

CONCURSO PÚBLICO – 01/2022

Área de Conhecimento: GEOTECNIA

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE GABARITO

Questão	Resposta
01	
02	
03	
04	
05	
06	
07	
08	
09	
10	

*O padrão de gabarito deve estar fundamentado nas bibliografias exigidas pelo Edital, para evitar problemas o professor deverá citar o capítulo/página do livro utilizado.

Instrução: Quando for necessário, considere peso específico de água (γ_w) igual a 10kN/m^3 , massa específica de água (ρ_w) igual a 1g/cm^3 e aceleração de gravidade (g) igual a 10 m/s^2 .

Questão 1: Você é o responsável pela definição de uma campanha de investigação geotécnica para subsidiar um projeto de um aterro rodoviário sobre solos moles. Defina e justifique os ensaios que você especificaria.

Resposta: Para a especificação de uma investigação geotécnica é mandatório o conhecimento prévio da finalidade e das características da obra, bem como das características básicas do solo da região. No caso de um aterro sobre solos moles, é importante determinar a espessura e os parâmetros de solos moles que possibilitam as análises de deformação (recalque) e de estabilidade (ruptura) devido ao comportamento típico de solos moles - elevada compressibilidade, baixa resistência e baixa permeabilidade.

As análises de deformações englobam a estimativa do recalque total e da evolução dos recalques ao longo do tempo, demandando assim a determinação dos parâmetros de compressibilidade e de permeabilidade do solo por meio de ensaios. Por outro lado, a determinação da resistência não drenada possibilita a análise de estabilidade tanto na fase construtiva como na fase posterior à execução da obra.

Como investigação preliminar, recomenda-se a execução de sondagens SPT e a coleta de amostras a cada metro no bico do amostrador para a determinação do teor de umidade, dos limites de Atterberg e da porcentagem de solo que passa na #200. Na sequência, executa-se o ensaio de piezocone juntamente

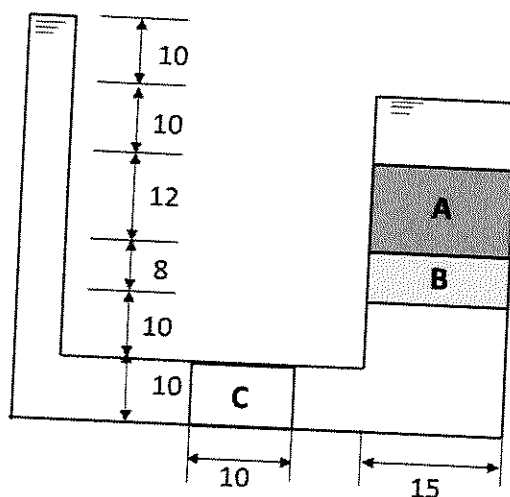
com ensaios de dissipação para a obtenção do coeficiente de adensamento horizontal (ch) utilizado geralmente no dimensionamento de geodrenos, quando esta técnica for selecionada como a solução para o tratamento de solo. Com o perfil estratigráfico obtido no ensaio CPTU, define-se as profundidades para a realização dos ensaios de Vane (palheta), visando a calibração do parâmetro de capacidade de carga (N_{kt}) do piezocone e definição da profundidade de coleta de amostras indeformadas com amostrador de paredes finas. Após a coleta das amostras indeformadas, as mesmas são utilizadas nos ensaios de adensamento que visam determinar os parâmetros de deformação (índice de compressão (C_c) e índice de recompressão (C_r)) e especialmente a tensão de pré-adensamento (σ'_{vm}) que permite calibrar a estimativa do perfil estratigráfico da razão de sobre adensamento (OCR) obtida no piezocone.

De modo geral, a resposta adequada da questão deve abordar ensaios SPT, CPTU, Vane, coleta de amostras indeformadas e ensaios de adensamento. Os ensaios triaxiais do tipo não adensado e não drenado (UU) também são desejáveis, mas não mandatórios, considerando que a sua especificação depende das características da obra.

Referência: Schnaid e Odebrecht (2012) Ensaios de campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações – Cap. 7 Estudo de caso.

Questão 2:

O permeâmetro da Figura ao lado mostra uma situação em que, só existindo as areias A e B, não corre o fenômeno de areia movediça. Entretanto, para reduzir o gradiente de saída nessas areias para metade dos seus valores iniciais, decidiu-se introduzir a areia C, na posição indicada na figura. Qual deve ser o coeficiente de permeabilidade da areia C para que o objetivo seja atingido? Dados: $k_A = 10^{-2}$ cm/s; $k_B = 2 \times 10^{-2}$; seção transversal do permeâmetro quadrada; medidas na figura (em cm). Apresente os gradientes hidráulico nas areias A e B, assim como a vazão do sistema sem a presença da areia C, e as cargas totais no início da areia B, entre as areias A e B e no final da areia A também sem a presença da areia C.



Resposta: Esta questão está no livro "Curso básico de Mecânica dos Solos Exercícios Resolvidos" do autor Carlos Souza Pinto (Aula 6 – página 39).

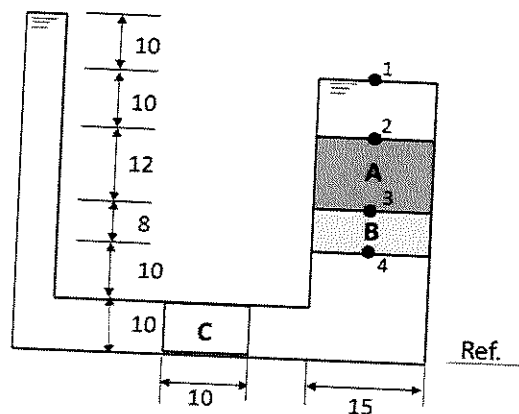
Determina-se as cargas totais nos pontos 1 a 4. $h_{t1} = 50$; $h_{t2} = 50$; $h_{t4} = 60$

$$Q_A = Q_B$$

$$K_B \cdot i_B \cdot A_B = K_A \cdot i_A \cdot A_A \quad \therefore \quad k_B \cdot (h_{t4} - h_{t3}) / L \cdot A_A = k_A \cdot (h_{t3} - h_{t2}) / L \cdot A_B \quad \therefore \quad A_A = A_B$$

$$2 \cdot 10^{-2} (60 - h_{t3}) / 8 = 10^{-2} (h_{t3} - 50) / 12 \quad \therefore \quad h_{t3} = 57,5$$

Assim obtém-se a perda de carga na areia A de 7,5cm (57,5-50); na areia B de 2,5cm (60-57,5).



O gradiente hidráulico na Areia A é de 0,625 (7,5/12); A vazão no sistema é de 1,406 cm³/s (10 · 0,625 · 15 · 10⁻²).

Para que o gradiente na areia A seja a metade da original, é preciso que a perda de carga nela seja a metade da original, o que se consegue se a metade da carga ($h_t = 5$ cm) se dissipar na areia C. Então, a vazão do sistema original cairá para a metade. Aplicando-se a Lei de Darcy para a areia C, tem-se:

$$Q = k(\Delta h/L)A \quad \therefore \quad k_C = [(1,406/2) \cdot 10] / [5 \cdot 10] = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ cm/s}$$

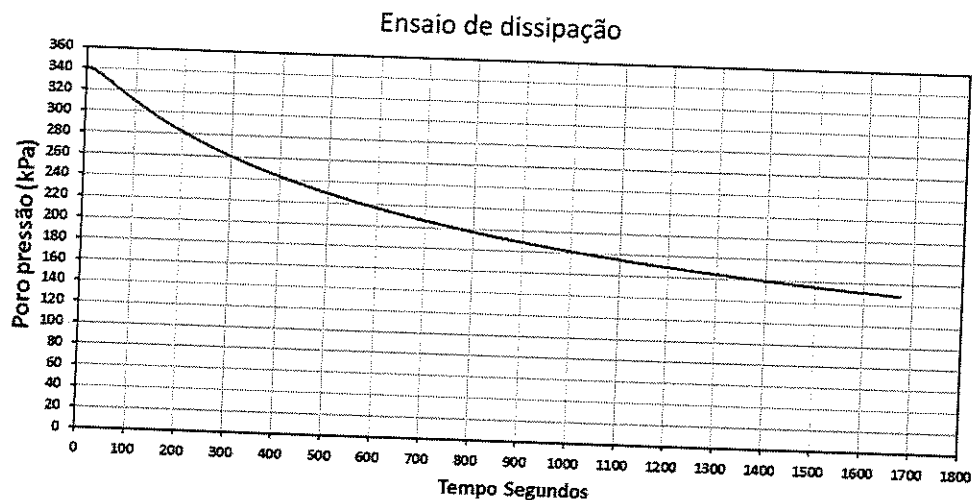
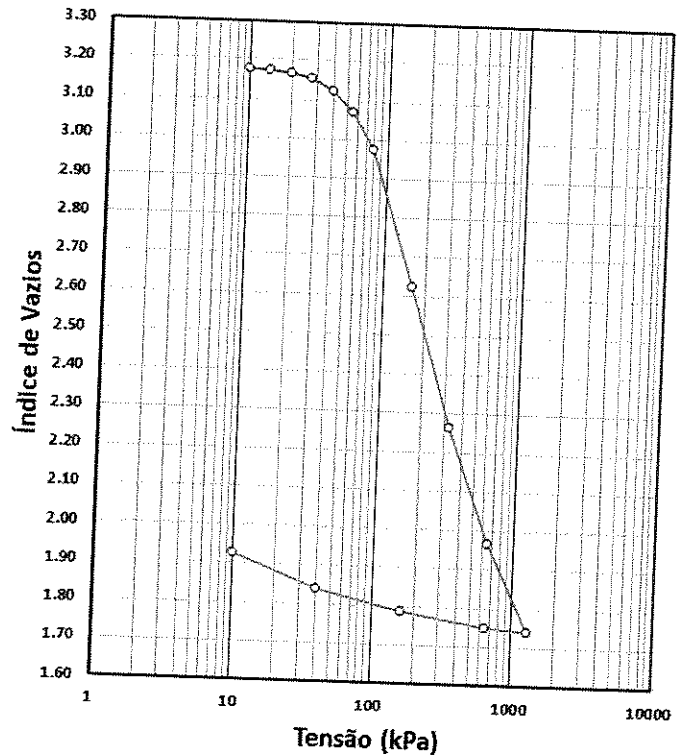
Referência: "Curso básico de Mecânica dos Solos Exercícios Resolvidos" do autor Carlos Souza Pinto (Aula 6 – página 39).

Questão 3:

Uma amostra indeformada de solo foi coletada no meio de uma camada homogênea de solo mole, a 8m de profundidade, com nível de água localizado junto a superfície do terreno. Foi moldado um corpo de prova para ensaio de adensamento, com as seguintes características: altura igual a 38mm; volume de 341,05cm³, massa do solo igual a 477,47g; teor de umidade (ω) de 124,45%; e densidade dos grãos (G) de 2,62. Neste mesmo terreno foi construído um aterro que induz uma carga uniformemente distribuída em toda a área de 80 kPa. Estime o recalque total desta camada de argila em decorrência da aplicação deste aterro. Adicionalmente foi executado um ensaio de dissipação com um piezocone no meio desta camada de solo mole (elemento poroso localizado na base do cone (u_2), diâmetro do piezocone de 37mm). O resultado do ensaio está apresentado abaixo (adotar $I_r = 100$ e $k_v = k_h$). Determinar o tempo de adensamento para 90% dos recalques considerando dupla face drenante.

Tensão (kPa)	Altura CP (mm)	Índice de vazios
10	37.786	3.176
14	37.746	3.172
20	37.698	3.166
28	37.585	3.154
40	37.315	3.124
56	36.845	3.072
80	35.966	2.975
160	32.786	2.624
320	29.53	2.264
640	26.837	1.966
1280	24.786	1.739
640	24.871	1.749
160	25.197	1.785
40	25.684	1.839
10	26.461	1.925

Fator tempo - T*					
1-u (%)	Posição do Filtro				
	Vértice do cone	Face do Cone	Base do cone	5 raios acima da base	10 raios acima da base
20	0.000	0.014	0.038	0.294	0.378
30	0.006	0.032	0.078	0.503	0.662
40	0.027	0.063	0.142	0.756	0.995
50	0.069	0.118	0.245	1.110	1.640
60	0.154	0.226	0.439	1.650	2.140
70	0.345	0.462	0.804	2.430	3.240
80	0.829	1.040	1.600	4.100	5.240



Resposta: O peso específico do solo é: $\gamma_t = P/V = 477,47g/341,05cm^3 = 14,0 \text{ kN/m}^3$.

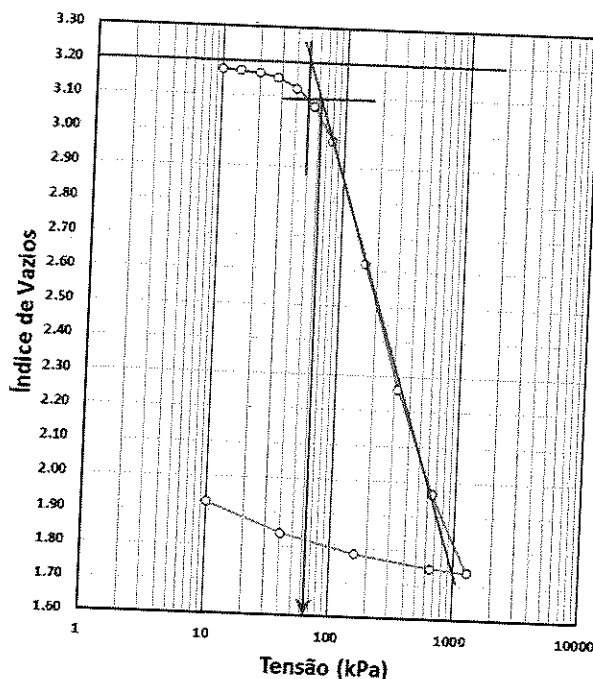
O recalque é estimado como a equação

$$\rho = \frac{H}{1 + e_0} \left[C_r \log \left(\frac{\sigma'_{vm}}{\sigma'_0} \right) + C_c \log \left(\frac{\sigma'_f}{\sigma'_{vm}} \right) \right]$$

Para a estimativa de recalques tem-se que verificar o valor da tensão de pré-adensamento do solo, que pode ser efetuada através do método de Pacheco Silva ou de Casagrande. Para esta estimativa tem-se a necessidade de se determinar e_0 .

$$\gamma_t = \frac{1+\omega}{1+e} G\gamma_w \therefore e = ((1+\omega)G\gamma_w) - \gamma_t / \gamma_t = 3,2$$

A partir do gráfico determina-se $\sigma'_{vm} \cong 65 \text{ kN/m}^2$.



O índice de recomsolidação pode ser tanto na parte inicial da curva como na parte de descarregamento

$$C_r = \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{\sigma'_f}{\sigma'_i}\right)} \quad C_r = \frac{1,785-1,739}{\log\left(\frac{1280}{160}\right)} = 0,051$$

O índice de compressão é determinado da reta virgem

$$C_c = \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{\sigma'_f}{\sigma'_i}\right)} \quad C_c = \frac{2,975-1,966}{\log\left(\frac{640}{80}\right)} = 1,117$$

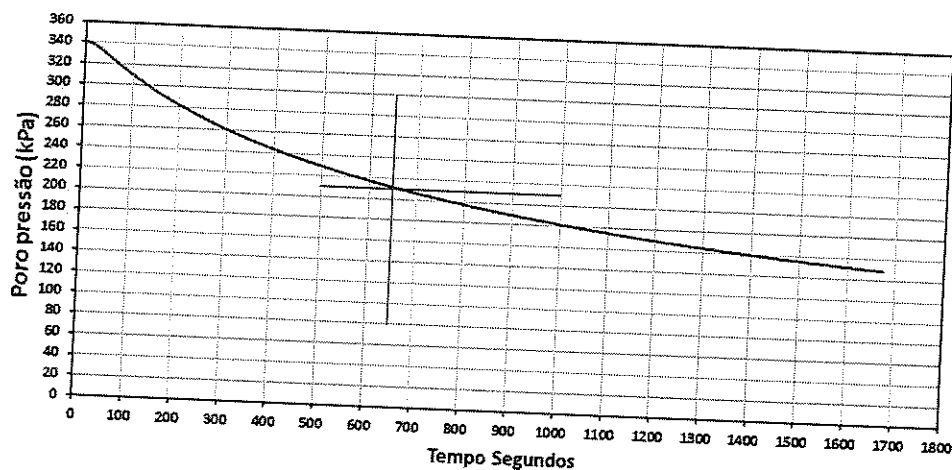
A tensão efetiva (σ'_0) no meio da camada de argila é igual a: $14 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 10 = 32 \text{ kPa}$

Tensão efetiva final (σ'_f) = $32 + 80 = 112 \text{ kPa}$

$$\rho = \frac{16}{1+3,2} \left[0,051 \log\left(\frac{65}{32}\right) + C_c \log\left(\frac{32+80}{65}\right) \right] = 1,07 \text{ m}$$

Para determinar o tempo de adensamento para utiliza-se o ensaio de adensamento.

Do gráfico $u_{2\max} = 350 \text{ kPa}$; $u_{\text{equi}} = 80 \text{ kPa}$; $u_{50\%} = 210 \text{ kPa}$



$$T_{50} \approx 650 \text{ seg.}$$

$$C_h = T^* \cdot R^2 \cdot \sqrt{100/t_{50}} = 0,254 \cdot (3,7/2)^2 \cdot (100^{0,5})/650 = 0,01337 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

$$C_h(\text{NA}) = R_R/C_R \cdot C_h(\text{piezocone}) = 0,14 \cdot 0,01337 = 0,001872 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

$$C_v = (k_v/k_h) \cdot C_h(\text{NA}) = 1 \cdot 0,001872 = 0,001872 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

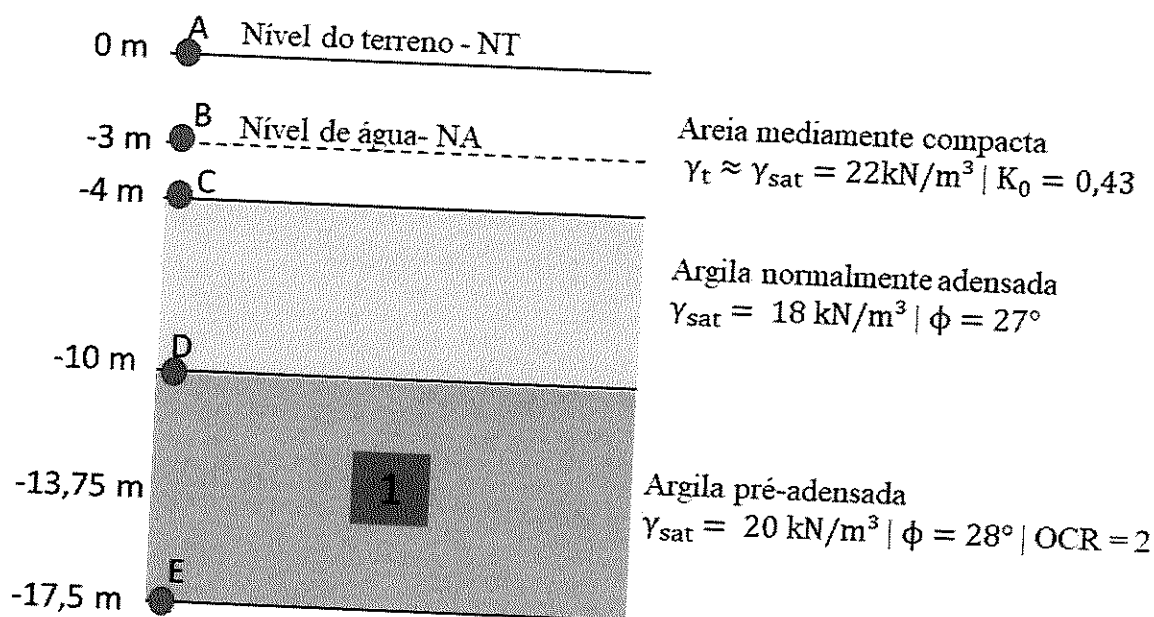
$$T_{90\%} = 0,848 \cdot 800^2 / 0,001872 = 279857121 \text{ seg} = 9,31 \text{ anos}$$

OBS: Variações nos resultados poderão ocorrer a depender dos dados adotados nos gráficos.

Referência: “Curso Básico de Mecânica dos Solos Exercícios Resolvidos” do autor Carlos Souza Ponto, Aulas 9, 10 e 11 – “Ensaio de campo aplicado e suas aplicações à Engenharia de Fundações” Cap. 3.

Questão 4:

Plotar a distribuição de tensão horizontal total ao longo da profundidade para o perfil do solo mostrado na Figura abaixo, desconsiderando os efeitos de capilaridade. Represente o estado de tensão efetiva no elemento 1 localizado no meio da camada de argila pré-adensada.

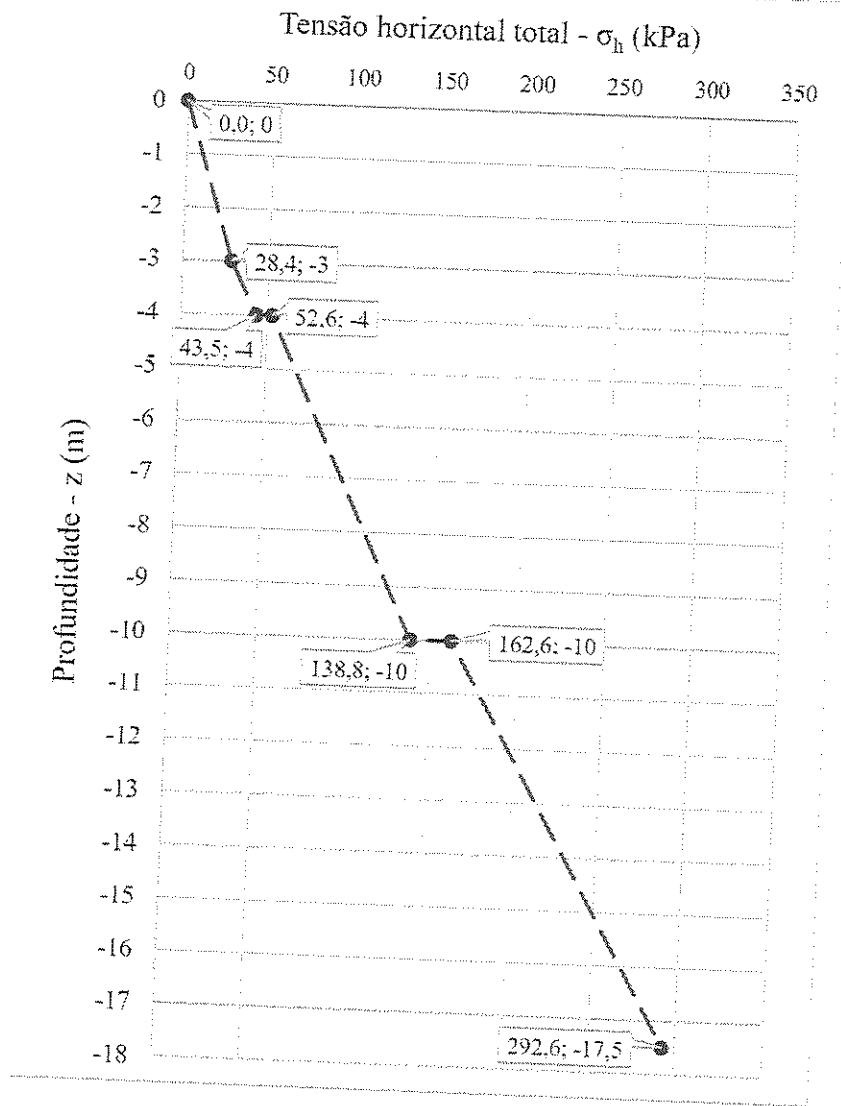


As tensões horizontais foram calculadas com base nos seguintes procedimentos:

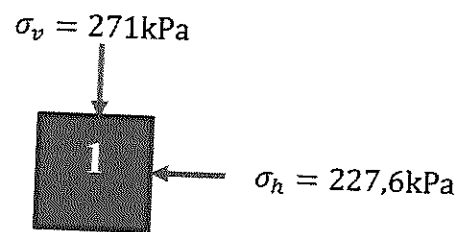
1. Definir os pontos na superfície do terreno, no nível de água e nas interfaces entre as camadas
2. Calcular as tensões verticais totais nos pontos definidos: $\sigma_v = \sum \gamma h$
3. Calcular as poropressões: $u = \gamma_w h$
4. Calcular as tensões verticais efetivas: $\sigma'_v = \sigma_v - u$
5. Calcular valores do coeficiente de empuxo lateral no repouso: argila NA $\rightarrow K_0 = 1 - \sin \phi$ e argila PA $\rightarrow K_0 = (1 - \sin \phi) \text{OCR}^{\tan \phi}$
6. Calcular as tensões horizontais efetivas: $\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$
7. Calcular as tensões horizontais totais: $\sigma_h = \sigma'_h + u$

Ponto	z (m)	γ (kN/m³)	K_0	σ_v (kPa)	u (kPa)	σ'_v (kPa)	σ'_h (kPa)	σ_h (kPa)
A	0	22	0,43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B	-3			66,0	0,0	66,0	28,4	28,4
C _{sup.}	-4			88,0	10,0	78,0	33,5	43,5
C _{inf.}	-4	18	0,55	88,0	10,0	78,0	42,6	52,6
D _{sup.}	-10			196,0	70,0	126,0	68,8	138,8
D _{inf.}	-10	20	0,73	196,0	70,0	126,0	92,6	162,6
E	-17,5			346,0	145,0	201,0	147,6	292,6
1	-13,75			271,0	107,5	163,5	120,1	227,6

Diagrama de distribuição de tensão horizontal ao longo da profundidade



Representação do estado de tensão no elemento 1

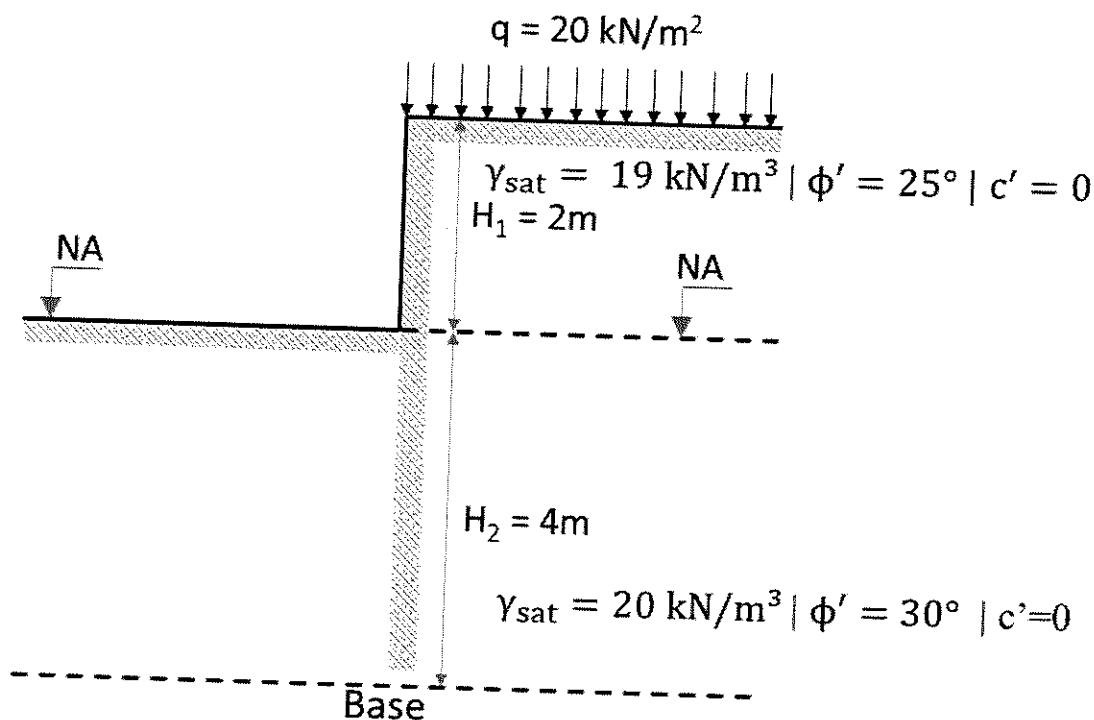


Referência: "Curso Básico de Mecânica dos Solos Exercícios Resolvidos" do autor Carlos Souza Ponto, Aulas 5

Questão 5:

Para a parede de contenção sem atrito ilustrada na figura abaixo, desenhe:

- o diagrama de distribuição de tensão horizontal ativa ao longo de profundidade
- o diagrama de distribuição de tensão horizontal passiva ao longo de profundidade



Considerando a existência de duas camadas de solo com parâmetros e condições de saturação diferente, o problema pode ser resolvido da seguinte forma:

- Calcular os coeficientes de empuxo ativo das duas camadas, utilizando a teoria de Rankine: $K_a = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$
- Calcular o coeficiente de empuxo passivo da segunda camada, utilizando a teoria de Rankine: $K_p = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) = 1/K_a$
- Calcular as tensões horizontais ativas atuantes, considerando a sobrecarga externa aplicada na superfície do terreno da zona ativa, sobrecarga da primeira camada aplicada na superfície da segunda camada, peso próprio efetivo do solo e o nível d'água.
- Desenhar o diagrama de distribuição de tensão horizontal ativa ao longo de profundidade
- Calcular as tensões horizontais passivas atuantes, considerando o peso próprio efetivo do solo e o nível d'água.
- Desenhar o diagrama de distribuição de tensão horizontal passiva ao longo de profundidade

Cálculo das tensões horizontais ativas

Zona Ativa	Ponto	z (m)	γ' (kN/m ³)	K_a	Tensão Horizontal Ativa				
					Carga externa - $\sigma_{ha,q} = K_a q$ (kPa)	Sobrecarga da camada - $\sigma_{ha,q*} = K_a q^*$ (kPa)	Peso próprio - $\sigma_{ha,q} = K_a \gamma' h$ (kPa)	Poros pressão - u (kPa)	$\sum \sigma_{ha}$ (kPa)
	A	0	19	0,41	8,12	-	0,0	0,0	8,1
	B _{sup.}	-2			8,12	-	15,4	0,0	23,5
	B _{inf.}	-2	10	0,33	6,67	12,67	0,0	0,0	19,3
	C	-6			6,67	12,67	13,3	40,0	72,7

Cálculo das tensões horizontais passivas

Zona Passiva	Ponto	z (m)	γ' (kN/m ³)	K_p	Tensão Horizontal Passiva		
					Peso próprio - $\sigma_{hp,q} = K_p \gamma' h$ (kPa)	Poros pressão - u (kPa)	$\sum \sigma_{hp}$ (kPa)
	D	0	10	3,00	0,0	0,0	0,0
	E	4			120,0	40,0	160,0

Configuração das tensões horizontais atuantes

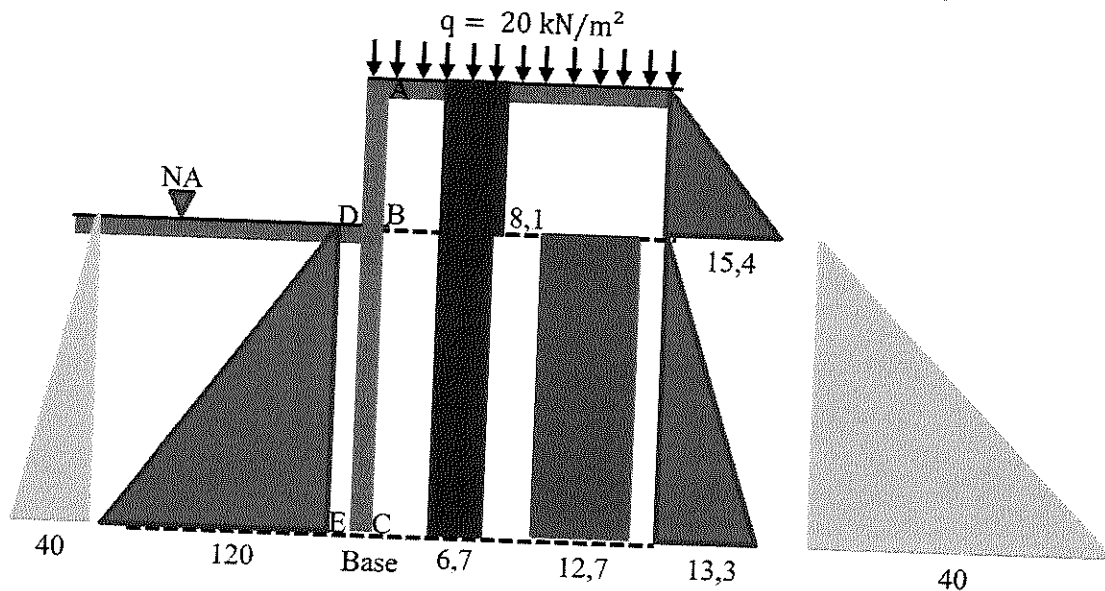
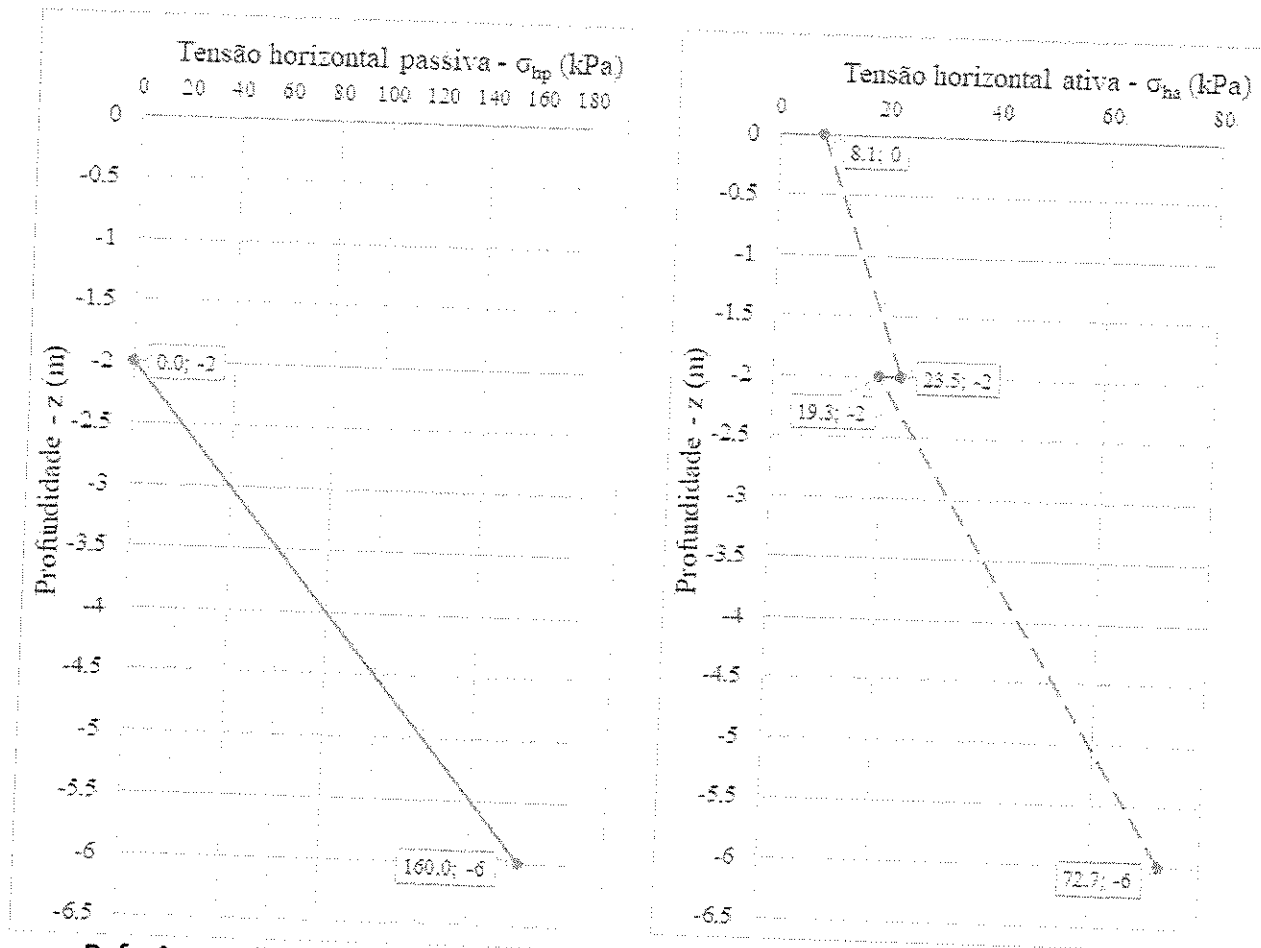


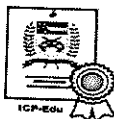
Diagrama de distribuição de tensões horizontais ativa e passiva



Referência: "Contenções Teoria e Prática em Obras" Autores Gerscovich, Danzige e Saramago, Exercício 2.3 Pag. 41.

Formulário

Questão 2	$h_t = h_e + h_p + h_v$ h_t = carga total; h_p = carga de pressão; h_e = carga de elevação; h_v = carga cinética; Q = vazão; i = gradiente hidráulico; A = área do permeâmetro; L = comprimento do solo.	$Q = k \cdot i \cdot A$	$i = \Delta h_t / L$
Questão 3	$\gamma_t = P/V$	$\gamma_t = \frac{G + Se}{1 + e} \gamma_w = \frac{1 + \omega}{1 + e} G \gamma_w$	$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1 + \omega}$
	$\rho = \frac{H}{1 + e_0} \left[C_r \log \left(\frac{\sigma'_{vm}}{\sigma'_{i0}} \right) + C_c \log \left(\frac{\sigma'_f}{\sigma'_{vm}} \right) \right]$		$T^* = \frac{C_h \cdot t}{R^2 \sqrt{I_r}}$
	$C_r = \frac{\Delta e}{\log \left(\frac{\sigma'_{if}}{\sigma'_{i0}} \right)}$ $C_c = \frac{\Delta e}{\log \left(\frac{\sigma'_{if}}{\sigma'_{i0}} \right)}$	$C_{h(NA)} = 0,14 C_{h(piezocone)}$	$c_v = 0,197 H_d^2 / t_{50}$
Questão 4	$c_{v(NA)} = (k_v / k_h) c_{h(NA)}$	$t_{90} = (0,848 \cdot H_d^2) / c_v$	
	$\sigma_v = \sum \gamma h$	$u = \gamma_w h$	$\sigma'_v = \sigma_v - u$
	argila NA $\rightarrow K_0 = 1 - \sin \phi$	$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$	$\sigma_h = \sigma'_h + u$
Questão 5	argila PA $\rightarrow K_0 = (1 - \sin \phi) \text{OCR}^{\sin \phi}$		
	$K_a = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$		
	$K_p = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} = \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) = 1 / K_a$		



Documento assinado digitalmente

Naloan Coutinho Sampa

Data: 05/11/2022 11:21:41-0300

CPF: ***.389.929-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Membros da Banca:

Avaliador 1 (Naloan Coutinho Sampa)

Avaliador 2 (Virgínia Grace Barros)

Avaliador 3 – Suplente (Luciana Rosa Leite)

Presidente da Banca (Edgar Odebrecht)



Assinaturas do documento



Código para verificação: **2BHOG243**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:



EDGAR ODEBRECHT (CPF: 440.XXX.309-XX) em 07/11/2022 às 15:00:08

Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:38:55 e válido até 30/03/2118 - 12:38:55.

(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTlwMjJfMDAwNDg2MzZfNDg3MDVfMjAyMl8yQkhPRzI0Mw==> ou o site <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **UDESC 00048636/2022** e o código **2BHOG243** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.