

Sistemas Binários em Esferas de Vidro e Fração Areia de um Solo Tropical: Modelagem da Densidade

Rogério Dias Dalla Riva

Universidade Federal de Viçosa - DEC, Viçosa/MG, Brasil, rogerioriva@yahoo.com.br

Dario Cardoso de Lima

Universidade Federal de Viçosa - DEC, Viçosa/MG, Brasil, declima@ufv.br

Elpídio Inácio Fernandes Filho

Universidade Federal de Viçosa - DPS, Viçosa/MG, Brasil, elpidio@ufv.br

Liovando Marciano da Costa

Universidade Federal de Viçosa - DPS, Viçosa/MG, liovando@solos.ufv.br

João Herbert Moreira Viana

EMBRAPA Miho e Sorgo, Sete Lagoas/MG, Brasil, jherbert@cnpmc.embrapa.br

Claudio Henrique de Carvalho Silva

Universidade Federal de Viçosa - DEC, Viçosa/MG, Brasil, silva@ufv.br

Diego Frinhaní Nunes

Universidade Federal de Viçosa - DEC, Viçosa/MG, Brasil, diegoufv2004@yahoo.com.br

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo avaliar a identidade de modelos em empacotamentos com esferas de vidro e partículas não esféricas. Foi utilizada uma amostra de solo residual jovem, de textura arenosa, obtendo-se a fração areia limpa por meio de: (1) separação da fração areia; (2) remoção de matéria orgânica; (3) remoção de óxidos de ferro; e, (4) fracionamento da fração areia limpa e esferas de vidro por peneiramento. Os empacotamentos binários foram obtidos compondo-se misturas entre classes em termos percentuais de volume real, variando de 0 a 100%, com incremento de 10%. Os pontos de máxima densidade permitiram ajuste de regressão linear simples em função da relação entre o diâmetro médio maior (D) e o diâmetro médio menor (d). Os resultados obtidos permitem concluir que há similaridade no comportamento do empacotamento de esferas e partículas não esféricas. Contudo, nota-se que as partículas irregulares apresentam uma menor densidade de empacotamento.

PALAVRAS-CHAVE: Fração Areia, Sistemas Binários, Empacotamento, Densidade.

1 INTRODUÇÃO

O comportamento mecânico em solos granulares é governado pela estrutura e pela tensão efetiva aplicada, sendo a mesma função dos fenômenos de empacotamento das suas partículas, o que determina a sua densidade relativa. Os principais fatores que a afetam são: tamanho da partícula, distribuição, forma e arranjo das partículas.

Segundo Mitchell (1993), nos anos 70 pesquisas foram conduzidas com arranjos de partículas em solos granulares, concluindo-se que a caracterização das propriedades de areias e pedregulhos não devia ser vista somente em termos de densidade relativa, sendo também necessário considerar o arranjo de partículas (empacotamento) e histórico de tensões destes materiais. Crescia, então, o entendimento de que propriedades, tais como resistência ao cisalhamento, permeabilidade e

compressibilidade, podiam ser determinadas diretamente pelo tamanho e forma das partículas, seus arranjos e as forças existentes entre elas; contudo, o entendimento destas propriedades requeria o conhecimento mais detalhado destes fatores, trazendo à tona a importância de estudos morfológicos em solos granulares.

O empacotamento pode ser definido como qualquer arranjo das unidades sólidas de um solo, no qual cada unidade constituinte é mantida e organizada no local pela ação do campo gravitacional terrestre, por meio do contato tangencial com suas vizinhas (Graton e Fraser 1935). Muitos estudos de empacotamento de materiais granulares têm sido conduzidos em sistemas constituídos por partículas esféricas uniformes (Westman e Hugill 1930, Deresiewicz 1958, McGeary 1961, Staple 1975 e Lade et al. 1998).

A utilização de esferas de vidro em estudos de empacotamento vem sendo realizada por muitos pesquisadores em áreas de conhecimento diversas, tais como engenharia civil, engenharia química, ciência do solo e geologia, visando, principalmente, maximizar a densidade de materiais granulares.

Embora o modelo de esferas uniformes não seja realístico, é um exercício útil, pois pode estabelecer limites teóricos de porosidade para posterior avaliação de sistemas reais. As proporções de vazios são independentes do diâmetro do grão, e podem ser calculadas por geometria tridimensional (White e Walton 1937).

Densidades e suas variações para misturas de dois tamanhos (empacotamentos binários) de grãos têm sido estudados teoricamente e experimentalmente, podendo-se referir a Fraser (1935), White e Walton (1937) e McGeary (1961). O uso de sistemas bimodais podem elevar os valores de densidade atingidas pelo empacotamento, desde que a composição e a razão entre os diâmetros envolvidos na mistura sejam controlados.

Assim como em partículas esféricas, o aumento na densidade atingida em sistemas binários por partículas não esféricas é dependente da composição e da razão entre os diâmetros envolvidos na mistura. Lade et al.

(1998) utilizaram 820 g de areia e um cilindro graduado de 2000 mL, na determinação das proporções mínimas de vazios em sistemas binários com areias.

Devido à existência de diversas combinações de forma, é difícil prever um comportamento específico para misturas envolvendo partículas não esféricas. Contudo, os princípios associados com misturas bimodais esféricas são observados.

O comportamento de partículas não esféricas é uma área empírica, mas os padrões de comportamento são similares aos encontrados em empacotamentos de esferas.

O conhecimento básico sobre empacotamento em solos arenosos é limitado, sendo necessário entender os seus comportamentos físicos em sistemas simplificados, como areias limpas (sem a presença de matéria orgânica e de agentes de cimentação) e esferas de vidro.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foram utilizados esferas de vidro e um solo residual jovem oriundo de um perfil de intemperismo de solos desenvolvidos de gnaiss do Pré-Cambriano, apresentando coloração acinzentada, com textura areno-silto-argilosa, coletada em um talude de corte situado na Vila Secundino, no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil.

2.2 Preparação da Amostra

Após secagem ao ar, a amostra de solo foi passada na peneira de abertura nominal de 2 mm, para retirada da fração pedregulho, sendo na seqüência submetida a pré-tratamentos para a eliminação de silte e argila, matéria orgânica e óxidos de ferro.

2.2.1 Separação da Fração Areia

Foram adicionados 100 mL de NaOH 0,5 mol L⁻¹ e 200 mL de água deionizada em garrafas plásticas contendo 100 g de solo, sendo

posteriormente colocadas em dispersor mecânico, durante 16 h, a 50 rpm. Para a obtenção da fração areia, as amostras foram retidas em peneira de 0,053 mm e lavadas em água corrente, eliminando-se as frações silte e argila.

2.2.2 Remoção de Matéria Orgânica

As amostras de solo e solução, constituídas de becker de 500 mL, com 300 g da fração areia acrescentada de NaClO a pH 9,5 (adaptado de Anderson 1963), foram colocadas em banho-maria a 70°C durante 1 h, sendo posteriormente lavadas em água corrente com auxílio da peneira de 0,053 mm.

2.2.3 Remoção de Óxidos de Ferro

As amostras de solo e solução, constituídas de becker de 500 mL, com 300 g da fração areia em solução de citrato de sódio e ácido cítrico, com 20 g de ditionito de sódio, foram colocadas em banho-maria a 50°C, durante 1 h, em três repetições (adaptado de Mehra e Jackson 1960), sendo posteriormente lavadas em água corrente com auxílio da peneira de 0,053 mm.

2.3 Fracionamento da Fração Areia Limpa e Esferas de Vidro por Peneiramento

O fracionamento dos diversos tamanhos de partículas da fração areia limpa e esferas de vidro foi feito com agitador eletromagnético de ação vibratória vertical e horizontal (Tabela 1).

Tabela 1. Peneiras utilizadas no fracionamento.

Item	Peneira	Item	Peneira
1	2,000	12	0,297
2	1,680	13	0,250
3	1,410	14	0,210
4	1,190	15	0,177
5	1,000	16	0,149
6	0,840	17	0,125
7	0,710	18	0,105
8	0,590	19	0,088
9	0,500	20	0,074
10	0,420	21	0,062
11	0,350	22	0,053

2.4 Empacotamentos de Sistemas Binários

Para o ajuste de sistemas binários, utilizaram-se provetas de vidro de 1000 mL e 400 g de esferas de vidro e fração areia limpa de cada classe, para a determinação do empacotamento.

As misturas foram produzidas na base de volume real (Westman e Hugill 1930), definido como a relação entre a massa da partícula e a sua densidade. A composição das misturas foi produzida em termos percentuais de volume real, variando de 0 a 100%, com incremento de 10% das partículas de maior diâmetro e de 100 a 0%, com variação de 10%, para as partículas de menor diâmetro (Dalla Riva 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pontos de máxima densidade permitiram um ajuste de regressão logarítmica em função da relação entre o diâmetro médio maior (D) e o diâmetro médio menor (d). A análise dos resultados apresentados nas Figuras 1 e 2 permitem concluir que empacotamentos binários, em ambos os casos, embora ineficientes, ocorreram em relações D/d menores que 7. Acima desse valor, aumentos na densidade ocorreram em menor proporção.

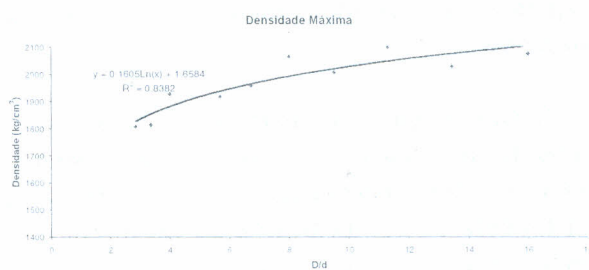


Figura 1. Densidade máxima (esferas de vidro).

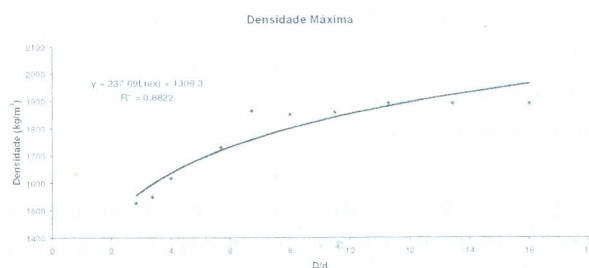


Figura 2. Densidade máxima (fração areia limpa).

O teste de identidade de modelos aplicado mostrou que as equações diferem em relação ao intercepto. Contudo, não é rejeitada a hipótese de que os modelos apresentados apresentam identidade em relação à sua inclinação. A Figura 3 mostra o ajuste de regressão linear simples das equações apresentadas nas Figuras 1 e 2.

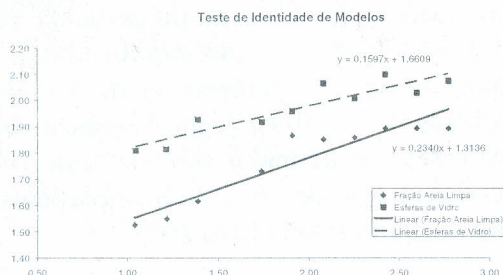


Figura 3. Ajuste de regressão linear simples.

Observa-se que, embora o ganho relativo na densidade seja similar para partículas esféricas e não esféricas, a densidade inicial para partículas não esféricas é menor.

4 CONCLUSÕES

1. A maior eficiência na densidade de empacotamento ocorre, aproximadamente, na mesma composição de partículas grandes e pequenas, independentemente da forma da partícula.
2. Assim como em partículas esféricas, o aumento na densidade atingida em sistemas binários por partículas não esféricas é dependente da composição e da razão entre os diâmetros envolvidos na mistura.
3. Há similaridade no comportamento do empacotamento de esferas e partículas não esféricas, mas as partículas irregulares apresentam uma menor densidade de empacotamento.
4. Não se rejeita a hipótese de igualdade para a taxa de resposta obtida em ajuste de regressão linear simples para as esferas de vidro e fração areia limpa.

AGRADECIMENTOS

À UNEMAT - Universidade Estadual de Mato Grosso, à UFV - Universidade Federal de Viçosa, ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo 471209/2006-6) e à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

REFERÊNCIAS

- Anderson, J.U. (1963) An improved pretreatment for mineralogical analysis of samples containing organic matter. *Clays Clay Miner.*, Vol. 10, p. 380-388.
- Dalla Riva, R.D. (2005) *Densidade, Porosidade, Resistência à Penetração e Retenção de Água em Resposta ao Arranjo e Morfometria de Partículas da Fração Areia*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, 65 p.
- Deresiewicz, H. (1958) Mechanics of granular matter. *Adv. Appl. Mech.*, Vol. 5, p. 233-306, 1958.
- Fraser, H.J. (1935) Experimental study of the porosity and permeability of clastic sediments. *J. Geol.*, Vol. 43, p. 910-1010.
- Graton, L.C. e Fraser, H.J. (1935) Systematic packing of spheres - with particular relation to porosity and permeability. *J. Geol.*, Vol. 43, p. 785-909.
- Lade, P.V., Liggio, C.D., Jr. e Yamamuro, J.A. (1998) Effects of non-plastic fines on minimum and maximum void ratios of sand. *Geotech. Test. J.*, Vol. 21, p. 336-347.
- McGeary, R.K. (1961) Mechanical packing of spherical particles. *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol. 44, p. 513-522.
- Mehra, O.P. e Jackson, M.L. (1960) Iron oxide removal from clays by dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.*, Vol. 7, p. 317-327.
- Mitchell, J.K. (1993) *Fundamentals of soil behavior*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA, 437 p.
- Staple, W.J. (1975) The influence of size distribution on the bulk density of uniformly packed glass particles. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Vol. 39, p. 404-414.
- Westman, A.E.R. e Hugill, H.R. (1930) The packing of particles. *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol. 13, p. 767-779.
- White, H.E. e Walton, S.F. (1937) Particle packing and particle shape. *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol. 20, p. 155-166.