A PRÁTICA DA COLHEITA DE AMOSTRAS INDEFORMADAS EM PORTUGAL*

por
JOSÉ FOLQUE**

1 – INTRODUÇÃO

É ainda entre nós frequente colher amostras em furos de sondagem utilizando amostradores pouco adequados. Muitas vezes há tendência para usar amostradores de parede espessa, com uma secção de amostra pequena em comparação com a secção total transversal do amostrador (elevado "índice de áreas"), amostradores preferidos dada a sua robustez. Obtém-se assim amostras, como é sabido, com remeximentos acentuados, consequentemente com má representatividade das características mecânicas das formações *in situ*. Mas felizmente já não se pode considerar que seja esta a regra: tem-se generalizado, sobretudo devido a esforços de divulgação realizados pelo LNEC, o uso de amostradores mais refinados.

Para difundir a vantagem da sua adopção e ilustrar os benefícios que com ela se podem obter afigura-se de interesse passar em revista a prática moderna que, como ficou dito, se tem vindo entre nós a generalizar.

2 – AMOSTRAGEM INDEFORMADA EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS

2.1 – *Solos argilosos rijos*

É muito frequente haver oportunidade de colher amostras em bloco, a partir de poços, dado que em regra os problemas a resolver implicam o topo

---

* Material recebido em Março de 1978. A discussão do trabalho está aberta durante um período de três meses.

** Engenheiro Investigador, Chefe da Divisão de Fundações do LNEC

de formações que ocorrem a pequena profundidade. Quando há porém necessidade de colher amostras profundas, em sondagens, recorre-se actualmente a amostradores do tipo Denison. Trata-se, recorda-se, de amostradores de parede dupla (a Fig. 1 mostra em esquema o extremo inferior de um amostrador deste tipo). O tubo exterior actua por corte rotativo sendo a sua extremidade inferior provida de um cortante denteado de aço duro. O tubo interior – tubo porta-amostras – permanece imobilizado por aderência à amostra, estando conectado ao conjunto por um rolamento de esferas. Este tubo interior excede apreciavelmente em comprimento o tubo exterior, ficando assim a amostra protegida da acção do líquido de circulação, injectado no intervalo entre os dois tubos e que por arraste traz para a superfície os detritos de furação.

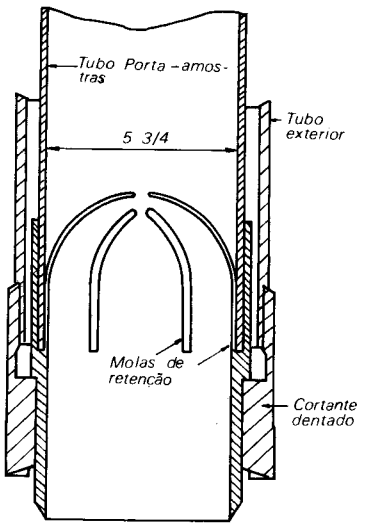

Fig. 1

É difícil julgar o grau de representatividade de amostras colhidas nestas formações pois o comportamento dos correspondentes maciços é fortemente influenciado pela fissuração. Ela é condicionante do comportamento nos múltiplos aspectos de extensão, orientação e frequência das fissuras. Não é abundante a informação sobre o comportamento de maciços à escala natural por induzirem as obras que os solicitam tensões muito baixas em comparação com as tensões que neles provocariam deformações apreciáveis e eventualmente ruptura ou, pelo menos, início de plastificação.

Pode-se porém ajuizar das perturbações que sofrem as amostras colhidas com amostrador tipo Denison por comparação com as características exibidas pelas amostras colhidas em bloco. Pode-se dizer que, apesar de ocorrerem sensíveis dispersões de caso para caso, é positivo o resultado. Nos maciços com fissuração muito densa as amostras colhidas com amostrador rotativo apresentam-se sensivelmente enfraquecidas em comparação com as amostras de bloco. Mas é mais frequente o caso de ambos os tipos de amostras apresentarem características mecânicas, averiguadas por ensaios de laboratório, praticamente coincidentes. Para conseguir esta concordância tem-se revelado de extrema

importância não retardar o estudo laboratorial das amostras colhidas com amostrador. Com efeito, enquanto que as amostras em bloco são em regra ensaiadas imediatamente após a colheita, acontece às vezes que as amostras colhidas com amostrador, bem protegidas em invólucros estanques, são armazenadas durante algumas semanas; quando isto acontece nota-se sensível perda de resistência, o que não ocorre se as amostras forem ensaiadas sem demora.

2.2 – *Solos argilosos de consistência média*

Correntemente utilizam-se amostradores abertos de parede espessa. Os solos que em Portugal ocorrem e que podem ser classificados nesta categoria situam-se em geral no extremo superior da classificação, isto é, na transição de argilas médias para argilas rijas. É por isso difícil utilizar amostradores de parede fina e por outro lado as características dos solos também não se prestam à adopção de amostradores acoplados a equipamentos de rotação.

Os amostradores utilizados respeitam a regra clássica de apresentarem um "índice de áreas" inferior a 25%. Com efeito, o amostrador mais usado é um amostrador simples, sem retenção (amostrador aberto), com válvula, tendo 95 mm de diâmetro exterior e 4 mm de espessura de parede, ao que corresponde um "índice de áreas" de 19%.

Nas formações amostradas com este equipamento é também frequente poder dispor de amostras colhidas em bloco. A comparação das características mecânicas determinadas em ambos os tipos de amostras revela que elas são praticamente idênticas no que se refere a grau de remeximento.

Outras vias para julgar a qualidade das amostras consiste na comparação com resultados de ensaios de carga e com resultados de observações de obras. Há cabimento para comentar em separado o que se tem constatado numa e noutra situação.

Ensaios de carga – Os ensaios de carga, no que respeita a assentamentos, só se prestam a colher informações sobre a parcela imediata de assentamento. A este respeito tem-se constatado boa concordância entre os resultados de ensaios de carga e os que se deduzem da compressibilidade imediata determinada em ensaios de laboratório.

Nos ensaios de carga levados até à ruptura verifica-se que a comparação

com ensaios de laboratório leva à conclusão que estes últimos sub-estimam as características de corte. É obviamente de atribuir este efeito a perturbações causadas na amostra. Estão nesta data em compilação dados que habilitem a uma análise estatística para fundamentar um coeficiente de correcção e transporte dos resultados de laboratório para características *in situ*. No caso de amostras colhidas com cuidado pode-se adiantar que este coeficiente não terá valor superior a 1,2.

Observação de obras – Como é evidente só excepcionalmente, e no caso português tal nunca aconteceu, a observação de obras permite colher dados sobre valores de ruptura das formações interessadas.

No que respeita a deformabilidade constata-se que os ensaios de laboratório substancialmente sobre-estimam os assentamentos verificados no real. Deve-se porém sublinhar que a maior parte dos cálculos de previsão até à data efectuados tiveram por base ensaios edométricos. Só há relativamente pouco tempo se iniciou o cálculo de previsão tomando características de deformabilidade determinadas em ensaios triaxiais com trajectórias de tensão impostas. São por enquanto pouco numerosos os resultados disponíveis, mas nota-se uma notável melhoria na concordância entre valores previstos e valores observados. Parece pois poder concluir-se que não é uma eventual má qualidade das amostras que predomina nas causas das discrepâncias apontadas.

2.3 – *Solos argilosos moles*

Habitualmente as amostras são colhidas com amostrador Osterberg. Este amostrador é de parede fina e êmbolo estacionário sendo a sua cravação obtida à custa de pressão quase-estática de um fluido (em geral água) actuando num êmbolo móvel. A Fig. 2 mostra com clareza o funcionamento do amostrador. Chama-se a atenção para o pormenor de existir um orifício na haste central para retorno da água sob pressão o que evita sobre-cravação ("overdriving").

Também é utilizado um amostrador K-200 da "Geonor". Trata-se igualmente de um amostrador de parede fina, com êmbolo, mas cuja cravação é obtida por percussão. O estudo laboratorial de amostras colhidas com um e outro destes amostradores mostra que a sua qualidade é idêntica.

Para julgar a qualidade das amostras obtidas no que se refere a perturbações causadas pela amostragem tem-se recorrido a comparações com

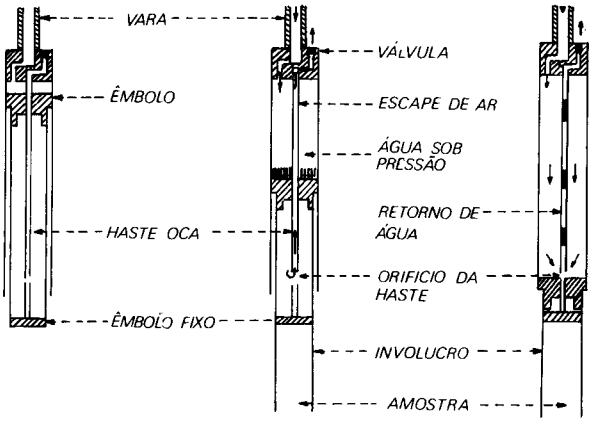

Fig. 2

resultados de ensaios *in situ* e com dados colhidos em observações de obras.

Ensaios in situ – Tem-se sobretudo efectuado comparações respeitantes a resistência ao corte utilizando ensaios de molinete (vane-test). A Fig. 3 resume um conjunto de resultados em que as amostras foram colhidas com amostrador Osterberg.

Trata-se do estudo de uma espessa formação aluvionar constituída por argilas moles (rio Trancão, perto de Sacavém) com limite de liquidez, L_w, da ordem de 60% e limite de plasticidade, L_p, da ordem de 30%. Os teores de humidade natural decrescem em profundidade entre 55% e 35%.

Por meio de ensaios triaxiais com deformação lateral impedida determinou-se o coeficiente de impulso em repouso, k_o. Procedeu-se depois à re-consolidação anisotrópica de provetes sujeitos a

$$\sigma_1 = \gamma h$$

$$\sigma_2 = \sigma_3 = k_o \sigma_1$$

(γ – peso específico aparente; h – profundidade da amostra)

A resistência tangencial à ruptura foi depois determinada por corte directo segundo facetas verticais. Como da Fig. 3 se conclui a concordância de resultados é bastante satisfatória.

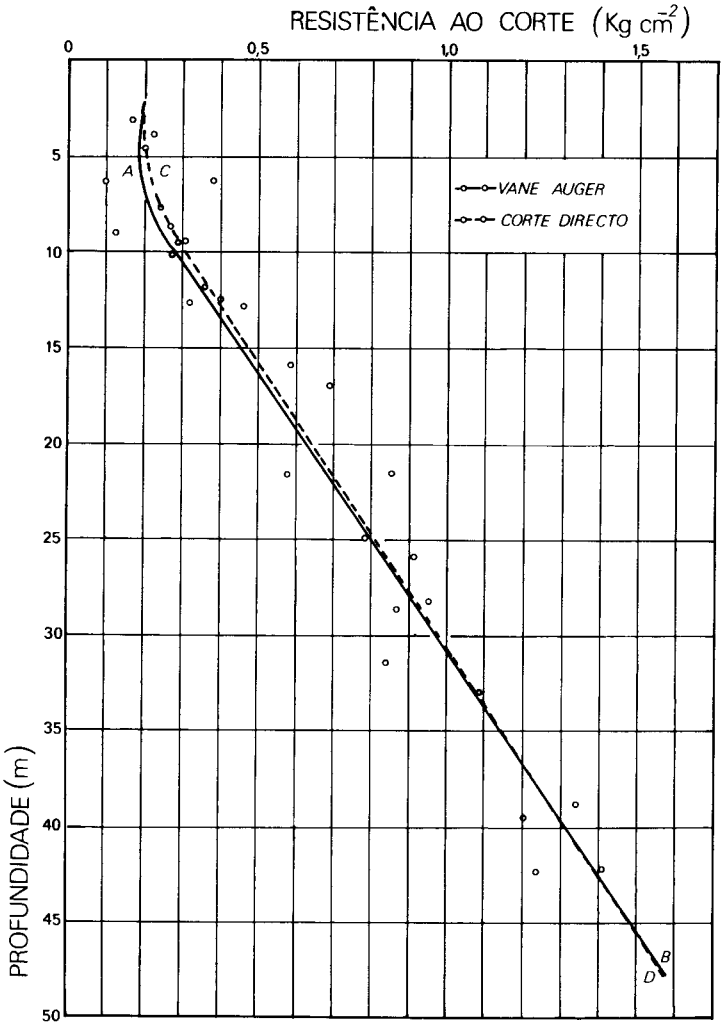

Fig. 3

Observações de obras – Não é muito grande o volume de resultados de que se dispõe. Pode-se porém antecipar que, mesmo usando amostras de boa qualidade, é-se levado a sobre-estimar os assentamentos previsíveis.

2.4 – *Solos predominantemente arenosos*

Tem-se colhido amostras com amostrador Bishop. Os resultados não se

podem considerar animadores, quer no que respeita a dificuldades de colheita de amostras, quer no que se refere ao grau de remeximento, avaliado por comparação com ensaios de penetração quase-estática (CPT).

3 – FACTORES DE CORRECÇÃO PARA AVALIAR CARACTERÍSTICAS *IN SITU*

Como se depreende do que ficou exposto é sobretudo em relação às características de deformabilidade que se sente maior necessidade de estabelecer factores correctivos e introduzir aperfeiçoamentos. Há com efeito que melhorar os métodos de previsão de assentamentos a partir dos resultados de ensaios de laboratório.

Antes porém de procurar coeficientes de correcção por via estatística e correlação com o tipo de solo, afigura-se que há que melhorar a própria técnica de ensaio. É óbvio que um ensaio efectuado com adequadas "trajectórias de tensões" informará com muito maior rigor sobre as características de deformabilidade que serão mobilizadas *in situ.*

Implica a via que ficou mencionada:

1.º – *Correcta avaliação da tensão efectiva residual da amostra colhida*

Porque a alteração do estado de tensão consequente à remoção da amostra do seu local de jazida implica a anulação do estado de tensão total existente *in situ,* definido (num espaço bi-dimensional) por

$$\sigma_v = \gamma h = \Delta\sigma_v$$
$$\sigma_h = k_o\,\sigma_v = \Delta\sigma_h$$

virá que a tensão neutra, u, sofre um decréscimo dado por

$$\Delta u = B\left[\Delta\sigma_h + A\ (\Delta\sigma_v - \Delta\sigma_h)\right]$$

em que A e B são os coeficientes de pressão neutra. Tomando B=1, como é legítimo em meios saturados, tem-se

$$\Delta u = A\ (\Delta\sigma_v - \Delta\sigma_h) + \Delta\sigma_h$$

ou ainda

$$\Delta u = \left[A\ (1 - k_o) + k_o\right]\sigma_v$$

A tensão efectiva residual, $\bar{\sigma}_a$, será dada por

$$\bar{\sigma}_a + (u - \Delta u) = 0$$

por ser nula, como ficou dito, a tensão total no contorno da amostra. O valor de $\bar{\sigma}_a$, que se calcula, como se mostrou, passando pela determinação de A e k_o, servirá para marcar o início da trajectória de tensões que depois se irá impor.

2.º – *O cômputo dos acréscimos de tensões verticais e horizontais e seu faseamento, associados às operações de construção e induzidos pela estrutura construída.*

Um estudo sistemático de amostras usando a metodologia que ficou esquematizada, o cálculo de previsão dos assentamentos correspondentes e a comparação com assentamentos observados em obras protótipo afigura-se estar na primeira linha das investigações a efectuar neste domínio.