

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO BIAIXIAL DE PORCELANA DENTAL DE DISSILICATO DE LÍTIO MOLDADA POR INJEÇÃO A QUENTE: EFEITO DA PRENSA¹

*Tsuneharu Ogasawara*²
*Márcio da Costa Cacko*³
*Ivo Carlos Corrêa*⁴

Resumo

O objetivo deste estudo foi determinar quanto o valor da resistência à flexão biaxial da vitrocerâmica dental IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein) varia com o tipo de prensa utilizada na confecção do corpo de prova. Produziu-se 10 corpos de prova (cp) da vitrocerâmica IPS Empress 2 na espessura de 1,5 mm e 17mm de diâmetro, das quais 5 em Prensa Ivoclar e 5 em Prensa da Dentsply; após os acabamentos superficiais, todas as amostras foram testadas em flexão biaxial, seguindo Norma ASTM. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os resultados de resistência à flexão biaxial em função do tipo de prensa usado, mas houve alguma diferença entre as médias que ser decorrente da necessidade de uma melhor adaptação da prensa alternativa ao trabalho específico.

Palavras-chave: Vitrocerâmica dental; Empress 2; Resistência à flexão biaxial; Cerâmica dental.

EVALUATION OF THE BIAIXIAL FLEXURE STRENGTH OF THE LITHIUM DISILICATE DENTAL PORCELAIN HOT INJECTED: EFFECT OF THE HEAT-PRESSING MACHINE

Abstract

The objective of this study the influence of the heat-press injection machine to prepare the test-sample bars on the results of biaxial flexure strength of the IPS Empress 2[®] dental glass-ceramics (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein). Ten test-bars of the IPS Empress 2[®] were produced (dimensions: 1,5mm thickness by 17mm in diameter): 5 by using Ivoclar's Heat-Press and 5 by using Dentsply Cerampress. After surface finishings, the samples were tested according to ASTM F394-78 standard method. It was not observed any statistically significant difference between the flexure strength results from the two different pressing machines, but averages' differences suggest an addition care to better fit the alternative heat-pressing machine for the specific job.

Keywords: Dental glass-ceramic; Empress 2; Biaxial flexure strength; Dental ceramics.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Eng. Metalúrgico, D.Sc. Prof. Associado, PEMM/COPPE/UFRJ.*

³ *Cirurgião Dentista, M.Sc., PEMM/COPPE/UFRJ.*

⁴ *Cirurgião Dentista, D.Sc., Prof. Adjunto FO/UFRJ .*

1 INTRODUÇÃO

A procura por próteses totalmente cerâmicas aumentou devido à introdução das vitrocerâmicas conformadas pela injeção em molde refratário em alta temperatura.⁽¹⁾ Os materiais vitrocerâmicos injetados a quente são populares devido aos seguintes fatores: fácil fabricação (técnica convencional da cera perdida), boa integridade marginal, translucidez, boas propriedades mecânicas (sistema de reforço por cristais), *near-net shape* (produto com forma muito próxima daquela da utilização final, com pouca necessidade de usinagem) e baixa porosidade.⁽²⁾

Dentre os sistemas dentários *metal-free* vem merecendo destaque crescente o IPS Empress 2® (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Este material consiste numa subestrutura de vitrocerâmica de dissilicato de lítio, com um recobrimento estético baseado em fluorapatita.⁽²⁻¹⁹⁾

O núcleo do IPS Empress 2® é descrito como uma vitrocerâmica injetada a quente (*hot-pressed*) que contém 60% de seu volume formador por cristais de dissilicato de lítio ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$).⁽¹²⁾ A área média de superfície de partícula é de $0.42 \mu\text{m}^2$,⁽¹⁵⁾ com o comprimento do cristal acicular variando de $0,5 \mu\text{m}$ a $4 \mu\text{m}$.⁽⁹⁾ Esta fina dispersão de cristais (menores que $20 \mu\text{m}$) numa matriz vítrea é uma das possíveis causas do aumento da resistência mecânica do material.⁽¹¹⁾ Nesta vitrocerâmica também são observados cristais de ortofosfato de lítio.⁽⁶⁾

Já o recobrimento do substrato estrutural (dente natural) é composto por uma matriz vítrea de flúor-fosfato de cálcio, contendo menos que 5% em volume de cristais de fluorapatita,⁽¹²⁾ que se apresentam na forma hexagonal.⁽²⁰⁾

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Seguindo a Norma ASTM F-34-78 (1991),⁽²¹⁾ foram confeccionados 10 corpos de prova divididos em 2 grupos (Tabela 1), todos os corpos de prova sendo iguais a 17 mm (- 0,05 mm) de diâmetro e 1,5 mm ($\pm 0,05$ mm) de espessura. A técnica adotada para a conformação dos corpos de prova consistiu na confecção de uma matriz metálica consistindo de uma placa de aço inoxidável da série 304 (RTM Aços Especiais, Rio de Janeiro, Brasil) medindo 80 mm x 50 mm x 3 mm. A placa foi usinada até a espessura de 1,6 mm. No centro da placa foi confeccionado um furo com broca de aço seguido de alargamento em torno mecânico até 17,5 mm (- 0,05 mm) de diâmetro.

Tabela 1. Os grupos de amostras de diferentes ambientes de estocagem e teste, espessura de subestrutura e tipo de prensa injetora.

GRUPO	Ambiente de estocagem e teste	Espessura da subestrutura (mm)	Tipo de prensa para injeção a quente
I	Seco	1,5	EP600
V	Seco	1,5	Cerampress

A resultante matriz de aço (previamente lubrificada com uma vaselina pastosa) foi posicionada sobre uma placa de vidro de 10 mm de espessura (também untada com vaselina), para facilitar a posterior retirada dos modelos de cera. A cera utilizada GEO-Classic (RenfertGmbH, Hilzingen, Germany) para o enceramento foi liquefeita e vertida sobre a placa de vidro até ocupar toda a extensão da cavidade circular da matriz de aço. Após endurecida a cera foi aplainada por meio de

instrumento cortante reto (faca olfa), afim de remover os excessos de cera, dando aos modelos de cera a forma mais plana possível. Foram produzidos 10 modelos de cera com a espessura de 1,6 mm.

Na etapa seguinte, procedeu-se a confecção do molde refratário a partir da inclusão do modelo de cera numa massa refratária, onde um disco de cera de 1,6 mm de espessura foi unido paralelamente a um canal alimentador cilíndrico de cera (sprue) com 2 mm de diâmetro e 5 mm de comprimento, por meio da mesma cera utilizada para confecção dos discos de cera, sendo esta união realizada na borda do disco, para facilitar a penetração do material de vitrocerâmica.

A fim de conformar o molde refratário usando a técnica da cera perdida, uma porção individual de 100 g de pó (IPS Empress 2 Special Investment Material) foi espatulada a vácuo durante 1 minuto, juntamente com 17 ml de líquido de revestimento (IPS Empress 2 Special Investment Liquid) com 11 ml de água bidestilada, previamente misturados em proveta fornecida pelo fabricante. Esta lama foi então vertida lentamente no anel de silicone por meio de vibração, para eliminação de possíveis bolhas. Este conjunto foi colocado no interior de uma câmara de pressão, onde uma pressão foi aplicada durante 10 minutos.

Após 1 hora de cura, o sistema de moldagem refratária foi retirado do aparato e desmontado, separando-se a base formadora do anel de silicone e do cilindro já duro de material refratário com a amostra incluída.

O cilindro refratário então foi colocado num forno elétrico EDG 3000 (EDG, São Paulo, Brasil) pré-aquecido a 700°C, para a etapa de eliminação da cera onde o cilindro refratário é posicionado com o furo para baixo afim de que a cera derreta e escorra por um período de 30 minutos tendo o cuidado para também permitir a liberação dos gases provenientes da queima da cera, por meio da rotação do cilindro para que o furo se posicione na parte superior do cilindro por um período de 30 minutos. Cabe notar ainda que o cursor de alumina a ser utilizado na etapa de injeção da vitrocerâmica deve ser pré-aquecido.

A etapa a ser iniciada então é a de injeção. Ainda no forno de anéis, introduz-se a pastilha de vitrocerâmica do material IPS Empress 2 (na cor 1000 no canal central do molde refratário, seguida pela inserção do cursor de alumina (também pré-aquecido), no molde refratário, seguida pela sua transferência ao forno de injeção a quente.

Os ciclos termomecânicos de injeção a quente foram realizados em duas prensas distintas. O grupo I foi preparado na prensa EP 600 (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ao passo que os corpos de prova do grupo V foram confeccionados na prensa Cerampress (Dentsply/Ceramco, EUA). Os parâmetros de injeção utilizados são descritos na tabela a seguir. Em ambas as prensas, os parâmetros utilizados foram os mesmos, respeitando as indicações do fabricante da pastilha de vitrocerâmica, porém observou-se a necessidade de modificação de um detalhe nos ciclos de injeção (Tabela 2). Este detalhe reside do fato de na prensa da Ivoclar (EP 600), o vácuo é estabelecido somente durante o aquecimento da prensa e liberado no momento da injeção da cerâmica ao passo que na prensa da Dentsply (Cerampress) o vácuo teve de ser continuo em todo o processo, por limitação do aparato no estabelecimento dos parâmetros.

Tabela 2. Histórico termomecânico da injeção a quente.

Temperatura inicial	700°C
Taxa de aquecimento	60°C por minuto
Temperatura Final	920°C
Tempo de injeção	20 minutos
Pressão de injeção	5 bar
Temperatura de início do vácuo	500°C
Temperatura de fim de vácuo	920°C

Ao fim do processo de injeção a quente, o cilindro refratário (já tendo a sua cavidade interna preenchida pela vitrocerâmica) é retirado do forno e resfriado ao ar até temperatura ambiente. Após o resfriamento do mesmo, procede-se a desinclusão do conjunto disco-sprue, com a separação deste do cursor de alumina. Inicialmente o cilindro é recortado por meio de disco diamantado, separando-se o conjunto disco-sprue incluído em refratário do cursor de alumina também incluído em refratário. Então se procedeu ao jateamento da metade do cilindro contendo amostras, por meio de partículas de alumina com tamanho médio de 50 μm impelido por ar comprimido inicialmente sob a pressão de 4 bar (0,41 MPa), em uma câmara de jateamento Bego EasyBlast (Wilcos, Petrópolis, Brasil). Após a remoção mais grosseira de material refratário, a pressão de jateamento foi diminuída para 2 bar (0,2 MPa) até a total remoção do mesmo.

Com o conjunto disco (de vitrocerâmica)-sprue liberado, foi realizada a separação do disco em relação ao canal de alimentação por meio de disco diamantado em baixa rotação (KG Sorensen, São Paulo, Brasil) a seco (os canais foram estocados para posteriores exames).

O disco teve as suas bordas usinadas por meio de disco diamantado dupla face (KG Sorensen, São Paulo, Brasil) e disco de borracha impregnada por diamante SUPERMAX (Edenta AG Dental, Haupstrasse, Suíça), sendo esta usinagem realizada para simular os ajustes realizados na cerâmica quando da confecção de peças protéticas e para obtenção da medida final de diâmetro da peça. As faces planas do disco foram acabadas por meio de disco de lixa aglutinada de carbetto de silício (CSi) Struers (Sultrade, São Paulo, Brasil), na seguinte ordem de abrasividade: 400 malhas, 600 malhas, 800 malhas, 1.000 malhas e 1.200 malhas Tyler, operação esta etapa realizada por meio de politizes circulares, sob intensa refrigeração à água e constante aferição dimensional, por meio de micrômetro tipo universal série 125 Starrett (Starrett Indústria e Comércio Ltda, Itu, Brasil). As amostras foram separadas pelas suas medidas finais em dois grupos: 0,8 mm (\pm 0,05 mm) e 1,5 mm (\pm 0,05 mm), todas com o diâmetro de 17 mm (\pm 0,05 mm).

Ao fim de cada etapa de acabamento e polimento, os corpos de prova foram lavados em água bidestilada em uma cuba ultra-sônica VITA In-Ceram® Vitasonic II (Wilcos, Petrópolis, Brasil) por 10 minutos.

Os aparatos para o ensaio de flexão biaxial foram confeccionados a partir de 2 peças cilíndricas de 2,25 polegadas (57,15 mm) de aço inoxidável 316, com 250 mm de comprimento adquiridas no mercado (RTM Aços Especiais, Rio de Janeiro, Brasil). Estas peças foram levadas a um torno mecânico automatizado CNC modelo HSC 500 (ERGOMAT Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, Brasil) afim de que fossem confeccionados os dois dispositivos para a realização do ensaio biaxial, que seguem a norma F394-78 (1991) da ASTM⁽²¹⁾ para a obtenção de aparelhagem

destinada à realização de ensaio de flexão biaxial de esfera sobre anel de três esferas.

O primeiro trabalho de usinagem em ambos os cilindros foi o torneamento das suas extremidades afim de que as duas superfícies planas (superior e inferior) ficassem paralelas. Em uma extremidade do primeiro cilindro foi confeccionada uma cavidade circular de 17 mm (± 0 mm) e 5 mm de profundidade com seu centro coincidindo com o centro da peça. Nesta cavidade foram realizados 3 furos com 3 mm de diâmetro e 1,5 mm de profundidade, dispostos na forma de um triângulo equilátero circunscrito em um círculo de 6 mm de raio, dispondo os furos em uma relação de 120° entre si. Na outra extremidade foi realizado um furo no centro da superfície com 10 mm de diâmetro e 25 mm de profundidade, e posterior confecção de rosca com passo de 1,75 mm. Neste furo foi instalado um estojo com torque de 7 kg/cm², aferido por meio de torquímetro com a mesma medida de rosca e 40 mm de comprimento. Nos furos de 3 mm de diâmetro foram instaladas 3 esferas de aço carbono 1040 endurecido (Zerol Indústria Mecânica Ltda, São Paulo, Brasil) com a medida de 0,125 polegada (3,18 mm) de diâmetro, por meio de prensa hidráulica, até que a esfera atingisse o fundo do furo.

A outra peça foi obtida a partir do segundo cilindro, já tendo as suas superfícies planas paralelas. Foi então realizado um furo de 10 mm de diâmetro e 25 mm de profundidade numa das extremidades e posterior confecção de rosca com passo de 1,5 mm. Neste furo foi torquizado (7 kg/cm²) um estojo com a mesma medida de rosca e 40 mm de comprimento. A outra extremidade foi usinada na forma de cone, com ângulo de cone (expulsividade) de 30° e 50 mm de altura; sua ponta recebeu um furo de 1,5 mm de diâmetro e 0,75 mm de profundidade. Neste furo foi instalada (de forma centralizada) uma esfera de aço carbono 1040 endurecido (Zerol Indústria Mecânica Ltda, São Paulo, Brasil) de 0,0625 polegada (1,58 mm), também por meio de prensa hidráulica.

O dispositivo contendo as três esferas foi posicionado na porção inferior da prensa especial para realização de ensaios mecânicos EMIC DL 10000/700 (São José dos Pinhais, Paraná, Brasil). O dispositivo com ponta cônica foi posicionado na trave móvel da prensa. A Figura 1 mostra os detalhes essenciais do dispositivo de ensaios à flexão biaxial.

Os grupos I e V foram testados com o ensaio realizado em ambiente seco. Desta maneira, os discos foram posicionados na cavidade do aparato, disposto sobre as 3 esferas. A trave então foi posicionada de tal maneira que a esfera do aparato superior ficasse a 2 mm do disco. Foi então realizado o ensaio de flexão biaxial com velocidade de descida de 0,5 mm/min até a ruptura do corpo de prova, registrando-se a da força necessária para a ruptura do corpo de prova.

Foi utilizada a equação determinada pela norma da ASTM F-34 ⁽²¹⁾ para determinação do valor da resistência à flexão biaxial para esta modalidade de ensaio. Esta equação leva em conta a carga, o diâmetro do disco, o diâmetro do anel formado pelas 3 esferas de suporte, o diâmetro das 3 esferas de suporte, o diâmetro da esfera de contato e a espessura da amostra. A equação é descrita como:

$$\sigma_{\max} = 3P[(1 + \nu)/4\pi t^2] \{1 + 2\ln(a/b) + [(1 - \nu)/(1 + \nu)] [1 - (b^2/2a^2)] (a^2/R^2)\} \quad (1)$$

onde

σ_{\max} = Tensão máxima

P = Carga de fratura (N)
 t = Espessura do disco (mm)
 a = Raio do círculo de suporte (mm)
 b = Raio da esfera de carga (mm)
 R = Raio do disco (mm)
 ν = Índice de Poisson



Figura 1 – Dispositivo usado para ensaio de flexão biaxial.

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos pelo ensaio de flexão biaxial, na forma da tensão de ruptura σ_{\max} (em MPa) foram organizadas no quadro seguinte:

Quadro 3. Resultados do ensaio flexão biaxial.

Amostras	GRUPO I	GRUPO V
Média (MPa)	338,5	314,4
Desv.Padrão (MPa)	92	80

O grupo MED representa os corpos de prova monolíticos estocados e testados a seco que obtiveram como resistência à flexão biaxial média de 338,59 MPa. As amostras obtidas na prensa injetora Cerampress e testadas a seco representam o grupo MCD, com média de resistência à flexão biaxial de 314,4 MPa. Com base na comparação da diferença das médias dos dois Grupos com os seus desvios padrões, conclui-se que não há diferença estatisticamente significativa entre os resultados dos dois Grupos.

4 DISCUSSÃO

As médias de resistência à flexão biaxial apresentam-se compatíveis com as médias determinadas por estudos anteriores,^(2,6,9,19,22,23) onde Della Bona et al.⁽⁹⁾ dá um valor de (215±40) MPa para “Empress 2 core”, enquanto que Gonzaga et al.⁽²³⁾ apontam para um valor médio de 204 MPa para material testado a seco, enquanto obtiveram um resistência à flexão biaxial média de 171 MPa para material testado

em saliva artificial (valor que confronta com o nosso valor de 301MPa, em condições similares de teste a úmido, conforme nossa publicação anterior⁽²⁴⁾).

A observada diminuição de aproximadamente 7% na resistência das amostras monolíticas testadas a seco obtidas por prensa alternativa (Cerampress) quando comparadas às amostras monolíticas testadas a seco obtidas pela prensa indicada pelo fabricante (EP 600), onde as explicações para este fenômeno podem decorrer da diferença do parâmetro de injeção onde o vácuo é estabelecido durante todo o processo de aquecimento, manutenção e injeção na prensa Cerampress, ao passo que na prensa EP 600, este vácuo é desfeito no momento da injeção do material (pequenas necessidades remanescentes de adaptação operacional da prensa alternativa ao trabalho específico, perfeitamente superável em princípio).

Quanto ao tamanho dos desvios padrões, a explicação é simples: necessidade de um número bem maior de amostras (algo como 20 corpos de prova de cada grupo).

Por fim, vale a pena assinalar que o termo expulsividade (inserido na seção de Materiais e Métodos) refere-se, no caso do cone do aparato de ensaio de resistência à flexão biaxial, ao ângulo do cone, mas tem a sua origem no ângulo de inclinação cônica da superfície axial do dente (desgastado com broca) com a ponta do cone situada em oposição à raiz do dente, de modo a facilitar a cimentação da prótese dentária sobre o elemento dentário remanescente (trata-se de um ângulo que 'expulsa' a prótese). Por esta razão, o termo expulsividade é rotineiramente empregado em restauração dentária⁽²⁵⁾ e o seu uso no presente trabalho facilita a compreensão dos dentistas em relação à geometria do particular aparato de ensaio de flexão biaxial.

5 CONCLUSÃO

Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os resultados de resistência à flexão biaxial em função do tipo de prensa usado, mas houve alguma diferença entre as médias, que podem ser decorrentes da necessidade de uma melhor adaptação da prensa alternativa ao trabalho específico. Os elevados valores dos desvios padrões são decorrentes do limitado número de corpos de prova usados (seriam desejáveis cerca de 20 corpos de prova de cada grupo).

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERJ e em especial ao Pronex CNPq/FAPERJ de Cerâmicas Dentais Proc. E-26/171.204/2003, pelo apoio à realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 KILIÇARSLAN M. A.; KIEDICI P. S.; KÜÇÜKESMEN H. C.; VEERDAG B. C. In vitro fracture resistance of posterior metal-ceramic and all-ceramic inlay retained resin-bonded fixed partial dentures. J Prosthet Dent 92: 365-370;2004.
- 2 ALBAKARY M.; GUAZZATO M.; SWAIN M.V. Biaxial flexural strength, elastic moduli, and x-ray diffraction characterization of three pressable all-ceramic materials J Prosthet Dent 89: 374-380;2003.
- 3 ALBAKRY M.; GUAZZATO M.; SWAIN M.V. Fracture toughness and hardness evaluation of three pressable all-ceramic dental materials. J Dent 31:181-188;2003.

- 4 ANUSAVICE K.J. *Materiais Dentários*, 11a.Edição, Elsevier Editora Ltda, Rio de Janeiro-RJ, 2005, p 231-246.
- 5 ATTIA A.; KERN M. Influence of cyclic loading and luting agents on the fracture load of two all-ceramic crown systems *J Prosthet Dent* 92:551-556, 2004
- 6 CATTEL, M.J.; PALUMBO, R.P.; KNOWLES, J.C. CLARKE, R.L.; SAMARAWICKIRAMA D.Y.D. The effect of veneering and heat treatment on the flexural strength of Empress 2® ceramics. *J Dent* 30:161-169;2002.
- 7 DEHOFF, P. H.; ANUSAVICE, K. J.; GÖTZEN, N. Viscoelastic finite element analysis of an all-ceramic fixed partial denture. *J Biomechanics* 39,1:40-48;2006.
- 8 DEHOFF, P. H.; BARRETT, A. A.; ANUSAVICE, K. J.; LEE, R. B. A bilayered ceramic model for analysis of thermal incompatibility stress. *Dental Materials: III – Ceramics and Cements Program, IADR/AADR/CADR 82 nd General Session (March 10-13,2004)*, Honolulu, Hawaii.
- 9 DELLA BONA, A.; MECHOLSKY JR. J.; ANUSAVICE, K. J. Fracture behavior of lithium disilicate and leucite-based ceramics. *Dent Mat* 20:956-962;2004.
- 10 DELLA BONA, A.; ANUSAVICE, K. J.; DEHOFF, P. H. Weibull analysis and flexural strength of hot-pressed core and veneered ceramic structures *Dent Mat* 19:662-669;2003.
- 11 GUAZZATO, M.; ALBAKARY, M.; RINGER, S. P.; SWAIN, M. V. Strength fracture, toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I: Pressable and alumina glass infiltrated ceramics. *Dent Mat* 20:441-448;2004.
- 12 ISGRÒ, G.; KLEVERLAAN, C.J.; WANG, H.; FELIZER, A.J.. Thermal dimension behavior of dental ceramics. *Biomaterials* 25 (12), 2447-2453, 2004.
- 13 TAYLOR J.R., *Ceramics Glaze technology*. Pergamon 6-8,5,75,93,111,118, 137-141,206-207,235 1986.
- 14 QUIN, J. B.; SUNDAR, V.; LLOYD, I. K. Influence of microstructure and chemistry on the fracture toughness of dental ceramics. *Dent Mater* 19:603-611;2003.
- 15 TASKONAK, B.; MECHOLSKY, J. J.; ANUSAVICE, K. J. Residual stresses in bilayer dental ceramics. *Biomaterials* 20:3235-3241;2005.
- 16 TASKONAK, B.; ANUSAVICE, K. J.; MECHOLSKY JR., J. Role of investment interaction layer strength and toughness of ceramic laminates. *Dent Mat* 20(8):701-708;2004.
- 17 TEIXEIRA, H. M.; NASCIMENTO, A. B. L.; EMERENCIANO, M. Reabilitação da estética com facetas indiretas de porcelana. *J Bras Dent Est* 2,(7):219-223;2003.
- 18 YEO, I.; YANG, J.; LEE, J. In vitro marginal fit of three all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 90,n.5:459-464;2003.
- 19 PAGNIANO, R. P.; SEGHI, R. R.; ROSENTIEL, S. F.; EANG, R.; KATSUBE, N. The effect of a layer of resin luting agent on the biaxial flexure strength of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent* 93,n.5:459-466;2005.
- 20 GORMAN, C. M.; HILL, R.G. Heat-pressed ionomer glass-ceramics – Part II. Mechanical property evaluation. *Dent Mater* 20:252-261:2004.
- 21 ASTM: F394-78 Standard test methods for biaxial flexure strength (modulus of rupture) of ceramic substrates, 1991:424-428.
- 22 ALBAKRY, M.; GUAZZATO, M.; SWAIN, M.S. Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. *J Dent* 32, 91-99; 2004.

- 23 Gonzaga, C.C.; Cesar, P.F.; Okada, C.Y.; Miranda Jr., W.G.; Yoshimura, H.N., Efeito da Temperatura de Processamento nas Propriedades Mecânicas e Porosidades de Duas Vitrocerâmicas Odontológicas do Sistema Empress®. Anais do 17º. CBECIMAT, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, p.120-131.
- 24 Cacko, M.C.; Ogasawara, T.; Corrêa, I.C., Resistência à Flexão Biaxial a Seco (ou Úmido) de Vitrocerâmica de Dissilicato de Lítio Moldada pela Injeção a Quente, Estratificada ou Não, Anais do 51º. Congresso Brasileiro de Cerâmica, 3 a 6 de Junho de 2007, Salvador-Ba, CD-ROM, p.1-12.
- 25 ARAÚJO, M.A.M.; CARVALHO, J.C.; RODRIGUES, J.R.; GONÇALVES, S.E.P.; HUHTALA, M.F.R.L.; PAGANI, C.; TORRES, C.R.G.; BORGES, A.B.; PUCCI, C.R.; KUBO, C.H. Manual de Dentística Operatória. Departamento de Odontologia Restauradora. Faculdade de Odontologia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José dos Campos-SP, 2008, 104p.