



FOLHA DE EXERCÍCIOS Nº 2 – Características Físicas dos Solos

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

n.ºs 9 e 10

Prazo para entrega dos exercícios resolvidos -

3ª aula após a distribuição desta folha

1. Considere os dois seguintes solos:

$$\text{Solo A} \left\{ \begin{array}{l} \% \text{ areia} = 20\% \\ \% \text{ silte} = 50\% \\ \% \text{ argila} = 30\% \\ w_L = 75\% \\ w_P = 30\% \\ w(\text{natural}) = 65\% \\ \gamma_s = 26 \text{ kN/m}^3 \end{array} \right.$$

$$\text{Solo B} \left\{ \begin{array}{l} \% \text{ areia} = 3\% \\ \% \text{ silte} = 35\% \\ \% \text{ argila} = 62\% \\ w_L = 130\% \\ w_P = 35\% \\ w(\text{natural}) = 28\% \\ S = 95\% \\ \gamma_s = 26 \text{ kN/m}^3 \end{array} \right.$$

- Determine os índices de vazios de cada um dos solos.
- Em princípio, qual será o solo geologicamente mais recente? Justifique.
- Serão do mesmo tipo as fracções argilosas presentes nos dois solos? Justifique.
- Algum dos solos apresenta elevada propensão para ser expansivo? Justifique.
- Compare os solos quanto à consistência e à compressibilidade.

2. Considere os dois seguintes solos:

$$\text{Solo A} \left\{ \begin{array}{l} e_{\min} = 0,19 \\ e_{\max} = 0,85 \\ e = 0,75 \\ \gamma_s = 26 \text{ kN/m}^3 \\ D_{10} = 0,10 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$\text{Solo B} \left\{ \begin{array}{l} e_{\min} = 0,38 \\ e_{\max} = 1,03 \\ e = 0,45 \\ \gamma_s = 26 \text{ kN/m}^3 \\ D_{10} = 0,09 \text{ mm} \end{array} \right.$$

- Calcule entre que valores limites pode variar o peso volúmico do solo A nas condições de jazida (isto é, com a compactação que o solo apresenta "in situ").
- Qual dos solos será, em princípio, mais bem graduado? Justifique.
- Compare os solos no que respeita à compressibilidade. Justifique.
- Qual dos solos escolheria para um aterro resistente? Justifique.
- Situando-se os solos em zonas de sismicidade semelhante, qual deles poderá ser mais antigo? Justifique.

3. A prospeção geotécnica efectuada num dado maciço terroso natural de origem sedimentar permitiu identificar, sobre o "bed-rock", duas camadas arenosas dispostas do modo indicado na Figura 1.

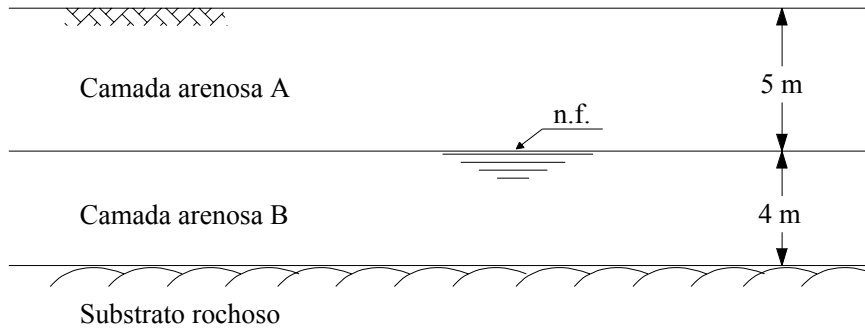


Figura 1

Com amostras recolhidas em ambas as camadas procedeu-se à determinação das seguintes características:

- granulometria, tendo-se obtido as curvas 1 e 2 representadas na Figura 2;
- índices de vazios natural, máximo e mínimo, sendo os seguintes os dois conjuntos de resultados:

$$\begin{cases} e = 0,52 \\ e_{max} = 1,00 \\ e_{min} = 0,40 \end{cases} \quad \begin{cases} e = 0,70 \\ e_{max} = 0,95 \\ e_{min} = 0,20 \end{cases}$$

- Determine o peso volúmico saturado de cada um dos solos, supondo $\gamma_s = 26 \text{ kN/m}^3$.
- Que conjunto de valores do índice de vazios corresponde a cada uma das duas camadas arenosas? Justifique.
- Que conjunto de valores do índice de vazios corresponde a cada uma das duas curvas granulométricas? Justifique.
- Compare os solos no que respeita à compressibilidade. Justifique.
- Qual dos solos escolheria como material de aterro? Justifique.
- Em caso de ocorrência de um sismo de grande intensidade, algum dos estratos teria comportamento insatisfatório? Em caso afirmativo, em que consistiria esse comportamento?

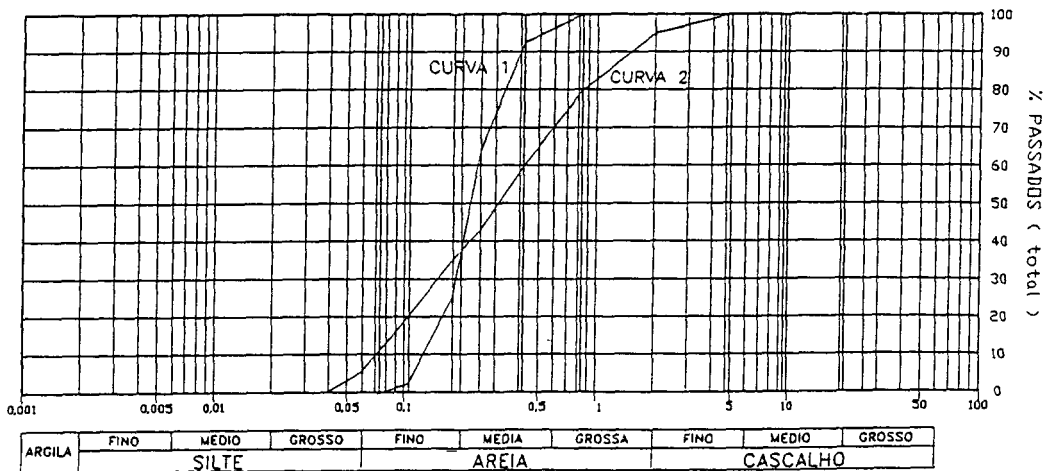


Figura 2

- A Figura 3 representa um maciço sedimentar sobre o qual vão ser construídas as instalações de uma unidade industrial. Para o efeito vai ser construído um aterro com grandes dimensões em planta (e altura média da ordem de 3,0 m) sobre o qual serão construídos os arruamentos, parque de estacionamento e pavimentos térreos. Os edifícios de escritórios e industriais terão uma estrutura de betão armado fundada em estacas como sugere a figura.

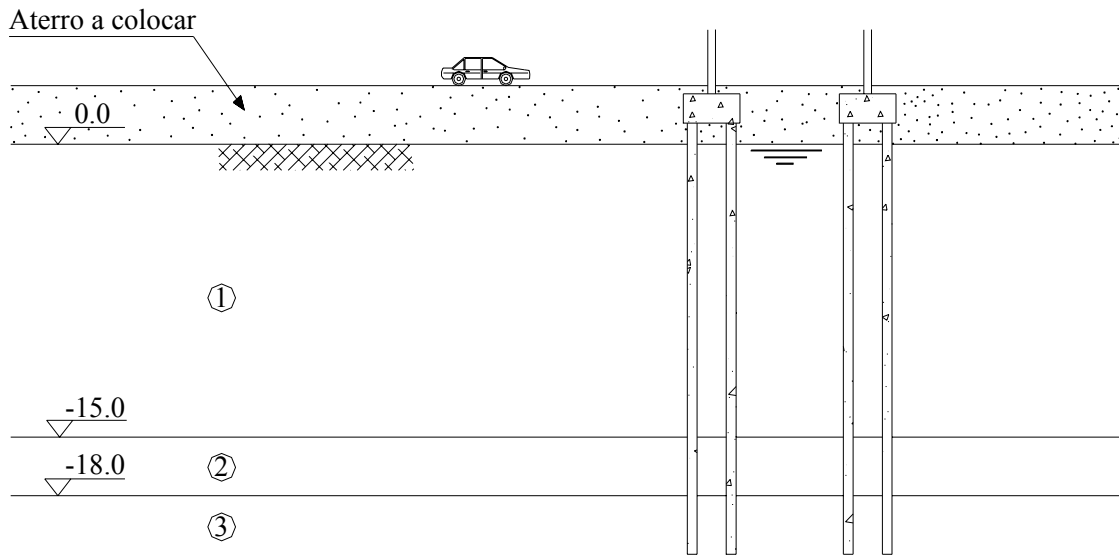


Figura 3

O Quadro 1 e a Figura 4 mostram algumas grandezas físicas e as curvas granulométricas obtidas a partir de ensaios sobre amostras dos diferentes estratos do maciço. Admita que estes estão saturados (o nível freático encontra-se próximo da superfície do terreno). Como sabe, a partir dos parâmetros indicados poderá calcular vários outros que o poderão auxiliar nas respostas às questões seguidamente formuladas.

- Estabeleça a correspondência entre os solos A, B e C e os estratos 1, 2 e 3, isto é, diga que estrato da Figura 3 corresponde a cada um dos solos do Quadro 1.
- Estabeleça a correspondência entre os três solos do quadro e as três curvas granulométricas da Figura 4.
- Descreva cada um dos solos para fins de Engenharia Civil usando para cada um, no máximo, cinco palavras.
- Algum dos solos apresenta elevado potencial de expansão?
- Qual dos solos, independentemente da sua localização, escolheria para a construção de um aterro resistente?
- Tendo em conta que os edifícios a construir no local serão fundados em estacas, poderão ocorrer assentamentos diferenciais significativos entre eles e os arruamentos envolventes (fundados sobre o aterro)?

Quadro 1

Solo	w_L (%)	w_P (%)	A_t	γ_s (kN/m^3)	e_{max}	e_{min}	e
A	37	20	0,33	25,8	-	-	0,42
B	70	45	0,65	26,1	-	-	1,65
C	-	-	-	26,0	0,87	0,25	0,50

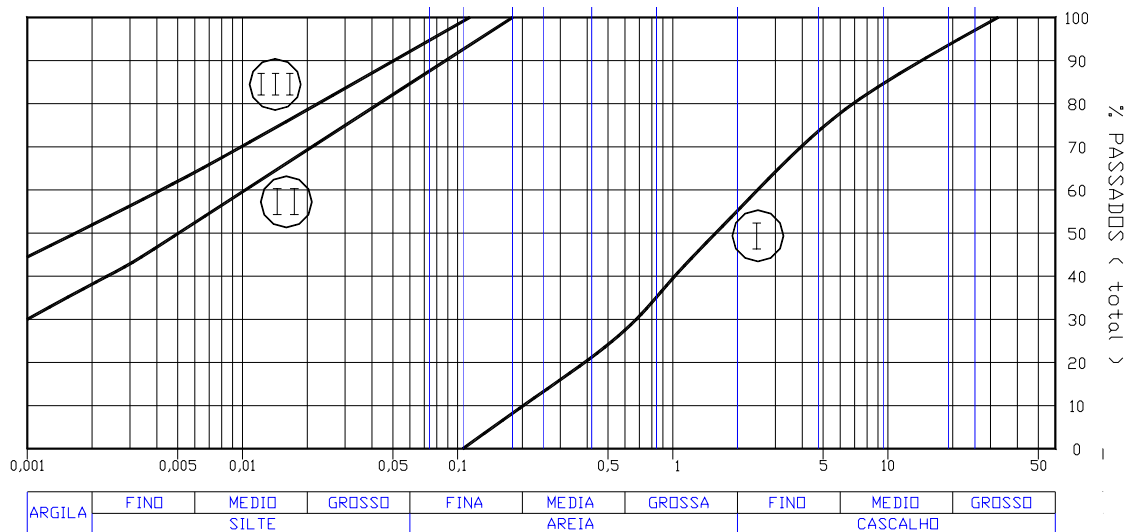


Figura 4

5. A Figura 5 representa um maciço terroso sobre o qual se pretende construir uma série de depósitos metálicos cilíndricos de grande diâmetro para armazenamento de combustíveis líquidos. O nível freático encontra-se perto da superfície do terreno. O Quadro 2 contém elementos quanto à origem, granulometria, limites de Atterberg e outros parâmetros físicos dos três solos sobrejacentes ao maciço granítico que no local constitui o substrato rochoso.

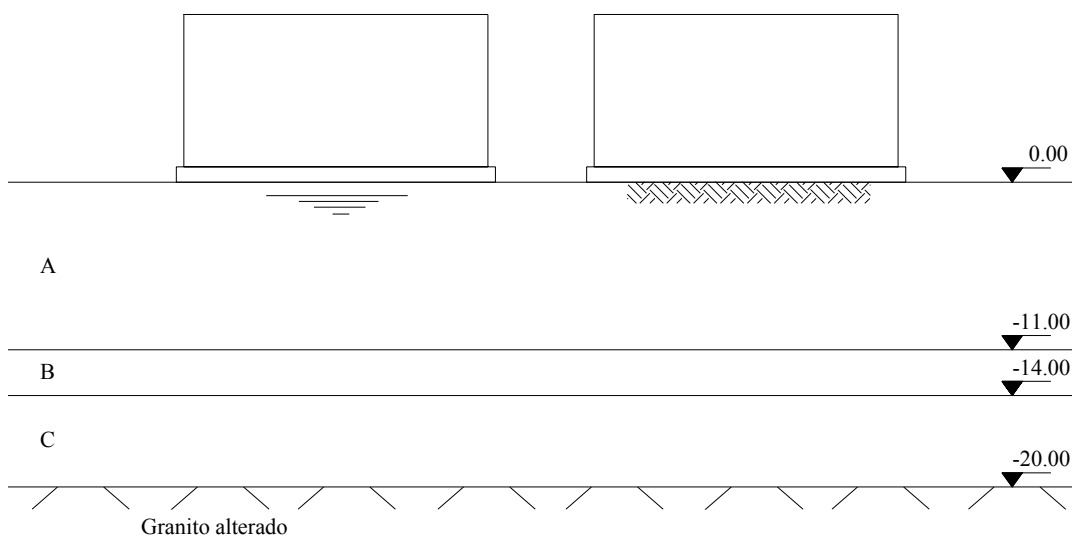


Figura 5

Quadro 2

Solo	Origem	% cascalho	% areia	% silte	% argila	w_L (%)	w_P (%)	w (%)	γ_s (kN/m ³)
1	Solo sedimentar	10	87	3	-	-	-	35	26,0
2	Solo residual	2	59	34	5	-	-	21	26,1
3	Solo sedimentar	-	10	39	51	77	42	35	25,9

- a) Estabeleça a correspondência entre os solos 1, 2 e 3 e as camadas A, B e C. Isto é, diga que camada da figura corresponde a cada um dos solos do quadro.
- b) Algum dos solos poderá causar dificuldades aquando da construção dos depósitos e nos primeiros anos de exploração da instalação? Em caso afirmativo, identifique o solo e diga em que poderá consistir tal comportamento.
- c) Situando-se o local numa zona onde podem ocorrer sismos de intensidade elevada, algum dos solos poderá exibir comportamento particularmente insatisfatório em caso de ocorrência de um sismo? Em caso afirmativo, identifique o solo, diga em que poderá consistir tal comportamento e como pode ser acautelado.
- d) Com base nos parâmetros do quadro, será provável que algum dos solos sedimentares apresente forte propensão para ser expansivo?

6. Considere o maciço terroso representado na Figura 6 sobre o qual se pretende construir um aterro para uma auto-estrada. O local insere-se numa zona sísmica.

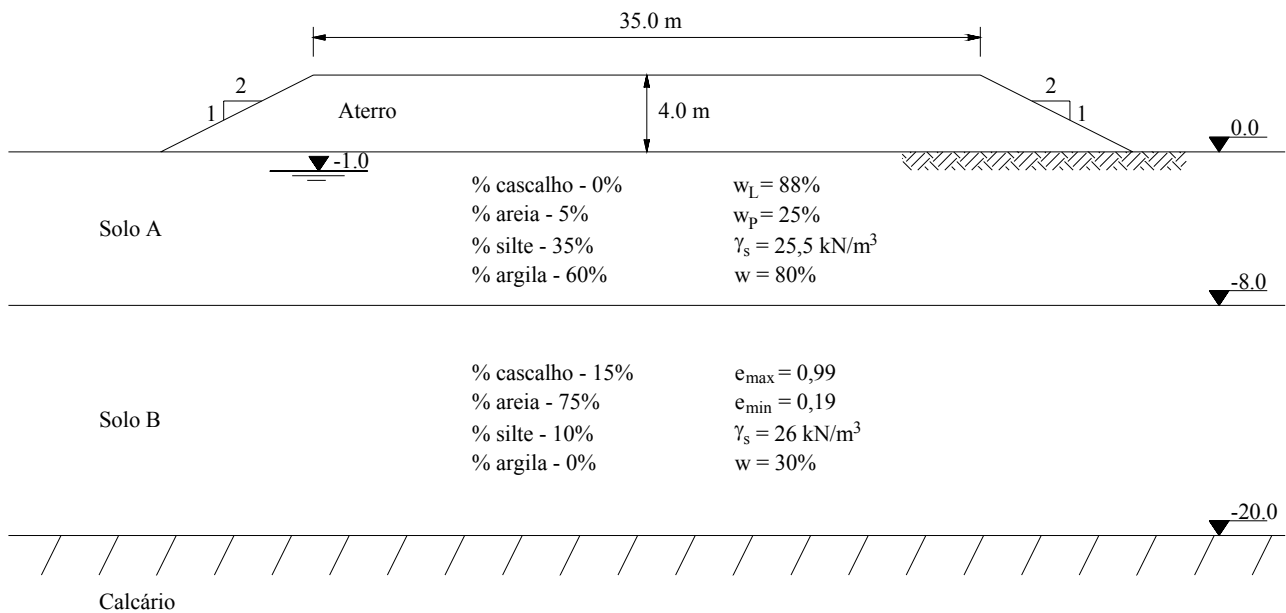


Figura 6

- a) Descreva cada um dos solos para fins de Engenharia Civil usando para cada um não mais do que seis palavras.
- b) Analisando os dados fornecidos, o maciço terroso será geologicamente muito recente ou, pelo contrário, bastante antigo?
- c) Qual dos dois estratos apresenta características susceptíveis de acarretar dificuldades durante a fase construtiva e nos primeiros anos de exploração da via? Identifique claramente tais características e dificuldades.
- d) Qual dos dois estratos apresenta características susceptíveis de comprometer o comportamento da obra em caso de ocorrência de sismo? Identifique claramente tais características e apresente sugestões para que o citado comportamento seja evitado.
- e) Se pudesse empregar como material de aterro o solo A ou o solo B, qual deles escolheria (considere, para efeitos da resposta, apenas as características físicas e granulométricas dos solos e não as eventuais dificuldades associadas à remoção do local da jazida)?

7. A Figura 7 mostra um maciço terroso constituído por três camadas sobrejacentes a formações rochosas de natureza granítica. A fronteira entre as formações rochosas (alteradas) e a camada imediatamente superior é em muitas zonas mal definida, como sugere a figura.

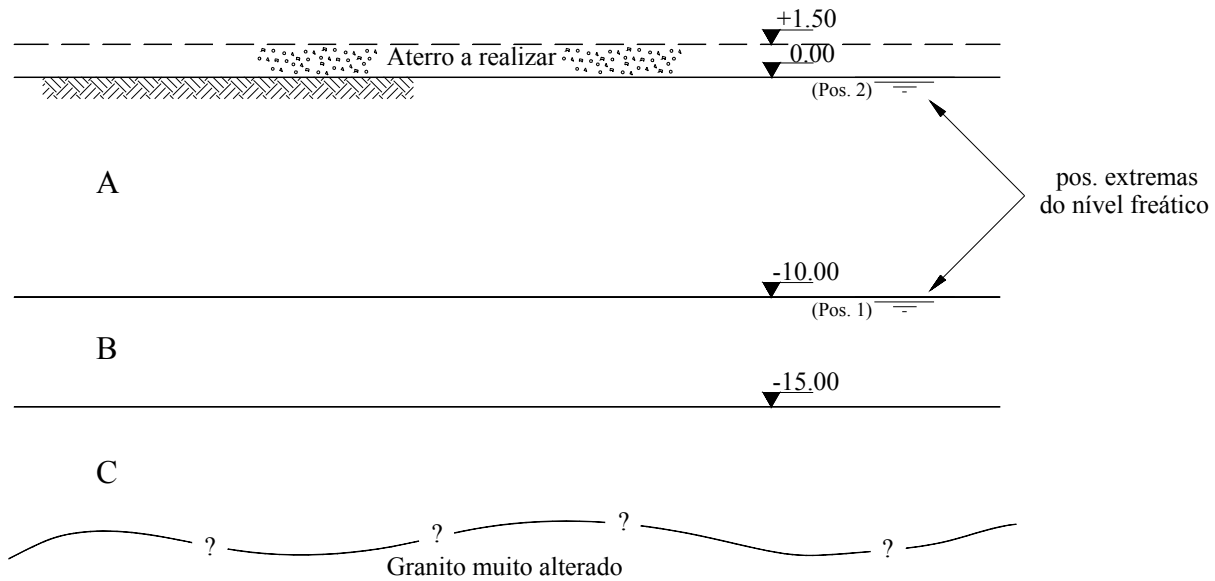


Figura 7

O Quadro 3 mostra algumas características físicas dos solos das três camadas (note que as linhas 1, 2 e 3 não correspondem necessariamente, pela ordem indicada, às camadas A, B e C). Por seu turno, a Figura 8 mostra as curvas granulométricas dos três solos (de igual modo, as curvas I, II e III não correspondem necessariamente, pela ordem indicada, aos solos 1, 2 e 3 do quadro).

Quadro 3

Solo	γ^* (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	e_{min}	e_{max}	W_L (%)	W_P (%)
1	20,9	25,9	0,25	1,00	-	-
2	21,0	26,2	-	-	25	15
3	18,5	26,0	0,37	0,98	-	-

(*) para S = 100%

Sobre o maciço pretende-se construir uma série de edifícios de escritórios de grande porte com estrutura de betão armado fundada em estacas cuja ponta ficará selada na parte superior do granito. Algumas pequenas construções térreas muito leves (portaria, apoio à jardinagem, etc.), também em betão armado, terão fundação directa na camada A. Tendo em conta que o nível freático, nas alturas de grande pluviosidade, se encontra praticamente à superfície do terreno, decidiu-se altear esta por meio de um aterro com 1,5 m de altura. Sobre este aterro serão construídos os arruamentos e as áreas ajardinadas.

- Determine o teor em água do solo 2.
- Estabeleça a correspondência entre as três camadas da Figura 7 e os solos do Quadro 3.
- Estabeleça a correspondência entre as curvas granulométricas da Figura 8 e os solos do Quadro 3.
- Caso o aterro seja construído sobre o maciço sem este ser objecto de qualquer melhoria ou tratamento prévios, acha provável a ocorrência de assentamentos diferidos no tempo?
- Situando-se o local numa zona onde podem ocorrer sismos de apreciável intensidade, alguma das camadas será susceptível de exibir mau comportamento nessa eventualidade?

f) Qual dos três solos escolheria para a realização de um aterro destinado a suportar ações estáticas de elevada grandeza? Considere, para efeitos da resposta, apenas as características físicas e granulométricas e não eventuais dificuldades associadas à remoção do local de jazida.

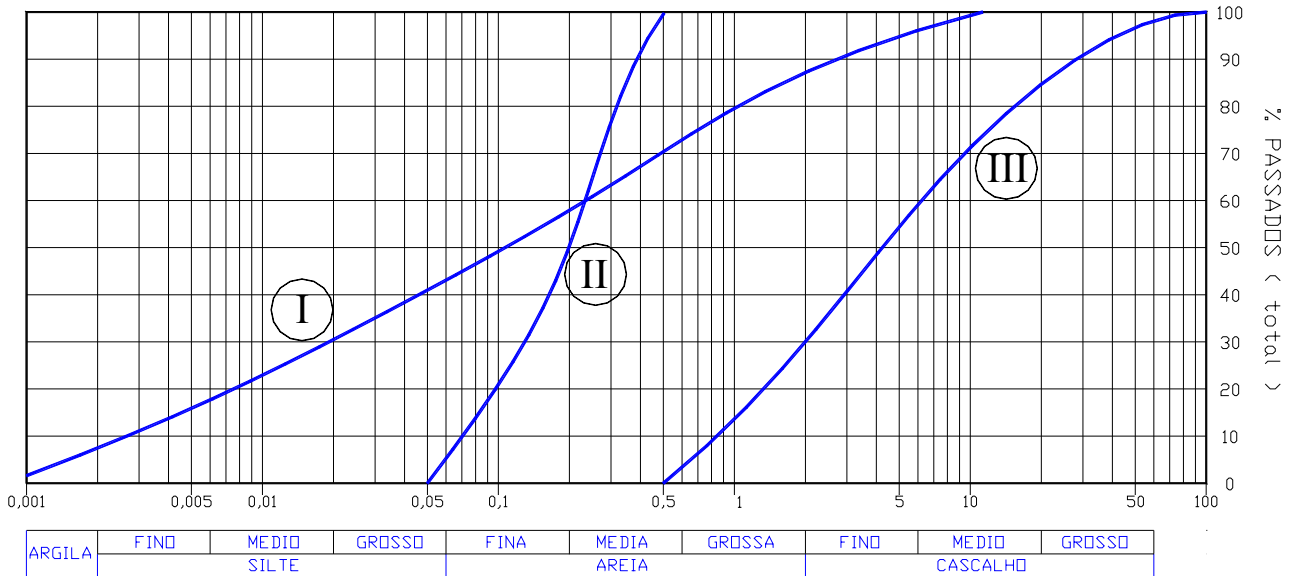


Figura 8

8. A Figura 9 ilustra um maciço terroso sobre o qual se pretende construir um aterro para uma auto-estrada. O nível freático encontra-se muito próximo da superfície do terreno.

O Quadro 4 inclui algumas características físicas dos solos dos quatro estratos terrosos (note que as linhas 1, 2, 3 e 4 não correspondem necessariamente, pela ordem indicada, aos estratos A, B, C e D da figura).

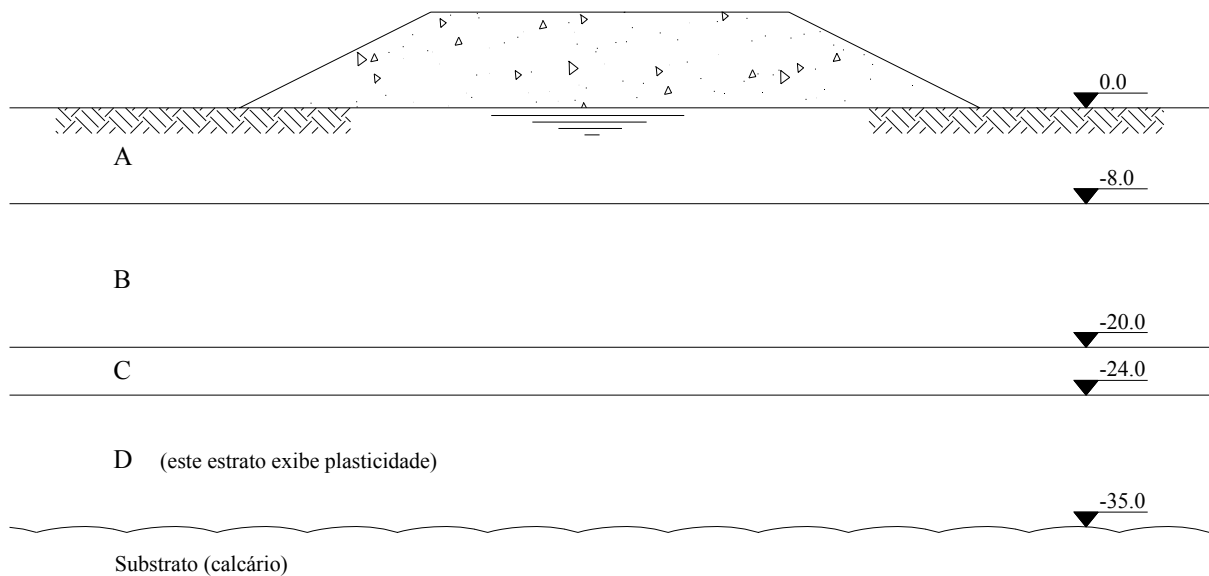


Figura 9

Quadro 4

Solo	γ_s (kN/m ³)	W _L (%)	W _P (%)	γ_{dmax} (kN/m ³)	γ_{dmin} (kN/m ³)	W (%)	% argila	% silte	% areia	% cascalho
1	26,1	220	60	-	-	51	50	45	5	-
2	25,9	77	42	-	-	70	46	50	4	-
3	26,0	NP	NP	20	14,1	19	-	12	86	2
4	26,1	NP	NP	18,5	13,2	20	-	3	97	-

NP – Solo não Plástico

- Estabeleça a correspondência entre as quatro camadas da Figura 9 e os solos do Quadro 4.
 - Algum dos solos apresenta elevado potencial de expansibilidade?
 - Algum dos solos poderá acarretar dificuldades durante a construção do aterro e durante os primeiros anos de exploração da obra?
 - Qual dos solos, independentemente da sua localização, escolheria para construir um aterro resistente?
 - Acha plausível que algum dos solos seja um solo residual do granito?
Acha possível que algum dos solos exiba mau comportamento caso ocorra um sismo de grande intensidade?
9. A Figura 10 representa um corte geológico-geotécnico no local onde se pretende construir uma barragem de terra com 30 m de altura. O substrato rochoso é constituído por granitos que na zona superior se encontram alterados. O contacto da rocha com a camada C da figura é muito irregular, afigurando-se provável que tal camada seja um solo residual.

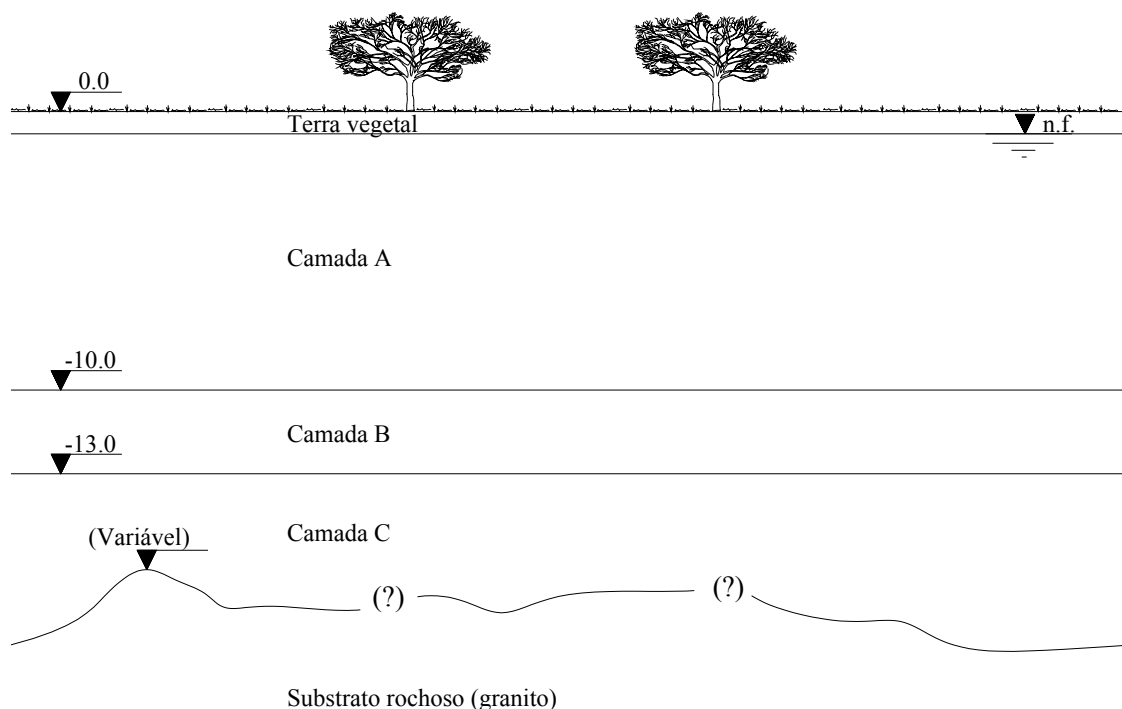


Figura 10

O Quadro 5 inclui algumas características físicas dos solos constituintes das três camadas. A Figura 11 ilustra três curvas granulométricas que correspondem aos três solos do quadro. Note que as ordenações dos solos no Quadro 5 e nas Figuras 10 e 11 não são necessariamente concordantes entre si. Admita que todos os solos se encontram saturados.

Quadro 5

Solo	w_L (%)	w_P (%)	γ_s (kN/m ³)	e_{min}	e_{max}	w (%)
1	---	---	26,1	0,40	0,98	19
2	34	25	25,8	---	---	23
3	---	---	26,0	0,20	0,89	18

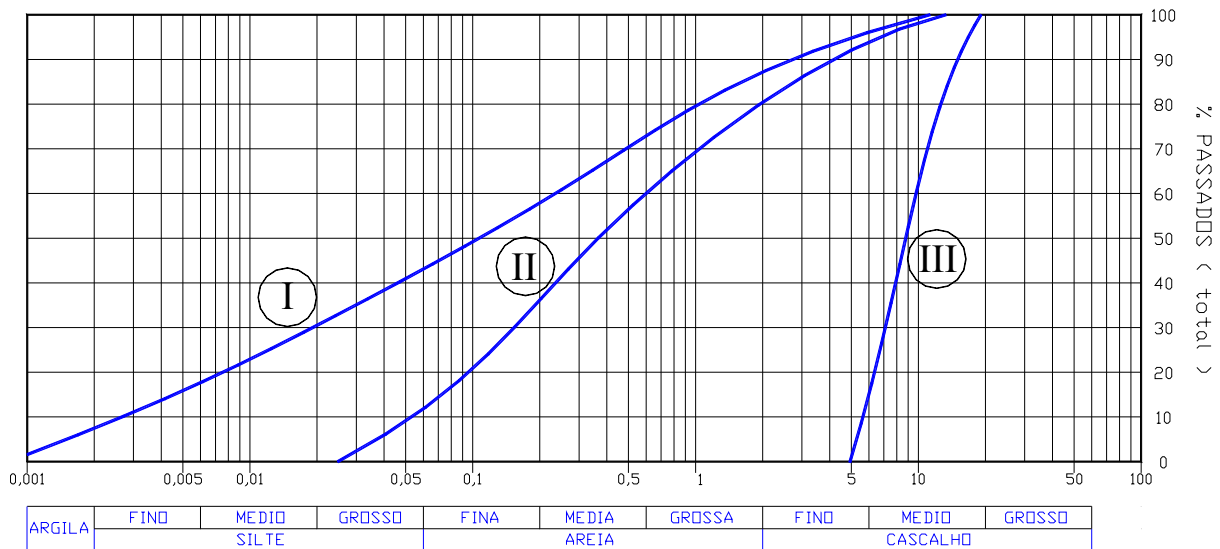


Figura 11

- Determine o índice de vazios dos três solos. Deduza a(s) expressão(ões) que empregar.
- Estabeleça a correspondência entre os solos 1 a 3 do Quadro 5 e os estratos A a C da Figura 10.
- Estabeleça a correspondência entre os solos 1 a 3 do Quadro 5 e as curvas granulométricas I a III da Figura 11.
- Descreva cada um dos solos para fins de Engenharia Civil usando para cada um não mais do que 6 palavras.
- Alguma das camadas poderá exibir mau comportamento em caso de ocorrência de um sismo de grande intensidade? Em caso afirmativo refira que modalidade(s) pode assumir esse comportamento e explique como pode ser acautelado?
- Alguma das camadas poderá exibir assentamentos elevados e diferidos no tempo sob a carga aplicada pela barragem?
- Já que os solos em causa, ou outros muito semelhantes, existem na zona da futura albufeira e, portanto, se poderá utilizá-los como material para a barragem, qual dos solos preferiria para uso nos maciços estabilizadores de montante e de jusante da barragem? E para o núcleo central da mesma?

10. A Figura 12 ilustra em corte o maciço terroso num local onde se pretende construir uma auto-estrada. Na zona em causa ocorre a transição entre uma parte da plataforma assente em aterro e outra em obra de arte. Como mostra a figura, as fundações da obra de arte serão por estacas cuja ponta ficará alojada no estrato inferior (D), constituído por solo de elevada resistência e baixa deformabilidade. O Quadro 6 inclui características físicas e de identificação dos solos constituintes dos quatro estratos da figura (não necessariamente indicados pela mesma ordem). Admita que todos os solos se encontram saturados.

Quadro 6

Solo	% cascalho	% areia	% silte	% argila	γ_s (kN/m ³)	e	w _L (%)	w _P (%)
1	21	79	-	-	26,1	0,60	-	-
2	3	97	-	-	26,0	0,91	-	-
3	-	25	60	15	26,0	0,35	22	16
4	-	2	30	68	25,9	1,90	80	30

- Descreva cada um dos solos do Quadro 6 sob o ponto de vista da Engenharia Civil usando para cada um não mais do que 6 palavras.
- Estabeleça a correspondência entre os solos 1 a 4 do Quadro 6 e os estratos A a D da Figura 12. Para responder a esta questão considere a seguinte informação complementar: os dois solos de características granulares (não plásticos) não estão em camadas adjacentes.
- Algum dos solos apresenta elevada propensão para ser expansivo?
- Em caso de ocorrência de um sismo que camada(s) pode(m) apresentar mau comportamento? Que modalidades, e dependendo de que circunstâncias, pode assumir esse comportamento? E como pode ser acautelado?
- Que camada(s) pode(m) ocasionar mais dificuldades na altura da construção e nos primeiros anos de exploração da obra? Caracterize essas dificuldades. Como podem ser evitadas?
- Falando agora do aterro propriamente dito, e se para ele pudesse empregar solos como os do Quadro 1, qual deles rejeitaria sem qualquer dúvida?

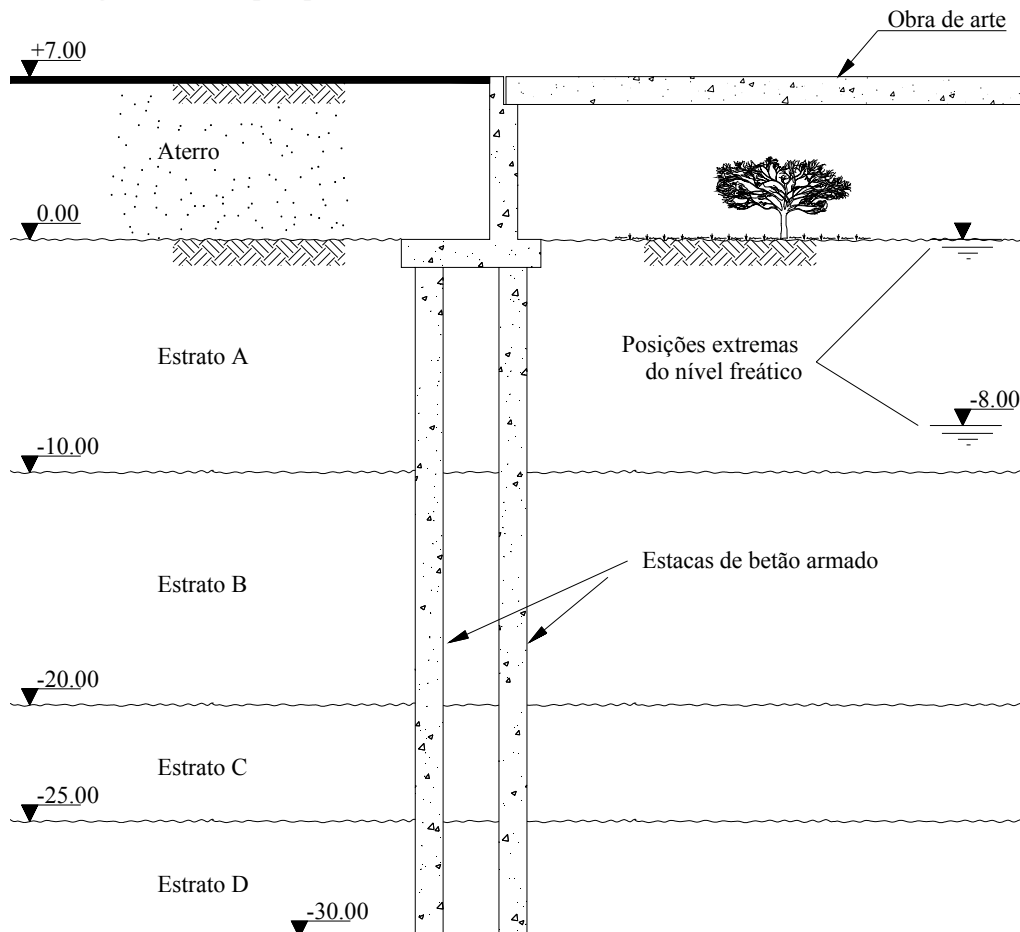


Figura 12