

ESTUDO DA DUREZA DE RESINAS COMPOSTAS EMPREGADAS PARA RESTAURAÇÕES TIPO *INLAY*: EFEITO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE POLIMERIZAÇÃO

Gelson Luis ADABO*
Francisco Pedro Monteiro da SILVA FILHO*
Carlos Alberto dos Santos CRUZ*
Willian Celso RETTONDINI*
Deiwes Nogueira de SÁ*

- **RESUMO:** O objetivo do presente trabalho é o estudo da dureza de três resinas compostas (SR-Isosit, Estilux posterior CVS e P-50) polimerizadas por diferentes técnicas. Assim, a resina SR-Isosit foi termopolimerizada, e as demais submetidas a três tratamentos distintos: fotopolimerização; fotopolimerização seguida de complementação térmica em aparelho hidropneumático e fotopolimerização com complementação no dispositivo de luz e calor (*light-box*) adaptado ao fotopolimerizador. Os resultados mostraram que as resinas Estilux posterior CVS e P-50, quando submetidas ao dispositivo *light-box*, apresentaram os maiores valores médios de dureza Vickers.
- **PALAVRAS-CHAVE:** Resinas compostas; polimerização, técnica.

Introdução

O rápido desenvolvimento das resinas compostas tem estimulado a ampliação de sua aplicação em restaurações de dentes posteriores. Contudo, algumas deficiências ainda estão presentes, impedindo sua indicação segura em dentes posteriores, uma vez que suas propriedades mecânicas não estão perfeitamente ajustadas às necessidades clínicas.

Segundo Leinfelder,¹¹ as resinas compostas carecem de resistência ao desgaste, apresentam discutível capacidade de adesão às estruturas dentais e biocompatibilidade, além de acentuada contração de polimerização, o que, em última análise,

* Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese - Faculdade de Odontologia - UNESP - 14801-903 - Araraquara - SP.

compromete sua longevidade e não garante a prevenção da reincidência da cárie. Assim, sua aplicação fica restrita a cavidades pequenas.

Como alternativa para restaurações um pouco mais extensas, têm sido usadas resinas compostas termopolimerizáveis, obtidas por técnica indireta, partindo-se do princípio de que a termopolimerização propicia maior grau de conversão dos monômeros, resultando em melhores propriedades físicas e mecânicas.¹⁰ Além disso, esta técnica permite melhor contorno, polimento mais refinado e a redução do efeito da contração de polimerização, uma vez que essas peças, já polimerizadas, são cimentadas aos dentes com cimentos resinosos. Dessa forma, o efeito da contração de polimerização ficará restrito apenas a uma delgada película de cimento.

Outra vantagem, de acordo com os resultados apresentados por Robinson et al.,¹⁴ é que a infiltração marginal em restaurações obtidas por esta técnica é significativamente menor que a das resinas compostas aplicadas diretamente na cavidade.

Com a finalidade de obterem-se restaurações de forma mais rápida e menos dispendiosa, tem sido sugerida a confecção da restauração tipo *inlay* direta,⁸ em que a resina é inserida no preparo cavitário previamente isolado, fotopolimerizada, removida e submetida a um processo de polimerização complementar, visando aumentar o grau de conversão de monômeros insaturados. Segundo Cook,⁵ a quantidade de monômero residual varia de 25% a 60% de material não-reagido ou com ligações cruzadas deficientes.

Assim sendo, acreditamos também que a polimerização complementar das resinas compostas empregadas na técnica indireta possa propiciar melhor desempenho clínico, possivelmente tornando-se viável sua indicação prática.

Tendo em vista o exposto, decidimos estudar comparativamente a dureza de três resinas compostas para dentes posteriores, polimerizadas por diferentes técnicas.

Material e método

Para o desenvolvimento desta pesquisa, utilizamos as resinas compostas relacionadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Materiais utilizados

Resinas compostas	Sist. ativação	Fabricante
SR-Isosit <i>inlay/onlay</i>	termopolimerizável	Ivoclar
P-50	fotopolimerizável	3M Brasil
Estilux posterior CVS	fotopolimerizável	Kulzer

Para que as condições de trabalho fossem as mais próximas possíveis das condições normais, decidimos confeccionar todos os corpos-de-prova a partir de matrizes de gesso, pois, na técnica indireta, as restaurações de resina composta são obtidas a partir de modelos de gesso e polimerizadas fora da boca, para posteriormente serem cimentadas (fixadas) aos preparos cavitários.

As matrizes de gesso possuíam cavidade em forma de "V", com 13 mm de comprimento, 4 mm de largura e 1,5 mm de profundidade. Dessa forma, a remoção e reinserção dos corpos-de-prova eram facilitadas.

A seguir, a resina foi inserida na cavidade da matriz, com espátula de teflon e com o mínimo de excesso, recoberta por tira matriz de poliéster e lamínula de vidro, levada a uma prensa e comprimida. Feito isso, a resina era removida da prensa e polimerizada de acordo com as condições experimentais propostas, como segue:

C0 – *Condição controle*: Resina SR-Isosit *inlay/onlay* termopolimerizada em água, no aparelho Ivomat, à temperatura de 120°C, sob pressão de 6 atmosferas, durante 10 minutos.

C1 – *Resina P-50*: fotopolimerizada por 60 segundos, através do aparelho Translux VL (Kulzer).

C2 – *Resina P-50*: fotopolimerizada pelo aparelho Translux (por 60 segundos), seguindo-se polimerização complementar térmica em água, no aparelho Ivomat, a 120°C, sob pressão de 6 atmosferas, durante 10 minutos.

C3 – *Resina P-50*: fotopolimerizada pelo aparelho Translux (por 60 segundos), seguida de complementação fototérmica, através do dispositivo *light-box* acoplado ao aparelho Translux (Kulzer), durante 6 minutos.

C4 – *Resina Estilux posterior*: polimerizada pela mesma técnica empregada em C1.

C5 – *Resina Estilux posterior*: polimerizada segundo a técnica descrita em C2.

C6 – *Resina Estilux posterior*: polimerizada da mesma forma empregada em C3.

Após a polimerização, os corpos-de-prova foram armazenados por 7 dias, em vidro âmbar contendo água destilada, à temperatura de 37°C.

Em seguida, os corpos-de-prova eram recolocados na matriz de gesso, divididos em quadrantes com o auxílio de lâmina afiada e levados ao aparelho Wolpert, equipado com diamante Vickers e carga de 50 g, para a medida da dureza superficial.

Resultado e discussão

Os dados originais de dureza Vickers, bem como suas respectivas médias, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Dureza Vickers (VHN – kgf/mm²)

	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6
R1	86,79	120,75	98,27	122,97	98,27	79,52	162,57
R2	81,67	121,92	99,75	158,55	98,90	122,20	123,25
R3	91,60	106,82	101,57	139,97	81,90	73,52	144,15
R4	87,27	135,52	92,07	112,47	84,17	81,45	148,70
R5	95,37	93,50	90,60	112,47	85,35	99,75	108,15
R6	80,55	95,02	88,47	142,75	87,90	89,37	165,90
R7	84,27	96,65	96,65	154,65	85,40	88,40	192,25
R8	97,27	101,37	90,85	127,75	126,70	76,07	151,47
R9	81,45	116,30	87,90	112,87	114,30	84,17	154,65
R10	81,67	92,20	92,07	161,32	88,50	112,87	106,15
Média	86,79	108,00	93,82	134,57	95,13	90,73	146,00

Submetendo-se estes números à análise de variância, temos a Tabela 2, onde foi encontrada significância, mostrando que as condições propiciaram diferentes valores de dureza Vickers.

Tabela 2 – Análise de variância para dureza vickers

Fonte de variação	Soma dos quadrados	G. L.	Quadrados médios	F
Condições	32653,8800	6	5442,3130	20,38
Resíduo	16826,0600	63	267,0804	
Varição total	49479,9400	69		

Na seqüência, foi realizado o teste de Tukey, obtendo-se o valor crítico de 22,27 que, aplicado às médias encontradas na Tabela 1, permitiu-nos concluir que as condições C3 e C6, resinas P-50 e Estilux posterior, respectivamente, ambas polimerizadas por luz e complementadas em *light-box*, foram as que apresentaram os maiores

valores médios de dureza, iguais entre si e superiores às demais condições, que por sua vez também mostraram comportamento semelhante.

Estes resultados evidenciaram que a complementação térmica pode melhorar o desempenho mecânico das resinas compostas fotopolimerizadas, pois, como afirma Cook,⁵ encontra-se alto nível de monômero residual insaturado, após a polimerização. A aplicação de calor como forma de complementar a polimerização convencional pode resultar no aumento do grau de conversão dos monômeros. Esta justificativa encontra respaldo em diversos trabalhos de pesquisa, como segue.

Bausch et al.,² em 1981, estudando a influência da temperatura na microdureza superficial de resinas compostas, observaram que as que foram submetidas a temperaturas superiores a 60°C apresentaram melhora substancial da dureza. Segundo os autores, a baixas temperaturas, a polimerização se processa lentamente até serem consumidos os grupos peróxido disponíveis, reduzindo a chance de formação de ligações cruzadas extras, resultando em material com cadeias longas, com alta mobilidade e estrutura heterogênea. A aplicação de calor, com o fornecimento de energia excedente, atua sobre os radicais livres fazendo com que predomine a formação de cadeias cruzadas, gerando materiais mais resistentes.

Resultado semelhante foi encontrado por McKinney & Wu,¹² em 1983, quando estudaram a resistência ao desgaste e dureza Knoop de resinas compostas polimerizadas a diferentes temperaturas e puderam observar que os materiais submetidos a temperaturas mais elevadas exibiram melhores resultados.

Wendt Junior,¹⁵ em 1987, também estudou o efeito da polimerização complementar, por calor, sobre a resistência à tração diametral, resistência à compressão e adaptação marginal de restaurações tipo inlay, utilizando três resinas compostas (Profile, P-30 e Occlusin). Os corpos-de-prova foram submetidos a diferentes temperaturas (60°C, 100°C, 125°C, 150°C, 175°C e 200°C), por 10 minutos, em calor seco. Após a realização dos ensaios e análise dos resultados, foi possível concluir que o uso da polimerização secundária aumentou a resistência à tração diametral, porém não influenciou a resistência à compressão.

O mesmo autor, na publicação da segunda parte do trabalho,¹⁶ avaliou o efeito da polimerização complementar sobre a resistência ao desgaste, sobre a dureza e a estabilidade de cor. Concluiu ao final que houve aumento significativo na resistência ao desgaste, particularmente quando foi empregada a temperatura de 125°C. Para o teste de dureza foi encontrado resultado semelhante a temperatura igual ou superior a 125°C.

Dionysopoulos & Watts,⁷ em 1989, avaliaram a resistência mecânica, empregando teste flexural dinâmico, da resina composta Brilliant Di, comparando corpos-de-prova polimerizados por luz com ou sem polimerização secundária, em forno a temperatura de 120°C por 7 minutos. Os resultados mostraram que a polimerização complementar melhora a resistência, possivelmente porque a ativação de energia promove barreira à mobilidade molecular.

Wendt Junior.¹⁷ publicou novo trabalho em 1989, em que estudou a resistência à tração diametral, a dureza e a resistência ao desgaste de três resinas compostas fotoativadas, submetidas a polimerização complementar térmica a 125°C, variando o tempo de aplicação de calor (2,5; 7,5; 10 e 15 minutos), comparadas ao grupo controle, apenas fotopolimerizado. Os dados mostraram que a polimerização complementar térmica aumentou a resistência à tração diametral e a dureza, independentemente do tempo. O mesmo foi observado para resistência ao desgaste; entretanto, neste caso, o tempo de 7,5 minutos proporcionou o melhor resultado.

Por outro lado, Wendt Junior & Leinfelder¹⁸ não observaram diferenças entre técnicas de polimerização com ou sem complementação térmica, em estudo clínico. Da mesma forma, Asmussen & Peutzfeldt¹ observaram que a melhora, quando da aplicação de calor, ficou em torno de apenas 9%.

Considerando-se que as resinas compostas fotopolimerizadas e submetidas a complementação com o auxílio do dispositivo *light-box* experimentaram significativo aumento na dureza superficial, e admitindo-se, com base na literatura, que o calor é o responsável por essa melhora, seria esperado bom desempenho quando a complementação da polimerização se processasse em água, sob pressão e calor, com o auxílio do dispositivo hidropneumático Ivomat (condições C2 e C5). Entretanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes quando comparadas estas condições com aquelas em que as resinas foram apenas fotopolimerizadas (condições C1 e C4).

Este resultado contraria Burke et al.,⁴ que classificam os métodos de polimerização como superpolimerização (polimerização por calor e pressão), polimerização secundária (dispositivo que fornece luz e calor) e polimerização convencional (fotoativação) e sustentam que o tratamento por calor com luz ou pressão pode melhorar substancialmente propriedades como resistência à compressão, resistência à tração, resistência transversa e dureza.

O fato de a polimerização complementar se dar em água sob pressão talvez leve a resina a absorver grande quantidade de líquidos, reduzindo sua dureza superficial, possivelmente anulando o efeito da aplicação de calor, ou diluindo os monômeros, reduzindo os efeitos da polimerização complementar.

Esta explicação encontra respaldo nos achados de Braden,³ que, estudando os fenômenos de absorção de água por resinas acrílicas e PVC, concluiu ser esse um fenômeno termodinâmico dependente da concentração de equilíbrio, que pode ser alterado pela pressão e pelo coeficiente de difusão, o qual é afetado pela temperatura. Além disso, como afirmam Cruz et al.,⁶ a dureza das resinas compostas mostrou redução da dureza Vickers após imersão em água destilada.

Ainda, o melhor resultado encontrado nas condições C3 e C6, em que se utilizou o *light-box*, foi superior não somente pela aplicação de calor, mas também pela geração de luz concomitantemente, embora Peutzfeldt & Asmussen¹³ não tenham

observado diferenças entre corpos-de-prova de resina Estilux polymerizados complementarmente em *light-box*, recobertos ou não com folha de estanho.

Comparando as resina estudadas: SR-Isosit (C0), P-50 (C1, C2 e C3) e Estilux posterior (C4, C5 e C6), observamos que as resinas P-50 e Estilux mostraram comportamento semelhante sob condições iguais, ou seja, C1 = C4, C2 = C5 e C3 = C6. A resina SR-Isosit (C0) apresentou comportamento estatisticamente inferior às demais somente quando estas foram submetidas ao tratamento no *light-box* (C3 e C6).

A resina SR-Isosit composta por 73%, em peso, de partículas de dióxido de silício e partículas radiopacas, aglutinadas por matriz de uretano dimetacrilato,⁹ apesar do predomínio das micropartículas, exibiu comportamento semelhante ao das resinas Estilux posterior, com 80% em peso de partículas de vidro cerâmico,⁴ e P-50, que apresenta 85,255% de partículas de sílica e zircônia,⁶ exceto nas condições C3 e C6. Isso se deve possivelmente ao fato de ser um material concebido especificamente para polimerização térmica sob pressão.

Os resultados colhidos no presente trabalho mostram que o tema merece ainda maiores reflexões por parte dos clínicos e pesquisadores, a fim de chegarmos a materiais cada vez mais estéticos, práticos, eficientes e de baixo custo.

Conclusão

Pelos resultados obtidos e com base na metodologia empregada, pudemos concluir que os maiores valores de dureza Vickers foram obtidos para as resinas P-50 e Estilux posterior, fotopolimerizadas e submetidas à polimerização complementar através do dispositivo *light-box* (valores médios de 134,57 e 146,00 VHN, respectivamente). As demais condições apresentaram médias inferiores e semelhantes entre si.

ADABO, G. L., SILVA FILHO, F. P. M. da, CRUZ, C. A. dos S., RETTONDINI, W. C., SÁ, D. N. de. Study of hardness of composites for use in inlays restaurations: effect of different polymerizations techniques. *Rev. Odont. UNESP*, São Paulo, v. 23. n. 2, p. 289-296, 1994.

- **ABSTRACT:** *The purpose of this article was to study the hardness of three composites (SR-Isosit, Estilux posterior and P-50) by different cure techniques. The SR-Isosit was heat cured and the others was subjected to three different treatment: photocured; photocured associated to thermal-hydro-pneumatic equipment and photocured associated to "light-box" device. The results showed that the P-50 and Estilux posterior resins when subjected to the "light-box" presented higher hardness Vickers average.*
- **KEYWORDS:** *Composites; esthetics, dental; polymers.*

Referências bibliográficas

1. ASMUSSEN, E., PEUTZFELDT, A. Mechanical properties of heat treated restorative resins for use in the inlay/onlay technique. *Scand. J. Dent. Res.*, v. 98, p. 564-7, 1990.
2. BAUSCH, J. R., DE LANGE, C., DAVIDSON, C. L. The influence of temperature on physical properties of dental composites. *J. Oral Rehabil.*, v. 8, p. 309-7, 1981.
3. BRADEN, M. The absorption of water by acrylic resins and others materials. *J. Prosthet. Dent.*, v. 14, p. 307-16, 1964.
4. BURKE, F. J. T. et al. Current status and rationale for composite inlays and onlays. *Br. Dent. J.*, v. 170, p. 269-73, 1991.
5. COOK, W. D. Polymerization defects in composite resins. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POSTERIOR COMPOSITE RESIN DENTAL TO RESTORATIVE MATERIALS, 1985, St. Martin. St. Paul, Minn.: 3M Company, 1985. p. 273-86.
6. CRUZ, C. A. S. et al. Conteúdo de carga, sorção de água e dureza Vickers de resinas compostas para dentes posteriores. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 21, p. 283-92, 1992.
7. DIONYSOPOULOS, P., WATTS, D. C. Dynamic mechanical properties of an inlay composite. *J. Dent.*, v. 17, n. 3, p. 140-4, 1989.
8. HUSSEY, D. L. Direct hybrid composite inlays. *Rest. Dent.*, v. 4, p. 28-31, oct. 1988.
9. JACKSON, R. D., FERGUSON, R. W. An esthetic, bonded inlay/onlay bonded inlay technique for posterior teeth. *Quint. Int.*, v. 21, p. 7-12, 1990.
10. JAMES, D. F., YAROVESKY, U. An esthetic bonded inlay technique for posterior teeth. *Quint. Int.*, v. 14, p. 725-31, 1983.
11. LEINFELDER, K. F. Posterior composite resins. *J. Am. Dent. Assoc.* (Special Issue): 21E-26E, set. 1988.
12. MCKINNEY, J. E., WU, W. Effect of degree of cure on hardness and wear of three commercial dental composites. *J. Dent. Res.*, v. 62, p. 285, 1983. (Abstr. 1048)
13. PEUTZFELDT, A., ASMUSSEN, E. Mechanical properties of three composite resins for the inlay/onlay technique. *J. Prosthet. Dent.*, v. 66, p. 322-4, sept. 1991.
14. ROBINSON, P. B. et al. Comparison of microleakage in direct and indirect composite resin restorations *in vitro*. *Oper. Dent.*, v. 12, p. 113-6, 1987.
15. WENDT JUNIOR, S. L. The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resins. 1. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability. *Quint. Int.*, v. 18, p. 265-71, 1987.
16. _____. The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resins. 2. Wear, hardness, and color stability. *Quint. Int.*, v. 18, p. 351-6, 1987.
17. _____. Time as a factor in the heat curing of composite resins. *Quint. Int.*, v. 20, p. 259-63, 1989.
18. WENDT JUNIOR, S. L., LEINFELDER, K. The clinical evaluation of heat-treated composite resin inlays. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 120, p. 177-81, 1990.

Recebido em 26.3.1993.