

que desse esclarecimentos sobre a amostragem das argilas e sua influência nos resultados de ensaios, a propósito de trabalho apresentado a esse Congresso. Diga-se, de passagem, um trabalho mais do Sayão, que foi quem fez a tese de mestrado; eu apenas o orientei. Eu vou dar um esclarecimento, inicialmente didático, por entender que um Congresso como esse tem também uma função formativa. Posteriormente, vou levantar dois ou três pontos que me parecem estarem esquecidos e talvez sejam de grande importância. O primeiro ponto, ilustrado na transparência, mostra o que acontece numa amostragem perfeita, impossível de se obter, em que a única variação são as tensões totais. É possível calcular a variação da tensão efetiva numa amostra durante amostragem perfeita. No caso da argila do Sarapuñ, que foi objeto do trabalho, mostramos que a amostragem foi perfeita nesse sentido: a tensão efetiva média no campo e no laboratório eram praticamente as mesmas. Mas o problema não está apenas na questão do alívio de tensões. Quando se crava um amostrador ocorre um remoldamento do solo num volume correspondente a um anel: o solo sofre um cisalhamento violento, plastifica-se. No caso de um solo mole tem-se um acréscimo na pressão neutra, como está indicado na transparência, e, consequentemente, a tensão efetiva média final na amostra (tensão residual) fica muito menor do que a tensão efetiva média no campo. No caso do Sarapuñ, está mostrado no trabalho, a tensão residual era de 25 ou 32% da tensão efetiva média de campo. Então vocês podem ter a certeza de que, quando estão olhando para uma bancada de laboratório, vocês estão vendo um solo pré-adensado. Era esse o esclarecimento didático, que serve inclusive para introduzir ao assunto propriamente dito. A primeira observação é que essa queda da tensão efetiva média vale para solos moles. O mesmo processo daquele anel cisalhado geraria "excessos" de pressão neutra negativos num solo pré-adensado, porque nesse caso o solo tem a tendência de dilatar-se. Como resultado, a tensão efetiva média depois da amostragem pode ser maior do que a de campo. Esse é um quadro fechado, hipotético, e faz sentido. Mas será que é verdade? Para confirmar essa afirmação foram feitas as seguintes experiências em 1977. Tomou-se um bloco de argila pré-adensada, saturada, colocou-se esse bloco numa câmara triaxial de grandes dimensões e mediu-se a tensão neutra no bloco. Por diferença, tem-se a pressão efetiva. Descarregou-se a pressão e tirou-se o bloco da câmara e cravaram-se, já previamente preparados, com o mesmo diâmetro de 1,5 polegadas e espessuras de paredes diferentes, obtendo-se novas amostras. Cada uma dessas novas amostras foi levada à câmara triaxial e repetiu-se o processo, com medição das pressões neutras induzidas pelo carregamento. Quanto maior a espessura da parede, maior a tensão efetiva média; mesmo o menor valor foi maior do que o valor do bloco original, que tinha 10 polegadas. Então realmente fecha. Outra observação refere-se ao efeito da temperatura. Todos nós sabemos que a temperatura a 1,5m de profundi-

dade num subsolo é mais ou menos a temperatura média anual do local: 20 graus em São Paulo, 21 no Rio, 26 no Recife e assim por diante. No laboratório a temperatura estará uns 10 graus acima. Ora, ao variar a temperatura da amostra a tensão efetiva também se altera porque os coeficientes de dilatação térmica do arcabouço do solo e da água são diferentes. E eu colocó aqui, entre parênteses, a questão da validade de se usar a tensão residual efetiva como medida da qualidade da amostragem: no meu entender ela não tem substância porque é um efeito da temperatura. Eu já disse uma vez, numa palestra no Recife, que o melhor lugar para se medir pressão neutra é no Recife, pois a temperatura anual média lá varia de 24 a 26 graus. Em outros lugares como na Suécia, a temperatura média no terreno é de 8 graus e, no laboratório, de 20 graus, e vivem medindo pressão efetiva para ver se teve muito amolgamento ou não. Não tem sentido. A terceira observação refere-se ao gás nos vazios. Isso afeta a compressibilidade do arcabouço dos grãos e pode modificar as tensões efetivas no processo de amostragem e no processo de readensamento no laboratório. Eu usar mais um minutinho para fazer mais uma observação. É sobre esse assunto que o Façal e a Regina andaram discutindo e, uma coisa importante é que os grãos cauliniticos ou dos minerais argílicos nesses solos vermelhos podem estar cobertos e respingados por óxido de ferro. Talvez aí esteja o motivo para a resistência ser tão alta. Pronto, eram esses os comentários que eu queria fazer. Obrigado. (palmas)

LEANDRO: considerando que o tempo está passando depressa, vamos inventar um pouco, deixando os esclarecimentos para o fim, e passar a palavra a pessoas inscritas para debater assuntos ligados aos temas propostos pelo relator. Com a palavra o prof. Victor de Mello, que tem uma pergunta ao Dr. Márcio de Almeida.

de MELLO: ... o nosso raciocínio nos obriga a saber qual o histórico dos solos. Se ele provem da decomposição de rochas é evidente que ele passa por várias transições e nucleações, até que acaba por se alterar a to-lometria, que foi sugerido na Austrália, em 1963, e ajudaria a discutir muito isso, sem ressecamentos e outras tantas. Bem, não vou me deter em fazer elogios, que só tomam tempo e que são desnecessários e ínfimos em comparação com o que a história vai reportar. Fiquei enormemente surpreso, com o maior dos orgulhos, com o nível dos trabalhos apresentados, e o grande número de jovens que estão contribuindo, e nomes para mim desconhecidos. E que estou ficando um pouco velho. Ora, já que estamos discutindo um pouco da velhice das coisas, então voltemos a um assunto que foi mencionado tanto pelo prof. Façal como pelo Márcio. E eu pergunto: qual o que é o coeficiente de empuxo em repouso destes solos ressecados

que estão sendo discutidos. Nós medimos as pressões de pré-adensamento de ressecamento com relação à pressão vertical. Porém, sabemos perfeitamente que toda vez que há um ressecamento, começam a aparecer fissuras, que evidentemente aliviam as tensões laterais. Então há uma diferença entre estes coeficientes em termos de tensão total ou efetiva na amostra ou no estrato. Ademais, pelo que o prof. Faizal Massad mencionou, não há veria nenhuma razão para que não houvesse tensões de pré-adensamento de ressecamento em outras cotas, além de meramente a superfície. Eu tenho a impressão de que nós estamos perdendo uma oportunidade de fazer um pouco dos ensaios mentais que são necessários fazer, e que justamente nos favorecem com relação aos países mais adiantados. Neste assunto eu vou voltar ao gráfico lá de cima (transparência), mas queria começar por usar a informação da dispersão mencionada pelo IPT, etc., com relação a nove anos de experiência de comparação de uma série de trabalhos do NBS contra não sei quantos novos laboratórios aqui do Brasil, contorne trabalho apresentado nos Anais. Ora, nós ficamos a discutir relações maravilhosas em função do IP, etc., e se os senhores quiserem fazer o favor, na hora em que acenderem as luzes, vejam onde é que estamos. Ora, é por isso que eu volto a um assunto como estado crítico, SHANSEP, etc.. Presumia história de tensões, porque a verdadeira ninguém conhece. Ora, a ideia da dimensionalização da resistência foi iniciada há vinte e tantos anos. E em que é que resultou realmente? Em absolutamente nada. Por que? Porque nós, ao invés de trabalhar com um único parâmetro, acabamos por trabalhar com dois, a resistência e a pressão de pré-adensamento. Qual é o nosso interesse como jovens entrando no campo seguirmos o velho? Eu penso que toda a juventude sempre acha que o grande interesse de conhecer os velhos é para não segui-los. E, assim, curiosamente, eu estou conhecendo o que os franceses fazem, os canadenses, os noruegueses e tal. Eu digo, ora eu já conheço tudo isso e é exatamente isso que eu não quero. Ora, perdoem-me mas em 1982, num trabalho com o título de Desatios para o Desenvolvimento de Mecânica dos Solos Autóctone etc., eu postulei que obrigatoriamente, qualquer correlação tipo Skempton, etc., é inicialmente viada. Por que? Se o Casagrande merece o maior respeito, e ele diz que um solo é determinado em função do L₁ e do L₂, então quem sou eu para discordar dele, no final das contas? Então as correlações deveriam ser no mínimo com ambos, o L₁ e o L₂. Segundo, usando a relação entre o ângulo de atrito efetivo e o IP, que é publicada com dispersão por todos os autores. No gráfico eu desenhei uma curva ou faixa, como deveria ser em teoria. A chuva de pontos que eu encontrei num trabalho, ao folhear um volume da ASCE de Junho de 1986, e que de memória tentei colocar no desenho, estão torçando a minha faixa como válida. Eu perguntaria se realmente estamos evoluindo para a prática, sem seguirmos mais um ou outro ou mais outro método, se estamos essencialmente, digamos, recuperando os

atrasos. Eu louvo imensamente toda a introdução de novos conhecimentos. Sempre gostei, é fantástico, mas o modelo Cam Clay foi desenvolvido para argila inativa e sem estrutura. Quero crer, Cambridge Clay, Cambridge é de Cam Bridge, a ponte sobre o Rio Cam. E há um caolim, sem estrutura, sem nada. Na medida em que se começa a usar argilas com estrutura, o modelo Cam Clay e tudo o mais começa a desaparecer, não obstante eu ter a mensa amizade pessoal ao Schofield, ao Wroth e ao Parry. Eu perguntaria, finalmente, se nós realmente deveremos prosseguir nesta linha ou buscar uma linha um pouco mais praticamente útil para as nossas necessidades, com grandes quilômetros de aterros sobre solos moles por serem feitos. (palmas)

LEANDRO: o Dr. Márcio teria algum comentário a fazer?

MÁRCIO DE ALMEIDA: sim, eu vou tentar responder ao prof. Mello. Com relação à parte inicial da pergunta, eu acho que é realmente importante a normalização da resistência ao cisalhamento dos solos. Porque o conhecimento do histórico de tensões é o primeiro passo para um conhecimento efetivo dos solos. Qualquer cálculo de recalques requer esse conhecimento. Entre os canadenses existe uma prática muito difundida de calcular a resistência não drenada com base em relação entre ela e a pressão de pré-adensamento, de 0,22. É possível que no futuro cheguemos a uma relação desse tipo, válida para os nossos solos de baixadas litorâneas. E isso apesar de acotar que a determinação da pressão de pré-adensamento não é assim tão expedita como a da resistência não drenada. Ainda que hajam técnicas expeditas como a que tive oportunidade de mostrar, como a do ensaio de adensamento de um dia. Com relação a modelos globalizantes, o meu ponto de vista é que eles formam a base de todo o enfoque moderno dos estudos de tensão-deformação dos solos. Quer dizer, todos os modelos elasto-plásticos, hoje em dia, tomam como base o Cam Clay. Realmente este modelo foi desenvolvido para argila remodelada, mas mostrou ser útil para uma estrutura mental de raciocínio. De modo que, de longe o ponto mais positivo está no aspecto didático, poder ensinar aos alunos a compressibilidade e a resistência num enfoque único. O modelo do estado crítico explica tudo isso numa estrutura conceitual única, junta tudo isso numa coisa só. Também a nível de projeto acho que ele trouxe a sua contribuição, pois permite correlacionar a resistência com umidade, o que tem aplicações, por exemplo, em aterros hidráulicos. E isso é também importante.

LEANDRO: professor de Mello.

de MELLO: (fora do microfone)... a pergunta háscia seria se o modelo evo-

luiu realmente, deu algum resultado prático, em caso de argilas sensíveis com uma sensibilidade igual a 10 ou coisa do gênero. Eu concordo inteiramente com o prezado colega, aliás desculpe-me tomar o tempo de uma audiência tão seleta, que realmente nos entusiasma. Mas ao mesmo tempo vejo que nós somos um país jovem, que tem que resolver os problemas práticos. E eu gostaria de saber se algum desses modelos ajudou nesse sentido. Se o prezado colega Márcio soubesse eu daria hurras de alegria. Eu apoio, sob o ponto de vista de dar uma idéia magnífica de comportamento, isto aqui é indiscutível, e efetivamente deve ser dado em aula, mas na prática e eu não encontrei nenhuma, nas 37 fichas que tenho classificadas na minha biblioteca pessoal.

MARCIO DE ALMEIDA: eu gostaria de lembrar um caso em que deu resultados práticos. Trata-se da aplicação do Modelo Ylight, desenvolvido no Canadá. Trata-se de modelo que decorreu do Cam Clay, e que se aplica e bem a argilas muito sensíveis que lá ocorrem. Tem funcionado bem quando aplicado a aterros sobre solos moles, tanto na previsão de pressões neutras, portanto da estabilidade, quanto na estimativa de recalques e na velocidade de seu desenvolvimento. Todas estas são questões com as quais qualquer projetista tem que se haver. No Brasil nós ainda estamos começando e temos algumas aplicações de retroanálise no aterro COPPE/IPR, com bons resultados. Pelo menos estamos de acordo num ponto: estes modelos dão estruturas mentais ao raciocínio e nesse ponto eu acho que eles são fora de série.

LEANDRO: obrigado ao Márcio pela sua contribuição. Nós temos duas perguntas do prof. José C. de Carvalho, sendo uma para o prof. Erundino e a outra para o prof. Márcio. Para o Prof. Erundino: Sabe-se que o atrito lateral diminui a pressão de expansão, foi tentado modelar via ensaio triaxial essa diminuição de pressão de expansão isotrópica, encontrada em outros solos?

ERUNDINO: eu esclareceria ao colega que nós não temos conhecimento de ensaios triaxiais feitos em massapês, para a medida da pressão de expansão. Todos os ensaios foram do tipo odométrico com controle da sucção. Houve sim alguns ensaios experimentais com anéis que permitiam controlar os níveis de deformação horizontal.

LEANDRO: a outra pergunta é para o prof. Márcio de Almeida e diz respeito ao ensaio com gradiente controlado. Questiona o fato de se considerar apenas 50% de pressão neutra, se isso não seria pouco, se 2/3 de dissipação não seria mais conveniente. Outra pergunta, como se comportou a variação da velocidade durante esses ensaios? Não houve oscilações de ve