

PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE CERÂMICAS DENSAS DE TiO_2 PARA APLICAÇÕES ODONTOLÓGICAS.

Thaís Peres Zanetine, Maurício Vieira Calçada, Prof^ª. Dra. Ana Paula Rosifini Alves Claro – Engenharia Biomédica – Engenharia de Materiais - Departamento de Materiais e Tecnologia – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Campus de Guaratinguetá

Novos materiais cerâmicos e técnicas de processamento têm sido introduzidos na Odontologia nas últimas décadas. A tendência geral é o estudo de cerâmicas que possuam elevada resistência mecânica e tenacidade, possibilitando sua aplicação na confecção de restaurações posteriores e próteses fixas. Uma das principais vantagens de cerâmicas odontológicas é seu potencial para aplicações estéticas. No entanto, sua principal desvantagem é sua fragilidade e susceptibilidade à propagação de trincas em meio úmido e sob carregamento (DENRY e HOLLOWAY, 2004).

Materiais restauradores estão sujeitos a cargas intermitentes durante a mastigação com forças oclusais máximas na faixa de 200 a 1000 N. Quando forças desta magnitude são aplicadas, tensões substanciais são geradas e as mesmas são capazes de criar deformações nos corpos em contato.

As cerâmicas odontológicas frágeis são incapazes de absorver quantidades apreciáveis de deformação elástica antes da fratura. A resistência de um material à propagação de trincas é definida como tenacidade à fratura, definida como a habilidade de um material em absorver energia (SEGHI; DENRY; ROSENSTIEL, 1995). Nesse tipo de material, a fratura inicia-se em uma região localizada chamada origem da fratura, a qual é descontínua tal como uma trinca ou defeito, que podem ser originados durante o processamento e que age como um concentrador de tensões. Sob uma tensão crítica aplicada, a fratura irá iniciar-se nessa região e propagar-se (SCHERRER *et al.*, 1999).

Também vários métodos têm sido propostos para elevar a tenacidade à fratura desses materiais. Os métodos incluem reforço com um metal fundido ou folha unida à cerâmica, reforço com porcelana de elevada resistência, cristalização controlada de vidros (cerâmicas vítreas fundidas), tratamento da superfície da porcelana, têmpera térmica, glazeamento e polimento (TAN *et al.*, 2001).

As primeiras incrustações e coroas de porcelana fundida com sucesso são atribuídas a Land de Detroit, por volta de 1886. Land patenteou, em 1887, o método de queimar lâminas de platina, a fim de fazer uma matriz para fusão da porcelana com auxílio de um forno a gás. Ele também tentou usar lâminas de ouro como matriz, mas verificou que as porcelanas usadas nessas ocasiões fundiam a uma temperatura alta demais para a lâmina de ouro. Em 1938, Pincus introduziu o conceito de faceta cerâmica em um artigo do *Californian Dental Association Journal*, mas teve sua tentativa frustrada devido à baixa resistência das porcelanas disponíveis naquela época. Naquele tempo, por razões de estética, a porcelana usada continha pouco ou nenhum caulim (JONES, D.W., 1998).

O trabalho inicial de Land e de outros autores demonstrou que um dos problemas das coroas anteriores de cerâmica pura era que a porcelana fraturaria da superfície de adaptação para a superfície externa. Algumas melhorias na resistência da porcelana foram conseguidas com a introdução de fornos a vácuo, o que ajudou a minimizar as porosidades e elevar a resistência à flexão para valores em torno de 60MPa. Todavia, isso não foi suficiente e, por isto, continuou a procura por um material que proporcionasse a resistência e a rigidez necessárias para prevenir o surgimento de fraturas provenientes da propagação de trincas da superfície de adaptação da coroa (VAN NOORT, R., 2004).

Em um estudo experimental, Carvalho avaliou uma nova cerâmica experimental (TiO_2) para aplicações odontológicas em duas condições: somente pré-sinterizada (S) e infiltrada com vidro de baixa viscosidade (aluminossilicato de lantânio) (SI). Barras medindo 25 x 4,5 x 2mm foram preparadas para os dois grupos. Os valores da tenacidade à fratura (K_{IC}) foram obtidos utilizando o ensaio de flexão em três pontos com uma velocidade de 0,5 mm/min em uma máquina universal de ensaios. A densidade de todas as amostras foi determinada utilizando o princípio de Arquimedes, e o ensaio Vickers utilizado para medir a dureza. Os resultados obtidos revelaram que existiram diferenças significantes na tenacidade à fratura e dureza para as duas cerâmicas experimentais, as amostras do grupo SI apresentaram valores superiores. Entretanto, comparada às cerâmicas comerciais, a cerâmica infiltrada apresentou valores mais baixos que esses sistemas.

Baseado no trabalho de Carvalho, o objetivo deste trabalho é a caracterização mecânica de uma cerâmica de TiO_2 com baixa porosidade e poros interconectados. Para isso, foi realizado ensaio

de flexão em três pontos e ensaio de dureza Vickers.

O ensaio de flexão é muito utilizado, por ser relativamente barato e fácil de ser conduzido, além de produzir resultados confiáveis. Existem dois tipos principais desse ensaio, segundo a norma ASTM C1161: o ensaio de flexão em três pontos, em que é utilizada uma barra bi-apoiada com aplicação de carga no centro da distância entre os apoios (figura 1a) e o ensaio de flexão em quatro pontos, em que, por sua vez, é utilizada uma barra bi-apoiada com aplicação de carga em dois pontos equidistantes dos apoios (figura 1b).

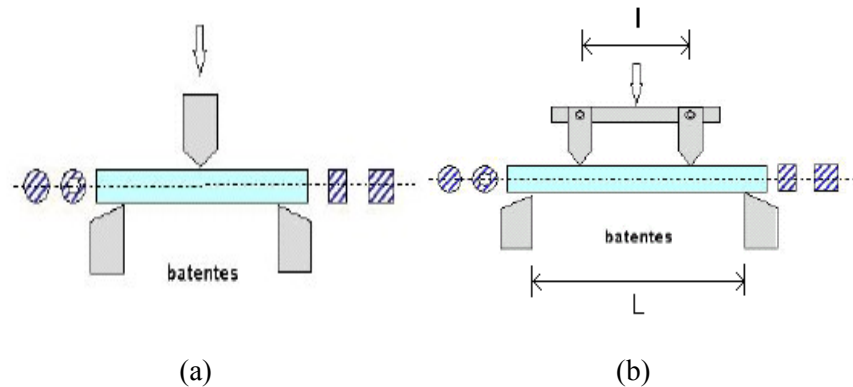


Figura 1 – (a) Ensaio de Flexão em três pontos; (b) Ensaio de Flexão em quatro pontos

Para determinar a tensão de ruptura, foi utilizada uma relação extraída da teoria da elasticidade, que se baseia na equação 8, da seguinte forma:

$$\sigma = \frac{3}{2} \frac{Q}{bh^2} (L - l) \quad (1)$$

onde, de acordo com o esquema da figura 2, tem-se:

- Q = carga de ruptura;
- h = espessura da amostra;
- b = largura da amostra;
- L = tamanho do vão maior;
- l = tamanho do vão menor.

O ensaio de flexão de 3 pontos foi realizado para um vão de 21 mm e velocidade de 0,5 mm/min, em uma máquina de ensaio estático do tipo EMIC, modelo MEM 10000, acoplado em uma célula de carga de 1000 kg (compressão).

Em todas as amostras foi realizado o ensaio de dureza Vickers utilizando carga de 5 kgf em uma máquina Otto Wolpert-Werke.

Linearizando os valores da tensão de ruptura, obtidos após o ensaio de flexão em três pontos, foi possível obter o gráfico abaixo para determinação do módulo de Weibull e da tensão característica da cerâmica de TiO₂.

Na tabela 1 é possível observar o valor médio de tensão de ruptura, a tensão característica e o módulo de Weibull (m).

A dispersão verificada após a realização dos ensaios de flexão para a composição escolhida (3% de amido de batata, para 45% de sólidos e 55% de líquido), utilizando o método de Weibull foi pequena. No entanto, os valores de resistência à flexão foram bastante inferiores àqueles encontrados para a alumina, cerâmica odontológica convencionalmente empregada. Este material apresenta valores de resistência à flexão em torno de 200 a 700 MPa (CALLISTER, 2000).

Na tabela 2 é possível observar os valores da dureza Vickers (HV) obtidos após o ensaio de dureza Vickers.

A figura 6 mostra a pirâmide formada sobre a superfície da amostra devido a penetração do indentador.

Assim como os valores de resistência à flexão, o valor da dureza Vickers (em torno de 1Gpa), para a composição escolhida, foi bastante inferior àquele encontrado para alumina, que possui valor de dureza Vickers de aproximadamente 15GPa. Com a continuidade da pesquisa, a partir da aplicação do lantânio espera-se contribuir para uma elevação dos valores encontrados.

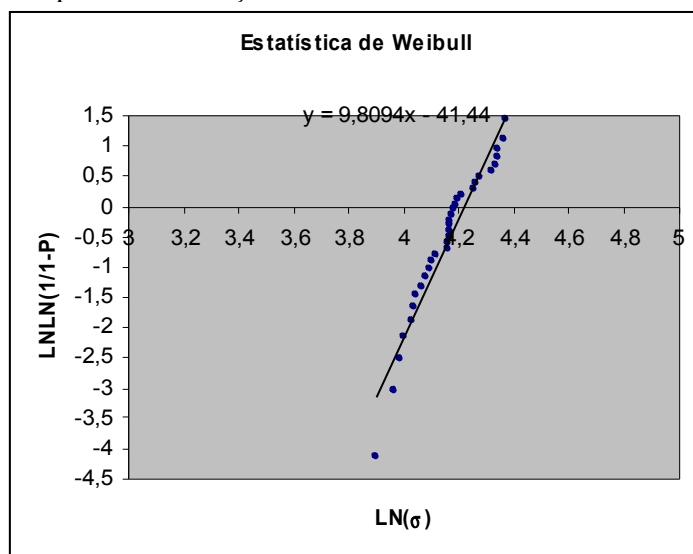


Figura 5– Gráfico para determinação da tensão característica (σ_c) e o módulo de Weibull (m) da cerâmica de TiO_2 .

Tabela 1 – Tabela contendo valor médio de tensão de ruptura , a tensão característica e o módulo de Weibull

Tensão Média de Ruptura (σ_r)	Tensão Característica (σ)	Módulo de Weibull (m)
64,98MPa	68,34 MPa	9,81

Tabela 9 – Tabela contendo os resultados obtidos no ensaio de Dureza Vickers.

Cdps	Dureza Vickers (HV)					Média
1	412	303	286	303	341	329,0
2	341	303	341	362	286	326,6
3	473	286	303	257	244	312,6
4	232	321	221	244	271	257,8
5	271	286	257	244	303	272,2
6	271	303	232	341	221	273,6
7	386	362	341	362	412	372,6
8	257	362	257	232	271	275,8
9	244	257	232	303	321	271,4
					Média total	299,07

A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que os valores obtidos no ensaio de flexão e no ensaio de dureza Vickers foram inferiores aos valores esperados, citados pela literatura, para a alumina. Espera-se que com a infiltração do lantânio, nas peças cerâmicas, a resistência mecânica desse material seja melhorada elevando-se, assim, os valores de dureza e de resistência à flexão.

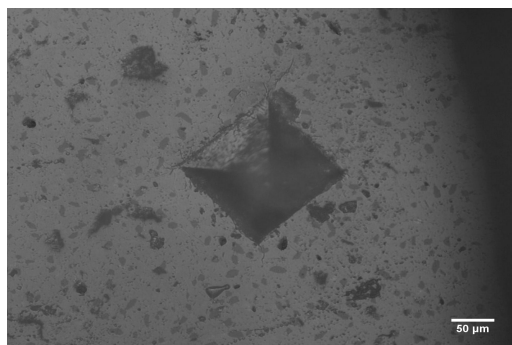


Figura 6 – Impressão da pirâmide formada sobre a superfície da amostra

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAKRY, 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, v. 89 n. 4, p. 374-380, 2003.

CALLISTER, Jr., William D. **“Ciência e Engenharia dos Materiais – Uma Introdução”**. Editora LTC, 5ª Edição, Rio de Janeiro (2000).

CAMPOS, E. de. **Obtenção e análise e cerâmicas conformadas com amidos comerciais**, 2001 160p., tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.

CARVALHO, M.V.N. **Caracterização de um cerâmica experimental a base de TiO₂ para aplicação odontológica**, 2005. Dissertação (Mestrado em Prótese Dentária) – Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté, Taubaté.

DENRY, I.L.; HOLLOWAY, J.A. **Elastic constants, Vickers hardness, and fracture toughness of flourrichterite-based glass-ceramics.** Dent Mater, v.20, n. 3, p. 213-219, 2004.

JONES, D.W. Desenvolvimento de Cerâmica odontológica. In: _____ **Cerâmicas. Clínicas Odontológicas da América do Norte.** 1 ed., São Paulo, Editora Livraria Roca 1988, p. 1-26.

SCHENEIDER, S.J. **Engineered Materials Handbook – Vol 4.** ASM International, 1991.

SEGHI, R.R.; DENRY, I.L.; ROSENSTIEL, S.F. **Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics.** J Prosthet Dent. V. 74, n. 2, p. 145-150, 1995.

SOUZA, S. A. **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos Teóricos e Práticos**, 5 ed., São Paulo, Edgard Blucher Ltda., 1982, 286p.

VAN NOORT, R. Cerâmicas dentais. In: _____. **Introdução aos Materiais Dentários.** 2 ed. Porto Alegre, Editora Artmed, 2004, cap. 3.4, p.269 – 287.

WILDGOOSE, D.G.; JOHNSON, A.; WINSTANLEY, R.B. Glass/ceramic/refractory techniques, their development and introduction into dentistry; A historical literature review. **J Prosthet Dent**, v.91, n.2, p.136-143, 2004.e sólidos e 50% de líquido.[10] CARVALHO, M.V.N. **Caracterização de um cerâmica experimental a base de TiO₂ para aplicação odontológica**, 2005. Dissertação (Mestrado em Prótese Dentária) – Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté, Taubaté.