

Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial

www.elsevier.pt/spemd



Investigação

Influência de diferentes matrizes oclusais na fotopolimerização de uma resina composta: análise de microdureza Knoop[☆]

João Pitta Lopes^{*}, Frederico Catalão, Gonçalo Barragán, Jaime Portugal
e Sofia Arantes-Oliveira

Faculdade de Medicina Dentária, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 15 de agosto de 2013

Aceite a 4 de outubro de 2013

On-line a 24 de novembro de 2013

Palavras-chave:

Resinas compostas

Testes de dureza

Luz fotopolimerizadora LED

Estética dentária

Elastómeros

R E S U M O

Objetivo: Determinar a influência de 3 materiais utilizados como matriz oclusal na eficácia de fotopolimerização de uma resina composta e na prevenção da inibição da polimerização superficial.

Métodos: Cem espécimes de resina composta (GrandioSO, VOCO) com 2 mm de espessura foram polimerizados (20 segundos), com um LED (800 mW/cm²) interpondo o material em estudo. Estes espécimes formaram os 10 grupos estudados (n=10) de acordo com o material interposto [sem material interposto, tira de acetato, Registrado Clear (VOCO), Memosil-2 (Heraeus Kulzer) e Bite-perf (BITEPERF Dental Products)] e espessura/distância da luz (1 ou 2 mm). Após 24 horas efetuaram-se testes de microdureza Knoop na base e no topo dos espécimes. Os dados foram tratados estatisticamente com uma MANOVA de 2 dimensões, seguindo-se testes post-hoc pelo método de Tukey, estabelecendo-se 0,05 como nível de significância.

Resultados: A distância da luz não produziu diferenças de microdureza estatisticamente significativas ($p \geq 0,05$). Os grupos com tira de acetato obtiveram valores de microdureza no topo estatisticamente superiores ($p < 0,05$) aos obtidos nos outros grupos, seguidos dos grupos com Bite-perf que obtiveram valores estatisticamente inferiores em relação aos grupos com acetato, mas superiores aos restantes grupos ($p < 0,05$). Para a base, o grupo do Bite-perf foi o único que apresentou valores de microdureza estatisticamente inferiores ($p < 0,05$), não se verificando diferenças estatisticamente significativas entre os restantes grupos ($p \geq 0,05$).

Conclusões: O Bite-perf foi o único material que interferiu com a polimerização em profundidade da resina composta e o único que indicia prevenir a inibição da polimerização pelo oxigénio.

© 2013 Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentária. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos os direitos reservados.

[☆] Candidatura ao Prémio de Investigação SPEDM 2013. Sócio N.º 3.792.

^{*} Autor para correspondência.

Correio eletrónico: joapitta@gmail.com (J. Pitta Lopes).

Influence of several occlusal matrix in the resin composite light curing: Knoop microhardness test

A B S T R A C T

Keywords:

Composite resins
Hardness tests
LED dental curing lights
Dental esthetics
Silicone elastomer

Objective: To evaluate the influence of three occlusal matrix materials in the light curing effectiveness of a resin composite. Furthermore, we intend to determine if the application of these materials could prevent the oxygen-inhibited layer of the composite surface.

Methods: One-hundred composite (GrandioSO, VOCO) specimens, 2 mm thick, were light-cured (20 seconds) with a LED curing device (800 mW/cm²) through the study materials. The specimens were divided into ten groups (n=10) according to the placed material [no interposed material, mylar strip, Registrado Clear (VOCO), Memosil-2 (Heraeus Kulzer) e Bite-perf (BITEPERF Dental Products)] and thickness / light-cure tip distance (1 and 2 mm). After 24 hours, Knoop microhardness tests were performed at top and bottom surfaces. The data was analyzed with a two-way MANOVA followed by the Tukey post-hoc test. Statistical testing was performed at a 0.05 level of significance.

Results: The light-cure tip distance did not show statistical differences ($p \geq 0.05$). The mylar strip groups showed the highest ($p < 0.05$) microhardness values on top surface. The Bite-perf groups showed lower hardness values comparing to the mylar strip groups, but higher than the other groups ($p < 0.05$). On the bottom surface, the Bite-perf group presented the lowest values ($p < 0.05$). There were no statistically significant differences between the other groups ($p \geq 0.05$).

Conclusions: The Bite-perf was the only material that influenced the resin composite depth of cure and the only that seems to prevent the oxygen-inhibited layer.

© 2013 Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentária. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introdução

Em dentes posteriores, as lesões de cárie primárias podem apresentar uma morfologia oclusal íntegra apesar de a lesão ultrapassar a junção amelo-dentinária em profundidade¹. Para estas situações encontra-se descrita na literatura uma técnica de restauração mediante a utilização de uma matriz oclusal permitindo mimetizar a morfologia original do dente e tirar assim partido da situação clínica existente antes da necessária destruição dessa superfície, diminuindo o risco de prematuridades e o tempo necessário para remoção de excessos e polimento¹⁻¹¹.

A matriz oclusal deverá ser confeccionada previamente à remoção da lesão de cárie. Na fase final da restauração, justamente antes da polimerização da última camada de compósito, a matriz oclusal deverá ser colocada sobre o compósito, efetuando-se a fotopolimerização através da mesma. Muitos autores referem a importância de voltar a fotopolimerizar após a remoção da matriz oclusal¹⁻⁹. Esta recomendação parece resultar do facto de não se saber com precisão se o material permite uma eficaz transmissão da luz do fotopolimerizador. Para além disso, a interposição de um material aumenta a distância da luz à superfície do compósito, podendo haver um decréscimo da sua intensidade e uma consequente diminuição da profundidade de polimerização da resina composta¹²⁻¹⁵.

Alguns autores sugerem também que a utilização da matriz permite evitar a inibição da polimerização da camada superficial da resina composta pelo contacto com o oxigénio^{1,4,5,7,9-11}. Se esta ausência de contacto com o oxigénio se verificar, é possível obter uma polimerização da superfície oclusal

mais eficaz e, consequentemente, uma melhor qualidade clínica da restauração, evitando muitas vezes a necessidade de polimento¹⁶. Contudo, não foram encontrados estudos que confirmem que tal seja conseguido com os materiais usualmente utilizados como matriz oclusal.

Uma correta polimerização ao longo de todo o bloco de resina composta é crucial para garantir a otimização das propriedades do material e desta forma aumentar a probabilidade de sucesso da restauração¹⁷⁻¹⁹. A eficácia da polimerização de uma restauração em compósito pode ser avaliada por métodos diretos, determinando o grau de conversão a diversas profundidades, ou por métodos indiretos^{15,17,18,20,21}. Dentro destes últimos, os testes e a determinação de rácios de microdureza são bastante simples e pouco dispendiosos e apresentam também uma boa correlação com o grau de conversão^{15,21-23}. Inclusivamente aparentam ser mais eficazes que o método de raspagem preconizado pela especificação n.º 4.049 da ISO (2000)^{24,25}. Quanto aos testes de microdureza, o teste Knoop parece ser o mais indicado para avaliar resinas compostas, uma vez que minimiza o efeito de recuperação elástica característico destes materiais²⁶.

À data da presente publicação desconhecem-se estudos que avaliem a eficácia da fotopolimerização de compósitos através destes materiais. Assim, pretendeu-se determinar a influência de 3 materiais utilizados como matriz oclusal na polimerização em profundidade de uma resina composta e avaliar se a sua aplicação permite evitar a inibição da polimerização da camada superficial da resina por parte do oxigénio. De modo a concretizar este objetivo, foram testadas as seguintes hipóteses nulas: 1) a polimerização a 2 mm de profundidade não é influenciada pela utilização de uma matriz oclusal; 2) a polimerização a 2 mm de profundidade

Tabela 1 – Distribuição dos grupos segundo o material utilizado e a distância à superfície da resina composta

Grupo	Material	Espessura (mm)	Distância da luz (mm)
TA1	Com tira de acetato (situação controlo)	–	1
TA2		–	2
SA1	Sem tira de acetato (situação controlo)	–	1
SA2		–	2
RC1	Registrado Clear	1	1
RC2		2	2
MM1	Memosil 2	1	1
MM2		2	2
BP1	Bite-perf	1	1
BP2		2	2

não é influenciada pela espessura da matriz oclusal; 3) a polimerização superficial não é influenciada pela utilização de uma matriz oclusal.

Materiais e métodos

As diversas combinações possíveis entre o tipo de material de matriz utilizado e a sua espessura ou distância da fonte de luz determinaram a criação de 10 grupos experimentais (tabela 1). O tamanho da amostra ($n = 10$) foi estimado com uma análise de poder estatístico de forma a fornecer significância estatística para $\alpha = 0,05$ e um poder de 80%.

Foram testados 3 materiais vulgarmente utilizados com matriz oclusal: Registrado Clear ([RC] VOCO, Cuxhaven, Alemanha), Memosil® 2 ([MM] Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha) e Bite-perf® ([BP] BITEPERF Dental Products, Málaga, Espanha) (tabela 2). Foram constituídos 2 grupos de situações controlo, em que o compósito foi polimerizado através de uma tira de acetato (TA) ou em que não foi interposto nenhum material entre o compósito e a fonte luminosa (SA). Para cada material de matriz foram confeccionadas placas com 1 e 2 mm de espessura (RC1, RC2, MM1, MM2, BP1, BP2), uma hora antes da sua utilização como matriz sobre os espécimes de compósito a fotopolimerizar.

Utilizando a superfície vestibular de um incisivo central humano como material refletor, foi sobre ela aplicado um molde de silicone para a confeção de 100 espécimes de resina composta (GrandioSO, VOCO) com dimensões padronizadas (5 mm de diâmetro e 2 mm de altura). Após preenchido o molde com um único incremento de compósito, foi sobre ele aplicada a matriz oclusal respetiva, de acordo com o grupo experimental. Os espécimes foram polimerizados com um fotopolimerizador LED (Ortholux™ LED Curing Ligth, 3 M Unitek, Seefeld, Alemanha) durante 20 segundos, aplicando a extremidade da ponta condutora de luz em contacto direto com o material testado. Nos grupos TA1, SA1 e TA2, SA2, a fonte luminosa foi mantida à distância de 1 mm e 2 mm, respetivamente. A intensidade da luz emitida (800 mW/cm^2) foi verificada a cada 10 espécimes, com um radiómetro (Bluephase® meter, Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein).

Após a fotopolimerização, os espécimes foram armazenados numa câmara escura, a 37°C , com humidade relativa de 100%, durante 24 horas, após as quais foi avaliada a microdureza. Os testes de microdureza Knoop foram realizados com um microdurómetro (Duramin 5, Struers AVS, Ballerup, Dinamarca), efetuando 3 indentações com distância padronizada

entre elas, em cada superfície do topo e da base de cada espécime. Foi utilizado um tempo de indentações de 10 segundos e uma carga de 245,3 mN.

De forma a poder comparar a superfície da resina composta com a superfície da matriz, foram registadas imagens de microscopia ótica (Duramin 5, Struers AVS) da superfície do topo dos espécimes depois de polimerizados sob uma matriz, assim como das superfícies dos materiais de matriz e da tira de acetato.

Os valores de microdureza foram estatisticamente analisados usando o software IBM® SPSS® Statistics 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Após testar a normalidade e a homocedasticidade com os testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene, os dados foram submetidos a um teste MANOVA de 2 dimensões de forma a determinar a influência da distância da luz e do material de matriz. Os valores de microdureza Knoop no topo e na base dos espécimes foram as variáveis dependentes. Seguiram-se testes estatísticos *post-hoc*, pelo método de Tukey. O nível de significância estatística foi fixado em 0,05.

Resultados

A microdureza no topo variou entre 21,56 KHN (grupo MM2) e 72,38 KHN (grupo TA2). Na base, os valores médios variaram entre 39,31 KHN (grupo BP2), e 65,79 KHN (grupo SA2) (fig. 1). Foi encontrada uma influência estatisticamente significativa ($p < 0,05$) do material utilizado, sobre a microdureza tanto do topo como da base, mas não foram encontradas diferenças ($p \geq 0,05$) entre a distância da luz nem para o topo nem para base. Não foi registada qualquer interação entre os fatores estudados ($p \geq 0,05$) para ambas as superfícies. No topo, nos grupos TA observaram-se valores KHN estatisticamente superiores ($p < 0,05$) a todos os outros grupos, sendo que os grupos BP revelaram valores estatisticamente superiores ($p < 0,05$) aos obtidos para SA, RC e MM (fig. 2). Os valores obtidos na base do BP foram estatisticamente inferiores ($p < 0,05$) aos verificados nas restantes condições experimentais.

Nas imagens de microscopia ótica da superfície do topo dos espécimes de compósito depois de polimerizados sob uma matriz (fig. 3) é possível verificar uma maior rugosidade nos espécimes fabricados sob os polivinilsiloxanos (PVS). No entanto, nas imagens de microscopia ótica da superfície dos materiais de matriz (fig. 4), os PVS são os que aparentam ter uma superfície mais lisa.

Tabela 2 – Materiais utilizados no estudo

Nome comercial	Registrado Clear	Memosil® 2	Bite-perf®	Grandio®SO (A3)
Fabricante	VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha	Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha	BITEPERF Dental Products, Málaga, Espanha	VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha
Material	Polivinilsiloxano	Polivinilsiloxano	Polietileno modificado	Resina composta nano-híbrida
Lote	1212271	385030	n.d.	1203265
Validade	Fev-2014	Ago-2014	n.d.	Jul-2014

n.d.: não disponível.

Discussão

Para comparar a profundidade de polimerização de diferentes compósitos deverá recorrer-se ao rácio de microdureza, que é obtido pela razão entre os valores de microdureza da base e do topo²². No entanto, se apenas se pretende estudar um compósito específico podem ser utilizados os valores absolutos de microdureza²⁰. Tal, foi realizado no presente estudo, onde a utilização do rácio seria grandemente dificultada, se não mesmo inviável, já que em alguns grupos experimentais se registaram valores de microdureza de topo inferiores aos da base, originando rácios invertidos.

Dos materiais de matriz testados, o Bite-perf foi o único que apresentou, na base, valores de microdureza inferiores aos grupos de situação controlo (TA e SA), indiciando uma menor eficácia de polimerização a uma profundidade de 2 mm de resina composta. Esta diminuição pode justificar uma fotopolimerização adicional, após remoção da matriz, tal como sugerem alguns autores^{7,8}. Assim, a primeira hipótese nula foi rejeitada.

Quanto à espessura da matriz, é um fator difícil de controlar clinicamente, uma vez que esta é produzida intraoralmente,

exercendo pressão contra o dente a restaurar. Uma vez que se pretende garantir a menor espessura possível, sem, no entanto, perder a rigidez do material, utilizaram-se neste estudo, espessuras consideradas clinicamente aceitáveis, de 1 mm e 2 mm. Os resultados obtidos permitiram verificar que não existem diferenças clinicamente relevantes na intensidade da luz que atravessa a matriz com estas 2 espessuras. Desta forma não foi possível rejeitar a segunda hipótese nula. O mesmo é válido para os grupos de situação controlo em que não foi interposto nenhum material e a luz foi distanciada 1 mm e 2 mm da superfície do compósito. Estes resultados vão ao encontro do verificado em estudos anteriores, em que se observou que, quando eram utilizados fotopolimerizadores LED, o aumento da distância da luz ao compósito até 3-6 mm não contribuiu para uma diminuição da capacidade de polimerização de espécimes com 2 mm de espessura^{15,27}.

No entanto, verificou-se uma tendência para a diminuição dos valores no topo dos espécimes nos grupos Bite-perf quando a espessura do material aumentou de 1 mm (BP1) para 2 mm (BP2), sendo que para 1 mm os valores são em tudo semelhantes aos do grupo TA1. A análise de todos os grupos testados em conjunto terá levado, provavelmente, a uma

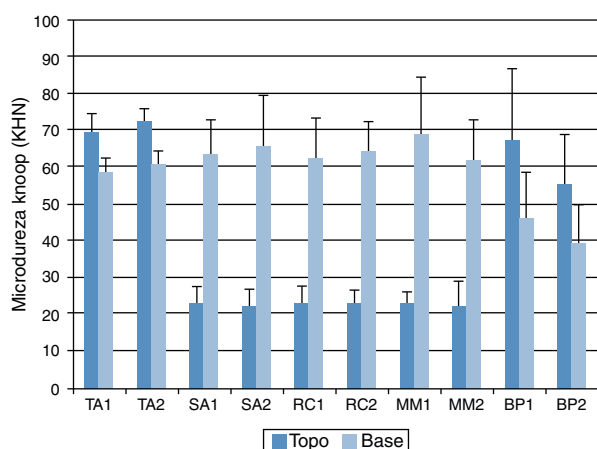


Figura 1 – Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (KHN) no topo e na base dos espécimes, para os vários materiais e a diferentes distâncias da luz (n = 10).

TA1: com tira de acetato, luz a 1 mm; TA2: com tira de acetato, luz a 2 mm; SA1: sem tira de acetato, luz a 1 mm; SA2: sem tira de acetato, luz a 2 mm; RC1: Registrado Clear com 1 mm; RC2: Registrado Clear com 2 mm; MM1: Memosil 2 com 1 mm; MM2: Memosil 2 com 2 mm; BP1: Bite-perf com 1 mm; BP2: Bite-perf com 2 mm.

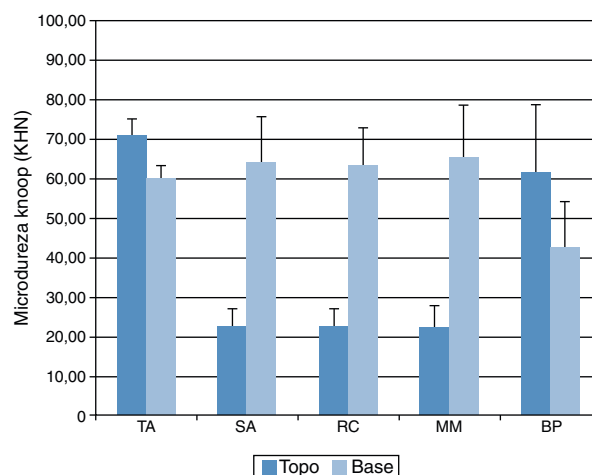


Figura 2 – Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (KHN) no topo e na base dos espécimes, comparando os vários materiais interpostos (TA: com tira de acetato; SA: sem tira de acetato; RC: Registrado Clear; MM: Memosil 2; BP: Bite-perf), independentemente da distância da luz (n = 20). Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, sendo que as letras maiúsculas correspondem ao topo e as letras minúsculas à base.

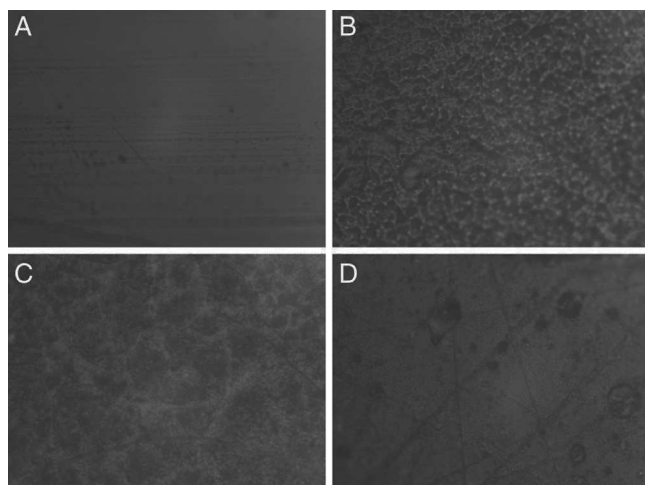


Figura 3 – Imagem de microscopia ótica com ampliação 40 × (Duramin 5, Struers AVS) da superfície de topo da resina composta (GrandioSO) polymerizada através dos vários materiais de matriz estudados. A: tira de acetato; B: matriz de Registrado Clear; C: matriz de Memosil 2; D: matriz de Bite-perf.

atenuação deste efeito, não permitindo concluir a existência de diferenças entre grupos com espessura distintas. Contudo, se comprovado este fenómeno estaria em concordância com a diminuição da transmissão da luz provocada pelo material Bite-perf, verificada anteriormente em profundidade.

Uma das vantagens da utilização de matrizes oclusais seria a obtenção de uma superfície polymerizada com exclusão do contacto com o oxigénio^{1,4,5,7,9-11}. Para simular esta situação foram incluídos grupos em que se utilizou uma tira de acetato (TA1 e TA2), tal como é sugerido na literatura^{16,28}. A situação oposta, e que se verifica clinicamente, foi

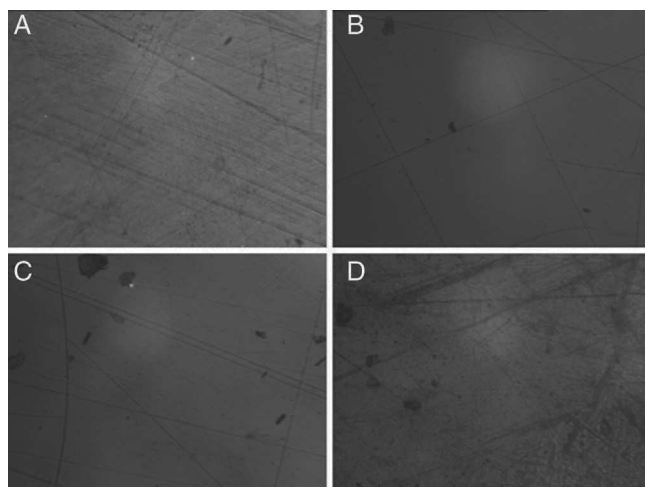


Figura 4 – Imagem de microscopia ótica com ampliação 10 × (Duramin 5, Struers AVS) das superfícies dos vários materiais de matriz estudados. A: tira de acetato; B: matriz de Registrado Clear; C: matriz de Memosil 2; D: matriz de Bite-perf.

representada pelos grupos em que não se utilizou tira de acetato nem qualquer outro material entre o compósito e a luz (SA1 e SA2). Nenhum dos materiais estudados demonstrou uma polimerização superficial comparável aos espécimes onde se excluiu o contacto com oxigénio. Todavia, o Bite-perf demonstrou valores estatisticamente mais elevados do que os grupos de situação controlo sem tira de acetato, o que pode evidenciar ausência de contacto do oxigénio com a superfície. A diminuição de valores relativamente aos grupos com tira de acetato poderá dever-se somente à dificuldade de transmissão da luz através do material, tal como foi descrito anteriormente.

Tanto o Registrado Clear como o Memosil 2, ambos PVS, revelaram valores de microdureza no topo bastante baixos e estatisticamente semelhantes aos grupos SA onde, por não se ter utilizado tira de acetato nem qualquer outro material interposto, ocorreu inibição da polimerização superficial do compósito pelo oxigénio. Analisando as imagens de microscopia ótica da superfície de topo dos espécimes fabricados sob os PVS é possível verificar uma maior rugosidade, quando comparadas com as imagens dos espécimes fabricados sob o Bite-perf ou mesmo sob a tira de acetato. Poderia argumentar-se que este facto resultaria da passagem de ar entre a superfície do compósito e a matriz, que não isolaria do contacto com o oxigénio. Contudo, quando se comparam as imagens de microscopia ótica da superfície dos materiais de matriz, os PVS são os que aparentam ter uma superfície mais lisa, o que deveria levar a uma melhor adaptação da matriz na superfície do compósito, dificultando a entrada de oxigénio. Assim, a inibição da polimerização pelo contacto com o oxigénio pode não ser a explicação para a diminuída polimerização destas superfícies. Outra possibilidade será existir uma inibição química pelo contacto do PVS com a resina composta não polymerizada. Fazendo os PVS parte do grupo dos materiais poliméricos, são sujeitos a uma reação de polimerização, que por sua vez pode ser inibida por qualquer impureza ou pela presença de oxigénio²⁹. Face ao que foi referido, pode sugerir-se que a superfície destes PVS encontra-se inibida, levando à inibição da polimerização da superfície da resina composta, por contacto. O inverso já foi descrito num estudo anterior, em que a camada mais superficial de adesivos, com polimerização inibida pelo oxigénio, inibiu a polimerização de PVS, afetando assim a qualidade de uma posterior impressão³⁰. Com o Bite-perf estas questões não se colocam, já que sendo um material termoplástico a reação de polimerização não se dá nesta altura.

Deste modo, a terceira e última hipótese nula foi também rejeitada já que, apesar de tal não se verificar com os PVS, o Bite-perf influencia a polimerização superficial positivamente.

De modo a poder recomendar a aplicação clínica do Bite-perf mais estudos são necessários para avaliar se uma aplicação de luz adicional permite melhorar a polimerização em profundidade. Por outro lado, no caso dos PVS seria desejável perceber se um polimento final da resina composta permite remover a camada superficial que foi inibida. Para além disso sugerem-se mais estudos, possivelmente com recurso a espectroscopia Raman de modo a compreender quais os fatores que provocam a inibição da polimerização superficial da resina composta verificada com a utilização dos PVS.

Conclusões

A utilização do Bite-perf levou a uma diminuição da polimerização a 2 mm de profundidade da resina composta, o que revela interferências na passagem da luz. O mesmo não se verificou para os PVS.

A polimerização a 2 mm de profundidade não é influenciada pela espessura da matriz oclusal, uma vez que o aumento da espessura de matriz, de 1 mm para 2 mm, não parece influenciar a passagem da luz.

A polimerização superficial é influenciada pela utilização de uma matriz oclusal, no entanto, só o Bite-perf parece originar bons resultados na prevenção da inibição da polimerização da camada superficial pelo oxigénio.

Responsabilidades éticas

Proteção de pessoas e animais. Os autores declaram que para esta investigação não se realizaram experiências em seres humanos e/ou animais.

Confidencialidade dos dados. Os autores declaram que não aparecem dados de pacientes neste artigo.

Direito à privacidade e consentimento escrito. Os autores declaram que não aparecem dados de pacientes neste artigo.

Conflito de interesses

A VOCO e a BITEPERF Dental Products cederam materiais para este estudo.

Trabalho desenvolvido no UICOB, unidade I&D n.º 4.062 da FCT.

Agradecimentos

Os autores agradecem à VOCO e à BITEPERF Dental Products a cedência dos respetivos materiais para este estudo. Trabalho desenvolvido no UICOB, unidade I&D n.º 4.062 da FCT.

BIBLIOGRAFIA

1. Liebenberg WH. Occlusal index-assisted restitution of esthetic and functional anatomy in direct tooth-colored restorations. *Quintessence Int.* 1996;27:81-8.
2. Baratieri LN, Monteiro Júnior S, Correa M, Ritter AV. Posterior resin composite restorations: A new technique. *Quintessence Int.* 1996;27:733-8.
3. Goracci G, Mori G. Esthetic and functional reproduction of occlusal morphology with composite resins. *Compend Contin Educ Dent.* 1999;20:643-8.
4. Margraf MT. Técnica da matriz oclusal para restaurações com resinas compostas em dentes posteriores: caso clínico. *Rev ABO Nac.* 2008;16:57-60.
5. Hamilton JC, Krestik KE, Dennison JB. Evaluation of custom occlusal matrix technique for posterior light-cured composites. *Oper Dent.* 1998;23:303-7.
6. Leni F. Facilitating reproduction of occlusal anatomy of posterior composite restorations: The mini-matrix. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2001;13:539-44.
7. Dekon SF, Pereira LV, Zavaneli AC, Goiato MC, Resende CDA, Santos DMD. An effective technique to posterior resin composite restorations. *J Contemp Dent Pract.* 2011;12:506-10.
8. Castro JJ, Keogh TP, Llamas Cadaval R, Jiménez Planas A. A new system for the transferral of the occlusal morphology in posterior direct composite resin restorations. *J Esthet Dent.* 1997;9:311-6.
9. Mackenzie L, Burke FJT, Shortall ACC. Posterior composites: A practical guide revisited. *Dent Update.* 2012;39:211-6.
10. Geddes A, Craig J, Chadwick RG. Preoperative occlusal matrix aids the development of occlusal contour of posterior occlusal resin composite restorations—clinical rationale and technique. *Br Dent J.* 2009;206:315-7.
11. Martos J, Silveira LFM, Ferrer-Luque CM, Gonzalez-Lopez S. Restoration of posterior teeth using occlusal matrix technique. *Indian J Dent Res.* 2010;21:596-9.
12. Meyer GR, Ernst C-P, Willershausen B. Decrease in power output of new light-emitting diode (LED) curing devices with increasing distance to filling surface. *J Adhes Dent.* 2002;4:197-204.
13. Aravamudhan K, Rakowski D, Fan PL. Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. *Dent Mater.* 2006;22:988-94.
14. Krämer N, Lohbauer U, García-Godoy F, Frankenberger R. Light curing of resin-based composites in the LED era. *Am J Dent.* 2008;21:135-42.
15. Rode KM, Kawano Y, Turbino ML. Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. *Oper Dent.* 2007;32:571-8.
16. Shawkat ES, Shortall AC, Addison O, Palin WM. Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites. *Dent Mater.* 2009;25:1338-46.
17. Ferracane JL, Greener EH. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res.* 1986;20:121-31.
18. Emami N, Söderholm K-JM. How light irradiance and curing time affect monomer conversion in light-cured resin composites. *Eur J Oral Sci.* 2003;111:536-42.
19. Ferracane JL. Resin-based composite performance: Are there some things we can't predict? *Dent Mater.* 2013;29:51-8.
20. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater.* 1985;1:11-4.
21. DeWald JP, Ferracane JL. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res.* 1987;66:727-30.
22. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Oper Dent.* 2004;29:698-704.
23. Borges A, Chasqueira F, Portugal J. Grau de conversão de resinas compostas influência do método de fotopolimerização. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac.* 2009;50:197-203.
24. Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu T-MG, Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Oper Dent.* 2008;33:408-12.
25. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: Is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater.* 2012;28:521-8.
26. Souza SA. Ensaios mecânicos de materiais metálicos. 5ª ed. São Paulo: Edgard Blucher; 1982. p. 121-30.

-
27. Lindberg A, Peutzfeldt A, van Dijken JW. Curing depths of a universal hybrid and a flowable resin composite cured with quartz tungsten halogen and light-emitting diode units. *Acta Odontol Scand.* 2004;62:97-101.
 28. Gauthier MA, Stangel I, Ellis TH, Zhu XX. Oxygen inhibition in dental resins. *J Dent Res.* 2005;84:725-9.
 29. Shen C. Impression materials. In: Anusavice K, editor. *Phillips' Science of Dental Materials*. 11th ed. Philadelphia: Saunders; 2003. p. 210-30.
 30. Magne P, Nielsen B. Interactions between impression materials and immediate dentin sealing. *J Prosthet Dent.* 2009;102:298-305.