



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



DOCUMENTO DE CONCORDÂNCIA DO ORIENTADOR

Declaro que a aluna Janine Belloti, RA 091616 esteve sob minha orientação para a realização do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "*Efeito do método de fotoativação e da degradação hidrolítica na dureza Knoop, rugosidade superficial e propriedades flexurais de um compósito nanohíbrido*" no ano de 2012.

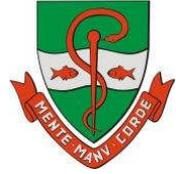
Concordo com a submissão do trabalho apresentado à Comissão de Graduação pelo aluno, como requisito para aprovação na disciplina DS833 - Trabalho de Conclusão de Curso.

Piracicaba, 02 de outubro de 2012.

Eduardo José C. de Souza Junior



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



**Efeito do método de fotoativação e da degradação
hidrolítica na dureza Knoop, rugosidade superficial
e propriedades flexurais de um compósito dental
nanohíbrido**

Autor: Janine Belloti

Piracicaba
2012

Janine Belloti

**Efeito do método de fotoativação e da degradação
hidrolítica na dureza Knoop, rugosidade superficial
e propriedades flexurais de um compósito dental
nanohíbrido**

Orientador: Eduardo José Carvalho de Souza Junior

Co-Orientadora: Profa. Dra. Regina Maria Puppim Rontani

Piracicaba

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
JOSIDELMA F COSTA DE SOUZA – CRB8/5894 - BIBLIOTECA DA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNICAMP

B417e Belloti, Janine, 1987-
Efeito do método de fotoativação e da degradação
hidrolítica na dureza Knoop, rugosidade superficial e
propriedades flexurais de um compósito dental nanohíbrido /
Janine Belloti. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Eduardo José Carvalho de Souza Junior.

Coorientador: Regina Maria Puppini Rontani.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) –
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Odontologia de Piracicaba.

1. Materiais dentários. I. Souza Júnior, Eduardo José
Carvalho de. II. Puppini-Rontani, Regina Maria, 1959- III.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Odontologia de Piracicaba. IV. Título.

Dedicatória

Primeiramente à Deus, por ter me proporcionado saúde para a realização de mais esta etapa da minha vida.

Dedico esse trabalho especialmente à minha mãe pela vida de dedicação a mim destinada, pelo amor e carinho que sempre recebi. E principalmente pela educação que recebi, a qual tornou possível que eu chegasse até aqui e me deu o privilégio e o orgulho de me tornar a mulher que hoje sou.

Aos meus amigos de turma, que como eu passaram por muitos desafios para chegarem até aqui...

...Em especial, para Paulo Henrique Gabriel e Diogo Custódio Azevedo Souza que foram meus grandes companheiros em todos os momentos bons e ruins que vivi durante esses tão breves 4 anos. Agradeço pelo carinho e apoio que sempre recebi, e não menos importante pelas risadas, as quais farão com que esses momentos vividos jamais sejam esquecidos...

Agradecimentos

Agradecimento especial aos meus Orientadores Eduardo José Carvalho de Souza Junior e Regina Maria Puppim Rontani pela oportunidade de realizar esse trabalho, e por todo o suporte e ajuda a mim prestados durante toda a execução desse projeto.

A todos os funcionários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba que tornam possível a realização desses projetos.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho...

...meus sinceros agradecimentos.

Resumo

O objetivo desse estudo foi avaliar a influência do método de fotoativação e da degradação hidrolítica na dureza Knoop (DK), rugosidade superficial (RS) e propriedades flexurais (Resistência flexural – RF e módulo flexural – MF) de um compósito nanohíbrido. Sendo assim, corpos-de-prova da resina EmpressDirect (Ivoclar Vivadent) foram confeccionados e fotoativados de acordo com os seguintes métodos: luz contínua (LC), soft-start (SS) e pulse-delay (PD) (dose de energia padronizada em $40\text{J}/\text{cm}^2$). Para o teste de DK e RS, foram confeccionados espécimes de compósito (5 mm de diâmetro x 2 mm de espessura) e fotoativados com LED ($1000\text{ mW}/\text{cm}^2$). O teste de DK foi realizado em durômetro e o valor de dureza obtido com a média de 5 indentações na superfície de topo. A RS foi realizada em rugosímetro. Os testes de RF e MF foram realizados em máquina de ensaio universal Instron. Todos os testes foram realizados 24 horas após a confecção ou após 3 meses de degradação hidrolítica em água destilada. Os dados de todos os ensaios foram submetidos à ANOVA e teste de Tukey ($\alpha=0.05$). Para a RS imediata, não houve diferença estatística entre os métodos de fotoativação, porém após 3 meses de armazenamento em água, houve aumento da rugosidade superficial do compósito. Para a DK, o método PD promoveu menores valores comparados aos outros métodos. Para o MF e RF, não houve diferença entre os métodos, entretanto após 3 meses em água, todos os valores foram aumentados. Dessa forma, os métodos de fotoativação modulados, possuindo a mesma dose de energia, promovem as mesmas características de módulo flexural, resistência flexural e rugosidade superficial exceto para a dureza Knoop, onde o método pulse-delay apresentou menor número de dureza. O armazenamento em água por 3 meses promoveu melhores propriedades flexurais e prejudicou as propriedades de dureza Knoop e rugosidade superficial.

Palavras-chave: Materiais Dentários.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the influence of the photoactivation method and hydrolytic degradation on the Knoop Hardness (KHN), surface roughness (SR) and flexural properties (flexural strength - FS and flexural modulus – FM) of a nanohybrid composite. Thus, composite specimens (Empress Direct, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) were made and photoactivated in accordance with the following methods: Continuous light (CL), soft-start (SS) and pulse-delay (PD) (standardized energy dose at $40\text{J}/\text{cm}^2$). For the KHN and SR tests specimens were made (5 mm diameter x 2 mm thickness) and photoactivated by LED ($1000\text{ mW}/\text{cm}^2$). The KHN test was performed with a hardness tester and the Knoop Hardness Number was obtained with the mean of 5 indentations on the top surface. The SR was performed using a surface roughness meter. FM and FS were measured using a universal testing machine Instron. All the tests were done 24h after the photoactivation or after 3 months in water storage. The data of all tests were submitted to ANOVA and Tukey ($\alpha=0.05$). For the immediate SR values, there were no statistical difference among the photoactivation methods, however, after 3 months of water storage, the surface roughness increased for all groups. For KHN, the PD method promoted lower hardness values compared to the other methods. For the FM and FS there were no difference among the methods, therefore, the 3 month of hydrolytic degradation increased all the values. In this sense, the modulated photoactivation methods, even with the standardized energy dose, promoted the same performance of flexural modulus, flexural strength and surface roughness, except for the Knoop Hardness, in which the pulse-delay method showed lower hardness compared to the other groups. The 3 month water storage provided better flexural properties and decreased the Knoop hardness and surface roughness.

Keywords: Dental Materials.

Sumário

1. Introdução e Revisão de literatura.....	1
2. Proposição.....	6
3. Materiais e Métodos.....	7
4. Resultados.....	11
5. Discussão.....	13
6. Conclusão.....	16
7. Referências Bibliográficas.....	17

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

Os compósitos resinosos vêm sendo aprimorados desde o início da década de 60, e desenvolveram-se de tal modo que atualmente apresentam diversas características vantajosas que propiciaram a ampliação de suas indicações na Odontologia. Tais características são: a capacidade de reproduzir esteticamente a estrutura dental perdida, a possibilidade de união com os substratos dentais (Ferracane, 2011), além de propriedades físicas e mecânicas satisfatórias que permitem sua aplicação em dentes anteriores e posteriores (Peutzfeldt, 1997) (Alonso, RCB 2003).

Com a evolução dos compósitos, várias concentrações e tipos de partículas inorgânicas e matriz orgânica foram desenvolvidos. A incorporação de partículas inorgânicas tem o objetivo de melhorar as propriedades físicas e mecânicas da resina, pois provoca a redução proporcional de matriz resinosa por volume do compósito, diminuindo assim sua contração volumétrica. (Cunha, LG 2003). As resinas são classificadas de acordo com o tamanho das partículas de carga presentes no material (Ferracane 2011). Classificam-se em macroparticuladas, microparticuladas, híbridas, microhíbridas, nanohíbridas e nanoparticuladas. As resinas mais comumente utilizadas devido à propriedades de polimento e manuseio são as microhíbridas, nanohíbridas e nanoparticuladas (Moraes et al. 2009). Esses compósitos têm sido comumente avaliados nos ensaios laboratoriais e clínicos, com o intuito de se avaliar se o tamanho da partícula influencia nas propriedades físicas além da durabilidade do tratamento restaurador.

Todavia, apesar das características estéticas e biomecânicas favoráveis das resinas compostas, as tensões geradas pela contração de polimerização ainda são problemas importantes a serem considerados (Alonso et al., 2008; Souza-Junior et al., 2011), já que essas tensões são consideradas o mecanismo responsável pelos problemas de união na prática clínica, sensibilidade pós-operatória e pela formação de fendas que levam a microinfiltração marginal, a qual permite que ocorra a passagem de fluídos e bactérias entre a interface dente restauração, podendo levar a recorrência da doença cárie (Cunha, LG 2003; Davidson & Feilzer, 1997). A proliferação de bactérias nessa interface pode resultar também em manchamento da

interface e inflamação pulpar, resultando no fracasso da restauração. (Alonso, RCB 2003). Dessa maneira, vários métodos para reduzir as tensões de contração e, por conseqüência, melhorar a qualidade de adaptação das restaurações em compósito foram sugeridos, entre eles estão a redução do volume de compósito aplicado e redução do fator de configuração cavitária de cada incremento, pois quanto maior o fator-C menor será o escoamento do compósito durante a fase inicial de polimerização e, conseqüentemente, maior será a tensão desenvolvida (Cunha, LG 2003) (Feilzer et al., 1987; Davidson et al., 1984; Feilzer et al., 1990); o aumento da capacidade de escoamento e flexibilidade dos materiais restauradores (Feilzer et al., 1990; Unterbrink & Muessner, 1995); alteração na formulação dos compósitos (Watts & Hindi, 1999; Peutzfeldt, 1997); a inserção criteriosa do compósito na cavidade através da técnica incremental (Lutz et al., 1991); a utilização de materiais com baixo módulo de elasticidade como forradores resilientes, esta técnica pode ser eficaz na redução da tensão gerada durante a contração de polimerização, pois esta interface dente-resina pode atuar como zona elástica, absorvendo parte da tensão gerada durante a contração de polimerização.(Cunha, LG 2003) (Kemp-Scholte & Davidson, 1990; Sakaguchi & Berge, 1998; Unterbrink & Liebenberg, 1999), além do uso de técnicas alternativas para a fotoativação de compósitos (Koran & Kürschner, 1998; Ernst et al., 2000; Bouschlicher et al., 2000).

Os métodos modulados de fotoativação foram introduzidos com a intenção de alterar a cinética de polimerização do compósito através da exposição inicial de baixa irradiância, permitindo um escoamento maior do compósito e reduzindo assim as tensões geradas na interface dente-restauração.(Ernst et al., 2000). A luz visível utilizada na fotopolimerização de compósitos abrange a zona azul do espectro luminoso, entre 410 e 550 nm, espectro necessário presente na formulação dos compósitos, sendo a canforoquinona um dos fotoiniciadores mais utilizados. (Cunha, LG 2003).

O método soft-start consiste na irradiação inicial do compósito com baixa intensidade de luz, seguida pela exposição à alta intensidade (Sakaguchi & Berge, 1998; Silikas et al., 2000). Como demonstrado por Uno & Asmussen (1991) e Yoshikawa et al (2001), o método de fotoativação por dupla intensidade pode melhorar a adaptação marginal de compósitos resinosos às paredes cavitárias pela redução da tensão de contração, sem comprometer a conversão monomérica da

massa de resina composta. Pesquisas têm associado este método de fotoativação a melhor integridade marginal de restaurações com resinas fotoativadas, pois em baixa intensidade de luz o número de radicais livres disponíveis será menor, o que limitará a quantidade de monômeros que serão convertidos em polímeros. Assim, a reação de polimerização se processa mais lentamente, permitindo o alívio das tensões geradas por meio do acomodamento das cadeias poliméricas que estão sendo formadas. (Cunha, LG 2003)

O método pulse delay é uma variação do soft-start, uma vez que também utiliza ativação inicial com baixa intensidade de luz e complementação com alta intensidade. No entanto, há um intervalo entre as emissões na ausência da luz, realizado com a intenção de se prolongar a fase pré-gel, permitindo um maior acomodamento das cadeias poliméricas reduzindo a tensão que incide na interface dente-restauração e podendo, portanto, melhorar a durabilidade da restauração (Souza-Junior et al., 2011).

Segundo Souza-Junior et al, 2011 nenhum dos métodos de fotoativação conseguem proporcionar uma vedação marginal perfeita nas restaurações. As fendas marginais formadas em restaurações de maior volume foram maiores no método de luz contínua do que no soft start e pulse delay, e em restaurações de pequeno volume não foi observada diferença significativa entre os métodos.

Obici et al., 2005 em seu estudo com a resina Z250 concluiu que não houve diferença na resistência flexural entre os métodos de luz contínua e dupla intensidade, e que para o módulo de elasticidade os maiores valores foram observados no método de luz contínua.

Já Cunha et al., 2007 e Cunha et al., 2006 constatou nos dois estudos que os métodos modulados de fotoativação foram eficazes na redução da taxa de tensão de contração do compósito testado, sem comprometer o seu grau de conversão. O Fator-C mostrou influenciar negativamente a taxa de tensão e o valor da tensão gerada.

Feitosa et al., 2012 relatou que tanto para a resistência à tracção como para a micro-dureza Knoop, os métodos soft start e pulse delay obtiveram resultados estaticamente maiores ($p < 0,05$) após 24 horas e 6 meses de armazenamento da água em comparação com os grupos de irradiância padrão e alta irradiância.

Alonso et al., 2006 ao estudar os métodos modulados de fotoativação em diferentes tipos de resinas comerciais concluiu que os métodos soft start, pulse delay e luz intermitente mostraram uma redução significativa na formação de fendas internas, independentemente do tipo da resina testada, quando comparados com o método convencional de luz contínua.

No entanto, as condições de fadiga termo-mecânica, além da degradação hidrolítica do compósito são fatores relevantes a serem considerados na seleção do compósito restaurador. A água consegue danificar a estrutura polimérica do compósito (Moraes et al., 2008), já que participa ativamente da clivagem das ligações químicas entre os polímeros. Quando o compósito é imerso em água, a matriz resinosa amolece, reduzindo as forças friccionais entre as cadeias poliméricas (Ferracane et al., 1998). Com isso, tensões na interface partícula inorgânica e matriz orgânica são geradas, facilitando ainda o descolamento do conteúdo de carga, o que danifica a estrutura principal do compósito resinoso (Soderholm, 1981). O efeito de amolecimento da matriz resinosa pode interferir nas propriedades físico-mecânicas do compósito, como a resistência flexural, módulo de elasticidade, além da rugosidade superficial. Lucena et al., 2010 observou um aumento na rugosidade superficial do compósito Filtek Z350 3M/ESPE de baixa viscosidade, quando exposto a diversas soluções aquosas, inclusive a água.

A resistência flexural e módulo de elasticidade são propriedades que mostram o comportamento mecânico do material que os os compósitos necessitam ter em condições satisfatórias para um melhor comportamento biomecânico da estrutura dental. De maneira semelhante, a rugosidade superficial é uma propriedade que confere características estéticas, além de susceptibilidade ao riscamento e acúmulo de bactérias sobre a superfície do compósito (Moraes et al., 2008). Quanto maior o tempo de contato do compósito resinoso com a água, maior é o efeito de amolecimento na matriz polimérica e redução nas propriedades mecânicas do material, fazendo-se necessária essa avaliação (Moraes et al., 2008).

Gonçalves et al., 2006 submeteu um compósito comercial a diferentes métodos de fotoativação. Após 48 h, as diferenças no grau de conversão foram mínimas e não foram detectadas diferenças na força entre as amostras armazenadas em água. Também não foram encontradas diferenças significativas na resistência à flexão entre as amostras armazenadas em água ($p > 0,05$).

Clinicamente o compósito resinoso se mantém superficialmente em contato com a água presente no ambiente bucal. Dessa forma, são necessárias avaliações de propriedades físico-mecânicas de compósitos resinosos dentais submetidos à simulação de degradação hidrolítica em diferentes tempos, para que se possam prever as características clínicas desses materiais poliméricos. Além disso, devido à variedade de métodos utilizados para a fotoativação de resina composta para uso direto, é importante avaliar se há diferença entre esses métodos quanto às propriedades mecânicas e de superfície, para que o profissional possa selecionar o método mais adequado para uso clínico, garantindo assim uma maior longevidade dos tratamentos restauradores resinosos.

2. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo “in vitro” foi avaliar a influência de 3 métodos de fotoativação (luz contínua, da degradação hidrolítica na dureza Knoop, rugosidade superficial e propriedades flexurais (resistência flexural e módulo flexural) de resinas compostas diretas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foi utilizado um compósito nanohíbrido (EmpressDirect, IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein), o qual foi utilizado para todos os ensaios laboratoriais.

– Delineamento Experimental

Fatores estudados:

- 1) Métodos de fotoativação: Luz contínua, soft-start e pulse delay.
- 2) Degradação hidrolítica em água: 24 horas e 3 meses.

Variáveis de resposta:

- 1) MicrodurezaKnoop (KHN).
- 2) Rugosidade superficial
- 3) Resistência flexural
- 4) Módulo flexural

Forma de distribuição das unidades experimentais: por processo inteiramente casualizado em esquema fatorial (3 x 2).

Métodos de fotoativação

Para a fotoativação dos espécimes, foi utilizado o LED de segunda geração EliparFreelight (3M ESPE), utilizando 3 métodos de fotoativação: luz contínua (40s a 1000 mW/cm²), soft-start (10s a 150 mW/cm² + 38s a 1000 mW/cm²) e pulse-delay(5s a 150 mW/cm², seguidos de 3 minutos de espera na ausência da luz e 39s a 1000 mW/cm²). A dose de energia foi padronizada para todos os grupos em 40J/cm².

O diâmetro da ponta de saída da luz foi aferido com um paquímetro digital (Mitutoyo, Japão). Assim, foi possível determinar a área da ponta de saída de luz. A potência (mW) da fonte de luz será mensurada por um medidor de potência Ophir 10A-V2-SH (OphirOptronics, Har – Hotzvim, P.O.B. 45021, Jerusalém 91450, Israel)

acoplado a um microprocessador NOVA (OphirOptronics, Har – Hotzvim, P.O.B. 45021, Jerusalém 91450, Israel).

Com estes dados é possível determinar a irradiância através do cálculo:

$$\text{Irradiância (mW/cm}^2\text{)} = \text{Potência (mW)} / \text{Área (cm}^2\text{)}$$

A distribuição do espectro emitido pela fonte de luz foi obtido com auxílio de um espectrômetro USB 2000 (OceanOptics, Dunedin, FL, 34698, EUA), com um corretor cossenoidal, conectado a um computador.

Análise da resistência à flexão e módulo de elasticidade (módulo flexural)

Para cada grupo, foram confeccionadas 5 amostras retangulares (7 x 2 x 1 mm) em matriz de silicone polimerizado por adição (Express XT , 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) para cada método de fotoativação em cada tempo de estudo de armazenamento em água (24h e 3 meses). Uma fita de poliéster foi colocada no topo dos espécimes previamente ao procedimento de fotoativação. Após a fotoativação por 20s com os LEDs, os espécimes foram levados à máquina de ensaio universal Instron (modelo 4411, Canton, MA, USA) para a realização do teste de flexão de 3 pontos, com distância entre os alicerces de 5 mm e a força aplicada no centro dessa distância sobre a superfície dos corpos-de-prova, a uma velocidade de 0.5 mm/min.

Durante o teste de resistência à flexão, um software presente na máquina de ensaios universal INSTRON calculou o módulo de elasticidade das amostras. O módulo de elasticidade foi calculado a partir da porção da deformação elástica do gráfico tensão/deformação. Os testes foram realizados após 24 h ou após 3 meses de armazenamento em água.

Análise da microdurezaKnoop

Corpos-de-prova foram confeccionados em uma matriz metálica, que possui uma abertura circular central onde o compósito foi inserido em incremento único. A altura do orifício da matriz foi de 2 mm e o diâmetro 5 mm. Todas as amostras foram

confeccionadas em ambiente com temperatura controlada em 25°C, com variação de 1º C. Para cada grupo testado, foram confeccionadas dez amostras (n=10).

Após a confecção, as superfícies tanto do topo como da base do compósito foram polidas com discos de carbetto de silício granulações 1200 numa politriz automática APL-4 (Arotec Ind. Com., Cotia – SP, 06709-150, Brasil), com irrigação abundante, prevenindo o aquecimento destas. Após o polimento as amostras foram submetidas ao ensaio de dureza Knoop. A avaliação da dureza Knoop foi realizada após 24 horas de estocagem em estufa a 37°C e ambiente seco e protegido de luz e após 3 meses em água. O ensaio foi realizado em um durômetro (HMV-2000, Shimadzu, Tokyo 101, Japão), com aplicação de uma carga de 50 g durante 15 segundos. Os valores obtidos, em micrometros, foram transformados em valores de dureza Knoop (KHN) através de um “software” do durômetro. Para cada amostra, foram realizadas dez indentações na superfície de topo: uma no centro da amostra e mais quatro a 100 micrometros de distância da primeira. Foram realizadas leituras após 24h e após 3 meses de armazenamento em água.

Avaliação da rugosidade superficial

As mesmas 10 amostras utilizadas para o ensaio de microdureza Knoop foram utilizadas para a avaliação da rugosidade superficial. As amostras foram identificadas e fixadas em discos de acrílico com cera pegajosa, sendo que a superfície do esmalte (superfície teste) permaneceu paralela à base do acrílico, viabilizando a realização do ensaio de rugosidade superficial.

A rugosidade foi avaliada utilizando-se um rugosímetro Mitutoyo SurfTest 211 (São Paulo - Brasil). Foram realizadas três leituras em cada corpo de prova, em direções diferentes, sendo o resultado a média das três leituras (Bertoldo, 2011).

Foram realizadas leituras nos tempos inicial 24h e após 3 meses de armazenamento em água.

Análise estatística

Para a análise estatística da resistência e módulo flexurais, os dados obtidos foram submetidos aos testes ANOVA de 2 fatores e teste de Tukey (com alfa pré-

estabelecido em 0.05). Já para os ensaios de dureza Knoop e rugosidade superficial, foi utilizado o ANOVA com medidas repetidas e teste de Tukey (com alfa pré-estabelecido em 0.05).

4. RESULTADOS

Os resultados do ANOVA mostraram que para a interação método de fotoativação x tempo de degradação, houve significância estatística ($p \leq 0.05$).

Os resultados dos ensaios de dureza Knoop e rugosidade superficial estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Médias e desvios-padrões dos resultados de dureza Knoop (KHN) e rugosidade superficial (RS) dos métodos de fotoativação em função do tempo de armazenamento em água destilada para o compósito nanohíbrido.

Métodos de fotoativação	Dureza Knoop		Rugosidade superficial	
	Imediato	3 meses	Imediato	3 meses
Luz Contínua	56.0 (5.9) Aa	41.0 (3.0) B	0.113 (0.039) B*a	0.240 (0.023) A*
Soft Start	53.1 (5.8) Aa	37.9 (2.0) B	0.111 (0.039) B*a	0.206 (0.038) A*
Pulse delay	45.1 (6.6) Ab	37.9 (4.3) B	0.129 (0.019) B*a	0.277 (0.066) A*

Observa-se que para a dureza Knoop do compósito, no tempo imediato, o método pulse-delay apresentou menor valor de dureza quando comparado aos outros métodos de fotoativação. Entretanto, após 3 meses de degradação hidrolítica, houve redução dos valores de dureza para todos os métodos avaliados, não havendo diferença estatística entre eles.

Para a rugosidade superficial, não houve diferença entre os métodos de fotoativação tanto para o tempo imediato quanto para 3 meses de armazenamento em água. Todavia, após 3 meses de degradação hidrolítica, todos os métodos proporcionaram aumento na rugosidade superficial do compósito estudado.

Os resultados dos ensaios de módulo de elasticidade e resistência à flexão estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Médias e desvios-padrões dos resultados de módulo de elasticidade (GPa) e resistência à flexão (Mpa) dos métodos de fotoativação em função do tempo de

armazenamento em água destilada para o compósito nanohíbrido.

Métodos de fotoativação	Módulo de elasticidade		Resistência à flexão	
	Imediato	3 meses	Imediato	3 meses
Luz Contínua	4.3 (0.4) Ba	10.3 (2.8) Aa	124.0 (9.7) B*a	167.0 (26.8) A*a
Soft Start	4.7 (0.7) Ba	9.8 (1.2) Aa	140.2 (20.9) B*a	176.9 (27.4) A*a
Pulse delay	4.6 (0.7) Ba	8.7 (0.8) Aa	143.6 (17.9) A*a	160.1 (24.3) A*a

Observa-se que para o módulo de elasticidade, não houve diferença entre os métodos de fotoativação tanto na avaliação imediata quanto após 3 meses de armazenamento em água destilada. Além disso, houve aumento significativo do módulo de elasticidade do compósito para todos os métodos de fotoativação após os 3 meses de armazenamento em água.

Já para a resistência à flexão, também não houve diferença entre os métodos de fotoativação tanto na avaliação imediata quanto após 3 meses de armazenamento em água destilada. Um fato importante é que para os métodos de luz contínua e soft-start, houve aumento da resistência flexural após os 3 meses de armazenamento em água, diferente do observado para o método pulse-delay, o qual proporcionou estabilidade da resistência flexural ao longo do tempo avaliado.

5. DISCUSSÃO

As propriedades mecânicas dos compósitos são fatores importantes que determinam o sucesso clínico dos compósitos odontológicos. A estética e a longevidade estrutural das restaurações de resina composta são diretamente influenciadas pela qualidade do polímero diante da degradação no meio bucal, seja por contato mastigatório ou pela degradação pela água e saliva (REFERÊNCIAS). A água exerce um fator de degradação da matriz orgânica do compósito durante seu uso em meio oral e, com isso, quanto mais resistente à degradação, mais durável é a integridade dessa restauração. Dessa forma, propriedades como dureza, rugosidade superficial e propriedades flexurais do compósito frente à degradação hidrolítica são essenciais para prever a longevidade clínica desses materiais.

Os métodos modulados de fotoativação foram introduzidos com a intenção de alterar a cinética de polimerização do compósito através da exposição inicial de baixa irradiância, permitindo um escoamento maior do compósito e reduzindo assim as tensões geradas na interface dente-restauração.(Ernst et al., 2000). Sendo assim, o método de fotoativação empregado para a cura do compósito pode influenciar a sua performance clínica, ao longo do tempo e torna interessante a sua avaliação. Os métodos modulados, como o soft-start e o pulse-delay promovem uma menor formação de ligações cruzadas na matriz polimérica, conseqüentemente, tornaria o compósito mais susceptível à degradação de solventes orgânicos, como a água (Brandt WC et al., 2008)No presente estudo, para os parâmetros de dureza Knoop e rugosidade superficial, após 3 meses de degradação hidrolítica, todos os métodos de fotoativação utilizados (luz contínua, soft-start e pulse-delay) apresentaram piora nas propriedades avaliadas, com diminuição do valor de dureza e aumento da rugosidade superficial. Isso provavelmente ocorreu, pois a água serve como agente plasticizante ou amolecedor da matriz polimérica (Ferracane JL et al., 1998.) O processo de incorporação de água é o principal fator responsável pela estética e propagação da soltura de restaurações, propagação de trincas na matriz, amolecimento superficial e deslocamento das partículas de carga ao longo do tempo (Soderholm KJ et al., 1984). Quando o compósito é imerso em água, a matriz resinosa se dissolve, reduzindo as forças friccionais entre a cadeia de polímeros

(Ferracane JL et al. 1998). No estudo de Ratto et al., (2008) (Moraes RR et al., 2008), foi observado que para todos os compósitos avaliados, após 6 meses de armazenamento em água, a dureza Knoop superficial foi reduzida para todos os grupos, de maneira semelhante ao encontrado no presente estudo.

O método pulse-delay implicou em menor valor de dureza Knoop na avaliação imediata, quando comparado aos outros métodos de fotoativação. A baixa irradiância inicial, aliada ao tempo de ausência de luz, está associada à formação de poucos centros de crescimento de polimerização, possivelmente resultando em uma estrutura polimérica mais linear (Brandt et al., 2008). Conseqüentemente, a estrutura mais linear e menos reticulada da superfície do compósito implicou em maior amolecimento e menor valor de dureza para o método pulse-delay.

Diversos estudos apontam para efeitos benéficos da redução ou modulação da intensidade luminosa no que se refere a redução da tensão de contração ou retardamento de seu desenvolvimento e melhora na adaptação das restaurações de compósito. (Alonso RCB *et al.* 2006)(Cunha et al. 2008) (Cunha et al. 2007)(Souza-Junior *et al.* 2011)

Neste sentido, a dose de energia foi padronizada para todos os métodos de fotoativação empregados. Isso faz com que a quantidade de fótons que atingem a superfície do material restaurador seja a mesma para todos os grupos, independente da irradiância empregada (Brandt et al., 2008). De acordo com ALONSO ET AL. (2008) não há diferença significativa no grau de conversão dos compósitos quando diferentes métodos de fotoativação, mas com mesma dose de energia, são empregados, mostrando que há uma padronização na quantidade de energia alcançada pelos compósitos quando da padronização da dose energética.

Para os testes de resistência flexural e módulo de elasticidade, observou-se que após 3 meses de armazenamento em água, os valores para todos os métodos avaliados foram aumentados. Isso provavelmente aconteceu devido ao aumento da conversão monomérica e/ou reações adicionais pós-cura de reticulação, aumentando assim a quantidade de ligações cruzadas na matriz resinosa ao longo do tempo. Isso vai de acordo com o estudo de Moraes et al., 2008, que observou que na subsuperfície de espécimes de compósitos micro-híbridos aumentou após 6 meses, quando comparado com a avaliação de 24h após a fotoativação.

Em suma, apesar dos resultados “*in vitro*” do presente estudo demonstrarem que há uma influência prejudicial da degradação hidrolítica na superfície do compósito, não se sabe a dimensão dessa degradação no ambiente oral, e se esse fator degradante implica em pior comportamento clínico das restaurações. Além disso, no ambiente oral, parâmetros como alteração de pH, enzimas salivares e composição iônica de bebidas e da saliva podem operar sozinhos ou em conjunto com abrasão, contatos oclusais, atrição podem interferir no processo hidrolítico clinicamente e comprometer ou não a durabilidade do material restaurador em função. Em suma, uma avaliação clínica empregando os parâmetros envolvidos no presente estudo pode prever se os métodos modulados de fotoativação como soft-start e pulse-delay conseguem de maneira efetiva promover restaurações duráveis empregando o compósito nano-híbrido IPS EmpressDirect.

6. CONCLUSÃO

Em conclusão, os métodos de fotoativação estudados, com a dose de energia padronizada, promovem as mesmas características de módulo flexural, resistência flexural e rugosidade superficial exceto para a dureza Knoop, onde o método pulse-delay apresentou menor número de dureza comparado aos demais grupos na avaliação imediata. O armazenamento em água por 3 meses promoveu melhores propriedades flexurais e prejudicou as propriedades de dureza Knoop e rugosidade superficial do compósito nanohíbrido EmpressDirect.

7. REFERÊNCIAS

ALONSO RCB *et al.*, Relationship between bond strength and marginal and internal adaptation of composite restorations photocured by different methods **ActaOdontolScand**, Oslo, v.64, p.306-313, 2006.

ALONSO et al. Modulated Photoactivation Methods—Effect on Marginal and Internal Gap Formation of Restorations Using Different Restorative Composites. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials**, January 2007.

ALONSO, RCB. Efeito dos métodos de fotoativação e de forradores resinosos na adaptação marginal de restaurações em compósito odontológico. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de odontologia de Piracicaba, 2003.

BOUSCHLICHER MR *et al.* Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. **J Esthet Dent**, Hamilton, v.12, n.1, p.23-32, 2000.

BRANDT et al., Effect of different photo-activation methods on push out force, hardness and cross-link density of resin composite restorations. **Dental Materials**, 2008. v. 24, p. 846-850

CUNHA et al. Contraction stress and physical properties development of a resin-based composite irradiated using modulated curing methods at two C-factor levels. **Dental materials**, v.24, p.392–398, 2008.

CUNHA et al. Modulated photoactivation methods: Influence on contraction stress, degree of conversion and push-out bond strength of composite restoratives. **Journal of Dentistry**, v.35, p.318-324, 2007.

CUNHA, LG. Efeito de diferentes métodos de fotoativação e materiais forradores resinosos sobre a tensão gerada pela contração de polimerização de um compósito odontológico. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de odontologia de Piracicaba, 2003.

DAVIDSON CL, de GEE AJ. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. **J Dent Res**, Washington, v.63, n.2, p.146-148, Feb. 1984.

DAVIDSON CL, FEILZER AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. **J Dent**, Bristol, v.25, n.6, p.435-440, Nov. 1997.

ERNST CP *et al.* Stress reduction in resin-based composites cured with a two-step light-curing unit. **Am J Dent**, San Antonio, v.13, n.2, p.69-72, Apr. 2000.

FEILZER AJ *et al.* Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. **J Dent Res**, Washington, v.66, n.11, p.1636-1639, Nov. 1987.

FEILZER AJ *et al.* Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations. **Dent Mater**, Washington, v.6, n.3, p.167-171, July 1990.

FEITOSA *et al.* Effects of different photo-polymerization protocols on resin–dentine mTBS, mechanical properties and cross-link density of a nano-filled resin composite. **Journal of Dentistry**, v.40, p.802-809, 2012.

FERRACANE JL *et al.* In vitro aging of dental composites in water- effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. **J Biomed Mater Res**, v.42, p. 465-472, 1998.

GONÇALVES *et al.* Effect of Photoactivation Protocol and Radiant Exposure on Monomer Conversion and Flexural Strength of a Resin Composite After Water and Ethanol Storage. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials**, October 2006.

HAHNEL S *et al.* Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. **Oper Dent**, v. 35, n. 4, p. 412-419, 2010.

KEMP-SCHOLTE CM *et al.* Marginal integrity related to bond strength and strain capacity of composite resin restorative systems. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.64, n.6, p.658-664, Dec. 1990.

KORAN P, KÜRSCHNER R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. **Am J Dent**, San Antonio, v.11, n.1, p.17-22, Feb. 1998.

LUCENA et al. Assessment surface roughness of the flowable resin filtek Z 350 3M/ espe exposed to mouthrinses with and without alcohol. **Odontol. Clín.-Cient.**, Recife, 9 (1) 59-64, jan./mar., 2010.

LUTZ F *et al.* Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. **Dent Mater**, Washington, v.7, n.2, p.107-113, Apr. 1991

MORAES RR et al. Effect of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. **J Prosthodont**, v. 17, p. 323-326, 2008.

MORAES et al. Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? **Oper Dent**, v. 34, n. 5, p. 551-557, 2009.

OBICI et al. Evaluation of mechanical properties of Z250 composite resin light-cured by different methods. **Journal of Applied Oral Science**, vol.13, no.4, Bauru, Oct./Dec. 2005.

PEUTZFELDT, A. Resin composites in dentistry: the monomer system. **Eur J Oral Sci**, v.105, n.2, p. 97-116, 1997.

SAKAGUCHI RL, BERGE HX. Reduced light energy density decreases post-geol contraction while maintaining degree of conversion in composites. **J Dent**, Bristol, v.26, n.8, p.695-700, Nov. 1998.

SILIKAS N *et al.* Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. **Dent Mater**, Washington, v.16, n.4, p.292-296, July 2000.

SODERHOLM KJ. Degradation of glass filler in experimental composites. **J Dent Res**, v. 60, p. 1867-1875, 1981.

SODERHOLM KJ et al., Hydrolytic degradation of dental composites. **J Dent Res** 1984; 63:1248-1254

SOUZA-JUNIOR EJ et al. Effect of the curing method and composite volume on marginal and internal adaptation of composite restoratives. **Oper Dent**, v. 36, n. 2, p. 231-238, 2011.

UNO S, ASMUSSEN E. Marginal adaptation of restorative resin polymerized at reduced rate. **Scand J Dent Res**, Copenhagen, v.99, n.5, p.440-444, Oct. 1991.

UNTERBRINK GL, MUESSNER R. Influence of light intensity on two restorative systems. **J Dent**, Oxford, v.23, n.3, p.183-189, June 1995.

WATTS DC, al HINDI A. Intrinsic 'soft-start' polymerization shrinkage-kinetics in an acrylate-based resin-composite. **Dent Mater**, Washington, v.15, n.1, p.39-45, Jan. 1999.

YOSHIKAWA T *et al.* A light curing method for improving marginal sealing and cavity wall adaptation of resin composite restorations. **Dent Mater**, Washington, v.17, n.4, p.359-366, July 2001.