



FOLHA DE EXERCÍCIOS Nº 3 – Estabilidade de taludes e de aterros

Exercícios para resolução fora do âmbito das aulas teórico-práticas -

nºs 2 e 9

Prazo para entrega dos exercícios resolvidos nº 2 -

9ª aula teórico-prática

nº 9 -

10ª aula teórico-prática

1. Considere o muro de suporte representado na Figura 1.

Admitindo as condições nela representadas, calcule o coeficiente global de segurança ao deslizamento pela superfície indicada, recorrendo ao:

- método de Fellenius;
- método de Bishop Simplificado.

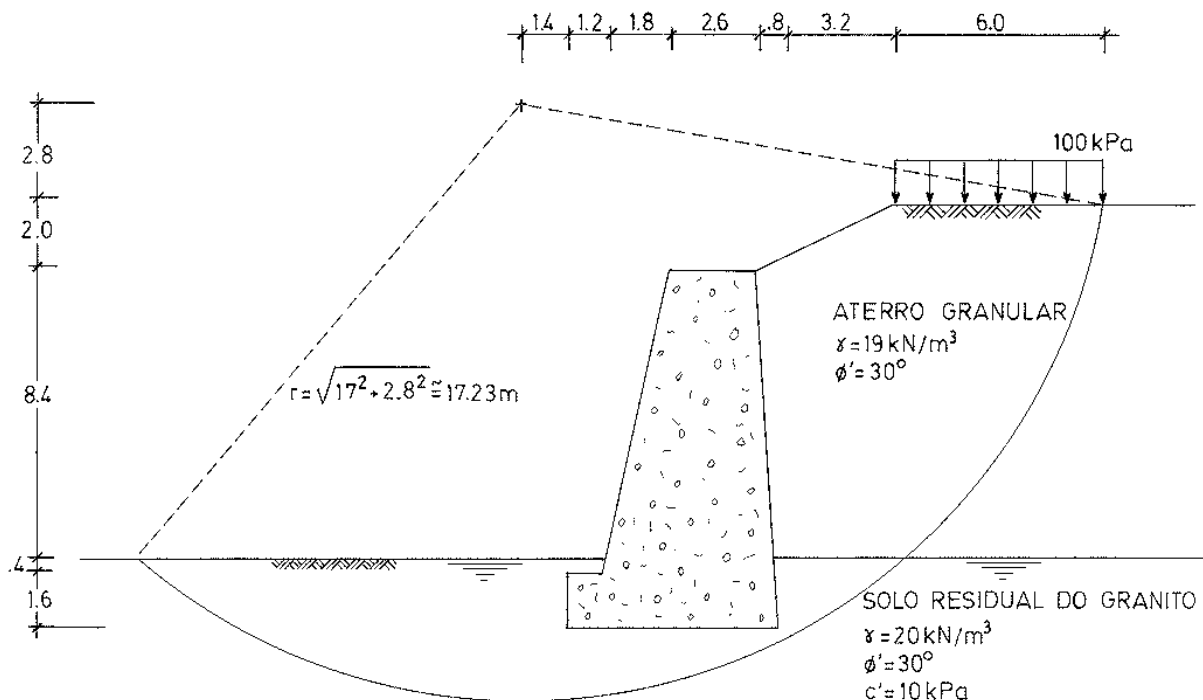


Figura 1

2. A Figura 2 representa um aterro construído sobre um solo argiloso mole.

- Utilizando o programa de cálculo automático **SLOPE/W** determine qual o coeficiente de segurança global mínimo do aterro e a respectiva superfície potencial de deslizamento. Sugere-se a subdivisão do estrato de argila em 4 subcamadas para a consideração da variação da resistência não drenada em profundidade. Utilize os métodos de Fellenius e de Bishop Simplificado.
- Utilizando ainda o mesmo programa, determine as dimensões h e L de duas banquetas a colocar ao lado do aterro (e do mesmo material deste) de modo a que o coeficiente de segurança, obtido pelo método de Bishop simplificado, não seja menor do que 1,50.

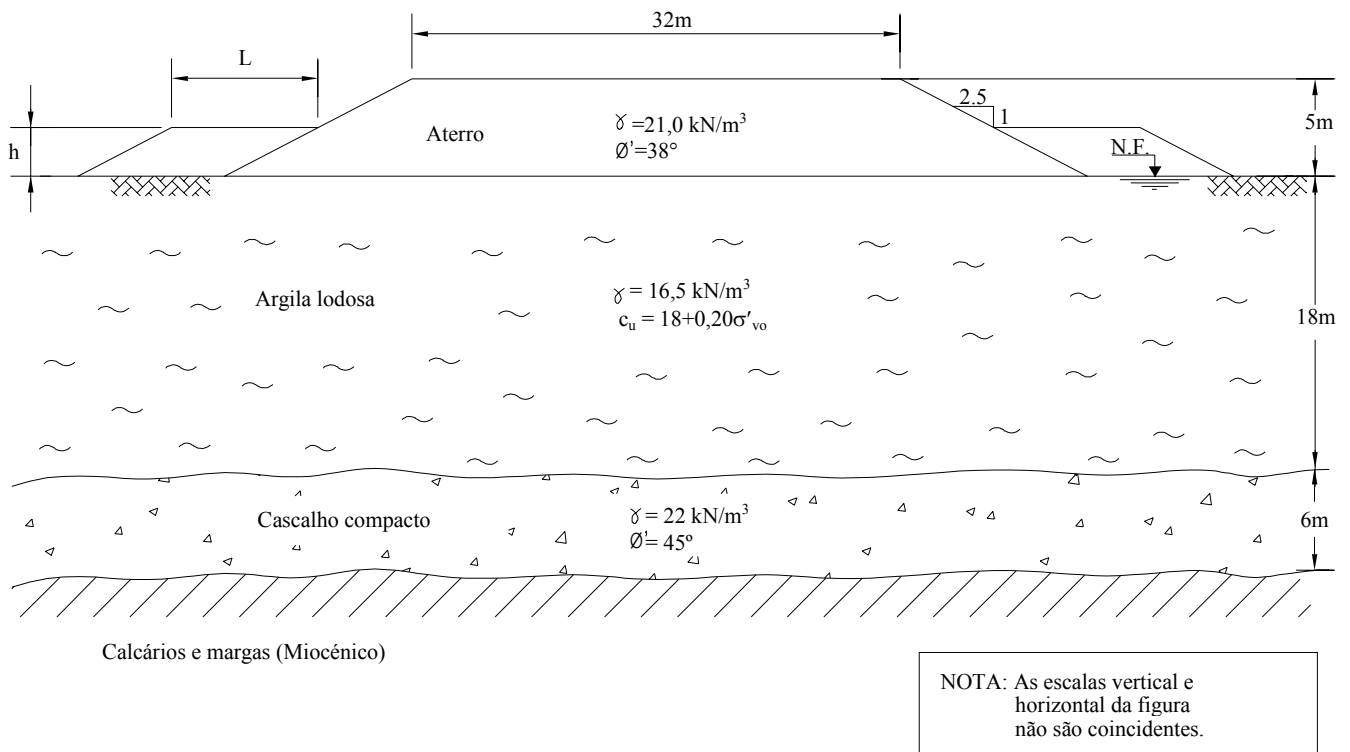


Figura 2

3. Considere uma escavação de face vertical, como indica a Figura 3, num maciço de argila moderadamente sobreconsolidada, com resistência não drenada $c_u = 50 \text{ kPa}$ e peso volúmico $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$. Admitindo que o período em que a escavação ficará aberta é muito curto, não ocorrendo por isso durante o mesmo significativa dissipação dos excessos de pressão neutra gerados no maciço, determine:
 - a) a profundidade que a escavação pode atingir sem que nenhum ponto do maciço sofra rotura por corte;

- b) a profundidade máxima que a escavação pode atingir, supondo que o deslizamento se desenvolve ao longo de uma superfície plana que passa pelo ponto inferior da face do corte, como sugere a figura;
- c) a solução encontrada na alínea anterior está do lado da segurança? Justifique.

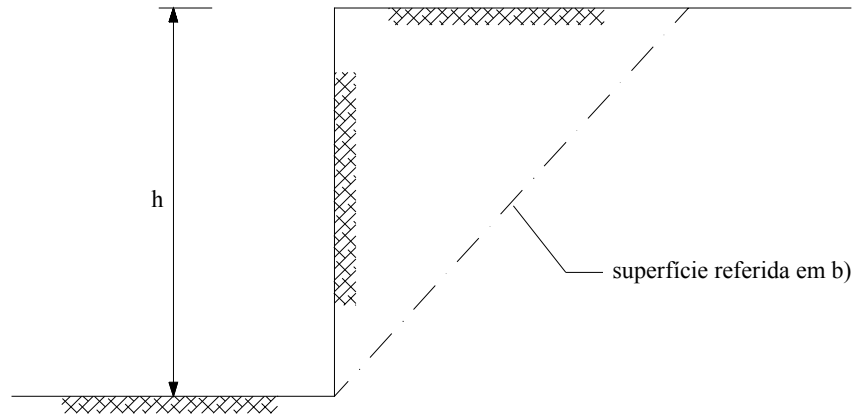


Figura 3

4. A Figura 4 representa um talude infinito de uma areia argilosa resultante da alteração do maciço rochoso subjacente.
- a) Para que espessura d da camada de solo residual é que estará iminente o deslizamento do talude?
- b) Suponha que $d=4,0$ m e que devido a um período de intensa pluviosidade se estabelece um escoamento paralelo à superfície do terreno, estando a toalha freática situada a 2,5 m de profundidade. O talude manter-se-á estável? Justifique.
- c) Considerando $d=4,0$ m e o nível freático situado inferiormente ao contacto do solo residual com a rocha, estime qual a máxima aceleração sísmica horizontal que o talude pode experimentar sem escorregamento.

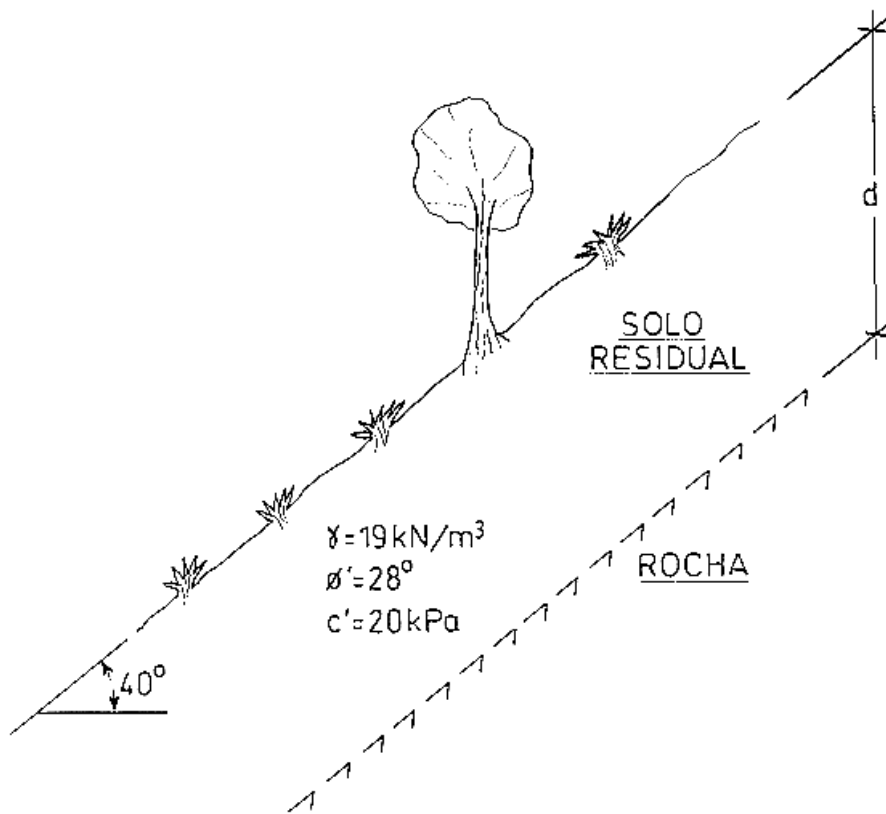


Figura 4

5. A Figura 5a mostra uma encosta natural de formações terciárias predominantemente calcárias nas quais ocorrem algumas finas camadas de margas argilosas de resistência muito mais baixa. Na encosta vai ser efectuada uma escavação, com a geometria indicada na figura, para implantar uma estrada.

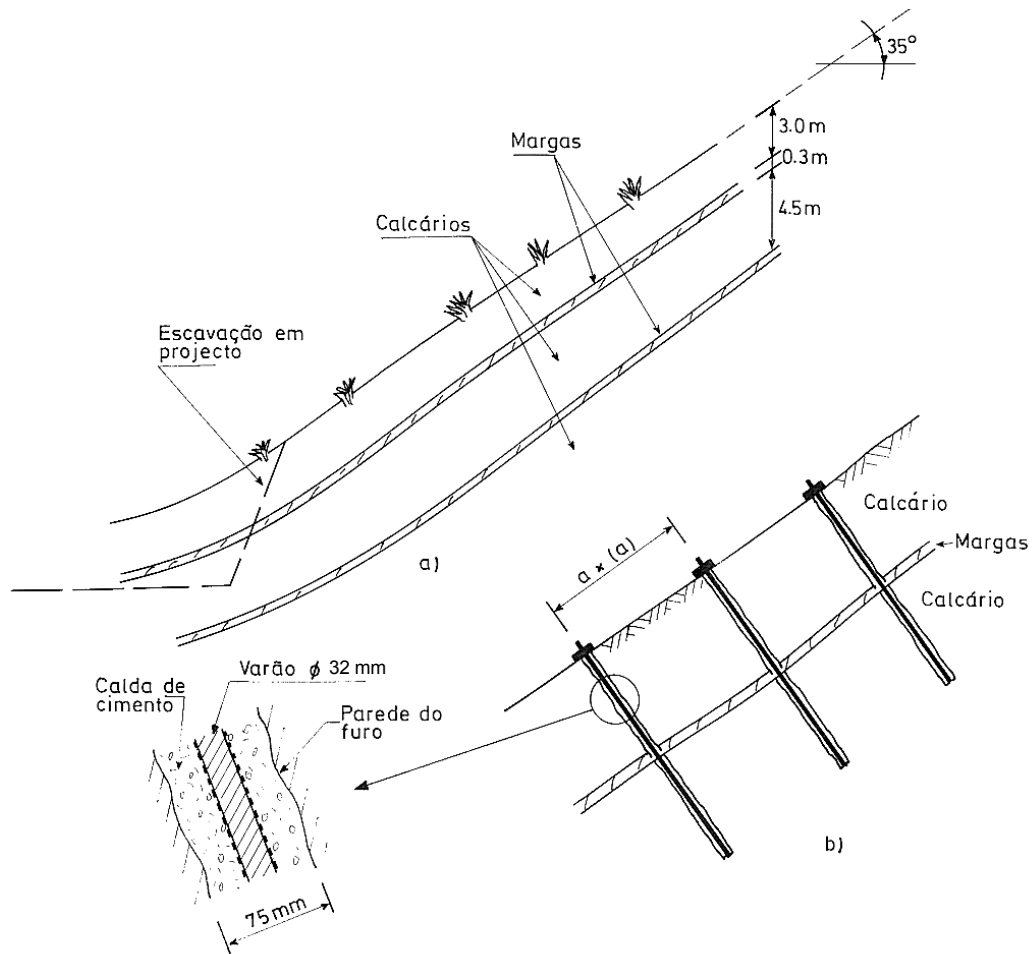


Figura 5

Quadro I

Formação	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	$c'(\text{kPa})$	$\phi'(^{\circ})$
Calcários	23,0	200	40
Margas argilosas	21,5	8	22

- a) Usando os parâmetros incluídos no Quadro I (e considerando-os como valores característicos), prove que o maciço experimentará muito provavelmente escorregamento em consequência da escavação. Atendendo ao facto de a espessura do terreno potencialmente instável ser muito pequena quando comparada com as dimensões da encosta assimile esta a um talude infinito.
- b) Para viabilizar a escavação pretende-se instalar na encosta um conjunto de pregagens perpendiculares ao talude e dispostas em malha quadrada, conforme mostra a Figura 5b. Cada pregagem consiste num varão $\phi 32$ mm de aço A400 introduzido num furo com 3 polegadas de diâmetro preenchido com calda de cimento. As pregagens, ao intersectarem a superfície potencial de escorregamento, têm um efeito favorável devido à sua resistência ao corte (ou ao esforço transversal) que, naturalmente, se adicionará à resistência ao corte do próprio solo na mesma superfície. Utilizando coeficientes parciais de segurança de acordo com o Eurocódigo 7, determine o afastamento, a , das pregagens, sabendo que o valor de cálculo da força de corte resistente de cada uma vale 75 kN.

6. A Figura 6 representa um corte transversal de uma barragem de terra com 210 m de altura e com núcleo argiloso inclinado para montante.

Atendendo ao elevado ritmo de construção previsto e ao alto teor em água com que o núcleo será compactado, admite-se que este se comportará em condições não drenadas durante a fase construtiva. Pretende-se pois averiguar a possibilidade de desenvolvimento de um mecanismo de rotura, imediatamente após o fim da construção, formado pelos dois blocos do maciço de montante representados, escorregando ao longo da linha a traço-ponto, que em parte se desenvolve no contacto com maciço de fundação.

Tome os seguintes valores (característicos) para os parâmetros de resistência dos três materiais:

- aterro granular (maciço estabilizador de montante): $\phi' = 40^\circ$
- aterro argiloso (núcleo): $c_u = 90 \text{ kPa}$
- areia siltosa (maciço de fundação): $\phi' = 37^\circ$

Verifique a segurança da barragem em relação ao escorregamento envolvendo os dois blocos usando coeficientes parciais de segurança de acordo com o Eurocódigo 7. Tome os seguintes pesos para os blocos: $W_1 = 276300 \text{ kN}$; $W_2 = 180600 \text{ kN}$. Considere ainda que o comprimento da superfície potencial de deslizamento no contacto com o núcleo é de 372 m.

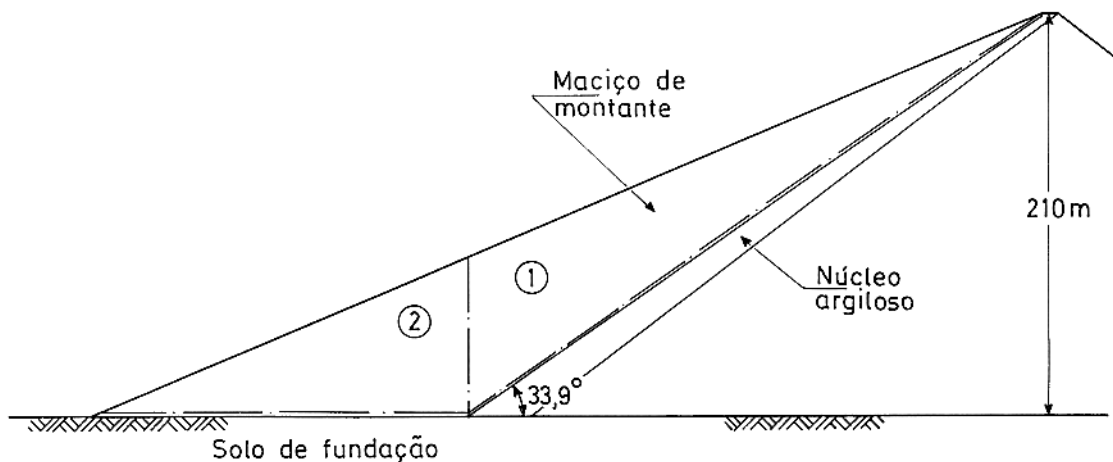


Figura 6

7. A Figura 7 representa uma encosta de formações geológicas muito antigas, em cuja parte inferior se acumularam depósitos de vertente (que resultaram, como o seu nome indica, de materiais e partículas originários das formações a cotas mais elevadas transportados por acção da gravidade). No contacto entre os depósitos de vertente e as formações argilosas subjacentes, devido a escorregamentos antigos, está mobilizada a resistência residual das argilas, definida por uma coesão efectiva nula e um ângulo de atrito residual muito baixo ($\phi'_r = 14^\circ$).

Para inserir uma estrada é necessário retirar a parte inferior dos depósitos de vertente que, como a figura sugere, estabiliza a parte superior. Para substituir a acção estabilizadora do material a retirar projecta-se construir uma cortina de estacas de betão armado. As estacas têm 0,8 m de diâmetro e os respectivos eixos estão afastados longitudinalmente de 1,5 m. A cada estaca amarram-se três ancoragens inclinadas de 20° em relação à horizontal.

Adoptando coeficientes de segurança parciais (Eurocódigo 7), determine a força que deve ser exercida por cada ancoragem: i) em condições estáticas; ii) em condições sísmicas definidas pelos coeficientes sísmicos $k_h = 0,08$ e $k_v = 0,04$.

Nos cálculos despreze a resistência passiva do terreno em frente da cortina de estacas, isto é, considere que a totalidade do impulso aplicado pelos depósitos de vertente deve ser equilibrado pelas ancoragens. Tenha em atenção que para condições sísmicas o coeficiente de segurança parcial, γ_{Mp} referente ao ângulo de atrito vale 1,1.

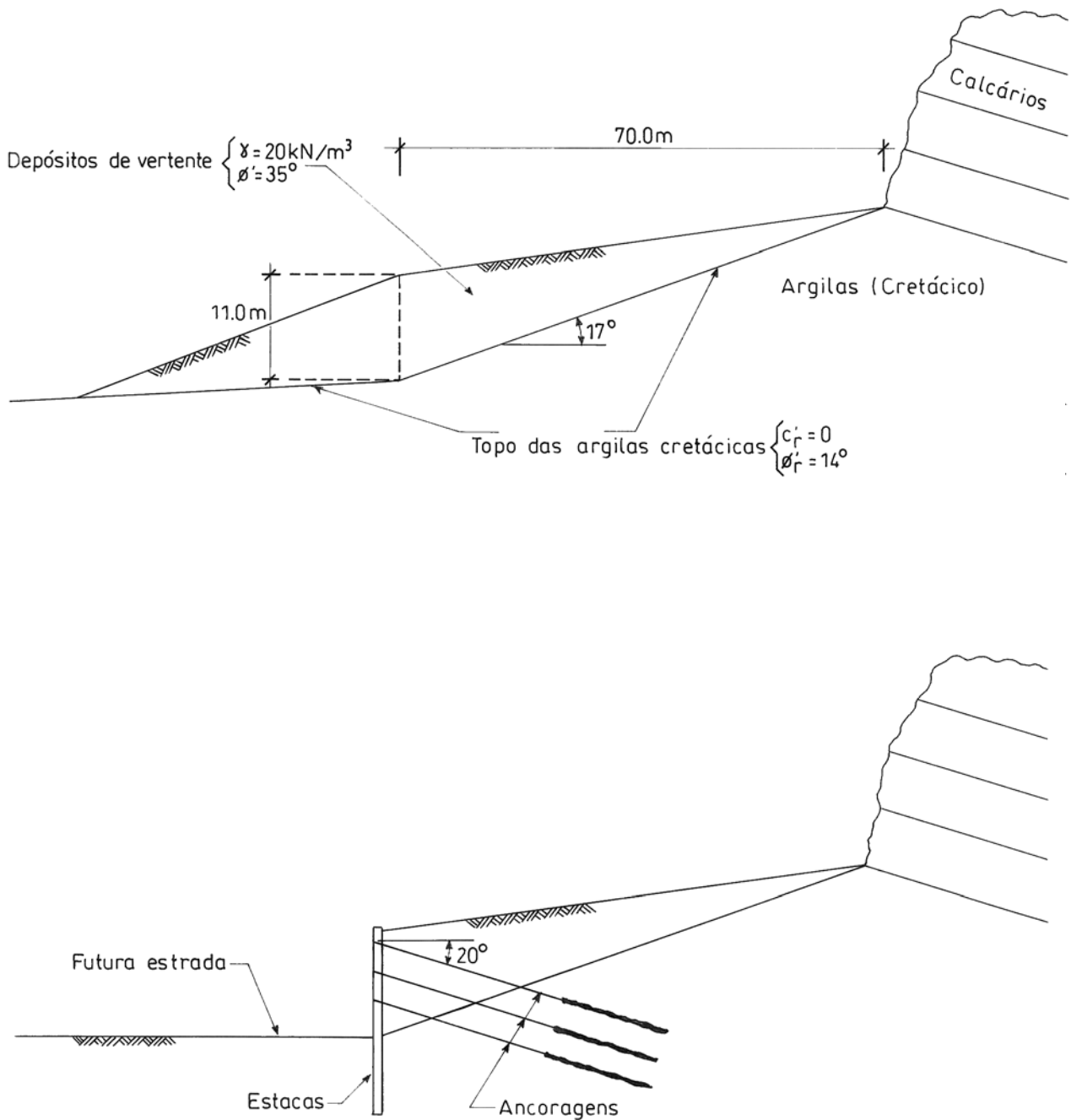


Figura 7

8. Considere um talude com 12 m de altura com a geometria apresentada na Figura 8. O corpo principal do talude é constituído por calcário, mas foi identificada uma falha preenchida, inclinada de 30° em relação à horizontal, pelo que se impõe verificar a estabilidade em relação ao escorregamento. Um ensaio de corte sobre o material de enchimento da falha permitiu determinar o ângulo de resistência ao corte: $\phi' = 25^\circ$.

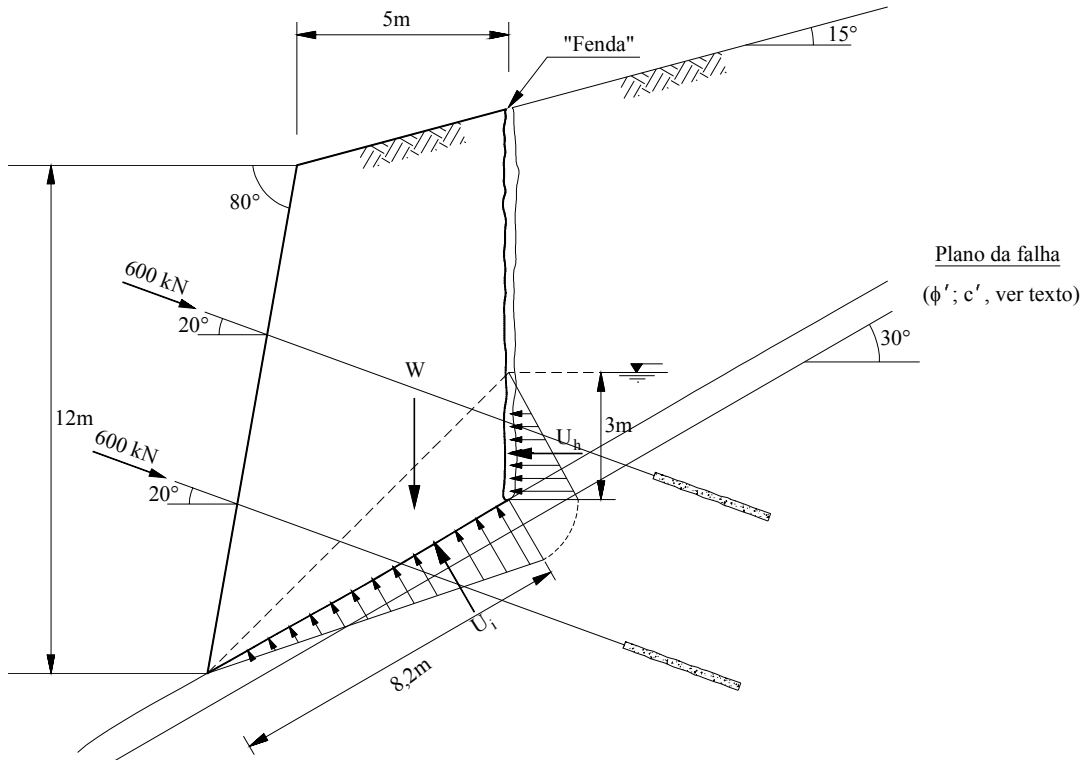


Figura 8

No caso particular em apreço ocorreu uma fenda de tracção no topo do talude, a 5 m da crista (ver figura), que se desenvolve em profundidade até á falha, limitando assim um bloco cuja estabilidade se pretende analisar.

A presença de água resulta nas forças U_h e U_i, respectivamente, na face vertical do bloco e ao longo do plano da falha, ambas resultantes dos diagramas triangulares simplificados (ver figura). O peso do bloco de calcário em análise é de: W = 1,63 MN/m.

- Determine o valor limite inferior da coesão efectiva do material de enchimento da falha que explique uma situação de equilíbrio limite (detectada por instrumentação instalada no talude).
- Desprezando a componente coesiva do material da falha, pretende-se estabilizar a cunha com dois níveis de ancoragens (ver figura), aplicando 600 kN cada um. Determine o espaçamento longitudinal destas ancoragens para garantir um coeficiente de segurança global de 1,5.

9. A Figura 9 ilustra uma encosta, assimilada a um talude infinito que, por ocasião de um sismo, sofreu escorregamento ao longo do contacto entre o material terroso e a rocha subjacente. Quando as acções sísmicas actuaram, estima-se que o nível freático se encontrava abaixo da superfície por onde se verificou o escorregamento.

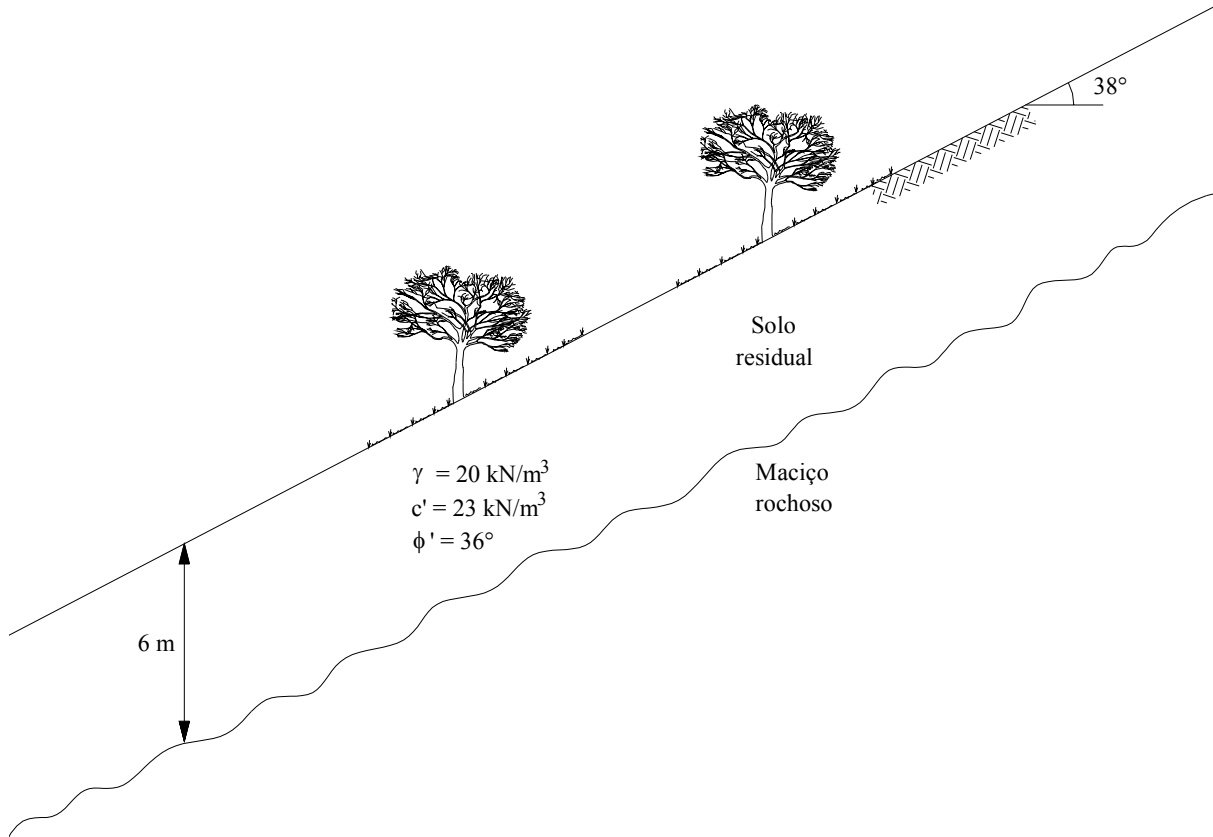


Figura 9

- Adoptando para o solo residual os parâmetros (valores médios) indicados na figura, calcule os coeficientes sísmicos (k_h e k_v) representativos das acções sísmicas que geraram o acidente descrito. Adapte $k_h = 0,5 k_v$.
- Demonstre, baseado em cálculos e considerando as condições da figura, que antes do acidente mencionado nunca o nível freático se aproximou menos do que $2,0 \text{ m}$ da superfície do terreno.