



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Odontologia

Glauco Botelho dos Santos

**Influência da transmitância de luz na profundidade de
polimerização de compósitos fotoativáveis**

Rio de Janeiro

2008

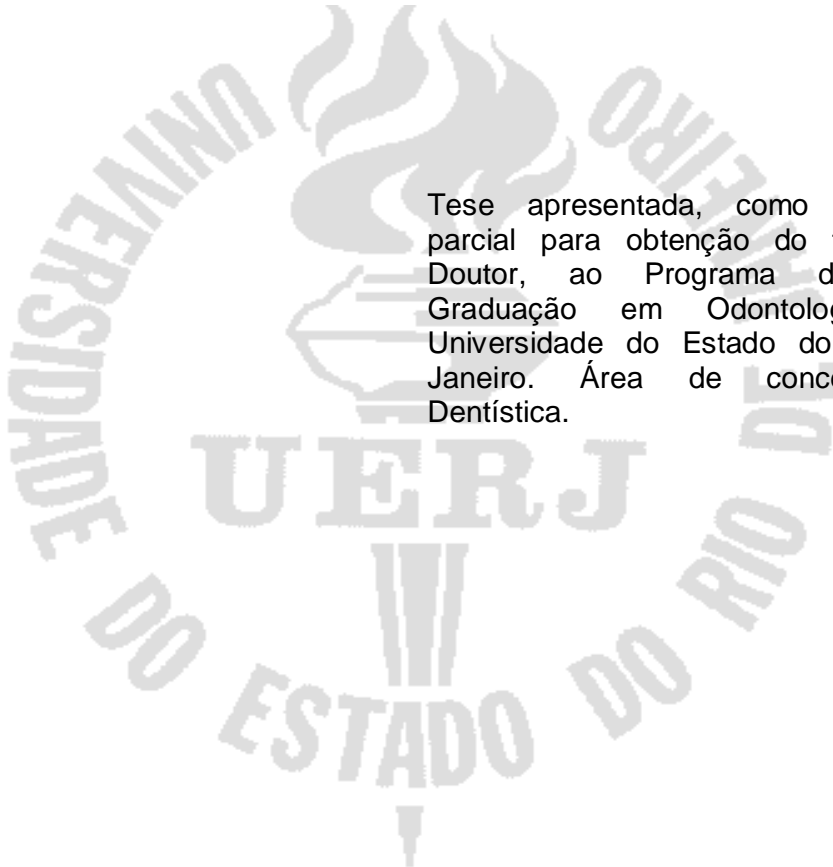
Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Glauco Botelho dos Santos

**Influência da transmitância de luz na profundidade de polimerização de
compósitos fotoativáveis**



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Dentística.

Orientadores: Prof. Dr. Hélio Rodrigues Sampaio Filho e Carlos Eduardo Fellows

Rio de Janeiro

2008

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CBB

S237 Santos, Glauco Botelho dos,
Influência da transmitância de luz na profundidade de
polimerização de compósitos fotoativáveis / Glauco Botelho dos
Santos. – 2008.
84 f.

Orientador: Hélio Rodrigues Sampaio Filho.
Co-orientador: Carlos Eduardo Fellows.
Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Faculdade de Odontologia.

1. Luz (Odontologia) - Transmissão. 2. Polimerização. 3.
Compósitos poliméricos. 4. Materiais dentários. I. Sampaio Filho,
Hélio Rodrigues. II. Fellows, Carlos Eduardo. III. Universidade do
Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia. V. Título.

CDU
616.314

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou
parcial desta tese.

Assinatura

Data

Glauco Botelho dos Santos

Influencia da transmitância de luz na profundidade de polimerização de compósitos fotoativáveis

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Dentística.

Aprovada em 10 de outubro de 2008.

Orientadores:

Prof. Dr. Hélio Rodrigues Sampaio Filho
Faculdade de Odontologia da UERJ

Prof. Dr. Carlos Eduardo Fellows
Instituto de Física da UFF

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Moreira da Silva
Faculdade de Odontologia da UFF

Prof. Dr. Mário Fernando de Góes
Faculdade de Odontologia da Unicamp

Prof. Dr. Walter Gomes Miranda Júnior
Faculdade de Odontologia da USP

Prof. Dr. Paulo Eduardo Gomes de Almeida Campos
Faculdade de Odontologia da UERJ

Prof. Dr. Mauro Sayão de Miranda
Faculdade de Odontologia da UERJ

Rio de Janeiro
2008

DEDICATÓRIA

À Deus, sem ele não chegaria tão longe.

A minha esposa **Juliana** e aos meus filhos **Arthur** e **Davi**, cujo amor, incentivo e paciência constantes possibilitaram mais esta conquista em nossas vidas.

Ao meu pai **Astério**, meu primeiro mestre, melhor amigo e maior exemplo de dedicação, que nunca mediu esforços no sentido de priorizar minha educação e a de meus irmãos.

A minha mãe **Ana Maria** pelos ensinamentos, amor e apoio incondicional.

Aos meus irmãos **Leandro** e **Danilo** por toda união que temos, amo vocês.

À **Tânia** pelo carinho e exemplo de desprendimento, sempre foi e sempre será muito importante para mim.

A minha avó **Gina** pelo imenso amor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu amigo e co-orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo Fellows pelo envolvimento, paciência e bom humor, especialmente durante a orientação.

Ao Prof. Dr. Hélio Rodrigues Sampaio Filho, um amigo que fiz nessa jornada, pela orientação, interesse e grande senso clínico.

Ao Prof. Dr. Mauro Sayão de Miranda por todos os conhecimentos transmitidos.

À Professora Dra. Kátia Regina Hostilio Dias Cervantes, verdadeira líder desta equipe, carinhosa, educada com todos e com um bom humor extremo.

Aos professores da Disciplina de Dentística da FOUFF, Laiza Poskus, Alexandre Barcellos, Eduardo Moreira, José Guilherme, Fernando Paragó e Jaime Noronha. Por possibilitarem a realização desse curso, me incentivando, me substituindo quando necessário e torcendo por mim.

Aos amigos Raphael Monte Alto e Gustavo de Oliveira Santos pela amizade sincera e incentivos constantes.

Ao grande amigo Prof. Dr. José Guilherme Antunes Guimarães, sem sua ajuda despretensiosa e sugestões finais, esse trabalho não teria terminado.

Ao Prof. Dr. Eduardo Moreira da Silva, amigo que me inspirou na carreira docente, exemplo de pessoa determinada e, acima de tudo, sincero.

Aos amigos da turma de doutorado Ana Paula Kalix, Carlos Sampaio, César Perez, João Duarte e Lucilei Bonato, e todos os amigos da pós-graduação pela amizade e convívio desses anos.

Ao Prof. Dr. Ivo Carlos Correa por ter cedido os espectros dos aparelhos fotoativadores.

Aos funcionários da Pós-Graduação, Denise, Antonio e Jose Carlos pela presteza em ajudar sempre.

RESUMO

Santos, Glauco Botelho dos. *Influência da transmitância de luz na profundidade de polimerização de compósitos fotoativáveis*. 2008. 84f. (Tese em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro, 2008.

Os objetivos deste trabalho foram: (1) avaliar a transmitância de luz de compósitos com diferentes espessuras, em função do comprimento de onda, (2) determinar a profundidade de penetração de luz em função do comprimento de onda, e (3) avaliar a profundidade de polimerização dos compósitos quando fotoativados por duas fontes ativadoras. Para o teste de transmitância foram utilizados dois compósitos (Filtek Z250, cor A2 e Filtek Supreme XT, cor A2E) e seis diferentes espessuras (0,15; 0,25; 0,30; 0,36; 0,47 e 0,75 mm). Os ensaios ocorrem antes e após a fotoativação utilizando um espectrofotômetro UV-visível, na faixa de comprimento de onda entre 400 e 800nm. A profundidade de penetração de luz foi determinada a partir da análise dados de transmitância dos espécimes com 0,15 mm de espessura. A profundidade de polimerização foi determinada para duas fontes ativadoras: uma de luz halógena (Optilux 501 - Demetron) com 25s de irradiação e 20 s de irradiação para fonte LED (Radii – SDI). Os espécimes foram confeccionados com as dimensões de ISO 4049: 4,0 x 6,0 mm (n=5). Os mesmos espécimes foram submetidos ao teste de microdureza Knoop realizados na superfície irradiada e a cada 1,0 mm até 3,0 mm de profundidade. Foram observadas diferenças na transmitância de luz entre os dois compósitos e entre as condições polimerizado e não polimerizado de cada compósito. O compósito Filtek Supreme XT não polimerizado apresentou menor transmitância que o compósito Filtek Z250, na mesma condição, em comprimentos de onda mais baixos. O contrário foi observado para comprimentos de onda maiores. Os dois compósitos apresentaram maior profundidade de penetração de luz após a polimerização este aumento foi mais acentuado no compósito Filtek Supreme XT. Os valores de profundidade de polimerização e de microdureza Knoop foram maiores para o compósito Filtek Z250 e para fonte de luz halógena. Para ambos compósitos, os valores de microdureza decresceram com o aumento da profundidade. A profundidade de polimerização pode ser afetada pelas características de transmitância de luz dos compósitos.

Palavras-chave: Luz (Odontologia) - Transmissão. Polimerização. Compósitos poliméricos. Materiais dentários.

ABSTRACT

The purposes of this study was: (1) to examine the light transmittance characteristics of two light-cured resin composites, for different thickness, as a function of the wavelength. (2) to determine the penetration depth of the light, as a function of the wavelength, and (3) to evaluate the polymerization depth of resin composites submitted to two curing sources, by analyzing the depth of cure and Knoop hardness number. Two resin composites (Filtek Z250, shade A2 and Filtek Supreme XT, shade A2E) were used. Specimens of six different thicknesses (0.15, 0.25, 0.30, 0.36, 0.47 and 0.75 mm). The transmittance at wavelengths from 400 to 800nm was measured using a UV-visible spectrophotometer, before and after light polymerization. Transmittance data of 1.5 mm thickness was used to determine the penetration depth of the light, as a function of the wavelength. For depth of cure, two curing sources were employed: a halogen light source (Optilux 501 - Demetron) with 25 s of exposure time and a 20 s exposure time for a LED (Radii - SDI). Specimens were prepared using ISO 4049 dimensions: 4.0 x 6.0 mm (n=5). The same samples were submitted to Knoop hardness test, so that measurements were performed at the irradiated surfaces and at each 1.0 mm, up to 3.0mm of depth. Significant differences were found in the wavelength dependence of transmittance between the two materials, and between the unpolymerized and polymerized stages of each resin composite. Before polymerization, at lower wavelengths, the light transmittance of the Filtek Supreme XT resin composite was lower than the Filtek Z250. At the higher wavelengths, however, Filtek Supreme XT presented higher light transmittance. For both resin composites, the penetration depth was higher after polymerization. However, Filtek Supreme XT showed a higher gain in penetration depth at the 0.15 mm thickness. Depth of cure and Knoop hardness numbers was higher for Filtek Z250 and for halogen light source. Knoop hardness numbers decreased with increasing depths. The difference in light transmittance characteristics of the resin composites may affect their depth of cure.

Keywords: Light (Dentistry). Transmission. Polymerization. Composite resin. Dental materials.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Desenho esquemático dos componentes básicos para avaliação de transmitância de luz em espectrofotômetro.....	20
Figura 2 -	Esquema da atenuação da irradiância em uma amostra.....	21
Figura 3 -	Diminuição da irradiância em função da profundidade percorrida pela luz.....	21
Figura 4 -	Matriz (0,15 mm de espessura) e lâminas de vidro para teste de transmitância.....	53
Figura 5 -	Inserção de compósito na matriz apoiada sobre uma lâmina.....	53
Figura 6 -	Matriz preenchida por compósito e coberta por lâmina de vidro.....	53
Figura 7 -	Fotoativação do corpo-de-prova para ensaio de transmitância.....	53
Figura 8 -	Corpo-de-prova posicionado no interior do espectrofotômetro para ensaio de transmitância.....	54
Figura 9 -	Espectros de irradiância e linhas base para as duas fontes ativadoras.....	57
Figura 10 -	Matriz de PVC para profundidade de polimerização.....	58
Figura 11 -	Inserção de compósito na matriz de profundidade de polimerização.....	58
Figura 12 -	Matriz preenchida de compósito e coberta com fita de poliéster.....	58
Figura 13 -	Fotoativação do corpo-de-prova para ensaio de profundidade de polimerização.....	58
Figura 14 -	Remoção da porção não polimerizada de compósito....	58
Figura 15 -	Mensuração do comprimento da porção polimerizada..	58
Figura 16 -	Corpos-de-prova para ensaio de microdureza Knoop...	59

Figura 17 - Transmitância (%) em função da espessura (mm) e do comprimento de onda (nm), para o compósito Filtek Z250, antes e após polimerizado.....	61
Figura 18 - Transmitância (%) em função da espessura (mm) e do comprimento de onda (nm) para o compósito Filtek Supreme XT, antes e após polimerizado.....	62
Figura 19 - Taxa percentual de transmissão de energia luminosa dos compósitos estudados.....	63
Figura 20 - Percentual de transmitância das seis espessuras ensaiadas do compósito Filtek Supreme XT para um comprimento de onda de 500 nm.....	64
Figura 21 - Profundidade de penetração (mm) do compósito Filtek Z250 em função do comprimento de onda.....	65
Figura 22 - Profundidade de penetração (mm) do compósito Filtek Supreme XT em função do comprimento de onda.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Lista de compósitos empregados no trabalho.....	50
Quadro 2 -	Fontes ativadoras avaliadas no trabalho.....	51
Quadro 3 -	Materiais, equipamentos e dispositivos utilizados no trabalho.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Análise de variância para os fatores fonte ativadora e compósito.....	66
Tabela 2-	Médias e desvios padrão referentes à profundidade de polimerização correspondentes ao fator compósito.....	66
Tabela 3-	Médias e desvios padrão referentes à profundidade de polimerização correspondentes ao fator fonte ativadora.....	67
Tabela 4-	Análise de variância para interação <i>fonte ativadora X compósito</i>	67
Tabela 5-	Médias e desvios padrão correspondentes à interação <i>fonte ativadora X compósito</i>	67
Tabela 6-	Análise de variância da microdureza Knoop.....	68
Tabela 7-	Médias e desvios padrão referentes à microdureza Knoop correspondentes ao fator compósito.....	68
Tabela 8-	Médias e desvios padrão referentes à microdureza Knoop correspondentes ao fator fonte ativadora.....	69
Tabela 9-	Médias e desvios padrão referentes à microdureza Knoop (kgf/mm ²) correspondentes ao fator profundidade e contrastes* (médias com letras distintas indicam diferenças estatísticas).....	69
Tabela 10-	Médias e desvios padrão de microdureza Knoop (kgf/mm ²) correspondentes à interação <i>fonte ativadora X compósito</i> e contrastes* (médias com mesmas letras são semelhantes).....	70
Tabela 11-	Médias e desvios padrão (D.P.) de microdureza Knoop (kgf/mm ²) correspondentes à interação <i>compósito X profundidade</i> e contrastes* (médias com letras iguais são semelhantes).....	70
Tabela 12-	Médias e desvios padrão (D.P.) de microdureza Knoop (kgf/mm ²) correspondentes à interação <i>fonte ativadora X profundidade</i> e contrastes* (médias com letras iguais são semelhantes).....	71

Tabela 13-	Médias e desvios padrão (D.P.) de microdureza Knoop (kgf/mm ²) correspondentes à interação <i>fonte ativadora X compósito X profundidade e contrastes*</i> (médias com letras iguais são semelhantes).....	71
------------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bis-EMA	Bis-fenol Etil Metacrilato
Bis-GMA	Bis-fenol A Glicidil Metacrilato
cm	Centímetro
FTIR	Fourier Transformed Infrared- Infravermelho com Transformada de Fourier
h	Hora
g	Gramma
J/cm ²	Joule por centímetro quadrado
kgf/mm ²	Kilograma força por milímetro quadrado
LED	Light emitted diode- Diodo emissor de luz
LASER	Light amplification by stimulated emission of radiation- amplificação da luz por emissão estimulada de radiação
mJ/cm ²	mili Joule por centímetro quadrado
mm	Micrômetro
mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal
mW/cm ²	mili Watts por centímetro quadrado
N	Newton
NDK	Número de dureza Knoop – Knoop hardness number
nm	Nanômetro
PVC	Poli cloreto de vinila
s	Segundo
SiC	Carbeto de silício
TEGDMA	Trietileno glicol dimetacrilato

Tg	glass transition temperature-Temperatura de transição vítrea
UDMA	Uretano dimetacrilato
UV	Ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentual
°C	Graus Celsius
°	Graus

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	17
1	REVISÃO DA LITERATURA.....	19
1.1	Propagação da luz.....	19
1.2	Profundidade de polimerização.....	26
2	PROPOSIÇÃO.....	49
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3.1	Material.....	50
3.2	Métodos.....	53
3.2.1	<u>Análise da transmitância de luz.....</u>	53
3.2.2	<u>Análise da profundidade de penetração de luz.....</u>	55
3.2.3	<u>Determinação da profundidade de polimerização.....</u>	56
3.2.4	<u>Determinação do número de dureza Knoop.....</u>	59
3.2.5	<u>Análises estatísticas.....</u>	60
4	RESULTADOS.....	61
4.1	Transmitância de luz.....	61
4.2	Profundidade de penetração de luz.....	63
4.3	Profundidade de polimerização.....	66
4.4	Microdureza Knoop.....	68
5	DISCUSSÃO.....	72
6	CONCLUSÕES.....	77
	REFERÊNCIAS.....	78

INTRODUÇÃO

Desde a introdução dos compósitos odontológicos na prática clínica, muitos avanços ocorreram permitindo a indicação deste material para solução de muitas situações ^{1,2}. Uma das etapas mais representativas da evolução foi o desenvolvimento de fontes luminosas utilizadas para desencadear a reação de polimerização dos materiais compósitos ³. A primeira fonte de luz empregada foi a ultravioleta. No entanto, este tipo de luz apresentou limitada profundidade de polimerização dos compósitos levando à substituição desse tipo de fonte pelos atuais fotoativadores de lâmpada halógena, obtendo-se uma sensível melhoria na profundidade de polimerização desses materiais ^{4,5}. Esse tipo de fonte ativadora permite que a reação de polimerização atinja áreas mais profundas e com maior grau de conversão monomérica, melhorando sensivelmente as propriedades mecânicas do material e ampliando suas indicações.

As vantagens advindas das luzes halógenas difundiram esse tipo de fonte ativadora que hoje é o mais empregado em todo mundo. Mesmo assim há uma considerável diferença entre o grau de conversão obtido na superfície irradiada, próximo à fonte de luz ativadora, e nas camadas mais profundas ⁶. Clinicamente, a polimerização insuficiente dessas camadas pode levar à lixiviação de monômeros potencialmente irritantes às mucosas e à polpa dental, microinfiltrações marginais, sensibilidade pós-operatória e redução das propriedades mecânicas do compósito ^{7,8,9,10}. Os componentes das lâmpadas halógenas (bulbo, refletor e filtro) sofrem degradação em função do tempo devido às altas temperaturas às quais são submetidos. Tal degradação provoca queda na intensidade de luz emitida, gerando polimerização insuficiente, pobres propriedades mecânicas e aumentando a possibilidade de falhas prematuras nas restaurações ¹¹.

Ultimamente, uma nova fonte de luz, o LED (light emission diode - diodo emissor de luz) vem provando ser mais um efetivo recurso para ativação apresentando um maior tempo de vida útil que as lâmpadas halógenas e emitindo luz em uma faixa mais restrita comprimento de onda que coincide com o espectro de

absorção da canforoquinona, o fotoiniciador presente na grande maioria dos compósitos restauradores^{12,13}.

As propriedades mecânicas de um compósito de uso odontológico são diretamente influenciadas pelo grau de conversão monomérico¹⁴. Considerando este ponto de vista, após a fotoativação, para a melhoria das propriedades mecânicas, é necessário que haja conversão total de monômero em polímero. No entanto o grau de conversão observado se quer se aproxima de 100% na superfície diretamente irradiada por fotoativadores¹⁵, e sempre apresenta redução com o aumento da profundidade¹⁶. Durante o processo de fotoativação, a luz que passa pelo compósito sofre absorção e espalhamento, atenuando a irradiância da luz e provocando diminuição em sua efetividade^{17,18}. A profundidade de polimerização também pode ser influenciada pela irradiância de luz¹⁹, tempo de exposição^{20,21} e outros fatores como a composição do material⁹, cor do compósito²² e translucidez^{6,23}. O fator mais importante que limita a profundidade de polimerização é espalhamento de luz e este é maior quando a partícula de carga apresenta tamanho próximo da metade do tamanho do comprimento de onda emitido pela unidade fotoativadora²⁴.

Outros fenômenos ópticos são importantes para entender a transmissão de luz através dos compósitos. Uma parte considerável da luz que irradia a superfície dos compósitos é refletida. A parte que penetra deve difundir-se o mais longe possível para excitar o fotoiniciador iniciando a polimerização. No entanto a extensão do caminho que a luz vai percorrer depende do não só do coeficiente de absorção como também do grau de espalhamento da luz pelos componentes dos compósitos.^{11,25,26,27}. Nesta linha de raciocínio, é de fundamental importância o estudo da profundidade de penetração da luz, sendo esta o inverso do coeficiente de absorção²⁸.

Trabalhos mais recentes têm demonstrado desvantagens das fontes do tipo LED em relação às fontes de luz halógena, no que diz respeito à profundidade de polimerização^{26,29}.

A literatura ainda não mostra claramente evidências sobre a eficiência da fonte ativadora LED, quanto à forma de propagação da luz em compósitos e o efeito causado na profundidade de polimerização.

1 REVISÃO DA LITERATURA

1.1 Propagação da luz

A propagação de luz é um importante fator que pode influenciar de forma decisiva no sucesso de um procedimento restaurador ^{25,26}. Uma das metodologias mais empregadas para a avaliação da propagação de luz em compósitos restauradores é a espectrofotometria de absorção ³⁰. De forma simplificada o aparelho consiste de uma fonte de luz para emissão de energia luminosa que atravessa o material estudado. A luz que atravessa o espécime passa por um prisma ou monocromador selecionando a luz transmitida em função do comprimento de onda, e sensibiliza diodos detectores gerando um espectro de transmissão de luz em função do comprimento de onda ³¹ (Figura 1). Trata-se do mesmo princípio empregado para avaliar a concentração de determinada substância em uma amostra. Quanto maior a absorção de luz, em cada comprimento de onda, menor é a taxa de transmissão e maior é a concentração da referida substância na amostra. A avaliação da concentração se dá através da relação entre a luz transmitida na presença da amostra e na ausência da mesma ³⁰.

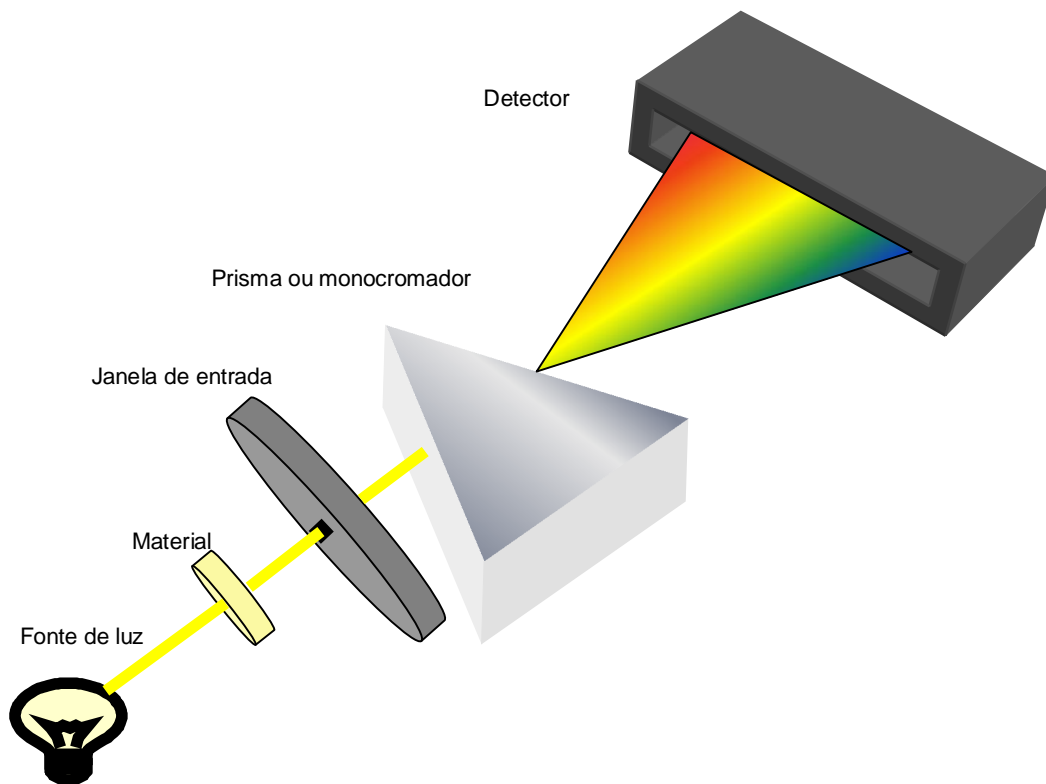


Figura 1 - Desenho esquemático dos componentes básicos para avaliação de transmitância de luz em espectrofotômetro.

Existem teorias físicas, como a de Kubelka-Munk, que expressam matematicamente as propriedades óticas de reflexão e transmissão de energia luminosa, em função da espessura do material estudado para cada comprimento de onda, no espectro visível. A teoria de Kubelka-Munk, por exemplo, permite que a partir da análise da transmitância e da reflectância da luz em uma determinada espessura de compósito, sejam determinadas as constantes de absorção e espalhamento do material e assim calcular a transmitância para quaisquer outras espessuras do referido material, dentro de uma faixa de espessuras ³².

Miyakawa ³² explicou o coeficiente de absorção de forma razoavelmente simples: Supondo que uma certa quantidade de radiação luminosa P_0 atravesse uma região contendo um material de concentração c , percorrendo uma determinada distância z , como mostra a figura abaixo.

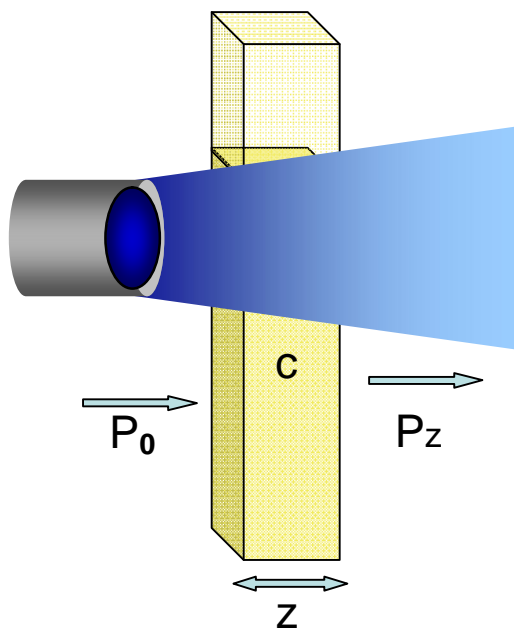


Figura 2 - Esquema da atenuação da irradiância em uma amostra.

Após percorrer a distância z , a irradiância emergente P_z , será menor que P_0 . A diferença entre a radiação emergente e a radiação incidente será negativa (pois houve perda de irradiância no trajeto), e será diretamente proporcional à concentração c e ao caminho z .

Quando um feixe de luz incide sobre uma amostra (Figura 3), seja ela biológica ou não, uma parte é refletida pela superfície e a outra penetra. A parte que penetra, sofre uma atenuação por absorção e por espalhamento à medida que caminha dentro do material.

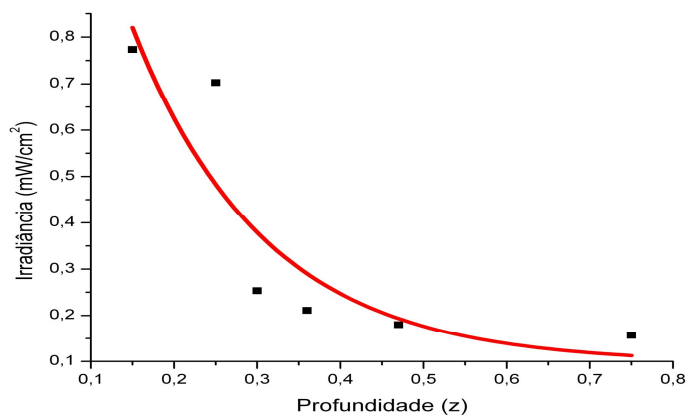


Figura 3 – Diminuição da irradiância em função da profundidade percorrida pela luz.

Os fenômenos de absorção e espalhamento são caracterizados pelos coeficientes de absorção (μ_a) e de espalhamento (μ_e) que representam, respectivamente, a taxa de perda de energia da radiação por unidade de comprimento de penetração, devido a absorção e ao espalhamento de fótons. Esses dois coeficientes são específicos para cada material e para cada comprimento de onda²⁵.

Por simplicidade, pode-se considerar uma fusão entre as constantes μ_a e μ_e , meio absorvedor e espalhador, em uma constante que represente a atenuação de luz em função da distância percorrida, μ . Nessa condição a atenuação do feixe luminoso pode ser descrita pela Lei de Beer-Lambert, de acordo com a equação 1:

$$P(z) = P_0 e^{-(\mu_a + \mu_e)z} = P_0 e^{-\mu z} \quad (1)$$

onde $P(z)$ é a intensidade do feixe em função da distância z , P_0 é a irradiância para $z=0$ e a letra e representa o número Neperiano.

Alguns trabalhos científicos na área da odontologia restauradora preocuparam-se em observar a propagação da luz em compósitos odontológicos bem como os fatores que podem influenciar este fenômeno.

Yeh, Miyagawa e Powers³³ avaliaram a influência das variações de cor e de espessura na opacidade de dois compósitos de ativação química. O primeiro foi o Concise (3M) macroparticulado nas cores universal, yellow, dark yellow, gray, light, translucet e opaque o outro foi o Silar (3M) microparticulado, nas cores yellow, dark yellow, gray, light. As medições foram realizadas em um espectrofotômetro UV-visível na faixa de 405 a 700 nm. As constantes óticas de absorção, espalhamento e refletividade foram obtidas, para 1,2 mm de espessura, para os dois compósitos, demais espessuras foram obtidas com a interposição dos discos de compósito com 1,2 mm. A partir da equação de Kubelka-Munk foi determinado o grau de opacidade para espessuras infinitas dos compósitos, em função do comprimento de onda (intervalos de 5nm, dentro da faixa estudada). Os resultados demonstraram que a cor e a espessura influenciam na opacidade dos compósitos. Quanto maior a espessura maior a opacidade. O compósito Concise apresentou maior opacidade que o Silar.

Campbell, Johnston e O'Brien³⁴ estudaram o espalhamento de luz em uma resina experimental de polimetilmetacrilato sem carga e adicionada de partículas de quartzo com diferentes concentrações (5, 10, 15 e 20%), forma (granular ou em forma de pequenas fibras) e tamanho (3,3, 3,9, 9,2 e 15 μm em média). Os espécimes tinham 25,4 mm de diâmetro e 3,2 mm de espessura e foram submetidas ao teste de reflectância em um espectrofotômetro. Os espécimes de resina sem carga apresentaram sempre os menores valores de espalhamento de luz quando comparado a resina com adição de carga. Quanto menor o tamanho das partículas e maior a concentração das mesmas, maior o espalhamento de luz apresentado pelos espécimes.

Suzuki *et al.*³⁵ avaliaram a influência da adição de partículas inorgânicas de dióxido de silício associado ao dióxido de titânio (TiO_2 - SiO_2) em resinas experimentais com diferentes concentrações de TEGDMA e BisGMA. De acordo com os autores essa partícula apresenta índice de refração da luz próximo ao índice de refração da luz da fase orgânica do compósito de modo a favorecer a transmitância da luz pelo material. O índice de refração das diferentes combinações foi aferido por um refratômetro e a transmitância por um espectrofotômetro UV-visível. Os resultados demonstraram que a adição de partículas de TiO_2 - SiO_2 é associada à adição de TiO_2 o valor do índice de refração da luz aproxima-se do valor obtido pela fase orgânica aumentando de forma considerável a transmitância de luz. Quanto maior a adição de partículas livres de TiO_2 , menor a transmitância do compósito experimental.

Kawaguch, Fukushima e Miyazaki³⁶ estudaram o efeito do espalhamento na transmissão da luz em compósitos, antes e após a fotoativação. Os autores avaliaram o coeficiente de transmissão e a profundidade de polimerização de oito compósitos (*Silux Plus*, *Clearfil Photo Posterior*, *Photo Clearfil*, *P50*, *Opalux*, *Occlusin*, *Palfique Light*, *Palfique Estelite*). Determinaram o coeficiente de transmissão utilizando um radiômetro para as várias cores de compósitos. Os resultados revelaram que houve uma significativa correlação entre o coeficiente de transmissão e a profundidade de polimerização para as diferentes cores, menos para o compósito híbrido P50. Os materiais de micropartículas apresentaram coeficiente de transmissão menor do que os híbridos e os microhíbridos. Foram observados maiores valores de profundidade de polimerização para as em cores mais claras (XL, L e INC) de compósito.

Arikawa *et al.*³⁷ avaliaram a transmitância de luz, na faixa de 400 a 700 nm, utilizando molde com 12 mm de diâmetro e 0,7; 1,2; 2,2 e 3,2 mm de altura preenchido com as resinas: microparticulada Silux Plus (3M), nas cores universal, cinza, cinza escuro, amarelo, amarelo escuro e amarelo-marrom, e híbrida Lite-Fill IIA (Shofu), nas cores A3, A3,5, B3, B4 e C3. Os espécimes foram fotoativados e polidos com lixa até obterem a altura final de 0,5, 1,0, 2,0 e 3,0. Os autores observaram menor transmitância para os espécimes mais altos, para os menores comprimentos de onda e para o compósito microparticulado. As cores mais claras apresentaram melhores valores de transmitância em 470 nm, porém isso nem sempre foi observado em comprimentos de onda maiores.

Taira *et al.*³⁸ avaliaram a partir do teste de reflectância difusa a transmissão de luz nos compósitos Silux Plus e Z100, antes e após a fotoativação em espécime de 1mm de espessura, para oito diferentes comprimentos de onda 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650 e 700nm. E utilizando a teoria de Kubelka e Munk calcularam a transmitância de luz em espessuras de 1,0 a 10,0 mm. Os autores encontraram proporcionalidade entre os valores obtidos pelo espectrofotômetro e valores calculados a partir da teoria de Kubelka e Munk, na espessura de 1,0 mm. Também encontraram maiores valores de transmitância para os maiores comprimentos de onda e após a fotoativação.

Vichi, Ferrari e Davidson³⁹ estudaram a opacidade e variação de cor, em função do tempo de estocagem em água, por um mês, nos compósitos TPH Spectrum, Tetric Ceram e Z100, cada um deles nas cores A2, A3, A3,5, A4, B2 e B3. Para tal confeccionaram espécimes com 1 mm de espessura e 15mm de diâmetro e levaram a um espectrofotômetro com esfera integradora. Todas as resinas sofreram alteração demonstraram instabilidade de cor e aumento de opacidade, sendo as maiores diferenças apresentadas pela TPH Spectrum. Os autores atribuíram os resultados a maior dimensão das partículas e a distribuição das mesmas na TPH Spectrum.

Watts e Cash⁴⁰ analisaram a transmissão de luz na faixa de 400 a 500 nm através de materiais restauradores estéticos (compósito, cerâmica e ionômero de vidro) e por dentina humana. A luz de um fotoativador atravessava os diversos materiais, em espessuras variando de 0,2 a 5 mm, e era medida com auxílio de um radiômetro de fotocélula do tipo foto-diodo. Os autores encontraram maior transmitância para as menores espessuras dos materiais. Os altos níveis de

reflectância encontrados para a cerâmica e para o compósito foram atribuídos aos altos níveis de reflexão especular desses materiais.

Chen *et al.*²⁵ avaliaram a propagação da luz no compósito Z100, antes e após ser irradiado com o fotoativador Vip- Bisco (600mW/cm²) por 60 s. Este experimento foi realizado utilizando um espectrofotômetro com esfera integradora e, a partir do modelo de Monte Carlo, criaram uma simulação da propagação de fótons no interior do compósito. Os pesquisadores analisaram também a microdureza e o grau de conversão em profundidade. Os autores observaram maior propagação de luz no compósito após a polimerização, devido à diminuição dos coeficientes de absorção e espalhamento nesta condição. Uma distribuição da luz em forma de um semicírculo foi demonstrada pela simulação de Monte Carlo. Este resultado foi confirmado pelos testes de microdureza e grau de conversão. Desta forma, o modelo de Monte Carlo mostrou-se eficiente para simular a propagação de luz e a profundidade de polimerização, no compósito estudado.

Masotti *et al.*³¹ avaliaram a transmitância de energia luminosa em compósitos de uso direto (Charisma F, Intens, Solitaire II, Tetric Ceran, Esthet X e Filtek Supreme) nas cores A3 dentina (opaca) e esmalte (translúcida) irradiados por luz halógena (XL1500 - 3M), por 50 s. Os autores observaram maior transmitância nos compósitos translúcidos do que nos opacos e que não houve relação entre a cor do compósito e o percentual de transmitância. A transmitância aumentou para maiores comprimentos de onda.

Santos *et al.*²⁷ compararam a transmitância em dois compósitos de mesma composição na fase orgânica, que diferiam-se apenas na composição da fase inorgânica (Filtek Supreme XT cor A2E e Z 250 cor A2), antes e após a fotoativação, em diferentes espessuras (0,15; 0,25; 0,30; 0,36; 0,47 e 0,75 mm). Os resultados mostraram maior transmitância para a Filtek Z250 e para as menores espessuras, além disso, foi observado aumento da transmitância após a fotoativação.

Hirata⁴¹ avaliou o comportamento de compósitos com relação a reflectância, transmitância e fluorescência. Empregou os compósitos de nanopartículas Filtek Supreme XT (cores A2D, A2E e YT), microhíbrido 4 Seasons (cores Dentina A2, Esmalte A2 e Medium Value) e microparticulado Durafill (cores A2O, A2 e I), as cores foram selecionadas para reproduzir dentina, esmalte cromático e esmalte acromático. Hirata confeccionou cinco espécimes para cada grupo (compósito/cor), além dos espécimes de dentina e esmalte em igual número, nas mesmas

dimensões. A transmitância e a reflectância foram determinadas utilizando um espectrofotômetro com faixa de comprimento de onda selecionada entre 340 e 800 nm. Com relação à transmitância, somente o compósito Durafill cor A2 apresentou semelhança com o esmalte humano. Os materiais para esmalte acromático apresentaram sempre maior transmitância e o compósito Filtek Supreme XT YT apresentou os maiores valores de transmitância e os menores de reflectância. Dentre os materiais cor de dentina, a maior transmitância foi observada no compósito 4 Seasons dentina A2.

Woo *et al.*⁴² compararam a translucidez entre um compósito de uso direto e outro de uso indireto. Os compósitos utilizados foram o Belleglass (Kerr) e o Estelite Sigma (Tokuyama). As cores ensaiadas foram divididas em grupos. Três grupos para o Belleglass (esmalte, dentina opaca e translúcido) e três grupos de cores para o Estelite Sigma (cores básicas, cores adicionais e cores opacas). Os compósitos foram irradiados inicialmente com Spectrum 800/ Dentsply e polimerizados adicionalmente no forno Belleglass HP Curing Unit. Os parâmetros de translucidez foram determinados antes e após a polimerização dos materiais, com fundo claro e fundo escuro, em um espectrofotômetro UV-visível. Os valores do parâmetro de translucidez para o compósito indireto diminuíram, para a maioria das cores após a polimerização. O contrário foi observado em todas as cores do compósito indireto. O compósito indireto apresentou maiores valores de translucidez que o compósito de uso direto.

1.2 Profundidade de polimerização de compósitos

Ruyter e Svendsen⁴³ se preocuparam com os remanescentes grupos de metacrilatos em materiais restauradores compósitos, quimicamente ativados. Investigaram seis marcas comerciais, empregando espectroscopia de infravermelho pela técnica de reflexão interna múltipla. As quantidades de grupos residuais de metacrilato determinados dos seis materiais variaram de 25 a 48%. Isto mostra os diferentes graus de conversão que foram correlacionados às diferentes composições dos monômeros.

Ruyter e Oysaed ⁴⁴ preocuparam-se com a avaliação da conversão dos monômeros, em diferentes profundidades de resinas compostas ativadas por luz ultravioleta e visível. O método de determinação da conversão, também, foi a espectroscopia de infravermelho por reflexão interna múltipla. Os resultados mostraram que até certa profundidade o grau de conversão é aproximadamente constante, para a maioria dos materiais. Contudo a profundidade depende de vários fatores. Os resultados mostraram que a profundidade de polimerização é dependente da composição da carga do compósito, da fonte de luz ativadora e tempo de irradiação. A profundidade foi maior com luz visível (de 2 a 6 mm dependendo de outros fatores) do que com luz ultravioleta (que mostrou valores até menores que 1 mm). O tamanho das partículas de carga também influenciou na profundidade de polimerização, atribuída à capacidade de espalhamento de luz.

Swartz, Phillips e Rhodes ⁵ enfatizaram vantagens da fonte ativadora luz visível, em relação a ultravioleta. Pesquisaram a dureza Knoop de dois compósitos, sendo um microparticulado e um híbrido, avaliando a influência de diferentes tonalidades e de diferentes tempos de ativação (20 e 40 s) na profundidade de polimerização desses materiais. Os espécimes foram confeccionadas em matriz cilíndrica de Teflon branco com 7,0 mm de diâmetro e 1,0, 2,0 e 3,0 mm de profundidade. O aumento do tempo de ativação ocasionou um aumento no valor de dureza para as tonalidades claras e escuras. Os valores de dureza caíram com o aumento da profundidade e os mesmos apresentaram-se maiores para os tons mais claros.

Watts, Amer e Combe ¹⁷ avaliaram a profundidade de polimerização de cinco compósitos, cada um deles ativado com suas unidades fotoativadoras específicas. Para este fim utilizaram como parâmetro o número de dureza Knoop a cada milímetro de profundidade. As superfícies mais próximas às fontes ativadoras apresentaram os melhores resultados e as fontes que emitiram luzes com comprimento de onda próximo de 470 nm, também se mostraram superiores às demais. Os autores afirmaram que as fontes menos eficazes devem ter o seu tempo de irradiação sobre o compósito aumentado. Vários materiais comerciais na profundidade de um milímetro já apresentaram considerável diminuição da dureza, enquanto que, uma resina experimental, em profundidade de 2,5 mm ainda mantinha alta dureza.

Ferracane ⁴⁵ ao pesquisar três resinas sem carga, quimicamente ativadas, encontrou forte correlação entre o grau de conversão e a dureza Knoop das mesmas. No entanto, o autor salienta que esse método indireto só pode servir como referência para determinar o grau de conversão quando se tratar da avaliação de uma mesma marca comercial de resina. Para determinar o grau de conversão empregou o FTIR (Espectrômetro de infravermelho com Transformada de Fourier).

Em outro trabalho Ferracane *et al.* ⁶ avaliaram a profundidade de polimerização de resinas compostas em função da cor e da translucidez dos materiais. Foram utilizadas 4 cores de cada resina: Prisma-fine (light-L, light Yellow-LY, light gray-LG e light yellow gray-LYG); Prisma-fil (light-L, light Yellow-LY, light gray-LG e light yellow gray-LYG); Aurafil (light-L, Yellow-Y, gray-LG e gray brown GB). Em uma matriz de alumínio foram confeccionados corpos de resina composta (4 mm de diâmetro X 5 mm de altura) polimerizados através de uma tira de matriz durante 40 s a uma distância de 2 mm da superfície de resina, usando a fonte *Prisma Lite*. Os corpos de prova foram embutidos em resina e cortados longitudinalmente com um disco de aço e polidos até obter uma superfície lisa e polida. A dureza Knoop foi avaliada, 24 h após a polimerização. As endentações foram realizadas a 1, 2, 3 e 4 mm da superfície irradiada. A redução da dureza superficial foi notada, principalmente entre os incrementos de 1 e 2 mm e 3 e 4 mm. As cores mais claras apresentaram polimerização em maior profundidade que as escuras, entretanto não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as cores claras e escuras da resina composta Aurafill. Os autores concluíram que a profundidade de polimerização das resinas compostas fotopolimerizáveis pode ser menos dependente da cor do material do que de outros fatores.

Matsumoto *et al.* ⁴⁶ confeccionaram cavidades com dimensões de 2,0 mm de diâmetro por 4,5 mm de profundidade na superfície oclusal de s molares extraídos e avaliaram a profundidade de polimerização, indiretamente, através da determinação do número de dureza Knoop. As cavidades foram restauradas com sete diferentes marcas comerciais de compósitos fotoativados e um quimicamente ativado (controle). Cada um dos compósitos foi ativado de acordo com as especificações dos fabricantes. Os autores encontraram melhores resultados para o compósito mais translúcido e concluíram que, em geral, o tempo de ativação preconizado pelo fabricante deve ser aumentado para que não haja prejuízo das propriedades

mecânicas do compósito. Verificaram ainda que a magnitude de diminuição dependia da marca de compósito, que foi atribuída à química catalizadora.

Coradazzi, Francischone e Franco ⁴⁷ avaliaram a eficiência de polimerização em profundidade de um aparelho fotoativador, emissor de espectro na faixa do visível. Várias marcas comerciais e cores de compósitos foram submetidas aos testes que consistiam em: leituras com um paquímetro para determinar o comprimento da porção polimerizada e a superfície regularizada com lixa 600. A dureza Rockwell foi determinada em três regiões distintas: Superfície voltada ao feixe luminoso, porção central e oposta à fonte de luz. As médias de dureza obtidas na porção central e na superfície voltada para a incidência luminosa mostraram-se semelhantes, enquanto que as superfícies opostas à incidência luminosa apresentaram médias significativamente inferiores às demais. Pelo resultado encontrado os autores indicam a técnica restauradora incremental.

Dewald e Ferracane ⁴⁸, também preocupados com a profundidade de polimerização, compararam 4 métodos de avaliação da mesma de compósitos fotoativados: dureza, espectroscopia infravermelho, microscopia óptica e um teste de resistência à raspagem. Foram utilizadas 3 resinas compostas – Aurafill, Prisma-fill e Prisma Microfine – em profundidades diferentes, de 1 a 5 mm. O método de dureza avaliou a capacidade de o espécime de resina resistir à penetração. Em geral, grandes valores de dureza são indicativos de uma polimerização mais efetiva. O microscópio óptico detecta mudanças na translucência das resinas compostas relacionando-as à profundidade de polimerização. A espectroscopia por infravermelho é uma técnica utilizada para avaliar o percentual de ligações duplas de carbono que se convertem em ligações simples. O teste de resistência à raspagem avalia se a resina perde parte de seu corpo quando submetida à raspagem; caso haja perda de parte da resina, seu valor de dureza é zero. Neste trabalho o microscópio óptico e o teste de resistência à raspagem superestimaram a profundidade de polimerização, enquanto que os métodos de infravermelho e dureza reduziam esses valores drasticamente quando aumentada a distância entre a fonte de luz e a superfície de resina. Os autores concluíram que há uma forte correlação entre o valor da dureza e a determinação do grau de conversão pelo método de infravermelho. Observaram, também, que este último é o mais preciso para avaliar a profundidade de polimerização de materiais resinosos por apresentar uma queda mais acentuada do percentual de conversão monomérica, à medida que há um

aumento de profundidade. A menor profundidade de polimerização da resina Prisma Microfine, quando comparada com a Prismafil pode ser explicada pela composição da porção inorgânica da resina. Resinas microparticuladas são compostas de sílica, partículas que apresentam tamanho médio de 0,04 μm . Sendo este tamanho menor do que o comprimento de onda da fonte de luz ativadora, as partículas dificultam a transmissão da luz provocando um espalhamento da mesma e limitando a polimerização da resina em profundidade.

Alguns fatores, que influenciam a profundidade de polimerização de resinas compostas, foram também avaliados por Atmadja e Bryant ⁹ por meio da determinação da dureza Knoop na superfície de irradiação e nas profundidades de 1, 2, 3, 4 e 6 mm. Verificaram que a dureza diminuiu com a profundidade e menor tempo de irradiação. O gradiente de diminuição da dureza foi bastante influenciado pela carga, quanto ao tipo e concentração. A resina com menor concentração de microcarga apresentou menor queda de dureza em função da profundidade, embora tenha apresentado a menor dureza. Por outro lado, a resina com carga híbrida e em alta concentração apresentou a maior dureza, mas com queda bem mais acentuada em função da profundidade (de cerca de 73 na profundidade de 1 mm para 50 na de 4 mm).

Nomoto e Hirasawa ⁴⁹ pesquisaram a profundidade de polimerização de três compósitos: Silux e P-30 (3M) e Palfique (Tokuyama Soda) fotoativados pelo aparelho Translux CL (Kulzer). Uma matriz metálica cilíndrica (4 mm de largura X 8 mm de profundidade) era preenchida de compósito e fotoativada por 10, 20, 40 ou 60 s.. Após armazenagem na ausência de luz (23 h/ 37°C), os espécimes eram seccionadas em sua porção central e polida até a obtenção de um filme de compósito com 150 μm de espessura. Utilizou-se um espectrômetro de infravermelho para a quantificação do total de duplas ligações de carbono não reagidas. Em seguida, as amostras eram tratadas com metanol para remover as moléculas não reagidas, com o objetivo de deixar nas amostras apenas as ligações pendentes, desta forma era possível segregar o total de duplas ligações carbônicas não reagidas, as duplas pendentes (reagidas em apenas uma das extremidades, uma vez que a molécula é bifuncional) e as moléculas que não reagiram em nenhuma das extremidades (extraídas pelo solvente). A profundidade de polimerização aumentou de acordo com o tempo de exposição. Na superfície irradiada havia quantidade mínima de duplas ligações carbônicas totalmente não

reagidas e essa aumentava de acordo com o aumento da profundidade. Os valores de monômeros, totalmente não reagidos nos compósitos Silux e Palfique, diminuía à medida que aumentava o tempo de irradiação para 60 s. Por outro lado esse valor se manteve constante (7%), independente do tempo de irradiação para o compósito P-30. O percentual de monômeros pendentes manteve-se constante até aproximadamente 70 a 80% do comprimento total das amostras, exceto na superfície irradiada.

Lundin e Koch⁵⁰ utilizaram a espectroscopia Raman para determinar o grau de conversão de cavidades tipo classe II restauradas com o compósito Occlusin. O objetivo do estudo foi avaliar se havia diferença entre o grau de conversão do compósito nas condições *in vivo* e *in vitro*. Trinta pré-molares, que seriam extraídos por motivo ortodôntico foram preparados e restaurados sob as mesmas condições, incluindo isolamento do campo operatório. Os dentes foram divididos em dois grupos. No grupo 1 (*in vitro*) os dentes foram extraídos e estocados em solução de clorexidina 0,1% e submetidos a análise, enquanto que no grupo 2 (*in vivo*) os dentes foram mantidos na cavidade oral por um período de 23 a 37 dias e, só então extraídos e armazenados na mesma solução para posterior análise espectroscópica. Os resultados mostraram haver diferença estatisticamente significativa entre os valores de grau de conversão encontrados nas duas condições. Os autores atribuíram a superioridade da condição *in vivo* ao contato com alimentos aquecidos.

Hansen e Asmussen⁵¹ estudaram a correlação da profundidade de polimerização através da eliminação da porção não polimerizada (raspagem) com a dureza Wallace da resina microparticulada Silux Plus (cor universal). Foram utilizados dez aparelhos fotoativadores com ativação por 40 s, confeccionando 15 repetições. Os autores observaram que mesmo os aparelhos antigos, que emitem menor quantidade de energia luminosa, quando comparados com os aparelhos mais modernos e mais potentes são capazes de polimerizar, sem diferença estatisticamente significativa, a superfície do compósito. O mesmo não ocorre quando há um aumento na profundidade, uma vez que os aparelhos mais potentes são capazes de polimerizar camadas mais espessas de compósitos. Não foi encontrada correlação estatisticamente significativa entre as duas metodologias testadas.

Rueggeberg, Caughman e Curtis⁵² por sua vez estudaram a influência da intensidade da fonte luminosa e do tempo de exposição à luz na profundidade de

polimerização de compósitos fotoativáveis. Por meio de um espectrômetro de infravermelho, executaram testes com as cores cinza e universal, nos compósitos P-50 (híbrido) e Silux Plus (microparticulado). A unidade fotoativadora Demetron 401 teve a intensidade de luz controlada, com auxílio de filtros, que permitiam valores variando em 800, 578, 400 e 233 mW/cm². Os quatro tempos de fotoativação avaliados foram: 20, 40, 60 e 80 s. Para a análise do grau de conversão as amostras tinham a espessura aproximada de 0,08 mm, e a profundidade (topo, 1, 2 e 3 mm) era simulada através da interposição de discos de compósito pré-polimerizados. Os resultados mostraram que 60 s de irradiação sobre os compósitos permitiram valores de grau de conversão uniformes, mesmo com o decréscimo da intensidade luminosa e que os incrementos não devem ter espessura superior a 2,0 mm. Os autores recomendaram a intensidade de 400 mW/cm² para a rotina de fotoativação e apontaram a espessura de 1,0 mm como a ideal para maximização do grau de conversão.

Um estudo da correlação entre a profundidade de polimerização e o afastamento da fonte irradiadora foi, também, abordado nesta investigação por Hansen e Asmussen ⁵³. Os autores empregaram duas fontes ativadoras de luz visível (por 40 s) e duas resinas compostas. O afastamento a partir da superfície do material foi de 0, 2, 4, 6, 9, 12, 18 e 30 mm. Os dois materiais sofreram semelhante redução da dureza em função da distância da luz ativadora. Com uma distância de 12 mm a profundidade de polimerização era reduzida em 0,8 mm. Os resultados mostraram que independentemente da distância da fonte ativadora, não foram encontradas diferenças de durezas significantes até a profundidade de 3 mm. Os resultados ainda mostraram que, mesmo em cavidades profundas, se os procedimentos padrões forem seguidos, as resinas sofreram uma polimerização adequada. Isto é, emprego de lâmpada eficiente, camadas finas e, se necessário, irradiação prolongada.

Pereira *et al.* ⁵⁴ avaliaram a influência da intensidade de luz e da fonte ativadora na profundidade de polimerização da resina composta Herculite XR (Kerr). Foram selecionados 12 aparelhos fotopolimerizadores, de diferentes modelos e marcas comerciais, divididos em 12 grupos, de acordo com a intensidade de luz, que variou de 30 a 800 mW/cm². Foram confeccionados corpos de prova utilizando uma matriz de 7 mm de comprimento, 4 mm de largura e 3 mm de profundidade. Após armazenagem por 24 h a 37°C foi avaliado o número de dureza Vickers com 3

endentações a cada milímetro de profundidade, totalizando 4 mm para a profundidade padrão. Os valores originais foram analisados pelo método não paramétrico de Kruskal-Wallis. Os resultados demonstraram relação diretamente proporcional entre a dureza, nas diferentes profundidades, e a intensidade de luz. Os autores concluíram que aparelhos com alta intensidade de luz permitem maior capacidade de polimerização, e que o grau máximo de polimerização a 1, 2, 3 e 4 mm de profundidade seria obtida com o mínimo de 564,54, 628,21, 692,64 e 756,67 mW/cm² de intensidade de luz respectivamente.

Koran e Kurschner²⁰ avaliaram o efeito do modo de fotoativação com intensidade contínua ou seqüencial na contração de polimerização, na alteração de viscosidade durante a fotoativação, na resistência adesiva por ensaio de "push-out", na dureza e no grau de conversão. Os espécimes foram confeccionados com o compósito Pertac (ESPE) e de acordo com os 11 diferentes protocolos de modo de ativação/densidade de energia final com o aparelho Elipar II. Para o teste de microdureza as amostras tinham 3,5 mm de espessura e as medições foram realizadas na superfície irradiada e oposta. Os resultados mostraram que fornecendo uma densidade de energia superior a 17000 J/cm² os valores de dureza tendem a se manter constantes por toda a extensão do compósito e que uma densidade de energia maior do que esta não provoca aumento nos valores de dureza. O grau de conversão foi determinado a partir de uma análise realizada por HPLC dos monômeros extraídos por metanol. As amostras tinham 1 mm de espessura e foram submetidas ao teste logo imediatamente após ou com 48 h depois dos protocolos de ativação, durante a armazenagem metade das amostras ficou guardada em saliva artificial e a outra metade em ar. A análise realizada logo após a fotoativação encontrou valores maiores de monômeros residuais e com 48 h de armazenagem todos os grupos apresentaram valores semelhantes de monômeros residuais. Independentemente de protocolo de ativação, contínuo ou seqüencial, foram encontrados valores ótimos de conversão quando os compósitos foram submetidos à ativação por 40 s.

Um estudo sobre a dureza Knoop de resinas compostas em função do número relativo de radicais livres foi realizado por Menezes e Muench⁵⁵. Os espécimes apresentavam uma espessura de 2 mm e a dureza foi determinada, em relação ao lado de irradiação, na frente e no fundo. Ensaíram 3 resinas compostas, cada uma delas nas cores clara e escura. Para o ensaio do número relativo de

radicais livres, as irradiações foram: 110, 180, 300 e 580 mW/cm², pelos tempos de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 e 90 s. As durezas foram determinadas com as cores claras com irradiação de 110 e 300 mW/cm², por 20, 40, 60 e 80 s, nas idades de 5 min, 1 h, 1 dia, 1 semana e 1 mês. Uma das resinas apresentou cerca de 3 vezes mais radicais livres que as outras duas. O número de radicais livres aumentou com a intensidade da irradiação, mesmo assim o número relativo de radicais livres, com a menor intensidade (110 mW/cm²), de uma das resinas foi maior do que na maior intensidade (580 mW/cm²) das outras. Esta característica, provavelmente, influenciou nos resultados, em que a dureza da resina rica em radicais livres não teve os valores de dureza significativamente alterados em função do maior tempo de irradiação, o que não ocorreu com as outras duas resinas.

Pianelli *et al.*¹⁶ avaliaram a profundidade de polimerização do compósito Z-100 irradiado a partir da unidade fotoativadora Elipar Highlight (800mW/cm²). Foram testadas três condições experimentais, variando o tempo de exposição à luz de 20, 40 e 60 s. O grau de conversão foi avaliado a partir da espectroscopia de micro-Raman e de infravermelho e, também foi avaliado o módulo de elasticidade para as mesmas condições. Até a profundidade de 2,0 mm, o grau de conversão, por espectroscopia de micro-Raman mostrou-se constante e com valores próximos a 50%, independentemente do tempo de exposição à luz. O grau de conversão aos 3,0 mm de profundidade fica próximo destes valores, quando ativado por 60 s, mas a diminuição do tempo de irradiação causa decréscimo do grau de conversão. Os autores acreditam que propriedades mecânicas como o módulo de elasticidade são mais sensíveis que estudos espectroscópicos para evidenciar discretas alterações no grau de conversão. Os mesmos recomendaram incrementos de 2,0 mm de espessura e tempo de fotoativação de 40 s para se obter um grau de conversão satisfatório.

Um estudo de dureza Knoop de resinas compostas foi realizado por Massuda, Maluf e Muench⁵⁶. Empregaram duas marcas de resinas, dois tempos de irradiação (40 e 80 s), tipo de camada (de 6 mm, com as variantes: 1^o 2 e depois 4; 1^o 4 e depois 2) e idade ao determinar a dureza (1 semana, 1 mês e 2 meses). A irradiação foi por 40 s com a intensidade de 550 a 600 mW/cm². As conclusões da pesquisa foram: um maior tempo de irradiação aumentou a dureza de uma resina e não de outra (esta apresenta grande número de radicais livres); a dureza Knoop diminuiu com a profundidade e, no fundo da camada de 4 mm, era menor do que na de 2 mm

(Resina 1, no fundo de 4 mm, 46,2 e no fundo de 2 mm 50,9; Resina 2, no fundo de 4 mm 73,7 e no fundo de 2 mm 79,5).

Santos *et al.*⁵⁷ estudaram, indiretamente, o grau de conversão tendo a dureza Knoop como parâmetro. Foi avaliada a profundidade de polimerização (1, 2, 3 e 4 mm) do compósito Z 100 (cor A2) ativado com os seguintes aparelhos: Optilux II (Gnatus), XL 1500 (3M) ambos do tipo pistola e Fibrilux (Dabi Atlante) que utiliza um cabo de fibras-ópticas para conduzir a luz. Ainda foram avaliadas as efetividades dos tempos de ativação de 20 e 40 s. Para todos os aparelhos testados o tempo de 40 s apresentou os melhores resultados de médias de dureza, os aparelhos da pistola mostraram-se superiores ao de cabo, sendo que o XL (3M) no tempo de 40 s induziu valores maiores de microdureza que o Optilux II (Gnatus) e as profundidades de 1, 2, 3 e 4 mm foram diferentes estatisticamente entre si, sendo encontrada maior dureza para as menores profundidades.

Pereira, Porto e Mendes⁵⁸ avaliaram a profundidade de polimerização de uma resina composta variando a cor da resina, a intensidade de luz e o tempo de exposição. O aparelho fotopolimerizador CU-100R foi conectado a um transformador, que regulava a voltagem na entrada do aparelho. Desta forma, 12 intensidades de luz foram emitidas pela unidade fotoativadora: 300, 350, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 600, 650 e 700 mW/cm². As matrizes de poliacetato bipartidas e com 7 mm de profundidade eram preenchidas em bloco único com o compósito (Charisma A1 e C4) e fotoativados por 40 ou 60 s. Após a armazenagem (24h/37 ± 2°C) foram realizados testes de dureza Vickers a cada milímetro de profundidade. Os resultados apontaram queda nas médias de dureza com o aumento da profundidade, o tempo de 60 s apresentou melhor desempenho e a cor mais escura (C4) apresentou médias de dureza superiores que a mais clara (A1). Os autores indicam o tempo de exposição mínimo de 40 s e emprego da técnica incremental com incrementos de no máximo 2 mm, associado à intensidade de luz de 400 mW/cm² ou superior.

Daronch *et al.*⁵⁹ avaliaram a profundidade de polimerização da resina composta Z-100, cor A3, submetida a diferentes fontes de ativação. Espécimes confeccionados em uma matriz com 5 x 4 x 4 mm, inseridos em incremento único ou dois incrementos, foram submetidos às seguintes fontes de ativação: Optilux 500 – 600 mW/cm² / 40 s; Luz halógena de xenônio curing Light Kreative – 1200 mW/cm² / 10 s (Boost) ou 350 mW/cm² a 1000 mW/cm² / 15 s (Rampa) e LASER de Argônio –

600 mW/cm² / 10 s. A dureza Vickers foi avaliada na superfície (0 mm) e nas profundidades de 1, 2, 3, 4 e 5 mm. Os resultados mostraram que houve diferença estatística entre os valores obtidos com a técnica incremental e de bloco único ($p < 0,001$), sendo a maior eficiência obtida com a primeira. O LASER de argônio e a luz halógena de xenônio foram superiores, sendo a primeira mais efetiva. Outro aspecto importante observado pelos autores foi que a mesma eficiência, na profundidade de polimerização, foi obtida com menor tempo de irradiação com o LASER de argônio.

Choi *et al.*⁶⁰ avaliaram, através da microdureza Knoop, a profundidade de polimerização dos compósitos condensáveis e não condensáveis (ALERT, Pyramid dentina, Pyramid esmalte, Solitaire, Surefil, heliomolar e Z-100). Foram utilizados 10 espécimes de cada resina, cinco com altura de 2 mm e 5 com altura de 5 mm. Os espécimes foram fotopolimerizados por 40s Após 96 h em temperatura ambiente foram realizadas 3 leituras da microdureza na superfície superior (mais próxima à luz) e três na inferior (mais afastada da luz). Verificou-se que na profundidade de 2 mm apenas três compósitos apresentaram polimerização satisfatória: Pyramid dentina, Surefil e Alert. Na profundidade de 5 mm nenhum dos compósitos apresentou polimerização satisfatória. Os resultados mostraram ainda que os compósitos condensáveis apresentam propriedades físicas e mecânicas semelhantes às não condensáveis para dentes posteriores e, portanto, espera-se que apresentem desempenho clínico semelhante.

Jandt *et al.*¹² avaliaram a influência do tipo de fonte emissora de luz na profundidade de polimerização e na resistência à compressão. Os testes foram realizados com o compósito TPH Spectrum em duas cores (A2 e A4), ambos ativadas por 40 s. Cada um dos dois grupos foi irradiado com os aparelhos que seguem: Spectrum 201R (Dentsply) de lâmpada halógena e unidade ativadora de LED (Nichia Chemical Industries). As matrizes metálicas e cilíndricas com dimensões de 4,0 mm de diâmetro por 8,0 mm de profundidade foram preenchidas em bloco único. Um penetrômetro, aparelho que possui um peso de 1250 g que penetra na porção não polimerizada até tocar a porção mais polimerizada, foi utilizado para medir a profundidade de polimerização. Segundo os autores este teste constitui um método mais preciso que a raspagem para este fim. Para o teste de resistência à compressão foi utilizada uma matriz semelhante com o mesmo diâmetro e com apenas 6,0 mm de profundidade. Os resultados mostraram que as

duas fontes fotoativadoras superaram a profundidade de polimerização recomendada pela ISO 4049 e pelo fabricante. A menor profundidade de polimerização obtida com o LED foi atribuída à emissão de menor intensidade de luz que o aparelho de lâmpada halógena. Não houve diferença entre as duas fontes de luz no que diz respeito à resistência à compressão. A profundidade de polimerização variou de 4,37 mm (LED – cor A4) a 6,40 mm (luz halógena – cor A2 e 5,19 com cor A4). As resistências à compressão não foram significativamente diferentes entre si e variaram de 338,0 MPa (LED/A4) a 377,7 MPa (luz halógena/A2).

Rueggeberg, Ergle e Mettenburg¹⁹ também se preocuparam em avaliar a profundidade de polimerização da resina composta Herculite XRV, cor A2 (Kerr) submetida a cinco unidades fotoativadoras: luz halógena convencional, “soft-start”, alta intensidade, luz de plasma e LASER de argônio. Cilindros de resina composta, fotopolimerizados com as fontes avaliadas, foram produzidos em uma matriz opaca. A resina não polimerizada foi removida com auxílio de um aparelho de ultra-som. A estrutura remanescente foi cortada longitudinalmente e a superfície exposta polida. A dureza Knoop foi mensurada, de 1 em 1 mm, a partir de 0,5 mm da superfície mais próxima à fonte de irradiação até o momento em que não foi possível realizar medições. O valor de dureza a 0,5 mm da superfície submetida à polimerização convencional durante 40 s foi utilizado como parâmetro. Os autores concluíram que até a profundidade de 2 mm todos os métodos de polimerização foram eficientes. A partir desta profundidade o padrão de polimerização foi irregular.

Price, Murphy e Dérand⁶¹ estudaram a transmissão de energia luminosa por diferentes espessuras de compósitos e dentina humana (0,5, 1,0, 2,0, 3,0, 4,0 e 5,0 mm). Os autores também observaram em um mesmo fotoativador (Optilux 500 – Demetron/Kerr) a influência do emprego de duas pontas de fibra óptica, do tipo pistola, na intensidade luminosa emitida pela unidade fotoativadora. O transmissor de luz padrão possui a entrada e saída de luz com 8 mm de diâmetro e emite $628,1 \pm 12,2$ mW/cm² de intensidade de luz, já o transmissor de luz turbo tem a entrada de luz com 13 mm e a saída com 8 mm de diâmetro e emite $1014,4 \pm 9,2$ mW/cm². A metodologia empregada foi relativamente simples e consistiu na interposição de discos de compósitos pré-polimerizados e de dentina úmida entre a saída de luz das pontas condutoras de luz e um radiômetro, durante 20 s. Os resultados evidenciaram decréscimo na transmissão de energia luminosa na medida em que aumenta a espessura de material interposto entre a saída de luz e o radiômetro e uma maior

dificuldade da luz atravessar a dentina do que compósitos sendo indicado não ultrapassar a espessura de 2,0 mm de dentina e 2,5 mm de compósito para que se obtenha uma polimerização adequada. Quanto à variável “tipo de ponta condutora de luz” foi observado um aumento estatisticamente significante ($42\% \pm 6\%$) na quantidade de energia luminosa emitida e transmitida pelos compósitos e pela dentina quando utilizada a ponta turbo.

Bingham *et al.*⁶² realizaram um estudo sobre a influência do tempo de exposição na profundidade de polimerização das resinas compostas Surefill, Prodigy, P-60 e Tetric Ceram. Uma matriz cilíndrica de metal (4 mm X 6 mm de profundidade) foi preenchida em bloco único e fotoativado com o aparelho Elipar Highlight (ESPE). Foram produzidos quatro grupos de acordo com o tempo de polimerização: 10, 20, 30 e 40 s. A avaliação da profundidade de polimerização foi avaliada através da medição da resina remanescente após raspagem do espécime na região mais distante da face irradiada. As médias de profundidades de polimerização foram (mm): Prodigy (4,1); P-60 (4,46); Surefill (4,09) e Tetric Ceram (4,43). Com 40 s de polimerização houve perda de 39.08%, 33.76%, 39.61%, 33.19% de resina após raspagem, respectivamente. Os autores concluíram que o tempo foi o fator mais importante na profundidade de polimerização das resinas, no entanto, não houve diferença entre os tempos de 30 e 40 s.

Uma revisão, sobre unidades de polimerização por luz, polimerização e implicações clínicas, foi realizada por Davidson e Gee¹¹. Assim, uma polimerização ótima de uma restauração de compósito requer uma certa quantidade de energia luminosa. Que depende das características da fonte luminosa e do tempo de irradiação. Conversões rápidas, com lâmpadas de alta energia, são proporcionalmente acompanhadas por endurecimento rápido, que pode agir negativamente na integridade marginal da restauração adesiva. Grandes conversões nas regiões mais profundas da restauração não serão possíveis se surgirem defeitos nos componentes da fonte. O prolongamento do tempo de irradiação pode reduzir esses riscos.

Lovell *et al.*⁶³ utilizaram uma formulação experimental de monômero na proporção de 75/25 Bis-GMA/TEGDMA e três iniciadores (XDT, canforoquinona e amina terciária) adicionados ao monômero em concentrações de 0,1, 0,6 e 0,6% em peso respectivamente. Cada um dos iniciadores submetido ao seu modo específico de ativação. Os autores empregaram a espectroscopia de infravermelho e um

aparelho de análise dinâmica mecânica que analisa a Tg e o módulo de elasticidade. O propósito deste estudo foi avaliar o efeito do grau de conversão nestas propriedades mecânicas. Independentemente do método de ativação empregado, percentuais de conversão polimérica semelhantes resultaram em valores de módulo de elasticidade e Tg também semelhantes. A Tg aumentou de forma curvilínea crescente. Com grau de conversão 41,5%, a Tg estava apenas em 46,8°C, com 69,2% a Tg chegou a 90,8°C.

Sharkey *et al.*⁶⁴, avaliaram a profundidade de polimerização de resinas compostas fotopolimerizadas por duas fontes diferentes de luz visível. Foram utilizadas as resinas Herculite XRV C3 – KERR, Glacier enamel A2 – SDI e Sillux Plus XL – 3M dental. Foram produzidos, utilizando uma matriz circular de nylon de 2 mm de altura e 8 mm de diâmetro, dois grupos de dez espécimes para cada material. Dez foram polimerizadas com luz halógena e dez com luz de Plasma. Após armazenagem dos espécimes a 20°C durante 7 dias em ambiente seco, foi avaliada a microdureza na superfície superior e inferior dos discos. Após análise estatística dos dados os autores concluíram que todas as resinas apresentaram melhores resultados quando polimerizadas pela luz halógena. Houve diferença estatística dos valores de microdureza para o fator compósito. A resina Glacier Enamel apresentou pequena diferença entre os valores obtidos nas duas superfícies, o que, segundo os autores, sugere boa profundidade de polimerização especificamente para este material.

Hasegawa *et al.*⁶⁵ estudaram a influência de diferentes fontes de fotoativação (Apollo 95E e Plasma Arc Curing System, ambos de luz de xenônio e Witelite de luz halógena) na profundidade de polimerização de quatro compósitos (Clearfil APX, Estelite, Silux Plus e Z-100). Os espécimes foram construídos com auxílio de uma matriz de teflon cilíndrica (4,0 x 8,0 mm). As unidades de lâmpadas de xenônio ativavam as amostras por no máximo 10 s e a de lâmpada halógena por no máximo 60 s. Imediatamente após a fotoativação a porção não polimerizada dos compósitos era removida com etanol e era medida o comprimento da porção polimerizada. As lâmpadas de xenônio apresentaram desempenho superior às halógenas em todas as resinas compostas testadas.

Tanoue *et al.*²², também, avaliaram a influência do tempo de ativação e das diferentes matizes e saturações na profundidade de polimerização de compósitos de uso indireto. Os compósitos foram divididos em cores claras (A1, B1, C1 e D1) e

escuras (A4, B4, C4 e D4) inseridos em uma matriz metálica cilíndrica de 4 mm de diâmetro por 8 mm de profundidade e fotoativados, por 20, 30, 60 e 90 s, na unidade fotoativadora UniXS, Após a irradiação as porções não polimerizadas eram excluídas e, a parte polimerizada era medida. A cor B1 apresentou a maior profundidade de polimerização e a cor D4 a menor. Foi notada grande influência do tempo de ativação e das saturações na profundidade de polimerização. Nas cores claras, as profundidades com 20 s de ativação foram de 1,52 a 1,77 mm e com 90 s a variação foi de 2,68 a 3,06 mm. Com as cores escuras foram menores, respectivamente de 1,40 a 1,49 mm e 2,38 a 2,48 mm.

Hasegawa *et al.*⁶⁶ avaliaram o efeito da polimerização gradual na profundidade de polimerização de 4 resinas compostas: Z-100, Clearfil APX, Estelite e Silux Plus. As resinas foram inseridas, em pequenos incrementos, em uma matriz circular bipartida de teflon com 4 mm de diâmetro e 8 mm de altura. Os espécimes foram polimerizados, interpondo-se uma lâmina de vidro de 1 mm de espessura entre a resina e a ponta ativadora, através de polimerização gradual ou pelo sistema convencional. Após a polimerização, os espécimes foram imersos em etanol para remoção da resina não polimerizada. A profundidade de cura foi avaliada comparando-se os comprimentos inicial e final do cilindro de resina. A polimerização gradual durante 3 s não foi efetiva e após 10 s não ultrapassou 3 mm de profundidade. Nos espécimes polimerizados com luz convencional a profundidade de cura não foi menor que 2 mm nos primeiros 3 s, sendo que, com 20 s os espécimes foram completamente polimerizados.

Neves *et al.*⁶⁷ realizaram um estudo objetivando avaliar a correlação entre a microdureza e o grau de conversão. Os autores utilizaram três compósitos de uso indireto (Artglass, Solidex e Zeta LC) para a confecção dos corpos de prova, em uma matriz metálica com 15 mm de diâmetro por 1 mm de espessura. Todos os três compósitos foram submetidos à polimerização em três unidades pelo tempo recomendado pelos fabricantes: UniXS (Heraeus Kulzer) por 270 s e as unidades Solidelite (Shofu) e Experimental (desenvolvido pela UFMG) por 240 s. Ao término da fotoativação as amostras foram armazenadas em ambiente seco e escuro a 37°C por 24 h. Os ensaios de microdureza e grau de conversão através de espectroscopia de infravermelho foram realizados na superfície voltada para luz e na face oposta, ainda foi determinado o conteúdo inorgânico dos compósitos através de análise termogravimétrica, utilizando fragmentos dos compósitos aquecidos à temperatura

de 800°C. Os resultados mostraram haver forte correlação entre o conteúdo de partículas inorgânicas e a microdureza Vickers. Tanto os compósitos quanto as fontes de luz influíram nos valores de grau de conversão e analisando cada compósito separadamente, os autores observaram forte correlação entre o grau de conversão e a microdureza.

Yoon *et al.*⁶⁸ utilizaram FTIR para estudar a influência do uso de diferentes fontes luminosas na profundidade de polimerização de compósitos restauradores. Os compósitos avaliados foram: Revolution (flow - cor A3), Surefil (compactável - cor A) e Z 250 (híbrida de uso universal - cor A3). Para cada fonte de ativação foram utilizados dois tempos de exposição, que foram determinados em função da intensidade de luz emitida, com o objetivo de fornecer a mesma densidade de energia às amostras. Desta forma os grupos ativados por luz halógena e por LED foram irradiados por 20 ou 40 s e os ativados com arco de plasma por 5 ou 10 s, para que a densidade de energia fosse de 8 e 16 J cm⁻² respectivamente, para cada fonte ativadora. A matriz tinha 5,0 mm de altura e, com auxílio de um micrótomo foram realizados cortes de 100 µm de espessura a 1, 2, 3 e 4 mm da superfície. Comparando somente os grupos expostos à menor densidade de energia (8 J cm⁻²) as unidades fotoativadoras mostraram resultados similares, o compósito Surefil apresentou os menores valores de grau de conversão e aos 3,0 mm de profundidade o grau de conversão decresceu significativamente. Quando a densidade era total houve um pequeno aumento no grau de conversão na profundidade de 3,0 e 4,0 mm. O grau de conversão a 1,0 mm de profundidade decresceu na seguinte ordem: Revolution, Z 250 e Surefil. Os autores concluíram que o grau de conversão pode ser influenciado pela composição do compósito, profundidade da superfície irradiada, fonte ativadora e densidade de energia.

Através da Espectroscopia Raman, Leloup *et al.*²³ estudaram a profundidade de polimerização de 6 compósitos utilizando 4 unidades ativadoras diferentes. Foram confeccionadas três amostras retangulares (10 x 4 mm) com diferentes espessuras (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 e 4 mm) para cada condição experimental. Os materiais compósitos mais translúcidos permitiram maior penetração que os mais opacos independente da fonte ativadora, já os espécimes mais espessos criaram maior dificuldade para a passagem de luz e a fonte ativadora Vivalux, que era a que emitia luz com menor intensidade (300 mW/cm²), apresentou a pior eficiência ao polimerizar os compósitos com espessura superior a 2,5 e 3,0 mm.

Halvorson, Erickson e Davidson ²¹ buscaram estabelecer uma correlação entre o grau de conversão e a densidade de energia irradiada sobre as amostras de compósito. Para tanto foram utilizadas quatro marcas comerciais de compósitos fotoativados (Heliomolar, Silux Plus, Z-100 e Herculite XRV) irradiadas por intervalos de tempo diferentes, mantendo a densidade de energia (mJ cm^{-2}) constante para algumas condições experimentais, e variando-a também em outras condições. A avaliação do grau de conversão foi realizada com cinco minutos e 24 h após a irradiação das amostras pela unidade fotoativadora 3M XL 3000 Curing Lamp (3M). Os resultados mostraram um aumento estatisticamente significativo no valor de conversão quando comparados 5 min e 24h, os autores atribuem estes valores à continuação de polimerização em uma fase dita escura. Todos os compósitos mostraram ter o seu grau de conversão dependente da densidade de energia irradiada sobre os mesmos.

Uhl *et al.* ¹³ estudaram a resistência à compressão e a profundidade de polimerização através da avaliação da dureza Knoop de quatro compósitos: Z 100, TPH, Solitaire 2 e Definite. As amostras foram irradiadas por 20 ou 40 s por duas unidades de lâmpada halógena (Translux CL e Spectrum 800) e duas unidades de LED (LUXoMAX- 7 LEDs e um Protótipo de LED- 63 LEDs). A matriz utilizada para o teste de dureza Knoop tinha 6 mm de comprimento e o teste foi realizado a 0,1 mm da superfície irradiada e a cada 0,3 mm até a outra extremidade das amostras. O teste de resistência à compressão utilizou uma matriz cilíndrica de 4 mm de diâmetro por 6 mm de profundidade. Ambos os testes foram executados após o período de 24 h de armazenagem em ambiente livre de luz, a 37°C, sendo que a armazenagem dos espécimes para o teste de dureza foi em ar e para o teste de resistência à compressão as suas amostras foram imersas em água. Os resultados deste estudo mostraram que a unidade de LED LUXoMAX apresentou valores de dureza que, quando comparada com as outras unidades fotoativadoras, decaíam mais rapidamente à medida que aumentava a profundidade em todos os compósitos testados. Os menores valores de dureza foram obtidos pelo compósito Definite ativado pela unidade de LED MAXoLUX. No teste de resistência à compressão o estudo evidenciou similaridade estatística entre as unidades MAXoLUX e Spectrum 800 e as unidades Translux e o protótipo de LED também mostraram-se estatisticamente semelhantes. As médias de resistência à compressão, para o fator

compósitos variaram de 241,8 a 287,3 MPa e para o fator lâmpadas 239,0 a 280,7 MPa.

Strassler e Massey ⁶⁹ avaliaram a profundidade de polimerização de diferentes compósitos: dois híbridos (Z 250 e Prisma TPH), dois microparticulados (Durafill e Virtuoso Sculptible) e dois do tipo flow (Revolution e Virtuoso Flowable). Os compósitos foram incluídos em bloco único em uma matriz de Teflon com 7 mm de profundidade e 4 mm de diâmetro. Após a inserção os compósitos foram fotoativados de acordo com o seguinte protocolo: Optilux 500 (lâmpada halógena) por 10s, Versalux (LED) por 20 s, Rembrandt Sapphire Xenon Power Arc (lâmpada de xenônio de alta intensidade) por 3 s e Virtuoso II (lâmpada halógena de alta intensidade) por 5 s. A profundidade de polimerização foi mensurada a partir de um explorador que tocava na superfície oposta à face irradiada das amostras até que a porção resistia à penetração e com um micrômetro digital chegava-se aos valores em milímetro. Os resultados mostraram que o tipo de compósito e tipo de fonte ativadora provocaram variações nos valores de profundidade de polimerização. A unidade de LED apresentou os piores valores de profundidade de polimerização. Pelo método de avaliação realizado, as profundidades de polimerização variaram de 4,6 a 7,0 mm.

El-Mowafy et al. ⁷⁰ estudaram o efeito da distância da fonte de luz, da espessura do incremento e da cor do compósito na queda da intensidade luminosa. Foram utilizadas 6 cores (esmalte A1, B3, C4 e dentina A2, B2 e C2) do compósito Herculite XRV para a confecção de espaçadores, que seriam interpostos entre a ponta emissora de luz dos fotoativadores (Spectrum 800, Dentisply; Optilux 501, SDS/Kerr) e o aparelho medidor da intensidade luminosa (CureRite, EFOS). Os espaçadores de compósito tinham espessuras que variavam de 1 até 7 mm, para interferência causada pela espessura do incremento. A outra parte do experimento utilizava um tubo metálico que mantinha a distância da ponta dos fotoativadores à superfície do medidor de intensidade constante nas seguintes condições (2, 4, 6, 8, 10, 12, 16 e 20 mm). A interposição de espaçadores de cores claras promoveu uma menor diminuição da intensidade de luz do que as cores mais escuras e um discreto distanciamento da fonte de luz da superfície do medidor de intensidade promoveram queda significativa na intensidade de luz.

Yamauti *et al.* ⁷⁰ avaliaram o efeito da espessura de compósito e de diferentes fontes de fotoativação na resistência adesiva à dentina, por ensaio de cisalhamento.

Incisivos bovinos com a porção coronária aplainada e tratadas com adesivo Clearfil SE Bond (Kuraray) foram restaurados com 2,0 ou 4,0 mm de espessura do compósito Clearfil AP-X (Kuraray) e fotoativados de acordo com o seguinte protocolo: Lâmpada halógena/ 40 s, LED/ 40 s, Xenônio/ 10 s e Haleto metálico / 10 s. Os autores concluíram que a espessura do compósito e o tipo de fonte de luz empregada podem influenciar na resistência adesiva do compósito estudado. A lâmpada halógena foi a única fonte de fotoativação que não teve a resistência adesiva afetada pela espessura de compósito restaurador.

Fan *et al.*¹⁴ estudaram a profundidade de polimerização de cinco marcas de compósitos diferentes, perfazendo um total de 21 grupos. Após a fotoativação com a unidade fotoativadora Optilux 400 (300 mW/cm²) pelo tempo recomendado pelos fabricantes de cada compósito, a porção polimerizada tinha que apresentar o comprimento de no mínimo 1,5 mm (norma ISO). Caso este comprimento não fosse atingido, o tempo de fotoativação era dobrado e uma nova medição era realizada. Apenas 62% dos grupos atenderam ao limite mínimo de comprimento estabelecido pelo ISO. Seis dos oito materiais restantes somente atingiam este objetivo se o tempo de fotoativação proposto pelo fabricante fosse dobrado. Os autores concluíram que um aparelho de fotoativação que emite intensidade de 300 mW/cm² é capaz de polimerizar a maioria dos compósitos eficazmente e em alguns casos o tempo indicado pelo fabricante deve ser aumentado.

Uhl, Mills e Jandt⁷², também, buscaram avaliar a influência da fonte ativadora na profundidade de polimerização e na dureza Knoop de quatro compósitos: Z 100, TPH, Solitaire 2 e Definite fotoativados por 2 LEDs (Freelight-3M ESPE e LED63-experimental, desenvolvido pela Universidade de Bristol) e por lâmpada halógena (Elipar Trilight- 3M ESPE). Esta última unidade fotoativadora teve a sua efetividade observada tanto no modo convencional, quanto no "soft-start". Para o teste de profundidade de polimerização foram confeccionados a partir de uma matriz metálica de 4 mm de diâmetro por 8 mm de profundidade 10 espécimes de cada compósito, unidade ativadora, modo de ativação e tempo de ativação (5, 10, 20 e 40 s), totalizando 640 amostras. Foi utilizado um Penetrômetro para aferir a profundidade de polimerização. Já o teste de dureza, que teve o mesmo número de espécimes de compósitos confeccionados para as mesmas condições experimentais, utilizou uma matriz de 4 mm de diâmetro por 2 mm de profundidade. As medições de dureza foram realizadas duas vezes na superfície irradiada e na base das amostras. Os

resultados mostraram superioridade da unidade de lâmpada halógena, no modo de ativação convencional, quando comparada às demais unidades ativadoras/modo de ativação. A unidade de lâmpada halógena, no modo “soft-start”, apresentou bom resultado quando irradiou a amostra por 40 s. Para o fator compósito, o Z 100 apresentou profundidade de polimerização estatisticamente superior ao Definite e TPH que foram estatisticamente iguais entre si, o compósito Solitaire 2 apresentou o pior desempenho. A dureza na superfície pode ser influenciada pelo tempo de ativação e pela unidade ativadora. Os autores explicam que os menores valores de profundidade de polimerização e de dureza obtidos com ativação por LED nos compósitos Definite e Solitaire 2 podem ser atribuídos aos fotoiniciadores destes materiais, uma vez que os LEDs não polimerizam compósitos que contenham iniciadores com absorção fora do comprimento de onda emitido por esses aparelhos.

Asmussem e Peutzfeldt ⁷³ estudaram o desempenho de uma fonte ativadora tipo LED comparada com uma outra de luz halógena avaliando a profundidade de polimerização, módulo flexural, contração de polimerização e grau de conversão em compósitos fotoativáveis (Z250, Pertac II e Definite) Os três compósitos quando ativados por luz halógena apresentaram resultados semelhantes ou superiores aos ativados por LED. Mesmo assim, no que diz respeito à profundidade de polimerização e ao módulo flexural, os três compósitos atenderam aos requisitos propostos pela ISO 4049.

Bennett e Watts ²⁹ analisaram o desempenho de fontes ativadoras LED (Elipar Freelight 1 e Ultralume-2) e halógena (Optilux 500). Primeiramente avaliaram o espectro de emissão das fontes empregando um espectrofotômetro UV-visível e a irradiância emitida pelas fontes em função do distanciamento das mesmas dos detectores fotossensíveis. Utilizando três compósitos de composições semelhantes, mas com diferentes formulações no que diz respeito à concentração de iniciador e/ou opacidade (Tetric Ceram cor A3, Tetric Ceram HB com um fotoiniciador adicional cor A3 e Tetric Ceram Bleach cor L). Os autores avaliaram a profundidade de polimerização obtida com o distanciamento das fontes da superfície dos compósitos (0, 4 e 8 mm) e com diferentes tempos de irradiação (10, 20 e 40 s), avaliaram também a extensão da profundidade de polimerização comparando o efeito do distanciamento das mesmas da superfície irradiada do compósito e variações no tempo de irradiação. Foi observada forte influência do distanciamento das fontes na diminuição da extensão da profundidade de polimerização. Os

melhores resultados foram obtidos com as fontes em íntimo contato com a superfície do compósito. O aumento do tempo de exposição também aumentou significativamente a profundidade de polimerização. A fonte de luz halógena apresentou resultados superiores aos das duas fontes LED. Estas, apesar de inferiores foram consideradas clinicamente aceitáveis.

Tsai, Meyers e Walsh ⁷⁴ avaliaram a profundidade de polimerização e a microdureza Vickers empregando o compósito Z250 nas cores B1, A3 e C4 irradiados, durante 40 s, por três unidades fotoativadoras do tipo LED [E-light (GC), Elipar Freelight (3M-ESPE) e 475H (RF Lab Systems)] e duas unidades fotoativadoras de luz halógena [Optilux 501 (Kerr Demetron) e S1 Dental Unit (Sirona)]. A profundidade de polimerização foi determinada de acordo com a ISO 4049/2000 e a microdureza Vickers a cada 1 mm a partir da superfície irradiada. As melhores performances em profundidade de polimerização foram obtidos pelas unidades de lâmpadas halógenas. As unidades de LED ultrapassaram o limite determinado pela ISO 4049/2000 (1,5mm), exceto Elight (GC) na cor. Com relação ao número de dureza Vickers, não foi encontrada diferença na superfície irradiada. Entretanto ocorreram reduções mais acentuadas, principalmente após o terceiro milímetro com irradiação por LED.

Lindberg, Peutzfeldt e Van Dijk ⁷⁵ empregaram a dureza Wallace para comparar a profundidade de polimerização obtida com o compósito Tetric Ceram cor A3. Foi avaliado o efeito do distanciamento das fontes da superfície do compósito (0, 3 e 6 mm), diferentes irradiâncias (200 até 700mW/cm²), diferentes modos/ tempos de fotoativação (convencional por 20 e 40 s, pulso tardio por 3 s de 200mW/cm² seguidos de 3 min apagado e exposição adicional por 10 ou 30 s de 600mW/cm² e polimerização em pampa exponencial por 40 s. Foram empregadas diferentes fontes halógenas e tipo LED. Independente dos tipos de fonte/ modos / tempos de irradiação foram observadas reduções nos valores de profundidade de polimerização. Para todos os tempos de irradiação, os menores valores de profundidade de polimerização foram obtidos com Luxomax (LED - 200mW/cm²), e os maiores valores com Astralis 7 (halógena - 700mW/cm²). Os autores encontraram relação importante da irradiância e tempo de irradiação na profundidade de polimerização do compósito estudado.

Aravamudhan, Rakowski e Fan ⁷⁶ avaliaram a profundidade de polimerização obtido pelo compósito TPH Spectrum cor A2 irradiado por aparelhos LED (Flashlite

1001, Freelight 2, Smartlite IQ e Ultralume 5) e um aparelho de luz halógena (Optilux 501 com ponteira condutora de luz com 8 e 11mm de diâmetro) A intensidade de luz emitida pelos aparelhos foi mensurada em função da distância da ponteira de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 mm do detector. A profundidade de polimerização foi avaliada nas mesmas distâncias supracitadas. Aos autores constataram diminuição na intensidade com aumento da distância da ponteira de todos os aparelhos fotoativadores testados e, quanto maior a intensidade, maior a profundidade de polimerização. Smartlite IQ e Optilux 501 (ponteira de 11 mm) apresentaram a menor redução de intensidade com 10 mm de distância.

Rode ⁷⁷ avaliou a influência do distanciamento de fontes ativadoras da superfície do compósito Filtek Z250 (0, 3, 6 e 9 mm) no grau de conversão e na microdureza em diferentes profundidades (topo, 1, 2, 3 e 4 mm). O compósito foi inserido em bloco único em matrizes de polipropileno negro com 8mm de diâmetro e fotoativados por luz halógena Degulux SoftStart 500mW/cm² por 40 s, aparelho AccuCure 3000 de laser de argônio com 250mW de potência por 20 e 30 s e aparelho de LED Elipar Freelight 2 com 1000 mW/cm² de intensidade por 20 s. Foi observada alta correlação entre os valores de microdureza e grau de conversão e diminuição destes, na face oposta à irradiada, independente da fonte ativadora utilizada. As fontes ativadoras promoveram resultados semelhantes até 1 mm de profundidade e com distanciamento máximo de 3 mm para irradiação. As fontes LED e halógena promoveram resultados semelhantes entre si e superiores aos resultados apresentados pela fonte laser.

David *et al.* ⁷⁸ avaliaram a microdureza nos compósitos Charisma cor SL e Z250 cor B 0,5 fotoativados com diferentes fontes: LED (LEDemtron, Elipar Free Light e Coltolux LED) e uma fonte de luz halógena (Optilux 501). Os autores empregaram matrizes cilíndricas de 5mm de diâmetro por 2mm de altura e realizaram as endentações no topo e na base dos espécimes, após as irradiações por cada fonte por 20, 40 e 60 s. Os valores de microdureza apresentados pelos espécimes de Z250 foram sempre superiores aos de Charisma. A irradiação pelas fontes LED, por 20 s, apresentou resultados inferiores aos resultados da fonte halógena, já com 40 ou 60s os resultados das fontes foram similares.

Beun *et al.* ⁷⁹ analisaram o efeito da irradiação por fontes LED (Elipar Freelight 2) e halógena (XL 3000) no grau de conversão, utilizando espectroscopia de Raman, na superfície irradiada e a 1, 2, 3 e 4 mm de profundidade. Para tal os

autores empregaram os seguintes compósitos: nanoparticulados (Supreme, Grandio e Grandio Flow), híbridos (Point 4, Tetric Ceram, Vênus e Z100) e microparticulados (A110 e Durafill VS). Os compósitos também foram avaliados quanto à quantidade de conteúdo de carga em peso, forma e tamanho das partículas inorgânicas. Os valores encontrados de grau de conversão foram semelhantes para as duas fontes ativadoras, na superfície irradiada por luz, exceto para o compósito Grandio Flow, que apresentou os menores valores. Os resultados apontaram ainda, grande decréscimo do grau de conversão, em profundidade, quando os compósitos foram ativados por LED. Os compósitos microparticulados apresentaram maiores desvios-padrão, tal fato foi atribuído ao acréscimo de porções pré-polimerizadas nestes compósitos.

Araújo *et al.*⁸⁰ estudaram através da determinação da dureza Knoop a cada milímetro de profundidade, a influência do tipo de fotoativador, tempo de irradiação e da cor do compósito. Os autores utilizaram o compósito Z100 nas cores A1 e C2 irradiado por luz halógena (Optilight Plus - Gnatus), durante 40s e fonte de luz tipo LED (LEC 470 II - MM Optics), durante 40 e 60 s. Os resultados apontaram similaridade nos valores de microdureza para todas as condições ensaiadas, exceto para o LED irradiando por 40 s o compósito na cor C2. Este grupo apresentou sempre maior decréscimo nos valores de microdureza em profundidade. O aparelho LED irradiando por 60 s apresentou valores similares ao aparelho de luz halógena irradiando por 40 s.

2 PROPOSIÇÃO

Este estudo teve como objetivos:

- 1) Avaliar, por meio de um estudo espectrofotométrico, o percentual de transmitância de luz nos compósitos Filtek Z250 e Filtek Supreme XT, em três níveis:
 - 1.1) Em função do comprimento de onda;
 - 1.2) Em seis diferentes espessuras
 - 1.3) Antes e após a fotoativação.
- 2) Analisar a profundidade de penetração da luz em comprimentos de onda específicos.
- 3) Avaliar o desempenho de duas fontes ativadoras (LED e halógena) nos compósitos Filtek Z250 e Filtek Supreme XT, em dois níveis:
 - 3.1) Profundidade de polimerização (ISO 4049);
 - 3.2) Microdureza Knoop (NDK) em diferentes profundidades.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Os compósitos utilizados neste trabalho encontram-se no quadro a seguir:

COMPÓSITO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO
Filtek Z250 Cor A2	3M ESPE, St Paul, MN, USA	<p><u>Carga:</u> Zircônia/Sílica, 60% em volume. Tamanho médio das partículas 0,6µm</p> <p><u>Matriz orgânica:</u> Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA, UDMA</p>
Filtek Supreme XT Cor A2E	3M ESPE, St Paul, MN, USA	<p><u>Carga:</u> 59,5% em volume de nanopartículas não-aglomeradas de sílica com tamanho de 20 nm, e nanoaglomerados formados por partículas de zircônia/sílica cujo tamanho varia de 5 a 20 nm. O tamanho médio dos aglomerados varia de 0,6 a 1,4 micron.</p> <p><u>Matriz orgânica:</u> Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA, UDMA</p>

Quadro 1 – Lista de compósitos empregados no trabalho

As fontes ativadoras avaliadas neste trabalho encontram-se no quadro a seguir.

FONTE ATIVADORA	FABRICANTE
Aparelho fotoativador de luz halógena Optilux 501	Demetron-Kerr/ Dambury,CT/ EUA
Aparelho fotoativador tipo LED Radii	SDI Limited/ Victoria/ AU.

Quadro 2 - Fontes ativadoras avaliadas no trabalho

Os equipamentos, dispositivos e materiais de apoio utilizados neste trabalho encontram-se no quadro a seguir.

MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS	FABRICANTE
PARA CONFEÇÃO DOS ESPÉCIMES PARA ENSAIO DE PERCENTUAL DE TRANSMITÂNCIA	
Aparelho fotoativador de luz halógena Optilux 501	Demetron-Kerr/ Dambury,CT/ EUA
Radiômetro Demetron - modelo 100	Demetron / Dambury CT/ EUA
Matrizes de aço PVC negro com diferentes espessuras. (espécimes de transmitância e profundidade de penetração)	
Espátula Suprafil nº 6	SS WHITE / Rio de Janeiro, Brasil.
Lâmina de vidro Knittel Glaser (0,5 mm de espessura)	KNITTEL / Alemanha.
PARA ANÁLISE DO PERCENTUAL DE TRANSMITÂNCIA DE LUZ	
Espectrofotômetro HP 8452A UV-visível Diode Array	HP / Palo Alto/ CA/ EUA
SoftWare Origin.Pro 7.5	OriginLab Corporation/Massachusetts/ USA

PARA CONFEÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA ENSAIO DE PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO E MICRODUREZA KNOOP	
Espátula Suprafil nº 6	SS WHITE / Rio de Janeiro, Brasil
Matriz cilíndrica em PVC negro (espécimes de profundidade de polimerização e microdureza)	
Tira de poliéster	FGM / Brasil.
Pinça metálica	SS WHITE / Rio de Janeiro, Brasil
Espátula plástica nº 142	SS WHITE / Rio de Janeiro, Brasil.
PARA ANÁLISE DA PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO	
Paquímetro digital Mitutoyo	Mitutoyo Sul América Ltda, Suzano, SP.
COMPLEMENTARES PARA CONFEÇÃO DOS ESPÉCIMES PARA ENSAIO DE MICRODUREZA KNOOP	
Placa de vidro de 1,5cm de espessura	
Tubos de PCV de ¾ pol	Tigre SA-Tubos e Conexões/ Joinville, SC/ Brasil
Resina epóxica industrial	Alba Amazônia S.A. /Manaus Brasil.
Lixas de carbetto de silício com granulação de 600 e 1200.	Union Carbide do Brasil/ Cubatão/ Brasil
Politriz metalográfica – DPU 10	Panambra AS/ São Paulo/ Brasil.
PARA ARMAZEMAGEM DOS ESPÉCIMES PARA ENSAIO DE MICRODUREZA KNOOP	
Potes plásticos opacos negros Kodak	Kodak / São Paulo, Brasil
PARA ENSAIO DE MICRODUREZA KNOOP	
Microdurômetro modelo HMV-2	Shimadzu Ltd./ Kyoto/ Japão

Quadro 3 - Equipamentos, dispositivos e materiais utilizados no trabalho.

3.2 Métodos

3.2.1 Análise do percentual de transmitância de luz

Cada matriz de PVC negro (8mm de diâmetro interno de 0,15; 0,25; 0,30; 0,36; 0,47 e 0,75mm de altura) foi posicionada sobre uma lâmina de microscópio e preenchida em bloco único com os compósitos selecionados utilizando uma espátula metálica. Após o preenchimento, a superfície dos espécimes foi coberta com outra lâmina de microscópio.(Figuras 4, 5, 6 e 7)

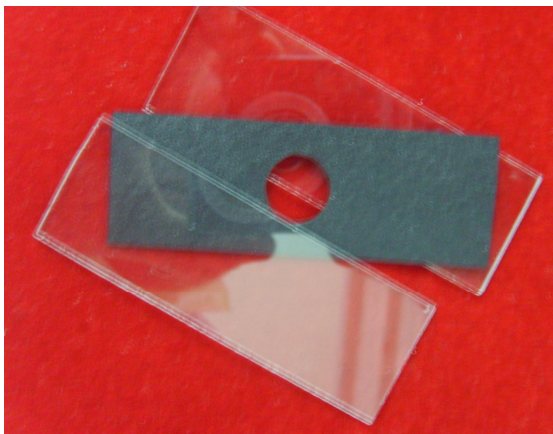


Figura 4 – Matriz (0,15 mm de espessura) e lâminas de vidro para teste de transmitância.

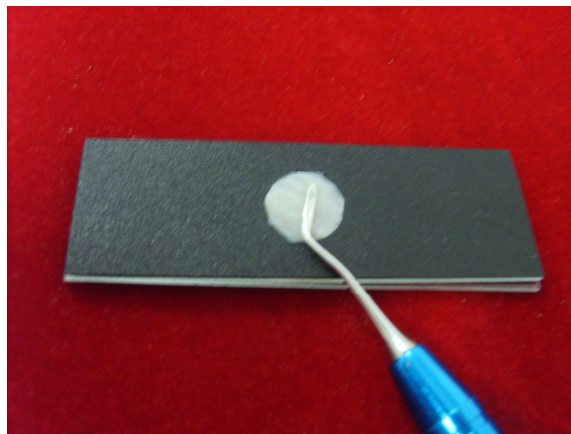


Figura 5 - Inserção de compósito na matriz apoiada sobre uma lâmina.



Figura 6 - Matriz preenchida por compósito e coberta por lâmina de vidro.

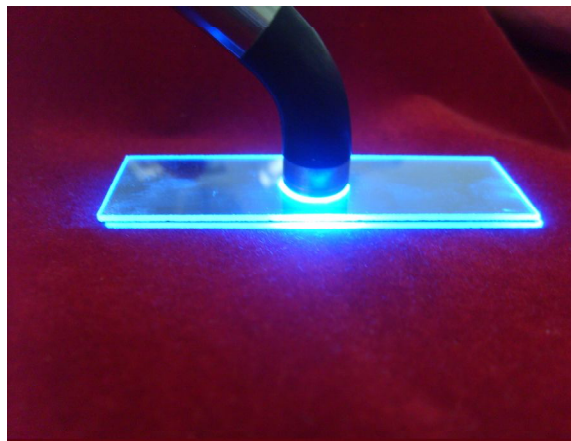


Figura 7 - Fotoativação do espécime para ensaio de transmitância.

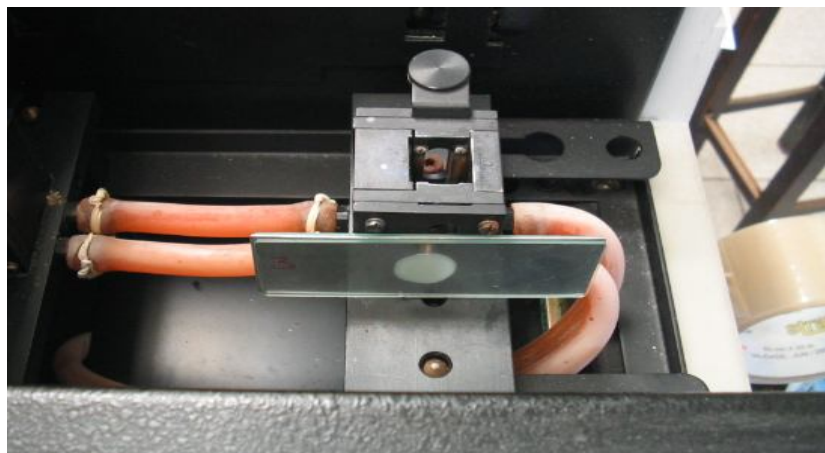


Figura 8 - Espécime posicionado no interior do espectrofotômetro para ensaio de percentual de transmitância.

O percentual de transmitância de luz foi mensurado em um Espectrofotômetro Diode Array, em uma faixa de comprimento de onda selecionada entre 400 e 800 nm e foi realizada primeiramente em uma matriz de aço (não preenchida por compósito) posicionada entre duas lâminas de microscópio com a finalidade de criar um parâmetro de calibração para o experimento. Em seguida as análises de transmitância foram realizadas para cada compósito, nas espessuras (0,15; 0,25; 0,30; 0,36; 0,47 e 0,75 mm) descritas anteriormente. A escolha desse espectrofotômetro se justifica por uma capacidade que o aparelho possui de emitir luz em um curto período de tempo com a finalidade de prevenir a polimerização dos espécimes. Após a captura dos dados de cada um dos espécimes, os mesmos foram fotoativados por 40 s pela fonte ativadora Optilux 501 com irradiância de $850\text{mW}/\text{cm}^2$ e levadas novamente ao espectrofotômetro para análise da transmitância do compósito fotoativado. A irradiância da fonte ativadora foi constantemente aferida com um radiômetro que fornece resultados em mW/cm^2 com fundo de escala graduado de 0 a 1000.

Obtidos os valores percentuais de transmitância para cada compósito, em cada uma das espessuras e em cada comprimento de onda. Foi realizada uma análise considerando apenas a menor das espessuras ($h = 0,15$ mm) para ambos compósitos e alguns comprimentos de onda previamente selecionados (400, 450, 468, 500, 600, 700 e 800 nm). A partir desses dados foi obtida a razão entre a taxa de transmitância (r) do compósito ativado e não ativado por luz halógena, para cada comprimento de onda. Dessa forma o valor de r , para uma espessura específica h pode ser considerado como o aumento da transmitância de luz em cada um dos compósitos após a fotoativação.

3.2.2 Análise da profundidade de penetração de luz

A profundidade de penetração da luz foi determinada para cada um dos compósitos analisados. Para tal, o seguinte procedimento foi realizado: Os valores percentuais de transmitância para os comprimentos de onda de 400 a 800 nm com intervalos de 50 nm, para cada um dos espécimes foram selecionados e transportados para um gráfico em função das espessuras. Estes valores foram então ajustados através de um decaimento exponencial simples, como explicado acima, na forma da equação:

$$P_{\lambda} = P_{\lambda}^0 e^{-\frac{t}{\alpha}} \quad (1)$$

onde α é a profundidade de penetração da luz, P_{λ} é a irradiância em uma distância t para cada comprimento de onda λ , P_{λ}^0 é a irradiância inicial para o comprimento de onda λ e sendo e o algarismo Neperiano ($e = 2,71\dots$). Os valores de α obtidos pelo procedimento foram então colocados em um gráfico de profundidade de penetração α (mm) em função do comprimento de onda λ (nm), para cada compósito.

3.2.3 Determinação da profundidade de polimerização

Para igualar a densidade de energia fornecida pelas duas fontes ativadoras empregadas neste teste foram realizados alguns cálculos baseados no espectro de irradiância emitido por cada uma delas.

Os espectros das irradiâncias emitidas em função do comprimento onda para os aparelhos de luz halógena e de LED (Figura 9).

A partir desses espectros com curvas limitadas na faixa de 360 a 550 nm. Foi criada uma linha base no sentido horizontal, de maneira a separar a curva de cada um dos aparelhos em duas metades. A metade superior de cada curva foi selecionada em razão desta região compreender os fótons com mais energia e conseqüentemente, maior capacidade de penetração.

O valor total da irradiância emitida por cada uma das fontes ativadoras foi calculado através de integração da área sob a curva utilizando o SoftWare Origin.Pro 7.5.

Aplicando a metodologia descrita acima foi obtido para o aparelho de luz halógena pico de irradiância com $8,45 \text{ mW/cm}^2$ de altura, neste caso foi utilizada a metade superior com $4,23 \text{ mW/cm}^2$ de altura e área total integrada de 520 mW/cm^2 . No caso do aparelho de LED o pico de irradiância tinha altura de $33,78 \text{ mW/cm}^2$ e a metade superior do pico com $16,89 \text{ mW/cm}^2$, resultando em uma área total integrada de 650 mW/cm^2 .

Tempos distintos foram então calculados, de forma a se conseguir uma dosagem de radiação igual para ambos os fotoativadores: 25 s para o aparelho de luz halógena e 20 s para o aparelho de LED.

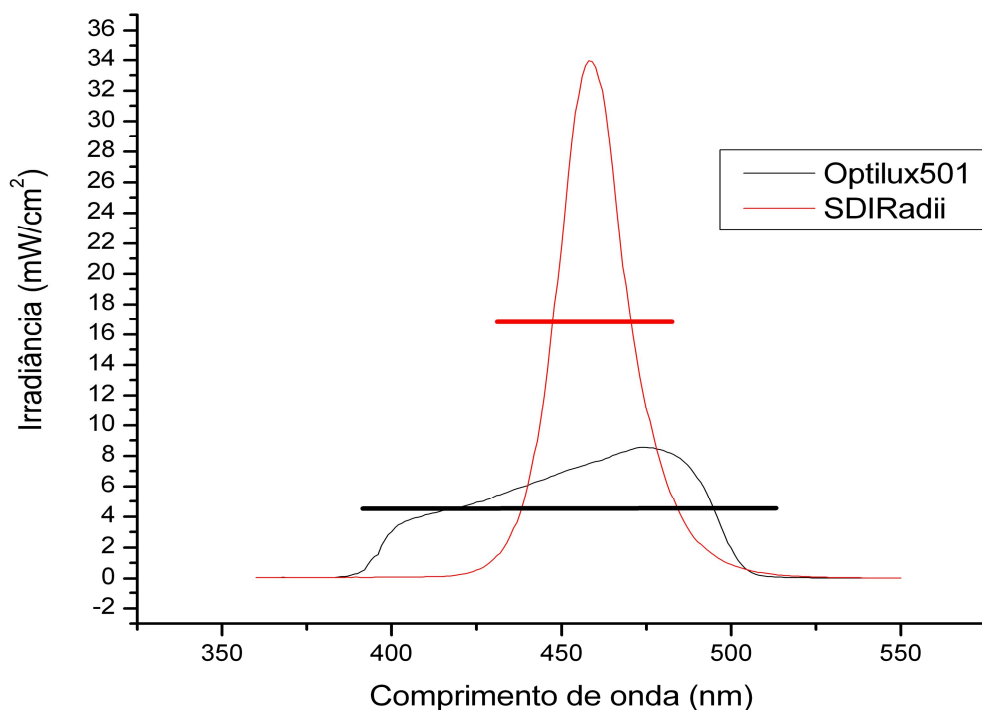


Figura 9 – Espectros de irradiância e linhas base para as duas fontes ativadoras

De acordo com as determinações da ISO 4049/2000⁸¹ para profundidade de polimerização, cada um dos compósitos foi inserido, em bloco único, com uma espátula metálica, na matriz cilíndrica de PVC com dimensões 4,0 mm de diâmetro por 6,0 mm de profundidade, cobertos com matriz de poliéster e fotoativados por cada um dos aparelhos fotoativadores respeitando os tempos de irradiação de cada um, como determinado acima.

Após a fotoativação os espécimes (n=5) tiveram suas superfícies opostas às irradiadas pelas fontes ativadoras raspadas, com auxílio de uma espátula plástica, para remover a porção do compósito que não foi polimerizada. O comprimento final dos espécimes de compósito foi mensurado com auxílio de um paquímetro digital posicionado sempre no centro do espécime, e os valores expressos em milímetro. O valor da profundidade de polimerização de cada espécime foi obtido a partir da divisão por dois (50%) da altura do remanescente polimerizado (Figuras 10 a 15).

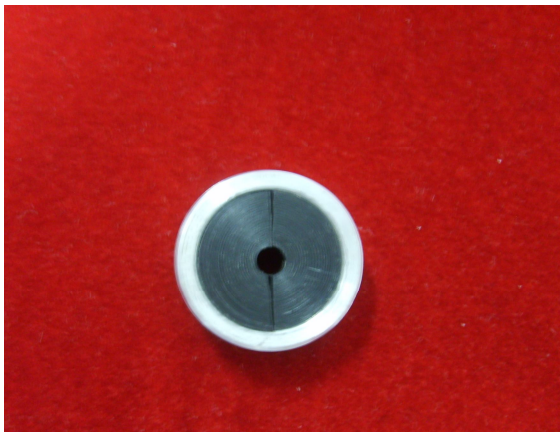


Figura 10 - Matriz de PVC para profundidade de polimerização.



Figura 11 - Inserção de compósito na matriz de profundidade de polimerização.

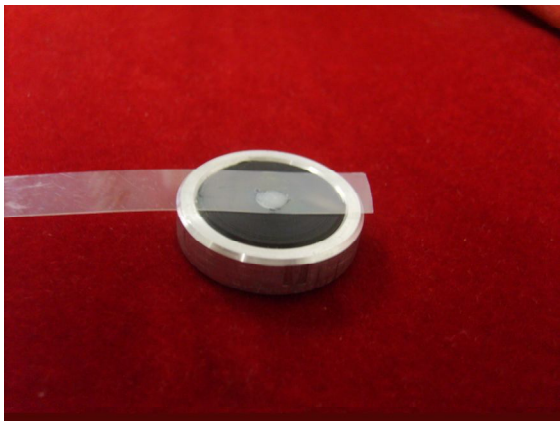


Figura 12 - Matriz preenchida de compósito e coberta com fita de poliéster.

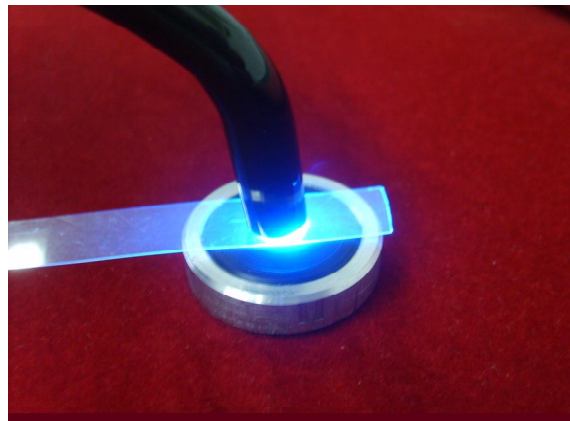


Figura 13 - Fotoativação do espécime para ensaio de profundidade de polimerização.



Figura 14 - Remoção da porção não polimerizada de compósito.



Figura 15 - Mensuração do comprimento da porção polimerizada.

3.2.4 Determinação do número de dureza Knoop

Os cinco espécimes de cada condição experimental, os mesmos utilizados para a avaliação da profundidade de polimerização, foram posicionados no interior de tubos de PVC com as superfícies laterais, que indicam a profundidade, apoiadas em uma placa de vidro e foram embutidos em resina epóxica. Após a polimerização da resina de embutimento, as superfícies foram lixadas e polidas em politriz com lixas de SiC 600 e 1200, com o objetivo de expor a porção central dos espécimes, promovendo superfícies ideais para o teste de microdureza. Os espécimes embutidos foram armazenados por 24 h, a 37°C, na ausência de luz, após o quê foram levadas ao microdurômetro, para determinação do número de dureza Knoop, com carga de 50 g e tempo de penetração de 30 s. As medições foram realizadas na região logo abaixo da superfície irradiada e a cada 1,0 mm, a partir da superfície irradiada pela luz ativadora até 3,0 mm de profundidade.



Figura 16 - Espécimes preparados pra ensaio de microdureza Knoop.

3.2.5 Análises estatísticas

As análises da transmitância e da profundidade de penetração de luz foram realizadas de maneira descritiva, com base em valores percentuais.

Os dados de profundidade de polimerização e microdureza Knoop foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificação de aderência à curva de Gauss. Provada a normalidade, optou-se pela submissão dos dados à análise de variância em ambos os casos.

No que diz respeito ao teste de profundidade de polimerização, foi primeiro implementada análise de variância de dois fatores para observação dos fatores principais. Na ausência de diferenças significantes para a interação *fonte ativadora X compósito*, foi empregado o teste de análise de variância de um fator para uma avaliação mais aprofundada destes dados.

Para interpretação dos dados coletados no teste de microdureza Knoop, foi empregada análise de variância de três fatores.

Em todas as situações que apresentaram mais de dois níveis dentro do mesmo fator principal, foi implementado o teste de Tukey para contraste.

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos nos diferentes ensaios são listados a seguir:

4.1 Percentual de transmitância de luz

As Figuras 17 e 18 mostram os espectros obtidos. Nessas figuras pode ser observado para o compósito Filtek Z250 e para o Filtek Supreme XT, respectivamente, o percentual de luz transmitida, para cada espessura (mm), em função do comprimento de onda (nm).

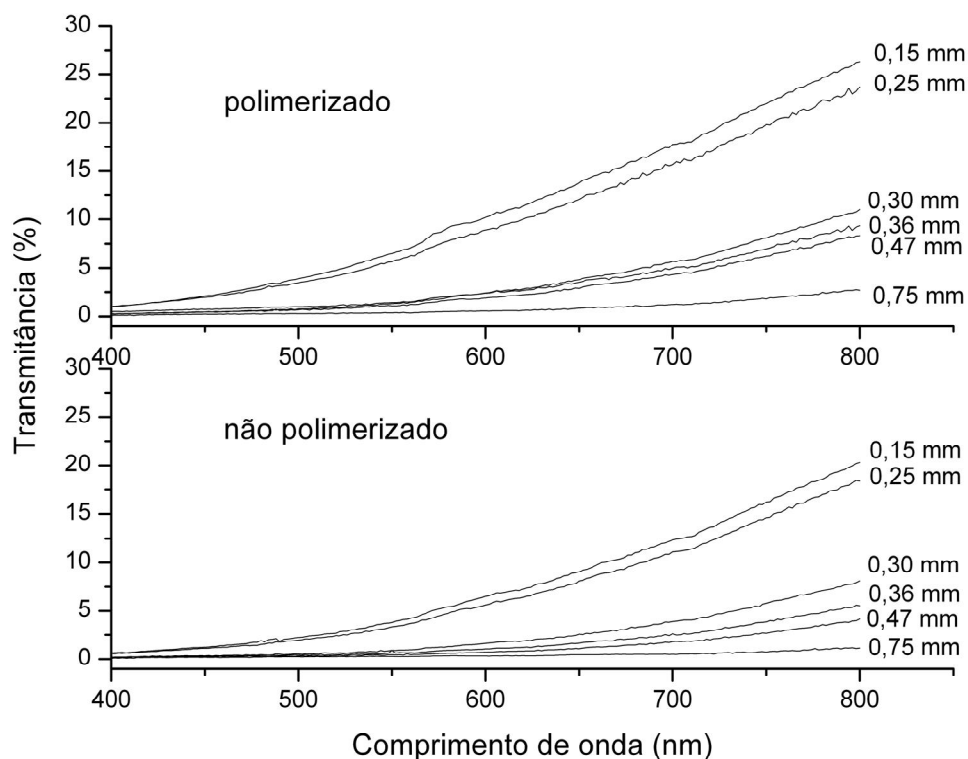
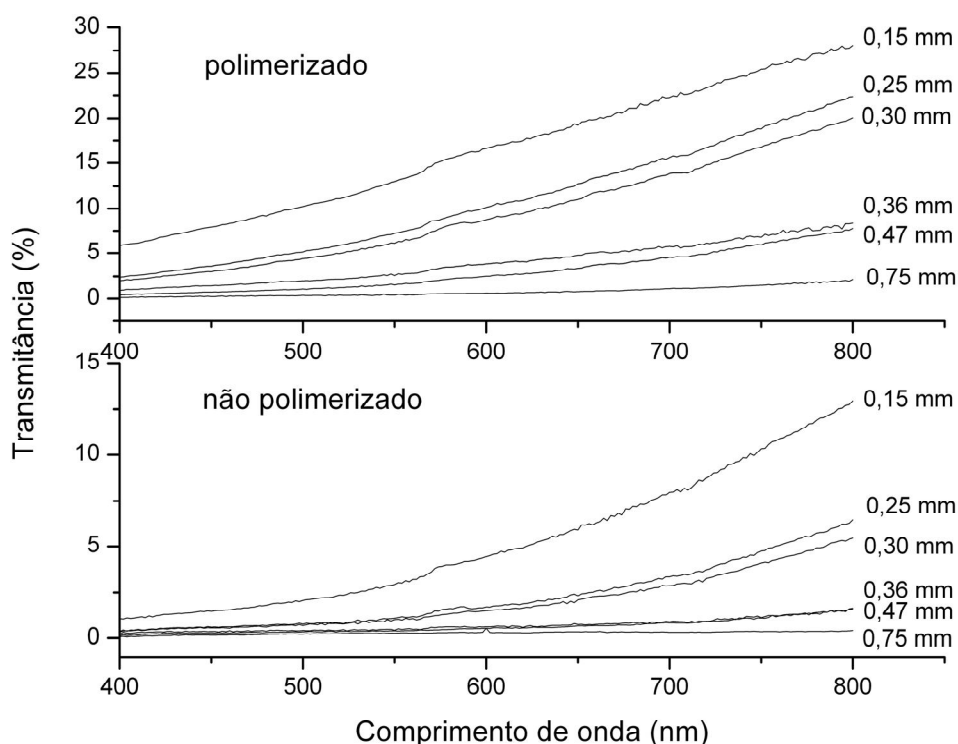


Figura 17 – Transmitância (%) em função da espessura (mm) e do comprimento de onda (nm), para o compósito Filtek Z250, antes e após polimerizado.



Figuras 18 - Transmitância (%) em função da espessura (mm) e do comprimento de onda (nm) para o compósito Filtek Supreme XT, antes e após polimerizado.

Figura 19 mostra a taxa percentual de transmissão de energia luminosa r obtida a partir da razão entre os valores percentuais de transmitância dos compósitos após e antes a fotoativação, para uma espessura $t = 0,15$ mm para os comprimentos de onda selecionados (400, 450, 468, 500, 550, 600, 650, 700, 750 e 800 nm). O valor de 468nm foi selecionado para observar o comportamento da luz próximo ao pico de absorção da canforoquinona.

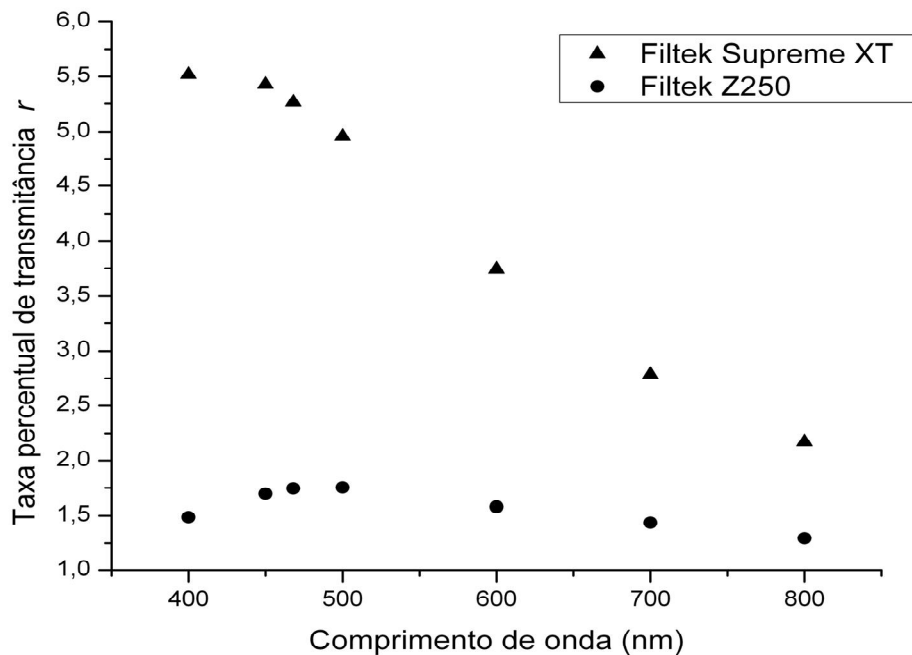


Figura 19 - Taxa percentual de transmissão de energia luminosa dos compósitos estudados.

4.2 Profundidade de penetração da luz

Para melhor entendimento do cálculo dos valores de profundidade de penetração de luz, a Figura 20 mostra um exemplo do percentual de transmitância das seis espessuras ensaiadas do compósito Filtek Supreme XT, para um comprimento de onda de 500 nm. Os valores obtidos nessa figura foram ajustados a um decaimento exponencial de primeira ordem, como na equação descrita no item 3.2.2.

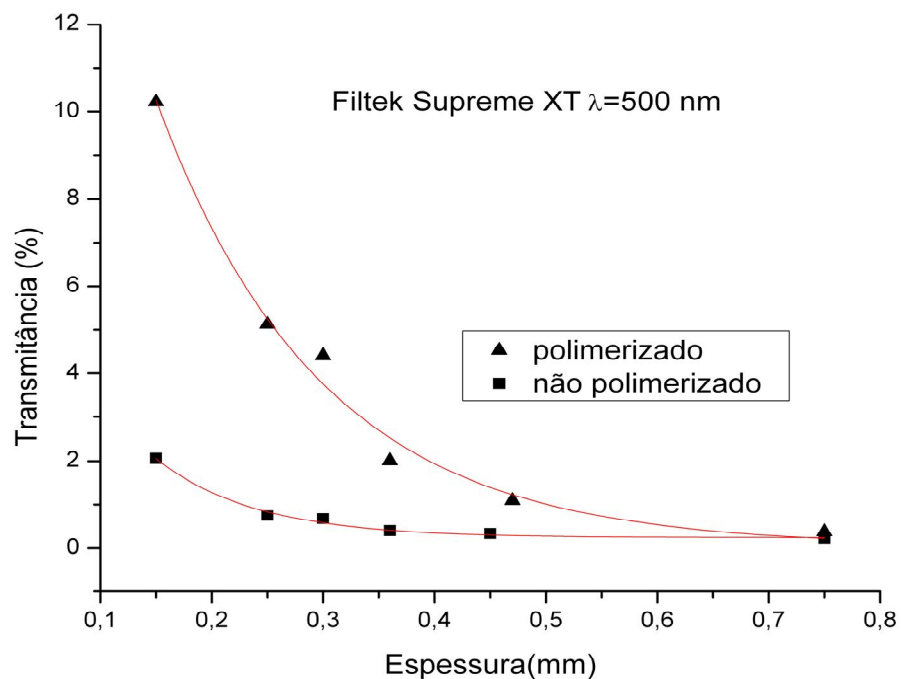


Figura 20 - Percentual de transmitância das seis espessuras ensaiadas do compósito Filtek Supreme XT para um comprimento de onda de 500 nm

A partir do ajuste dos valores de percentual de transmitância, foram obtidos os valores de α , correspondentes a profundidade de penetração em função dos comprimentos de onda, para cada um dos compósitos. Os resultados desse procedimento são observados nas figuras 21 e 22 para os compósitos Filtek Z250 e Filtek Supreme XT, respectivamente.

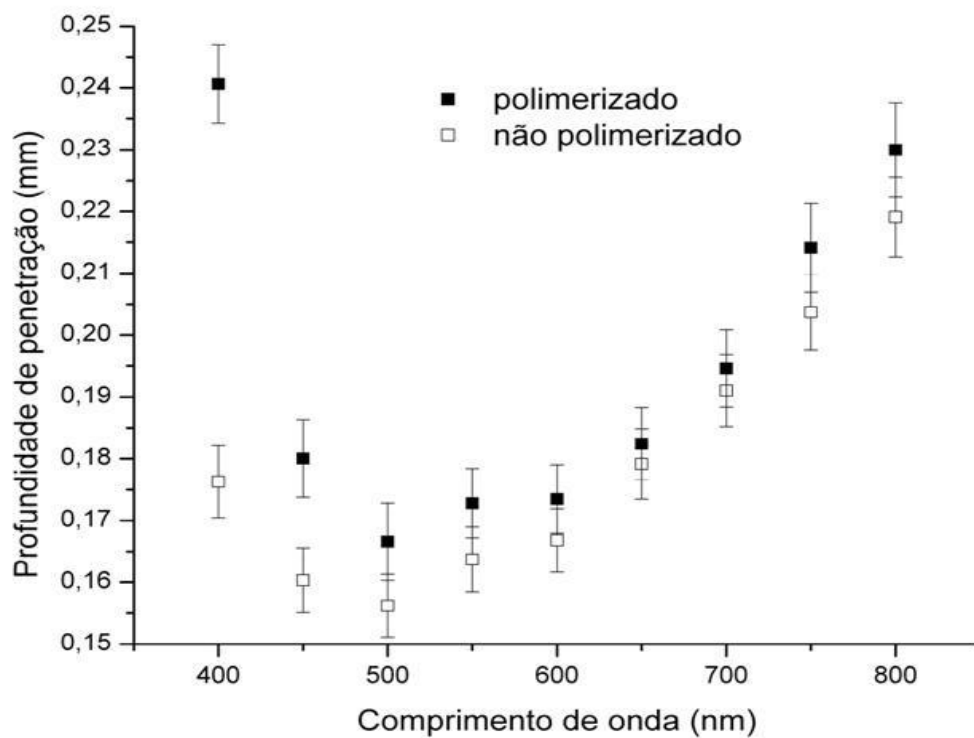


Figura 21 – Profundidade de penetração (mm) do compósito Filtek Z250 em função do comprimento de onda.

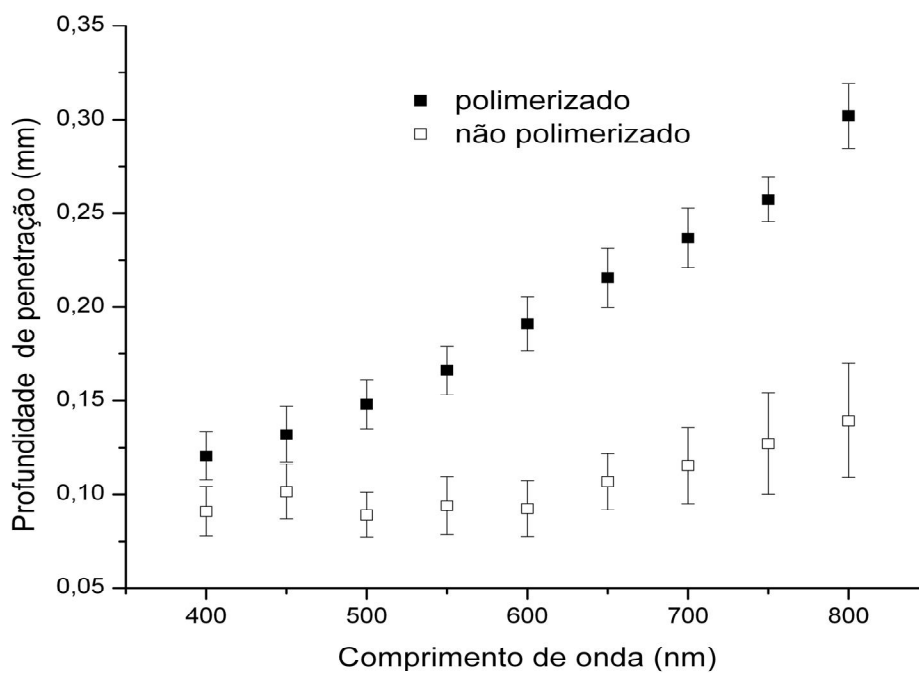


Figura 22 – Profundidade de penetração (mm) do compósito Filtek Supreme XT em função do comprimento de onda.

4.3 Profundidade de polimerização

As Tabela 1 a 5 correspondem às profundidades de polimerização. A Tabela 1 contém a análise de variância para os fatores fonte ativadora e compósito. As médias e desvios-padrão correspondentes à profundidade de polimerização correspondentes ao fator compósito estão na Tabela 2. A Tabela 3 contém as médias e desvios-padrão da profundidade de polimerização correspondentes ao fator fonte ativadora. A Tabela 4 mostra a análise de variância para interação *fonte ativadora X compósito*. As médias e desvios-padrão correspondentes à interação *fonte ativadora X compósito* estão dispostas na Tabela 5.

Os resultados da análise de variância da Tabela 1 mostram que o fator compósito foi altamente significativo. As médias de profundidade de polimerização da Tabela 2 mostram que o compósito Filtek Z250 apresentou maiores valores (2,71 mm) que o Filtek Supreme XT (2,56 mm). O fator fonte ativadora foi, também, altamente significativo (Tabela 1) e as médias correspondentes da Tabela 3 indicam a superioridade do aparelho Optilux 501 (2,87 mm) em comparação com o Radium (2,40 mm).

Tabela 1.- Análise de variância para os fatores fonte ativadora e compósito.

Fonte de variação	Soma dos Quadrados	G.L.	Quadrados médios	R.Q.M. (F)	Valores de p
Fonte ativadora	1,14242	1	1,14242	164,78	0,0000
Compósito	0,12482	1	0,12482	18,00	0,0005
Resíduo	0,11786	17	0,00693294	-	-
Total	1,3851	19		-	-

Tabela 2 – Médias e desvios-padrão referentes à profundidade de polimerização correspondentes ao fator compósito.

Compósito	Médias e desvios-padrão da profundidade de polimerização (mm)
Filtek Supreme XT	2,56 ± 0,28
Filtek Z250	2,71 ± 0,25

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão da profundidade de polimerização correspondentes ao fator fonte ativadora.

Fonte ativadora	Médias e desvios-padrão da profundidade de polimerização (mm)
Radii	2,40 ± 0,14
Optilux 501	2,87 ± 0,07

Os resultados da análise de variância da Tabela 4 indicam que a interação *fonte ativadora X compósito* foi altamente significativa. A Tabela 5 mostra as médias e desvios-padrão correspondentes à interação compósito X fonte ativadora, sendo a maior média apresentada pela fonte Optilux 501 irradiando o compósito FilteK Z250 e a pior da fonte Radii irradiando o Supreme XT.

Tabela 4 - Análise de variância para interação *fonte ativadora X compósito*

Fonte de variação	Soma dos Quadrados	G.L.	Quadrados médios	R.Q.M. (F)	Valores de p
Tratamento	1,27302	3	0,42434	60,58	0,0000
Resíduo	0,11208	16	0,007005		
Total	1,3851	19		-	-

Tabela 5 – Médias e desvios-padrão correspondentes à interação *fonte ativadora X compósito* (médias com letras iguais são estatisticamente semelhantes).

Fonte ativadora	Compósito	Médias e desvios-padrão da profundidade de polimerização (mm)
Radii	Filtek Supreme XT	2,30 ± 0,07 ^a
	Filtek Z250	2,49 ± 0,15 ^b
Optilux 501	Filtek Supreme XT	2,81 ± 0,05 ^c
	Filtek Z250	2,94 ± 0,03 ^d

* Tukey (5%) = 0,16.

4.4 Microdureza Knoop

As tabelas 6 a 13 correspondem aos resultados da microdureza Knoop. A Tabela 8 contém a análise de variância, cujos resultados mostram que os fatores principais, bem como suas interações foram altamente significantes. ($p \leq 0,001$)

Tabela 6 - Análise de variância da microdureza Knoop

Fonte de variação	Soma dos Quadrados	G.L.	Quadrados médios	R.Q.M.(F)	Valores de p
A : Compósito	3560,18	1	43560,18	327,14	0,0000
B : Fonte ativadora	592,307	1	592,307	54,43	0,0000
C : Profundidade	6508,77	3	2169,59	199,36	0,0000
Int. A X B	127,563	1	127,563	11,72	0,0011
Int. A X C	498,084	3	166,028	15,26	0,0000
Int. B X C	722,145	3	240,715	22,12	0,0000
Int. A X B X C	210,553	3	70,1842	6,45	0,0000
Resíduo	696,505	64	10,8829	-	-
Total	12916,1	79		-	-

As Tabelas a seguir mostram as médias dos fatores principais e suas interações.

A Tabela 7 mostra que a média de microdureza do compósito Filtek Z250 apresentou valores maiores (85,28 NDK) que o FilteK Supreme XT (71,93 NDK).

Tabela 7 – Médias e desvios-padrão referentes a microdureza Knoop correspondentes ao fator compósito

Compósito	Médias e desvios-padrão de microdureza Knoop (kgf/mm ²)
Filtek Supreme XT	71,93 ± 13,57
Filtek Z250	85,28 ± 7,47

A Tabela 8 mostra que em média a microdureza foi maior quando a irradiação foi realizada pelo aparelho de luz halógena (81,33 NDK) do que pelo LED (75,88 NDK). A significância deste fator pode ser observada na Tabela 6.

Tabela 8 – Médias e desvios-padrão referentes a microdureza Knoop correspondentes ao fator fonte ativadora.

Fonte ativadora	Médias e desvios-padrão de microdureza Knoop (kgf/mm ²)
Radii	75,88 ± 15,47
Optilux 501	81,33 ± 8,75

As médias correspondentes a profundidade da Tabela 9 indicam decrescente microdureza, a partir do topo em direção ao fundo dos espécimes.

Tabela 9 – Médias e desvios-padrão referentes a microdureza Knoop (kgf/mm²) correspondentes ao fator profundidade e contrastes* (médias com letras iguais são estatisticamente semelhantes).

Profundidades (mm)	Médias e desvios-padrão de microdureza Knoop
Topo	88,20 ± 4,82 ^a
1,0	83,93 ± 6,47 ^b
2,0	77,98 ± 7,97 ^c
3,0	64,39 ± 14,44 ^d

* Tukey (5%) = 5,04

A alta significância dos fatores principais precisa, no entanto, ser interpretada com certa reserva, uma vez que as interações que seguem, também, foram altamente significantes.

As médias de microdureza correspondentes à interação *fonte ativadora X compósito* (Tabela 10) mostraram superioridade do compósito Filtek Z250 independente da fonte ativadora empregada. As duas fontes ativadoras ensaiadas geraram resultados semelhantes quando irradiaram este compósito. Já o Filtek Supreme XT apresentou valores médios menores e pior desempenho quando irradiado pela fonte de LED.

Tabela 10 - Médias e desvios-padrão de microdureza Knoop (kgf/mm²) correspondentes à interação *fonte ativadora X compósito* e contrastes* (médias com mesmas letras são estatisticamente semelhantes).

Fonte ativadora	Compósito	Dureza Knoop e desvio-padrão
Optilux 501	Filtek Z250	86,7 ^a (±5,8)
	Filtek Supreme XT	75,9 ^b (±7,9)
Radii	Filtek Z250	83,8 ^a (±8,7)
	Filtek Supreme XT	67,9 ^c (±16,8)

* Tukey (1%) = 3,39

Na Tabela 11 encontram-se as médias de microdureza correspondentes à interação *compósito X profundidade* e os valores críticos pelo teste de Tukey para contrastes. Os valores médios na superfície irradiada para o compósito Filtek Z250 (91,9 NDK) foram superiores aos obtidos, na mesma região pelo Filtek Supreme XT (84,5 NDK).

Tabela 11 - Médias e desvios-padrão (D.P.) de microdureza Knoop (kgf/mm²) correspondentes à interação *compósito X profundidade* e contrastes* (médias com letras iguais são estatisticamente semelhantes).

Compósito	Profundidade (mm)	Dureza Knoop e desvio-padrão
Filtek Z250	0,0	91,9 ^a (±3,1)
	1,0	89,6 ^{ab} (±2,2)
	2,0	84,8 ^b (±3,4)
	3,0	74,8 ^c (±5,0)
Filtek Supreme XT	0,0	84,5 ^b (±3,1)
	1,0	78,2 ^c (±3,3)
	2,0	71,2 ^d (±4,5)
	3,0	53,8 ^e (±13,0)

* Tukey (1%) = 5,47

Observando-se a Tabela 12 foi possível constatar que a fonte ativadora de luz halógena foi numericamente superior a LED do topo até o 2^omm de profundidade e, estatisticamente superior no 3^omm.

Tabela 12 - Médias e desvios-padrão (D.P.) de microdureza Knoop (kgf/mm²) correspondentes à interação *fonte ativadora X profundidade* e contrastes* (médias com letras iguais são estatisticamente semelhantes).

Fonte	Profundidade (mm)	Dureza Knoop e desvio-padrão
Optilux 501	0,0	88,4 ^a (±5,3)
	1,0	84,5 ^{ab} (±6,2)
	2,0	80,3 ^b (±6,3)
	3,0	72,0 ^c (±7,9)
Radii	0,0	88,0 ^{ab} (±4,6)
	1,0	83,3 ^{ab} (±7,0)
	2,0	75,6 ^{bc} (±9,1)
	3,0	56,6 ^d (±15,7)

* Tukey (1%) = 5,47

Tabela 13 - Médias e desvios-padrão (D.P.) de microdureza Knoop (kgf/mm²) correspondentes à interação *fonte ativadora X compósito X profundidade* e contrastes* (médias com letras iguais são estatisticamente semelhantes).

Fonte ativadora	Compósito	Profundidade (mm)	Dureza Knoop e desvio-padrão
Optilux 501	Filtek Z250	0,0	92,5 ^a (±2,0)
		1,0	89,9 ^{ab} (±1,6)
		2,0	85,9 ^{abc} (±2,6)
		3,0	78,7 ^{bc} (±3,4)
	Filtek Supreme XT	0,0	84,3 ^{bc} (±4,2)
		1,0	79,2 ^{bc} (±3,4)
		2,0	74,7 ^{cd} (±2,1)
		3,0	65,4 ^e (±4,3)
Radii	Filtek Z250	0,0	91,3 ^{ab} (±4,1)
		1,0	89,4 ^{ab} (±2,9)
		2,0	83,6 ^{bc} (±3,9)
		3,0	71,0 ^{cd} (±2,8)
	Filtek Supreme XT	0,0	84,7 ^{bc} (±2,0)
		1,0	77,3 ^{cd} (±3,3)
		2,0	67,7 ^{de} (±3,3)
		3,0	42,1 ^f (±4,8)

* Tukey (1%) = 8,59

5 DISCUSSÃO

Durante as últimas décadas os compósitos odontológicos foram classificados de acordo com o tamanho das partículas de carga em híbrida (8-30 μm), microhíbrida (0,3-3,6 μm) e microparticulada (aproximadamente 0,04 μm)⁸². No entanto, nos últimos anos, com a introdução da nanotecnologia na odontologia, surgiram os compósitos nanoparticulados⁸³. Alguns estudos *in vitro* têm demonstrado a boa performance desta classe de material^{18,79,84}. Outros trabalhos têm se preocupado com a transmissão de luz por estes compósitos^{27,31}.

Pesquisadores relataram que o índice de refração da luz da carga e da matriz polimérica, o tipo de monômero, o tipo de partícula e a quantidade de partícula de carga podem influenciar a transmitância de luz em compósitos restauradores^{31,34,85}. No presente estudo os compósitos ensaiados contém a mesma matriz polimérica (BisGMA, BisEMA, UDMA e TEGDMA) e o mesmo tipo de partícula, por essa razão, a discussão foi baseada no tamanho das partículas de carga dos compósitos. Para Santos *et al.*²⁶ a profundidade de polimerização de compósitos pode ser influenciada fortemente por um fenômeno denominado espalhamento do tipo Rayleigh.

Nas Figuras 17 e 18 pode ser observada, para os compósitos polimerizados, maior percentual de transmitância de luz do que nos compósitos não polimerizados. Este fato pode ser explicado sobre dois pontos de vista. Primeiro, após a polimerização, o compósito passa por um processo de vitrificação que o transforma em um material vítreo. Neste estado, o ar aprisionado em micro bolhas dentro da rede de polímero pode proporcionar um aumento na transmissão de luz⁸⁶. A outra hipótese é que uma melhor ordenação das moléculas na rede de polímeros, após a polimerização, pode facilitar a passagem de luz pelo material. Esse fenômeno, conhecido com fotocclareamento está relacionado diretamente ao processo de polimerização, já foi estudado anteriormente^{87,88}. O aumento de transmissão de luz após a polimerização foi anteriormente observado no compósito Z100²⁵, material que tem o mesmo tipo/tamanho de partículas de carga do compósito Filtek Z250, um dos compósitos ensaiados no presente estudo. Chen, Ferracane e Prahl²⁵ observaram que o coeficiente de absorção (μa) diminui após a polimerização. O

mesmo trabalho demonstrou que o coeficiente de absorção aumenta com a diminuição do comprimento de onda, para faixa de comprimento de onda de 400 a 700 nm. O mesmo acréscimo na transmitância de luz para maiores comprimentos de onda pode ser observado no presente trabalho, na faixa de 400 a 800 nm, independente da espessura do compósito (Figuras 17 e 18).

O conceito de que partículas de carga com tamanho médio próximo da metade do tamanho comprimento de onda luz irradiada produz grande espalhamento de luz já foi explicado, desde 1985²⁴. Masotti *et al*³¹ encontraram, em comprimentos de onda na faixa de 400 a 560 nm, maior transmitância de luz para o compósito Filtek Supreme XT cor dentina, que contém partículas de carga com tamanho médio de 5 a 20 nm, do que para o mesmo compósito na cor translúcida, que contém partículas com tamanho médio de 75 nm. De acordo com estes autores, em baixos comprimentos de onda, compósitos com partículas muito pequenas sofrem maior espalhamento de luz, enquanto compósitos com partículas maiores sofrem com este efeito em comprimentos de onda mais altos.

Ao confrontar a diferença do percentual de transmitância de luz nos espécimes antes e após a polimerização, pode se salientar pontos interessantes (Figura 19). Pode ser observado que para o compósito Filtek Z250 não houve mudanças significativas nos valores da taxa r em função dos comprimentos de onda. Neste caso, os valores de r mantiveram-se constantes variando próximo de 1,5%. Por outro lado, para o compósito Filtek Supreme XT, a mudança do valor de r é evidente, variando de 5,5 a 2,2% na medida em que aumenta o comprimento de onda.

A profundidade de polimerização, para Filtek Z250 (Figura 21) mostra que, em comprimentos de onda menores que 500 nm, existe uma considerável variação na profundidade de penetração de luz ocorrida nas condições antes e após a polimerização, alterando de aproximadamente 0,17 para 0,24 mm para o comprimento de onda de 400 nm. Essa variação pode ser atribuída ao pico de absorção da canforoquinona (aproximadamente 467,5 nm), que por absorver a luz nesta região do espectro diminui a quantidade de luz transmitida. De fato, Chen, Ferracane e Prahl²⁵ mostraram que o coeficiente de absorção da luz diminui após a polimerização, especialmente para faixas de comprimento de onda entre 440 e 500 nm ($1,06\text{cm}^{-1}$ na condição não polimerizada para $0,68\text{cm}^{-1}$ no espécime polimerizado). Já o compósito Filtek Supreme XT (Figuras 22), após a polimerização,

mostra grande aumento na profundidade de penetração de luz em função do aumento do comprimento de onda, exceto para faixa de comprimento de onda entre 400 e 450 nm. A relação feita com o pico de absorção com a canforoquina para explicar o comportamento do compósito Filtek Z250 não se aplica ao comportamento apresentado pelo compósito Filtek Supreme XT, devido ao mascaramento criado pelo grande espalhamento de luz que predomina na faixa de comprimento de onda entre 400 e 500 nm⁴⁰.

Analisando as figuras 21 e 22 pode ser verificado que para comprimentos de onda maiores que 600 nm, o compósito Filtek Supreme XT apresenta maior profundidade de penetração de luz que o Filtek Z250. Esse resultado pode ser explicado pelo tamanho médio de partículas de carga que compõem o compósito Filtek Supreme XT (20 nm) é distante da metade de 600 nm, promovendo diminuição do espalhamento de luz na faixa entre 600 e 800 nm. Esta observação foi anteriormente sustentada na discussão³¹

Para avaliar a influência que a propagação da luz nos compósitos poderia gerar sobre os procedimentos de fotoativação foram escolhidos testes, que para esta finalidade, já tiveram sua eficácia comprovada pela literatura. O teste de profundidade de polimerização (ISO 4049/2000) amplamente empregado^{14,29,74,76} e de determinação do número de dureza Knoop em diferentes profundidades^{6,19,48,78}. Esta última metodologia foi eleita por apresentar íntima relação com a avaliação do grau de conversão^{26,45,67}.

A avaliação isolada das médias de profundidade de polimerização para o fator principal compósito (Tabela 2) evidenciou superioridade do Filtek Z250 (2,71 mm) em comparação com o Filtek Supreme XT (2,56 mm), que mesmo tendo apresentando pior desempenho atendeu às condições mínimas determinadas pela ISO 4049/2000 de 1,5 mm de profundidade de polimerização^{29,73}.

A mesma preeminência do Filtek Z250 pode ser notada na Tabela 11 que traz as médias de microdureza das interações compósito x profundidade. Nesta tabela os valores médios na superfície irradiada para o compósito Filtek Z250 (91,9 NDK), foram superiores aos obtidos, na mesma região pelo Filtek Supreme XT (84,5 NDK). Este último valor foi semelhante à média obtida pelo Filtek Z250 na profundidade de 2,0 mm. A queda dos valores de microdureza observada entre o topo e o 3^omm foi de 17,12% para o Filtek Z250 contra 36,33% para o Filtek Supreme XT.

O efeito determinante do espalhamento de luz fica mais uma vez evidente ao analisar as médias de microdureza para a interação *fonte ativadora X compósito X profundidade* (Tabela 13). Não existiu diferença significativa entre as diferentes fontes ativadoras quando irradiaram o compósito Filtek Z250. Para este compósito as duas fontes ativadoras apresentaram semelhança mm a mm. Estas médias foram superiores, ora estatisticamente, ora numericamente às apresentadas pelo FilteK Supreme XT. O valor médio de microdureza observado no topo do Filtek Supreme XT ativado pelo Optilux 501 (84,3 NDK) manteve-se constante até 2,0 mm de profundidade, caindo no 3^omm para 65,4 NDK (22,42%). O mesmo compósito ativado pelo Raddi apresentou média de microdureza de 84,7 NDK na superfície, mantendo-se constante por mais 1,0mm apenas, a queda observada no fundo do espécime (42,1 NDK) representa, neste caso, uma diminuição maior que 50%. Além disso, pode-se observar que, mesmo em condições com valores de microdureza estatisticamente semelhantes, o desempenho do Optilux 501 e do compósito Filtek Z250 relacionou-se com regiões mais profundas dos espécimes. Este foi o caso do Filtek Z250 quando ativado com o Optilux 501 nas profundidades de 1,0 até 3,0 mm e com o Raddi do topo até 2,0 mm, igualando-se ao desempenho do Filtek Supreme XT quando ativado pelo Optilux 501 até 1,0 mm de profundidade e polimerizado com o Raddi apenas no topo do espécime.

A Tabela 10 confirma que aos valores de microdureza para o Filtek Supreme XT foi influenciado pelo tipo de fonte ativadora.

Os piores resultados obtidos pelo Filtek Supreme XT estão relacionados ao tamanho médio das partículas que compõem este compósito, que o tornam um compósito mais espalhador, diminuindo a transmitância de luz (como o resultado encontrado no presente trabalho) e conseqüentemente a profundidade de polimerização ^{24,27,79}.

O pior desempenho das fontes ativadoras do tipo LED, quando do surgimento das mesmas, foi atribuído à emissão de luz com baixa irradiância ^{12,29}. Já foi demonstrado que, independente do tipo de fonte de luz, a irradiância e que tempo de irradiação podem interferir na profundidade de polimerização de compósitos, por alterar a densidade de energia (mW.s/cm^2 ou mJ/cm^2) ⁷⁵. Por esta razão, no presente estudo, houve a preocupação em igualar a densidade de energia para as duas fontes ativadoras regulando o tempo de irradiação.

Tsai, Meyers e Walsh ⁷⁴ avaliaram a profundidade de polimerização e o número de dureza Vickers e observaram reduções mais acentuadas, principalmente após o terceiro milímetro, em compósitos irradiados por LED. Resultado semelhante ao do presente trabalho onde foi notado (Tabelas 3 e 12) que a fonte ativadora Radii apresentou a pior média de profundidade de polimerização (2,40 mm) e de microdureza no fundo do espécime (56,6 NDK) comparado ao aparelho Optilux 501 que apresentou respectivamente (2,87 mm) e (72,0 NDK).

Uhl, Mills e Jandt ⁷² observaram desempenho pior na profundidade de polimerização de compósitos irradiados por fonte ativadora tipo LED em comparação com aparelho de lâmpada halógena e recomendaram cautela com o emprego dessas fontes em compósitos com iniciadores que absorvam em comprimentos de onda diferentes aos emitidos pelo LED.

O aparelho Optilux 501 mostrou resultados de profundidade de polimerização superiores independente do tipo de compósito. A justificativa pode ser baseada nos resultados de transmitância obtidos na primeira fase do presente estudo. Primeiramente foi encontrada maior transmitância para maiores comprimentos de onda, e o espectro de luz emitido pelo Optilux 501 é mais abrangente, emitindo luz em comprimentos de onda maiores que o aparelho Radii (Figura 9). A outra justificativa baseia-se na maior transmitância de luz observada nos compósitos após a polimerização, o maior tempo de irradiação da fonte de luz halógena para igualar a densidade de energia resulta em 5 s adicionais de exposição em compósitos já polimerizados e conseqüentemente, com melhores características de transmitância que permitem maior passagem de luz.

O caminho para a melhoria da profundidade de polimerização de compósitos, ao que tudo indica, passa por investigações futuras no sentido de diminuir o espalhamento de luz, que se dar através do desenvolvimento fotoiniciadores que absorvam em comprimentos de onda maiores.

6 CONCLUSÕES

Considerando as limitações deste estudo parece lícito concluir que:

- O percentual de transmitância de luz nos compósitos ensaiados foi maior em função do aumento do comprimento de onda, após a polimerização dos espécimes e com o decréscimo da espessura dos mesmos;
- O percentual de transmitância de luz foi influenciado pelo tamanho das partículas de carga dos compósitos, com o Filtek Z250 apresentando maiores valores do que o Filtek Supreme XT, na condição não polimerizada;
- A profundidade de penetração da luz foi maior após a polimerização dos compósitos, sendo que no Filtek Z250 a diferença foi mais acentuada entre 400 e 450nm e no Filtek Supreme XT as diferenças se acentuaram após 500nm;
- Os maiores valores de microdureza e profundidade de polimerização foram verificados com o Filtek Z250 e com o fotoativador Optilux 501;
- Os valores de microdureza Knoop decaíram em função do aumento da profundidade;
- De modo diverso que o Filtek Supreme XT, a microdureza Knoop do Filtek Z250 não foi influenciada pela fonte ativadora;
- A transmitância de luz influenciou na profundidade de polimerização e na microdureza Knoop dos compósitos ensaiados.

REFERÊNCIAS

1. Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc* 1963; 66 (1): 57-64.
2. Bowen RL. Effect of particle shape and size distribution in a reinforced polymer. *J Am Dent Assoc* 1964;69 (4): 481-95.
3. Dart EC, Cantwell JB, Traynor JR, Jaworzyn JF, Nemeck J. Method of repairing teeth using a composition which is curable by irradiation with visible light. US patent 4089763;1976.
4. Tirtha R, Fan PL, Dennison JB, Powers JM. In vitro depth of cure of photoactivated composites. *J Dent Res* 1982;61 (10): 1184-7.
5. Swartz ML, Phillips RW, Rhodes B. Visible light-activated resins – depth of cure. *J Am Dent Assoc* 1983; 106 (5): 634-7.
6. Ferracane JL, Aday P, Matsumoto H, Marker VA. Relationship between shade and depth of cure for light-activated dental composites resins. *Dent Mater* 1986;2(2): 80-4.
7. Inoue K, Hayashi I. Residual monomer (Bis-GMA) of composite resins. *J Oral Rehabil* 1982;9(6): 493-7.
8. Hamid A, Okamoto A, Iwaku M, Hume WR. Component release from light-activated glass ionomer and compomer cements. *J Oral Rehabil* 1998;25(2): 94-9.
9. Atmadja G, Bryant RW. Some factors influencing the depth of cure of visible light-activated composite resins. *Aust Dent J* 1990;35 (3): 213-8.
10. Gerzina TM, Hume WR. Effect of dentine on release of TEGDMA from resin composite in vitro. *J Oral Rehabil* 1994;21(4):463-8.
11. Davidson CL, Gee AJ de. Light-curing units, polymerization, and clinical implications. *J Adhes Dent* 2000;2(3):167-73.
12. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater* 2000;16(1):41-7.
13. Uhl A, Mills RW, Vowles RW, Jandt KD. NDK hardness depth profiles and compressive strength of selected dental composites polymerized with halogen and LED light curing technologies. *J Biomed Mater Res* 2002;63(6):729-38.

14. Fan PL, Schumacher RM, Azzolin K, Geary R, Eichmiller FC. Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standards. *J Am Dent Assoc* 2002;133(4): 429-34.
15. Silikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dent Mater* 2000; 16 (4): 292-6.
16. Pianelli C, Devaux J, Bebelman S, Leloup G. The micro-Raman spectroscopy, a useful tool to determine the degree of conversion of light-activated composite resins. *J Biomed Mater Res* 1999;48(5): 675-81
17. Watts DC, Amer O, Combe EC. Characteristics of visible-light-activated composite systems. *Br Dent J* 1984;156(6): 209-15.
18. Vargas MA, Cobb DS, Schmit JL. Polymerization of composite resins: argon laser vs conventional light. *Operative Dent* 1998; 23 (2): 87-93.
19. Rueggeberg FA, Ergle JW, Mettenburg DJ. Polymerization depths of contemporary light-curing units using microhardness. *J Esthet Dent* 2000;12(6): 340-9.
20. Koran P, Kurschner R. Effect of sequential versus continuous irradiation of light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion and degree of polymerization. *Am J Dent* 1998;10(1):17-22.
21. Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. Energy dependent polymerization of resin-based composite. *Dent Mater* 2002;18(6): 463-9.
22. Tanoue N, Koishi Y, Matsumura H, Atsuta M. Curing depth of different shades of a photo-activated prosthetic composite material. *J Oral Rehabil* 2001;28(7):618-23.
23. Leloup G, Holvoet PE, Bebelman S, Devaux J. Raman scattering determination of depth of cure of light activated composites: influence of different clinically relevant parameters. *J Oral Rehabil* 2002; 29(6): 510-5.
24. Ruyter IE, Oysaed H, Yearn JA. Factors affecting cure of visible light activated composites. *Int Dent J* 1985;35 (3): 218–25.
25. Chen YC, Ferracane JL, Prah AS. A pilot study of a simple photon migration model for predicting depth of cure in dental composite. *Dent Mater* 2005; 21 (11): 1075-86
26. Santos GB, Medeiros IS, Fellows CE, Muench A, Braga RR. Composite Depth of Cure Obtained with QTH and LED Units Assessed by Microhardness and Micro-Raman Spectroscopy. *Oper Dent* 2007; 32 (1): 79-83.
27. Santos G B, Monte Alto RV, Sampaio Filho H S, Silva EM, Fellows CE. Light transmission on dental resin composites . *Dent Mat* 2007; 24 (5): 571 – 6

28. McNaught AD, Wilkinson A. IUPAC Compendium of Chemical Terminology, International Union of Pure and Applied Chemistry 2nd Edition. Williston: Blackwell Science, 1997.
29. Bennett AW, Watts DC. Performance of two blue light-emitting-diode dental light curing units with distance and irradiation-time. *Dent Mater* 2004; 20(1): 72-9.
30. Correa IC Análise do grau de conversão de uma resina experimental fotopolimerizável: um estudo espectrométrico em função de diferentes fotoiniciadores e fontes de luz [tese]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2003.
31. Masotti AS, Onófrío AB, Conceição EN, Spohr AM. Uv-vis spectrophotometric direct transmittance analysis of composite resins. *Dent Mater* 2007; 23 (6): 724-30
32. Miyakawa W. Laser de CuHBr em tecidos dentais duros [tese]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares da Universidade de São Paulo; 2004.
33. Yeh CL, Miyagawa Y, Powers JM. Optical properties of composite of selected shades. *J Dent Res* 1982; 61 (6):797-801
34. Campbell PM, Johnston WM, O'Brien WJ. Light scattering and gloss of an experimental quartz-filled composite. *J Dent Res* 1986; 65 (6): 892-4.
35. Suzuki H, Taira M, Wakasa, Yamaki M. Refractive-index-adjustable fillers for visible-light-cured dental resin composites: preparation of TiO₂-SiO₂ glass powder by the sol-gel process. *J Dent Res* 1991; 70(5): 883-8.
36. Kawaguchi M, Fukushima T e Miyazaki K. The relationship between cure depth and transmission coefficient of visible-light-activated resin composites. *J Dent Res* 1994, 73(2): 516-21.
37. Arikawa H, Fujii K, Kanie T, Inoue K. Light transmittance characteristics of light-cured composite resins. *Dent Mater* 1998;14 (6):405–11.
38. Taira M, Okazaki M, Takahashi J. Studies on optical properties of two commercial visible-light-cured composite resins by diffuse reflectance measurements. *J Oral Rehab* 1999; 26(4):329-37
39. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater* 2004; 20 (6): 530-4.
40. Watts DC, Cash AJ. Analysis of optical transmission by 400-500 nm visible light into aesthetic dental biomaterials. *J Dent* 1994; 22 (2): 112-7.

41. Hirata R. Avaliação da reflectância, transmitância direta e fluorescência de resinas compostas [tese]. Rio de Janeiro: Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2008.
42. Woo ST, Yu B, Ahn JS, Lee YK. Comparison of translucency between indirect and direct resin composites. *J Dent* 2008; 36(8): 637-42.
43. Ruyter IE, Svendsen SA. Remaining methacrylate groups in composite restorative materials. *Acta Odontol Scand* 1978;36(2):75-82.
44. Ruyter IE, Oysaed H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta Odontol Scand* 1982;40(3):179-92.
45. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* 1985;1(1):11-4.
46. Matsumoto H, Gres JE, Marker VA, Okabe T, Ferracane JL, Harvey GA. Depth of cure of visible light-cured resin: Clinical simulation. *J Prosthet Dent* 1986;55 (5):574-8.
47. Coradazzi JL, Francischone CE, Franco EB. Avaliação de um aparelho de lâmpada halógena para polimerização de resinas compostas. *Rev Paul Odontol* 1996;8(4):50-4.
48. De Wald JP, Ferracane JL. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res* 1987;66(3):727-30.
49. Nomoto R, Hirasawa T. Residual monomer and pendent methacryloyl group in light-cured composite resins. *Dent Mater J* 1992;11(2):177-88.
50. Lundin SA, Koch G. Cure profiles of visible-light-cured Class II composite restorations in vivo and in vitro. *Dent Mater* 1992;8(1):7-9.
51. Hansen EK, Asmussen E. Correlation between depth of cure and surface hardness of a light-activated resin. *Scand J Dent Res* 1993;101(2): 62-4.
52. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994;19(1): 26-32.
53. Hansen EK, Asmussen E. Visible-light curing units: correlation between depth of cure and distance between exit window and resin surface. *Acta Odontol Scand* 1997; 55(3): 162-6.
54. Pereira SK, Porto CLA, Mandarino F, Rodrigues Jr. AL. Intensidade de luz e profundidade de polimerização de aparelhos fotopolimerizadores. *Rev. Assoc Paul Cir Dent* 1997;51(3): 257-60.

55. Menezes MA de, Muench A. Dureza Knoop de resinas compostas em função do número relativo de radicais livres. *Rev Odontol Univ São Paulo* 1998;12(3):281-5.
56. Masuda MS, Maluf WI, Muench A. Dureza Knoop de resinas compostas em função do tempo de irradiação, das espessuras, das camadas, da idade e da profundidade. *RPG* 1999;6(1):25-30.
57. Santos LA, Turbino ML, Youssef MN, Matson E. Microdureza de resina composta: efeito de aparelhos e tempos de polimerização em diferentes profundidades. *Pesq Odontol Bras* 2000;14(1):65-70.
58. Pereira SK, Porto CLA, Mendes AJD. Avaliação da dureza superficial de uma resina composta híbrida em função da cor, tempo de exposição, intensidade de luz e profundidade do material. *J Bras Clin Estet Odontol* 2000;4(23):63-7.
59. Daronch M, Miranda WG, Braga RR, Mirage A. Composite depth of cure using different light sources [IADR abstract 1809]. *J Dent Res* 2000;79:370.
60. Choi KK, Ferracane JL, Hilton TJ, Charlton D. Properties of packable dental composites. *J Esthet Dent* 2000;12(4): 216-26.
61. Price RBT, Murphy DG, Dérand T. Light energy transmission through cured resin composite and human dentin. *Quintessence Int* 2000;31(9): 659-67.
62. Bingham V, Salamy N, Doherty E, Habib C. Comparative Depth of curing using two factors: Composite System and Curing Time [abstract1518]. *J Dent Res* 2000;79:333.
63. Lovell LG, Lu H, Elliot JE, Stansbury JW, Bowman CN. The effect of cure rate on mechanical properties of dental resins. *Dent Mater* 2001;17(6): 504-11.
64. Sharkey S, Ray N, Burke F, Ziada H, Hannigan A. Surface hardness of light-activated resin composites cured by two different visible-light sources: An in vitro study. *Quintessence Int* 2001;32(5): 401-5.
65. Hasegawa T, Itoh K, Yukitani W, Wakumoto S, Hisamitsu H. Depth of cure and marginal adaptation to dentin of xenon lamp polymerized resin composites. *Oper Dent* 2001a;26(6): 585-90.
66. Hasegawa T, Itoh K, Yukitani W, Wakumoto S, Hisamitsu H. Effects of soft-start irradiation on the depth of cure and marginal adaptation to dentin. *Oper Dent* 2001b;26(4): 389-95.
67. Neves AD, Discacciati JAC, Oréface RL, Jansen WC. Correlação entre o grau de conversão, microdureza e conteúdo inorgânico em compósitos. *Pesqui Odontol Bras* 2002;16(4): 349-54.
68. Yoon TH, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Degree of polymerization of resin composites by different light sources. *J Oral Rehabil* 2002;29(12):1165-73.

69. Strassler HE, Massey WL. Cure depths using different curing units [abstract 2567]. *J Dent Res* 2002; 81(spec. issue): A-323.
70. El-Mowafy O, El-Badrawy W, Deniz B, Rosca G, Ghandi D, Karastathis D. Light intensity of two new curing units – Effects of distance and thickness of composite increment [abstract 2571]. *J Dent Res* 2002;81(spec issue):A-323.
71. Yamauti M, Senawongse P, Otsuki M, Tagami J, Carvalho RM. Effect of composite thickness and curing units on bond strength [abstract 0048]. *J Dent Res* 2002;81(spec issue):A-35.
72. Uhl A, Mills RW, Jandt KD. Photoinitiator dependent composite depth of cure and NDK hardness with halogen and LED light curing units. *Biomater* 2003;24(10):1787-95.
73. Asmussem E, Peutzfeldt A. Light-emitting diodes curing: influences on selected properties of resin composites. *Quintessence* 2003; 34(1):71-5.
74. Tsai PCL, Meyers IA, Walsh LJ. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. *Dent Mater*. 2004; 20 (1): 364-9.
75. Lindberg A, Peutzfeldt A, van Dijken JWV. Effect of power density of curing unit, exposure duration, and light guide distance on composite depth of cure. *Clin Oral Invest* 2005; 9 (2):71-6.
76. Aravamudhan K, Rakowski D, Fan PL. Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. *Dent Mater* 2006; 22 (11): 988-94.
77. Rode KM. Estudo do efeito da distância da ponta de aparelhos fotoativadores na microdureza e no grau de conversão da resina composta usando luz halógena, laser de argônio e LED [tese]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2006.
78. David JR, Gomes OM, Gomes, JC, Loguercio AD, Reis A. Effect of exposure time on curing efficiency of polymerizing units equipped with light-emitting diodes. *J Oral Sci* 2007; 49(1): 19-24.
79. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent Mater* 2007; 23 (1): 51-9.
80. Araújo CS, Schein MT, Zanchi CH, Rodrigues SA Jr, Demarco FF. Composite resin microhardness: the influence of light curing method, composite shade, and depth of cure. *J Contemp Dent Pract*. 2008; 9(4):43-50.
81. International Organization for standardization. ISO 4049. Resin-based filling materials, Int Stand Org. 2000.

82. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Cellis JP, Vanherle G. A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dent Mater* 1992;8 (5):310–9.
83. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc* 2003;134 (10): 1382–90.
84. Turssi CP, Ferracane JL, Serra MC. Abrasive wear of resin composites as related to finishing and polishing procedures. *Dent Mater* 2005;21 (7): 641–8.
85. Emami N, Sjodahl M, Soderholm KJM. How filler properties, filler fraction, sample thickness and light source affect light attenuation in particulate filled resin composites. *Dent Mater* 2005;21(8):721–30.
86. Vrentas JS, Duda JL. A free volume interpretation of the influence of the glass transition on diffusion in amorphous polymers. *J Appl Polym Sci* 1978;22 (8): 2325–39.
87. Cabral JT, Hudson SD, Harrison C, Douglas JF. Frontal photopolymerization for microfluidic applications. *Langmuir* 2004;20:10020–9.
88. Warren JA, Cabral JT, Douglas JF. Solution of a field theory model of frontal photopolymerization. *Phys Rev E* 2005;72 (2 pt1):021801.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)