

STATISTICAL ANALYSIS OF GEOMETRICAL PARAMETERS AND MASS OF CEMENT BOARD SPECIMENS

Bruna Letícia Tavares, Wagner Maurício Pachekoski, Alexandre Mikowski, Stephan Paul

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Departamento de Engenharias da Mobilidade – Joinville - SC

bruna.leticia@grad.ufsc.br

Abstract. *The aim of this study was to statistically analyze the behavior of the variables thickness T , width W , length L and mass M of cement board specimen made from PROFORT cement boards with nominal thickness of 8 mm, 10 mm and 12 mm and to evaluate the influence of errors, since these are impossible to be disregarded. Width and thickness were measured at three different points of each sample and length was measured at two points at each sample. Mass were measured three times for each sample. From the data it was observed that the length L showed less variation when compared to the others. However, due to experimental errors (systematic, random and calibration), variations in T , L , W and M are smaller than 1%. The study confirmed the importance of determining all these variables and their statistical analysis, since these variables can assist in the identification and characterization of the mechanical properties of the materials analyzed.*

Palavras-chave: *Statistical Analysis, Geometrical Parameters, Samples of Cements.*

1. INTRODUÇÃO

Conhecer as propriedades mecânicas de cada material é essencial para uma correta aplicação dos mesmos. Estas propriedades dos materiais dependem diretamente da sua composição química e de sua estrutura, fazendo com que cada material reage de forma singular a uma determinada tensão aplicada.

Para determinar as propriedades mecânicas de materiais, inclusive aqueles utilizados na construção civil, existem diferentes formas de ensaios mecânicos, como por exemplo, os ensaios de resistência à tração, resistência à compressão, resistência à flexão, entre outros, que determinam características do material sob diferentes esforços quase-estáticos. Existem também ensaios dinâmicos, como por exemplo, o ensaio para determinação dos módulos de elasticidade, de cisalhamento e coeficiente de Poisson com a técnica de excitação por impulso, conforme norma ASTM E1876-01 [1]. Para os ensaios dinâmicos é preciso determinar os parâmetros geométricos espessura T , largura W e comprimento L e a massa M de corpos de prova. Além disso, a razão entre a massa e o volume define a grandeza densidade, permitindo qualificar explicitamente o material. Diante o exposto verifica-se a necessidade da obtenção dos parâmetros geométricos e da massa das amostras a serem ensaiadas, com a maior exatidão possível, para assim permitir a determinação matemática do volume.

Assim, o objetivo geral do estudo foi analisar o comportamento estatístico dessas variáveis e analisar os erros aleatórios e sistemáticos nos procedimentos de medição adotados.

2. ERROS EXPERIMENTAIS

Os erros nas medições de T , W , L e M não podem ser evitados nem ignorados [2]. Três principais fatores garantem que eles sempre estejam presentes: as imprecisões do

sistema de medição, o efeito das condições ambientais e a influência do operador.

Para quantificar os erros nas medições, são feitas medições repetidas, pois quanto maior o número de medições repetitivas da mesma variável, melhor será a aproximação do erro aleatório calculado.

2.1 Erro Sistemático

O erro sistemático está diretamente ligado ao sistema de medição, considerado um erro previsível, que indica a tendência de um instrumento em registrar resultados.

Sabe-se que o valor exato de um mensurando não é possível de se conhecer, apenas um valor aproximado. O erro sistemático para um sistema de medição pode ser estimado a partir da resolução do instrumento utilizado, assumindo uma distribuição retangular.

2.2 Erro Aleatório

O erro aleatório se caracteriza por ser imprevisível, sendo responsável pela diferença dos resultados quando se repete as medições.

Com base na média amostral de cada variável, calculada para cada amostra, após uma série pré-estabelecida de n repetições (quantidade de observações na mesma amostra de material), é possível determinar o desvio padrão amostral, que corresponde ao erro aleatório [3].

2.3 Erro de calibração

Sabe-se que todo instrumento de medição deve ser calibrado com relação a um padrão de referência, para garantir que se efetuem as corretas medidas do mensurando. Logo, mais uma fonte de erro deve ser considerada. Este erro é estimado a partir do cálculo da razão entre o erro absoluto (módulo da diferença do valor teórico e o valor aferido) e o valor teórico do padrão utilizado.

2.4 Incerteza Padrão Combinada

A incerteza padrão combinada é obtida a partir de uma série de medições repetidas de um mesmo mensurando, envolvendo os erros descritos anteriormente. A incerteza padrão combinada δ_c pode ser calculada conforme Ref. [2]:

$$\delta_c = \sqrt{\delta_{Ea}^2 + \delta_{Es}^2 + \delta_{Ec}^2} \quad (1)$$

Em que δ_{Ea} corresponde ao erro aleatório (desvio padrão amostral), δ_{Es} ao erro sistemático e δ_{Ec} corresponde ao erro de calibração.

3. METODOLOGIA

A seguir serão apresentados os materiais utilizados e os procedimentos para as medições de parâmetros geométricos (T , W e L) e de massa (M) das placas cimentícias.

3.1 Materiais

A partir de placas cimentícias foram confeccionados amostras com dimensões conforme norma ASTM C203-05^a [4], observando-se que as dimensões de largura e comprimento estão diretamente relacionadas com suas respectivas espessuras. As amostras PROFORT ds [5] utilizadas são retangulares e constituídas de liga cimentícia, fibra de vidro, perlita e outros componentes.

3.2 Medições dos parâmetros geométricos

Na primeira etapa do estudo foram feitas as medições dos parâmetros geométricos das amostras retangulares de 8 mm, 10 mm e 12 mm de espessura nominal das placas PROFORT ds.

O instrumento utilizado para medir foi um paquímetro, que possui resolução de 0,05 mm, permitindo maior exatidão das

medições. Assim, seu erro sistemático é de 0,025mm.

As variáveis largura W e espessura T foram medidas em três pontos diferentes de cada amostra retangular e o comprimento L medido em dois pontos conforme mostra a Figura 1. Com esses dados, pode-se determinar quais são as amostras mais uniformes em termos das dimensões.

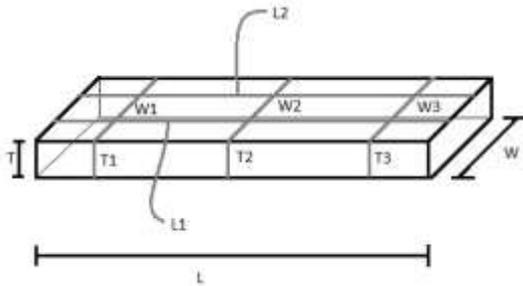


Figura 1 – Amostra de placa cimentícia, com as orientações das variáveis L , W , T .

3.3 Medições das massas

Para a determinação das massas, as mesmas amostras foram pesadas três vezes em uma balança de precisão e todos os dados foram computados para o cálculo da média amostral.

A balança, por sua vez, possui resolução de 0,1g e seu erro de resolução foi estimado em 0,05g, considerando distribuição retangular. O erro de calibração da balança foi calculado conforme exposto na seção 2.3, sendo $E = 0,13g/200g$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam os histogramas das frequências absolutas das médias amostrais μ para a espessura T , largura W , comprimento L e massa M das amostras de placas cimentícias para as espessuras nominais de 8 mm, 10 mm e 12 mm, respectivamente. Em nenhum dos casos verifica-se uma distribuição gaussiana.

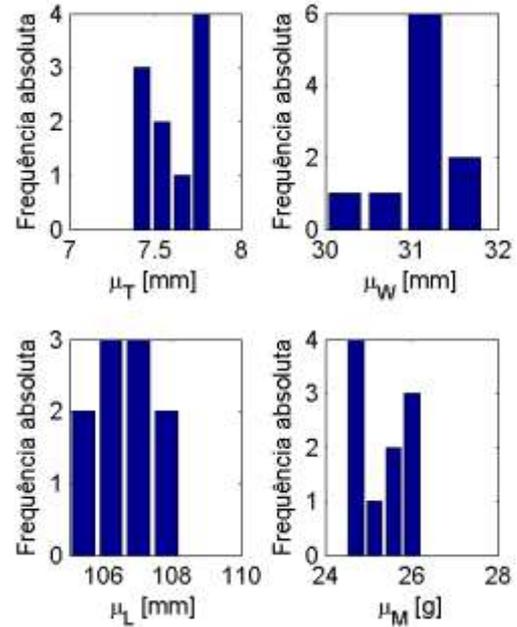


Figura 2 – Médias das médias amostrais de T , W , L e M das amostras de 8 mm.

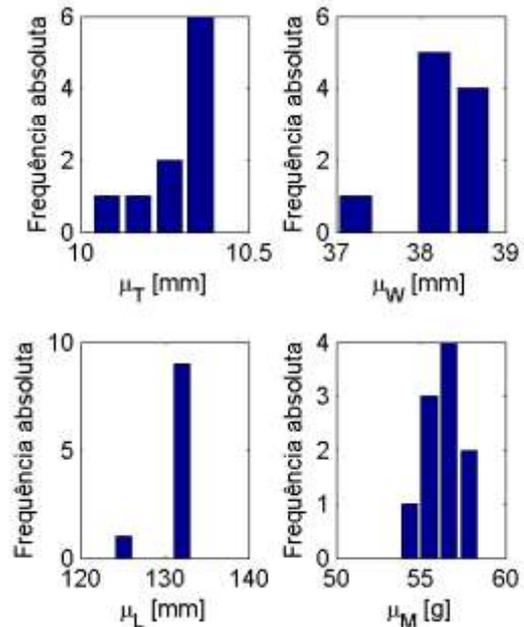


Figura 3 – Médias das médias amostrais de T , W , L e M das amostras de 10 mm.

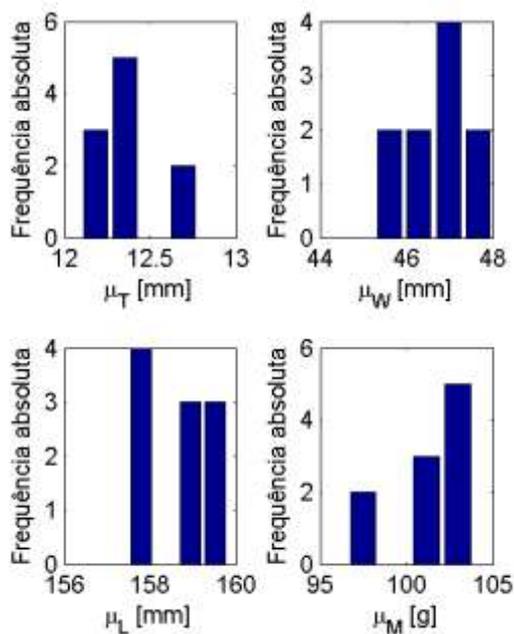


Figura 4 – Médias das médias amostrais de T , W , L e M das amostras de 12 mm.

Os intervalos obtidos para os valores das médias amostrais de T foram: (i) de 7,37 a 7,87 mm para o valor nominal 8 mm, (ii) de 10,03 a 10,30 mm para o valor nominal 10 mm e (iii) de 12,10 a 12,83 mm para o valor nominal 12 mm. A amplitude de T para a situação (i) é 0,5 mm, para (ii) é 0,27 mm e para (iii) 0,73 mm, sendo que a espessura da placa de 12 mm apresentou a maior variação. Os valores de referência para T , conforme fabricante, diferem dos mensurados, e ainda, a distribuição das médias amostrais das espessuras das placas cimentícias demonstram um comportamento aleatório, que possivelmente está relacionado com o processo de produção.

As distribuições experimentais obtidas para W , L e M dependem do processo de corte utilizado para a obtenção das amostras, os quais resultam em erros sistemáticos adicionais ao processo de medição de parâmetros geométricos e de massa. Na Figura 2 a amplitude do intervalo obtido para os valores das médias amostrais para W foi de 1,67 mm, para L de 3,5 mm e para M de 1,42 g. Para Figura 3, as amplitudes encontradas foram de 2 mm para W , 10 mm para L e 5,07 g para M ; enquanto que para a

Figura 4, as amplitudes foram de 2,73 mm para W , 2,5 mm para L e 7,89 g para M . Verifica-se que as amplitudes dos intervalos não seguem uma tendência, estando relacionadas com o processo de corte das amostras.

5. CONCLUSÕES

Esta análise estatística preliminar indica que erros experimentais devem ser considerados para estimar as médias e variâncias dos parâmetros geométricos e a massa de placas cimentícias, as quais são grandezas envolvidas na determinação de propriedades mecânicas, conforme Ref. [1]. Os coeficientes de variações encontrados para as grandezas T , L , W e M são inferiores a 1%, sendo que foram calculados pelas razões entre os desvios padrões e as médias amostrais.

REFERÊNCIAS

- [1] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E1876-01. Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration, 2006.
- [2] ALBERTAZZI, A. G. JR.; SOUZA, A. R. Fundamentos da Metrologia científica e Industrial. Manole, 2008, p.39.
- [3] BARBETTA, P. A. Estatística Aplicada às Ciências Sociais. Editora da UFSC, 2010, p 71-73.
- [4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C203-05^a. Standard Test Methods for Breaking Load and Flexural Properties of Block-Type Thermal Insulation, 2005.
- [5] PROFORT ds. Produto. Placas cimentícias ProFort ds. Disponível em: <<http://placlux.com.br/produtos>>. Acesso em: 13 de junho de 2016.