do filme protetor diminuiu o grau de conversão e, para uma distância de fotopolimerização de 5 mm, o grau de conversão foi menor comparado a uma distância de 0 mm quando a unidade de fotopolimerização por LED foi usada. |
| Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. ¹¹ | Rode KM, Kawano Y, Turbino ML. (2007) | Avaliar a influência da distância da ponta do fotopolimerizador a profundidade da polimerização de uma resina composta resinoso medindo a microdureza Vickers e | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• grau de conversão• microdureza | Este estudo sugere que as atuais unidades de fotopolimerização promovem um grau semelhante de conversão e microdureza, desde |



| | | | | |
|---|--|---|---|---|
| | | determinando o grau de conversão. | | que a resina não seja mais espessa que 1 mm e a fonte de luz esteja a uma distância máxima de 3 mm da superfície da resina. |
| The Effect of Irradiation Distance on Microhardness of Resin Composites Cured with Different Light Curing Units. ¹² | Cekic-Nagas I, Egilmez F, Ergun G. (2010) | Comparar a microdureza de cinco compósitos de resina a diferentes distâncias de irradiação utilizando três unidades de fotopolimerizadores. | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• microdureza• dispositivo de fotopolimerização | A análise estatística revelou que nos grupos de resinas compostas, o tipo de unidades de fotopolimerização e as distâncias de irradiação têm efeitos significativos nos valores de microdureza. Os dispositivos QTH apresentaram valores de microdureza semelhantes aos dispositivos PAC e valores inferiores aos dispositivos LED. |
| Polymerization pattern characterization within a resin-based composite cured using different curing units at two distances. ¹³ | Al-Zain AO, Eckert GJ, Lukic H, Megremis S, Platt JA. (2019) | Investigar a relação de seis unidades diferentes de fotopolimerização com o grau de conversão, microdureza de uma resina composta a duas distâncias de fotopolimerização clinicamente relevantes. | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• grau de conversão• microdureza• dispositivo de fotopolimerização | A uma distância de 2mm, mostrou valores elevados de grau de conversão e microdureza em comparação com uma distância de 8mm. Os valores de irradiância foram pouco correlacionados com a redução do grau de conversão e microdureza com apenas algumas |



| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| | | | | correlações significativas. |
| Effect of distance from curing light tip to restoration surface on depth of cure of composite resin. ¹⁴ | Dunne SM, Millar BJ. (2008) | Determinar o efeito das distâncias de separação entre a ponta da luz e a superfície de restauração na profundidade da polimerização para diferentes tipos de unidades de fotopolimerização. | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• microdureza | Observou-se que a profundidade da fotopolimerização diminuiu à medida que a distância de separação de todas as unidades aumentou nos diferentes tempos de fotopolimerização. No entanto, o efeito de aumentar a distância de separação foi menor que o esperado. |
| Effect of thickness of indirect restoration and distance from the light-curing unit tip on the hardness of a dual-cured resin cement. ¹⁵ | de Paula AB, Tango RN, Sinhoreti MAC, Alves MC, Puppim-Rontani RM. (2010) | Avaliar a microdureza e a profundidade de polimerização de uma base de resina de cura dupla, ativada pela luz a diferentes distâncias através de diferentes espessuras de resina composta. | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• microdureza | Aumentar a espessura das camadas de resina diminuiu a microdureza da resina composta. Aumentar a distância da ponta da fotopolimerização diminuiu a microdureza na superfície superior. A microdureza da resina foi influenciada pela espessura da restauração e pela distância entre a ponta da unidade de fotopolimerização e a superfície da resina. |



| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| <p>Curing efficiency of three different curing modes at different distances for four composites.</p> <p>16</p> | <p>Zhu S, Platt J. (2011)</p> | <p>Investigar a influência de diferentes distâncias de polimerização com três modos de polimerização em termos da microdureza superficial de quatro resinas compostas.</p> | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• microdureza | <p>O modo de polimerização e a distância da ponta da fotopolimerização tiveram um efeito significativo na microdureza. A capacidade de fotopolimerização dos três modos de polimerização foi classificada em termos dos valores percentuais de dureza: LEDemetron I > dois ciclos Autofocus Mini LED > um ciclo do autofocus Mini LED.</p> |
| <p>Influence of the distance of the curing light source and composite shade on hardness of two composites.</p> <p>17</p> | <p>Thomé T, Steagall W, Tachibana A, Braga SRM, Turbino ML. (2007)</p> | <p>Avaliar a influência da distância da ponta do fotopolimerizador, tonalidade e tamanho das partículas de carga na microdureza das resinas compostas.</p> | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• microdureza• tonalidade da resina composta | <p>As resinas compostas de tonalidades mais claras (A1 e A1B) apresentaram maiores valores de dureza. Nas distâncias 6 e 12 mm da ponta da fotopolimerização, a dureza foi menor quando comparada a 0 mm. A resina composta nanoparticulada não apresentou microdureza satisfatória na parte inferior, enquanto a resina composta microhíbrida apresentou dureza</p> |



| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| | | | | maior que a nanoparticulada |
| Effect of Distance on Light Transmission Through Polymerized Resin Composite. ¹⁸ | Aromaa, M. K., Lassila, L. V. J., & Vallittu, P. K. (2017) | O objetivo deste estudo foi investigar se existe uma relação entre a distância da ponta do fotopolimerizador ao compósito de resina e a irradiação na superfície inferior do compósito de resina. | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• potência de irradiação | Aumentar a distância da ponta do dispositivo de fotopolimerização da superfície do compósito diminuiu a irradiação, conforme o esperado. Parece haver uma distância ideal de 4-6 mm, dependente do dispositivo, para atingir a taxa de irradiação mais eficiente através da resina composta. |
| Impact of material shade and distance from light curing unit tip on the depth of polymerization of composites. ¹⁹ | Faria-e-Silva AL, Fanger C, Nguyen L, Howerton D, Pfeifer CS. (2017) | Avalie o efeito da tonalidade da resina composta e a distância da ponta da unidade de fotopolimerização na irradiação que atinge o fundo dos discos da resina composta e na profundidade da polimerização. | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• tonalidade da resina composta | Aumentar a distância da ponta do dispositivo de fotopolimerização reduziu a irradiação apenas para A2. Os menores valores de irradiância foram obtidos nos discos de resina mais escuros e os mais altos de A2. |
| Evaluation of Light Curing Distance and Mylar Strips Color on Surface Hardness of Two Different Dental Composite Resins. ²⁰ | Mousavinasab SM, Barekatin M, Sadeghi E, Nourbakhshian F, Davoudi A. (2014) | Avaliar o efeito da distância de polimerização da luz e a cor das tiras transparentes de Mylar sobre a microdureza superficial das resinas compostas à base de Silorano | <ul style="list-style-type: none">• distância da ponta à superfície da resina composta• microdureza | As resinas à base de metacrilato curadas à luz com tiras azuis de Mylar a partir de 0 mm de distância apresentaram a microdureza superficial mais alta e as resinas à base de silorano curadas à luz com tiras brancas |

| | | | | |
|--|--|----------------------------|--|---|
| | | (SCR) e Metacrilato (MCR). | | de Mylar a partir de 2 mm de largura apresentaram a microdureza superficial mais baixa. A dureza diminuiu com o aumento da distância. |
|--|--|----------------------------|--|---|

Tabela 1. Dados relevantes recolhidos a partir dos estudos consultados.

5. Desenvolvimento

5.1 Conversão de monómeros

Baseado na lei física que estabelece que a quantidade de luz recebida por um objeto diminui progressivamente com o aumento da distância de uma fonte de luz pontual. Em todos os estudos, foi demonstrado que o processo de polimerização de resina composta é muito dependente da distância de fotopolimerização.^{5,6}

Catelan concluiu que a eficiência da polimerização é diretamente proporcional à exposição da radiação de luz e pode ser influenciada por fatores tais como tempo de exposição, intensidade da luz e distância da ponta guia ao material restaurador.⁷

Na camada superior da resina composta obteve valores mais altos de microdureza comparativamente à camada mais profunda em todas as distâncias testadas. Isso pode ser atribuído ao fato de que energia luminosa suficiente chega ao fotoiniciador na camada superior, iniciando assim a reação de polimerização. Na camada inferior, a microdureza diminui porque a resina composta tem a propriedade de espalhar a luz da unidade de fotopolimerização. Portanto, quando a luz é difundida, a sua intensidade é reduzida devido à dispersão provocado pelas partículas de carga e matriz da resina.⁶⁻⁹

Valores elevados de DC resultam em boas propriedades físicas, como solubilidade reduzida, maior estabilidade dimensional e de cor.¹⁰

Os efeitos da distância de fotopolimerização nos valores do DC das resinas compostas são controversos. Aumentar a distância da ponta da luz à resina composta reduz a microdureza,

mas não afeta o DC. Mesmo assim, existe uma tendência para a diminuição do DC em relação ao aumento da distância.⁷

A fotopolimerização inadequada mantém ligações duplas não reagidas, tornando a resina mais suscetível à degradação por quebra prematura na interface restauração-dente, além de diminuir a estabilidade da cor.¹⁰

A resina polimerizada inadequadamente pode comprometer a biocompatibilidade do composto, uma vez que os monómeros se podem difundir para além da dentina e causar uma reação inflamatória na polpa. Os monómeros não convertidos podem causar sensibilidade pós-operatória, provavelmente devido à produção de ácido metacrílico.¹⁰

5.2 Influência das fontes luminosas

Para lasers de iões de argônio e luz QTH (Quartzo-tungstênio-halogénio), a distância entre a fonte de luz e a superfície do compósito de resina não interfere nos resultados da microdureza.¹¹

No entanto, alguns estudos demonstram que, com a luz QTH e LED (diodo emissor de luz), o aumento da distância da ponta de fotopolimerização diminui a capacidade de polimerização e a intensidade da luz. Porém em comparação com as unidades QTH, os LEDs requerem um tempo de fotopolimerização adicional para obter uma dureza adequada.¹¹⁻¹⁴

Alguns autores indicaram unidades de fotopolimerização com intensidade luminosa mínima de 300 mW / cm² para a fotoativação de materiais restauradores de resina.^{10,12,15}

Não foi encontrada diferença significativa na dureza da camada superior da resina composta quando polimerizadas com dispositivos QTH e LEDs, apesar da maior intensidade de luz dos LEDs. No entanto, a dureza da camada inferior da resina composta foi sempre maior após a polimerização com dispositivos LED. Portanto, a maior diferença entre os dispositivos de fotopolimerização é demonstrada na polimerização da camada inferior.⁸

A polimerização da resina composta depende da intensidade de luz inicial, da distância da ponta do fotopolimerizador, do tempo de radiação e do valor R (diâmetro) da ponta guia. São todas variáveis críticas para se obter a fotopolimerização adequada. R é entendida como a relação entre o diâmetro de entrada e o diâmetro de saída do dispositivo de

fotopolimerização; as pontas com um R mais alto são mais eficientes a distâncias inferiores a 5 mm, a diferença das pontas com um R mais baixo, que são mais eficientes a distâncias maiores.¹⁶

No estudo de Rode, K. M. *et al*, não houve diferenças estatísticas na microdureza de resinas compostas em distâncias inferiores a 10 mm e espessuras maiores que 2 mm, usando luz de halogênio.¹¹

Também foi tomado em consideração a geometria da ponta do dispositivo como fator de fotopolimerização. G. Corciolani estuda a influência da geometria da ponta do fotopolimerizador e a distância da superfície do material restaurador. Foram testadas pontas "standard" ou "normais" definidas comercialmente, com diâmetros de entrada e saída semelhantes, em que o feixe de luz é colimado. Diferentemente das pontas turbo, que focalizam o feixe de luz através de um diâmetro de saída menor. A ponta turbo, maior valor de R, é tendente a emitir mais energia luminosa a distâncias mais próximas da superfície da restauração. No estudo, os dispositivos de fotopolimerização com pontas turbo foram mais eficiente para distâncias ≤ 5 mm da ponta até a superfície da restauração de resina composta. A ponta normal, menor valor de R, teve melhor desempenho que o turbo porque, para distâncias > 5 mm, foi mais eficiente. Isso é explicado porque, se o diâmetro de saída da guia de luz for menor que o diâmetro de entrada, um cone de luz mais estreito será criado. Por esse motivo, o cone emitido por uma ponta de guia turbo será mais amplo e a intensidade da luz diminuirá consideravelmente com o aumento da distância. Isso significa que, se o valor de R aumentar, ele será beneficiado na profundidade da polimerização para distâncias inferiores a 5 mm e, se o valor de R diminuir, a profundidade da polimerização será maior para distâncias maiores a 5 mm.⁵

Embora a maioria dos estudos não tenha encontrado diferença significativa na dureza da camada superior nas amostras de resina composta polimerizadas com dispositivos QTH e LEDs, apesar da maior intensidade de luz das unidades de LED. A dureza da superfície inferior sempre foi maior após a polimerização com dispositivos LED. Portanto, os dispositivos de fotopolimerização por LED mostraram uma clara vantagem, uma vez que sua maior intensidade de luz melhorou a polimerização da camada inferior da resina composta em comparação com os dispositivos de halogênio.^{8,14}

5.3 Influência da distância da luz

Existe uma relação inversa entre a distância da ponta do fotopolimerizador à resina composta e a microdureza da resina composta. À medida que a distância da ponta do fotopolimerizador à resina composta aumenta, a dureza diminui proporcionalmente.^{6,16}

No estudo de Rode, K. M *et al*, não houve diferença na microdureza até a espessura de 2 mm de resina em relação ao aumento da distância da ponta da luz halógena, para valores de distâncias entre os 0 mm a 3 mm. No entanto, nas distâncias de 6 mm e 9 mm, apresentaram menores valores de microdureza com espessuras semelhantes.¹¹

O estudo de Paula AB *et al*, concorda com o de Aguiar *et al*, onde, além da distância da ponta da luz à superfície da resina, a espessura da resina composta teve um papel importante nos resultados. Assim como no estudo experimental de Thomé, T *et al*/concluiu que a distância da ponta da luz às resinas compostas na polimerização influenciou negativamente os valores de microdureza de todas as resinas testadas.^{9,15,17}

Como no estudo Segal, P. *et al*/não houve diferenças significativas em distâncias curtas (0, 1, 2mm) em relação à microdureza. Ao contrário de distâncias maiores, a uma distância de 6 mm, a polimerização não foi suficiente, independentemente do dispositivo. Também Caughman concluiu que a distância entre a ponta da luz e a resina composta não deve ser superior a 6 mm.^{8,12}

Uma redução da intensidade luminosa em resultado do aumento da distância da fonte luminosa. Estudos demonstraram que aproximadamente 10% da intensidade da luz é diminuída com 1 mm da separação entre a ponta da guia da LCU e a superfície do material. A dureza da superfície superior do disco de resina composta usada como amostra é menos influenciada pela intensidade da luz do que a superfície inferior.⁶⁻⁹

Esse efeito da distância da ponta das unidades de fotopolimerização permanece um tópico controverso na literatura. Como no estudo Aromaa, M. K. et al concluíram que a razão de intensidade de fotopolimerização em um compósito de resina não estava relacionada à distância da ponta da luz de fotopolimerizador à resina composta.¹⁸

À medida que a distância a distância da ponta do fotopolimerizador até a resina composta aumenta, pode-se esperar uma redução significativa da radiação pela divergência do feixe

da ponta da guia de luz, bem como pela dispersão de energia à medida que a luz passa pelo ar. A redução da radiação ao atingir o compósito teve efeito limitado na conversão do material na superfície, independentemente da tonalidade.¹⁹

5.4 Influência da resina composta

Existem estudos em que foi demonstrado que a tonalidade e a distância da ponta da luz influenciam a microdureza nas resinas compostas.^{7, 17, 20}

As resinas compostas de tonalidades claras apresentaram valores de microdureza mais elevados do que as resinas com tonalidades escuras.^{9, 17, 19}

A explicação é que os pigmentos utilizados para escurecer as resinas compostas podem atenuar a transmissão de luz através da resina, reduzindo a polimerização. As resinas compostas mais escuras tendem a absorver a luz, razão pela qual requerem mais tempo de exposição e aumentos de espessura de até 1 mm por camada de resina composta.^{9, 17}

6. Conclusão

- A distância entre a ponta da fonte de luz e a superfície da resina composta deve ser o mais próxima possível, sendo que a distância máxima não poderá exceder os 3mm.
- A distância da ponta do fotopolimerizador à resina composta pode influenciar negativamente as suas propriedades físicas e afetar a durabilidade a longo prazo das restaurações compostas, sendo portanto recomendável usar o dispositivo de fotopolimerização com a intensidade e o tempo adequados.
- Os dispositivos de fotopolimerização de luz LED têm uma intensidade de luz mais alta e são mais eficientes na polimerização da camada inferior da resina composta em comparação com as lâmpadas de halogénio. É aconselhável reduzir a espessura do primeiro estrato de resina na região mais profunda da cavidade para garantir a polimerização adequada do material restaurador.

- A intensidade da luz é considerada um fator determinante e sua variação pode causar alterações significativas na dureza da resina composta. Portanto, intensidades superiores a $300 \text{ mW} / \text{cm}^2$ são recomendadas para fotoativação e incrementos máximos de 2 mm.

7. Bibliografia

1. Silveira BCM da, Araújo LSN de, Ambrosano GMB, Marchi GM, Aguiar FHB, Catelan A. Influência da distância de fotoativação na microdureza de um compósito de baixa contração de polimerização Influence of the light curing distance on the microhardness of a low polymerization shrinkage composite. Arch Heal Invest. 2014;3(2):34–9.
2. ANUSAVICE, Kenneth J. SHEN, Chiayi RAWLS HR. Phillips Materiais Dentários. 12ª Edição. Brasil: ELSEVIER; 2013. p. 275-306.
3. Baggio R, Rafael S, João G, Gomes C, Maria O. INFLUENCE OF THE DISTANCE OF LIGHT CURING SYSTEMS IN THE PROPERTIES OF THE COMPOSITE RESIN. 2008;3:31–7.
4. Richard L. Macchi. Polimerización y adhesión. En: Gilberto Henostroza Haro/Editor. Adhesión en Odontología Restauradora. 2da Edición. Madrid: Ripano S.A; 2010. P. 77-82.
5. Corciolani G, Vichi A, Davidson CL, Ferrari M. The influence of tip geometry and distance on light-curing efficacy. Oper Dent. 2008;33(3):325–31.
6. Malik AH, Baban LM. The Effect of Light Curing Tip Distance on the Curing Depth of Bulk Fill Resin Based Composites. J Baghdad Coll Dent. 2014;26(4):46–53.
7. Catelan A, De Araújo LSN, Da Silveira BCM, Kawano Y, Ambrosano GMB, Marchi GM, et al. Impact of the distance of light curing on the degree of conversion and microhardness of a composite resin. Acta Odontol Scand [Internet]. 2015;73(4):298–301. Available from: <http://dx.doi.org/10.3109/00016357.2014.946965>
8. Segal P, Lugassy D, Mijiritsky E, Dekel M, Ben-Amar A, Ormianer Z, et al. The Effect of the Light Intensity and Light Distances of LED and QTH Curing Devices on the Hardness of Two Light-Cured Nano-Resin Composites. Mater Sci Appl. 2015;06(11):1071–83.
9. Aguiar FHB, Lazzari CR, Lima DANL, Ambrosano GMB, Lovadino JR. Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite. Braz Oral Res. 2005;19(4):302–6.
10. Coutinho M, Takayassu R, Leme A, Soares G, Trevizam N. Distance and protective barrier effects on the composite resin degree of conversion. Contemp Clin Dent. 2013;4(2):152.

11. Rode KM, Kawano Y, Turbino ML. Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. *Oper Dent*. 2007;32(6):571–8.
12. Cekic-Nagas I, Egilmez F, Ergun G. The Effect of Irradiation Distance on Microhardness of Resin Composites Cured with Different Light Curing Units. *Eur J Dent*. 2010;04(04):440–6.
13. Al-Zain AO, Eckert GJ, Lukic H, Megremis S, Platt JA. Polymerization pattern characterization within a resin-based composite cured using different curing units at two distances. *Clin Oral Investig*. 2019;23(11):3995–4010.
14. Dunne SM, Millar BJ. Effect of distance from curing light tip to restoration surface on depth of cure of composite resin. *Prim Dent Care*. 2008;15(4):147–52.
15. de Paula AB, Tango RN, Sinhoreti MAC, Alves MC, Puppim-Rontani RM. Effect of thickness of indirect restoration and distance from the light-curing unit tip on the hardness of a dual-cured resin cement. *Braz Dent J*. 2010;21(2):117–22.
16. Zhu S, Platt J. Curing efficiency of three different curing modes at different distances for four composites. *Oper Dent*. 2011;36(4):362–71.
17. Thomé T, Steagall W, Tachibana A, Braga SRM, Turbino ML. Influence of the distance of the curing light source and composite shade on hardness of two composites. *J Appl Oral Sci*. 2007;15(6):486–91.
18. Aromaa, M. K., Lassila, L. V. J., & Vallittu, P. K. Effect of Distance on Light Transmission Through Polymerized Resin Composite. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* (2017) 25, 131–135
19. Faria-e-Silva AL, Fanger C, Nguyen L, Howerton D, Pfeifer CS. Impact of material shade and distance from light curing unit tip on the depth of polymerization of composites. *Braz Dent J*. 2017;28(5):632–7.
20. Mousavinasab SM, Barekatin M, Sadeghi E, Nourbakhshian F, Davoudi A. Evaluation of Light Curing Distance and Mylar Strips Color on Surface Hardness of Two Different Dental Composite Resins. *Open Dent J*. 2014;8(1):144–7.