

## Resistência de areias

### 1. Proposição do problema

Na fundação da barragem foram encontrados, no vale do rio, depósitos aluvionares arenosos. Suspeita-se, a partir das prospecções disponíveis (por enquanto apenas SPT) que essas areias possam estar em estado fofo e, conseqüentemente, ser muito deformáveis e pouco resistentes.

Não se conseguiram amostras indeformadas dessas areias, mas há amostras disponíveis no LMS (Laboratório de Mecânica dos Solos) da EPUSP (areias 1 a 4). Cada turma ensaiará uma dessas areias.

Nesta etapa a tarefa da equipe se divide em três partes:

- Reunião preparatória ANTES da ida ao laboratório
- Realização dos ensaios no laboratório
- Interpretação dos resultados e preparação do relatório dos ensaios

A síntese será feita posteriormente, reunindo resultados de várias equipes.

### 2. Reunião preparatória ANTES da ida ao laboratório

Discutir e responder as questões abaixo apresentadas, depois de ter lido este roteiro até o final. As referências são do livro-texto da disciplina.

- Como identificar e descrever o solo a ser ensaiado? (Caps. 1 a 3) Por quê fazê-lo?
- Qual seria a importância de se classificar um solo? (Cap. 3)
- É surpreendente a presença de depósitos aluvionares arenosos no vale do rio? Por que se encontram ora essas areias, ora argilas? (Caps. 1 a 3)
- Por que será que não foi possível obter amostras indeformadas? (Cap. 2)
- **Índice de vazios** de uma areia representa **natureza** ou **estado** desse solo? Como conseguir que uma areia ocupe um recipiente com índice de vazios máximo? E mínimo?
- Qual o fenômeno físico básico envolvido na resistência dos solos? (Cap. 12)
- Como se representa o critério de ruptura dos solos? Quais os parâmetros envolvidos nessa representação? (Cap. 12)
- Quais os ensaios que podem ser utilizados para medir a **resistência** dos solos? Quais as razões que levam à escolha de um ou outro? (Cap. 12).
- A resistência do solo encontrado na fundação da barragem será igual àquela determinada no laboratório? Justifique. (Caps. 12 e 13)

- O cliente insiste em saber o **índice de vazios** em que o ensaio de resistência foi realizado, bem como a respectiva **compacidade relativa**. Por que será?
- Se lhe fosse permitido escolher a compacidade relativa para realização do ensaio de resistência, que critério orientaria a sua escolha?

### 3. Ensaaios (no laboratório)

- Ensaio de cisalhamento direto da areia
  - **Identificar e descrever** a areia a ser ensaiada (cada turma utilizará uma areia). **Tamanho** dos grãos é essencial, mas não é a única característica relevante da natureza do solo. Observe e anote tudo que julgar relevante.
  - Fazer **ensaio de cisalhamento direto**, que permitirá conhecer a resistência da areia na compacidade relativa do ensaio. Seguir os procedimentos de ensaio abaixo indicados e as recomendações dos laboratoristas do LMS.
    - Calcular a massa de solo a ser utilizada no ensaio, a partir do volume de  $90 \text{ cm}^3$  da caixa de cisalhamento e do peso específico. Com o índice de vazios especificado e conhecendo o peso específico dos sólidos ( $\gamma_s$ ), que será fornecido, calcular o peso específico do solo seco ( $\gamma$ ).
    - Pesar a amostra, em balança devidamente calibrada.
    - Encaixar a caixa de cisalhamento no restante do equipamento de cisalhamento direto.
    - Despejar a amostra pesada sobre a caixa de cisalhamento de uma altura inferior a 1 cm, para a obtenção da maior homogeneidade possível (recomendada a utilização de funil). Adotar os procedimentos recomendados no LMS para obter o índice de vazios especificado.
    - Fase de preparo (ou adensamento): colocar o conjunto de pesos para uma das tensões normais especificadas para a equipe, realizar as medições relativas ao adensamento da amostra sob esse carregamento vertical.
    - Fase de ruptura (ou cisalhamento): terminado o processo de adensamento, iniciar o cisalhamento horizontal da amostra.
    - Realizar as medições de deslocamento horizontal, vertical e força horizontal.
    - Limpar a caixa de cisalhamento para a próxima amostra a ser ensaiada.
    - Repetir os procedimentos para as outras duas tensões normais especificadas para a equipe.

#### 4. Formato e conteúdo do relatório: 1 página A4 + Anexo A + Anexo B

O relatório de ensaio deve ter **uma única página tamanho A4** (identificação da turma e da equipe no rodapé) contendo o seguinte:

- Um parágrafo de **identificação e descrição** da areia
- Um conjunto de **três gráficos** relativos ao ensaio de cisalhamento direto, com a disposição indicada na página 4 a seguir.

**Anexo A:** todos os formulários de ensaios utilizados no laboratório.

**Anexo B:** uma única folha de cálculo, tamanho A4. Todos os cálculos não efetuados nos próprios formulários (anexo A) devem ser indicados na folha do anexo B, bem como referências bibliográficas.

#### 5. Entrega do relatório

O relatório só será considerado entregue no prazo (antes do **início** do experimento seguinte) se o *upload* do arquivo único for precedido do registro dos resultados dos experimentos no **BDEx** (banco de dados dos experimentos, também no **GeoMoodle**).

#### 6. Síntese

Instruções sobre a síntese dos resultados das diversas equipes e turmas serão fornecidas oportunamente.

<ul style="list-style-type: none"> <li>Gráfico tensão de cisalhamento vs. tensão normal com as duas <u>envoltórias</u> de resistência (de <b>pico</b> e <b>residual</b>) da areia e os (seis) <u>pontos</u> obtidos nos ensaios de cisalhamento direto. <b>Indicar graficamente e anotar os valores dos ângulos de atrito.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gráfico tensão de cisalhamento vs. deslocamento horizontal com as três curvas (uma para cada tensão normal) da areia ensaiada. Usar a mesma escala de tensão de cisalhamento do gráfico à esquerda. Anotar no gráfico as três tensões normais, os pontos de ruptura e as coordenadas desses pontos (tensão de cisalhamento e deslocamento horizontal).</li> </ul>																												
<ul style="list-style-type: none"> <li>Constante de calibração do anel dinamométrico</li> <li>Área do corpo de prova</li> <li>Peso específico da areia do corpo de prova</li> <li>Peso específico dos grãos de areia (fornecido pelos laboratoristas do LMS)</li> <li><math>e_{MÁX}</math> e <math>e_{MÍN}</math> da areia (fornecidos pelos laboratoristas do LMS)</li> <li><math>e</math> (índice de vazios) do corpo de prova no momento do início do ensaio (antes da fase de adensamento)</li> <li>CR (compacidade relativa) do corpo de prova no momento do início do ensaio (antes da fase de adensamento)</li> </ul> <p>Obs.: lembre-se de que o seu cliente quer saber o índice de vazios e a compacidade relativa para os quais você determinou a resistência do solo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gráfico índice de vazios (recalculado ponto a ponto, a partir do deslocamento vertical medido) vs. deslocamento horizontal, com as três curvas (uma para cada tensão normal) da areia ensaiada. Usar a mesma escala de deslocamento horizontal do gráfico acima. Indicar graficamente e anotar os valores dos índices de vazios na ruptura (pico) e residual.</li> </ul>																												
<table border="1" data-bbox="269 1598 1276 1839"> <thead> <tr> <th><math>\sigma</math> (kPa)</th> <th><math>e</math> (*)</th> <th>CR (inicial)</th> <th><math>e_{pico}</math></th> <th><math>e_{res}</math></th> <th><math>\phi_{pico}</math></th> <th><math>\phi_{res}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p>(*) Índice de vazios e compacidade relativa medidos no início da fase de cisalhamento (após estabilização do deslocamento vertical por efeito da tensão normal aplicada)</p>		$\sigma$ (kPa)	$e$ (*)	CR (inicial)	$e_{pico}$	$e_{res}$	$\phi_{pico}$	$\phi_{res}$																					
$\sigma$ (kPa)	$e$ (*)	CR (inicial)	$e_{pico}$	$e_{res}$	$\phi_{pico}$	$\phi_{res}$																							