

Influência da Temperatura e da Técnica de Polimerização da Resina Composta em suas Propriedades de Sorção e Solubilidade

Influence of Composite Temperature and Polymerization Technique on Sorption and Solubility Properties of the Material

Samara R. SOUZA¹, Fabrício L. A. DE CASTRO², Rogério V. REGES², Bruno B. CAMPOS³

1- Curso de Graduação, Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Paulista, Campus Flamboyant, Goiânia, GO.

2- Professor Titular, Dentística e Materiais Dentários, Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Campus Flamboyant, Goiânia, GO.

3- Professor Titular, Dentística Restauradora, Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Campus Flamboyant, Goiânia, GO.

RESUMO

Objetivo: Este estudo avaliou a influência da temperatura e da técnica de polimerização de um compósito em suas propriedades de sorção e solubilidade.

Material e método: Trinta corpos de prova foram confeccionados com auxílio de uma matriz metálica circular (8x2mm) e usando uma resina composta disponível no mercado (ICE, SDI). Seis grupos experimentais foram testados observando-se 3 temperaturas (10, 25 e 60°C) e 2 técnicas de polimerização (convencional e pulso tardio). Após confeccionados, os corpos de prova foram pesados em balança analítica em 3 situações distintas: antes de serem armazenados em água destilada 25%/álcool etílico 75% (M1), 7 dias após estarem armazenados (M2) e após terem sido armazenados por 7 dias e secados por mais 1 dia (M3). O diâmetro e a largura de cada corpo de prova foram medidos usando-se paquímetro digital e de posse destas medidas e da

massa dos corpos de prova foram calculados o volume de cada espécime e em seguida a sorção a solubilidade da resina composta. Os dados obtidos foram testados usando-se os testes de ANOVA (dois critérios: temperatura e técnica de polimerização) e de Tukey, ambos considerando $\alpha=5\%$.

Resultados: Para sorção, apenas a variável temperatura influenciou as médias obtidas ($p=0,004$), sendo os valores encontrados com 60°C menores que aqueles obtidos com 10°C ($p<0,05$). Para solubilidade, não houve influência de nenhum dos fatores estudados ($p>0,05$).

Conclusão: O pré-aquecimento da resina influenciou somente na propriedade de sorção do material e apenas comparando-se 10°C com 60°C.

PALAVRAS-CHAVE: Resinas Compostas, Temperatura Alta, Absorção.

INTRODUÇÃO

O tratamento restaurador ideal visa proteger e restaurar a forma, função e estética do elemento dental. A prática da odontologia restauradora e os avanços em pesquisas laboratoriais em busca de materiais restauradores com propriedades ideais levam a determinadas situações na clínica diária nas quais pairam dúvidas sobre as técnicas corretas e utilização destes materiais.

Atualmente, os materiais restauradores ativados à luz visível mantêm lugar de destaque na preferência da clínica diária. A demanda por restaurações estéticas e o avanço das propriedades físicas e mecânicas dos compósitos a base de bis-GMA (Bisfenol A-glicidil-Metacrilato) permitiram que as resinas compostas fossem utilizadas em larga escala. Estando a odontologia distante de um excelente material para substituir a perda parcial do órgão dental, busca-se eliminar propriedades negativas e aumentar as positivas dos materiais existentes. Por isso, as propriedades das resinas compostas tem sido reavaliadas com frequência, bem como os fatores que nela podem influenciar. Apesar da sensível evolução dos materiais restauradores, os compósitos ainda apresentam algumas propriedades desfavoráveis como: penetração da luz visível limitada,¹ estresse de contração de polimerização,² alterações de cor¹ e baixa longevidade.³

Dentre estas propriedades desfavoráveis, a penetração da luz visível limitada resulta em uma insuficiente polimerização da resina composta e diminuição da sua dureza superficial, podendo ocorrer em função da fonte de luz com intensidade inadequada,^{4,5,6} do tipo de aparelho fotopolimerizador,^{7,8} do tempo de polimerização inferior ao desejado,^{9,10} da distância entre a ponta do fotopolimerizador e a restauração¹¹ e da espessura da camada de resina composta¹² alterando sua dureza e resistência ao estresse produzido pelo meio bucal.

A dureza e a resistência ao estresse do compósito estão diretamente relacionadas à conversão dos monômeros resinosos em polímeros. A polimerização da resina composta consiste em uma sequência de reações químicas em que cadeias carbônicas são quebradas para que moléculas se unam firmemente ao polímero e resultando numa reação exotérmica. Quanto maior a temperatura, mais curto o período de indução em que as moléculas do iniciador tornam-se energizadas ou ativadas e iniciam a transferência de energia para moléculas do monômero.¹³ Alguns estudos tem comprovado que a utilização da resina composta a temperaturas maiores que a temperatura ambiente promove uma maior conversão imediata dos monômeros enquanto expostos a fonte de luz.^{7,14,15,16,17,18} Muitos fabricantes recomendam

o armazenamento das resinas sob refrigeração a temperatura abaixo da ambiente, o que pode induzir o retardamento da velocidade da reação resultando numa polimerização aquém do ideal.

Com o objetivo de melhorar a polimerização e reduzir a viscosidade das resinas compostas sem alterar o conteúdo de carga do material surgiu a técnica de pré-aquecimento.^{7, 14, 15, 18, 19, 20} Foi constatado que, além de reduzir a viscosidade com o aumento da temperatura de polimerização, tornou-se possível também atrasar a autodesaceleração, o ponto de vitrificação para conversões mais elevadas, aumentar a densidade de ligações cruzadas e o grau de conversão.¹⁴ Estas alterações ocorrem pelo efeito da temperatura na redução da viscosidade e aumento da mobilidade dos monômeros. O pré aquecimento, além de aumentar a conversão imediata promove maior profundidade de cura, aumento da dureza Vickers, aumento da taxa de cura e da conversão na taxa máxima de cura.^{7, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22} Além disso, há ganho no tempo operatório, pois o tempo de fotoativação do compósito pode ser reduzido, obtendo-se valores de grau de conversão similares às condições sem aquecimento com tempo mais elevado.¹⁵ Outro benefício alcançado com o pré-aquecimento e conseqüente redução da viscosidade é a diminuição da infiltração marginal das restaurações, demonstrando uma melhor adaptação deste material à cavidade em comparação com o material utilizado em temperatura ambiente.^{22, 23, 24}

Apesar dos benefícios que tem sido evidenciados com a utilização da técnica do pré-aquecimento, vários questionamentos permanecem. Por exemplo, não se sabe qual seria a influência do pré-aquecimento sobre o grau de conversão da resina em associação com outros fatores capazes de influenciar essa propriedade, como técnica de polimerização. Uma técnica que tem sido indicada com o intuito de melhorar a adaptação marginal do material restaurador é aquela denominada Técnica do Pulso Tardio.^{25, 26, 27} Esta consiste na polimerização inicial da resina com baixa intensidade de luz, seguida por um tempo de 2 a 3 minutos sem luz, para depois se complementar a polimerização com alta densidade de energia por um tempo maior. A razão por trás desta técnica está no fato do intervalo sem luz diminuir a velocidade da reação (retardar o ponto gel), permitindo que ocorra o escoamento da resina. De acordo com Lim *et al.*²⁵ (2002), a técnica reduz em torno de 20% as tensões de contração geradas. Apesar dos benefícios sugeridos com o uso deste procedimento, alguns autores têm relatado que ocorreria a formação maior linearidade nas cadeias poliméricas, ou seja, um menor grau de reticulação do polímero (menos ligações cruzadas), o que poderia levar a maiores valores de sorção e solubilidade deste material.^{28, 29}

Diante do que foi exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da temperatura e de duas técnicas de polimerização, convencional e pulso tardio, nas propriedades de sorção e solubilidade de um compósito comercial. Assim, as seguintes hipóteses nulas foram testadas: temperatura e técnica de polimerização não influenciaram na sorção e na solubilidade do material.

MATERIAL E MÉTODO

Para a realização desta pesquisa foram confeccionados 30 corpos-de-prova, divididos em 6 grupos, usando-se uma resina

composta fotopolimerizável nanohíbrida cor A2 disponível no mercado (ICE, SDI Limited, Bayswater, Victoria, Austrália). Os corpos de prova foram obtidos a partir de uma matriz de aço inoxidável com as dimensões de 8 mm de diâmetro por 2 mm de profundidade. A matriz era posicionada em um dispositivo para aquecimento da resina, desenvolvido especificamente para este fim, a resina era então inserida em único incremento, com auxílio de uma seringa Centrix (DFL Indústria e Comércio SA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) contendo resina pré-aquecida, e fotoativada.

O dispositivo usado no pré-aquecimento da resina consistiu de uma caixa de madeira com dois compartimentos internos separados por uma lâmina de metal e com três orifícios na parte superior. No compartimento inferior, estavam acopladas duas lâmpadas incandescentes de 100W de potência cada, que são a fonte do calor gerado. Além disso, esta mesma parte inferior possui paredes internas espelhadas, visando à manutenção do calor gerado. A lâmina de metal que separa os dois compartimentos internos serve para evitar a passagem da luz e conseqüente polimerização do compósito. Nos orifícios localizados na parte superior do dispositivo de pré-aquecimento são posicionados: A – um termômetro digital, medida de -10°C a 200°C, com precisão de +/- 1°C, para controle da temperatura (MV-363, ETL-Eletronics Tomorrow Ltd., China; importado por Minipa Indústria e Comércio Ltda.); B – a matriz metálica, onde a resina composta foi inserida; C – seringa Centrix contendo resina composta no compule.

Para verificação da temperatura da resina composta imediatamente antes de sua polimerização foi utilizado termômetro de infravermelho (G-Tech, Modelo IR1DB1 Accumed Produtos Médico-Hospitalares LTDA, Duque de Caxias, RJ), equipamento que é capaz de medir a temperatura da resina sem tocá-la, em prazo curto de tempo (1s). O termômetro era posicionado sobre a resina inserida na matriz antes da mesma ser fotoativada, confirmando sua temperatura. A distância entre o termômetro e a resina foi padronizada colocando-se uma tira de poliéster (3M/ESPE, Sumaré, SP, Brasil) sobre a resina e sobre esta uma lamínula de vidro com 1 mm de espessura, procedimento que também visou: 1 - criar superfície lisa de resina após a fotoativação; 2 - evitar efeito inibitório do oxigênio na polimerização; 3 - padronizar a distância entre o aparelho fotopolimerizador e a resina composta.

Em relação à resina refrigerada e à resina usada em temperatura ambiente, ambas tiveram a temperatura controlada também com uso do termômetro de infravermelho. No caso da resina refrigerada, esta foi inserida na matriz, estando ambas as estruturas previamente refrigeradas (matriz e resina), posicionada na geladeira, aferida pelo termômetro de infravermelho e fotopolimerizada quando estivesse com a temperatura de 10°C. Procedimento semelhante foi feito com a resina em temperatura ambiente: a resina foi inserida na matriz em ambiente climatizado, estando ambas (matriz e resina) a esta temperatura, a temperatura aferida e o compósito fotopolimerizado quando atingisse 25°C. A temperatura do ambiente, bem como a umidade, foram controladas por meio de termômetro digital (Relógio Termo-Higrômetro, Modelo MT-241, MT-241, ETL-Eletronics Tomorrow Ltd., China; importado por Minipa Indústria e Comércio Ltda.).

O aparelho usado para fotopolimerizar a resina foi o Radii-

-Cal (SDI Limited, Bayswater, Victoria, Austrália), que teve a intensidade de luz controlada por meio de radiômetro antes da confecção de cada corpo de prova, estando esta sempre acima de 1000 mW/cm².

Os 6 grupos experimentais foram divididos de acordo com as duas técnicas de fotopolimerização em estudo (convencional e pulso tardio) e em relação à temperatura do material (10, 25 e 60°C). O desenho experimental da pesquisa é explicitado na Tabela 1. As técnicas de polimerização empregadas são descritas em detalhes na Tabela 2.

Tabela 1. Desenho experimental do estudo (n=5)

| Grupos | Técnica de Polimerização | Temperatura da Resina (°C) |
|--------|--------------------------|----------------------------|
| 1 | Convencional | 10 |
| 2 | | 25 |
| 3 | | 60 |
| 4 | Pulso Tardio | 10 |
| 5 | | 25 |
| 6 | | 60 |

Tabela 2. Técnicas de polimerização utilizadas

| Técnicas | 1º Pulso | Período sem Luz | 2º Pulso | J/cm ² |
|-------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|
| Convencional (TC) | 40s - 600mW/cm ² | - | - | 24J/cm ² |
| Pulso Tardio (PT) | 6s - 300mW/cm ² | 2 minutos | 37s - 600mW/cm ² | 24J/cm ² |

As técnicas de polimerização foram padronizadas com a utilização de um dispositivo de madeira para cada técnica, com espessuras diferentes em cada, que mantinha a distância do aparelho fotopolimerizador da superfície da resina o suficiente para que a luz chegasse ao material com 300 ou 600 mW/cm².

Após a confecção de cada corpo de prova, as lâminas de vidro e as tiras de poliéster foram removidas e os mesmos foram retirados da matriz de aço inoxidável à temperatura ambiente 25±1°C e avaliados por um mesmo pesquisador com auxílio de uma lupa de 10x de aumento para verificar a qualidade das superfícies. Os possíveis excessos foram removidos utilizando-se uma lâmina de bisturi nº15. Os corpos-de-prova foram colocados no interior de um vidro âmbar com auxílio de uma pinça clínica e etiquetados com a identificação de cada grupo.

Em seguida, os frascos abertos foram colocados dentro de um dessecador de vidro contendo sílica gel, e foram mantidos por um período de 24h a 37±1°C, dentro de uma estufa biológica. Depois disso, o dessecador foi retirado da estufa com os respectivos corpos-de-prova e colocado sobre uma bancada durante 1h, à temperatura ambiente de 25±1°C. Após este período, cada corpo-de-prova foi retirado do interior do frasco e pesado para obter a massa M1. Foi utilizada uma balança analítica (Modelo AG200, Gehaka, Indústria e Comércio Eletro Eletrônica, São Paulo, SP) instalada e nivelada sobre uma bancada. Antes de cada pesagem, a balança era devidamente tarada.

Posteriormente, os corpos-de-prova foram colocados novamente em seus respectivos frascos, adicionando-se, com pipeta de vidro, 1,5ml de uma solução contendo 75% de álcool etílico e 25% de água destilada. Os frascos foram tampados e levados novamente para o interior de uma estufa biológica mantida a 37±1°C, permanecendo na mesma durante 7 dias. Após este tempo, todos os frascos foram removidos da estufa e mantidos à temperatura ambiente 25±1°C por 1 hora. Os corpos-de-prova foram retirados dos frascos com uma pinça clínica romba, enxutos com papel absorvente ultramacio duplo (Kiss, Santher) por 15 segundos e deixados em uma cubeta estéril por 1 minuto antes da pesagem para obtenção da massa constante M2. Logo depois, os corpos-de-prova foram recolocados nos frascos que estavam limpos e secos. Os frascos abertos contendo os corpos-de-prova foram novamente posicionados no interior do dessecador e levados à estufa onde permaneceram por mais 24h a 37±1°C.

Passado esse período, os corpos-de-prova foram novamente pesados até a obtenção de uma massa constante denominada M3. Com auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo, Digimatic Caliper, Tóquio, Japão) foram medidas as dimensões dos corpos de prova, em quatro pontos equidistantes, determinando a espessura e o diâmetro, obtendo-se assim uma média para cada uma dessas medidas. Estas médias foram usadas para o cálculo do volume do corpo de prova, aplicando-se a fórmula $V = \pi R^2 h$, com valores expressos em mm³.

Para calcular os valores de sorção, **W/Asp**, em µg/mm³ para cada corpo-de-prova, foi utilizada a seguinte equação:

$$W/Asp = M2 - M3 / V$$

Onde:

M2 – é a massa do corpo-de-prova, em microgramas, após 7 dias de imersão no permeante;

M3 – é a massa do corpo-de-prova, em microgramas, depois de retirado do permeante e dessecado por 24 horas;

V – é o volume do corpo-de-prova em milímetros cúbicos.

Para calcular os valores de solubilidade, **W/Asl**, em µg/mm³ para cada corpo-de-prova, foi utilizada a seguinte equação:

$$W/Asl = M1 - M3 / V$$

Onde:

M1 – é a massa do corpo-de-prova, em microgramas, após sua confecção e dessecação por 24 horas;

M3 e V – como citados na fórmula anterior.

Os dados de sorção e solubilidade foram submetidos ao teste de Análise de Variâncias com dois critérios fixos, temperatura e técnica de polimerização. Para realização das comparações *a posteriori*, foi utilizado o teste de Tukey. O nível de significância adotado para todas as análises foi o de 5%.

RESULTADOS

Sorção

A Tabela 3 mostra as médias e desvios padrão dos dados de sorção para o presente estudo.

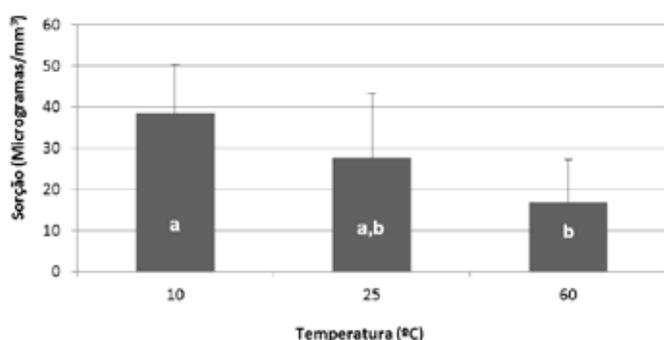
A análise de variâncias determinou que apenas a variável temperatura influenciou de maneira estatisticamente significativa os valores de sorção (p=0,004). Diante disso, foi aplicado o teste de Tukey para a variável temperatura e os resultados da

Tabela 3. Número de espécimes testados, médias e desvios padrão dos valores de sorção nas diferentes condições experimentais avaliadas.

| Temperatura | Técnica de Polimerização | | | | | |
|-------------|--------------------------|---------------|--------------|--------------|-------|--------------|
| | Convencional | | Pulso Tardio | | Total | |
| | N | Média (DP) | N | Média (DP) | N | Média (DP) |
| 10°C | 5 | 34,90(13,66) | 5 | 42,06(10,03) | 10 | 38,48(11,91) |
| 25°C | 5 | 26,81(19,96) | 5 | 28,39(12,58) | 10 | 27,60(15,75) |
| 60°C | 5 | 11,39 (11,29) | 5 | 22,47(5,69) | 10 | 16,93(10,25) |
| Total | 15 | 24,37(17,48) | 15 | 30,97(12,46) | 30 | 27,67(15,29) |

Tabela 4. Número de espécimes testados, médias e desvios padrão dos valores de solubilidade nas diferentes condições experimentais avaliadas.

| Temperatura | Técnica de Polimerização | | | | | |
|-------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------|
| | Convencional | | Pulso Tardio | | Total | |
| | N | Média (DP) | N | Média (DP) | N | Média(DP) |
| 10°C | 5 | 37,63(18,00) | 5 | 35,16(17,28) | 10 | 36,39(16,69) |
| 25°C | 5 | 40,05(54,92) | 5 | 39,60(28,31) | 10 | 39,83(41,20) |
| 60°C | 5 | 8,08 (16,67) | 5 | 21,18(13,05) | 10 | 14,63(15,71) |
| Total | 15 | 28,58(35,50) | 15 | 31,98(20,71) | 30 | 30,28(28,61) |

Gráfico 1. Comparação por meio do teste de Tukey entre as médias de sorção para os espécimes confeccionados nas diferentes temperaturas testadas. * Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$)

aplicação deste teste mostraram que os valores de sorção encontrados foram maiores para a temperatura de 10°C comparados à temperatura de 60°C ($p < 0,05$). Quanto às médias de sorção obtidas à temperatura de 25°C, estas foram semelhantes estatisticamente àquelas encontradas nas demais temperaturas ($p > 0,05$). Estes resultados podem ser vistos no Gráfico 1.

Solubilidade

A Tabela 4 mostra as médias e desvios padrão dos dados de solubilidade para o presente estudo.

O resultado do teste de análise de variâncias demonstrou que nenhum dos fatores estudados e nem mesmo a interação entre eles influenciou de maneira significativa a solubilidade do material ($p > 0,05$).

DISCUSSÃO

O grau de polimerização da resina composta está associado a

diversos fatores, como tempo de fabricação ou tempo de prateleira do produto, intensidade de luz dos aparelhos fotopolimerizadores, tipo de aparelho fotopolimerizador, tempo de polimerização, tempo pós-polimerização, cor e espessura da camada de resina composta.^{1,2,6,9,11,12,13, 24,31} Uma maneira de se avaliar indiretamente o grau de polimerização das resinas compostas é por meio dos testes de sorção e solubilidade.^{28,29,32} A razão para a utilização de tais testes é que um polímero com maior taxa de conversão e maior quantidade de ligações cruzadas tende a absorver menos solvente do meio em que está inserido e tende também a se dissolver menos nesse meio.³²

O presente trabalho avaliou a sorção e a solubilidade de um compósito comercial verificando o efeito da técnica de polimerização e do pré-aquecimento do material e demonstrou que o único fator que influenciou nas médias obtidas foi a temperatura do compósito e apenas para os dados de sorção. A resina polimerizada a 60°C apresentou menores médias de sorção do que a resina polimerizada a 10°C. Estes resultados podem ser explicados pelo grau de mobilidade maior alcançado pelas cadeias carbônicas quando aquecidas, o que facilita a polimerização, pois há aumento da colisão entre cadeias e conseqüente aumento da taxa de conversão de monômeros em polímero.^{14,15,19} Desta forma, supõe-se que a menor sorção obtida para a resina aquecida se deve ao fato da mesma se apresentar mais polimerizada, o que está de acordo com os resultados obtidos na literatura que analisaram o grau da conversão das resinas pré-aquecidas comparadas aquelas usadas em temperatura ambiente ou refrigeradas, observando maior conversão com temperaturas maiores.^{7,14,15,16,17,18} Porém, os resultados do presente estudo são, respeitando-se a diferenças entre metodologias de investigação usadas, em parte contrários aos obtidos por esta mesma literatura, pois não foram encontradas diferenças entre a resina polimerizada a temperatura ambiente e a polimerizada a 60°C ou a 10°C. Daronch *et al.*¹⁴ (2005) observaram que a resina as temperaturas de 3°C e 10°C apresentou menor grau de conversão do que as temperaturas de 20, 22, 25, 27, 30, 40, 54 e 60°C. El-Korashy¹⁶ (2010) mostrou que as temperaturas de 37, 54 e 68°C levaram a maiores graus de conversão do que à resina polimerizada em temperatura ambiente, independente do tempo de polimerização usado (20 ou 40s). Prasanna *et al.*¹⁷ (2007) também mostrou maiores graus de conversão entre as temperaturas ambiente e 40, 50 e 60°C. Baseado na hipótese levantada em que maiores graus de conversão gerariam menores sorção e solubilidade, era de se esperar maior sorção e solubilidade no presente estudo para estas temperaturas mais baixas em comparação com a temperatura ambiente (e o oposto para a temperatura ambiente versus temperatura de pré-aquecimento), o que não ocorreu. Estas diferenças podem ser explicadas pelo tipo de metodologia usada e pelas características específicas do método empregado no estudo. O presente trabalho usou os testes de sorção e solubilidade que, como ressaltado, são medidas indiretas do grau de conversão e de reticulação da resina. Além disso, o tempo de imersão no solvente usado, que foi de 7 dias, pode não ter sido suficiente para evidenciar alguma diferença existente e talvez tempos mais longos onde o solvente pudesse ultrapassar a camada superficial da resina mais polimerizada sejam necessários para se encontrar diferenças. Futuras investigações deverão ser feitas neste sentido.

Apesar da maioria dos trabalhos encontrados na literatura mostrarem maior grau de conversão para a resina pré-aquecida, alguns pesquisadores não observaram estas diferenças. Fróes-Salgado²³ (2010) observaram por meio de espectroscopia Raman que a resina Z-350 apresentou grau de conversão semelhante às temperaturas de 25°C e 68°C. Estas diferenças na literatura podem estar relacionadas com a técnica de aquecimento usada e ao tipo de compósito utilizado. Com relação à técnica de aquecimento, entre a retirada do compule do aquecedor e inserção do compósito na cavidade há um intervalo de tempo que quando aumentado diminui a temperatura da resina, ou seja, o material perde calor no período de tempo entre o aquecimento no dispositivo próprio e a inserção na cavidade. Daronch *et al.*²⁰ (2006) relatam diminuição em 50% da temperatura da resina no período de 2min. Já em relação à resina, compósitos com diferentes composições orgânicas e inorgânicas podem se comportar de maneira diferente quando aquecidos e estudos que avaliem estas diferenças serão fundamentais para se entender melhor a utilização da técnica do pré-aquecimento.

Como ressaltado, a temperatura de 10°C gerou os maiores valores de sorção. Estes resultados têm implicação direta na clínica diária, já que muitos profissionais tendem a utilizar os materiais refrigerados. O profissional, visando aumentar a longevidade dos compósitos, os armazena em geladeira, à temperatura aproximada de 10°C; porém, este mesmo profissional, muitas vezes, retira o material do refrigerador e o utiliza imediatamente. O armazenamento sob refrigeração e o uso imediato do material depois de retirado do refrigerador podem levar este a atingir baixos graus de conversão e pequeno entrelaçamento de cadeias, o que por sua vez levaria ao aumento da sorção e da solubilidade. A literatura tem recomendado que se mantenha o compósito fora da geladeira por um período de tempo antes de utilizá-lo, a fim de que este atinja a temperatura ambiente. Porém, caso a opção seja pelo uso da técnica do pré-aquecimento, esta parece restabelecer as características do material, pelo menos no que diz respeito à sorção e à solubilidade do mesmo.

Com relação à técnica de polimerização, o presente trabalho não mostrou qualquer relação desta com a sorção e solubilidade do material, mesmo não condição do pré-aquecimento. Os resultados encontrados não sugerem aumento ou diminuição da linearidade das cadeias, já que, como ressaltado, não houve influência deste fator na sorção e na solubilidade. Outro aspecto importante diz respeito à metodologia empregada. Soh & Yap²⁸ (2004) e Asmussem & Peutzfeldt²⁹ (2003) mostraram menor linearidade com a técnica de pulso interrompido, porém, nestes estudos foi avaliado o amolecimento do polímero via imersão deste em etanol e não a sorção e a solubilidade do material. Benetti *et al.*³³ (2011) também avaliaram o amolecimento de algumas marcas comerciais de compósitos quando imersos em etanol e constataram que este foi maior na técnica de pulso interrompido. Também foi observado maior desgaste da resina nesta técnica em relação à técnica convencional. O grau de conversão foi afetado apenas pelo tipo de compósito usado. Diante do exposto, a comparação entre os dados deste trabalho com a literatura correlata se torna difícil, devido aos diferentes métodos de investigação usados. Talvez uma exposição mais prolongada da resina ao solvente pudesse alterar estes resultados, de forma que estes aspectos devem ser elucidados em investigações futuras.

CONCLUSÕES

Com base nas limitações do presente trabalho e nos resultados encontrados, concluiu-se:

- 1 – A sorção da resina composta em meio contendo 75% de álcool etílico e 25% de água destilada foi menor quando o material foi aquecido a 60°C em comparação com o material refrigerado a 10°C;
- 2 – Não foram encontradas diferenças na sorção neste mesmo meio entre a condição de temperatura ambiente comparada às condições de pré-aquecimento (60°C) e refrigeração (10°C);
- 3 – Nenhum dos fatores estudados influenciou na solubilidade do material;
- 4 – Considerando os resultados obtidos, para sorção a hipótese nula foi rejeitada e para solubilidade ela foi aceita.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Paulista que apoiou o desenvolvimento desta pesquisa via Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para Discentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. Hansen EK, Asmussen E. Visible light-curing units: correlation between depth of cure and distance between exit window and resin surface. *Act Odontol Scand.* 1997; 55 (3): 162-6.
02. Brosh T, Baharv H, Gross O, Laufer BZ. The influence of surface loading and irradiation time during curing on mechanical properties of a composite. *J Prosthet Dent.* 1997; 77(6):573-7.
03. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth subtract. *J Biomed Mater Res.* 1982; 16 (3):265-73.
04. Burtscher P. Stability of radicals in cured composite materials. *Dent Mater.* 1993; 9 (4): 411-6.
05. Dunne SM, Davis BR, Millar BJ. A survey of the effectiveness of dental light curing units and a comparison of light testing devices. *Br Dent J.* 1996; 180 (11): 411-6.
06. Unterbrink GL, Huessner R. Influence of light intensity on two restorative systems. *J. Dent.* 1995; 23 (3): 183-09.
07. Deb S, Di Silvio L, Mackler HE, Millar BJ. Pre-warming of dental composites. *Dent Mater.* 2011; 27: e51-e59.
08. Hussey DL, Biagioni PA, Lamey PJ. Thermographic measurement of temperature change during resin composite polymerization in vivo. *J Dent.* 1995; 23 (5): 267-71.
09. Bassiony MA, Grant AA. Physical properties of a visible light cured composite resin. *J Prosthetic Dent.* 1980; 43 (5): 536-41.
10. Loney RW, Prince RB. Temperature transmission of light output light-curing units. *Oper Dent.* 2001; 26(5): 516-20.
11. Rueggeberg FA, Gauchman WF, Curtis Junior JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent.* 1994; 19 (1): 26-32.
12. Fan PL, Wozniak WT, Reyes WD, Stanford JW. Irradiance of visible lights – curing units and voltage variation effects. *J Am Dent Assoc.* 1987; 115(3): 442-5.
13. Newman SM, Murray GA, Yates JL. Visible lights and visible light-activated composites resin. *J Prosthetic Dent.* 1983; 50 (1): 31-5.
14. Daronch M; Rueggeberg FA, De Goes MF. Monomer conversion of pre-heated composite. *J Dent Res.* 2005; 84 (7): 663-7.

15. Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF, Giudici R. Polymerization kinetics of pre-heated composite. *J Dent Res*. 2006; 85 (1): 38-43.
16. El-Korashy DI. Post-gel shrinkage strain and degree of conversion of pre-heated resin composite cured using different regimens. *Oper Dent*. 2010; 2:172-9.
17. Prasana N, Pallavi Reddy Y, Kavitha S, Lakshmi Narayanan L. Degree of conversion and residual stress of preheated and room-temperature composites. *Indian J Dent Res*. 2007; 18 (4): 173-6.
18. Woolum JA, Berry TG, Wilson DE, Hatch R. Benefits of preheating resin composite before placement. *Gen Dent*. 2008; 332-5.
19. Da Costa JB, Hilton TJ, Swift Jr EJ. Preheating composites. *J Esthet Rest Dent*. 2011; 23 (4): 269-75.
20. Daronch M, Rueggeberg FA, Moss L, De Goes MF. Clinically relevant issues related to preheating composites. *J Esthet Restor Dent*. 2006; 18: 340-51.
21. Lucey S, Lynch CD, Ray NJ, Burke FM, Hannigan A. Effect of pre-heating on the viscosity and microhardness of a resin composite. *J Oral Rehab*. 2010; 37: 278-82.
22. Muñoz CA, Bond PR, Sy-Muñoz J, Tan D, Peterson J. Effect of pre-heating on depth of cure and surface hardness of light-polymerized resin composites. *Am J Dent*. 2008; 21:215-22.
23. Froes-Salgado NR, Silva LM, Kawano Y, Francci C, Reis A, Loguercio AD. Composite pre-heating: effects on marginal adaptation, degree of conversion and mechanical properties. *Dent Mater*. 2010; 26:908-14.
24. Wagner WC, Asku MN, Neme AL, Linger JB, Pink FE, Walker S. Effect of pre-heating resin composite on restoration microleakage. *Oper Dent*. 2008; 33 (1): 72-8.
25. Lim BS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two step light-activation. *Dent Mater*. 2002; 18:436-44.
26. Sakaguchi RL, Berge HX. Reduced light energy density decreases post gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. *J Dent*. 1998; 26:695-70.
27. Uno S, Asmussen E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. *Scand J Dent Res*. 1991; 23:183-9.
28. Soh MS, Yap AUJ. Influence of curing modes on crosslink density in polymer structures. *J Dent*. 2004; 32:321-6.
29. Asmussen, E, Peutzfeldt A. Two-step curing: influence on conversion and softening of a dental polymer. *Dent Mater*. 2003; 19:466-70.
30. Kamishima N, Ikeda T, Sano H. Color and translucency of resin composites for layering techniques. *Dent Mater J*. 2005; 24 (3): 428-32.
31. Ruyter IE, Oysaed H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta Odontol Scand*. 1982; 40 (3): 179-92.
32. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater*. 2006; 22: 211-22.
33. Benetti AR, Peutzfeldt A, Asmussen E, Pallesen U, Franco EB. Influence of curing rate on softening in ethanol, degree of conversion, and wear of resin composite. *Am J Dent*. 2011; 24(2):115-8.

ABSTRACT

Objective: This study evaluated the influence of the temperature of a composite under different polymerization techniques on the properties of sorption and solubility of the material.

Material and method: Specimens (n=30) of nanohybrid composite (ICE, SDI) were prepared with the aid of a hollow circular metallic matrix (8mm X 2mm). Six experimental groups were tested by observing 3 temperatures (10, 25 and 60°C) and 2 curing techniques (conventional and pulse delay). After being prepared, the specimens were weighed on an analytical balance before being stored in a solution of distilled water 25% and 75% alcohol (M1), seven days after being stored (M2) and after being stored for 7 days and dried for another day (M3). After that, it

was calculated the volume of each specimen ($V = \pi R^2 h$) and then the sorption ($M2-M3 / V$) and solubility ($M1-M3 / V$). Data were statistically analyzed using a Two-Way ANOVA design and the Tukey test ($\alpha=5\%$).

Results: Only temperature influenced sorption ($p=0.004$), with lower values found for 60°C than those found for 10°C ($p<0.05$). None of the variables studied influenced significantly solubility ($p>0.05$).

Conclusion: Pre-heating of composite s resin only influenced the material sorption and just when 10°C and 60°C were compared.

KEY-WORDS: Resin Composites, Hot Temperature, Absorption.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Prof.Dr.Fabrcio Luscino Alves de Castro
Universidade Paulista, Instituto de Ciências da Saúde,
Faculdade de Odontologia, Campus Flamboyant.
Rodovia BR 153, Km 503, Fazenda Botafogo, Goiânia, GO,
Brasil. CEP.74845-090.
Tel: +55-62-32394004; +55-62-3239-4008.
E-mail: fabriciocastro.odontogo@unip.br