

# Avaliação da dureza Knoop de compósitos odontológicos após tratamentos superficiais

## *Evaluation of Knoop hardness of composite resin after surface treatments*

Mário Alexandre Coelho Sinhoret<sup>1</sup>

Lourenço Correr Sobrinho<sup>1</sup>

Marcio Mishima<sup>2</sup>

Alysson Noriyuki Kajishima Konno<sup>3</sup>

Simonides Consani<sup>4</sup>

### Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar a dureza superficial de três diferentes compósitos (Z-100, Alert e Revolution) submetidos a duas situações de fotoativação: ao ar livre e à cobertura por gel lubrificante (KY). Metade das amostras fotoativadas ao ar livre foi polida (CP) e a outra não o foi (SP). Foram confeccionados dez corpos-de-prova para cada grupo, assim divididos: G1 – Z-100 / SP; G2 – Z-100 / KY; G3 – Z-100 / CP; G4 – Alert / SP; G5 – Alert / KY; G6 – Alert / CP; G7 – Revolution / SP; G8 – Revolution / KY e G9 – Revolution / CP. Após a confecção das amostras, foram feitas cinco leituras de dureza Knoop em sua superfície num penetrômetro HMV-2000 (Shimadzu). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (5%). Verificou-se que, para os grupos do compósito Z-100, todos os tratamentos diferiram estatisticamente entre si, tendo obtido a maior média o G3, seguido pelo G2 e G1. Para o compósito Alert, a maior média foi observada em G6, a qual diferiu estatisticamente da média de G4 e G5. Os grupos do compósito Revolution apresentaram diferença estatística para todos os tipos de tratamento, sendo que G9 apresentou a maior média, seguido por G8 e G7.

**Palavras-chave:** resinas compostas, polimento dentário, restauração dentária permanente.

### Introdução

Durante os últimos anos, houve um considerável desenvolvimento tecnológico no que diz respeito aos materiais restauradores odontológicos. Esse desenvolvimento permitiu a criação de novos materiais, os quais puderam associar facilidade de uso à estética. Um desses materiais é o compósito restaurador resinoso, também chamado “resina composta”, a qual tem evoluído rapidamente (De Lange et al., 1980; Pollack e Blitzler, 1982; Cook e Standish, 1983).

Para evitar que a seleção seja efetuada somente baseada na preferência do operador, torna-se importante compreender as propriedades físicas, mecânicas e biológicas, assim como o comportamento clínico desse material (Denyer e Shaw, 1982; Cook e Standish, 1983). Os compósitos podem ser classificados de acordo com o tamanho e a forma das partículas de carga. Por outro lado, a morfologia e o tamanho das partículas têm grande influência nas diversas propriedades do compósito, como lisura superficial, viscosidade, resistência à fratura, desgaste, dureza e contração de

polimerização (Bassiouny e Grant, 1978; De Backer e Dermaut, 1986; Anusavice, 1996).

Inicialmente, os compósitos eram ativados por reação química, tendo sido substituídos no início da década de 1970 pelos compósitos por ativação física através da luz visível emitida por aparelhos fotopolimerizadores (Bassiouny e Grant, 1978; Denyer e Shaw, 1982; Anusavice, 1996). Entretanto, já com os primeiros compósitos havia certa preocupação com a camada superficial de resina não polimerizada em razão do contato com o oxigênio; por isso, era recomendado realizar a restauração em excesso para que se retirasse essa camada de material não polimerizado, obtendo melhores propriedades mecânicas (von Fraunhofer, 1971).

A camada não polimerizada deve-se à inibição da reação de polimerização pelo oxigênio, cuja reatividade em formar um radical é maior que a do monômero (Barnes, 1945; Ruyter, 1981; Rueggeberg e Margeson, 1990). Para que se minimize a formação da camada superficial não polimeri-

<sup>1</sup> Professores associados da área Materiais Dentários - FOP - Unicamp.

<sup>2</sup> Aluno de graduação da FOP - Unicamp.

<sup>3</sup> Doutorando na área Materiais Dentários FOP - Unicamp. Professor de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia da Unaerp - Campus Guarujá.

<sup>4</sup> Professor Titular da área Materiais Dentários - FOP - Unicamp.

zada, surgiu a proposta de que, em alguns cimentos resinosos, a polimerização fosse feita em ambiente anaeróbico, por meio da cobertura do material com gel de glicerina. Assim, o ambiente criado para a polimerização seria isento de oxigênio, provocando uma polimerização mais completa do material (Bergmann et al., 1991).

Considerando os procedimentos restauradores estéticos, atualmente alguns cirurgiões-dentistas utilizam-se dessa mesma técnica na polimerização da última camada de compósito para que se conserve a escultura feita, especialmente em dentes posteriores. Desse modo, não há a necessidade de acabamento e de polimento com instrumentos rotatórios e lixas.

Em vista da problemática da inibição da polimerização da camada superficial dos compósitos pelo oxigênio, este trabalho propôs-se a verificar a dureza Knoop da superfície de três diferentes compósitos submetidos a dois tipos de fotopolimerização (ao ar livre e coberta por uma camada de gel lubrificante), comparados a um grupo no qual foi feito acabamento e polimento (controle).

## Material e método

Foram utilizados neste estudo os compósitos restauradores Z-100 (3M Dental Products), Alert (Jeneric-Pentron) e Revolution (Kerr Manufacturing Co.). Também se utilizaram um gel lubrificante (KY, Johnson & Johnson) para proteger a superfície dos compósitos do contato com o ar durante a fotopolimerização.

Os corpos-de-prova foram confeccionados em uma matriz contendo uma cavidade com 5 mm de diâmetro por 2,5 mm de espessura, no centro de um cilindro de latão, com 10 mm de diâmetro por 10 mm de altura, seccionado longitudinalmente na parte central a fim de facilitar a remoção do corpo-de-prova após a polimerização.

Com o auxílio de uma espátula plástica (JON), o compósito foi inserido na cavidade da matriz, em única porção e com excesso. A

adaptação do material foi feita com condensador manual até que o nível de material restaurador ficasse no mesmo nível da borda superior da matriz. Em seguida, os corpos-de-prova foram fotoativados com o aparelho XL-2500 (3M Dental Products) por 40 s com ou sem a proteção do gel lubrificante. A intensidade do fotopolimerizador era de 600 mW/cm<sup>2</sup>, aferida em um radiômetro (Demetron, EUA). Foram confeccionados trinta corpos-de-prova com cada tipo de compósito restaurador (Alert, Z-100 e Revolution), sendo dez com a proteção do gel lubrificante e vinte sem a proteção do gel, dos quais dez não foram polidos e dez o foram (grupo controle). Neste grupo (controle), o acabamento e o polimento foram feitos utilizando-se discos Sof-Lex de granulação decrescente (técnica usual). No total, foram confeccionados noventa corpos-de-prova, que foram devidamente identificados e armazenados numa estufa a 37 °C, por 24 horas.

As medidas de dureza Knoop foram efetuadas com um penetrômetro (HNV - 2000, Shimadzu, Japan), sob carga de 50 gramas, por 30 s. Cinco penetrações foram efetuadas na região de superfície dos corpos-de-prova, totalizando cem penetrações para cada grupo. As medidas obtidas em micrômetros foram convertidas em número de dureza Knoop, por meio de um *software* incluído no próprio penetrômetro.

## Resultados

Os valores originais obtidos após o ensaio de microdureza dos compósitos Z-100, Revolution e Alert, após os diversos tratamentos superficiais, foram submetidos à análise de variância com esquema fatorial, cujos fatores foram: material, que analisou o compósito restaurador, e tratamento, que avaliou o tipo de tratamento superficial a que cada corpo-de-prova foi submetido. Os valores médios de dureza Knoop (KHN) foram transformados segundo a raiz quadrada de X+0 e comparados pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

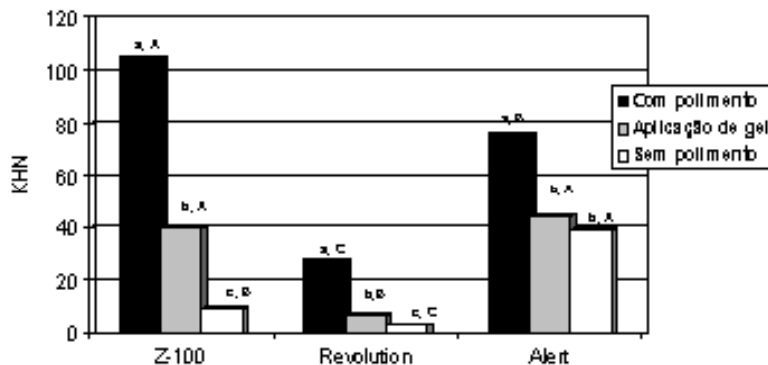
A Tabela 1 e a Figura 1 mostram, quando a comparação foi em coluna, que, para o compósito Z-100, todos os tratamentos diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), sendo que o valor médio de dureza para o grupo-controle foi o maior, seguido pela fotoativação com a aplicação de gel; o grupo sem tratamento apresentou a menor média de dureza Knoop. Para o compósito Revolution, todos os grupos também diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), sendo que o grupo-controle apresentou a maior média, seguido pela fotoativação com aplicação de gel; o grupo sem tratamento apresentou a menor média. O compósito Alert apresentou a maior média no grupo-controle, diferindo estatisticamente dos demais grupos ( $p < 0,05$ ), os quais não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ).

A Tabela 1 e Figura 1 mostram, quando a comparação foi em linha, que, comparando os compósitos em função dos tipos de tratamento no grupo-controle (com polimento), todos diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), sendo que o Z-100 apresentou a maior média, seguido pelo Alert e pelo Revolution, o qual apresentou a menor média. No grupo com aplicação de gel, os compósitos Z-100 e Alert obtiveram maiores médias de dureza, não diferindo estatisticamente ( $p > 0,05$ ). O compósito Revolution apresentou a menor média, diferindo estatisticamente dos demais ( $p < 0,05$ ). Para o grupo sem polimento, todos os compósitos diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), com o Alert apresentando a maior média, seguido pelo Z-100 e pelo Revolution, o qual apresentou a menor média.

Tabela 1 - Médias obtidas após ensaio de dureza Knoop (KHN) dos compósitos após os três tipos de tratamentos superficiais

Tratamento	Z-100	Revolution	Alert
Com polimento (controle)	104,98 a, A (13,69)	27,64 a, C (4,73)	76,29 a, B (17,54)
Aplicação de gel	40,01 b, A (4,98)	7,11 b, B (1,70)	44,55 b, A (12,19)
Sem polimento	9,48 c, B (2,79)	3,38 c, C (0,14)	39,09 b, A (9,65)

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey. ( ) Desvio-padrão.



Médias seguidas por letras minúsculas distintas entre cores diferentes e maiúsculas entre cores iguais diferem entre si em nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Figura 1 - Médias obtidas após ensaio de dureza Knoop (KHN) dos compósitos após os três tipos de tratamentos superficiais.

## Discussão

Um problema relacionado à utilização dos compósitos é a formação, durante o processo de polimerização, de uma camada superficial não polimerizada por causa da presença do oxigênio, cuja maior reatividade em formar radicais do que o monômero inibe fortemente a polimerização (Barnes, 1945; Rueggeberg e Margeson, 1990). Essa problemática levou a que, inicialmente, se propusesse que restaurações em compósito fossem realizadas com pequeno excesso, permitindo que, após os procedimentos de acabamento e de polimento, essa camada fosse removida sem, no entanto, prejudicar o contorno e a integridade marginal (von Fraunhofer, 1971).

Atualmente, em virtude do aumento do número de procedimentos preventivos e restauradores utilizando-se selantes resinosos e compósitos, há a necessidade de que esses procedimentos sejam de baixo custo e, sobretudo, que não exijam equipamentos sofisticados para a sua realização. Muitas vezes, a utilização de instrumentos rotatórios para o polimento dessas restaurações ou selantes é inviável para algumas comunidades mais distantes e carentes. Portanto, existe a necessidade, de alguma forma, da confecção do selante ou da restauração sem a realização de polimento, minimizando a formação da camada não polimerizada em razão da presença do oxigênio; também pela diminuição do tempo clínico na utilização desses materiais ao se suprimir o polimento.

Alguns autores propuseram a remoção dessa camada não polimerizada através da utilização de pasta de pedra-pomes e água aplicada manualmente ou com a utilização de instrumentos de baixa rotação. Essa pasta abrasiva conseguiu remover eficientemente a camada não polimerizada contendo grande quantidade de monômero residual (Rueggeberg et al., 1999).

Com o objetivo de amenizar a formação dessa camada superficial não polimerizada nos materiais resinosos, alguns estudos (Barnes, 1945; Eliades e Caputo, 1989; Peutzfeldt e Asmussen, 1989; Bergmann et al., 1991) propuseram variações no tratamento. Bergmann et al. (1991), realizando um estudo com compósitos para cimentação polimerizados na presença de uma camada superficial de gel de glicerina, observaram melhora na adaptação marginal dos compósitos para restaurações tratadas com gel de glicerina pela diminuição da formação da camada de resina não polimerizada.

Neste estudo, quando se comparou a dureza superficial de cada material restaurador, observou-se, para os compósitos Z-100 e Revolution, que

todos os tratamentos diferiram estatisticamente entre si, sendo encontrada a maior média de dureza Knoop no grupo-controle (com polimento), seguido do grupo no qual se utilizou o gel lubrificante no momento da fotoativação; a menor média foi encontrada no grupo sem tratamento. Essa diferença entre os grupos pode ser explicada pela ação do gel lubrificante na inibição da formação da camada não polimerizada pela ação do oxigênio, mas ainda insuficiente para que apresente dureza superficial como nos grupos com acabamento e polimento (controle). No compósito Alert, o grupo-controle diferiu estatisticamente dos demais grupos, apresentando maior média de dureza Knoop. O grupo tratado com gel lubrificante e o grupo sem tratamento não diferiram estatisticamente entre si, o que indica que, neste caso, a ação do gel na inibição do oxigênio é ineficaz. Isso talvez tenha ocorrido por causa da grande quantidade de partículas de carga que esse compósito possui, ficando pequena quantidade de matriz orgânica exposta ao ar, quando comparado aos demais compósitos.

Comparando-se os compósitos dentro dos tipos de tratamento, no grupo-controle (com polimento), todos os compósitos diferiram entre si, sendo que o Z-100 apresentou a maior média, seguido pelo Alert e pelo Revolution, o qual apresentou a menor média. No grupo com aplicação do gel lubrificante, os compósitos Z-100 e Alert apresentaram as maiores médias de dureza, não diferindo estatisticamente entre si. O compósito Revolution apresentou a menor média, diferindo estatisticamente dos demais. Para o grupo sem polimento, todos os compósitos diferiram entre si, com o Alert apresentando a maior média, seguido pelo Z-100 e pelo Revolution, que apresentou a menor média. Os maiores valores para o Z-100 e para o Alert podem ser explicados pelo tipo e pela quantidade das partículas de carga encontradas nesses materiais. O Z-100 possui como carga partículas de zircônio-sílica, de maior dureza que os vidros cerâmicos.

Além disso, em virtude do formato semi-esférico das partículas, que confere baixo cisalhamento, o fabricante consegue inserir razoável quantidade de carga sem afetar a aplicabilidade clínica (Kaufman, 1994; Z-100). O Alert possui alta quantidade de carga, sendo predominante o vidro de borosilicato de alumínio e bário, acrescido de cargas filamentosas de carbono (Leinfelder e Prasad, 1998). Talvez por isso, na condição de não polido, ele tenha sido superior aos demais compósitos, já que a quantidade de matriz orgânica exposta é menor. Já o Revolution é um compósito com baixo conteúdo de carga, exibindo, portanto, alto escoamento no momento da utilização. Como a dureza está relacionada sobretudo com a parte inorgânica (partículas de carga), era de se esperar valores mais baixos para esse material (Fonseca et al., 2000).

De um modo geral, com os resultados obtidos neste estudo, pôde-se verificar que o método de polimerização em que se utilizou o gel lubrificante não é uma opção a altura do método convencional de acabamento e de polimento, no sentido de minimizar a formação da camada superficial não polimerizada dos materiais restauradores e preventivos resinosos. Atualmente, na prótese, alguns artifícios são utilizados para diminuir a formação de camada não polimerizada em materiais reembasadores resinosos, como o uso de agentes redutores (Yatabe et al., 2001). Pode-se especular que, talvez, um método mais eficaz na inibição da ação do oxigênio no processo de polimerização de materiais resinosos seja criado, possibilitando a realização de restaurações sem a necessidade de acabamento e polimento. No entanto, mesmo que esse método tenha 100% de eficiência, a camada mais externa da restauração de compósito será rica em material orgânico; apesar de totalmente polimerizada, esta camada possui propriedades físicas e mecânicas inferiores a uma camada onde foram feitos acabamento e polimento por causa da presença das

partículas de carga.

## Conclusão

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- os compósitos Z-100, Alert e Revolution mostraram maior dureza superficial quando a superfície foi polida;
- a aplicação do gel lubrificante aumentou os valores de dureza Knoop para os compósitos Z-100 e Revolution, quando comparada à condição de não polido; para o Alert, essa comparação não mostrou diferença;
- em todas as condições de tratamento superficial, o compósito Revolution mostrou os menores valores de dureza;
- o Z-100 e o Alert não diferiram entre si quando houve a aplicação do gel lubrificante. Quando foi feito o polimento, o Z-100 foi superior ao Alert e, quando não houve, o Alert foi superior.

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the surface Knoop hardness of three different composites (Z-100, Alert and Revolution) under two photoactivation situations: at environment conditions and covered by a lubricant gel (KY). One half of the samples photoactivated at environment conditions were polished (WP) and the other half, not (NP). Ten samples of each group were made, which were divided into the following groups: G1 - Z-100 / NP; G2 - Z-100 / KY; G3 - Z-100 / WP; G4 - Alert / NP; G5 - Alert - KY; G6 - Alert / WP; G7 - Revolution / NP; G8 - Revolution / KY and G9 - Revolution / WP. Five readings of Knoop hardness were obtained in each sample using a micro hardness tester HMV-2000 (Shimadzu). The results were submitted to Anova and Tukey's test (5%). It was verified that for Z-100 samples, all surface treatments were statistically

different. The highest means were obtained by G3, followed by G2 and G1. Alert samples, presented the highest mean on G6, which differed from G4 and G5. Revolution samples showed statistical difference for all treatments with G9, showing the highest mean, followed by G8 and G7.

**Key words:** composite resins, dental polishing, permanent dental restoration.

## Referências bibliográficas

- ANUSAVICE, K. J. Restorative resins. In: \_\_\_\_\_. *Phillips' science of dental materials*. 10. ed. W. B. Saunders Company, 1996. p. 273-300.
- BARNES, C. E. Mechanism of vinyl polymerization. I. Role of Oxygen. *J. Am. Chem Soc.*, v. 67, p. 217-220, 1945.
- BASSIOUNY, M. A.; GRANT, A. A. A visible light-cured composite restorative: clinical open assessment. *Br. Dent. J.*, v. 145, n. 11, p. 327-330, Dec. 1978.
- BERGMANN, P.; NOACK M. J.; ROULET, J. F. Marginal adaptation with glass-ceramic inlays adhesively luted glycerine gel. *Quintessence Int.*, v. 22, n. 9, p. 739-744, 1991.
- COOK, W. D.; STANDISH, P. M. Cure of resin based restorative materials. II. White light photopolymerized resins. *Aust. Dent. J.*, v. 28, n. 5, p. 307-311, Oct. 1983.
- DE BACKER, J.; DERMAUT, L. Visible light sources and posterior light cures resins: a practical mixture. *Quintessence Int.*, v. 17, n. 10, p. 635-641, Oct. 1986.
- DE LANGE, C.; BAUSCH, J. R.; DAVIDSON, C. L. The curing pattern of photo-initiated dental composites. *J. Oral Rehabil.*, v. 7, n. 5, p. 369-377, Sept. 1980.
- DENYER, R.; SHAW, D. J. Cure evaluation of visible light composites by Knoop hardness measurement. *J. Dent Res.*, v. 61, n. 1, p. 271, Jan. 1982. (Abstr. 833).
- ELIADES, G. C.; CAPUTO, A. A. The strength of layering technique in visible light-cured composites. *J. Prosthet Dent.*, v. 61, n. 1, p. 31-38, Jan. 1989.
- FONSECA, R. G. et al. Avaliação da dureza superficial e do conteúdo de carga de cimentos resinosos. *Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.*, v. 54, n. 1, p. 30-33, Jan-Feb. 2000.
- KAUFMAN, G. A new resin composite restorative incorporating synthetic filler technology and optimized particle size distribution. *Esthetic Dent Update*, v. 5, n. 1, p. 10-12, Feb. 1994.
- LEINFELDER, K.; PRASAD A. A new condensable composite for the restoration



of posterior teeth. *Dent Today*, v. 17, n. 2, p. 112-116, Feb. 1998.

PEUTZFELDT A.; ASMUSSEN E. Oxygen-inhibited surface layers on Microfill Pontic. *Acta Odontol Scand*, v. 47, n. 1, p. 31-33, 1989.

POLLACK, B. F.; BLITZER, M. H. The advantages of visible light curing resins. *N Y St Dent. J.*, v. 48, n. 4, p. 228-230, Apr. 1982.

RUEGGEBERG F. A.; MARGESON, D. H. The effect of oxygen inhibition on an Unfilled/Filled composite system. *J. Dent. Res.*, v. 69, n. 10, p. 1652-1658, Oct. 1990.

RUEGGEBERG, F. A.; DLUGOKINSKI, M.; ERGLE, J. W. Minimizing patients ex-

posure to uncured components in a dental sealant. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 130, n. 12, p. 1751-1757, Dec. 1999.

RUYTER, I. E. Unpolymerized surface layers on sealants. *Acta Odontol Scand*, v. 39, n. 1, p. 27-32, 1981.

Von FRAUNHOFER, J. A. The surface hardness of polymeric restorative materials. *Br. Dent. J.*, v. 130, p. 243-245, Mar. 1971.

YATABE, M. et al. Effect of the reducing agent on the oxygen inhibited layer of the cross-linked reline material. *J. Oral Rehabil*, v. 28, n. 2, p. 180-185, Feb. 2001.

Z-100, *Perfil técnico do produto*: restaura-

dor Z-100. s.n.t. 34p.

#### Endereço para correspondência

Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti  
Av. Limeira, 901  
CEP: 13414-903  
Piracicaba – SP  
Tel.: (19) 3412-5374  
Fax: (19) 3412-5218  
e-mail: sinhoret@fop.unicamp.br

