

## DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DE SOLO ARENOSO UTILIZANDO ENSAIOS DE ULTRASSOM

Natália C. de Lima\*; Gisleiva C. S. Ferreira; Gabriella M. de Assis; Wélida S. Sarro.

### Resumo

O objetivo principal deste estudo foi a determinação do módulo de elasticidade ( $E_{US}$ ) de solo arenoso utilizando ensaios de ultrassom. A metodologia inclui a compactação de corpos de prova cilíndricos pelo método Proctor (energia normal), ensaios de ultrassom (ondas de compressão e de cisalhamento) e ensaios de compressão simples não confinada após 7 dias da moldagem. Os  $E_{US}$  foram calculados conforme teoria da elasticidade, considerando o solo como um material isotrópico. Os resultados obtidos indicaram que é possível obter esta constante elástica do solo através dos ensaios de ultrassom, entretanto, são necessários mais estudos para definir um coeficiente de correção para  $E_{US}$  em função do módulo de elasticidade obtido com ensaios destrutivos ( $E$ ).

**Palavras-chave:** solo compactado, constantes elásticas, ensaios não destrutivos.

### Introdução

O ensaio de ultrassom, método não destrutivo aplicado na caracterização dos materiais, ainda carece de estudos para validá-lo como técnica opcional na determinação das constantes elásticas do solo compactado. Alguns estudos já realizados indicaram que esse tipo de ensaio é viável para determinar o módulo de elasticidade do solo [1]. Entretanto, há divergências sobre o seu comportamento elástico (isotrópico ou anisotrópico) e os fatores que interferem diretamente no pulso ultrassônico [1]. Além disso, a heterogeneidade desse material também resulta em grandes intervalos de resistência mecânica e módulo de elasticidade [2]. Assim, para validar os ensaios de ultrassom em solos compactados são necessários estudos em solo de diferentes origens, texturas e composições químicas.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar as constantes elásticas do solo arenoso utilizando ensaios de ultrassom.

### Resultados e Discussão

#### Metodologia:

- Compactação de 20 corpos de prova (100x127mm) de solo arenoso (Limeira, SP), com  $w_{ot} = 10,6\%$  e  $\rho_0 = 2,05 \text{ g/cm}^3$  de massa específica seca máxima [3];
- Ensaios de ultrassom com o equipamento Epoch 4 (Panametrics USA) com transdutores de compressão e cisalhamento de 1000 kHz (Figura 1);
- Ensaios de compressão axial simples não confinada (Figura 2) [4].



Figura 1. Equipamento de ultrassom Epoch 4.



Figura 2. Corpos de prova utilizados nos ensaios de ultrassom e  $R_c$ .

**Tabela 2.** Valores de  $E_{US}$ ,  $E$  e  $R_{CS}$  obtidos através dos ensaios não destrutivos e destrutivos.

CP	$R_{cs}$ (MPa)	$E_{US}$ (MPa)	$E$ (MPa)	%*
1	0,55	2143	909	42,4
2	0,55	2218	1111	50,1
3	0,58	2258	1111	49,2
4	0,55	2169	909	41,9
5	0,83	2097	532	25,4
6	0,55	2165	1200	55,4
7	0,70	2007	1250	62,3
8	0,73	1818	455	25,0
Média	0,63	2109	935	43,97
DP	0,11	140	299	13,33
CV	0,18	0,07	0,32	0,30

\*Porcentagem de variação entre o  $E_{US}$  e  $E$

### Conclusões

Segundo o objetivo deste trabalho, as análises comparativas feitas sobre os ensaios destrutivos e não destrutivos, indicam que o ultrassom pode ser utilizado para a determinação de constantes elásticas. Uma correlação entre o  $E$  e o  $E_{US}$  pode vir a ocorrer através de uma modelagem de coeficiente de minoração.

### Agradecimentos

À Fábrica de Mobiliário Urbano de Limeira (FAMUL, Limeira, SP) pela doação do lote de solo arenoso e ao CNPq/PIBIC/UNICAMP pela bolsa de IC.

<sup>1</sup> Bandeira, R. F. 2009. Estudo da correlação entre resistência mecânica e velocidade ultrassônica para um material terroso. Dissertação de Mestrado. - Belo Horizonte: Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais.

<sup>2</sup> Borges J. J. da Silva et al 2017 Variação do Módulo de Elasticidade de um solo colapsível de Petrolina-PE com e sem inundação. Recife: Revista Matéria, 2017.

<sup>3</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182: Solo - Ensaio de compactação.** Rio de Janeiro, p. 9. 2016.

<sup>4</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12770: Solo coesivo - Determinação da resistência à compressão não confinada - Método de ensaio.** Rio de Janeiro, p. 4. 1992.