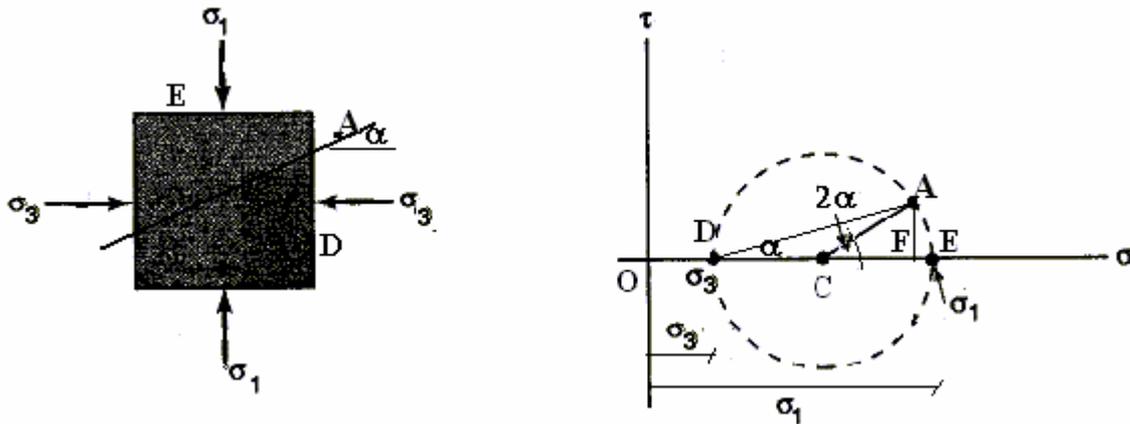


## 2 – TENSÕES NOS SOLOS

**Círculo de Mohr** - Estado plano de tensão:



$$\sigma_a = \overline{OC} + \overline{CF} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos(2\alpha)$$

$$\tau = \overline{FA} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin(2\alpha)$$

1 – Num sistema de eixos  $\sigma, \tau$  marcar os pontos D e E de coordenadas  $(\sigma_1, 0)$  e  $(\sigma_3, 0)$  respectivamente.

2 – A recta DE representa o diâmetro do círculo de Mohr representativo do estado de tensão. Desenhar a circunferência.

3 – Para obter o **polo de irradiação de planos** desenhar, pelo ponto E, uma paralela ao plano onde actua  $\sigma_1$  e, pelo ponto D, uma paralela ao plano onde actua  $\sigma_3$ . O ponto de intersecção destas rectas é o polo pretendido, ponto P. No caso apresentado coincidente com D.

Propriedades:

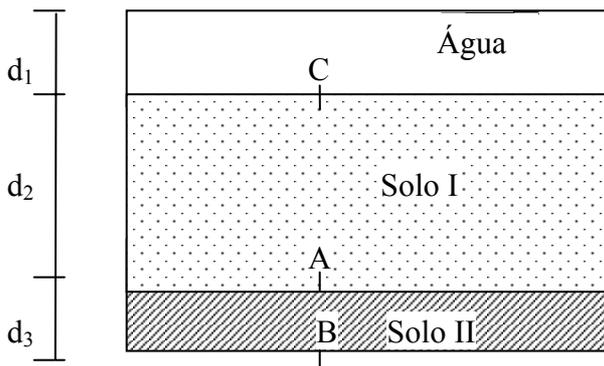
- Qualquer recta que passe pelo polo intersecta a circunferência de Mohr num ponto cujas coordenadas representam as tensões que actuam num plano paralelo a essa recta. Ex: o ponto A representa o plano A, que faz um ângulo  $\alpha$  com a horizontal, e as suas coordenadas são as tensões  $\sigma_a$  e  $\tau$  que actuam no plano A.
- A máxima tensão de corte é igual a  $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ , ou seja, ao raio do círculo, e ocorre em planos inclinados a  $45^\circ$  em relação ao plano onde actua a tensão principal máxima (marcar na figura o referido ângulo<sup>1</sup>).

Convenções de sinais:

- as tensões de compressão são positivas, marcando-se para a direita da origem;
- as tensões tangenciais<sup>1</sup> (sentido dos ponteiros do relógio) são negativas marcando-se para baixo no eixo das ordenadas.

<sup>1</sup> Para medir os  $45^\circ$  é necessário redesenhar a figura geometricamente.

### Tensões geostáticas



$$\sigma = \sigma' + u$$

$\sigma$  - tensão total  
 $\sigma'$  - tensão efectiva  
 $u$  - pressão intersticial

$$\sigma_B = \gamma_w \cdot d_1 + \gamma_{\text{solo I}} \cdot d_2 + \gamma_{\text{solo II}} \cdot d_3$$

$$u_B = \gamma_w \cdot d_1 + \gamma_w \cdot d_2 + \gamma_w \cdot d_3$$

À profundidade  $z$ , num plano horizontal, tem-se:

$$\sigma_v = \gamma z \quad \text{e} \quad \sigma'_v = \gamma' z$$

No caso de se pretender determinar o estado de tensão, num plano vertical, perpendicular ao primeiro, obtemos:

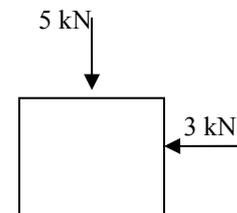
$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$$

### Problemas

**2.1** – Uma amostra de solo de 10 cm de lado está sujeita ao sistema de forças indicado na figura.

Determine:

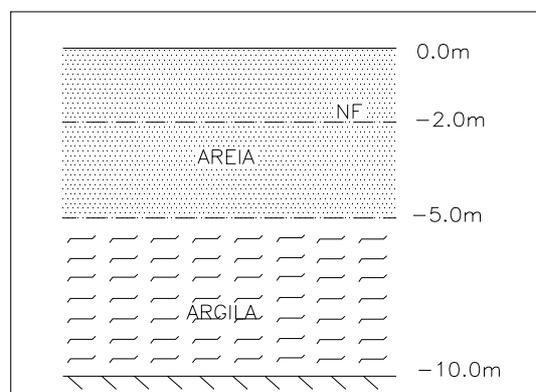
- a representação no círculo de Mohr do estado de tensão da amostra;
- o valor das tensões actuantes num plano que faz um ângulo de  $30^\circ$  com a horizontal.



**2.2** - Para o perfil geotécnico indicado na figura trace os diagramas em profundidade de:

- tensões totais;
- pressões intersticiais;
- tensões efectivas

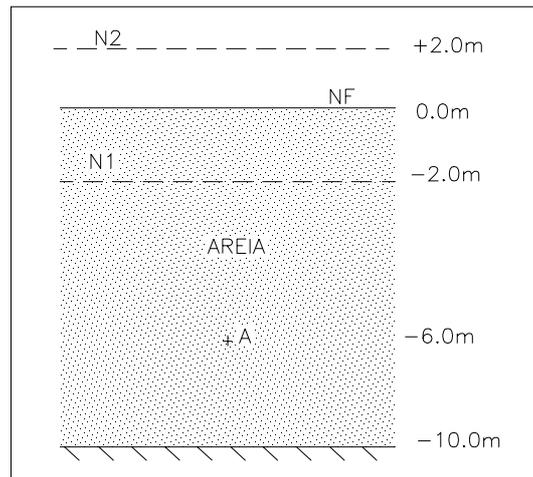
Considere para a areia  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  e  $\gamma_{\text{sat}} = 19.5 \text{ kN/m}^3$ , e para a argila  $\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$ .



**2.3** - Considere o perfil geotécnico indicado na figura . Como variam as tensões efectivas no ponto A se:

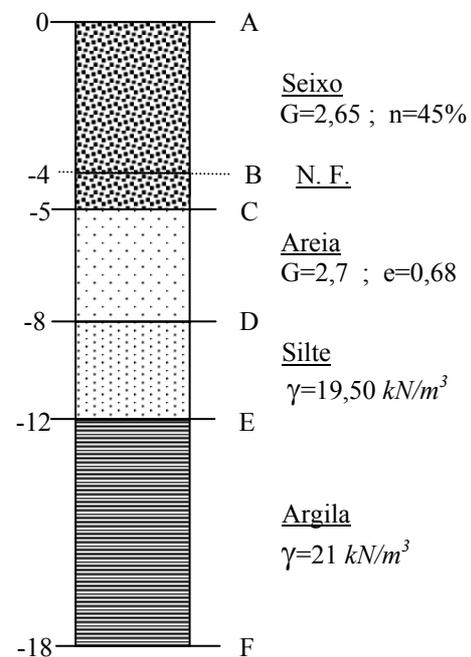
- a) o nível freático descer 2m (N1) devido à ocorrência de um período de seca;
- b) o nível freático subir 2m (N2) devido à ocorrência de uma inundação.

Considere em qualquer situação o solo saturado com  $\gamma_{sat}=20\text{kN/m}^3$ .

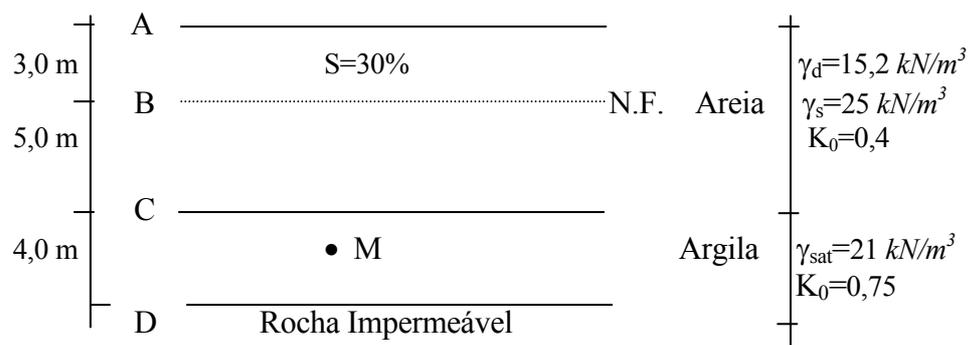


**2.4** – As sondagens, efectuadas num vale aluvionar, mostraram a existência de um nível freático localizado a 4 m da superfície do terreno e de um substrato rochoso a 18m de profundidade. O gráfico de sondagens é o indicado no esquema que se apresenta, encontrando-se referidos, para cada um dos estratos, os valores das características fundamentais dos diversos solos, determinadas em ensaios laboratoriais.

- a) Traçar os diagramas das tensões verticais totais e efectivas, ao longo do perfil do terreno.
- b) Traçar os mesmos diagramas, para o caso do nível freático descer 4 m.  
Para a resolução desta alínea, admitir o solo totalmente saturado, abaixo do nível freático e com um grau de saturação igual a 80%, acima do mesmo nível.
- c) Determinar os aumentos de tensões efectivas ao longo do perfil de terreno, devidos ao rebaixamento do nível freático e interpretar os resultados.

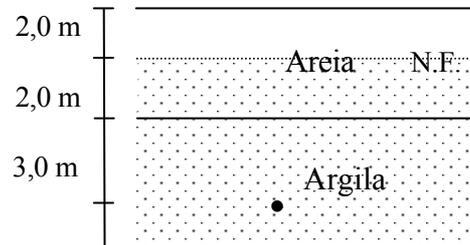


**2.5** – Considere o seguinte corte geológico :



- Determine no ponto M, situado a meio da camada de argila, as tensões horizontais total e efectiva e a pressão intersticial.
- Trace os diagramas de variação com a profundidade das tensões horizontais totais e efectivas e das pressões intersticiais.

**2.6** - Uma camada de areia fina com 4 m de espessura cobre um estrato de argila mole. O nível freático está 2m abaixo da superfície do terreno. A areia acima do nível freático tem um grau de saturação médio de 75%. Toda a camada de areia tem uma porosidade de 40%.



A argila mole tem um teor em água de 42%. Considerar uma densidade relativa  $G = 2,7$ , quer para as partículas sólidas da argila, quer para as da areia. Determinar a tensão efectiva a uma profundidade de 7m.

**R :**  $\sigma' = 82,71 \text{ kN/m}^3$

**2.7** - Num terreno constituído por areia fina, o nível de água encontra-se a 2,50 m de profundidade. O peso específico saturado é de  $21 \text{ kN/m}^3$  e a densidade das partículas é 2,67. Calcular a profundidade à qual a tensão efectiva é igual a 130 kPa.

**R :** 10,3 m