

ESTUDO DE MÉTODO ALTERNATIVO PARA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DE PEÇAS CERÂMICAS

R. Piccoli^{1,2} *, E. Martins^{1,3}, J. Dalsasso¹, G.C.Nascimento^{1,2},
L.S.Martins¹, I.Nacaxe⁴.

1 - SENAIsc/CTCmat – Centro de Tecnologia em Materiais, Rua General Lauro Sodré, 300 – Cx.P.3247, Bairro Comerciário, 88802-330, Criciúma (SC), Brasil.

2 - UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

3 - UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina

4 – Spatium Tecnologia 3D Ltda.

* rosaura@sc.senai.br

RESUMO

Na indústria cerâmica o ensaio de determinação da densidade aparente é de extrema importância para o desenvolvimento e controle da qualidade dos produtos. O método tradicionalmente utilizado pelas indústrias é feito por empuxo de mercúrio metálico, que pode apresentar alguns riscos ao operador e ao meio ambiente. Este trabalho teve como objetivo estudar um método alternativo de determinação da densidade aparente que utiliza um ““scaner”” de digitalização tridimensional para determinar o volume das peças ensaiadas.

Palavras-chave: densidade, mercúrio, “scaner” 3D.

1 INTRODUÇÃO

Para a indústria de Revestimentos Cerâmicos, realizar um bom controle e acompanhamento das características dos produtos ao longo dos processos é de extrema importância para a garantia da qualidade total. A determinação da densidade aparente das peças cerâmicas é um dos ensaios mais importantes a ser realizado durante o processo produtivo, seja em material seco ou queimado, ou ainda em desenvolvimento ou já em linha de produção.

A densidade aparente afeta o comportamento da peça em diferentes etapas do processo cerâmico e influencia de maneira decisiva na retração linear, absorção de água, deformação piropiástica e é também um fator crucial para a resistência mecânica da peça (Dal Bó, 2002). Desta forma, percebe-se a importância de realizar um controle adequado desta característica.

Atualmente, o método de ensaio utilizado para verificar a densidade aparente, é a determinação por empuxo de mercúrio. Esse ensaio, quando realizado com o cuidado necessário, apresenta-se bastante satisfatório em termos de resultados, porém a utilização de mercúrio metálico apresenta muitos riscos à saúde do operador e ao meio ambiente.

De acordo com Faria (2003) a exposição ao mercúrio em ambientes de trabalho deveria ser mínima ou inexistente, pois ainda não existem elementos suficientes para o estabelecimento de limites de exposição que sejam efetivamente seguros.

Desta forma torna-se importante estudar métodos alternativos para determinação da densidade aparente que não utilizem mercúrio ou qualquer material que possa causar riscos. O presente trabalho apresenta um estudo comparativo realizado entre o método tradicional de determinação da densidade e um método alternativo realizado com a utilização de um “scanner” 3D. Serão apresentadas as vantagens e desvantagens de cada método, bem como um comparativo entre os valores da densidade aparente obtidos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Determinação da densidade aparente pelo método de imersão em mercúrio

O equipamento utilizado para medir a densidade está representado na figura 01, trata-se de um recipiente contendo mercúrio metálico (A) que está colocado sobre uma balança de precisão de $\pm 0,1g$ (B). Esta balança se encontra sobre o densímetro que, por sua vez, possui um sistema de imersão (C) contendo três ponteiros. Para iniciar o ensaio o ponteiro de ajuste (D) deve tocar suavemente sobre a superfície do mercúrio e em seguida a balança deve ser zerada. Neste procedimento para determinação da densidade aparente, primeiramente as peças são pesadas em balança de precisão de $\pm 0,01 g$ e em seguida, através do sistema

de imersão o corpo de prova (E) é ser colocado sobre o mercúrio. O corpo de prova deve estar em temperatura ambiente e não tocar as paredes do recipiente. O sistema de imersão é então abaixado imergindo a peça no mercúrio. Deve-se fazer o controle para que o ponteiro de ajuste toque suavemente a superfície do mercúrio (como no início do ensaio). Em seguida deve-se registrar o valor do empuxo do mercúrio sob a peça. A densidade aparente da peça é calculada conforme a equação (A).

$$D_{ap} = \frac{m \times d_{Hg}}{ep} \quad (A)$$

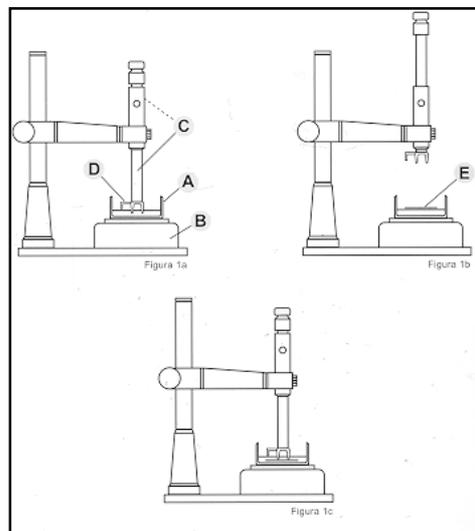
Onde:

D_{ap} : Densidade aparente da peça (g/cm^3)

m = massa da peça (g)

ep = empuxo do mercúrio sob a peça (g)

d_{Hg} = densidade aparente do mercúrio na temperatura de ensaio. (g/cm^3)



FONTE: AMORÓS, 2004

Figura 01: Equipamento utilizado para medir a densidade aparente pelo método do empuxo de mercúrio.

2.2 Problemas relacionados a periculosidade do mercúrio metálico utilizado

O mercúrio metálico, devido a sua toxicidade e volatilidade, é considerado uma substância muito perigosa.

Sua massa específica é 13.546 kg/m³ a 20 °C. A solubilidade em água a 25°C é na ordem de 56 µg/L. Embora seu ponto de ebulição seja de 356,72 °C, sua volatilidade é alta, devido a sua pressão de vapor que é de 0,3 Pa a 25 °C, o que pode produzir concentrações atmosféricas elevadas, mesmo quando a contaminação possa parecer desprezível. (ENQUALAB, 2004)

No Brasil, o limite de exposição para vapores de mercúrio é definido pela Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). O limite de tolerância estabelecido pela NR 15, para vapores de mercúrio metálico, em uma jornada de 48h semanais é de 0,04mg/m³. Para realizar atividades que envolvam a utilização de mercúrio devem ser tomadas severas medidas de segurança. O operador deve utilizar equipamentos de proteção como máscaras para vapores, luvas, óculos de proteção, além de realizar todo o trabalho em uma capela com boa exaustão de gases.

Dentre as vias de absorção do mercúrio metálico no organismo a inalação é a principal, cerca de 80% dos vapores inalados são absorvidos pelos pulmões. Também é possível a penetração subcutânea em caso de contato do material com uma região lesionada.

Dentre os efeitos tóxicos os mais comuns são ataxia (perda da coordenação dos movimentos voluntários), a disartria (problemas nas articulações das palavras), a parestesia (perda da sensibilidade nas extremidades das mãos e pés e em torno da boca), visão de túnel (constricção do campo visual) e perda da audição. Em casos mais graves podem ocorrer casos de cegueira, coma e morte. Estudos também evidenciam uma relação do mercúrio metálico com sintomas neurológicos, como a insônia (ENQUALAB, 2004).

2.3 Spatium 3D ““scaner””

O Spatium 3D ““scaner”” é o primeiro digitalizador 3D de alta resolução e posicionamento automático capaz de oferecer uma solução completa de medição 3D sem contato, este equipamento é produzido com tecnologia nacional da Spatium

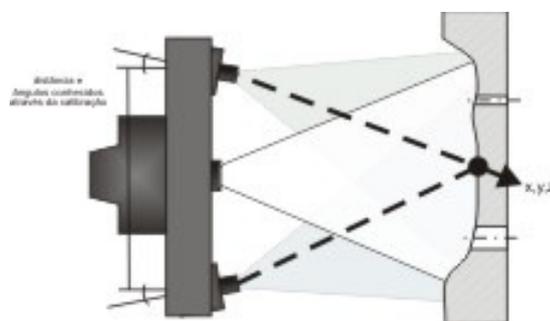
Tecnologia 3D Ltda. Através da projeção de padrões de luz branca, o sistema é capaz de triangular todos os pontos visíveis pelas duas câmeras que possui, permitindo desta forma obtermos o valor do volume de diferentes peças e objetos.

2.3.1 Principais características

- Capaz de medir milhões de pontos com precisão em poucos segundos e determinar o volume de peças e objetos;
- Alinhamento automático de aquisições;
- Medição de furos, bordas e pontos com precisão;
- Sistema fotogramétrico integrado (garantindo precisão de alinhamento tanto em peças pequenas quanto grandes);

2.3.2 - Teoria de funcionamento

O Spatium FMM 3D ““scanner”” utiliza a projeção de luz branca estruturada para adquirir a superfície da peça a ser digitalizada, como pode ser observado na figura 2. Através da projeção de padrões sobre a peça é possível a triangulação e obtenção das coordenadas XYZ de mais de dois milhões de pontos por aquisição. Duas câmeras de alta definição do digitalizador 3D adquirem imagens da projeção de padrões (fringes) de luz sobre o objeto a ser digitalizado. O processamento das imagens das câmeras é feita pelo software Spatium FORMA que retorna a posição tridimensional de cada ponto visível pelo digitalizador.



FONTE: <http://www.spatium3d.com/spatium/Pagina.do?idSecao=50>

Figura 02: Esquema demonstrando a projeção da luz estruturada sobre a peça.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1 Preparação dos corpos de prova

Foram coletadas cinco placas cerâmicas cruas do tipo monoqueima em uma empresa da região, estas retiradas do processo produtivo, foram preparadas em escala industrial, conformadas pelo método de prensagem. Duas destas peças foram cortadas sendo retirados 9 corpos de prova de cada uma como demonstra a Figura 3. Foram retirados 18 corpos de prova com dimensão de 3 x 3 cm, para que fosse possível determinar a densidade aparente dos mesmos.

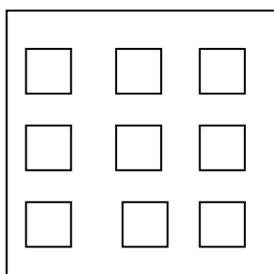


Figura 3: Posição de retirada dos corpos de prova da placa cerâmica em estudo.

3.2 Medida da densidade aparente das amostras secas

A determinação da densidade aparente das peças foi realizada por dois métodos distintos, o método tradicional por empuxo em mercúrio metálico e o método em estudo neste trabalho através do “scanner” 3D.

3.2.1 Método tradicional

A medida da densidade aparente pelo método tradicional foi realizada no laboratório de caracterização física do SENAI/CTCmat. Primeiramente as amostras foram pesadas em uma balança digital com precisão de 0,01g. Na capela de exaustão de gases foi montado o aparato para realização do ensaio de densidade, contendo o densímetro, a balança digital, um recipiente com o mercúrio metálico e um termômetro digital para medida da temperatura ambiente.

3.2.2 Método alternativo em estudo: “scanner” 3D

A determinação da densidade aparente pelo método alternativo foi realizada gentilmente pela empresa Spatium Tecnologia 3D Ltda que utilizou um “scanner” modelo Spatium FMM 3D ““scanner”” para determinar o volume dos corpos de prova.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela I: Resultados da medida da densidade aparente dos corpos de prova

Corpo de Prova	Massa (g)	DAP feita pelo método tradicional (g/cm ³)	DAP feita através do “scanner” 3D (g/cm ³)	Diferença percentual entre os valores (%)
1	23,15	1,87	1,87	0,15
2	23,55	1,87	1,88	0,43
3	24,36	1,87	1,88	0,30
4	23,16	1,87	1,83	2,44
5	23,71	1,87	1,82	2,75
6	23,84	1,87	1,84	1,85
7	21,79	1,87	1,83	2,19
8	20,71	1,86	1,82	2,31
9	22,29	1,86	1,83	1,58
10	23,28	1,87	1,83	2,24
11	23,64	1,87	1,84	1,75
12	23,08	1,87	1,82	2,71
13	24,63	1,87	1,84	1,39
14	25,00	1,87	1,85	0,95
15	23,57	1,87	1,85	1,22
16	22,52	1,87	1,95	4,13
17	23,50	1,87	1,90	1,48

4 CONCLUSÕES

Com a análise dos resultados pode-se observar que estudos ainda necessitam ser ampliados, pois existe uma maior homogeneidade dos resultados para os ensaios realizados com o método tradicional (por empuxo de mercúrio) . Devido às características da técnica estudada, que apresenta elevada acuracidade, imagina-se que o preparo dos corpos de prova tenha que ser extremamente minucioso, de modo a garantir uma leitura mais precisa das amostras, obtendo desta forma resultados mais uniformes.

O importante é ressaltar para a possibilidade de se estar fazendo este tipo de determinação utilizando uma técnica que não oferece riscos ao operador nem ao meio ambiente.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos profissionais da empresa Spatium Tecnologia 3D Ltda., que realizou a digitalização dos corpos de prova e à empresa Eliane Revestimentos Cerâmicos por ceder as amostras para este estudo.

6 REFERÊNCIAS

1 - DAL BÓ, Marcelo; NEVES, Wenceslau F das; AMARAL, Sidenir do. **Substituição do Mercúrio por Água na Determinação da Densidade Aparente do Suporte Cerâmico Cru**. Cerâmica Industrial, v.7, n.2, p.42-46, 2002.

2 - CARREIRA, wanderley; BEZERRA, ilca lopes. **Manuseio de mercúrio: implicações na saúde, segurança e na responsabilidade social dos laboratórios de metrologia**. In: *ENQUALAB - Encontro para a Qualidade de Laboratórios, São Paulo, Brasil, 2004*

3 –AMORÓS, José Luiz; SÁNCHEZ, Enrique; GARCÍA-TEM, Javier; et-al. **Manual para el controle de la calidad de materias primas arcillosas**. 2.ed. Castellón: Instituto de Tecnología Cerámica, 2004.

4 - **New Spatium FMM 3D Scann** . Disponível em www.spatium3d.com/spatium/Pagina.do?idSecao=50. Acesso em 15/03/2010.

STUDY OF ALTERNATIVE METHOD FOR DETERMINATION OF APPARENT DENSITY OF TILE ABSTRACT

ABSTRACT

In the ceramic industry, the test for determining bulk density is of extreme importance for the development and quality control of products. The method traditionally used by the industries is done by buoyancy of metallic mercury, which can present risks to the operator and the environment. This work aimed to study an alternative method of determining apparent density using a three dimensional ““scaner”” to determine the volume of pieces.

Key-words: density, mercury, 3D ““scaner””.