

Resistência ao cisalhamento de bráquetes fotopolimerizados com arco de plasma, LED e luz halógena utilizando diferentes tempos

Shear bond strength of brackets bonded with plasma arc, LED and halogen light using different curing times

Amanda Fahning Magno*, Renato Parsekian Martins**, Luís Geraldo Vaz***, Isabela Parsekian Martins****, Lídia Parsekian Martins*****

RESUMO – Esta pesquisa avaliou *in vitro* a resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos fotopolimerizados com o arco de plasma, o diodo emissor de luz (LED) e a luz halógena convencional em diferentes tempos. Bráquetes foram colados em 60 pré-molares superiores humanos, divididos em cinco grupos. Nos grupos 1 e 2 utilizou-se a luz arco de plasma por três e seis segundos, respectivamente; nos grupos 3 e 4 utilizou-se o LED por cinco e dez segundos, respectivamente; no grupo 5 utilizou-se a luz halógena por 40 segundos. Os corpos de prova foram armazenados em água destilada em temperatura ambiente e, após 24 horas dos procedimentos de colagem, foram submetidos aos ensaios mecânicos na máquina universal MTS-Material Test System. Para a complementação dos resultados, também foi realizada a avaliação e a classificação do padrão de descolagem dos bráquetes utilizando o IAR. Os resultados foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA, seguida do teste SNK de Tukey para comparação múltipla de médias. Não houve diferenças entre os grupos 2, 4 e 5, as quais foram maiores que as médias dos grupos 1 e 3, iguais entre si. Os escores do IAR não mostraram diferenças quanto à interface de descolagem entre os três tipos de luz em todos os tempos testados. A luz arco de plasma e o LED podem ser utilizados por tempos reduzidos, dentro de certos limites, em relação à luz halógena na colagem de bráquetes ortodônticos, sem perda de resistência ao cisalhamento.

Unitermos – Bráquetes ortodônticos; Luz visível; Tempo; Resistência ao cisalhamento.

ABSTRACT – This study evaluated *in vitro* the shear bond strength of brackets bonded with xenon plasma arc light, light-emitting diode (LED) and conventional halogen light using different curing times. Brackets were bonded to the buccal surface of 60 human maxillary premolars allocated to five groups. In groups 1 and 2, the resin was cured with the plasma arc for 3 and 6 seconds (s), respectively; in groups 3 and 4, the LED was used for five and ten s, respectively; and in group 5, the halogen light was used for 40 s. The specimens were stored in water for 24 hours and subjected to a shear force until bracket failure. The debonding pattern was classified according to the adhesive remnant index (ARI). The results were assessed by Anova and the SNK post-hoc test. No differences were detected among groups 2, 4 and 5, which showed higher averages than groups 1 and 3, which were not different between themselves. The ARI scores showed no differences among the three types of light sources in all times tested. Plasma arc and LED lights can be used with shorter curing times, within certain limits, than conventional halogen light for bonding orthodontic brackets, without decreasing bond strength.

Key Words – Orthodontic brackets; Visible light; Time; Shear bond strength.

*Mestre e doutoranda em Ortodontia – Faculdade de Odontologia de Araraquara/Unesp; Especialista em Ortodontia – USP/Ribeirão Preto.

**Professor assistente – Faculdade de Odontologia de Araraquara/Unesp – Faepo, Gestos-Famosp.

***Professor adjunto, Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese – Faculdade de Odontologia de Araraquara/Unesp.

****Mestre e especialista em Ortodontia – Faculdade de Odontologia de Araraquara/Unesp.

*****Professora doutora da Disciplina de Ortodontia, Departamento de Clínica Infantil – Faculdade de Odontologia de Araraquara/Unesp.

Introdução

A partir do aprimoramento do processo de ativação à luz visível, as resinas compostas fotoativadas tornaram-se mais frequentemente utilizadas para a colagem direta de bráquetes ortodônticos¹. Apresentam diversas vantagens sobre as resinas quimicamente ativadas, como a simplicidade do uso, o tempo de trabalho prolongado, a redução do risco de contaminação e a maior precisão no posicionamento dos acessórios². No entanto, o longo tempo consumido com a polimerização dos bráquetes por meio de unidades convencionais de fotoativação à luz visível halógena apresenta-se inconveniente à prática clínica³.

A utilização da luz halógena tem como vantagens baixo custo, facilidade no manuseio e fácil manutenção. Por outro lado, embora a popularidade desta luz seja grande, o seu uso oferece diversas desvantagens. A vida útil da lâmpada é curta e vários são os fatores que podem interferir em sua eficiência – como detritos na ponta da fibra, rupturas dos filamentos de fibra ótica, variações de voltagem da rede, filtros sujos – e a maior parte da energia emitida é transformada em calor^{4,5}.

Diante das desvantagens apresentadas pela luz halógena, aparelhos alternativos de fotopolimerização foram desenvolvidos na colagem de acessórios ortodônticos nas últimas décadas^{2,6}, trazendo mudanças à aplicação dos adesivos fotopolimerizáveis e reduzindo o tempo de trabalho. Entre estas novas fontes de luz estão o diodo emissor de luz (LED) e a luz arco de plasma⁶.

Em 1995, a tecnologia por LED foi proposta com a ideia de superar as imperfeições inerentes à polimerização com luz halógena⁷. Os aparelhos de LEDs apresentam tempo de duração da lâmpada em torno de 10.000 horas e sofrem mínima degradação com o uso após esse período⁸. Ademais, não requerem o emprego de filtros na produção de luz azul⁹ e são resistentes a choques e vibrações⁸. Embora a polimerização com LEDs de primeira geração fosse desfavorável à restauração dentária⁹, era aceitável na colagem de bráquetes ortodônticos, quando utilizados com os mesmos tempos de exposição da luz halógena, já que a luz emitida era de menor intensidade¹⁰. Nos últimos anos, houve grande evolução nas unidades de LED, tornando-se cerca de três vezes mais potentes que às unidades halógenas, o que permitiu reduzir consideravelmente o tempo de exposição¹¹.

A recente geração de LEDs, designada de alta potência ou de segunda geração, apresenta irradiância de cerca de 1.000 mW/cm², bem maior comparada à da primeira geração (em torno de 400 mW/cm²)¹². Os LEDs podem apresentar-se em mo-

delos sem fio, com produção de potência confiável, operando silenciosamente e sem a necessidade de refrigeração¹³. Segundo os fabricantes, os LEDs da segunda geração combinam as vantagens dos seus predecessores com a considerável redução do tempo necessário à colagem de acessórios ortodônticos⁸. Uma polimerização mais rápida e eficiente pode ser possível com os aparelhos de LED de alta potência comparados aos de luz halógena convencional, como foi demonstrado em alguns estudos^{8,11,14-15}.

A luz arco de plasma, desenvolvida na metade da década de 1990, emite luz por meio do gás xenônio que produz quantidade significativa de energia em forma de plasma, podendo alcançar irradiância superior a 2.000 mW/cm²¹⁵. Estudos relatam que a luz arco de plasma proporciona resistência ao cisalhamento na colagem de bráquetes equivalente à alcançada com a luz halógena convencional em um tempo de exposição significativamente menor^{2,3,15-20}.

Para melhorar a eficiência no consultório, muitos ortodontistas têm utilizado o LED de alta potência e a luz arco de plasma, mesmo que todos os aspectos da eficácia destes sistemas de fotoativação das resinas ortodônticas ainda não estejam completamente investigados²¹. Além disso, a literatura é escassa^{6,11,15,21-22} quanto a trabalhos avaliando a fotopolimerização do arco de plasma em relação ao LED de alta potência. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar *in vitro* a resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos fotopolimerizados com arco de plasma, LED e luz halógena convencional em diferentes tempos.

Material e Métodos

O protocolo desta pesquisa foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas da Faculdade de Odontologia de Araraquara – Unesp (protocolo número 08/07).

Foram obtidos, por meio do banco de dentes da Faculdade de Odontologia de Araraquara – Unesp, 60 pré-molares superiores humanos, extraídos por motivos ortodônticos. Os dentes foram coletados e armazenados em soluções a 10% de formol até a sua utilização. Dentes cariados, fraturados, descalcificados, amorfos ou com superfícies vestibulares comprometidas foram descartados. Para cálculo do tamanho da amostra, foram utilizados dados disponíveis na literatura^{8,17} sobre médias e desvio-padrão da resistência ao cisalhamento com diferentes tipos de luz e tempos equivalentes aos empregados neste estudo. Fixados nível de significância de 5% e poder mínimo do teste de 80% para a análise de variância,

verificou-se que a amostra de cada grupo deveria ser composta por, aproximadamente, 12 dentes. Deste modo, os pré-molares foram divididos aleatoriamente em cinco grupos de 12 dentes de acordo com as diferentes fontes de luz usadas na polimerização dos bráquetes nos diferentes tempos de exposição:

- Grupo 1 (G1) – fotopolimerização por três segundos com o aparelho de luz arco de plasma Apollo 95E (DenMed Technologies, Orange, CA).
- Grupo 2 (G2) – fotopolimerização por seis segundos com o aparelho de luz arco de plasma Apollo 95E (DenMed Technologies, Orange, CA).
- Grupo 3 (G3) – fotopolimerização por cinco segundos com o aparelho LED Ortholux (3M Unitek, Monrovia, CA).
- Grupo 4 (G4) – fotopolimerização por dez segundos com o aparelho LED Ortholux (3M Unitek, Monrovia, CA).
- Grupo 5 (G5) – fotopolimerização por 40 segundos com o aparelho de luz halógena convencional XL 3000 (3M Unitek, Monrovia, CA).



Figura 1 – Fotopolimerizador de luz arco de plasma/Apollo 95E.



Figura 2 – Fotopolimerizador LED/Ortholux.



Figura 3 – Fotopolimerizador de luz halógena/XL 3000.

Após a limpeza dos dentes, removendo qualquer tecido mole residual, estes foram fixados em segmentos de tubo de policloreto de vinila (PVC) de 0.5” e 3 cm de altura com resina acrílica até a junção amelocementária, padronizando os corpos de prova. Um guia posicionador de acrílico foi confeccionado para alinhar a superfície vestibular dos dentes perpendicularmente à base do tubo.

Foi realizada a profilaxia de todos os dentes com taça de borracha e pedra-pomes por dez segundos, com posterior enxágue em água corrente também por dez segundos. Os locais de colagem foram condicionados com ácido fosfórico em gel a 35% (3M Espe, St. Paul, Minn) por 30 segundos, enxaguados com spray ar/água por 20 segundos e secos com fonte de ar livre de óleo. O próximo passo foi a aplicação do *primer* Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA), como sugerido pelo fabricante, e bráquetes metálicos (M2000, Ormco Corp, Orange, CA) para primeiros pré-molares superiores foram colados diretamente na superfície vestibular dos dentes com a resina composta Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA), por um mesmo profissional. Antes de iniciar o processo de fotopolimerização, todas as fontes de luz foram testadas e a intensidade da luz aferida com o radiômetro Power Intensity Meter – Litex (Dentamerica – Califórnia, EUA) nos tempos predeterminados. As especificações das fontes de luz (Figuras 1 a 3) utilizadas no estudo, conforme informações dos fabricantes, assim como os valores aferidos pelo radiômetro, estão apresentados na Tabela 1.

As pontas dos fotopolimerizadores foram posicionadas o mais próximo possível da área de colagem²³ e aplicadas sobre a superfície mesial da interface dente/bráquete durante a metade do tempo total predeterminado

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS FOTOATIVADORES UTILIZADOS

Características (aparelho)	Tipo	Comprimento de onda (nm)	Diâmetro da ponteira (mm)	Irradiância (mW/cm ²)/fabricante	Irradiância (mW/cm ²)/ aferida	Fabricante
Apollo 95E	Luz arco de plasma	460 - 490	8	1600	2100*	DenMed Technologies, EUA
Ortholux	LED (diodo de emissão de luz)	430-480	7,5	1000	1500*	3M Unitek, EUA
XL 3000	Luz halógena	420 - 500	8	400	500*	3M Unitek, EUA

*Aferição realizada com o radiômetro Power Intensity Meter - LITEX (Dentamerica - Califórnia - EUA).



Figura 4
Corpo de prova posicionado à máquina MTS.

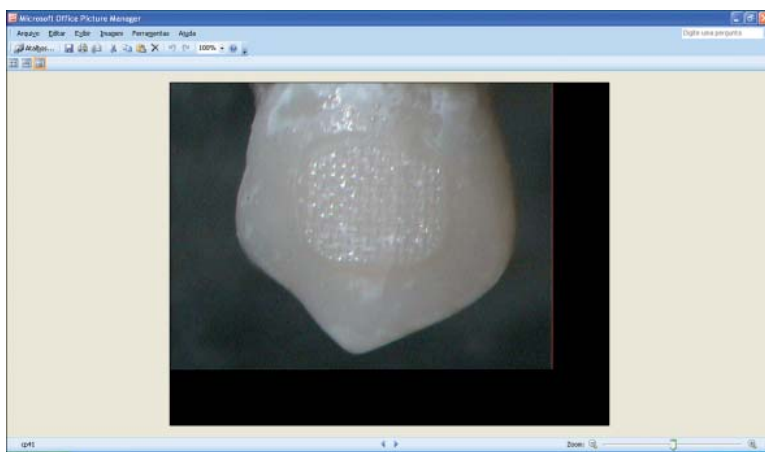


Figura 5
Imagem ampliada para análise do IAR.

da polimerização e sobre a superfície distal da interface dente/bráquete durante o restante do tempo¹⁶.

Após os procedimentos de colagem, os corpos de prova foram armazenados em água destilada à temperatura ambiente durante 24 horas e, em seguida, submetidos aos ensaios mecânicos na máquina universal MTS 810 (Material Test System, Minn, EUA). Os corpos de prova foram posicionados de modo que a face vestibular dos dentes ficasse paralela à força de cisalhamento (Figura 4). Uma carga ocluso-gengival foi aplicada na interface dente/bráquete, em uma velocidade de 1 mm/min²⁴ até a descolagem do acessório. A força em Newtons (N) requerida para a descolagem de cada bráquete foi registrada em um computador adaptado à máquina de ensaios mecânicos e calculada em MegaPascals (MPa).

Para complementar este estudo, todos os dentes foram examinados por um mesmo operador através de uma lupa estereoscópica (Carl Zeiss Jena - 10X) acoplada a uma câmera digital JVC TK1380U CCD (Victor Company of Japan Limited, Tokyo, Japão). As imagens foram transferidas para um computador adaptado à lupa e o programa Leica Qwin (Leica Microsystems Imaging Solutions Ltda., Cambridge, Inglaterra) foi utilizado para avaliar as imagens da quantidade de adesivo remanescente sobre a superfície de colagem (Figura 5). Com a identificação dos grupos omitida, quatro operadores calibrados e independentes realizaram avaliação e classi-

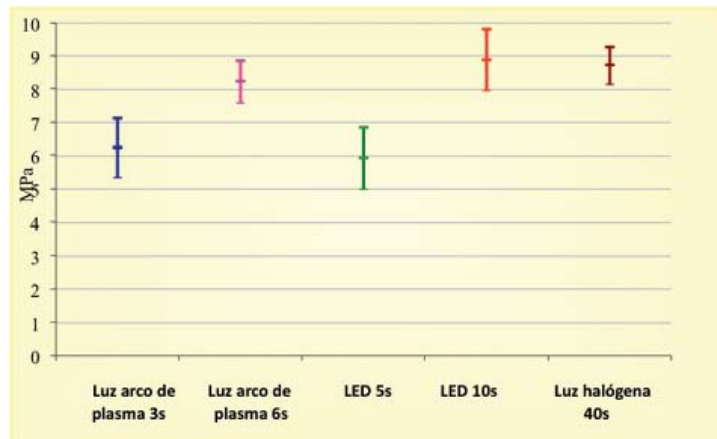


Figura 6
Médias amostrais e intervalos de confiança para as médias das resistências ao cisalhamento.

ficação do padrão de descolagem dos bráquetes, utilizando o Índice de Adesivo Remanescente (IAR)²⁵. Este índice consiste dos seguintes escores – 0: nenhum remanescente do adesivo sobre o dente; 1: menos de 50% do adesivo remanescente no dente; 2: mais de 50% do adesivo remanescente no dente; 3: todo o adesivo permaneceu sobre o dente.

A análise estatística foi realizada com auxílio do programa estatístico SPSS, versão 15.0 para Windows (Chicago, IL, EUA). O teste de Kolmogorov-Smirnov apresentou normalidade na distribuição das resistências ao cisalhamento e o teste de Levene revelou homogeneidade de variância dos grupos ($F = 1,55$; $gl = 4$ e 55 ; $p = 0,20$). Anova foi utilizada para a comparação entre as médias e o teste Student-Newman-Keuls (S-N-K) de Tukey foi usado para a comparação múltipla entre as médias de cada grupo.

Os dados descritivos da associação entre o IAR e os diferentes tipos de luz nos tempos de exposição predeterminados foram analisados por meio de tabela.

Resultados

Na Figura 6 estão representadas as médias amostrais e os limites dos intervalos de confiança para as médias das resistências ao cisalhamento. O arco de plasma por três segundos apresentou média de resistência de $6,25 \text{ MPa} \pm 1,39$, e de $8,24 \text{ MPa} \pm 0,98$ por seis segundos. Para os bráquetes fotopolimerizados com LED por cinco segundos e por dez segundos, as médias foram de $5,94 \text{ MPa} \pm 1,45$ e de $8,90 \text{ MPa} \pm 1,43$, respectivamente; para a fotopolimerização com luz halógena por 40 segundos, a média foi de $8,73 \text{ MPa} \pm 0,86$.

A análise de variância demonstrou diferenças significantes

TABELA 2 – ANOVA – TESTE DA HIPÓTESE DE QUE AS MÉDIAS DAS RESISTÊNCIAS AO CISALHAMENTO SÃO IGUAIS

Fonte de variação	Soma de quadrados	gl	Quadrado médio	F	p
Entre grupos	95,618	4	23,904	15,387	< 0,001
Dentro dos grupos	85,444	55	1,554		
Total	181,062	59			

TABELA 3 – COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS – TESTE S-N-K DE TUKEY PARA SUBCONJUNTOS HOMOGÊNEOS DE MÉDIAS

Fonte de luz/nível de significância (p)	Subconjuntos homogêneos ($\alpha = 0,05$)	
	1	2
G3 (LED 5s)	5,936 MPa	
G1 (arco de plasma 3s)	6,249 MPa	
G2 (arco de plasma 6s)		8,239 MPa
G5 (Luz halógena 40s)		8,726 MPa
G4 (LED 10s)		8,903 MPa
Nível de significância (p)	0,540	0,398

entre os grupos, $p < 0,001$ (Tabela 2). O teste S-N-K de Tukey demonstrou haver dois subconjuntos de médias diferentes (Tabela 3). O primeiro, formado pelas médias de resistência do G1 e G3, iguais entre si, e o outro, formado pelas médias de G2, G4 e G5, também iguais entre si. Observou-se que a média dos

TABELA 4 – DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA DOS ESCORES* DO IAR NOS GRUPOS

Grupos	IAR				Total
	0	1	2	3	
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
G1 (arco de plasma 3 s)	-	-	5 (41.7)	7 (58.3)	12 (100.0)
G2 (arco de plasma 6 s)	-	2 (16.7)	5 (41.7)	5 (41.7)	12 (100.0)
G3 (LED 5 s)	-	-	8 (66.7)	4 (33.3)	12 (100.0)
G4 (LED 10 s)	-	1 (8.3)	9 (75.0)	2 (16.7)	12 (100.0)
G5 (Luz halógena 40 s)	-	-	6 (50.0)	6 (50.0)	12 (100.0)
Total	-	3 (5.0)	33 (55.0)	24 (40.0)	60 (100.0)

Escores do IAR: 0 = nenhum remanescente do adesivo sobre o dente; 1 = menos de 50% do adesivo remanescente no dente; 2 = mais de 50% do adesivo remanescente no dente; 3 = todo o adesivo permaneceu sobre o dente.

ensaios de resistência ao cisalhamento nos diferentes tempos de polimerização no primeiro conjunto foi significativamente menor que no segundo.

O escore final do IAR conferido a cada corpo de prova correspondeu àquele atribuído pelo maior número de examinadores ou, em caso de empate, ao menor escore. A distribuição da frequência dos escores do IAR mostrou predominância dos escores 2 e 3 em todos os grupos (Tabela 4). Não foi observado escore 0 em nenhuma amostra e verificou-se também que o G4 produziu escore 3 em menor número de amostras que o G5. A análise de concordância interexaminador mostrou concordância moderada (Kappa = 0,48; $p < 0,001$; IC (95%) = 0,387 a 0,562). Nenhuma fratura no esmalte foi observada neste estudo.

Discussão

A fotopolimerização dos bráquetes, utilizando o arco de plasma por três segundos, demonstrou menor média de resistência ao cisalhamento em relação à luz halógena por 40 segundos. Isso entra em desacordo com estudo anterior, que sugere que a fotopolimerização por três segundos com arco de plasma é suficiente para produzir taxas de resistência ao cisalhamento comparáveis às produzidas pela luz halógena convencional¹⁹. Quando o tempo de exposição foi aumentado para seis segundos não houve diferença significativa nas médias de resistência ao cisalhamento em relação à luz halógena. Estes resultados são corroborados por diversos autores^{15-16,18,20,26}, os quais recomendam exposição mais prolongada, de seis a

nove segundos, utilizando o arco de plasma. A falta de uniformidade na metodologia entre os trabalhos *in vitro* analisando a resistência ao cisalhamento de bráquetes²⁴ torna bastante difícil qualquer comparação dos valores encontrados com os estudos anteriores⁸. As propriedades mecânicas das resinas podem ser comprometidas em consequência de curtos tempos de polimerização, uma vez que a quantidade total de energia utilizando o arco de plasma por três segundos parece ser substancialmente menor que em tempos mais longos de exposição com a luz halógena em tempos padronizados²⁷. Todavia, o elevado rendimento de luz do arco de plasma é considerado uma significativa vantagem quando comparado à unidade convencional. Além disso, apesar dos aparelhos de arco de plasma apresentarem custo mais elevado que o da luz halógena^{11,16}, sua popularidade tem aumentado de forma considerável e, conforme mostrado nos resultados deste estudo, pode ser utilizada com menor tempo de exposição em relação aos aparelhos de luz halógena.

O LED de alta potência, quando utilizado por cinco segundos, apresentou menor média de resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos em relação à luz halógena em 40 segundos. Da mesma forma, em trabalhos semelhantes, foi observado que grande decréscimo no tempo de exposição ao LED, por quatro¹¹, cinco⁸ e seis¹⁴ segundos, ocasionou redução significativa na resistência ao cisalhamento comparada à luz halógena convencional. Por outro lado, não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de resistência de bráquetes polimerizados com o LED em dez segundos em relação à luz halógena na presente pesquisa. Este resultado

está de acordo com a literatura^{8,11-12,14-15}, comprovando a eficácia do uso dos LEDs de alta potência na fotopolimerização de bráquetes, utilizando tempo reduzido em relação à luz halógena convencional.

Não houve diferenças entre as médias de resistência ao cisalhamento nos grupos que utilizaram o LED por dez segundos e a luz arco de plasma por seis segundos. A literatura ortodôntica é escassa no que tange a artigos comparando o LED de alta potência com a luz arco de plasma^{6,11,15,21-22}. Três destes estudos executaram testes de cisalhamento em bráquetes^{11,15,22}, mas somente dois^{15,22} utilizaram tempos similares e apenas um¹⁵ demonstrou resultados semelhantes aos do presente estudo. O uso do LED por cinco segundos também apresentou resultados similares aos verificados com o uso da luz arco de plasma por três segundos¹⁵. Um estudo recente²², entretanto, demonstrou diferenças significativas entre bráquetes fotopolimerizados com LED por dez e cinco segundos, quando comparados com bráquetes fotopolimerizados com luz arco de plasma por seis e três segundos, respectivamente. Apesar de não haver relatos na literatura de comparações similares, já foi demonstrado que o LED apresenta valores de resistência ao cisalhamento menores em relação à luz arco de plasma, quando utilizado tempo de fotopolimerização de quatro segundos¹¹. As fontes de luz LED e o arco de plasma mostraram tempos de exposição consideravelmente reduzidos, ambos oferecendo efetividade na resistência ao cisalhamento. Entretanto, os aparelhos de LED exibem menor volume, custo mais acessível e são mais portáteis em relação aos de luz arco de plasma, sendo, por isso, melhor apropriados à clínica ortodôntica¹¹.

Os três tipos de luz avaliados, em todos os tempos predeterminados, apresentaram forças de cisalhamento de bráquetes satisfatórias para a maioria das necessidades clínicas ortodônticas, situadas entre 6-8 MPa²⁸. Este fato sugere que mesmo com os tempos de exposição bastante reduzidos (cinco segundos para o LED e três segundos para o arco de plasma), estes fotopolimerizadores podem alcançar resistências adequadas. Contudo, tempos mais prolongados (seis segundos para a luz arco de plasma e de dez segundos para o LED) são mais confiáveis na colagem ortodôntica, uma vez que os valores de resistência de 6-8 MPa propostos²⁸ não possuem evidência clínica¹⁵.

Na presente investigação, não foi possível tecer conclusões em relação ao IAR. Apesar da interface de descolagem dos bráquetes ter ocorrido predominantemente entre o adesivo e a base dos acessórios, o número de espécimes por grupo

testado não possibilitou a execução de um teste estatístico adequado. No entanto, a retenção mecânica relativamente fraca na interface adesivo/base do bráquete pode ser favorável, pois apresenta o benefício de diminuir o risco de danos ao esmalte²⁹.

Não foram observados danos ao esmalte após remoção dos acessórios nesta pesquisa. Mesmo que alguns fatores sejam especialmente importantes para uma adequada polimerização – como intensidade de luz, tempo de exposição, constituição do compósito e comprimento de onda³⁰ – um tempo de polimerização desnecessariamente longo, além de aumentar o tempo de trabalho, causa sobrepolimerização do compósito, a qual poderá ocasionar danos ao esmalte durante o processo de descolagem¹¹. Os adesivos ortodônticos devem alcançar grau de polimerização apropriado, de modo que os bráquetes permaneçam colados aos dentes até que sejam removidos com facilidade, quando desejado, e sem que ocorra qualquer prejuízo às estruturas dentais¹¹.

Conclusão

Pôde-se concluir que:

- Bráquetes fotopolimerizados com arco de plasma por seis segundos, com LED por dez segundos e com a luz halógena por 40 segundos não apresentaram diferenças entre si quanto à resistência ao cisalhamento.
- Bráquetes fotopolimerizados com arco de plasma por três segundos e com LED por cinco segundos demonstraram resistências ao cisalhamento iguais entre si e significativamente menores em relação aos fotopolimerizados com luz halógena por 40 segundos.

Nota de esclarecimento

Nós, os autores deste trabalho, não recebemos apoio financeiro para pesquisa dado por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho. Nós, ou os membros de nossas famílias, não recebemos honorários de consultoria ou fomos pagos como avaliadores por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho, não possuímos ações ou investimentos em organizações que também possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho. Não recebemos honorários de apresentações vindos de organizações que com fins lucrativos possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho, não estamos empregados pela entidade comercial que patrocinou o estudo e também não possuímos patentes ou *royalties*, nem trabalhamos como testemunha especializada, ou realizamos atividades para uma entidade com interesse financeiro nesta área.

Agradecimentos: à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), que subsidiaram o desenvolvimento desta pesquisa.

Endereço para correspondência:

Amanda Fahning Magno
Avenida Feijó, 769 – Apto. 43 – Centro
14801-140 – Araraquara – SP
Tel.: (16) 3397-6458
mandamagno@yahoo.com.br

Referências

1. Greenlaw R, Way DC, Gail KA. An in vitro evaluation of a visible light-cured resin as an alternative to conventional resin bonding systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96(3):214-20.
2. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Scribante A, Klersy C. Plasma arc versus halogen light curing of orthodontic brackets: a 12-month clinical study of bond failures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125(3):342-7.
3. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Pistorio A, Sfondrini G. Effects of conventional and high-intensity light-curing on enamel shear bond strength of composite resin and resin-modified glass ionomer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119(1):30-5.
4. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J* 1999;186(8):388-91.
5. Swanson T, Dunn WJ, Childers DE, Taloumis LJ. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with light-emitting diode curing units at various polymerization times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125(3):337-41.
6. Pandis N, Strigou S, Eliades T. Long-term failure rate of brackets bonded with plasma and high-intensity light-emitting diode curing lights. *Angle Orthod* 2007;77(4):707-10.
7. Mills RW. Blue light emitting diodes – another method of light curing? *Br Dent J* 1995;178(5):169.
8. Mavropoulos A, Staudt CB, Kiliaridis S, Krejci I. Light curing time reduction: in vitro evaluation of new intensive light-emitting diode curing units. *Eur J Orthod* 2005;27(4):408-12.
9. Duke ES. Light-emitting diodes in composite resin photopolymerization. *Compend Contin Educ Dent* 2001;22(9):722-5.
10. Dunn WJ, Taloumis LJ. Polymerization of orthodontic resin cement with light-emitting diode curing units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122(3):236-41.
11. Yu H, Lee K, Jin G, Baik H. Comparison of the shear bond strength of brackets using the led curing light and plasma arc curing light: polymerization time. *World J Orthod* 2007;8(2):129-35.
12. Wiggins KM, Hartug M, Althoff O, Wastian C, Mitra SB. Curing performance of a new-generation light-emitting diode dental curing unit. *J Amer Dent Assoc* 2004;135(10):1471-9.
13. Türkahramam H, Küçükesmen HC. Orthodontic bracket shear bond strengths produced by two high-power light-emitting diode modes and halogen light. *Angle Orthod* 2005;75(5):854-7.
14. Silta YT, Dunn WJ, Peters CB. Effect of shorter polymerization times when using the latest generation of light-emitting diodes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128(6):744-8.
15. Thind BS, Stirrups DR, Lloyd CH. A comparison of tungsten-quartz-halogen, plasma arc and light-emitting diode light sources for the polymerization of an orthodontic adhesive. *Eur J Orthod* 2006;28(1):78-82.
16. Oesterle LJ, Newman SM, Shellhart WC. Rapid curing of bonding composite with a xenon plasma arc light. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119(6):610-6.
17. Ip TB, Rock WP. A comparison of three light curing units for bonding adhesive pre-coated brackets. *J Orthod* 2004;31(3):243-7.
18. Manzo B, Liisto G, Clerck H. Clinical trial comparing plasma arc and conventional halogen curing lights for orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125(1):30-5.
19. Petteimerides AP, Sheriff M, Ireland AJ. An in vivo study to compare a plasma arc light and a conventional quartz halogen curing light in orthodontic bonding. *Eur J Orthod* 2004;26(6):573-7.
20. Signorelli MD, Kao E, Ngan PW, Gladwin MA. Comparison of bond strength between orthodontic brackets bonded with halogen and plasma arc curing lights: an in-vitro and in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129(2):277-82.
21. Niepraschk M, Rahiotis C, Bradley TG, Eliades T, Eliades G. Effect of various curing lights on the degree of cure of orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132(3):382-4.
22. Dall'Igna CM, Marchioro EM, Spohr AM, Mota EG. Effect of curing time on the bond strength of a bracket-bonding system cured with a light-emitting diode or plasma arc light. *Eur J Orthod* 2011;33(1):55-9.
23. Oyama N, Komori A, Nakahara R. Evaluation of light curing units used for polymerization of orthodontic bonding agents. *Angle Orthod* 2004;74(6):810-5.
24. Fox NA, McCabe JF, Hogg SD. A critique of bond strength testing in orthodontics. *Br J Orthod* 1994;21(1):33-43.
25. Artun J, Berglund S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid etch enamel pretreatment. *Am J Orthod* 1984;85(4):333-40.
26. Klocke A, Korbmacher HM, Huck LG, Kahl-Nieke B. Plasma arc curing lights for orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122(6):643-8.
27. Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater* 2000;16(5):330-6.
28. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1975;2(3):171-8.
29. Staudt CB, Mavropoulos A, Bouillaguet S, Kiliaridis S, Krejci I. Light-curing time reduction with a new high-power halogen lamp. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128(6):749-54.
30. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW, Davis HC. A predictive model for the polymerization of photo-activated resin composites. *Int J Prosthodont* 1994;7(2):159-66.