

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM CHUVEIRO DE AREIA PARA A PREPARAÇÃO DE PROVETES EM LABORATÓRIO

THE DEVELOPMENT AND USAGE OF A NEW SAND PLUVIATOR

Bilé Serra, J., *Assistente de Investigação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Madeira, L., *Bolseiro de Investigação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Toco Emílio, F., *Investigador Coordenador, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Palma, J., *Investigador Auxiliar, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*

RESUMO

Uma das formas mais frequente de efectuar a caracterização mecânica de areias sob o ponto de vista constitutivo é através da realização de ensaios laboratoriais. A reprodutibilidade dos ensaios depende, contudo, da reprodutibilidade das condições de preparação dos provetes, uma vez que a compacidade e a estrutura do material influenciam a resposta sob um estado genérico de tensão. Torna-se, por isso, importante dispor de métodos e técnicas de preparação de provetes em condições antecipadamente definidas. De entre as técnicas disponíveis para esse efeito, a deposição pluvial gravítica possibilita a realização de provetes com anisotropia semelhante à induzida durante a deposição sedimentar natural. Apresenta-se nesta comunicação um chuvaire de areia concebido e desenvolvido no LNEC, o qual permite o controlo da energia cinética de deposição bem como da altura de queda. A sua utilização é ilustrada pela obtenção de uma ampla gama de valores de índice de vazios de uma areia padrão.

ABSTRACT

The study of the mechanical behaviour of sandy soils is often done by means of laboratory testing. It is a fact that the density and structure of the soil mostly determine its response to a general stress state. The reproducibility of the results depends therefore on the reproducibility of the sample preparation conditions. A method to prepare sand samples with known conditions is an essential tool. Sand raining under gravity conditions is a straightforward way to reproduce the *in situ* conditions of sand deposits. In this paper a new sand pluviator designed and constructed at LNEC is introduced, allowing to control the kinetic energy of the grains as well as to maintain a constant height of fall during pluviation. Its usefulness is illustrated by the preparation of solid sand samples with a wide spectrum of void ratios.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação das propriedades mecânicas de formações de solo incoerente mediante o ensaio de provetes recolhidos *in situ*, pode revelar-se bastante problemática, dada a perturbação necessariamente causada ao solo pelo processo de recolha.

O processo de amostragem ideal deveria permitir preservar simultaneamente a compacidade, o teor em água e a estrutura do solo. Na realidade, a operação de colheita de amostras é acompanhada pela destruição da estrutura do solo, conduzindo à modificação da sua compacidade e eventualmente ao aniquilamento da anisotropia resultante da deposição gravítica natural do solo.

Por esta razão, é corrente a utilização de provetes executados originalmente ou reconstituídos em laboratório para fins de investigação. Constitui excepção notável a esta situação o método de congelamento *in situ*. A técnica de preparação dos provetes revela-se um factor importante na reprodutibilidade dos ensaios e um factor chave na representatividade dos seus resultados. Registam-se,

em publicações da especialidade, referências à influência exercida no valor de K_0 (Mulilis *et al.* 1977^a), na resistência exibida pelo solo em ensaios monotônicos e cíclicos (Tatsuoka *et al.*, 1982, Miura e Toki, 1982), na resistência à liquefacção (Mulilis *et al.*, 1977^b) e nas características de deformabilidade (Ladd, 1974).

A exigência fundamental para o processo de reconstituição é que este possibilite a reprodução fiel do processo de deposição *in situ*, sendo a qualidade dessa reprodução aferida pela comparação entre a estrutura do solo *in situ* e a estrutura do provete reconstituído. Nesta comparação encontra-se, naturalmente, incluída a homogeneidade de cada provete e a semelhança entre sucessivos provetes executados nas mesmas condições aparentes.

Esta exigência conduz naturalmente aos métodos por deposição gravítica, vulgarmente designados por métodos de chuva de areia, nos quais a deposição dos grãos de areia num molde é efectuada mediante a sua queda a partir de um depósito colocado em cota superior ao plano de deposição. As características do processo natural de sedimentação aluvial, no que se refere à anisotropia e estrutura do solo, são convenientemente reproduzidas pelo processo laboratorial de deposição gravítica (Oda *et al.*, 1978)

Na presente comunicação aborda-se a problemática da obtenção de provetes de areia em condições previamente definidas com reprodutibilidade entre sucessivos provetes, com ênfase na respectiva estrutura. Para além da reprodutibilidade entre provetes, procurou-se ainda, resolver com este equipamento a questão da sua homogeneidade em planta e em altura. Os autores consideram ter alcançado uma solução suficientemente prática através da consideração de um conjunto de peneiros dispersores e de um sistema elevatório para o molde do provete.

O chuveiro LNEC permite executar provetes maciços para ensaios de compressão axissimétrica e provetes ôcos para ensaios de corte torsional.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO

Entende-se por estrutura do solo, na linha da definição de (Oda, 1972), o arranjo espacial dos grãos e dos vazios por eles deixados. Este conceito congrega a influência exercida por um conjunto de microvariáveis cuja resultante pode constituir um factor determinante do comportamento do solo. Destas, pode mencionar-se a dimensão, a forma e a orientação dos grãos, a distribuição estatística da sua dimensão nominal e a existência de cimentação entre partículas.

Uma primeira grandeza utilizável na caracterização da estrutura do solo é a sua *compacidade*, expressa através do peso volúmico seco, $\gamma_d = W_s / V$, variando entre um valor mínimo, $\gamma_{d;\min}$, para um estado de adensamento mínimo (índice de vazios máximo, $e_{\max}$) e um valor máximo, $\gamma_{d;\max}$, para um estado de adensamento máximo (índice de vazios mínimo, $e_{\min}$).

A compacidade pode, ainda, ser avaliada pelo *índice de compacidade*, I_D , definido em função dos índices de vazios e , $e_{\max}$ e $e_{\min}$.

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (1)$$

ou, em termos de peso volúmico seco,

$$I_D = \frac{\gamma_{d;\max}}{\gamma_d} \frac{\gamma_d - \gamma_{d;\min}}{\gamma_{d;\max} - \gamma_{d;\min}} \quad (2)$$

A orientação estatística das partículas constitui uma característica adicional na avaliação da estrutura do solo, já que diferentes orientações daquelas podem induzir diferentes padrões de comportamento mecânico. Exemplificando, um padrão de orientação totalmente aleatório induzirá preferencialmente um comportamento isotrópico, se este não for coarctado por outros factores.

3. FACTORES DETERMINANTES DA ESTRUTURA DE UM PROVETE

A estrutura de um provete executado em laboratório depende de diversos factores relacionados com os procedimentos adoptados na sua execução, os quais deverão ser convenientemente seleccionados e controlados por forma a que as características do provete correspondam às que foram previamente idealizadas.

O índice de compacidade de um provete depende da forma dos grãos e da energia cinética com que estes atingem a superfície de deposição (Vaid e Negussey, 1984). Para uma dada energia cinética de deposição, a grãos de maior esfericidade corresponde um maior adensamento. Por outro lado, a energia cinética de deposição depende (i) da altura de queda dos grãos H , (ii) do fluxo de deposição F_D , (iii) do modo de deposição e (iv) do meio de deposição.

3.1. Dependência da altura de queda (H)

Designa-se por *altura de queda*, H , a distância vertical entre o ponto de início da queda livre dos grãos e a superfície de deposição. A velocidade de deposição dos grãos é função de H , desde que esta não exceda um valor limite designado por *altura crítica*, H_c . De facto, constata-se experimentalmente que a energia cinética cresce com a altura de queda até valores entre 40 e 50 cm, sendo praticamente constante para alturas de queda superiores a H_c . A necessidade de obtenção de provetes com compacidades variando desde solta a muito densa torna indispensável a selecção de alturas inferiores à altura crítica, pelo que, dada a influência exercida pela altura de queda na compacidade, se revela conveniente dispor de um dispositivo que permita manter H constante.

A existência de uma velocidade crítica deve-se à resistência aerodinâmica introduzida pelo meio de deposição. Devido à turbulência induzida no movimento descendente dos grãos, aumenta a irregularidade deste movimento, diminuindo a eficiência energética da sua componente translacional. O limite superior da velocidade reflecte o equilíbrio entre as forças envolvidas na queda dos grãos e, por isso, qualquer variável passível de afectar o movimento de queda será potencialmente capaz de influenciar o valor da altura crítica. Mencionam-se, neste contexto, a granulometria do solo e o *fluxo de emissão* F_E , o qual representa o peso de solo que abandona o depósito emissor, na unidade de tempo e por unidade de área da secção transversal do orifício de saída.

3.2. Dependência do fluxo de deposição (F_D)

Designa-se por *fluxo de deposição*, F_D , o peso que preenche, na unidade de tempo, um volume definido por uma superfície horizontal de área unitária e por uma geratriz vertical que percorra a sua fronteira. A regularidade de deposição dos grãos de areia influencia a compacidade obtida. Dado que para valores crescentes de F_D a eficiência da componente translacional do movimento diminui, I_D é uma função decrescente de F_D . O fluxo de deposição é, em parte, determinado pelo fluxo de emissão F_E .

A altura do prisma de solo criado pela deposição na unidade de tempo de um peso numericamente igual ao fluxo F_D , é função do seu peso volúmico e, por conseguinte, do índice de compacidade I_D . Esta altura é numericamente igual à velocidade de preenchimento desse prisma, tendo-se

$$v = F_D / \gamma_d \quad (3)$$

3.3. Modo de deposição

No processo de deposição, a posição relativa do sistema emissor e do molde pode ser fixa ou variável.

No primeiro caso têm-se os *chuveiros estacionários*. Com o objectivo de regularizar a deposição da areia intercalam-se entre a saída do emissor e o molde um conjunto de peneiros. Este modo de chuva revela-se pouco eficaz na obtenção de provetes de baixa compacidade. Em provetes de areia contendo partículas finas, ocorre a segregação das partículas causando heterogeneidade em planos horizontais. No segundo caso têm-se os *chuveiros móveis*, nos quais a deposição é acompanhada pelo movimento relativo do sistema emissor e do local de deposição. A velocidade deste movimento constitui nestes chuveiros um factor adicional no controlo do processo de chuva.

Nos chuveiros com peneiros dispersores, define-se a *altura de queda*, H , como a distância entre o plano médio da malha do último peneiro e a superfície de deposição, enquanto que a distância entre a saída do depósito e o plano médio da malha do primeiro peneiro é designada por *altura de transição*.

3.4. Meio de deposição

O meio atravessado pelos grãos durante a queda influencia o adensamento obtido dada a resistência oferecida ao movimento descendente dos grãos. O meio mais utilizado é, obviamente, o ar. A deposição em meio aquoso permite somente a preparação de provetes de baixa compacidade havendo a necessidade (Vaid e Negussey, 1984) de posteriormente os vibrar ou percutir com o objectivo de os adensar. Tal operação destrói a anisotropia associada ao processo de deposição pelo que esta modalidade é, actualmente, pouco utilizada. Pelo contrário, o método de chuva de areia em meio aéreo apresenta as seguintes vantagens: (i) permite a preparação de provetes com compacidade situada numa gama extensa (Tatsuoka *et al.*, 1984), (ii) garante razoável uniformidade do provete desde que o fluxo de areia seja ininterrupto (Linton, 1986) e a altura de queda seja aproximadamente constante, (iii) facilita a preparação do provete, (iv) é praticamente insensível ao desempenho do executante.

4. O CHUVEIRO LNEC PARA A PREPARAÇÃO DE PROVETES DE AREIA

4.1. Princípio de funcionamento

Foi concebido e desenvolvido no LNEC um chuveiro de areia para a preparação de provetes cilíndricos maciços, ou cilíndricos ôcos com secção transversal anelar. Trata-se de um chuveiro móvel com peneiros dispersores com deposição em meio aéreo. A distância entre o peneiro inferior e o molde pode situar-se entre 3 cm e 60 cm fazendo uso até um máximo de seis peneiros.

Como se referiu no ponto anterior o factor determinante na obtenção de valores baixos de I_D é a altura de queda a qual deverá ser tipicamente inferior ao valor crítico H_C . Nestas circunstâncias, é possível neste chuveiro manter a distância entre a superfície de deposição e a origem de queda aproximadamente constante. Por outras palavras, a distância entre a base do molde e a origem de queda aumenta a uma velocidade igual à velocidade de alteamento da superfície de deposição definida em (3).

4.2. Componentes do chuveiro de areia

A Figura 1 representa esquematicamente o chuveiro LNEC, o qual é constituído por uma base metálica na qual se encontram soldadas três colunas que suportam os componentes essenciais a seguir discriminados. O conjunto é solidarizado a um bloco de fundação em betão armado, ao qual se encontra directamente ligada a motorização do sistema elevatório adiante descrito, a fim de obstar à transmissão de vibrações à estrutura colunar. A altura total do chuveiro é de 2.2 m.

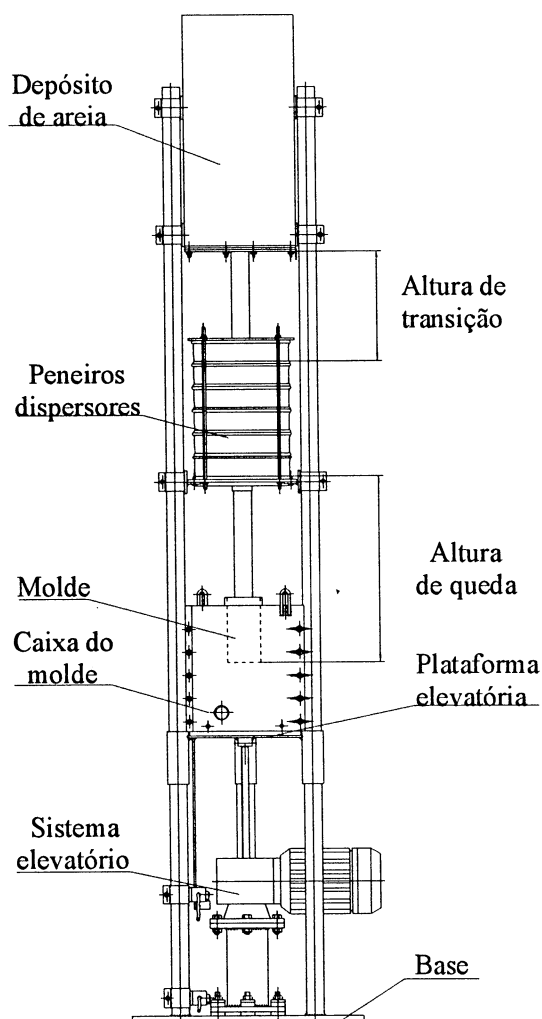


Figura 1 - Desenho esquemático do chuveiro de areia

Depósito de areia

A alimentação do sistema é efectuada a partir de um depósito paralelepípedo com volume de 28,8 l e dimensões 240x240x500 mm³. Na sua face inferior encontra-se um orifício circular de 70 mm de diâmetro o qual pode ser estrangulado por uma placa corrediça possuindo um orifício central de menor diâmetro. O conjunto de diâmetros disponíveis varia entre 5 mm e 70 mm com intervalos de 5 mm até 45 mm, o que permite realizar fluxos de saída F_E variando tipicamente entre 0,01 gf/cm²/s e 20 gf/cm²/s. A relação entre F_E e o diâmetro de saída, para uma dada areia, é determinada através de um programa prévio de ensaios, durante o qual não há lugar à execução de provetes.

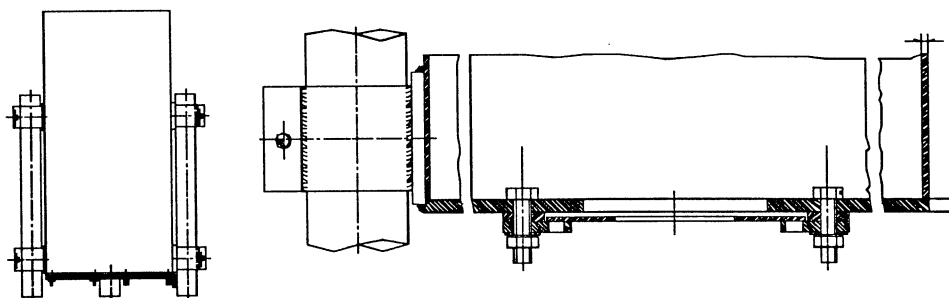


Figura 2 - Desenho esquemático do depósito e do sistema corrediça de fecho.

Peneiros dispersores

Entre o molde e o depósito encontra-se intercalada uma série de peneiros de malha quadrada, os quais são solidarizados e centrados por duas placas apertadas por quatro tirantes. Destinam-se a dispersar a areia para a periferia, desde a parte central onde é alimentada, por forma a uniformizar em planta a quantidade de areia que sai através do peneiro inferior. Permite, igualmente, regularizar o trajecto descendente dos grãos minimizando a perturbação mútua das suas trajectórias. Deste modo, é possível conseguir uma deposição uniforme em toda a secção do provete.

Esta série de peneiros introduz como possíveis variáveis de controlo o número de peneiros e a razão L/D , entre a abertura da malha e uma dimensão representativa dos grãos. A experiência sugere que a abertura da malha do primeiro peneiro atravessado deve ser metade a um terço da dos restantes peneiros. Para valores crescentes da razão L/D obtêm-se menores valores de I_D , correspondendo a uma menor homogeneidade do provete em cada secção transversal. Para valores altos de F_E existe um limiar inferior para L/D abaixo do qual o escoamento é muito difícil, acumulando-se a areia na malha do primeiro peneiro. Com o objectivo de maximizar a dispersão da areia colocam-se as direcções das malhas de peneiros sucessivos em posições rodadas de 45° entre si.

Para a execução de provetes ôcos são colocadas uma placa metálica circular sobre a malha de cada peneiro e centrada com este. Existe ainda a possibilidade de colocar um cone dispersor sobre a malha do primeiro peneiro igualmente em posição central. Estes dispositivos destinam-se a evitar que o fluxo de areia alcance o círculo central de 30 mm de diâmetro.

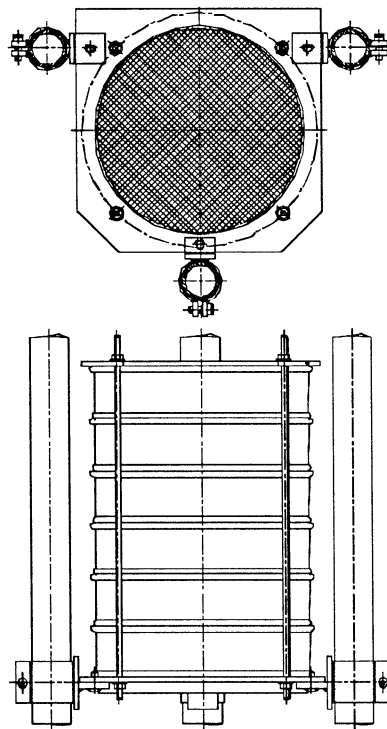


Figura 3 - Desenho esquemático do sistema dispersor de peneiros.

Molde

O provete é executado directamente no interior do molde. No caso de um provete maciço (com diâmetro 70 mm e altura 142 mm) uma membrana de contenção é previamente colocada no seu interior e sustentada através de vácuo contra a parede do molde; no caso do provete ôco (com diâmetros externo e interno, respectivamente, 70 mm e 30 mm e altura 142 mm) instalam-se membranas exterior e interiormente. O molde é colocado sobre o pedestal do equipamento de ensaios de corte.

Caixa do molde

Destina-se à colocação do molde o qual lhe é solidarizado através de um parafuso de centragem. A caixa do molde tem igualmente as funções de depósito colector, recolhendo a areia em excesso que, após ultrapassar a série de peneiros, se deposita no exterior da área de implantação do molde.

Sistema elevatório

O sistema elevador é constituído por uma plataforma sobre a qual é colocada a caixa do molde, que pode deslocar-se verticalmente actuada por um sistema de fuso e guiada nas três colunas da estrutura do aparelho. A porca do fuso tem movimento rotativo e é actuada por um grupo moto-reductor de sem fim, com veio de saída ôco e vertical.

A manutenção da altura de queda constante é conseguida pelo movimento descendente da plataforma e, por conseguinte do molde, com uma velocidade aproximadamente igual à da subida da superfície da areia no interior do molde. A gama de velocidades alcançável está situada entre 0.1 mm/s e 14 mm/s.

4.3. Sistema de comando

O motor assíncrono trifásico usado no accionamento tem velocidade ajustável através de um variador electrónico de tensão e frequência. O conjunto foi dotado de um pequeno painel de comando, ilustrado na Figura 4a, estando a lógica do automatismo descrita no diagrama da Figura 4b. A parametrização do variador electrónico foi feita por forma a impor perfis de velocidade com transições iniciais e finais suficientemente suaves (impedindo golpes violentos), mas adequadas para não comprometer a rapidez global (cf. Figura 4c).

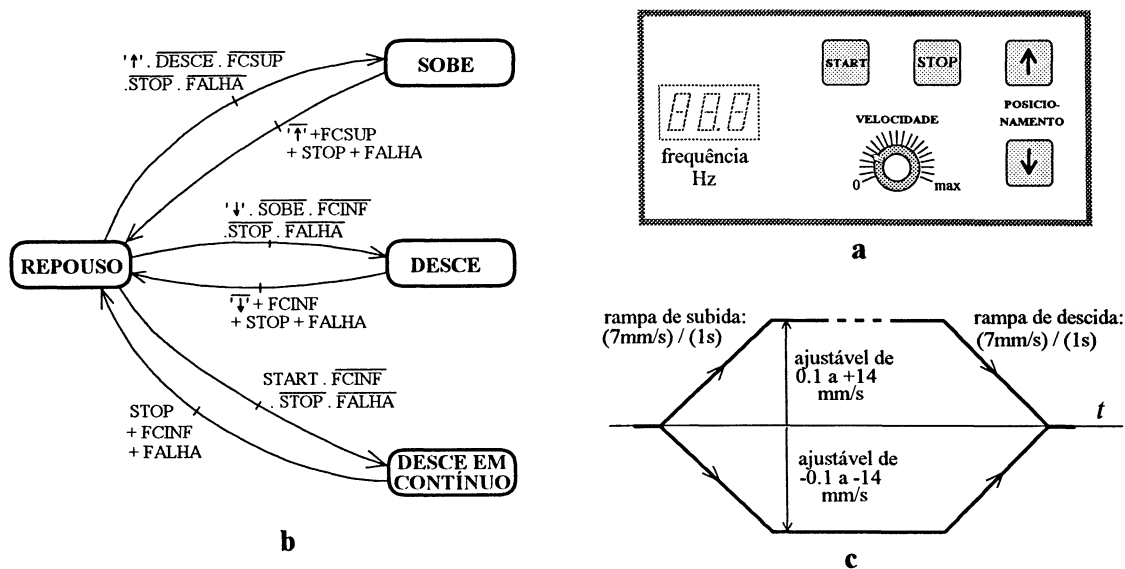


Figura 4 - a) aspecto do painel de comando; b) diagrama de transição de estados do sistema de comando; c) perfil de velocidade do movimento vertical da plataforma.

5. AREIA DE RIO MAIOR SIBELCO SP49

A areia utilizada como exemplo é uma areia branca siliciosa, média e limpa, mal graduada com classificação SP, proveniente da região de Rio Maior e comercializada pela firma Sibelco com a designação SP49. A sua caracterização física compreendeu a realização dos seguintes ensaios: (i) análise granulométrica, (ii) determinação da densidade das partículas sólidas, (iii) determinação dos

valores máximo e mínimo do peso volúmico seco de acordo com as normas ASTM D 4253-93 e D 4254-91. A curva granulométrica obtida é representada na Figura 5. A Tabela seguinte resume os valores obtidos.

Tabela : Índices físicos da areia Sibelco SP49.

D ₁₀	0.4 mm
D ₃₀	0.44 mm
D ₅₀	0.51 mm
D ₆₀	0.53 mm
Coefficiente de uniformidade C _u	1.3
Coefficiente de curvatura C _c	0.9
Densidade das partículas sólidas G	2.65
Peso volúmico seco máximo $\gamma_{d,max}$	17.15 kN/m ³
Peso volúmico seco mínimo $\gamma_{d,min}$	13.76 kN/m ³
Índice de vazios mínimo e _{min}	0.516
Índice de vazios máximo e _{max}	0.889

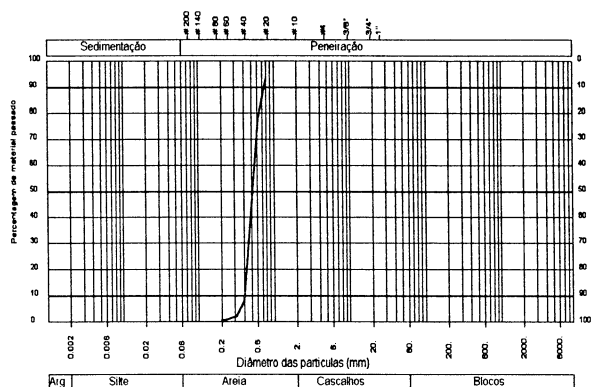


Figura 5 - Granulometria da areia SP49

6. PREPARAÇÃO DE PROVETES MACIÇOS DE AREIA

6.1. Ensaios com altura de queda variável

Com o objectivo de caracterizar as potencialidades do chuveiro LNEC e ainda de identificar as variáveis de controlo da compacidade dos provetes, seguiu-se um programa experimental prévio sem utilizar o sistema elevatório. Efectuou-se um varrimento das combinações de alturas de queda-diâmetros do furo de emissão, correspondendo aos diâmetros de saída expressos em mm, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 70 e das alturas iniciais de queda 172 mm e 692 mm.

Procedeu-se inicialmente à caracterização da dependência do fluxo de emissão F_E relativamente ao diâmetro de saída, D , obtendo-se a informação apresentada na Figura 6a. Para valores do diâmetro D inferiores a 25 mm o sistema dispersor era constituído por 2 peneiros ASTM nº 10 seguidos de 3 peneiros ASTM nº 4, enquanto que nos restantes casos se tinham 2 peneiros ASTM nº 4 e 3 peneiros ASTM de 3/8".

O fluxo de deposição F_D variou entre 0,01 gf/cm²/s e 12 gf/cm²/s tendo sido constatado que a altura de queda não influencia marcadamente F_D . Foi possível obter provetes com índice de compacidade variando entre 36% e 98% para H de 172 mm e entre 80% e 102% para H de 692 mm. Refira-se que o valor de $\gamma_{d,max}$ obtido de acordo com a norma ASTM D4254-91 não representa, habitualmente, o valor máximo do peso volúmico seco de um solo incoerente.

6.2. Ensaios com altura de queda constante

Apresentam-se, a título demonstrativo, os resultados obtidos com uma configuração caracterizada por um diâmetro de saída de 30 mm, uma altura de queda de 172 mm e quatro peneiros ASTM de 3/8". O movimento descendente do molde foi ajustado após diversas tentativas com velocidade de 8.2 mm/s.

Com esta configuração foram executados 7 provetes maciços que vieram a ser utilizados num programa experimental de ensaios de compressão triaxial hidrostática ou axissimétrica.

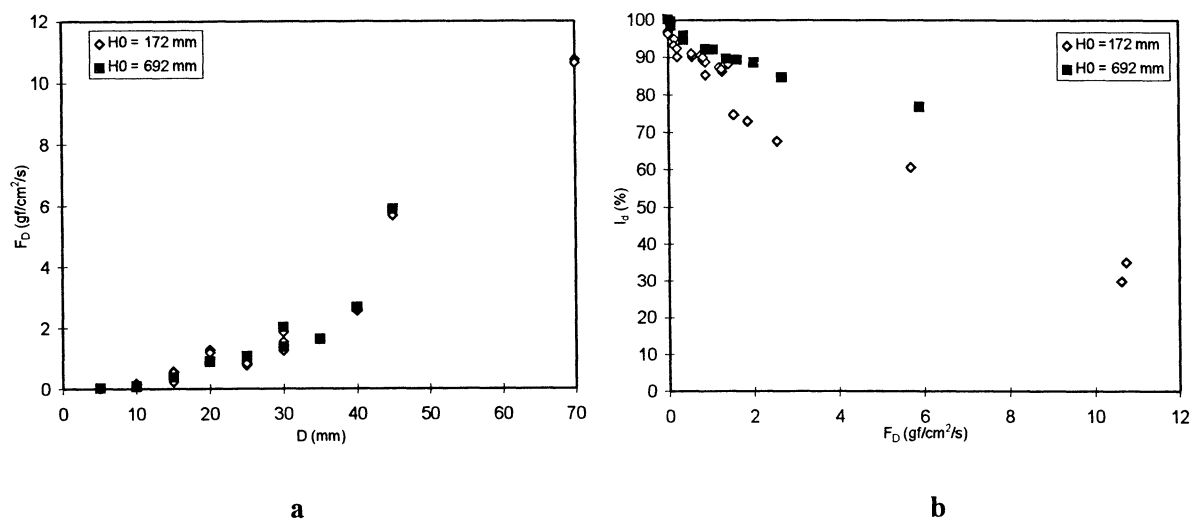


Figura 6 - Resultados obtidos com altura de queda variável

A reprodutibilidade das condições de preparação dos provetes foi avaliada mediante a comparação dos pesos volúmicos obtidos em sucessivas preparações efectuadas sob as mesmas condições nominais, isto é, altura de queda, diâmetro de saída, altura inicial de areia no depósito, conjunto dispersor e velocidade de descida do molde.

O correspondente valor médio de I_D foi de 84.2 % sendo o coeficiente experimental de variação (quociente entre o desvio padrão amostral corrigido e a média amostral) inferior a 1 %, o qual se pode considerar indiciador de uma muito boa reprodutibilidade.

A diferença entre o valor anterior e o que se pode obter da Figura 6 para os mesmos diâmetro de saída e altura de queda, isto é 75 %, espelha a maior heterogeneidade do provete executado com altura de queda variável. De facto, não sendo excessivo admitir que os primeiros milímetros deste provete apresentam um valor de I_D próximo de 84 %, conclui-se necessariamente que ocorre variação significativa do índice de vazios deste provete ao longo da sua altura.

Os resultados preliminares referentes aos ensaios triaxiais referidos revelaram-se bastante animadores na medida em que se obteve, por exemplo, excelente reprodutibilidade em ensaios de compressão hidrostática. Note-se que, em condições correntes, este tipo de ensaios, ostentam uma dispersão de resultados significativa.

7. CONCLUSÃO

Foi apresentado nesta comunicação o chuveiro LNEC para a preparação de provetes cilíndricos maciços ou ôcos para ensaios de corte, respectivamente, triaxial ou torsional.

Enumeraram-se e apreciaram-se brevemente os factores determinantes da compacidade dos provetes. Concluiu-se ser fundamental para a obtenção de provetes homogêneos com uma gama extensa de valores de I_D , executá-los com altura de queda constante e inferior à altura crítica. O chuveiro LNEC foi concebido de modo a preencher estes requisitos.

Obtiveram-se para uma areia padrão índices de compacidade situados numa extensa gama - desde 30 % até 102% - mantendo o molde em posição fixa, ou seja com altura de queda variável. Mantendo, por sua vez a altura de queda constante obteve-se numa amostra de 7 provetes preparados em idênticas

condições nominais, um coeficiente de variação de índice de compacidade inferior a 1%, o que permite afirmar que o equipamento apresentado satisfaz os objectivos inicialmente enunciados.

AGRADECIMENTOS

O trabalho agora apresentado foi parcialmente financiado pelo FEDER e pelo programa PRAXIS XXI, pelo que se deixa expresso o reconhecido agradecimento.

O trabalho não teria sido possível sem a dedicação e colaboração imaginativa e interessada dos elementos da carreira técnica do LNEC seguidamente mencionados: Jorge Alves Veiga, Raul Carrilho Póvoa e João Onofre Benevente. A eles se deixa expresso o reconhecido agradecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM (1991) - Norma D 4254 - 91, Standard test method for minimum index density and unit weight of soils and calculation of relative density, Annual Book of ASTM Standards Vol. 04.08.

ASTM (1993) - Norma D 4253 - 93, Standard test methods for maximum index density and unit weight of soils using a vibratory table, Annual Book of ASTM Standards Vol. 04.08.

Ladd, R. (1974) - Specimen preparation and liquefaction of sands, ASCE Journal of Geotechnical Engineering Division Vol. 100 No. GT10.

Linton, P. (1986) - A study of a sand in the standard triaxial chamber equipped with a computerized data acquisition system, University of Florida, Depto. of Civil Engineering.

Miura, S.; Toki, S. (1982) - A sample preparation method and its effect on static and cyclic deformation-strength properties of sand, JSSMFE Soils And Foundations, Vol. 22 No. 1.

Mulilis; J. P.; Seed; Chan; Mitchell (1977^a) - Effects of sample preparation on sand liquefaction, ASCE Journal of Geotechnical Engineering Division, Vol. 103 No. GT2 .

Mulilis, J. P.; Townsend, F. C.; Horz R. C. (1977^b) - Triaxial Testing Techniques And Sand Liquefaction, ASTM SPT 654, Eds. Silver e Tiedemann.

Oda, M. ; Koishikawa, I. ; Higuchi, T. (1978) - Experimental study of anisotropic shear strength of sand by plane strain tests, JSSMFE Soils and Foundations, Vol. 18, No.1.

Oda, M. (1972) - Initial fabrics and their relations to mechanical properties of granular material, JSSMFE Soils and Foundations, 12 1 pp 17-36.

Tatsuoka, F.; Fujii, S.; Yamada; Muramatsu (1982) - Cyclic undrained simple shear of sands affected by specimen preparation methods, Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol. 15.

Tatsuoka, F. ; Ochi, K.; Fujii, S. (1984) - Effect of sample preparation method on cyclic undrained strength of sand in triaxial and torsional shear tests, Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol. 17.

Vaid, Y.; Negussey, D. (1984) - Relative density of pluviated sand samples, JSSMFE Soils and Foundations, Vol. 24, No.2.