

MARINHA DO BRASIL
ODONTOCLÍNICA CENTRAL DA MARINHA

CD Carolina Rangel Coutinho de Souza

**INFLUÊNCIA DA UNIDADE FOTOATIVADORA NA DUREZA E
DENSIDADE DE LIGAÇÕES CRUZADAS DE UM COMPÓSITO
NANOPARTICULADO**

Rio de Janeiro
2013

MARINHA DO BRASIL
ODONTOCLÍNICA CENTRAL DA MARINHA

CD Carolina Rangel Coutinho de Souza

**INFLUÊNCIA DA UNIDADE FOTOATIVADORA NA DUREZA E
DENSIDADE DE LIGAÇÕES CRUZADAS DE UM COMPÓSITO
NANOPARTICULADO**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação em Dentística - Odontoclínica Central da Marinha como requisito para a obtenção do título de Especialista em Dentística.

Orientador:
CF (CD) Reinaldo de Souza Ferreira

Co-orientadora:
1ºTen (CD) Cristiane Soares Mota

Rio de Janeiro
2013

CATALOGAÇÃO NA FONTE

Souza, Carolina Rangel Coutinho de
Influência da unidade fotoativadora na dureza e densidade de ligações cruzadas de um compósito nanoparticulado. / Carolina Rangel Coutinho de Souza – Rio de Janeiro, 2012.
31 f. : 06 il.

Orientador: CF (CD) Reinaldo de Souza Ferreira
Co-orientadora: 1º Ten (CD) Cristiane Soares Mota
Monografia (Especialização em Dentística) – Odontoclínica Central da Marinha.

1. Polimerização 2. Resinas Compostas 3. Dureza 4. Densidade de Ligações Cruzadas
I. Ferreira, Reinaldo de Souza. II. Odontoclínica Central da Marinha. III. Avaliação do modo de fotoativação na microdureza de um compósito nanoparticulado.

FOLHA DE APROVAÇÃO

CD Carolina Rangel Coutinho de Souza

INFLUÊNCIA DA UNIDADE FOTOATIVADORA NA DUREZA E DENSIDADE DE LIGAÇÕES CRUZADAS DE UM COMPÓSITO NANOPARTICULADO

Aprovada em __ de _____ de 2013.

Professor: _____

CC (CD) Fernanda Garcia Paiva

Professor: _____

CC (CD) Gonçalo Sobreira Pimentel Neto

Orientador: _____

CF(CD) Reinaldo de Souza Ferreira

Rio de Janeiro
2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus**, pela força espiritual para a realização deste trabalho.

Aos **meus pais**, Rosangela e Claudio, pelo incentivo à busca de novos conhecimentos, por me ensinar o verdadeiro valor das coisas e por serem presentes nos momentos bons e ruins, trazendo muita felicidade para os meus dias.

A **minha irmã**, Juliana, pela compreensão e carinho.

Ao **meu namorado**, Arthur, pelo apoio, carinho e por me ensinar a configurar a monografia.

Ao **CF (CD) Reinaldo**, pela orientação, conhecimento compartilhado, total dedicação ao aprendizado das suas alunas e amizade construída.

Ao **CF (CD) Márcio Paraizo, 1ª Ten (CD) Cristiane Mota, CT (CD) Fernanda e CC (CD) Irma**, pelo conhecimento compartilhado e amizade.

A **1ª Ten (CD) Luisa Abreu**, pelo companheirismo, cumplicidade e amizade.

Aos **amigos do ciclo básico do curso**, pelos momentos de divertimento e descontrações.

Ao professor **Eduardo Moreira** pela cessão dos equipamentos do laboratório UFF LABiom-R e compartilhamento de conhecimentos.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do tipo de unidade fotoativadora (halógena, LED 2ª geração e LED 3ª geração) sobre os valores de dureza Knoop e densidade de ligações cruzadas do compósito nanoparticulado Filtek Z350 XT (3M ESPE), cores A2E, XWE e CT, polimerizados com três fotopolimerizadores: Optilux 501 (600 mW/cm², Demetron Kerr Corp), Radium Cal (800 mW/cm², SDI) e Bluephase G2 (1000 mW/cm², Ivoclar Vivadent). Cinco corpos de prova (CP) de cada grupo foram confeccionados em uma matriz bipartida de teflon branco (φ 2,5 mm x h 4 mm), originando 9 grupos: G1- cor A2E, Radium Cal ativação por 30s; G2- A2E, Bluephase G2, 24s; G3- A2E, Optilux 501, 40s; G4- XWE, Radium Cal, 30s; G5- XWE, Bluephase G2, 24s; G6- XWE, Optilux 501, 40s; G7- CT, Radium Cal, 30s; G8- CT, Bluephase G2, 24s; G9- CT, Optilux 501, 40s. Os tempos de exposição foram calculados para padronizar a exposição radiante em 24 J/cm². Os CP foram armazenados ao abrigo de luz, 37°C, por 24h. Após inclusão e polimento dos CP, foi realizado teste de dureza Knoop (KHN) no topo e na base. Em seguida os corpos foram imersos em etanol absoluto por 24h para avaliação da densidade de ligações cruzadas (DLC), em função do amolecimento. Os dados foram avaliados por ANOVA-2 fatores e teste de comparações múltiplas Duncan ($\alpha = 0,05$). A unidade fotoativadora não exerceu influência significativa para KHN ($p = 0,3422$), nem para DLC ($p = 0,1315$). Já em relação ao fator cor do compósito houve diferença significativa tanto para KHN ($p < 0,001$) como para DLC ($p = 0,002$), sendo os valores de KHN: A2E [93,49(1,16)] = XWE [91,89(0,78)] > CT [71,46(1,76)], e a DLC avaliada por redução percentual da KHN: A2E [9,1(1,3)] = XWE [9,1(1,6)] > CT [11,5(2,0)]. Concluiu-se que a unidade fotoativadora não teve influência no KHN e DLC, porém a cor do compósito influencia significativamente tais propriedades, sendo que a cor CT apresentou menores valores tanto de KHN como de DLC.

Palavras-chave: Polimerização. Resinas Compostas. Dureza.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of type of photo-curing unit (halogen, LED 2nd generation and LED 3rd generation) on Knoop hardness (KHN) and crosslink density (DLC) of nanofilled composite Filtek Z350 XT (3M ESPE), color A2E, XWE and CT, polymerized with three units: Optilux 501 (600 mW/cm², Demetron Kerr Corp), Radium Cal (800 mW/cm², SDI) and Bluephase G2 (1000 mW/cm², Ivoclar Vivadent). Five specimens of each group were made with a white Teflon matrix (φ 2,5 mm x h 4 mm), resulting in nine groups: G1- A2E, Radium Cal, polymerized for 30s; G2- A2E, Bluephase G2, 24s; G3- A2E, Optilux 501, 40s; G4- XWE, Radium Cal, 30s; G5- XWE, Bluephase G2, 24s; G6- XWE, Optilux 501, 40s; G7- CT, Radium Cal, 30s; G8- CT, Bluephase G2, 24s; G9- CT, Optilux 501, 40s. Exposure times were calculated for standardizing the radiant exposure to 24 J/cm². The specimens were stored protected from light, 37°C, for 24 hours. After including and polishing, Knoop hardness (KHN) was performed, and then the specimens were emerged in absolute ethanol for 24 hours for testing cross-linking density (CD) through softening. Data were evaluated by two-way ANOVA and Duncan multiple comparison test ($\alpha = 0.05$). The photo-curing unit did not exert significant influence to KHN ($p = 0.3422$), or for DCL ($p = 0.1315$). With regard to factor the composite color was significant difference for both KHN ($p < 0.001$) and DLC ($p = 0.002$), the values of KHN were: A2E [93.49 (1.16)] = XWE [91, 89 (0.78)] > CT [71.46 (1.76)], and DLC, measured by percent reduction of KHN were: A2E [9.1 (1.3)] = XWE [9.6 (1.6)] > CT [11.5 (2.0)]. It was concluded that the unit did not influence the KHN and DLC, but the color of the composite significantly influences these properties, whereas the color CT had lower KHN and DLC.

Keywords: Polymerization. Composite Resins. Hardness.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS:

% - Porcentagem

ANOVA – Análise de variância

BZ – Benzil

CEMA – Cianoetil metilanilina

CP – Corpo de prova

CQ – Canforoquinona

DABE – Dimetil amino benzóico

DEPT – Dietanol toluidina

DLC – Densidade de ligações cruzadas

DSC - Calorimetria diferencial de varredura

EDMAB – Etil-4-dimetilaminabezoato

FTIR – Espectroscopia de infravermelho

g – grama(s)

GC – Grau de conversão

h – Altura

J/ cm² – Joule por centímetro quadrado

KHN – Dureza Knoop

LED – Luz emitida por diodo

mm – Milímetros

mW/cm² – Miliwatts por centímetro quadrado

nm – Nanômetros

°C – Graus Celsius

PAC – Arco de plasma

PPD – Fenilpropanodiol

QTH – Luz halógena

s – Segundos

TPO – Lucirin TPO

α – Nível de significância

ϕ - Diâmetro

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	10
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 - Compósitos.....	12
2.1.1 - Sistema Fotoiniciador.....	12
2.2 - Fotoativação.....	13
2.3 - Dureza Knoop (KNH) e Densidade de Ligações Cruzadas (DLC).....	16
3 - PROPOSIÇÃO.....	19
4 - METODOLOGIA.....	20
5 - RESULTADOS.....	23
6 - DISCUSSÃO.....	25
6.1 - Metodologia.....	25
6.2 - Resultados.....	26
7 - CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1 - INTRODUÇÃO

Os compósitos odontológicos constituem um grupo de materiais restauradores já bem estabelecidos na Odontologia. Após cerca de 40 anos de sua introdução na prática clínica, esses materiais e técnicas restauradoras continuam a evoluir, possibilitando a obtenção de restaurações com melhores propriedades e desempenho.

Os compósitos resinosos possuem sistema fotoiniciador que são responsáveis pela reação química dos monômeros com ligação e formação de uma trama polimérica. O sistema mais frequentemente utilizado é canforoquinona/amina terciária. Devido à característica amarelada da canforoquinona (CQ) foram desenvolvidos outros sistemas como fenilpropanodiol (PPD) e Lucirin TPO, que têm maior estabilidade de cor e menor amarelamento. (FERRACANE, 2011)

A polimerização adequada (conversão de monômeros em polímeros) é considerada fator crucial na obtenção de adequadas propriedades mecânicas (CALHEIROS et al., 2006) e pode ser considerada fundamental para um bom desempenho de restaurações em compósitos (FERRACANE e GREENER, 1986; FERRACANE, MOSER e GREENER, 1985).

A unidade fotoativadora pode influenciar na qualidade da polimerização do compósito, pois existem diversos aparelhos com diferentes intensidades e espectros de comprimentos de onda. Sabendo que existem compósitos resinosos com variados sistemas fotoiniciadores e que cada tipo de fotoiniciador é mais bem excitado por um determinado comprimento de onda, deve-se escolher a unidade com comprimento de onda apropriado para o fotoiniciador utilizado. Por exemplo, a canforoquinona tem pico de absorção de 468 nm, logo é mais bem polimerizada no comprimento de onda de aproximadamente 450-470 nm. (BRANDT et al., 2009; PRICE et al., 2010; CALDARELLI et al., 2011)

A densidade de ligações cruzadas (DLC) é a quantidade de ligações entre as cadeias poliméricas, originando uma trama tridimensional, com melhores propriedades mecânicas e maior estabilidade química. Pode ser medida indiretamente pela temperatura de transição vítrea (DEWAELE et al., 2009) e por meio de ensaios de amolecimento (SILVA et al., 2008; BENETTI et al., 2009; BRANDT et al., 2008). O tipo de unidade fotoativadora, o tipo de compósito, a técnica de fotoativação são fatores que, interagindo entre si, interferem no grau

de conversão (GC) e na densidade de ligações cruzadas (BENETTI et al., 2009; SILVA, POSKUS e GUIMARÃES, 2008). Dessa forma, a técnica de ativação dos compósitos por luz é uma preocupação relevante para o sucesso do tratamento restaurador.

Em função do recente lançamento no mercado de novos compósitos e nova unidades fotoativadoras (PRICE et al., 2010; ANTONSON, ANTONSON e HARDIGAN, 2008), e da carência de estudos acerca desses novos materiais, torna-se importante avaliar o protocolo de fotoativação apropriado para obtenção de um material polimérico com elevada conversão monomérica e alta densidade de ligações cruzadas, que, em tese, originarão restaurações com maior longevidade clínica.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Compósitos

JÚNIOR et al. (2011) escreveram um artigo de revisão de literatura em que classificaram os compósitos quanto ao tamanho das suas partículas de carga. Os compósitos macroparticulados possuem tamanhos aproximados entre cinco e 12 μm , sendo muito resistentes, porém difíceis de polir. O compósito resinoso microparticulado é composto por partículas de aproximadamente 0,4 μm , possui propriedades mecânicas e físicas inferiores que os macroparticuladas, porém possui melhor polimento. Já o micro-híbrido é formado por partículas macro e microparticuladas, e por este motivo apresenta características dos dois compósitos, tendo boa resistência e polimento. O compósito nanohíbrido é aquele que tem partículas nanométricas misturadas com partículas de outros tamanhos, possui boa resistência e um ótimo polimento, enquanto o compósito nanoparticulado é formado apenas por nanopartículas, possuindo boa resistência e excelente polimento devido a menor contração de polimerização e possui ainda uma maior longevidade do brilho, lisura e menor desgaste.

2.1.1 - Sistema Fotoiniciador

OGUNYINKA et al. (2007) avaliaram a relação entre concentração de fotoiniciadores e co-iniciadores nas mudanças das taxas de transmissão de luz durante a polimerização e no grau de conversão dos compósitos resinosos. Foram avaliadas compósitos resinosos com diferentes concentrações dos fotoiniciadores (CQ, PPD e benzil - BZ) e co-iniciadores (dimetil amino benzóico - DABE, cianoetil metilânilina - CEMA e dietanol toluidina - DEPT). Os corpos de provas (CP) confeccionados foram polimerizados por 10, 20 ou 40 segundos utilizando as unidades Elipar Freelight (luz emitida por diodo - LED) ou Elipar Trilight (luz halógena -QTH). O teste de grau de conversão foi realizado por espectroscopia no infravermelho. Ao final, verificou-se que os compósitos que tinham CQ não apresentaram diferenças no grau de conversão quando polimerizadas pelo QTH por 10, 20 ou 40 segundos. Houve um aumento significativo no grau de conversão no compósito com CQ em relação ao compósito resinoso com PPD quando polimerizadas pelo LED. A ausência de co-iniciador resultou em menores graus de conversão em irradiações por 40 segundos nas duas unidades

polimerizadoras. Concluiu-se então que a eficiência da polimerização esta relacionada ao espectro emitido pelas unidades e ao espectro de absorção dos fotoiniciadores e co-iniciadores.

LEPRINCE et al. (2010) verificaram a eficiencia da polimerização por 10, 20 e 40 segundos com quatro unidades LED (G-Light, Free-light 2, Bluephase 16i e Bluephase G2) utilizando dois compósitos resinosos com diferentes composições dos fotoiniciadores CQ e Lucirin TPO -TPO (Tetric Evo cores A2 e bleach XL). O grau de conversão foi avaliado através do teste de microdureza Vickers na base e no topo dos espécimes. Ao final verificou-se que para a cor A2 todas as irradiações geraram valores de grau de conversão parecidos ou melhores que o padrão escolhido para o estudo, exceto o Free-light 2 por 10 segundos, que apresentou-se inferior. Já para a cor bleach XL os valores GC obtidos pelo Bluephase G2 e G-light por 20 e 40 segundos foram similares ao padrão do estudo. Concluiu-se que os valores de dureza são influenciados pela relação entre tipo e espectro de luz com o fotoiniciador presente no compósito.

SCHNEIDER et al. (2012) realizaram um estudo para verificar a relação do espectro de absorção do fotoiniciador e o espectro de luz emitido pela unidade polimerizadora, avaliando a cinética de polimerização e a profundidade de cura dos compósitos. Foram formulados compósitos resinosos com os seguintes sistemas fotoiniciador/co-iniciador: CQ + etil-4-dimetilaminabezoato (EDMAB), TPO e TPO+EDMAB. Foram confeccionados 5 corpos de prova para cada grupo. A absorção do fotoiniciador e a emissão do QTH foram avaliadas utilizando espectrofotometro e calorimetria diferencial de varredura (DSC). A profundidade de cura foi verificada por raspagem dos corpos de prova após a polimerização. Ao final do estudo concluíram que a CQ apresenta maior absorção que o TPO, no entanto o grupo TPO e TPO+EDMAB apresentaram uma reação mais rápida. Quanto a profundidade de cura, o grupo CQ+EDMAB apresentou melhor desempenho.

2.2 - Fotoativação

PRICE et al. (2003) realizaram um estudo comparativo entre aparelhos fotoativadores QTH, LED e arco de plasma (PAC). Para isto utilizaram seis unidades fotoativadoras (Sapphire- PAC, Optilux 501 Turbo-QTH, Optilux 501 Standard-QTH, Freelight-LED, Versalux-LED e Phase II-QTH) para polimerizar, seguindo as instruções de cada aparelho,

cinco diferentes compósitos (Filtek Z250 cor A1, Solitare 2 cor B2, Prodigy Condensable cor A1, Pyramid Dentin cor A2 e Pyramid Enamel cor neutral). A dureza Knoop (KHN) foi avaliada no topo e na base dos corpos de prova 15 minutos e 24 horas após a polimerização. Foi verificado que nenhum dos LED polimerizaram adequadamente o Pyramid Enamel cor neutral e que o Optilux 501 convencional produziu maior dureza em todas os compósitos avaliadas.

SILVA, POSKUS GUIMARÃES (2008) verificaram a influência que o tipo de polimerização provoca na densidade de ligações cruzadas e grau de conversão. Para o estudo foram utilizados o compósito microhíbrido (P60 cor A3) e nanoparticulado (Supreme cor A3). A unidade fotoativadora usada foi a QTH Optilux 501 (SDS Kerr, Danbury, CT, USA). Os espécimes foram polimerizados com lâminula de vidro sobre a tira de poliéster e a resina, de dois modos: convencional ($850\text{mW}/\text{cm}^2$ por 20 segundos) e gradual (50 a $1000\text{mW}/\text{cm}^2$ por 10 segundos + $1000\text{mW}/\text{cm}^2$ por 10 segundos). O grau de conversão foi obtido por espectroscopia Raman após armazenamento a seco por 24 horas a 37°C . Para analisar a densidade de ligações cruzadas foi realizado o teste de dureza Knoop antes e após armazenamento dos espécimes em etanol 100% por 24 horas. Concluiu-se que o grau de conversão apresentou-se menor no modo gradual que o compósito nanoparticulado foi mais sensível ao amolecimento em etanol e que o compósito nanoparticulado polimerizado no modo gradual apresentou menor densidade de ligação cruzada que o polimerizado no modo convencional.

ANTONSON, ANTONSON e HARDIGAN (2008) realizaram um estudo comparativo da profundidade de cura obtida entre 10 LED (Flash-lite 1401, LE Demetron I, Allegro, Bluephase, Mini LED, Ultralume 5, Smartlite IQ, Coltolux LED, Elipar Freelight 2 e Radii cal) e uma unidade de luz halógena (Optilux 501). As resinas usadas foram Matrixx cores A2 e A3. Foram confeccionados 10 corpos de prova para cada grupo utilizando uma matriz bipartida e sobre o compósito foi colocado uma tira de poliéster e laminula de vidro para evitar a formação de bolhas. A profundidade de cura foi verificada através de raspagem dos corpos de prova após polimerização por 10, 20 e 40 segundos, e medição com paquímetro digital. Concluiu-se que os aparelhos apresentaram níveis aceitáveis de profundidade de cura após 20 segundos, no entanto quando as resinas foram polimerizadas por 40 segundos os resultados de profundidade de cura foram ótimos.

PRICE et al. (2010) realizaram uma pesquisa avaliando a irradiância de diferentes fotopolimerizadores utilizando o espectrofotômetro Ocean Optics. Foram avaliadas as unidades fotoativadoras Optilux 501 (QTH), Sapphire (PAC), Bluephase 16i (LED azul), G-light (Polywave LED azul/violeta), Bluphase G2 (Polywave LED azul/violeta) e VALO Ultradent (Polywave LED azul/violeta). Ao final do estudo verificaram que os aparelhos QTH e PAC apresentaram distribuição uniforme, enquanto os três polywave LEDs apresentaram distribuição não uniforme quando medidos no comprimento de onda entre 405 nm (violeta) e 460 nm (azul).

RITTO et al. (2010) avaliaram a influência no grau de conversão dos compósitos microhíbrido (Z250) e nanoparticulado (Z350) polimerizados com o LED Radii Cal com modo de ativação suave (irradiância variando de 0-1400mw/cm²) e com o aparelho de luz halógena Optilux 501 nos modos rampa (0-500 mw/cm²) e contínuo (500 mw/cm²). Foram confeccionados 5 corpos de prova para cada grupo utilizando uma matriz de 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, a ponta da unidade fotoativadora foi colocada perpendicular a tira de poliéster para polimerização. Para obter o grau de conversão foi utilizada a espectrofotometria de Raman. Os valores obtidos revelaram ter diferença entre os compósitos testados, sendo o maior grau de conversão o dos compósitos nanoparticulados. Em relação as unidades ativadoras e aos modos de ativação, não houve diferença.

PORTO et al. (2010) avaliaram a influência de duas unidades fotoativadoras, sendo um LED (L.E Demetron) e o outro QTH (Optilux 401) no grau de conversão de três resinas de cores claras e com sistemas fotoiniciadores diferentes. As resinas utilizadas para o estudo foram Filtek Supreme cor WB (fotoiniciador CQ), Filtek Z250 cor B0,5 (fotoiniciador CQ) e Tetric Ceram Bleach cor L (fotoiniciador TPO e CQ). O grau de conversão do topo e da base de 60 discos destas resinas polimerizadas pelo LED ou pela lâmpada halógena foi avaliado usando o espectrofotômetro FT-Raman, após 24 horas de armazenamento em água destilada a 37°C. Ao final concluíram que as unidades LED e QTH produziram adequados valores de grau de conversão em compósitos de cores mais claras e com diferentes sistemas fotoiniciadores.

2.3 - Dureza Knoop (KNH) e Densidade de Ligações Cruzadas (DLC)

JOHNSTON, LEUNG e FAN (1985) realizaram um estudo para propor um modelo matemático que descrevesse a relação entre os valores de dureza do compósito fotoativado para identificar compósitos polimerizados inadequadamente. Realizaram corpos de prova de três compósitos (Silux-3M; Heliolit-Vivadent; Nuva-fil-L.D.) fotoativando-os por 20s e 40s com as unidades fotoativadoras: Elipar Light (ESPE) fotoativou a resina Silux e Heliomat (Vivadent) fotoativou as resinas Heliolit e Nuva-fil. Analisaram a dureza dos corpos de prova imediatamente após a fotoativação e após: 10 minutos, 20 minutos, 30 minutos, 40 minutos, 50 minutos, 60 minutos, um dia e sete dias. Ao final concluíram que uma relação topo/base de aproximadamente 90% é considerada ideal.

PILO e CARDASH (1992) realizaram um estudo para avaliar mudança na microdureza pós-irradiação. Para isto confeccionaram corpos de prova utilizando seis compósitos (Silux Plus-3M; Visio-Dispers-Espe-Premier; Valux-3M; Visio Fil-Espe-Premier; P50-3M; Visio Molar-Espe-Premier) e a unidade fotoativadora Elipar (Espe-Premier) polimerizando por 20s e 40s. A microdureza foi avaliada através do teste de dureza Knoop no topo e na base, realizado imediatamente após a polimerização e após 30 minutos, 60 minutos, 120 minutos, um dia, dois dias e três dias. Concluíram ao final que a dureza aumentou rapidamente na primeira hora e continuou aumentando mais lentamente durante 24 horas, após 24 horas não houve mais aumento na dureza. Foi necessário maior tempo de exposição do que o recomendado pelos fabricantes para que se atingisse uma ótima relação topo/base de dureza de 80-90%.

NEVES et al. (2002) realizaram um estudo para avaliar a correlação entre o grau de conversão, a microdureza e o conteúdo inorgânico em três compósitos diferentes. Três resinas (Artglass cor DA3, Solidex cor A3 e Zeta LC cor A3) foram polimerizadas por três diferentes fotoativadores (UniXS-xenônio, Solidilite-luz halógena e Experimental-luz halógena) utilizando uma matriz metálica com uma tira de poliéster, lâminula de vidro sobre o compósito e peso de 500g por 30 segundos, após polimerização os corpos de prova foram armazenados em ambiente seco por 24 horas a 37°C. Então foram realizados testes de grau de conversão através de espectroscopia de infravermelho (FTIR) e testes de microdureza utilizando ponta Vickers. O conteúdo inorgânico foi verificado por análise termogravimétrica. Concluiu-se que o uso de diferentes unidades resultou em variações de graus de conversão e

que o conteúdo de partículas inorgânicas afetou diretamente nos valores de microdureza, mas não nos valores de grau de conversão.

SAY et al. (2003) realizaram um estudo que determinou a resistência ao desgaste abrasivo de dois compósitos compactáveis (P-60; Solitaire 2), um compósito que liberaria íon (Ariston AT), um compósito híbrido (Tetric Ceram) e um outro compósito (Admira). O estudo também analisou a correlação entre a resistência ao desgaste e dureza dos compósitos. Três corpos de prova foram confeccionados e foi realizado o desgaste utilizando uma máquina de desgaste ACTA. Desgaste da profundidade foi medido por profilometria após 200.000 ciclos. O ensaio de dureza foi realizado utilizando um aparelho microdurômetro digital. Os dados foram analisados usando o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) que evidenciou existir diferenças estatisticamente significativas entre o desgaste abrasivo de três corpos dos compósitos. A classificação do menor para maior desgaste foi: Filtek P-60 < Solitaire 2 < Ariston AT < Tetric Ceram < Admira. Filtek P-60 apresentou o maior valor de microdureza. Não houve diferenças significativas na dureza entre as resinas compostas (P-60) = Ariston AT Tetric Ceram = Solitaire 2 = Admira). Os resultados deste estudo indicam que não há diferenças significativas na resistência ao desgaste dos compósitos de resinas. A correlação entre a dureza e desgaste foi significativa, com um coeficiente de correlação de $r = -0,91$. Houve correlação negativa existente entre a dureza e os três corpos de desgaste de resinas compostas.

YOVANOVICH (2006) publicou um trabalho no qual constatou que existem diversos testes de microdureza, entre eles o Berkovich, o Vicker e o Knoop. O teste de dureza Knoop foi desenvolvido em 1939 no Nacional Bureau of Standards, e é muito utilizado para materiais quebradiços. O penetrador utilizado é um diamante rômbo com base piramidal que produz uma indentação alongada em forma de losango com força de 10g a 1000g. Os ângulos das faces opostas de um penetrador Knoop são de $172^{\circ}30'$ e 130° . Este teste precisa de um microscópio de alta precisão para medir a indentação, por isso é chamado de ensaio de microdureza.

CALHEIROS et al. (2006) avaliaram os compósitos Filtek Z250 e Heliomolar submetidos a diferentes exposições radiantes (6, 12, 24 e 36 J/cm²), variando o tempo de exposição de luz do QTH VIP Curing Light. Foram confeccionados três corpos de prova para cada grupo utilizando um molde teflon, sobre o compósito foi colocada uma tira de poliéster e a polimerização foi realizada com a ponta do QTH encostando-se à tira de poliéster. Os

corpos de prova foram armazenados a seco por 24 horas a 37°C. O GC foi obtido por espectroscopia fotoacústica infravermelho e a dureza pelo teste de dureza Knoop. Ao final os autores concluíram que as exposições radiantes de 24 e 36 J/cm² obtiverem melhores propriedades, sendo considerada a exposição de 24 J/cm² ideal.

PRICE, FAHEY e FELIX (2010) realizaram um estudo comparativo entre a capacidade de sete aparelhos fotoativadores para fotoativar cinco resinas diferentes através do teste de microdureza Knoop. Os compósitos utilizados foram Vit-1-escense, Tetric Evo Ceram, Filtek Z250, 4 Seasons e Solitare 2. Os aparelhos avaliados foram Sapphire (PAC), Bluephase (LED), L.E. Demetron II (LED), SmartLite IQ (LED), Ultralume 5 (LED), Allegro (LED) e Optilux 501 (QTH). Após a fotoativação os espécimes foram armazenados no escuro por 24 horas e depois foram realizados os testes de dureza Knoop. Como resultado o PAC teve o maior espectro de comprimento de onda, maior exposição irradiante e promoveu maior dureza que as outras unidades. A capacidade de polimerizar da mais alta para a mais baixa foi: Sapphire, Optilux 501, Allegro, Ultralume 5, SmartLite IQ, L.E. Demetron II e Bluephase. Entre os compósitos analisados a Filtek Z250 apresentou maior dureza.

FEITOSA et al. (2012) avaliaram o efeito de quatro diferentes protocolos de fotoativação (padrão, alta irradiância, soft start e pulsátil) na força de ligação, resistência à tração, dureza e densidade de ligações cruzadas. Utilizando o compósito Filtek Supreme XT e a unidade fotoativadora Bluephase 2, confeccionaram corpos de prova que após polimerização foram polidos para avaliar a densidade de ligação cruzada. Este teste foi realizado através da comparação dos dados obtidos no teste de dureza Knoop antes e após a imersão em etanol absoluto por 24 horas. Foram avaliados também a dureza Knoop, a força de ligação e resistência à tração. Ao final obtiveram resultados melhores na fotoativação pulsátil e soft start.

3 - PROPOSIÇÃO

O objetivo desta monografia foi avaliar o efeito da fotoativação com unidades de diferentes espectros de emissão (LED um pico, LED dois picos e QTH banda larga) na dureza Knoop, profundidade de cura (relação topo/base dos valores de dureza) e densidade de ligações cruzadas do compósito nanoparticulado Filtek Z350XT, cores XWE (super claro para esmalte), CT (transparente para esmalte) e A2E (matiz de esmalte, controle).

4 - METODOLOGIA

Para a confecção dos corpos de prova foi empregado o compósito resinoso da marca comercial 3M, Filtek 350 XT nas cores A2E, XWE e CT (**figura 1**). As unidades fotoativadoras (**figura 1**) empregadas foram: o LED Radii Cal (SDI, Victoria, Austrália), LED polywave Bluephase G2 (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e o QTH Optilux 501 (Demetron, Kerr, EUA) pelo tempo necessário para que atingissem 24 J/cm^2 . Para isto, foi mensurada a irradiância de cada aparelho com os radiômetros LED Radiometer (Kerr) e Radiômetro QTH (Kerr) (**figura 1**) e feito um cálculo de quantos segundos seriam necessários para que cada aparelho atingisse a exposição radiante (exposição radiante = irradiância x tempo) de 24 J/cm^2 .

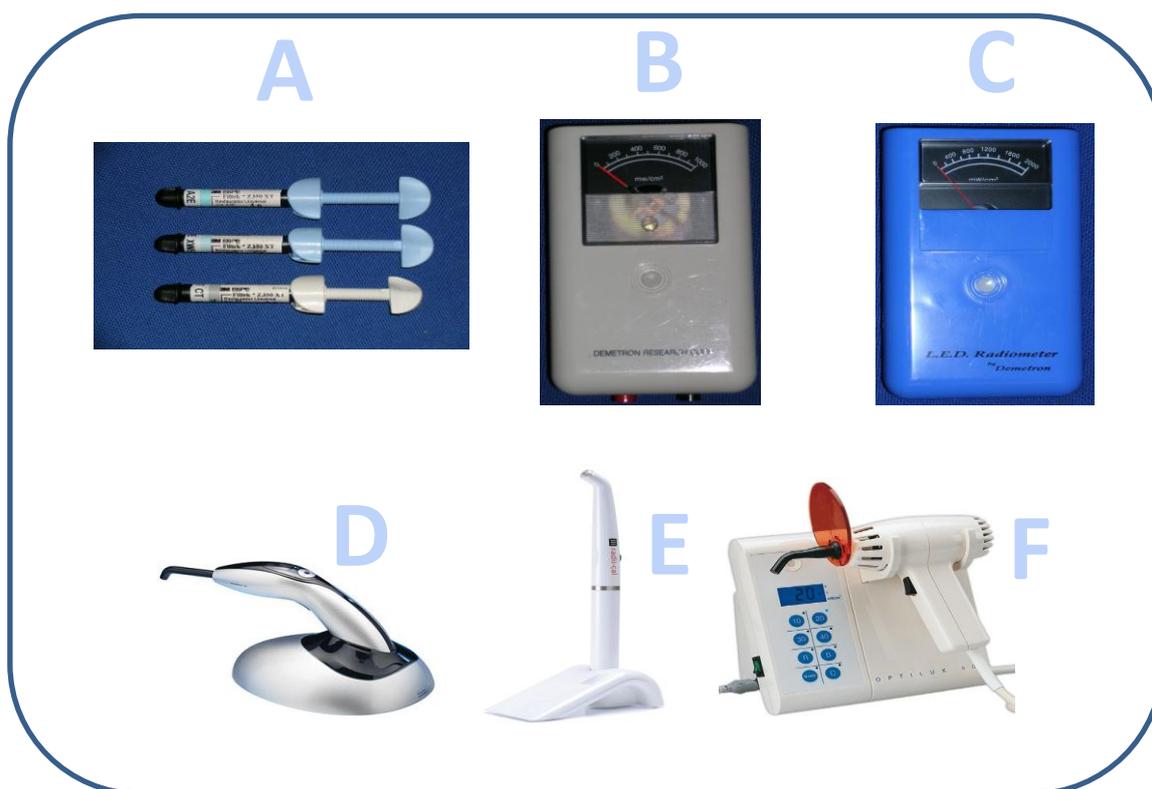


Figura 1: a) Compósitos resinosos; b) Radiômetro QTH; c) LED Radiometer; d) Bluephase G2; e) Radii Cal; f) Optilux 501.

Utilizando uma matriz teflon bipartida com orifício de 2,5 mm de altura e 4 mm de diâmetro, foram confeccionados cinco corpos de prova para cada grupo da seguinte maneira:

adição das resinas em incremento único, sobre elas foi colocada uma matriz de poliéster e uma lamínula de vidro para em seguida colocar um peso de 500 gramas por 15 segundos e depois de retirado o peso o incremento foi polimerizado conforme cada protocolo de fotoativação (**figura 2**). No total foram confeccionados nove grupos (**quadro 1**).

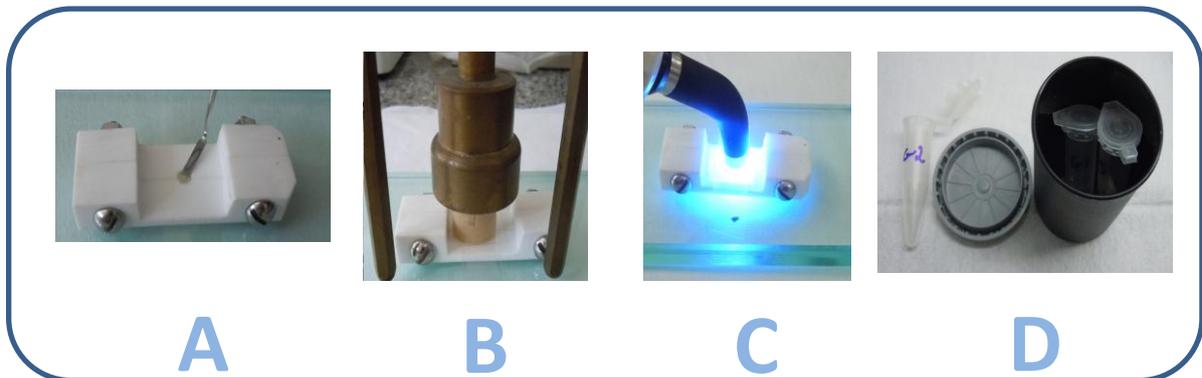


Figura 2: a) incremento único de resina sendo colocado na matriz teflon bipartida; b) peso de 500g por 15s; c) compósito sendo polimerizado; d) recipientes de armazenamento.

Quadro 1 – Grupos dos corpos de prova.

GRUPO	Cor do compósito (Filtek Z350 XT)	Unidade fotoativadora (tempo/ irradiância)
1	A2E	Radii Cal (30s; 800 mW/cm ²)
2	A2E	Bluephase G2 (24s; 1000 mW/cm ²)
3	A2E	Optilux 501 (40s/ 600 mW/cm ²)
4	XWE	Radii Cal (30s; 800 mW/cm ²)
5	XWE	Bluephase G2 (24s; 1000 mW/cm ²)
6	XWE	Optilux 501 (40s/ 600 mW/cm ²)
7	CT	Radii Cal (30s; 800 mW/cm ²)
8	CT	Bluephase G2 (24s; 1000 mW/cm ²)
9	CT	Optilux 501 (40s/ 600 mW/cm ²)

Os corpos de prova foram armazenados em recipientes plásticos protegidos da luz (**figura 2**) em uma estufa regulada na temperatura de aproximadamente 37°C por 24 horas para aguardar a finalização da polimerização da resina. Após as 24 horas, cada cinco corpos de prova de cada grupo foram incluídos em um disco de resina epóxi (Arotec), no qual foi utilizada uma matriz de 4 cm de diâmetro e 6 mm de altura (**figura 3, página 22**). Os corpos de prova agora incluídos foram armazenados em temperatura ambiente para aguardar a polimerização da resina epóxi, que termina após 6 horas. Uma vez completa a polimerização da resina epóxi foi feito um lixamento dos discos utilizando a Poltriz DPU-10 (Struers) e lixas d'água 180, 320 e 600 até atingir a metade do corpo de prova, por fim foi feito o polimento

com lixas d'água 1200, 2500 e 4000 (**figura 3**). Uma semana após o polimento, foi feita a leitura de dureza Knoop utilizando o durômetro Buehler com carga de 25 g pelo tempo de 15 segundos (**figura 3**). Foram feitas cinco edentações a 50 μ m da superfície e cinco edentações a 2 mm na direção da base. Estas medidas foram realizadas com o auxílio de dois micrômetros acoplados ao durômetro que posicionaram o corpo de prova no eixo XY.

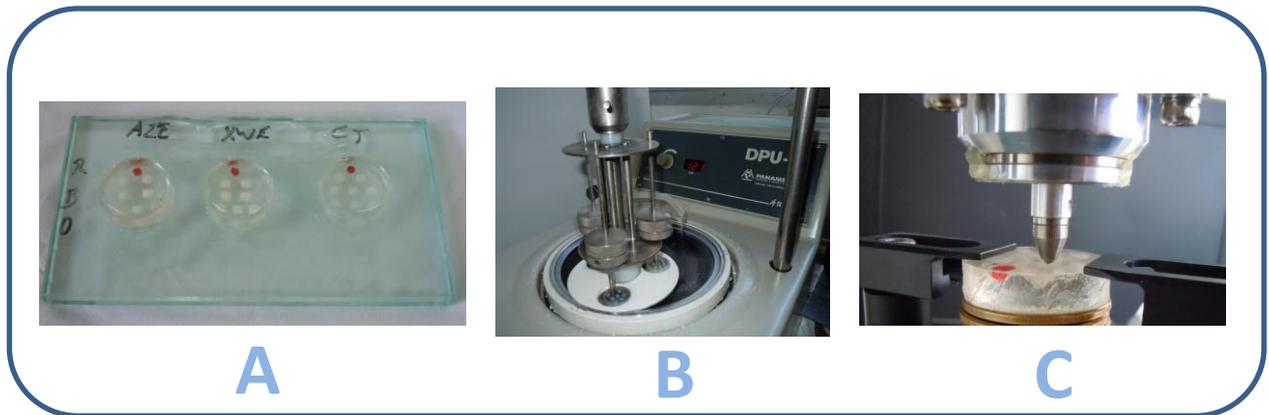


Figura 3: a) discos incluídos; b) lixamento/polimento; c) realizando edentação Knoop.

Depois de feita as edentações e leituras, os discos foram armazenados em etanol absoluto por 24 horas e armazenadas em uma estufa na temperatura aproximada de 37°C, e por fim foram feitas novas edentações no topo e leituras da mesma forma que foi realizada a medição inicial para verificar a densidade de ligações cruzadas do compósito.

Após obter todos os resultados, foi realizada uma avaliação percentual descritiva da relação topo/base. Para análise dos resultados de KHN e DLC foi aplicado o teste estatístico análise de variância (ANOVA) - 2 fatores e o teste de comparações múltiplas, Duncan, ambos com $\alpha = 0,05$.

5 - RESULTADOS

Os valores de dureza Knoop na região a 50 μm da superfície (topo) e a 2000 μm (base) da superfície dos diferentes grupos, assim como a relação percentual da dureza entre essas regiões encontram-se descritas na **tabela 1**.

Tabela 1 – Dureza Knoop das superfícies topo e base e relação topo/base.

Grupo	KHN TOPO	KHN BASE	Relação topo/base
1	94,78 (4,72) ^a	90,60 (3,86)	95,66%
2	97,52 (3,43) ^a	92,12 (3,53)	94,46%
3	95,46 (4,26) ^a	90,51 (4,11)	94,83%
4	93,12 (7,08) ^a	89,99 (6,55)	96,52%
5	94,60 (3,49) ^a	90,96 (3,87)	96,12%
6	93,78 (4,58) ^a	88,95 (3,74)	94,90%
7	72,52 (3,41) ^b	67,04 (2,71)	92,44%
8	75,04 (0,94) ^b	71,53 (0,56)	95,31%
9	73,88 (2,80) ^b	68,71 (4,17)	93,00%

Letras iguais significam resultados estatisticamente semelhantes na mesma coluna (Duncan, $\alpha=0,05$).

ANOVA-2 fatores demonstrou que a unidade fotoativadora não exerceu influência significativa sobre os valores de dureza Knoop ($p= 0,3422$). Contudo, a cor do compósito foi estatisticamente significativa ($p<0,001$), sendo os valores de dureza A2E [93,49 (1,16)] = XWE [91,89 (0,78)] > CT [71,46 (1,76)].

Em relação à densidade de ligações cruzadas, ANOVA-2 fatores demonstrou que a cor do compósito apresentou diferenças significativas nos percentuais de redução da dureza Knoop após a imersão dos corpos de prova em etanol absoluto por 24h ($p=0,002$), sendo os valores A2E [9,1(1,3)] =XWE [9,1(1,6)] > CT [11,5(2,0)]. Por outro lado, o fator unidade fotoativadora não exerceu influência significativa sobre os valores de densidade de ligação cruzada ($p= 0,1315$). A alteração da dureza Knoop no topo após a imersão em etanol está representada no **gráfico 1** (página 24), e a redução percentual, com sua significância estatística, está ilustrada no **gráfico 2** (página 24).

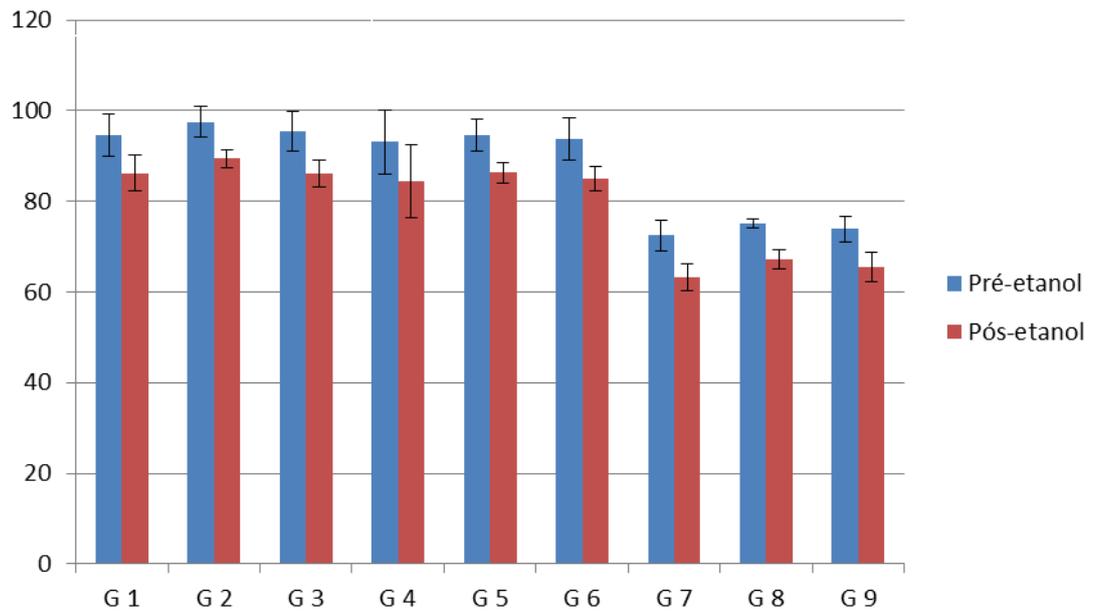
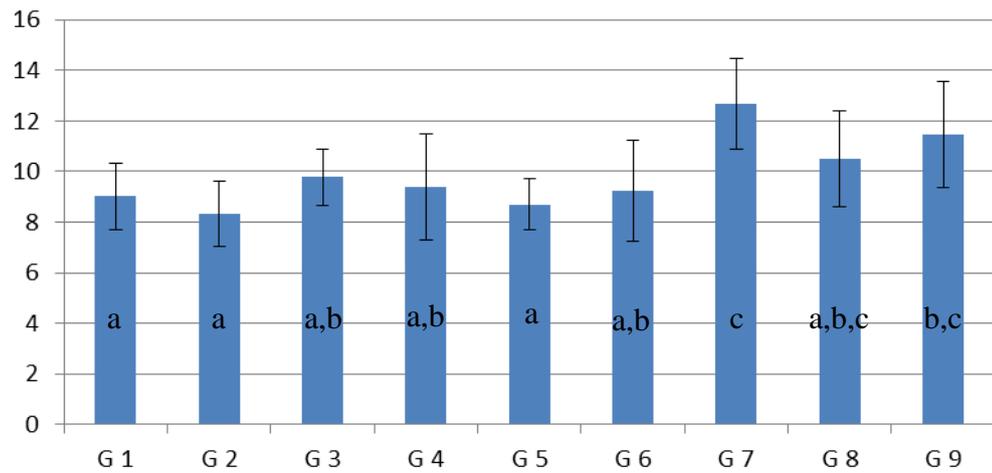
KHN

Gráfico 1: Relação de dureza pré-etanol e pós-etanol.



Letras iguais significam resultados estatisticamente semelhantes na mesma coluna (Duncan, $\alpha=0,05$).

Gráfico 2: Redução percentual KHN.

6 - DISCUSSÃO

6.1 - Metodologia

Para o estudo foi utilizada a resina nanoparticulada Filtek Z350XT, nas cores XWE, CT e A2E, ou seja, formada apenas por nanopartículas e que possui boa resistência e excelente polimento (JÚNIOR et al.¹³).

Similarmente a outras pesquisas, foram confeccionados cinco corpos de prova por grupo (LEPRINCE et al.¹⁴; RITTO et al.²²; SCHNEIDER et al.²⁴; SILVA, POSKUS e GUIMARÃES²⁶). Diferentemente outro estudo que realizou testes em três corpos de prova (OGUNYINKA et al.¹⁶). Com um número maior de corpos de prova é possível realizar testes estatístico com maior poder.

Os corpos de prova foram confeccionados em molde com 2,5 mm de profundidade, para que um único incremento de compósito resinoso fosse inserido, permitindo a fotoativação em um único tempo. Essa estratégia vem sendo empregada em diversos estudos (LEPRINCE et al.¹⁴; OGUNYINKA et al.¹⁶; PORTO et al.¹⁸; PRICE, FAHEY e FELIX²¹; RITTO et al.²²).

A fim de evitar, ou pelo menos minimizar, a formação da camada não polimerizada pelo oxigênio e de obter uma superfície lisa e plana, uma tira de poliéster foi posicionada acima do molde, após a inserção do compósito resinoso, como realizado em vários estudos (ANTONSON, ANTONSON e HARDIGAN¹; CALHEIROS et al.⁶; LEPRINCE et al.¹⁴; OGUNYINKA et al.¹⁶; PRICE, FAHEY e FELIX²¹; RITTO et al.²²; SILVA et al.²⁵). Com o objetivo de compactar o material foi colocado um peso de 500 g sobre o compósito, da mesma forma realizada em outro estudo (NEVES et al.¹⁵).

A ponta da unidade fotoativadora foi colocada diretamente acima da lamínula de vidro, a fim de obter maior proximidade do topo do corpo de prova, possibilitando assim a padronização do experimento (ANTONSON, ANTONSON e HARDIGAN¹; NEVES et al.¹⁵; RITTO et al.²²; SILVA et al.²⁵).

Antes de iniciar a polimerização foi mensurado a irradiância das unidades com espectrofotômetros assim como em outro estudo (PRICE et al.²⁰), e foi considerada a exposição radiante de 24 J/cm² como ideal, pois após um estudo (CALHEIROS et al.⁶) esta foi a exposição radiante que obteve melhores propriedades como dureza, módulo de flexão e

grau de conversão. Após polimerizar com três diferentes unidades como em outros estudos, os corpos de prova foram armazenados em recipientes protegidos da luz em uma estufa à 37°C por 24 horas (CALHEIROS et al.⁶; NEVES et al.¹⁵; PRICE, FAHEY e FELIX²¹). Após 24 horas os corpos foram incluídos em resina epóxi, para que houvesse o término da polimerização. Em outro estudo foi verificado que os valores de dureza continuam aumentando por 24h quando então estabilizam, já que após esse período cessa a conversão monomérica (PILO e CARDASH¹⁷), o que explica por que se aguardou 24h para incluir os corpos de prova.

Foi realizado o teste de microdureza através da dureza Knoop no topo e na base, assim como em outros experimentos (CALHEIROS et al.⁶; FEITOSA et al.⁸; PORTO et al.¹⁸; PRICE et al.¹⁹; PRICE, FAHEY e FELIX²¹; YOVANOVICH²⁷).

Para realizar o teste de densidade de ligações cruzadas os corpos de prova foram armazenados em etanol absoluto por 24 horas para provocar o amolecimento como realizado em diversos estudos (FEITOSA et al.⁸; SILVA et al.²⁵), em seguida foi realizado o teste de dureza Knoop para verificar a diferença do resultado antes e após amolecimento em etanol, obtendo assim a densidade de ligações cruzadas (FEITOSA et al.⁸).

6.2 - Resultados

A relação topo/base de todos os grupos foi maior do que 90%, o que é considerado dentro dos padrões aceitáveis (JOHNSTON, LEUNG e FAN¹²; PILO e CARDASH¹⁷). Isto pode ter ocorrido devido à alta exposição radiante aplicada, de 24 J/cm², e também pelas condições ótimas de fotoativação que um estudo laboratorial permite, como por exemplo: o toque perpendicular da unidade fotoativadora no incremento do compósito, o que é difícil se obter clinicamente. Outro estudo realizado obteve resultados similares, no qual os grupos obtiveram relação topo/base de aproximadamente 90% (NEVES et al.¹⁵).

Em relação aos resultados de dureza e densidade de ligações cruzadas não houve diferença no fator unidade fotoativadora. Isto ocorreu possivelmente por que todas as unidades fotoativadoras emitem comprimentos de ondas que atingem o pico de absorção do sistema iniciador/co-iniciador (canforoquinona/amina) dos compósitos da 3M e foi utilizada a mesma exposição radiante para todas as unidades. Considerando que o pico de absorção do

sistema canforoquinona/amina é de 468 nm, e as unidades emitem: Rádii Cal (440-480 nm), Bluephase G2 (385-515 nm) e Ophilux 501(400-505 nm) segundo os respectivos fabricantes.

Já no fator cor do compósito os grupos da cor CT apresentaram menores valores de dureza e de densidade de ligações cruzadas, isto pode ser explicado porque resinas translúcidas, como a CT, possuem menor quantidade de carga, segundo o perfil técnico do compósito, e possivelmente menor quantidade do sistema iniciador/co-iniciador o que consequentemente diminui a dureza, e permite menor conversão dos monômeros.

Outro estudo utilizou o compósito nanoparticulado (Filtek Supreme) e o híbrido (Filtek P60) para analisar microdureza e obteve resultados de dureza similares quando aplicados ao compósito nanoparticulado, enquanto o compósito híbrido apresentou maiores valores de dureza (SILVA, POSKUS e GUIMARÃES²⁶).

FEITOSA et al.⁸ realizaram uma avaliação de dureza no topo e na base no qual obtiveram resultados similares ao presente estudo, no qual o topo teve valores de dureza aproximadamente entre 90-100 e a base entre 85-90. Da mesma forma obtiveram uma relação topo base de aproximadamente 90%, como obtido neste trabalho. Já em relação aos dados de densidade de ligações cruzadas, o estudo realizado por FEITOSA et al.⁸, obteve valores menores, isto pode ter ocorrido porque os corpos de prova foram armazenados em etanol por seis meses, enquanto no presente estudo foram armazenados por apenas 24h.

JOHNSTON et al.¹² realizaram um estudo no qual obtiveram resultados de relação topo/base de aproximadamente 90%, similar ao obtido no presente estudo. Porém em relação a dureza no topo os resultados foram superiores, isto pode ter ocorrido porque foram utilizados compósitos com sistemas iniciador/co-iniciador e unidades fotoativadoras que emitem espectros diferentes das utilizadas neste trabalho.

PRICE, FAHEY e FELIX²¹ realizaram um estudo semelhante a este, e obtiveram menores valores de dureza Knoop no topo e na base, apesar da relação topo/base ter sido similar aos valores do presente estudo. Sabendo que exposição radiante menor gera um material com propriedades inferiores (CALHEIROS et al.⁶), os valores menores obtidos por PRICE, FAHEY E FELIX²¹ ocorreu porque foi utilizada uma menor exposição radiante, diferentemente deste estudo que utilizou a exposição radiante de 24 J/cm² que é considerada ideal (CALHEIROS et al.⁶).

A importância em se ter uma alta densidade de ligações cruzadas é que esta propriedade aumenta as propriedades do material o que daria maior durabilidade da

restauração. Já a propriedade dureza esta diretamente relacionada com o desgaste do material, quanto maior a dureza, menor será o desgaste (SAY et al.²³). Sendo o compósito translúcido CT deveria ser usado com cautela em regiões de grande impacto, como por exemplo, a palatina dos incisivos e as oclusais dos molares e pré-molares. Este compósito deveria ser empregado em áreas de grande exigência estética que requeiram um material de alta translucidez e valor imediato.

Porém além da dureza e densidade de ligações existem outras propriedades que possuem influência significativa no desempenho clínico, como por exemplo: grau de contração, tensão de contração, grau de conversão e módulo de elasticidade. Por este motivo é indicado que sejam realizados mais estudos avaliando também estas propriedades nas condições em que foram avaliados KHN e DLC.

7 - CONCLUSÃO

Concluiu-se que:

1- As unidades fotoativadoras (Radii Cal, Bluephase G2 e Optilux 501) não tiveram influência na dureza e densidade de ligações cruzadas do compósito da 3M cores A2E, XWE e CT.

2- A cor do compósito teve influência estatisticamente significativa na dureza e na densidade de ligações cruzadas, tendo os grupos da cor CT apresentado os menores valores de ambos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTONSON, S. A.; ANTONSON, D. E.; HARDIGAN, P. C. Should My new Curing Light Be An Led? **Operative Dentistry**, v. 33, n. 4, p. 400-407, 2008.
2. BENETTI, A. R. et al. Softening and elution of monomers in ethanol. **Dental Materials**, v. 25, n. 8, p. 1007-1013, 2009.
3. BRANDT, W. C. et al. Effect of different photo-activation methods on push out force, hardness and cross-link density of resin composite restorations. **Dental Materials**, v. 24, n. 6, p. 846-850, 2008.
4. BRANDT, W. C. et al. Grau de conversão e densidade de ligações cruzadas de compósitos formulados com diferentes fotoiniciadores. **Revista da Faculdade de Odontologia - UPF**, v. 14, n. 3, p. 239-245, setembro/dezembro 2009.
5. CALDARELLI, P. G. et al. Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica - uma revisão de literatura. **Odontologia Clínica Científica**, Recife, v. 10, n. 4, p. 317-321, outubro/dezembro 2011.
6. CALHEIROS, F. C. et al. Influence of radiant exposure on contraction stress, degree of conversion and mechanical properties of resin composites. **Dental Materials**, v. 22, n. 9, p. 799-803, 2006.
7. DEWAELE, M. et al. Influence of curing protocol on selected properties of light-curing polymers: Degree of conversion, volume contraction, elastic modulus, and glass transition temperature. **Dental Materials**, v. 25, n. 2, p. 1576-1584, 2009.
8. FEITOSA, V. P. et al. Effects of different photo-polymerization protocols on resin-dentine μ TBS, mechanical properties and cross-link density of a nano-filled composite. **Journal of Dentistry**, v.40, n. 10, p.802-809, 2012.
9. FERRACANE, J. L. Resin Composite - State of Art. **Dental Materials**, v. 27, n. 1, p. 29-38, 2011.
10. FERRACANE, J. L.; GREENER, E. H. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. **Journal of Biomedical Materials Research**, v. 20, n. 1, p. 121-131, Janeiro 1986.
11. FERRACANE, J. L.; MOSER, J. B.; GREENER, E. H. Ultraviolet light-induced yellowing of dental restorative resins. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 54, n. 4, p. 483-487, 1985.
12. JOHNSTON, W.M; LEUNG, R.L; FAN, P.L. A mathematical model for post-irradiation hardening of photoactivated composite resins. **Dental Materials**, v. 1, n. 5, p.191-194, 1985.
13. JÚNIOR, P. C. D. M. et al. Selecionando corretamente as resinas compostas. **International Journal of Dentistry**, Recife, v. 10, n. 2, p. 91-96, abril/junho 2011.
14. LEPRINCE, A. et al. Pulpal-temperature rise and polymerization efficiency of LED curing units light. **Operative Dentistry**, v. 35, n. 2, p. 220-230, 2010.
15. NEVES, A. D. et al. Correlação entre o grau de conversão, microdureza e conteúdo inorgânico em compósitos. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, v. 16, n. 4, p. 349-354, 2002.
16. OGUNYINKA, A. et al. Photoinitiation chemistry affects light transmission and degree of conversion of curing experimental dental resin composites. **Dental Materials**, v. 23, n. 7, p. 807-813, 2007.
17. PILO, R e CARDASH, H.S. Post-irradiation polymerization of different anterior and posterior visible light-activated resin composites. **Dental Materials**, v.8, n. 5, p. 299-304, 1992.

18. PORTO, I. C. C. M. et al. Influence of photoinitiator system and light photoactivation units on degree of conversion of dental composites. **Brazilian Oral Research**, v. 24, n. 4, p. 475-481, Oct-Dec 2010.
19. PRICE, R. B. T. et al. Comparision of Quartz-Tungsten-Halogen, Light-emmiting Diode, and Plasma Arc Curing Lights. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 5, n. 3, p. 193-207, 2003.
20. PRICE, R. B. T. et al. Irradiance Differences in the Violet (405 nm) and Blue (460 nm) Spectral Ranges among Dental Light-Curing Units. **The Authors Jounal Compilation**, v. 22, n. 6, p. 363-377, 2010.
21. PRICE, R. B. T.; FAHEY, J.; FELIX, C. M. Knoop microhardness mapping used to compare the efficacy of LED, QTH and PAC curing units. **Operative Dentistry**, v. 35, n. 1, p. 58-68, 2010.
22. RITTO, F. P. et al. Influência das fontes halógena e LED e modos de ativação no grau de conversão de dois compósitos. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 67, n. 2, p. 220-227, jul-dez 2010.
23. SAY, E.C. et al. Wear and microhardness of different resin composite materials. **Operative Dentistry**, v.28, n. 5, p. 628-634, 2003.
24. SCHNEIDER, L. F. J. et al. Curing efficiency of dental resin composites formulated with camphorquinone or trimethylbenzoyl-diphenyl-phosphine. **Dental Materials**, v. 28, n. 4, p. 392-397, 2012.
25. SILVA, E. M. D. et al. Influence of light polymerization modes on degree of conversion and crosslink density of dental composites. **Journal of Materials Science** , n. 19, n.3, p. 1027-1032, 2008.
26. SILVA, E. M. D.; POSKUS, L. T.; GUIMARÃES, J. G. A. Influence of Light-polymerization Modes on the Degree of Conversion and Mechanical Properties onf Resin Composites: A Comparative Analysis Between a Hybrid and a Nanofilled Composite. **Operative Dentistry**, v. 33, n. 3, p. 287-293, 2008.
27. YOVANOVICH, M. M. Micro and Macro Hardness Measurements,Correlations, and Contact Models. **American Institute of Aeronautics and Astronautics**, v. 9, n. 12, p. 1-28, Janeiro 2006.