

# Efeito das técnicas de inclusão convencional e rápida sobre a resistência ao impacto de revestimentos odontológicos

*Effect of the conventional and fast inclusion techniques on the impact strength of dental investments*

André Vinícius MARCHIORI<sup>1</sup>  
Eulália Maria Martins da SILVA<sup>1</sup>  
Michele Marques ZEQUETTO<sup>1</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** Comparar a resistência ao impacto de revestimentos submetidos a duas diferentes técnicas de inclusão.

**Métodos:** Foram utilizados quatro revestimentos (All Therm - R1; Flash - R2, Heat Shock - R3 e Micro Fine - R4) em duas diferentes técnicas de inclusão (Convencional - T1 ou Rápida - T2). Os corpos-de-prova de cada grupo (n=15) foram obtidos por meio de uma matriz de silicone (70mmx12mmx12mm), vazando-se os revestimentos proporcionados e manipulados conforme as recomendações dos fabricantes. Após aquecimento em forno, foram submetidos ao teste de resistência ao impacto, com potência de trabalho de 40Kpcm, correspondente a 3,94J.

**Resultados:** Em ordem decrescente de valores de resistência ao impacto (kJ/m<sup>2</sup>), os grupos se distribuíram da seguinte forma: R3T1 (1,34±0,11); R3T2 (1,22±0,07); R4T2 (1,21±0,09); R2T1 (1,16±0,10); R4T1 (1,16±0,07); R1T2 (1,12±0,07); R2T2 (1,12±0,08) e R1T1 (1,09±0,10). Nenhum grupo apresentou valor significativamente diferente (p>0,05) quanto ao fator técnica. Entre os grupos T1 só R3 diferiu dos demais revestimentos e entre os grupos T2, R3 e R4 apresentaram maiores valores.

**Conclusão:** As diferentes técnicas de inclusão não exerceram influência sobre a resistência ao impacto dos revestimentos testados.

**Termos de indexação:** materiais dentários; revestimento para fundição odontológica; técnica de fundição odontológica.

## ABSTRACT

**Objective:** Compare the impact strength of investments submitted to two different investing techniques.

**Methods:** Four investments were used (All Therm - R1; Flash - R2, Heat Shock - R3 and Micro Fine - R4) in two different investing techniques (Conventional - T1 or Accelerated - T2). Each group sample (n=15) was obtained by means of a silicone die (70mmx12mmx12mm), and the investments were poured according to the manufacturer's instructions. After heating in an oven, the samples were submitted to the impact test with an impact load of 40Kpcm, corresponding to 3.94J.

**Results:** The following impact strength values were obtained (kJ/m<sup>2</sup>) in decreasing order: R3T1 (1.348±0.116); R3T2 (1.221±0.075); R4T2 (1.217±0.096); R2T1 (1.162±0.101); R4T1 (1.162±0.075); R1T2 (1.126±0.077); R2T2 (1.126±0.085) and R1T1 (1.099±0.106). No group presented a significantly different value (p>.05) with regard to technique. Among the T1 groups, only R3 differed from the other investments and among the T2 groups, R3 and R4 presented higher values.

**Conclusion:** Different investing techniques did not influence the impact strength of the tested investments.

**Indexing terms:** dental materials; dental casting investment; dental casting technique.

## INTRODUÇÃO

O revestimento para fundições odontológicas é utilizado como material refratário para a inclusão dos padrões em cera, resina ou mistos. Na sequência são levados ao forno, cuja temperatura deverá atingir, na maioria das vezes, valores maiores que 700°C. Esse aquecimento elimina o padrão, volatilizando-o sem deixar resíduo e causa aumento volumétrico do bloco de revestimento (expansão), com a

finalidade de compensar as contrações ocorridas durante a confecção do padrão e as que deverão ocorrer durante a solidificação da liga metálica.

Através do canal de alimentação e por forças de centrifugação, a liga metálica fundida é injetada para o interior do bloco de revestimento, ocasionando impacto nas paredes do molde de revestimento e pressão devido ao aprisionamento de ar ou dos gases gerados. Quando se utiliza o revestimento odontológico, espera-se resistência mecânica capaz de suportar o impacto causado pelo procedimento de fundição.

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Odontologia, Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese. Campus Araçatuba, Rua José Bonifácio, 1193, Vila Mendonça, 16015-050, Araçatuba, SP, Brasil. Correspondência para / Correspondence to: AV MARCHIORI. E-mail: <avm-fob@bol.com.br>.

Na literatura poucos trabalhos procuraram investigar esse aspecto sobre o comportamento dos revestimentos e quando o fizeram foi de forma indireta, pesquisando outras propriedades que não a resistência ao impacto<sup>1-10</sup>.

Souder & Paffenbarger<sup>1</sup> efetuaram ensaios de resistência à compressão em dois tipos de revestimentos durante a elevação de temperatura e após o total esfriamento. Concluíram que existe diminuição bastante significativa na resistência à compressão depois de esfriado. Este fato também foi verificado por Anusavice<sup>2</sup>, quando relataram que o aquecimento do revestimento à temperatura de 700°C não promove diminuição da resistência, quando comparada àquela apresentada na temperatura ambiente antes do aquecimento; porém, depois de esfriado, a resistência diminuiu consideravelmente, talvez em virtude das pequenas fraturas que se formam durante o esfriamento.

Segundo Chew et al.<sup>9</sup>, os revestimentos à base de fosfato em temperatura ambiente não mostraram maior resistência que o revestimento aglutinado pelo de gesso. Entretanto, os fosfatados apresentaram considerável aumento na resistência à compressão em temperaturas entre 700°C e 872°C. Para estes autores, a sílica é responsável pela expansão térmica e também pelo aumento da resistência inicial do revestimento no forno, sendo que a maior resistência em altas temperaturas se deve à formação do silicofosfato. Além disso, afirmaram que a resistência compressiva dos revestimentos fosfatados excede a resistência requerida no processo de fundição ao suportar as forças geradas pelo metal liquefeito, quando injetado no interior do bloco de revestimento, situação que ocorre também na resistência dos revestimentos aglutinados por gesso.

Para Juszczuk et al.<sup>10</sup>, o tamanho e a distribuição dos poros produzidos por determinada técnica de manipulação podem afetar a resistência dos revestimentos fosfatados. A combinação espatulação mecânica a vácuo e presa do revestimento sob pressão resulta em poros menores, o que pode aumentar a resistência, diminuindo a probabilidade de fratura ou degradação do bloco de revestimento. Além disso, também relataram que os revestimentos fosfatados são materiais cerâmicos policristalinos e, portanto, frágeis, cuja resistência pode ainda ser afetada pelo tamanho das partículas do refratário. Quando menores que 420µm, podem reduzir a probabilidade de formação de fissuras e, conseqüentemente, da fratura.

Grande parte das pesquisas a respeito de inclusão e fundição refere-se à técnica convencional, que usualmente requer tempo total de até três horas para completar o processo de fundição<sup>11</sup>. Porém, nos últimos anos têm-se estudado o desenvolvimento, aperfeiçoamento e divulgação da técnica de inclusão e fundição rápida, com a qual se obtém qualidade de trabalhos equiparável à técnica

convencional, com tempo menor (30 a 40 minutos)<sup>7,8,11-17</sup>. No entanto, Konstantoulakis et al.<sup>7</sup> e Schilling et al.<sup>8</sup> observaram a formação de fendas e fraturas nos blocos de revestimento fosfatados, quando levados ao forno pré-aquecido à temperaturas elevadas, conforme feito na técnica de inclusão e fundição rápida.

As resistências à compressão dos revestimentos fosfatados em altas temperaturas não podem ser baseadas nas obtidas à temperatura ambiente<sup>4,6</sup>; pois revestimentos que têm resistências à compressão semelhantes nessa temperatura podem apresentar resistências diferentes quando na temperatura de fundição<sup>6</sup>.

Considerando que a resistência mecânica de um revestimento odontológico é importante para obter fundições íntegras, o objetivo desta investigação foi comparar a resistência ao impacto de quatro revestimentos fosfatados, imediatamente após serem submetidos às técnicas de inclusão convencional ou rápida.

## MÉTODOS

Utilizando uma matriz metálica segmentada (Figura 1A) com dimensões internas de: 70mm de comprimento, 12mm de altura e 12mm de largura, obteve-se cinco réplicas em cera (Figura 1B) que foram utilizadas para a confecção de quatro matrizes em silicone por adição (Elite Double 17, Zermack, Rovigo, Itália) (Figura 1C), uma para cada revestimento utilizado. Assim, pode-se obter cinco corpos-de-prova (Figura 1D), de uma só vez, de cada revestimento.

Neste trabalho foram utilizados três revestimentos fosfatados (All Therm, CNG Soluções Protéticas, São Paulo, Brasil; Flash, CNG Soluções Protéticas, São Paulo, Brasil e Heat Sock, Polidental, Cotia, Brasil) e um cerâmico (Micro Fine 1700, Talladium do Brasil, Curitiba, Brasil). Os corpos-de-prova de cada grupo (n=15) foram obtidos utilizando-se os revestimentos proporcionados e manipulados, conforme as recomendações dos fabricantes, preenchendo as cavidades (70mm x 12mm x 12mm) da matriz de silicone, que havia uma para cada revestimento. O líquido especial e pó dos revestimentos foram aglutinados manualmente e, em seqüência, com espatulador mecânico a vácuo (Polidental Ind. e Com. Ltda., Cotia, Brasil), conforme condições apresentadas na Tabela 1.

Nos grupos com inclusão convencional (T1), os corpos-de-prova foram removidos da matriz de silicone depois da presa dos revestimentos, considerada em 30 minutos. Depois de 1 hora da remoção, em que ficaram sobre a bancada e temperatura controlada de 23±1°C, foram levados

ao forno (EDGCON 3P, EDG Equipamentos, São Paulo, Brasil) para o ciclo de aquecimento (Figura 2). Em seguida, procedeu-se o teste de impacto.

Na técnica de inclusão rápida (T2), o tempo de espera aguardado para presa dos revestimentos foi de 20 minutos, enquanto no grupo do revestimento Flash foi de 15 minutos, por recomendação do fabricante. Os corpos-de-prova foram removidos da matriz de silicone e levados diretamente ao forno pré-aquecido a 750°C. A temperatura foi elevada conforme o demonstrado na Figura 2. Posteriormente, foi realizado o teste de impacto.

#### Ensaio de resistência ao impacto

Os corpos-de-prova foram retirados do forno e posicionados na máquina de ensaio para teste de impacto Otto Wolpert Werke (Ludwigshafen a. RH, Germany) e o teste realizado pelo método Charpy, com carga (ação de impacto) de 40 kpcm (Figura 3), correspondendo a 3,94J.

A resistência ao impacto foi determinada medindo-se a energia absorvida (Kpcm) pela ação do pêndulo, quando este se chocou com o corpo-de-prova<sup>18</sup>. Em seguida, essa energia absorvida foi transformada em Joules, por meio da fórmula:  $1K_{pcm} = 0,0980J$ . A resistência ao impacto recomendada pela ISO<sup>19</sup> é expressa em  $kJ/m^2$ , calculada dividindo a energia absorvida pelo corpo-de-prova durante o impacto (kJ) pela área da secção transversal do mesmo ( $m^2$ ).

Os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

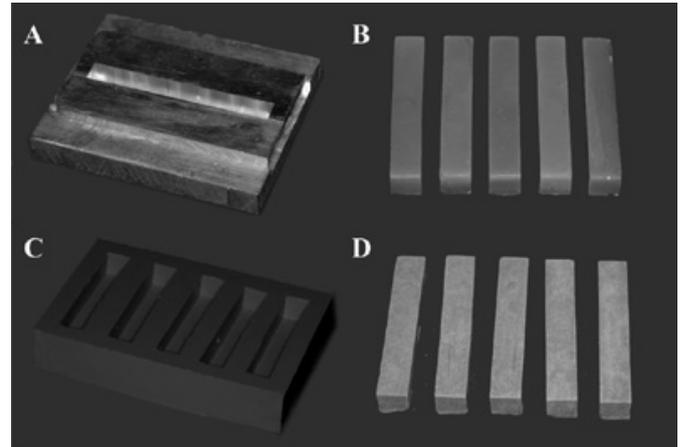
**Tabela 1.** Condições do experimento.

Revestimento	nº Lote	LE (%)	Pó/líquido	T <sub>EManual</sub>	T <sub>Emec</sub>
R1 All Therm	111005	100	100g/21ml	10s	60s
R2 Flash	60621	100	100g/25ml	10s	60s
R3 Heat Shock	12696	100	100g/25ml	30s	60s
R4 Micro Fine	R32888T2	73	90g/22ml	15s	40s

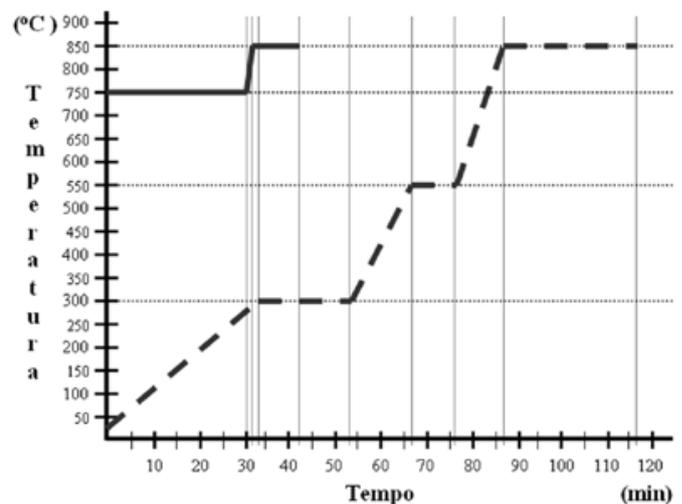
Nota: LE = líquido especial; T<sub>EManual</sub> = tempo de espátulação manual; T<sub>Emec</sub> = tempo de espátulação mecânica.

**Tabela 2.** Médias e desvios-padrão da resistência ao impacto ( $kJ/m^2$ ) para cada revestimento.

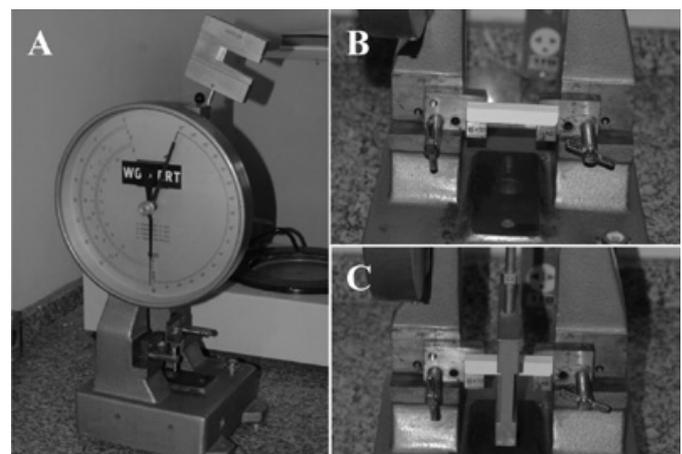
	All Therm (R1)		Flash (R2)		Heat Shock (R3)		Micro Fine (R4)	
	n	DP	n	DP	n	DP	n	DP
T1	1,1	0,106 Aa	1,16	0,101 Aa	1,35	0,116 Ab	1,16	0,075 Aa
T2	1,13	0,077 Aa	1,13	0,085 Aa	1,22	0,075 Bb	1,22	0,096 Ab
T <sup>†</sup>	1,11	0,092 a	1,14	0,094 a	1,29	0,116 b	1,19	0,089 ab



**Figura 1.** Matriz metálica (A), réplicas em cera (B), matriz de silicone (C) e cinco corpos-de-prova (D).



**Figura 2.** Demonstrativo do ciclo de aquecimento dos blocos de revestimento: inclusões convencional (linha tracejada) e rápida (linha contínua).



**Figura 3.** Máquina de ensaio para teste de resistência ao impacto: A) máquina Otto Wolpert Werke; B) posição do corpo-de-prova; C) área de impacto do pêndulo.

## RESULTADOS

Em ordem decrescente, os valores de resistência ao impacto ( $\text{kJ}/\text{m}^2$ ) dos grupos se distribuíram da seguinte forma: R3T1 (Média –  $M=1,34$ , /  $DP=0,11$ ); R3T2 ( $M=1,22$ ,  $DP=0,07$ ); R4T2 ( $M=1,21$ ,  $DP=0,09$ ); R2T1 ( $M=1,16$ ,  $DP=0,10$ ); R4T1 ( $M=1,16$ ,  $DP=0,07$ ); R1T2 ( $M=1,12$ ,  $DP=0,07$ ); R2T2 ( $M=1,12$ ,  $DP=0,08$ ) e R1T1 ( $M=1,09$ ,  $DP=0,10$ ).

Após os resultados serem submetidos à Análise de Variância e as médias serem comparadas pelo Teste de Tukey ( $p<0,05$ ), pôde-se observar que nenhum grupo apresentou valores significativamente diferentes quanto ao fator técnica. Com relação aos grupos em que se utilizou a técnica de inclusão convencional (T1), só o revestimento R3 diferiu dos demais apresentando um maior valor de resistência ao impacto. Já, dentro dos grupos da técnica de inclusão rápida (T2), os revestimentos R3 e R4 apresentaram maiores valores.

Analisando apenas o fator de variação revestimento (Tabela 2), apesar do valor da média de resistência do revestimento R3 diferir dos valores de R1 e R2 ( $p<0,05$ ), o revestimento R4 não diferiu estatisticamente de nenhum deles (R1, R2 e R3).

## DISCUSSÃO

A resistência dos revestimentos odontológicos é importante para sua manipulação à temperatura ambiente, mantendo a integridade do molde que ele próprio compõe ao incluir os padrões da futura estrutura metálica e para suportar as tensões induzidas durante o aquecimento e a fundição propriamente dita<sup>5</sup>. Segundo Konstantoulakis et al.<sup>7</sup>, fatores como lotes diferentes do mesmo revestimento, proporção e manipulações corretas, pré-aquecimento do forno, taxa de diluição do líquido especial e tipo de cera ou padrão utilizado podem causar efeitos na estabilização do molde de revestimento, especialmente quando utilizada a técnica de inclusão e fundição rápida.

Quando se trata de revestimentos fosfatados, maior quantidade de líquido especial pode proporcionar maior expansão térmica como também resultar maior resistência à compressão dos blocos de revestimento<sup>5-6</sup>.

Por outro lado, uma vez que a resistência dos revestimentos fosfatados pode variar com a temperatura e a marca comercial, os resultados não conclusivos dos estudos impedem a comparação com os resultados presentes na literatura<sup>5</sup>.

Analisando os dados dos oito grupos experimentais do presente estudo, nota-se resistência ao impacto similar entre as quatro marcas comerciais de revestimentos avaliados,

sendo indiferentes aos tipos de técnicas de inclusão. Na convencional, somente o revestimento *Heat Shock* (R3) apresentou valor significativamente maior de resistência ao impacto quando comparado aos demais. Na técnica rápida, os revestimentos *Heat Shock* (R3) e *Micro Fine* (R4) diferiram dos outros revestimentos, apresentando as maiores médias.

Os produtos das reações químicas que ocorrem nos revestimentos quando aquecidos da temperatura ambiente para outras mais elevadas são os fatores que determinam a resistência dos mesmos<sup>5,20-21</sup>; o que aumenta a necessidade de se considerar os detalhes a respeito da composição e reações desses revestimentos durante o aquecimento, para ter melhor compreensão do seu comportamento em altas temperaturas<sup>5</sup>.

Da mesma forma que Jones & Wilson<sup>22</sup> verificaram e afirmaram que o aquecimento rápido (não controlado) dos revestimentos não afeta a expansão térmica dos revestimentos fosfatados, pode-se dizer que também não afeta a resistência ao impacto, uma vez que a técnica de inclusão não influenciou no comportamento dos revestimentos durante os testes de resistência ao impacto do presente estudo. Conforme esses mesmos autores relataram não se pode concluir que o aquecimento rápido seja seguro, uma vez que pode ocorrer fraturas parciais ou totais dos blocos durante o choque térmico<sup>3,7-8</sup>. Jorgensen & Watanabe<sup>23</sup> relataram que a elevação de temperatura pela técnica de aquecimento rápido não deve ser maior que 2 a 3°C/min, como forma de prevenção à fratura.

Apesar dos dados sobre a composição fornecida pelos fabricantes de revestimentos não serem completos e não se conhecer as reais propriedades químicas de cada marca comercial há na literatura algumas explicações para o comportamento similar aos apresentados nesta pesquisa. Jorgensen<sup>3</sup> utilizando taxa de aquecimento de 5°C/min reportou que revestimentos à base de cristobalita submetidos a rápido aquecimento entre 200 a 300°C (faixa na qual ocorre a conversão da forma  $\alpha$  para  $\beta$ ) pode mostrar fraturas de superfície. Composições diferentes com predomínio de quartzo são mais toleráveis a tais taxas de aquecimento<sup>3</sup>. Apesar de a cristobalita ocasionar maior expansão térmica que o quartzo, a relação volumétrica cristobalita/quartzo nos revestimentos fosfatados é estimada ser entre 0,30 e 0,50 e o volume do material refratário supera a 80% do total, em peso<sup>24-25</sup>.

Outro fator que pode influenciar os resultados da técnica de inclusão rápida, refere-se à importância de se introduzir o bloco de revestimento no forno pré-aquecido somente quando o revestimento já tenha atingido seu pico de temperatura, resultado da reação exotérmica de presa do material, o que foi enfatizado, em 1988, por Mazourk & Kerby<sup>12</sup>. Sem nenhuma explicação científica convincente, esses autores relataram que quando o revestimento atinge o pico máximo de temperatura, muito das reações químicas e parte significativa da expansão de presa já ocorreram. Nestas condições, os revestimentos têm resistência mecânica suficiente

para suportar o choque térmico. Consequentemente, essa resistência mantém a integridade dos blocos de revestimento e das reações advindas do aquecimento, podendo melhorar a capacidade de superar o impacto da liga metálica, como acontece na técnica de inclusão convencional.

Konstantoulakis et al.<sup>7</sup> e Schilling et al.<sup>8</sup> pesquisaram a respeito da resistência de revestimentos fosfatados perante técnicas de inclusão convencional e/ou rápida. Em 1999, Schilling et al.<sup>8</sup> analisando a adaptação de coroas unitárias fundidas em revestimento fosfatado e utilizando as técnicas de inclusão e fundição convencional e a rápida, verificaram que 50% das fundições obtidas pela técnica rápida apresentaram fendas de até 4mm no topo dos blocos de revestimento; porém, observaram que a superfície das fundições não era afetada.

Konstantoulakis et al.<sup>7</sup> também observaram fendas e fraturas em experimento similar, levantando a hipótese sobre o método de inclusão utilizado (os anéis foram vazados com revestimento em ambiente a vácuo). Este fato poderá formar uma massa de revestimento mais densa e com menor porosidade, dificultando o escape dos gases, quando os blocos de revestimento forem introduzidos num forno pré-aquecido à alta temperatura, promovendo fraturas. Schilling et al.<sup>8</sup> relataram que dois fatores podem ter contribuído para essas ocorrências: a) a remoção da camada mais vitrificada do topo do bloco de revestimento, antes de levá-lo ao forno, pode ter sido insuficiente em todos os anéis, dificultando o escape dos vapores resultantes da eliminação da água de cristalização causando fraturas à medida que imergem do revestimento; b) a falta do forramento interno com amianto de poucos milímetros da porção superior dos anéis metálicos (que são rígidos), o que não permite a expansão livre do revestimento nesta região, levando-o a trincar por falta de espaço para expandir em direção as paredes internas desses anéis.

Por fim, estudos revelam que a resistência dos revestimentos fosfatados pode ser afetada por fatores como, por exemplo: a *transformação do material refratário*, a

sílica (quartzo – 575°C e ou cristobalita – 200 a 270°C), seja ela por conversão total ou parcial das formas cristalinas  $\alpha$  (estáveis em baixas temperaturas) em  $\beta$  (estáveis em altas temperaturas), ou então pela reação de inversão do quartzo em cristobalita (1300°C)<sup>5,26</sup>; a *decomposição do aglutinante* ( $2 \text{ NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 + 13 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ NH}_3$ )<sup>5</sup>; a *quantidade de líquido especial*, ou seja, de sílica que poderia aumentar a formação do silicofosfato ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ ) na presença do excesso de pentóxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) na temperatura de 700°C<sup>4,5,21,27</sup>; a *sedimentação silicosa* que baseia-se no processo em que o aglutinante junto com duas ou mais partículas sólidas que compõem o revestimento se aglutinam por difusão dos átomos à temperatura inferior à de fusão (1/2 ou 2/3), sem a formação da fase líquida<sup>5</sup>; o ambiente de presa e estocagem<sup>5</sup>; e a temperatura do forno<sup>5</sup>.

## CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a variação na técnica de inclusão não exerceu influência na resistência ao impacto dos revestimentos estudados. O revestimento *Heat Shock* (R3) foi o que apresentou maior valor médio de resistência ao impacto, em ambas as técnicas de inclusão empregadas, com diferenças estatísticas significantes em comparação aos demais revestimentos.

## Colaboradores

AV MARCHIORI e MM ZEQUETTO foram os executores do item Métodos e redação do artigo. EMM SILVA orientou a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

1. Souder W, Paffenbarger GC. Physical properties of dental materials. Washington: National Bureau of Standards; 1942. p.88.
2. Anusavice KJ. Phillips materiais dentários. 11 ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005.
3. Jörgensen KD. Investment materials: properties and techniques (III). Quintessence Dent Technol. 1980;4(7):73-7.
4. Luk HW, Darvell BW. Strength of phosphate-bonded investments at high temperature. Dent Mater. 1991;7(2):99-102.
5. Luk HW, Darvell BW. Effect of burnout temperature on strength of phosphate bonded investments. J Dent. 1997;25(2):153-60.
6. Earnshaw R, Morey EF, Edelman DC. The effect of potential investment expansion and hot strength on the fit of full crown castings made with phosphate-bonded investment. J Oral Rehabil. 1997;24(7):532-9.
7. Konstantoulakis E, Najima H, Woody RD, Miller AW. Marginal fit and surface roughness of crowns made with an accelerated casting technique. J Prosthet Dent. 1998;80(3):337-45.

8. Schilling ER, Miller BH, Woody RD, Miller III AW, Nunn ME. Marginal gap of crowns made with a phosphate bonded investment and accelerated casting method. *J Prosthet Dent*. 1999;81(2):129-34.
9. Chew CL, Land MF, Thomas CC, Norman RD. Investment strength as a function of time and temperature. *J Dent*. 1999;27(4):297-302.
10. Juszczak AS, Radford DR, Curtis RV. The influence of handling technique on the strength of phosphate-bonded investments. *Dent Mater*. 2000;16(1):26-32.
11. Schneider RL. A one appointment procedure for cast post and core restorations. *J Prosthet Dent*. 1994;71(4):420-2.
12. Marzouk MA, Kerby J. The exothermic casting procedure: a comparative study of four thermal treatments. Chicago: Quintessence Yearbook; 1988. p.177-85.
13. Campagni WV, Majchrowicz M. An accelerated technique for casting post and core restorations. *J Prosthet Dent*. 1991;66(2):155-6.
14. Campagni WV, Reisbick MH, Jugan M. A comparison of an accelerated technique for casting post-and-core restorations with conventional techniques. *J Prosthodont*. 1993;2(3):159-66.
15. Murakami S, Kozono Y, Asao T, Yokoyama Y, Sera M, Lu US, et al. Effects of rapid burnout type gypsum bonded investment on performance of castings. Part I. Surface aspects and fit of crowns. *Dent Mater J*. 1994;13(2):240-50.
16. Bailey JH, Sherrard DJ. Post-and-core assemblies made with an accelerated pattern elimination technique. *J Prosthodont*. 1994;3(1):47-52.
17. Yang CC, Yang HH, Ding SJ, Huang TH, Kao CT, Yan M. Characteristics of commercial quick-heating phosphate-bonded investments for the accelerated casting technique. *Quintessence Int*. 2007;38(5):e271-8.
18. Craig RG. Restorative dental materials. 10th ed. Saint Louis: Mosby; 1997. p.500-51.
19. Plastics Technology Laboratories, Inc. Izod Impact Testing (Notched Izod) A2LA Accredited ASTM D256 and ISO 180 [access 2007 Aug 15]. Available from: <<http://www.ptli.com/testlopedia/tests/izod-d256-ISO180.asp>>.
20. Neiman R, Sarma AC. Setting and thermal reactions of phosphate investments. *J Dent Res*. 1980;59(9):1478-85.
21. Craig RG. Restorative dental materials. 9th ed. St. Louis: Mosby; 1993. p.356.
22. Jones DW, Wilson HJ. Variables affecting the thermal expansion of refractory investments. *Br Dent J*. 1968;125(6):249-55.
23. Jørgensen KD, Watanabe A. A new phosphate bonded investment. *Scand J Dent Res*. 1986;94(2):182-4.
24. Philips RW. Skinner's science of dental materials. Philadelphia: Saunders; 1982. p.406-10.
25. Papadopoulos T, Axelsson M. Influence of heating rate in thermal expansion of dental phosphate-bonded investment material. *Scand J Dent Res*. 1990;98(1):60-5.
26. Mabie CP. Petrographic study of the refractory performance of high-fusing dental alloy investments. I. High-fired, phosphate-bonded investments. *J Dent Res*. 1973;52(1):96-110.
27. Tien TY, Hummel FA. The System SiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. *J Am Ceram Soc*. 1962;45:422-4.

Recebido em: 27/11/2008

Aprovado em: 9/6/2009