

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
MESTRADO EM BIOFOTÔNICA APLICADA ÀS CIÊNCIAS DA SAÚDE**

ANA MARIA DE SOUZA

**Efeito de diferentes doses de energia de unidades LED uni-
e multi-ondas nas propriedades mecânicas de Resinas
Compostas**

**SÃO PAULO
Dezembro - 2013**

ANA MARIA DE SOUZA

**Efeito de diferentes doses de energia de unidades LED uni-
e multi-ondas nas propriedades mecânicas de Resinas
Compostas**

Dissertação apresentada à Universidade
Nove de Julho, para obtenção do título
de Mestre em Biofotônica Aplicada às
Ciências da Saúde da Universidade
Nove de Julho.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tavares de
Oliveira

Co-orientador: Alessandro Melo Deana

SÃO PAULO
Dezembro – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Souza, Ana Maria de.

Efeito de diferentes doses de energia de unidades LED uni- e multi-ondas nas propriedades mecânicas de Resinas Compostas. / Ana Maria de Souza. 2013. 36 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2013.

Orientador (a): Prof. Dr. Marcelo Tavares de Oliveira.

1. Fotoativação. 2. Resina composta. 3. LED.

I. Oliveira, Marcelo Tavares de. II. Título

CDU 615.831

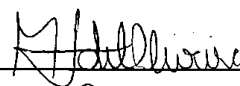
São Paulo, 10 de dezembro de 2013.

TERMO DE APROVAÇÃO

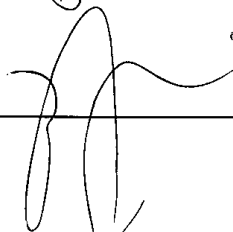
Aluno(a): ANA MARIA DE SOUZA

Título da Dissertação: Efeito de diferentes doses de energia de unidades LED uni- e multi-ondas no grau de conversão e propriedades mecânicas de resinas Compostas"

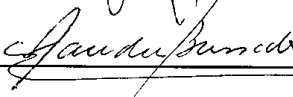
Presidente: PROF. DR. MARCELO TAVARES DE OLIVEIRA



Membro: PROF. DR. FLAVIO HENRIQUE BAGGIO AGUIAR



Membro: PROFA. DRA. SANDRA KALIL BUSSADORI



AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me ajudado a tornar tudo isso possível, me dando saúde, calma e perseverança durante esse percurso.

À minha diretora do colégio Técnico Nove de Julho, Fatima Aparecida Pereira, que me apoiou com sua compreensão e amor em cada dia, me dando forças e incentivo.

Ao meu Professor querido Marcelo Tavares de Oliveira, por todo ensinamento e sabedoria que me passou.

Ao meu co-orientador Alessandro Melo Deana por todo ensinamento e sabedoria que me passou.

Aos meus amigos Romildo Torres, Manoel Junior e Elis Victor por serem tão parceiros em horas muito difíceis, por todo apoio e todas as palavras de encorajamento.

Aos professores Paulo de Tarso Camillo de Carvalho, Sandra Kalil Bussadori, à aluna de iniciação científica Maiara por todo carinho e auxílio durante o trabalho.

À Universidade Nove de Julho pela bolsa de mestrado.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência de diferentes doses de energia e unidades LED fotoativadoras de banda estreita e com amplo espectro nas propriedades mecânicas de resinas compostas. Para isso, 6 grupos experimentais foram estabelecidos para cada resina avaliada (IPS Empress Direct – Ivoclar Vivadent, Venus – Heraeus-Kulzer, SDR - Dentsply), de acordo com as diferentes doses de energia (5J; 10J e 20J) e unidades fotoativadoras (Bluephase 16i e Bluephase G2 – Ivoclar Vivadent). Trinta e seis corpos-de-prova foram confeccionados (7mm comprimento X 2mm largura X 1mm de altura) a partir de matrizes de silicone e foram utilizados para avaliação das propriedades mecânicas (resistência à flexão e módulo de elasticidade) utilizando o teste de flexão de três pontos, em máquina de ensaio universal a uma velocidade de 0,5 mm/min até que ocorresse a fratura do corpo-de-prova. Os dados foram avaliados quanto à sua normalidade e então, aplicado a Análise de Variância a dois critérios e teste de Tukey, com nível de significância fixado em 5%. Os resultados mostraram que as resinas apresentaram comportamentos diferentes entre si tanto pelas doses de energia utilizadas quanto pela diferença dos espectros de luz emitidos pelas diferentes fontes. Conclui-se dos dados apresentados que os fatores estudados neste trabalho têm relação direta com as propriedades mecânicas dos compósitos resinosos.

Palavras-chave: Fotoativação, Resina Composta, LED

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the influence of different doses of energy and uni- or multi-wave LED units on mechanical properties of composite resins. Thereunto, six experimental groups were established for each assessed resin (IPS Empress Direct - Ivoclar Vivadent , Venus - Heraeus - Kulzer , SDR - Dentsply) according to the different different amounts of energy (5J , 10J and 20J) and LED unit (bluephase 16i and bluephase G2 - Ivoclar Vivadent) . Thirty six specimens were prepared (7mm long x 2mm wide x 1mm height) from silicon matrices and were used for evaluation of mechanical properties (flexural strength and modulus of elasticity) using the three points bending test, in a universal testing machine at a speed of 0.5 mm/min until the specimens fracture. Data were tested for normality and then the two-way analysis of variance was applied and Tukey's test was used to point out differences among means, with significance level set at 5%. Thus, the results showed that the resins presented different performance by energy amounts and by the difference of the spectra of light emitted by different sources. It appears from the data presented that the factors studied in this work are directly related to the mechanical properties of resin composites.

Keywords : Photoactivation , Composite Resin , LED

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
2. JUSTIFICATIVA	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivo específico.....	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4.1 Delineamento experimental	
5. RESULTADOS.....	25
5.1 Análise de Resistência Flexural	
6. DISCUSSÃO.....	31
7. CONCLUSÕES.....	34
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Unidades fotoativadoras. (A) Bluephase 16i, (B) Bluephase G2.

Figura 2: Resinas compostas. A - Venus – Heraeus-Kulzer. B - IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent. C - Surefil SDR, Dentsply Caulk.

Figura 3: A, B e C Matriz utilizada para obter os moldes para confecção das amostras; (D) Molde da Matriz; (E) Fotoativação do incremento único de cimento resinoso; (F) Espécimes confeccionados para o ensaio.

Figura 4: Máquina de ensaio e dispositivo utilizado para o teste de flexão e obtenção do módulo de elasticidade.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Unidades fotoativadoras.

Tabela 2: Divisão dos grupos de ensaio, matérias utilizados, fabricantes, números de lote.

Tabela 3: Grupos experimentais estabelecidos de acordo com o cimento resinoso, unidade ativadora e densidade de energia avaliada.

Tabela 4: Médias (desvio-padrão) dos valores de resistência flexural obtidos de acordo com cada condição experimental (em MPa) para a resina composta Empress Direct (Ivoclar Vivadent).

Tabela 5: Médias (desvio-padrão) dos valores de resistência flexural obtidos de acordo com cada condição experimental (em MPa) para a resina composta Venus (Heraeus-Kulzer).

Tabela 6: Médias (desvio-padrão) dos valores de resistência flexural obtidos de acordo com cada condição experimental (em MPa) para a resina composta SDR Flow (Dentsply).

Tabela 7: Médias (desvio-padrão) dos valores do módulo de elasticidade obtidos de acordo com cada condição experimental (em GPa) para a resina composta Empress Direct (Ivoclar Vivadent).

Tabela 8: Médias (desvio-padrão) dos valores do módulo de elasticidade obtidos de acordo com cada condição experimental (em GPa) para a resina composta Venus (Heraeus-Kulzer).

Tabela 9: Médias (desvio-padrão) dos valores do módulo de elasticidade obtidos de acordo com cada condição experimental (em GPa) para a resina composta SDR Flow (Dentsply).

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

GPa: GigaPascal

MPa: MegaPascal

CQ: Canforoquinona

LED: Diodo Emissor de Luz

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Por muitos anos, a luz halógena tem sido utilizada como fonte iniciadora da reação de polimerização dos compósitos. Essas lâmpadas produzem luz quando a energia elétrica aquece um pequeno filamento de tungstênio a altas temperaturas (Carvalho and Turbino, 2005; Dunn and Taloumis, 2002). No entanto, alguns fatores podem comprometer o desempenho de fotopolimerizadores de halogéneo, tais como flutuações na linha tensão, a condição da lâmpada e do filtro, a contaminação do guia de luz, danos ao feixe de fibras ópticas e sobreaquecimento da lâmpada no interior da unidade. Esses fatores podem contribuir para reduzir a eficácia e tempo de vida das lâmpadas halógenas, levando a formação de um composto resinoso com baixa polimerização Rueggeberg FA. Contemporary issues in photocuring. Compend Contin Educ Dent 1999;20:S4-15. Suppl. 25.

Os compósitos resinosos constituem hoje o material de escolha para as restaurações dos elementos dentais. No entanto, ainda não existem resinas compostas com propriedades ideais, por isso, estão em constante evolução e pesquisa.

A resina composta é definida como uma combinação de dois materiais quimicamente diferentes, com uma interface que separa ambos. A matriz resinosa contém um sistema de monômeros e iniciadores para polimerização. A carga inorgânica é composta por vidro, quartzo e/ou sílica e o agente de união é o silano que une as partículas inorgânicas à matriz resinosa. O componente resinoso de uma resina dental polimerizada é chamada de matriz polimérica.

A polimerização é a etapa responsável pela maioria das propriedades físicas e estéticas durante a restauração. A polimerização incompleta produz uma resina com

alta porosidade, menor dureza, baixo polimento, alta capacidade de manchamento e às vezes toxidade pulpar provocada pelos monômeros livres que poderão causar danos à polpa (Frentzen;Foll;Braun, 2001; Quiroz 2004; 2004; Yap; Lee; Sabapathy, 2000).

Outras tecnologias têm sido introduzidas como alternativas à luz halógena convencional, entre elas, a luz emitida por diodo (LED). Através de semicondutores de nitrato de gálio, estas fontes produzem luz azul quando submetido à corrente elétrica (Carvalho and Turbino, 2005; Jimenez-Planas et al., 2008). Os aparelhos de LED consomem menos energia, não necessitam de filtros para produzir luz azul, seus semicondutores sofrem uma menor degradação ao longo do tempo. O LEDs de nitrato de gálio, produzem um comprimento de onda estreito, 470 nm, o que corresponde ao pico de absorção máxima da canforoquinona, o iniciador mais comum, presente nos compósitos resinosos de restauração dentária (Arrais et al., 2007).

Alguns fatores podem contribuir para a redução da eficiência dos aparelhos, levando a fotoativação inadequada dos materiais (Arrais et al., 2007). A qualidade da polimerização relaciona-se, de forma relevante, com o desempenho clínico dos materiais resinosos (Jandt et al., 2000) e é modulada por algumas condições, como a densidade de potência da fonte de luz, a densidade de energia aplicada na polimerização, o comprimento de onda entregue pela fonte de luz utilizada, a direção do feixe luminoso e a profundidade da cavidade (Faria-e-Silva et al., 2010; Gaglianone et al., 2012a; Gaglianone et al., 2012b; Lima et al., 2012).

Fato importante a ser considerado é que o conceito de odontologia minimamente invasiva resultou no uso cada vez maior de protocolos adesivos (Lima et al., 2011), com o uso de sistemas adesivos, resinas compostas e cimentos resinosos nos procedimentos restauradores. Em relação a polimerização, os compósitos podem iniciar sua reação com diferentes fotoiniciadores que precisam de comprimentos de onda específicos. A canforoquinona (CQ) é o fotoiniciador mais comum presente nas resinas odontológicas, e apresenta curva de absorção que se estende entre 360 e 520nm, atingindo o máximo no comprimento de onda de 470nm, correspondente ao espectro de luz azul visível (Santini et al., 2012; Usumez et al., 2005). No entanto, fotoiniciadores alternativos têm sido inseridos nos agentes resinosos, para a obtenção de materiais mais brancos (Santini et al., 2012), possibilitando a restauração e cimentação de peças em dentes clareados, uma vez que a CQ possui uma coloração amarelada; e também para aumentar a efetividade de polimerização dos agentes resinosos frente às mais diferentes situações. Uma polimerização inadequada pode estar relacionada com menores propriedades mecânicas do material.

Buscando melhorar a efetividade da polimerização dos agentes resinosos, frente às diferentes composições de produtos presentes, LEDs com amplo espectro tem sido inseridos no mercado (Santini et al., 2012). No entanto, poucos estudos podem ser encontrados na literatura a respeito da influência destas unidades fotoativadoras nas propriedades mecânicas dos compósitos resinosos que utilizam a canforoquinona como fotoiniciador exclusivamente, levantando dúvidas sobre sua polimerização.

2. JUSTIFICATIVA

O uso de fontes de luz com amplo espectro pode ser uma alternativa para a obtenção de melhores propriedades mecânicas dos materiais resinosos diante da tendência à inserção de fotoiniciadores alternativos à canforoquinona nestes materiais. Todavia, a eficiência destes agentes nos compósitos resinosos tradicionais ainda não foi totalmente esclarecida, sendo que esta avaliação se faz necessária para que a utilização de unidades foto-ativadoras com amplo espectro possa ser realizada com segurança.

3. OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo será avaliar a influência de diferentes doses de energia de diodos emissores de luz (LED) de segunda e terceira gerações (espectro de banda estreita e amplo espectro, respectivamente) nas propriedades mecânicas (módulo de elasticidade, resistência à flexão) de compósitos resinosos.

3.1 Objetivo geral

Avaliar a influência de unidades fotoativadoras emittentes de diferentes espectros de luz e de diferentes doses de energia nas propriedades mecânicas de diferentes resinas compostas.

3.2 Objetivo específico

Avaliar a eficiência de uma unidade fotoativadora de amplo espectro nas propriedades mecânicas de resinas compostas que utilizam a canforoquinona (exclusivamente) como fotoiniciador.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Delineamento Experimental

Este estudo teve como objetivo fundamental a avaliação do efeito de diferentes espectros de luz emitidos por duas unidades fotoativadoras e a avaliação de diferentes doses de energia sobre propriedades mecânicas específicas de três compósitos resinosos. Não foi objeto de estudo a comparação entre resinas compostas. Assim o detalhamento do estudo segue abaixo:

Delineamento Experimental: Inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2x3.

Unidades Experimentais: cento e oito corpos-de-prova confeccionados em três diferentes resinas compostas, sendo o $n=6$ /grupo.

Fatores em estudo: **Fator 1:** Irradiação da resina composta com duas unidades fotoativadoras, em dois níveis: Bluephase 16i (unidade unionda com densidade de potência de 1200mW/cm^2 , $\lambda=430\text{-}490\text{nm}$; e Bluephase G2 (unidade polionda com densidade de potência 1000mW/cm^2 , $\lambda=385\text{-}515\text{nm}$). **Fator 2:** Diferentes doses de energia, em três níveis: 5J, 10J e 20J.

Variável de resposta: Análise quantitativa dos valores de módulo de elasticidade em GigaPascal (GPa) e resistência flexural, expressos em MegaPascal (MPa).

Para o presente estudo foram avaliados três compósitos resinosos (Venus – Heraeus-Kulzer, Hanau, Alemanha; IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein; e Surefil SDR, Dentsply Caulk, EUA) e duas unidades fotoativadoras (Bluephase 16i e Bluephase G2 - Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (Figura 1). Para a avaliação tanto do módulo de elasticidade quanto da resistência à flexão, corpos-de-prova em forma de barra foram confeccionados (1 mm de largura, 2 mm de altura e, 7 mm de comprimento) (Figura 2) com os diferentes sistemas, de acordo com os grupos experimentais estabelecidos (Tabela 1). Para a confecção destas,

foram utilizadas matrizes de silicone, com um orifício interno nas dimensões da barra. Os compósitos resinosos serão manipulados de acordo com as instruções do fabricante e então dispensados na matriz. Sobre este será colocado uma tira de poliéster a fim de evitar a inibição da reação de polimerização pelo oxigênio. A fotoativação será realizada de acordo com os grupos experimentais estabelecidos (Tabela 1).



Figura 1. Unidades fotoativadoras. (A) Bluephase 16i – unidade unionda com densidade de potência de 1200mW/cm², λ =430-490nm; (B) Bluephase G2 – unidade polionda com densidade de potência 1000mW/cm², λ =385-515nm.

TABELA 1 - UNIDADES FOTOATIVADORAS

UNIDADES FOTOATIVADORAS	COMPRIMENTO DE ONDA	DENSIDADE DE POTÊNCIA
Bluphase 16i - banda estreita	430 – 490 nm	1200mW/cm ²
Bluphase G2 - amplo espectro	385 – 515 nm	1000 mW/cm ²

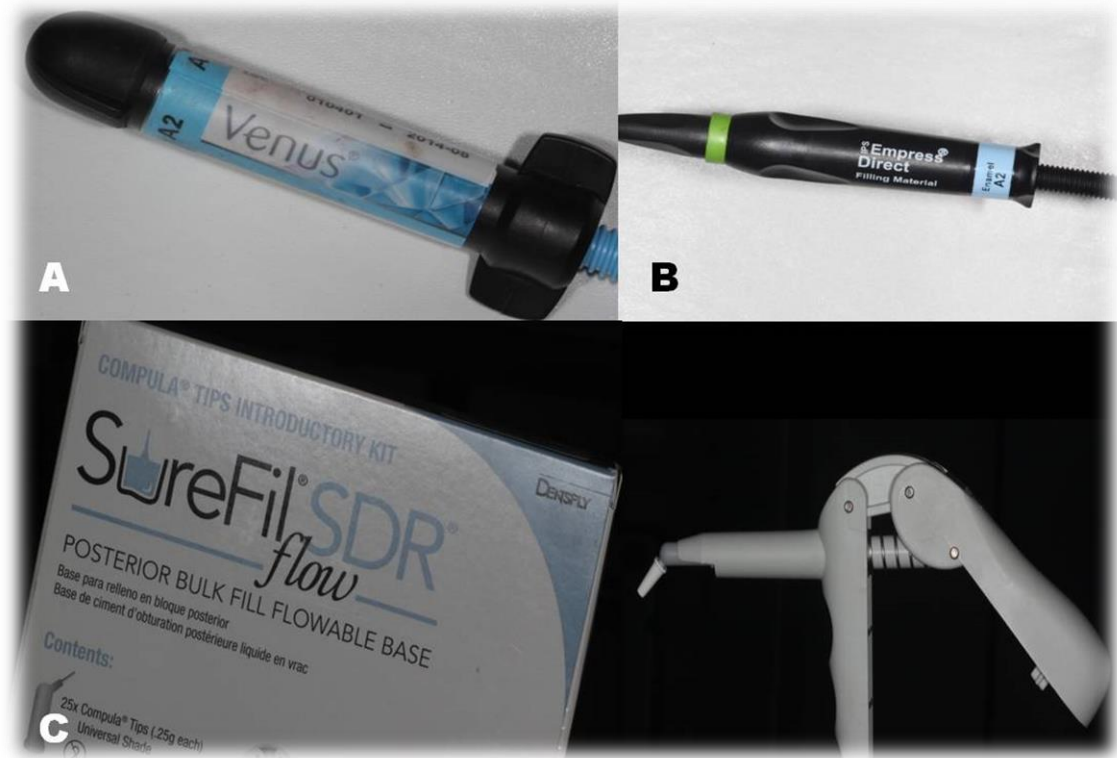


Figura 2. Resinas compostas. A - Venus – Heraeus-Kulzer. B - IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent. C - Surefil SDR, Dentsply Caulk.

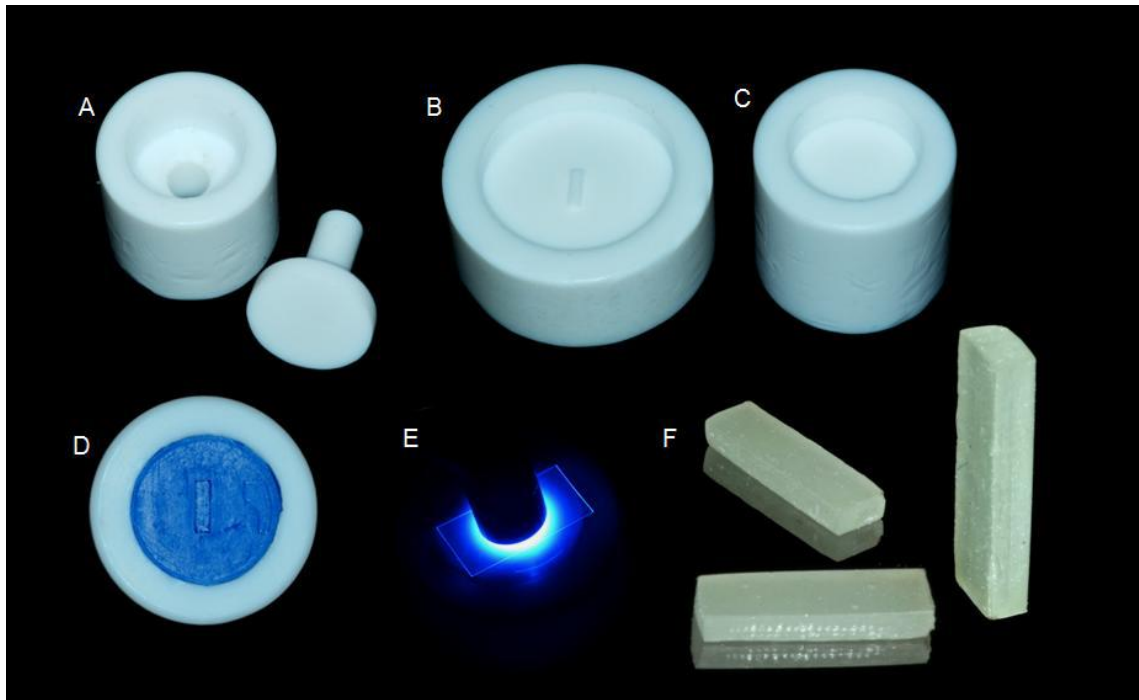


Figura 3. (A, B e C) Matriz utilizada para obter os moldes para confecção das amostras; (D) Molde da Matriz; (E) Fotoativação do incremento único de cimento resinoso; (F) Espécimes confeccionados para o ensaio.

TABELA 2 – DIVISÃO DOS GRUPOS DE ENSAIO, MATERIAIS UTILIZADOS, FABRICANTES, NÚMEROS.

GRUPO	COMPOSIÇÃO	MARCA E FABRICANTE	LOTE	DATA DE VALIDADE
A1	Bis-GMA- bisfenol-glicidil-metacrilato. Contém 58,7 % em volume de material restaurador), vidro de alumínio de bário(0,7micra) dióxido de sílcio altamente disperso (0,4)μ. Fotoiniciador não especificado pelo fabricante	Venus – Heraeus-Kulzer, Hanau, Alemanha	010401	08/2014
A2	UDMA, Bis-GMA, Triciclodocano dimetanol dimetacrilato, partículas de Ba-Al- fluorsilicato Fotoiniciador não especificado pelo fabricante	IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	R67351	09/2016
A3	EBPADMA E TEGDMA, UDMA modificado, BHT, estabilizador UV, partículas de vidro de bário boro flúor alumínio silicato e vidro de estrôncio alumínio flúor silicato, fotoiniciador canforoquinona	Surefil SDR, Dentsply Caulk, EUA	120715	07/2014

Tabela 3 – Grupos experimentais estabelecidos de acordo com o cimento resinoso, unidade ativadora e densidade de energia avaliada

Compósito Resinoso	Grupo	Unidade Fotoativadora	Densidade de energia
Venus	1	BluePhase 16i (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	5 J/cm ²
Venus	2	BluePhase 16i	10 J/cm ²
Venus	3	BluePhase 16i	20 J/cm ²
Venus	4	BluePhase G2 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	5 J/cm ²
Venus	5	BluePhase G2	10 J/cm ²
Venus	6	BluePhase G2	20 J/cm ²
IPS Empress Direct	7	BluePhase 16i	5 J/cm ²
IPS Empress Direct	8	BluePhase 16i	10 J/cm ²
IPS Empress Direct	9	BluePhase 16i	20 J/cm ²
IPS Empress Direct	10	BluePhase G2	5 J/cm ²
IPS Empress Direct	11	BluePhase G2	10 J/cm ²
IPS Empress Direct	12	BluePhase G2	20 J/cm ²
Surefil SDR	13	BluePhase 16i	5 J/cm ²
Surefil SDR	14	BluePhase 16i	10 J/cm ²
Surefil SDR	15	BluePhase 16i	20 J/cm ²
Surefil SDR	16	BluePhase G2	5 J/cm ²
Surefil SDR	17	BluePhase G2	10 J/cm ²
Surefil SDR	18	BluePhase G2	20 J/cm ²

Após a confecção, os espécimes foram armazenados na ausência de luz, a 37°C, por 24 horas.

Análise do Módulo de Elasticidade (*E*) e Resistência à Flexão (*FS*)

A mensuração da resistência à flexão e o módulo de elasticidade foi realizada através do teste de flexão de três pontos, a uma velocidade de 0,5mm/min, em Máquina de Ensaio Universal (Instron, model 4411, Buckinghamshire, England). As dimensões (largura e espessura e comprimento) de cada corpo-de-prova foram inseridas no programa Blue Hill II (Instron, model 4411, Buckinghamshire, England),

para que os cálculos necessários fossem realizados. (Figura 4), os resultados obtidos (E = GPa; FS=MPa), foram tabulados e analisados estatisticamente.

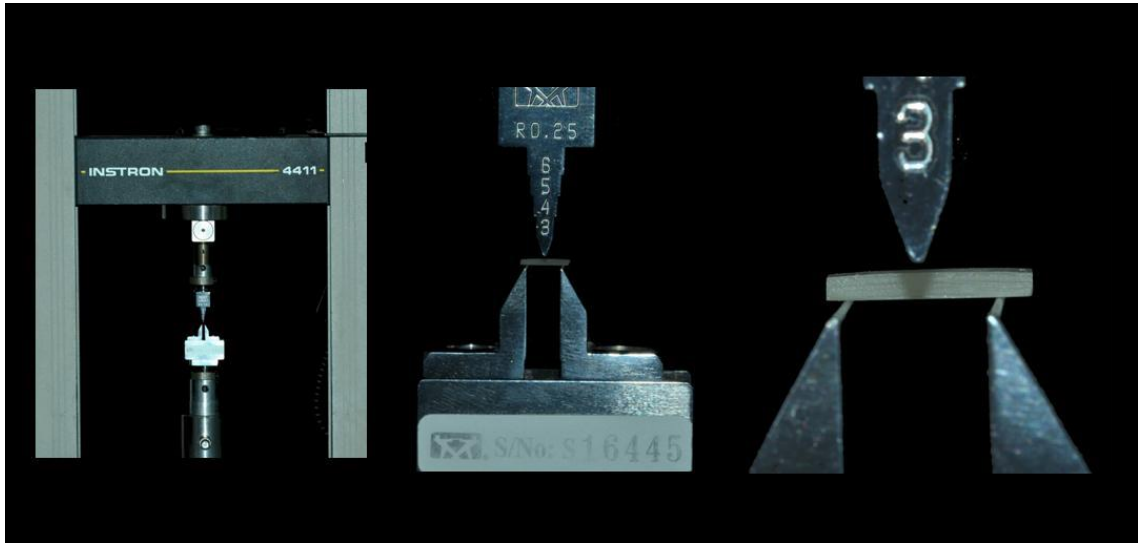


Figura 4. Máquina de ensaio e dispositivo utilizado para o teste de flexão e obtenção do módulo de elasticidade.

Análise Estatística

Após verificação da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias, os dados referentes à todas propriedades avaliadas foram analisados utilizando a Análise de Variância a dois critérios (ANOVA two-way), sendo levados em consideração os fatores “dose de energia” e “unidade fotoativadora” e uma possível interação entre os fatores. O teste de Tukey foi realizado para identificar as diferenças entre os grupos experimentais quando necessário. O nível de significância foi fixado em 5%. Os compósitos resinosos não serão comparados entre si.

5. RESULTADOS

De acordo com o delineamento experimental deste trabalho, foram utilizadas três resinas compostas diferentes, duas fontes de luz e três energias para ativação. No entanto, para efeito de comparação estatística foram levadas em consideração apenas os dois últimos fatores. Não é interesse do trabalho a comparação entre as resinas compostas, mas sim a verificação dos efeitos promovidos pela variação de diferentes fatores relacionados à utilização de fontes de luz LED com diferentes espectros e diferentes quantidades de energia.

Análise da Resistência Flexural

Inicialmente, os dados foram tabulados e analisados para verificação dos parâmetros necessários para utilização da Análise de Variância utilizando o programa estatístico SAS, versão 9.2. Uma vez verificada a normalidade dos dados ou a necessidade de transformação para que houvesse a normalidade dos mesmos, os valores de resistência de união foram analisados pela ANOVA a 2-critérios sendo os fatores principais: "fontes de luz" e "energia". Todas as possíveis interações foram incluídas no modelo. Comparações múltiplas entre as médias foram analisadas pelo teste de Tukey.

As médias e os desvios-padrões obtidos em cada grupo experimental para cada resina estão descritos nas tabelas abaixo.

Tabela 4. Médias (desvio-padrão) dos valores de resistência flexural obtidos de acordo com cada condição experimental (em MPa) para a resina composta Empress Direct (Ivoclar Vivadent).

		Energia (J)		
		5J	10J	20J
Unidade	16i	69,8±9,6Ba	78,4±11,7ABb	90,0±12,4Aa
Fotoativadora	G2	69,1±9,7Ba	95,9±9,8Aa	106,9±4,9Aa

Letras maiúsculas comparam energias utilizadas e letras minúsculas comparam unidades fotoativadoras.

A análise de variância (2-critérios) demonstrou que a interação dupla foi significativa entre os fatores estudados. De acordo com esta interação, pode ser observado apenas para a energia de 10J houve diferença significativa entre as unidades fotoativadoras, sendo que o aparelho Bluephase G2 produziu as maiores médias para esta energia. Quando observamos o comportamento da resina composta dentro da mesma unidade fotoativadora Bluephase 16i percebe-se que é necessária a utilização da maior energia para a obtenção do maior resistência flexural. Quando se observa o aparelho Bluephase G2 nota-se que ao utilizar a energia de 10J o pico do resistência flexural é atingido, não havendo diferença estatisticamente significativa para a energia de 20J.

Tabela 5. Médias (desvio-padrão) dos valores de resistência flexural obtidos de acordo com cada condição experimental (em MPa) para a resina composta Venus (Heraeus-Kulzer).

		Energia (J)		
		5J	10J	20J
Unidade	16i	116,7±15,4Aa	117,2±27,0Aa	81,2±25,6Bb
Fotoativadora	G2	109,4±13,9Aa	137,7±15,0Aa	125,8±23,2Aa

Letras maiúsculas comparam energias utilizadas e letras minúsculas comparam unidades fotoativadoras.

De maneira similar à resina composta anterior a análise de variância (2-critérios) demonstrou que a interação dupla foi significativa entre os fatores estudados. De acordo com esta interação, pode-se observar um efeito similar das luzes para as energias de 5J e 10J. Para a energia de 20J o aparelho Bluephase G2 apresentou maior média. Quando analisado o comportamento da resina composta dentro das energias fornecidas pela mesma unidade de fotoativação, observa-se que para o Bluephase G2 o pico é atingido logo com a energia de 5J e mantém-se constante, para o outro aparelho, a resistência flexural decresce significativamente quando a resina composta é irradiada com 20J.

Tabela 6. Médias (desvio-padrão) dos valores de resistência flexural obtidos de acordo com cada condição experimental (em MPa) para a resina composta SDR Flow (Dentsply).

		Energia (J)			
		5J	10J	20J	
Unidade	16i	124,0±7,8	134,1±19,2	121,1±15,3	A
Fotoativadora	G2	120,5±14,4	127,3±8,2	126,7±12,6	A
		a	a	a	

Letras maiúsculas comparam energias utilizadas e letras minúsculas comparam unidades fotoativadoras.

Para a resina composta SDR Flow, a análise estatística aplicada aos dados, não foi capaz de apontar diferenças significativas nem para as energias utilizadas, nem para as unidades fotoativadoras, fazendo com que o pico da resistência flexural desta resina composta fosse atingido com a menor energia utilizada neste experimento, independente da unidade fotativadora.

Análise do Módulo de Elasticidade

De maneira análoga a análise da resistência flexural, os dados foram tabulados e analisados para verificação dos parâmetros necessários para utilização da Análise de Variância utilizando o programa estatístico SAS, versão 9.2. Uma vez verificada a normalidade dos dados Os valores de resistência de união foram analisados pela ANOVA a 2-critérios sendo os fatores principais: "fontes de luz" e "energia". Todas as possíveis interações foram incluídas no modelo. Comparações múltiplas entre as médias foram analisadas pelo teste de Tukey.

As médias e os desvios-padrões obtidos em cada grupo experimental para cada resina estão descritos nas tabelas abaixo.

Tabela 7. Médias (desvio-padrão) dos valores do módulo de elasticidade obtidos de acordo com cada condição experimental (em GPa) para a resina composta Empress Direct (Ivoclar Vivadent).

		Energia (J)			
		5J	10J	20J	
Unidade	16i	1,7±0,5	1,9±0,3	2,4±0,4	B
Fotoativadora	G2	1,8±0,4	2,6±0,5	3,2±0,6	A
		B	B	A	

Para a resina composta Empress Direct, pode ser observado que os resultados mostraram uma diferença significativa nos módulos de elasticidade obtidos entre as duas unidades fotoativadoras, sendo que os maiores valores foram produzidos com a utilização do aparelho Bluephase G2. Com relação às diferentes energias utilizadas no experimento, observou-se que a energia de 20J também foi responsável pelos maiores valores obtidos.

Tabela 8. Médias (desvio-padrão) dos valores do módulo de elasticidade obtidos de acordo com cada condição experimental (em GPa) para a resina composta Venus (Heraeus-Kulzer).

		Energia (J)			
		5J	10J	20J	
Unidade	16i	2,8±0,7	2,8±0,4	2,3±1,1	B
Fotoativadora	G2	3,4±0,5	3,4±1,0	3,8±0,3	A
		A	A	A	

Tabela 9. Médias (desvio-padrão) dos valores do módulo de elasticidade obtidos de acordo com cada condição experimental (em GPa) para a resina composta SDR Flow (Dentsply).

		Energia (J)			
		5J	10J	20J	
Unidade	16i	3,6±0,6	3,5±0,7	3,0±0,3	B
Fotoativadora	G2	3,5±0,1	4,4±0,2	4,3±0,5	A
		A	A	A	

Ao analisar os resultados obtidos utilizando as duas unidades fotoativadoras e as diferentes energias propostas, é possível notar que o comportamento destas resinas compostas (Venus e SDR Flow) foi exatamente igual à resina composta anterior. Houve diferença entre os módulos de elasticidade obtidos quando utilizadas fontes de luz com características diferentes e que o módulo de elasticidade atingiu o pico máximo, neste estudo, apenas com a entrega da energia de 20J.

6. DISCUSSÃO

Na prática clínica, diversas são as possibilidades para que as restaurações diretas possam ser executadas. Neste sentido, a indústria produz a cada ano inovações que irão alterar a forma como o cirurgião-dentista pode realizar o atendimento dos seus pacientes. Assim, a algum tempo, desde que os procedimentos estéticos vem ganhando força e notoriedade sendo explorados no nosso cotidiano através das diferentes mídias, a restauração de dentes clareados produziu a necessidade de novos avanços na área da Odontologia.

Isto aconteceu uma vez que o principal fotoiniciador dos compósitos resinosos ou dos mais variados agentes de fixação, a canforoquinona, poderia interferir na coloração final destes compósitos que necessitam de uma coloração mais clara. Assim, iniciou-se uma busca por fotoiniciadores alternativos, no entanto, estes eram ativados em outros comprimentos de onda diferentes do pico de absorção da canforoquinona. A partir de tal constatação, a indústria, comparando os espectros emitidos pelas luzes halógenas e pelas luzes LED percebeu a necessidade de ampliar o espectro de luz dos aparelhos LED, aparecendo as unidades com amplo espectro. A construção destes aparelhos passou por algumas alterações, incorporando diferentes diodos emissores de luz para que o espectro pudesse ser aumentado.

Diante disso, o propósito do presente estudo foi avaliar o efeito de unidades com amplo espectro e banda estreita em propriedades mecânicas selecionadas de diferentes compósitos resinosos, utilizando diferentes doses de energia. Isto se torna necessário, uma vez que estas luzes foram desenvolvidas para ativar resinas compostas que também apresentam iniciadores alternativos à canforoquinona, no

entanto, pouco é sabido a respeito dos efeitos destas unidades LED de amplo espectro sobre os compósitos convencionais.

Durante o experimento pode ser verificado que cada resina composta apresentou um comportamento diferente dependendo da propriedade mecânica avaliada, isto pode ser justificado pelas diferentes formulações utilizadas por cada fabricante. Variações nas quantidades de monômeros diluentes nas diferentes resinas compostas poderão produzir diferentes comportamentos na formação da cadeia polimérica. Para o compósito Empress Direct observou-se que a resistência flexural obtida com 10J de energia foi maior quando o compósito foi ativado com o Bluephase G2, tal fato pode ter acontecido apesar do pico do LED de 2ª geração coincidir com o pico de absorção da canforoquinona (468 nm), o amplo espectro de comprimento de onda emitido pela unidade multi-onda pode ter excitado maior número de moléculas do fotoiniciador, acarretando maior formação de radicais, favorecendo a conversão polimérica. De acordo com as especificações do fabricante, não há menção de fotoiniciadores alternativos à CQ na composição deste compósito. Quando levadas em consideração apenas as energias pode-se notar que o pico da resistência flexural é atingido utilizando a energia de 10J, que é similar estatisticamente à energia de 20J. Apesar de ser entregue o dobro da energia, tal resultado pode ser explicado pelo possível travamento das cadeias poliméricas dificultando o aumento da formação das ligações cruzadas que poderia fazer com que os valores de resistência flexural pudessem ser aumentados.

Para o compósito Venus, a resistência flexural obtida para a energia de 20J utilizando o LED Bluephase 16i apresentou os valores mais baixos tanto para as energias ou quando comparado com o aparelho de amplo espectro. Uma hipótese que pode ser levantada é com relação a um alto desenvolvimento de tensões de

contração intrínsecas ao material, que poderiam tê-lo tornado extremamente friável. Frente a estes resultados, uma possível re-análise pode ser conveniente para verificarmos esta hipótese. Já o módulo de elasticidade obtido quando o compósito foi ativado com a unidade de amplo espectro foi maior quando comparado com a unidade de banda estreita, esta rigidez maior poder ter sua explicação na maior variedade da emissão de fótons do primeiro aparelho, independente da energia utilizada.

Finalmente, para o compósito SDR-Flow, este apresenta características diferentes dos compósitos anteriores. Sua viscosidade é bastante diminuída quando comparada às outras resinas. No entanto, isto não traduziu um aumento dos valores de resistência flexural a medida que houve um aumento na energia entregue pela possível maior mobilidade das cadeias poliméricas. Aparentemente, ocorre uma rápida polimerização do compósito estabilizando as propriedades mecânicas avaliadas. De maneira similar à resina Venus e Empress Direct, o módulo de elasticidade apresentou maior valor quando o aparelho amplo espectro foi utilizado. Assim, apesar de energias similares entregues pelos dois aparelhos, a variedade dos comprimentos de onda, novamente podem ter interferido no comportamento dos compósitos.

7. CONCLUSÕES

De acordo com a análise dos dados e a análise estatística aplicada, pode ser concluído que:

1. Os diferentes tipos de unidades fotoativadoras (banda estreita ou amplo espectro) das resinas compostas podem influenciar nas propriedades mecânicas estudadas.
2. As doses de energia poderão alterar significativamente o resultado das propriedades, sendo necessário, por segurança a utilização das doses mais altas para garantir propriedades desejáveis dos compósitos.
3. Pôde ser observado que a unidade de amplo espectro produziu efeitos similares ou maiores a unidade de banda estreita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arrais CA, Pontes FM, Santos LP, Leite ER, Giannini M (2007). Degree of conversion of adhesive systems light-cured by LED and halogen light. *Braz Dent J* 18(1):54-59.

Carvalho AP, Turbino ML (2005). Analysis of the microtensile bond strength to enamel of two adhesive systems polymerized by halogen light or LED. *Pesqui Odontol Bras* 19(4):307-311.

Dunn WJ, Taloumis LJ (2002). Polymerization of orthodontic resin cement with light-emitting diode curing units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 122(3):236-241.

Faria-e-Silva AL, Lima AF, Moraes RR, Piva E, Martins LR (2010). Degree of conversion of etch-and-rinse and self-etch adhesives light-cured using QTH or LED. *Oper Dent* 35(6):649-654.

Gaglianone LA, Lima AF, Goncalves LS, Cavalcanti AN, Baggio Aguiar FH, Marchi GM (2012a). Mechanical properties and degree of conversion of etch-and-rinse and self-etch adhesive systems cured by QTH and LED. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*.

Gaglianone LA, Lima AF, Napoleao de Araujo LS, Cavalcanti AN, Marchi GM (2012b). Influence of different shades and LED irradiance on the degree of conversion of composite resins. *Braz Oral Res*.

Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH (2000). Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater* 16(1):41-47.

Jimenez-Planas A, Martin J, Abalos C, Llamas R (2008). Developments in polymerization lamps. *Quintessence Int* 39(2):e74-84.

Lima AF, Soares GP, Vasconcellos PH, Ambrosano GM, Marchi GM, Lovadino JR et al. (2011). Effect of surface sealants on microleakage of Class II restorations after thermocycling and long-term water storage. *J Adhes Dent* 13(3):249-254.

Lima AF, de Andrade KM, da Cruz Alves LE, Soares GP, Marchi GM, Aguiar FH et al. (2012). Influence of light source and extended time of curing on microhardness and degree of conversion of different regions of a nanofilled composite resin. *Eur J Dent* 6(2):153-157.

Santini A, Miletic V, Swift MD, Bradley M (2012). Degree of conversion and microhardness of TPO-containing resin-based composites cured by polywave and monowave LED units. *J Dent*.

Usumez A, Ozturk N, Ozturk B (2005). Two-year color changes of light-cured composites: influence of different light-curing units. *Oper Dent* 30(5):655-660.