Análise do pulso ultrassônico em solo granular saturado com diferentes índices de vazios.

Fernanda Gonçalves[1], Duilio Ferronatto[1], José Adilson de Castro[1]

[1] Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia Volta Redonda/ RJ

.

Área: Cerâmicos

Resumo: A estrutura microporosa dos solos granulares que fornece informações importantes como a resistência ao cisalhamento, a compressibilidade e condutividade hidráulica, é diretamente influenciada pelo índice de vazios. Logo, a identificação da fração de vazios de forma rápida e *in situ* se torna uma prática economica e tecnicamente interessante. O ultrassom vem sendo utilizado com sucesso para materiais cerâmicos, madeiras, concreto e rochas. Ao se tratar do solo, os esforços são grandes para entendimento do comportamento, características e propriedades através de parâmetros que empregam a velocidade de propagação de onda. No entanto, pouco se discute a respeito das características das ondas ultrassônicas. Assim, este trabalho realizou leituras com ultrassom em amostras de areia média saturada, com índices de vazios variando de 0,5 a 1,1. As leituras foram realizadas na técnica da Transparência, com transdutores de 50 kHz, para analisar a amplitude máxima e o coeficiente de amortecimento Os resultados indicam correlação entre o índice de vazios com a amplitude máxima.

***Palavras-Chave:** Ultrassom, Solos Granulares, Amplitude, Coeficiente de Amortecimento.*

Introdução e objetivos do trabalho

A fração de vazios influencia diretamente a estrutura microporosa dos solos granulares e são dependentes da distribuição dos grãos. A forma do grão (Das e Sobhan(2014)) e o arranjo geométrico também influenciam nas propriedades e características do solo. Assim, a identificação da fração de vazios de forma rápida e *in situ* se torna uma prática interessante.

Para a análise dos solos através do ultrassom, pode-se citar os trabalhos de Pasarg & Meissner (1992), Makse et al. (2004), Zimmer (2003), Knuth et al. (2013), Gheibe and Hedayat (2018) e Choobbasti et al. (2019) os quais apresentaram a possibilidade do uso de ultrassom em solos, principalmente utilizando a velocidade do pulso ultrassônico. Knuth et al. (2013) mostram uma relação de dependência entre as características do solo e a capacidade do solo em transmitir energia. Gheibe & Hedayat (2018) mostram também, que a amplitude fornece informação valiosa a respeito da compressibilidade do solo.

Conforme citado por Gheibe & Hedayat (2018) são grandes os esforços para entendimento do efeito da deformação das partículas do solo através da velocidade de propagação da onda ultrassônica, mas pouco se discute em relação as características das ondas ultrassônicas no domínio do tempo e da frequência.

Assim, este trabalho analisa a amplitude máxima e o coeficiente de amortecimento para areias médias saturadas com diferentes índices de vazios.

Materiais e Métodos

Este trabalho utilizou areia media de grão uniforme (entre 1,18 mm e 0,60 mm). As amostras foram moldadas no dia do ensaio de ultrassom, em cápsulas de alumínio com 60mm de comprimento e diâmetro de 50 mm. A variação do índice de vazios foi obtida variando-se a intensidade da vibração da cápsula de alumínio ao se colocar água e areia.

Aplicou-se a técnica da transparência (Transmissão - Recepção) para análise no domínio do com transdutores de 50 kHz.

Resultados e Discussão

A média da amplitude máxima é apresentada na Tabela 1.

Observa-se que a média da amplitude máxima diminui com o aumento dos índices de vazios para as amostras com e = 0,53 a 0,79. Resultados semelhantes foram obtidos por Gheibi & Hedayat (2018). No entanto, essa afirmação não é válida para as amostras com índices de vazios acima de 0,8, e abaixo de 0,53.

Tabela 1. Variação da média da amplitude máxima com o índice de vazios.

Índice de Vazios	Média Amplitude máxima (V)
0,5 a **0,51**	12,43
0,53 a 0,57	18,88
0,6 a 0,65	18,07
0,74 a **0,79**	17,05
0,83 a 0,86	20,13
0,91 a 1,1	20,93
Água	26,60

* Em Negrito os valores que indicam zonas de transição.

Para as amostras com *e* maior que 0,83 há aumento da média da amplitude máxima. As amostras com índice de vazios menor que 0,53 apresentaram baixa amplitude indicando grande perda de energia. Essa alteração do comportamento da amplitude indica uma mudança significativa da matriz do solo, sugerindo a existência de zonas de transição do material dominante do meio. Gheibi e Hedayat (2018) citam que mudanças na amplitude máxima transmitida em materiais granulares são dependentes da área de contato e tamanho dos poros entre as partículas. Assim, para as amostras com alto índice de vazios (acima de 0,83) a água possui uma maior influência no meio, levando o aumento da amplitude.

As amostras estudadas neste trabalho, apresentaram uma boa correlação (R^2=0,903) polinomial de grau dois entre a média do coeficiente de amortecimento com o índice de vazios conforme demostrado na Figura 1.

As amostras com índice de vazios variando entre 0,5 a 0,59 obtiveram a maior variação da média do coeficiente de amortecimento, aproximadamente 21%.

No entanto, separando as amostras com índice de vazios até 0,52, nota-se que essa variação cai para aproximadamente 6% e para as amostras com índice de vazios entre 0,53 e 0,59 a variação da média do coeficiente de amortecimento é aproximadamente 8%.

Esse comportamento, juntamente com o resultado da análise da amplitude, sugere que entre os índices de vazios 0,52 e 053 há uma mudança na estrutura da matriz de solo que altera seu comportamento. Para índice de vazios acima de 0,83 observa-se uma menor variação entre a média do coeficiente de amortecimento, o que indica que apesar do acréscimo de água não há mudança na estrutura da matriz de solo que altera o comportamento.

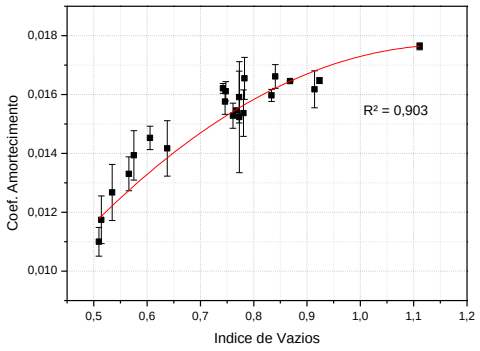

Figura 1: Relação entre índice de vazios e coeficiente de amortecimento.

Conclusões ou Considerações finais

A análise do domínio do tempo sugere que a amplitude máxima diminui com o aumento do índice de vazios. O coeficiente de amortecimento apresentou uma correlação de grau dois (R^2=0,903) com o índice de vazios. As características ultrassônicas estudadas neste trabalho, mostra-se possível a identificação de zonas de transição do meio dominante.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior- Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores agradecem à fundação do Ministério da Educação (MEC) pelo apoio finaceiro.

Choobbasti, A. J., Samakoosh, M. A., and Kutanaei, S. S. (2019). "Mechanical properties soil stabilized with nano calcium carbonate and reinforced with carpet waste fibers." *Construction and Building Materials*, 211, 1094–1104.
Das, B. and Sobhan, K. (2014). *Fundamentos de Engenharia Geotécnica*. Cengage Learning, São Paulo, SP.

Gheibi, A. and Hedayat, A. (2018). "Ultrasonic investigation of granular materials subjected to compression and crushing." *Ultrasonics*, 87, 112–125.

Knuth, M. W., Tobin, H. J., and Marone, C. (2013). "Evolution of ultrasonic velocity and dynamic elastic moduli with shear strain in granular layers." *Granular Matter*, 15(5), 499–515.

Makse, H. A., Gland, N., Johnson, D. L., and Schwartz, L. (2004). "Granular packings: Nonlinear
elasticity, sound propagation, and collective relaxation dynamics." *Physical Review E*, 70(6), 061302.

Prasad, M. and Meissner, R. (1992). "Attenuation mechanisms in sands: Laboratory versus theoretical (biot) data." *Geophysics*, 57(5), 710–719.

Zimmer, M. A. (2004). *Seismic velocities in unconsolidated sands: Measurements of pressure, sorting, and compaction effects*.