

Você foi designado para fazer parte de uma equipe de um projeto de drenagem urbana. Em um dos trechos, está prevista a construção de um canal retangular em concreto, enterrado no solo, conforme mostra o croquis da Figura 1. Para efeito de cálculo estrutural, duas hipóteses devem ser verificadas (Figura 1):

Hipótese I: canal vazio – deverá resistir à pressão do solo;

Hipótese II: canal completamente cheio – deverá resistir à pressão da água, considerando que, tendo ocorrido um deslocamento do solo junto às paredes do canal, o solo não mais exerce pressão sobre estas paredes.

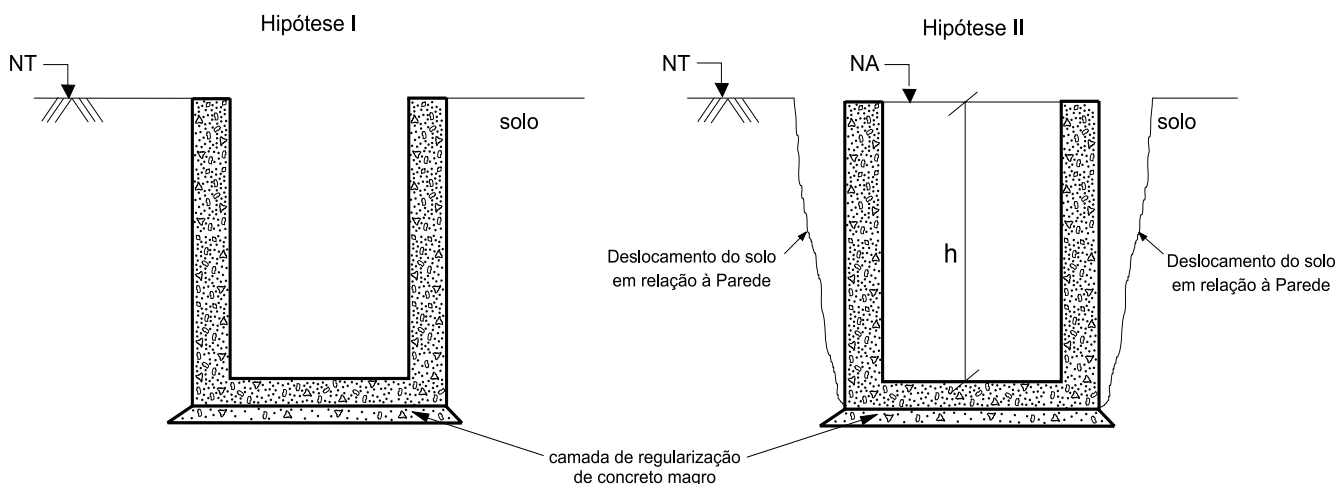


Figura 1 - Esquema da seção transversal do canal

Baseado nestas informações, atenda ao solicitado abaixo.

- Faça um croquis da seção transversal, mostrando onde devem ser colocadas as armaduras do canal em concreto para atender às Hipóteses I e II, identificando-as. No seu croquis, não se esqueça de indicar as armaduras longitudinais. **(valor: 5,0 pontos)**
- Faça um croquis da distribuição de pressão que agirá sobre uma das paredes laterais do canal quando este estiver cheio (Hipótese II), indicando os valores máximo e mínimo da pressão efetiva sobre esta parede do canal. Considere que o canal esteja totalmente cheio e em condição hidrostática. **(valor: 5,0 pontos)**

Dados/Informações Adicionais

$$P = \gamma h$$

onde :

P = pressão em N/m^2 ;

γ = peso específico da água em N/m^3 ;

h = altura de água em metros.

Em um exame de seleção para uma empresa foi apresentado aos candidatos um cronograma simplificado e parcial de obra de um edifício, constituído de fundação e 12 pavimentos. A programação do cronograma foi feita de acordo com os dados da Tabela 1, na qual são informados:

- as atividades;
- os respectivos tempos de execução;
- a condição de início da atividade 2;
- as distâncias (folgas) mínimas que devem existir entre a execução das atividades 3, 4 e 5 e as imediatamente anteriores, expressas em semanas.

Tabela 1 - Atividades, tempos de execução e distâncias (folgas) mínimas

Atividades	Tempos de execução	Distâncias (folgas) mínimas
1. Fundações	7 semanas	-
2. Estrutura	1 pavimento a cada 2 semanas	imediatamente após a conclusão da atividade 1
3. Alvenaria	1 pavimento a cada semana	4 semanas
4. Esquadrias (aduelas)	2 pavimentos a cada semana	1 semana
5. Revestimentos	2 pavimentos a cada semana	1 semana

Notas:

I - a seqüência de execução é obrigatoriamente a de 1 a 5, como consta na Tabela 1;

II - cada atividade deverá ser contínua, conforme tempos de execução informados.

Considerando-se apenas semanas inteiras e que as equipes não podem ficar ociosas na obra, preencha com hachuras o quadro abaixo (Diagrama de Gantt) e responda às perguntas apresentadas a seguir.

- a) Em que semana a estrutura atingirá 100% de execução? **(valor: 1,0 ponto)**
- b) Em que semana os revestimentos serão concluídos? **(valor: 3,0 pontos)**
- c) Na 31ª semana, quantas atividades estarão sendo executadas simultaneamente na obra? **(valor: 3,0 pontos)**
- d) No final da 36ª semana quais atividades estarão 100% concluídas? **(valor: 3,0 pontos)**

Atividades	Tempo em semanas																																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42		
1. Fundações																																												
2. Estrutura																																												
3. Alvenaria																																												
4. Esquadrias (aduelas)																																												
5. Revestimentos																																												

Observação: Não é necessário reproduzir o quadro acima no Caderno de Respostas. Basta responder ao solicitado.

Considere um lote de terreno retangular, medindo horizontalmente 12 m de frente por 42 m de frente a fundo, situado em uma encosta com declividade uniforme e constante ao longo da sua extensão, cujas curvas de nível são, portanto, paralelas aos lados de menor dimensão, com a frente na cota de 28 m e o fundo na cota de 22 m.

Para realização de um projeto de engenharia, foi inicialmente transformada a topografia deste terreno em uma plataforma horizontal nivelada na cota de 24,60 m, através de uma operação de corte vertical e aterro, bem como da construção de um muro de arrimo circundante ao longo de todo o perímetro, de modo a assegurar a sustentação da zona de corte e a verticalidade do aterro.

O aterro foi executado de modo a garantir um grau de compactação igual a 100% do peso específico máximo obtido através de ensaios normais de Proctor, cujos resultados são apresentados na Curva de Compactação da Figura 1, abaixo.

Por outro lado, na zona de corte, a superfície da plataforma foi escarificada até a profundidade de 20 cm e recompactada nas mesmas condições do aterro, de modo a se obter uniformidade ao longo de toda a superfície.

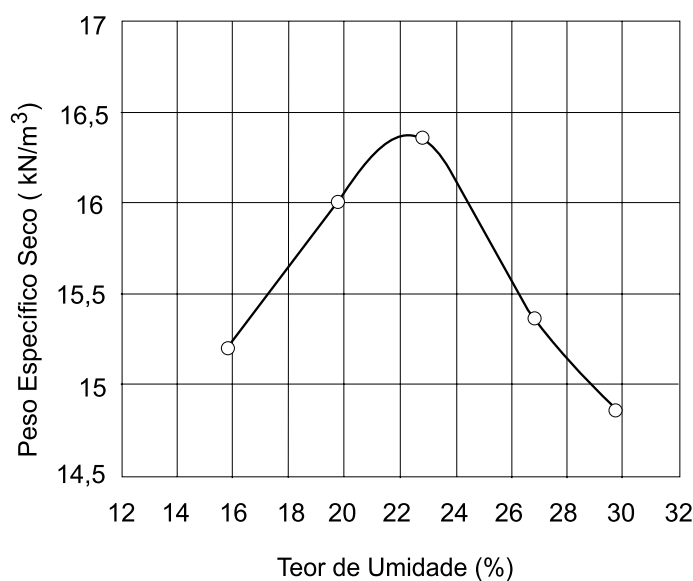


Figura 1 - Curva de Compactação

Com base nestes dados e nas informações prestadas a seguir, determine:

- o volume de solo no seu estado natural de campo que foi necessário acrescentar, através de empréstimo, ou descartar, através de botafora, para compensar os volumes destas operações de escavação e aterro, desprezando nos cálculos a espessura do muro de arrimo circundante; **(valor: 7,0 pontos)**
- o volume de água por metro cúbico de solo, no seu estado natural de campo, necessário para corrigir o teor de umidade natural de modo a obter a condição especificada de compactação. **(valor: 3,0 pontos)**

Dados/Informações Adicionais

γ - peso específico do solo (na umidade do campo) = 16,40 kN/m³

w - teor de umidade natural do solo no campo = 13,5 %

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$$

onde:

γ_d - peso específico do solo seco

Você faz parte de uma equipe que está desenvolvendo um projeto para adequação de fossas sépticas de câmara única e dos sistemas de disposição de seus efluentes para uma fábrica localizada em uma região desprovida de rede pública coletora de esgotos. Em contato com o proprietário da fábrica você foi informado da existência de 3 fossas sépticas que não dispunham de sistema de disposição para os seus efluentes. A você coube o estudo da fossa 1 que atende os sanitários masculino e feminino da administração para um total de 50 pessoas e um restaurante para 120 refeições.

Em vistoria in loco, você constatou que essa fossa séptica existente era cilíndrica e tinha as seguintes dimensões: diâmetro de 2,0 m e altura de 2,6 m. Ensaios realizados no terreno, em 3 pontos próximos às edificações, para determinação da capacidade de absorção do solo, indicaram os tempos de infiltração apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Tempo de infiltração

Pontos	Tempo de infiltração (min)
1	2
2	3
3	1

Consultando bibliografia especializada, você também constatou que o volume correspondente ao espaço destinado à circulação de gases no interior dessa fossa séptica, acima do nível do líquido, deveria ser de $0,80 \text{ m}^3$.

Em uma reunião com o proprietário da fábrica, você foi chamado a responder às perguntas abaixo, apresentando os cálculos que forem necessários.

- a) A fossa séptica 1 existente tem dimensões que atendem à contribuição de esgotos a ela destinada? **(valor: 4,0 pontos)**
- b) Qual o sistema de disposição de efluente que você indica para a fossa séptica 1? **(valor: 3,0 pontos)**
- c) Qual a área de absorção do sistema de disposição indicado para atender a fossa séptica 1? **(valor: 3,0 pontos)**

Dados/Informações Adicionais

Tabela 1 – Contribuição de Esgotos e Lodo fresco por ocupação

Edificações	Unidade	Contribuição (por dia)	
		Esgotos (C)	Lodo fresco (L _f)
Ocupantes permanentes			
Residências			
Padrão alto	L / pessoa	160	1,00
Padrão médio	L / pessoa	130	1,00
Padrão baixo	L / pessoa	100	1,00
Alojamentos provisórios	L / pessoa	80	1,00
Ocupantes temporários			
Edifícios públicos	L / pessoa	50	0,20
Edifícios comerciais	L / pessoa	50	0,20
Fábricas (despejos domésticos)	L / pessoa	70	0,30
Escritórios	L / pessoa	50	0,20
Restaurantes	L / refeição	25	0,10

Tabela 2 – Períodos de retenção em função da contribuição diária

Contribuição (L / dia)	Período de retenção (T) (dias)
até 1.500	1,00
de 1.501 até 3.000	0,92
de 3.001 até 4.500	0,83
de 4.501 até 6.000	0,75
de 6.001 até 7.500	0,67
de 7.501 até 9.000	0,58
Acima de 9.000	0,50

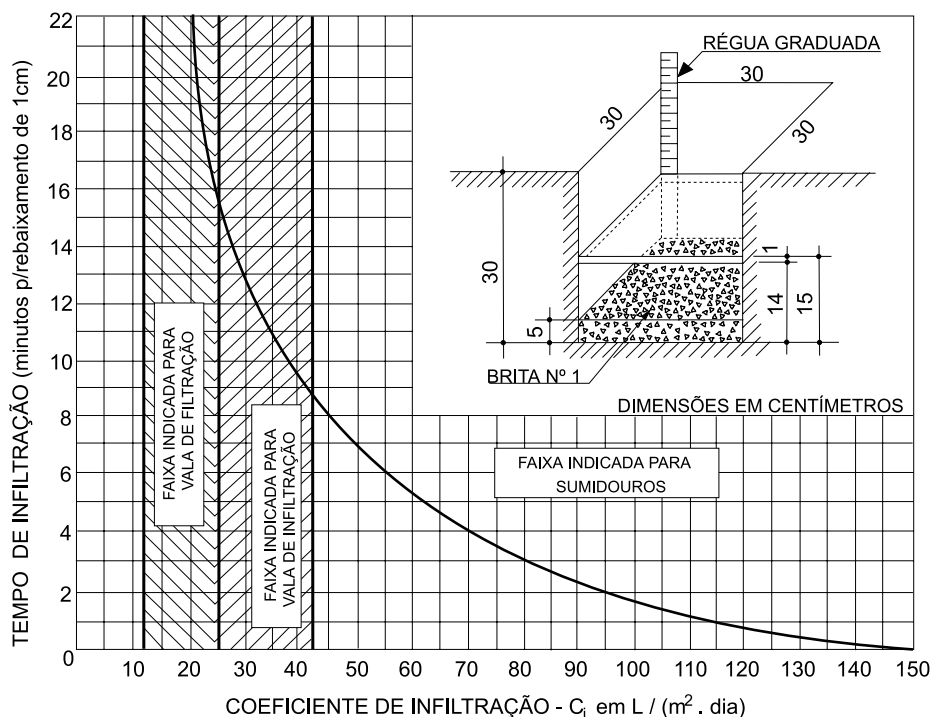


Figura 1 - Gráfico para escolha do sistema de disposição de efluente de fossa séptica e para determinação do coeficiente de infiltração

Volume útil de uma fossa séptica:

$$V = 1.000 + \sum [N \times (C \times T + K \times L_f)]$$

onde:

V = volume útil em litros (L);

N = número de contribuintes;

C = contribuição de despejos em L / (pessoa . dia) ou L / (refeição . dia);

T = período de retenção em dias;

K = taxa de acumulação de Lodo digerido, equivalente ao tempo de acumulação de Lodo fresco. Adotar para o caso: K = 65 dias;

L_f = contribuição de Lodo fresco em L / (pessoa . dia) ou L / (refeição . dia).

Área de infiltração do sistema de disposição de efluente de fossa séptica:

$$A = \frac{V_c}{C_i}$$

onde:

A = área de infiltração em m²;

$V_c = N \times C$ = volume de contribuição diária em L / dia;

C_i = coeficiente de infiltração em L / (m² . dia).

Uma coluna retangular, em concreto armado, tem dimensões $b = 0,30$ m e $h = 0,50$ m. A armadura principal está distribuída de forma simétrica e posicionada junto e paralelamente às faces com dimensão b , tendo área total $A_{\text{tot}} = 22,5 \text{ cm}^2$, conforme mostrado na Figura 1. O aço utilizado tem resistência de cálculo $f_{yd} = 435,0$ MPa, e o concreto tem resistência de cálculo $f_{cd} = 12,9$ MPa.

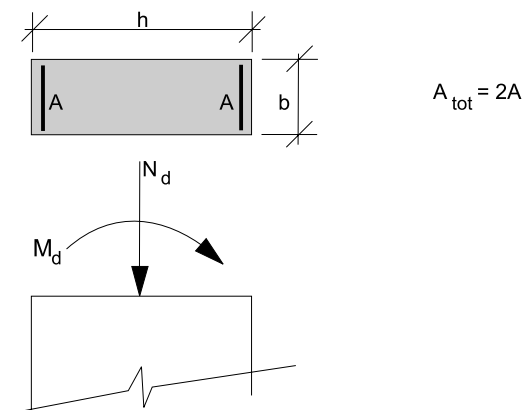


Figura 1 - Seção transversal e esforços na coluna

- a) Usando o ábaco da Figura 2, que se encontra na página seguinte, faça a verificação, justificando, no Caderno de Respostas, se a armadura usada é suficiente para a ação simultânea de uma força normal de cálculo $N_d = 775,0$ kN e um momento fletor (plano de atuação paralelo à dimensão h da seção) $M_d = 235,0$ kN . m. **(valor: 5,0 pontos)**
- b) Determine, usando o ábaco da Figura 2, o maior momento fletor (plano de atuação paralelo à dimensão h da seção) de cálculo M_d , em kN . m, possível de atuar simultaneamente com a mesma força normal dada no item anterior, $N_d = 775,0$ kN. **(valor: 5,0 pontos)**

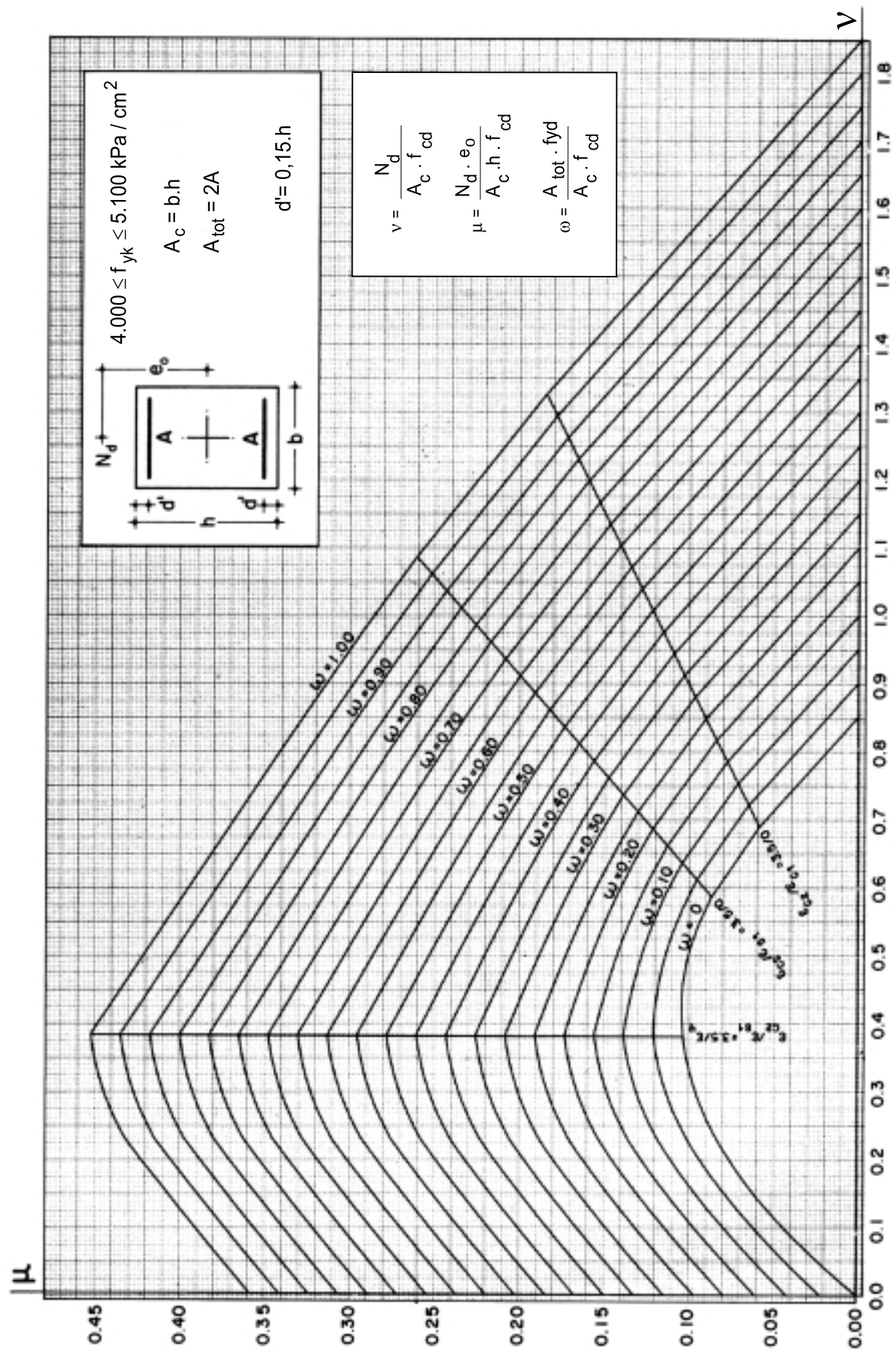


Figura 2 - Ábaco de interação para seção retangular em concreto armado sujeita a flexão composta reta com armadura simétrica.

Um cliente seu adquiriu uma propriedade rural. Como não existia abastecimento de água no local, foi necessário cavar um poço freático. Quando as obras do poço ficaram concluídas, e antes de utilizar a água para consumo, o cliente resolveu fazer uma desinfecção da água do poço e solicitou os seus serviços, passando-lhe as seguintes informações:

- diâmetro do poço = 2,0 m;
- profundidade do poço = 9,0 m, abaixo do nível do terreno; e
- profundidade do nível da água = 6,0 m, abaixo do nível do terreno.

Pesquisando a bibliografia especializada, você resolveu que o produto indicado seria o cloro, sendo que:

- a dosagem de cloro a ser aplicada deveria ser de 51 mg/L;
- o produto comercial escolhido deveria apresentar 68 % de cloro ativo; e
- o desinfetante deveria ser aplicado através de uma solução a 5 %.

Considerando todo o exposto, responda, com os respectivos desenvolvimentos, às perguntas abaixo, apresentadas pelo seu cliente.

a) Qual a quantidade necessária, em quilogramas (kg), do produto desinfetante que devo comprar? (valor: 5,0 pontos)

b) Qual o volume, em litros (L), de solução desinfetante a ser aplicada no poço? (valor: 5,0 pontos)

Dados / Informações Adicionais

- Massa específica do produto desinfetante: $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$
- Adote $\pi = 3,14$

Você está envolvido no projeto de uma passarela para pedestres, em concreto armado, cujo sistema estrutural é de uma viga contínua de dois vãos.

A carga móvel, representando a multidão, é uniformemente distribuída, tendo sido avaliada em 10,0 kN/m (de cima para baixo). Na Figura 1 está representada a linha de influência de momento fletor (carga unitária de cima para baixo) para a seção S, na metade do vão esquerdo da viga. Na Figura 2 está representado o sentido positivo do momento fletor. Sejam $A_1 = 9,38 \text{ m}^2$ e $A_2 = 3,13 \text{ m}^2$, respectivamente, as áreas positiva e negativa da linha de influência. Então:

- a) explique o conceito de linha de influência de momento fletor; (valor: 4,0 pontos)
- b) calcule os momentos fletores máximos positivo e negativo na seção S, para a carga móvel dada; (valor: 3,0 pontos)
- c) considerando que as áreas necessárias das armaduras para os momentos fletores calculados no item anterior são $A_s = 8,55 \text{ cm}^2$ (momento máximo positivo) e $A_s = 3,72 \text{ cm}^2$ (momento máximo negativo), indique quais destes valores correspondem, respectivamente, à face superior e à face inferior da seção indicada na Figura 3. (valor: 3,0 pontos)

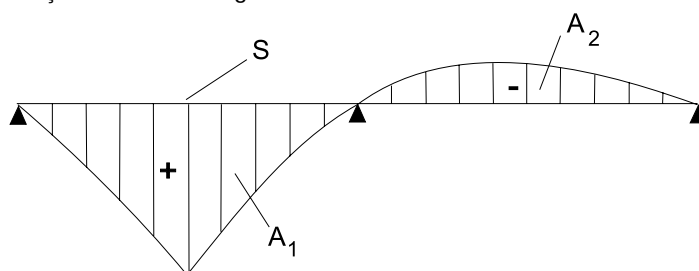


Figura 1 - Linha de influência de momento fletor para a seção S (carga unitária de cima para baixo)

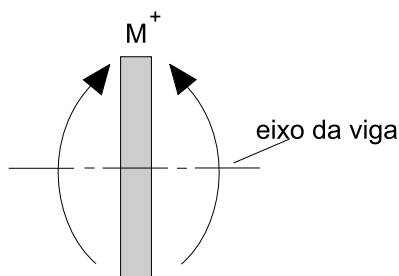


Figura 2 - Sentido positivo do momento fletor.

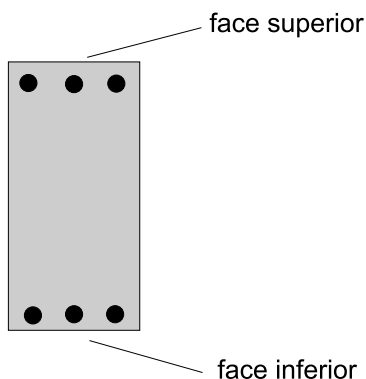


Figura 3 - Distribuição das armaduras na seção transversal da viga.

Você foi chamado para fazer um anteprojeto de uma barragem que irá abastecer uma cidade de 100.000 habitantes e uma área irrigada de 5.000 ha. Na fase atual, você ficou encarregado de:

a) verificar, através de um balanço hídrico anual, se o local escolhido para a barragem tem condições de atender à demanda, quando esta for construída. Para este estudo, você dispõe das seguintes informações: (valor: 5,0 pontos)

- área da bacia (A_b) = 300 km²;
- precipitação média anual (P_m) = 1300 mm/ano;
- evapotranspiração total (EVT) para a situação com a barragem pronta = 1000 mm/ano;
- demanda da cidade = 150 L/(hab x dia);
- demanda da área irrigada = 9000 m³/(ha x ano);

b) determinar a largura do vertedouro da barragem, sabendo que: (valor: 5,0 pontos)

- a cota da crista do vertedouro = 197 m;
- o nível máximo de água no reservatório da barragem (N_{max}) = 199 m;
- a vazão de dimensionamento do vertedouro = 302 m³/s;
- o vertedouro funcionará livre (sem comportas);
- não haverá nenhum pilar sobre a crista do vertedouro;
- o coeficiente de contração dos muros laterais do vertedouro (K_a) é de 0,20;
- em função das características (altura do parâmetro e carga de dimensionamento), pode ser adotado o coeficiente de descarga do vertedouro (μ), igual a 0,490;
- a velocidade de aproximação da água (V_a) pode ser desprezada em função das características do projeto.

Dados/Informações Adicionais

- Balanço hídrico anual (fórmula simplificada – considerando a variação do armazenamento no solo desprezível).

$$V_P - V_S - V_{EVT} = 0, \text{ onde:}$$

V_P = volume precipitado na bacia

V_S = volume escoado

V_{EVT} = volume resultante da evapotranspiração total

- Equação do vertedouro

$$Q = \mu \sqrt{2g} L_{ef} \cdot h^{1.5}, \text{ onde:}$$

Q = vazão em m³/s

μ = coeficiente de descarga do vertedouro

g = aceleração da gravidade = 9,81 m/s²

$L_{ef} = L - 2(N_p \cdot K_p + K_a) h$

L = largura do vertedouro (m)

N_p = número de pilares sobre a crista

K_p = coeficiente de contração dos pilares do vertedouro

K_a = coeficiente de contração dos muros das laterais do vertedouro

h = altura, em metros, da lâmina d'água sobre a soleira do vertedouro para o nível máximo de água no reservatório.

Para a construção de um edifício em um terreno plano de solo argiloso, é necessário que se faça uma escavação em taludes verticais até a profundidade de 4 m, em uma área maior do que aquela que será ocupada pelas instalações no nível do subsolo, a qual, no final da construção, será parcialmente reaterada até os limites das obras definitivas de contenção, no perímetro das referidas instalações.

Os estudos geotécnicos deste solo determinaram que o peso específico seco (γ_d) é de 14,35 kN/m³ e a umidade natural (w) é de 24%, a qual não sofrerá acréscimo durante a execução da obra em virtude das condições de drenagem e proteção que a ela serão asseguradas.

Também foi realizada uma série de ensaios de cisalhamento direto para determinar os parâmetros de resistência deste solo, cujos resultados são apresentados na Tabela 1 e a partir dos quais foi gerado o gráfico da Figura 1, onde se verifica que uma reta com inclinação igual a 23° se ajusta muito bem.

Verifique se há necessidade de escoramento provisório destas escavações, sustentando sua resposta em análise quantitativa.

(valor: 10,0 pontos)

Tabela 1 - Ensaios de Cisalhamento Direto
Tensões de Ruptura

Tensões Normais σ (kPa)	Tensões Tangenciais τ (kPa)
50	35
100	56
200	99

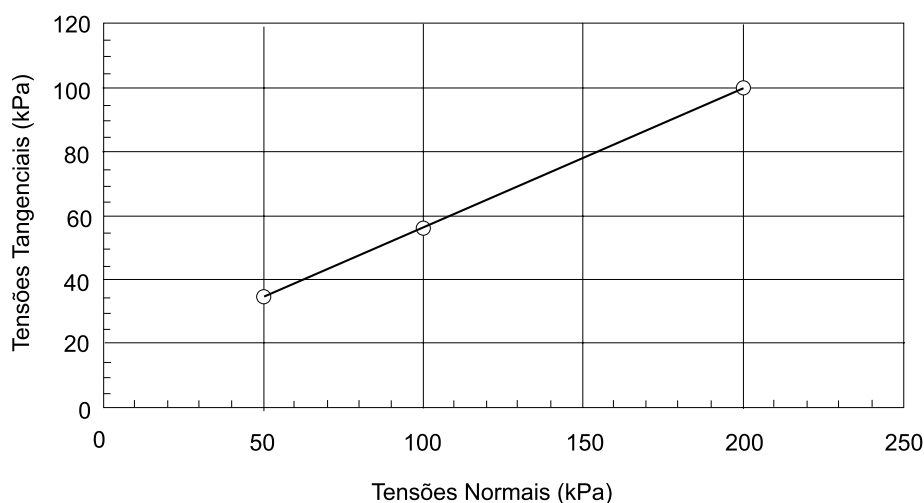


Figura 1 - Ensaios de Cisalhamento Direto

Dados/Informações Adicionais

$$H_c = \frac{2,67 \cdot c}{\gamma} \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$$

onde:

H_c - altura crítica

ϕ - ângulo de atrito interno

γ - peso específico do solo (úmido)

c - coesão

γ_d - peso específico do solo seco

w - teor de umidade

Você é o responsável pela execução da estrutura de um edifício, em concreto armado, e se prepara para montar as armaduras das vigas de um determinado teto. Ao consultar o cálculo de uma certa viga suposta de seção retangular daquele teto, você verifica que, para a armadura de cisalhamento, o projetista optou por usar estribos com inclinação α em relação ao eixo da viga, onde α representa o menor ângulo entre o eixo do estribo e o eixo da viga. Na Figura 3 está representado o esquema estático da viga.

- a) A disposição correta dos estribos está representada na Figura 1 ou na Figura 2? Justifique. (valor: 5,0 pontos)
- b) O projeto considera estribo com inclinação $\alpha = 45^\circ$ e área $A_{sw} = 3,0 \text{ cm}^2/\text{m}$. Para facilitar a montagem da armadura, você decidiu usar estribo vertical, perpendicular ao eixo da viga. Nesta condição, qual a armadura, em cm^2/m , que você terá que usar? (valor: 5,0 pontos)

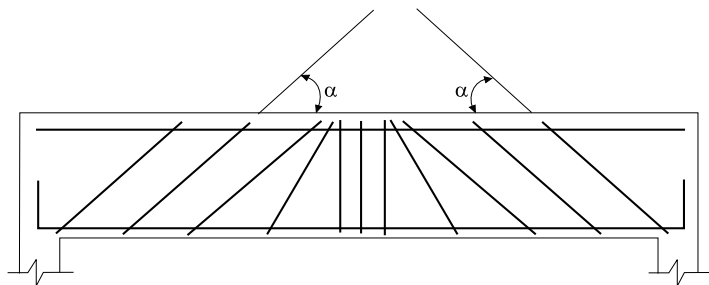


Figura 1 - Representação esquemática da disposição dos estribos da viga.

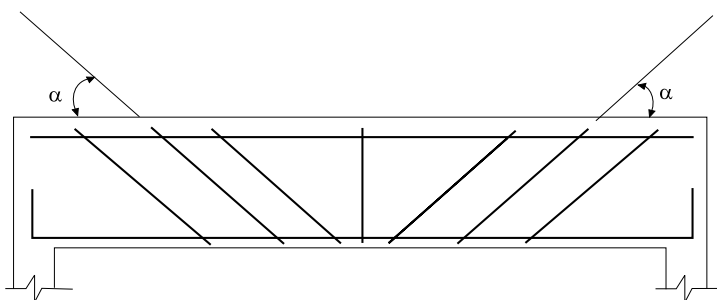


Figura 2 - Representação esquemática da disposição dos estribos da viga.

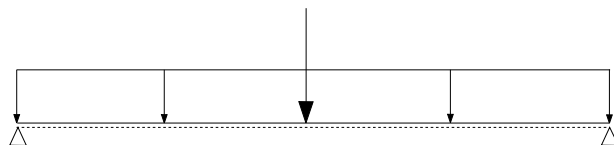


Figura 3 - Esquema estático da viga.

Dados/Informações Adicionais

$$A_{sw,\alpha} = \frac{b_w s \tau_d}{f_{yd} (\sin \alpha + \cos \alpha)}$$

onde:

$A_{sw,\alpha}$ = área da armadura de alma com inclinação α

f_{yd} = tensão de cálculo do aço da armadura

α = ângulo de inclinação da armadura em relação ao eixo da viga

s = espaçamento da armadura

τ_d = tensão tangencial de cálculo

b_w = largura da viga de seção retangular

IMPRESSÕES SOBRE A PROVA

As questões abaixo visam a levantar sua opinião sobre a qualidade e a adequação da prova que você acabou de realizar e também sobre o seu desempenho na prova.

Assinale as alternativas correspondentes à sua opinião e à razão que explica o seu desempenho nos espaços próprios (parte inferior) do Cartão-Resposta.

Agradecemos sua colaboração.

1

Qual o ano de conclusão deste seu curso de graduação?

- (A) 2000.
- (B) 1999.
- (C) 1998.
- (D) 1997.
- (E) Outro.

2

Qual o grau de dificuldade desta prova?

- (A) Muito fácil.
- (B) Fácil.
- (C) Médio.
- (D) Difícil.
- (E) Muito difícil.

3

Quanto à extensão, como você considera a prova?

- (A) Muito longa.
- (B) Longa.
- (C) Adequada.
- (D) Curta.
- (E) Muito curta.

4

Para você, como foi o tempo destinado à resolução da prova?

- (A) Excessivo.
- (B) Pouco mais que suficiente.
- (C) Suficiente.
- (D) Quase suficiente.
- (E) Insuficiente.

5

As questões da prova apresentam enunciados claros e objetivos?

- (A) Sim, todas apresentam.
- (B) Sim, a maioria apresenta.
- (C) Sim, mas apenas cerca de metade apresenta.
- (D) Não, poucas apresentam.
- (E) Não, nenhuma apresenta.

6

Como você considera as informações fornecidas em cada questão para a sua resolução?

- (A) Sempre excessivas.
- (B) Sempre suficientes.
- (C) Suficientes na maioria das vezes.
- (D) Suficientes somente em alguns casos.
- (E) Sempre insuficientes.

7

Como você avalia a adequação da prova aos conteúdos definidos para o Provão/2000 desse curso?

- (A) Totalmente adequada.
- (B) Medianamente adequada.
- (C) Pouco adequada.
- (D) Totalmente inadequada.
- (E) Desconheço os conteúdos definidos para o Provão/2000.

8

Como você avalia a adequação da prova para verificar as habilidades que deveriam ter sido desenvolvidas durante o curso, conforme definido para o Provão/2000?

- (A) Plenamente adequada.
- (B) Medianamente adequada.
- (C) Pouco adequada.
- (D) Totalmente inadequada.
- (E) Desconheço as habilidades definidas para o Provão/2000.

9

Com que tipo de problema você se deparou mais frequentemente ao responder a esta prova?

- (A) Desconhecimento do conteúdo.
- (B) Forma de abordagem do conteúdo diferente daquela a que estou habituado.
- (C) Falta de motivação para fazer a prova.
- (D) Espaço insuficiente para responder às questões.
- (E) Não tive qualquer tipo de dificuldade para responder à prova.

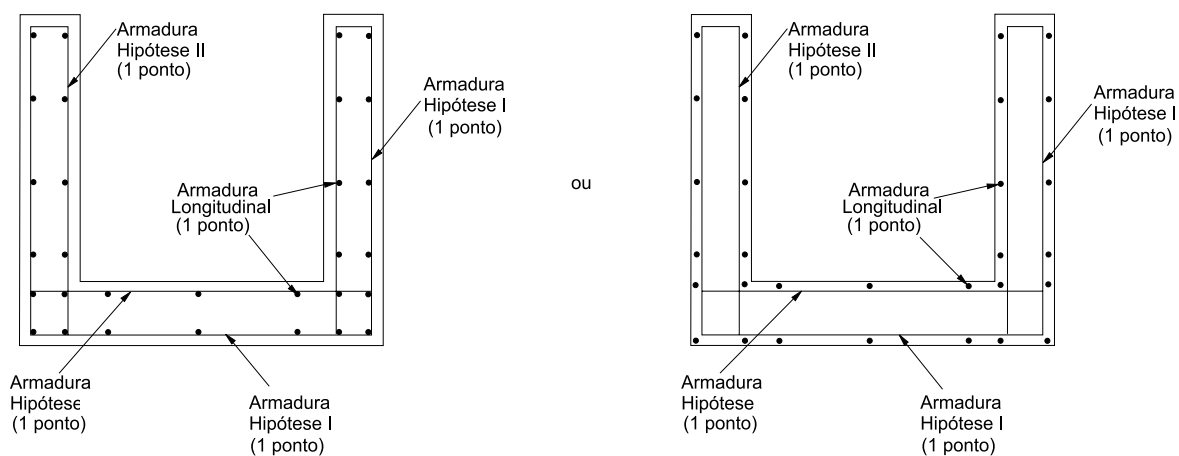
Como você explicaria o seu desempenho em cada questão da prova?

Números referentes ao CARTÃO-RESPOSTA.		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Números das questões da prova.		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
O conteúdo ...											
(A)	não foi ensinado; nunca o estudei.										
(B)	não foi ensinado; mas o estudei por conta própria.										
(C)	foi ensinado de forma inadequada ou superficial.										
(D)	foi ensinado há muito tempo e não me lembro mais.										
(E)	foi ensinado com profundidade adequada e suficiente.										

Questão nº 1

Padrão de Resposta Esperado:

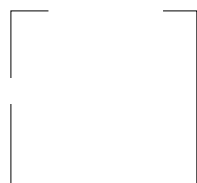
a) Solução ideal



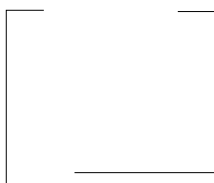
Aceita-se que a armadura longitudinal seja colocada pelo lado de fora das armaduras.

Caso o graduando apresente o detalhe das armaduras, a resposta será:

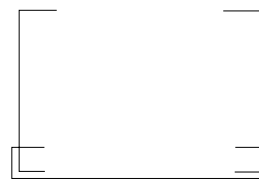
Solução para a hipótese I



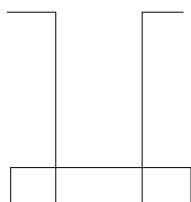
ou



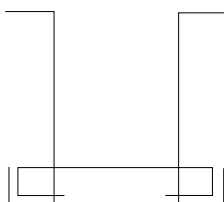
ou



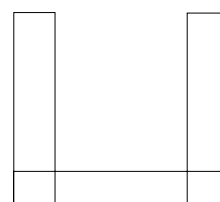
Solução para a hipótese II



ou

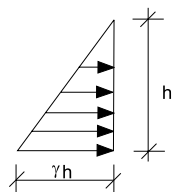


Solução para as hipóteses I e II



(valor: 5,0 pontos)

b)



ou

(valor: 5,0 pontos)

Questão nº 2

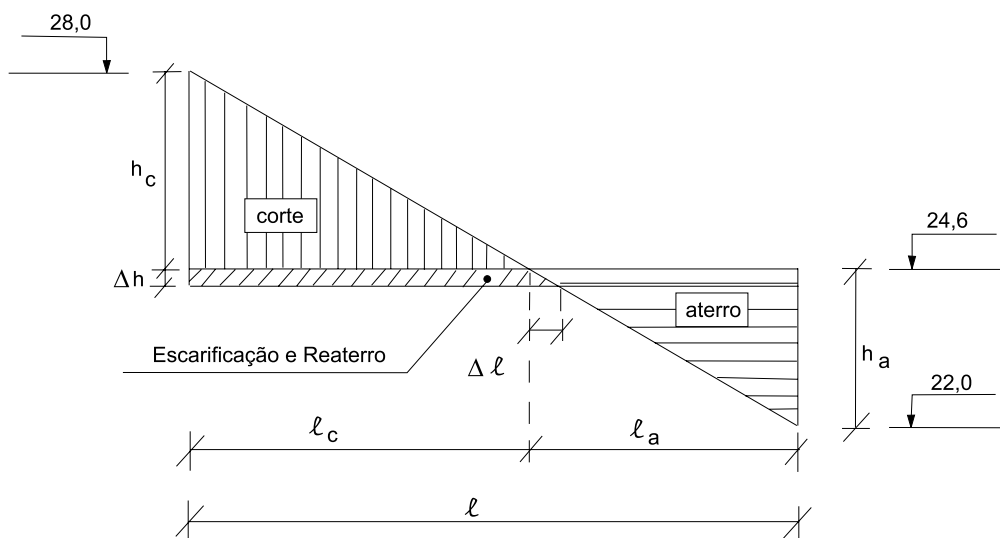
Padrão de Resposta Esperado:

Atividades	Tempo em semanas																																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
1. Fundações																																										
2. Estrutura																																										
3. Alvenaria																																										
4. Esquadrias (aduelas)																																										
5. Revestimentos																																										

- a) A estrutura atingirá 100% na 31ª semana. (valor: 1,0 ponto)
- b) Os revestimentos serão concluídos na 40ª semana. (valor: 3,0 pontos)
- c) Duas atividades. (valor: 3,0 pontos)
- d) Fundações, estrutura e alvenaria. (valor: 3,0 pontos)

Questão nº 3

Padrão de Resposta Esperado:



A figura acima representa o perfil longitudinal do terreno na situação descrita pelo enunciado e onde:

- h_c – altura máxima de corte (na frente) = $28,0 - 24,6 = 3,4\text{m}$
- h_a – altura máxima de aterro (no fundo) = $24,6 - 22,0 = 2,6\text{ m}$
- l_c – comprimento da plataforma na zona de corte
- l_a – comprimento da plataforma na zona de aterro
- Δh – profundidade da zona de escarificação e reaterro = $0,20\text{ m}$
- Δl – acréscimo horizontal da zona de escarificação e reaterro

Considerando-se:

- l – comprimento total do terreno = $42,0\text{ m}$
- l_1 – largura total do terreno = $12,0\text{ m}$

a) Pela figura tem-se que:

$$\frac{\ell_a}{h_a} = \frac{\ell_c + \ell_a}{h_c + h_a} \therefore \ell_a = \frac{\ell_c + \ell_a}{h_c + h_a} \times h_a$$

Como $l_c + l_a = 1 = 42,0 \text{ m}$ e $h_c + h_a = 6,0 \text{ m}$, tem-se

$$\ell_a = \frac{42}{6} \times h_a = 7 \times h_a = 7 \times 2,6$$

$$l_a = 18,2 \text{ m}$$

$$l_c = 1 - l_a = 42,0 - 18,2$$

$$l_c = 23,8 \text{ m}$$

Analogamente,

$$\frac{\Delta \ell}{\Delta h} = \frac{\ell_c}{h_c}$$

$$\Delta \ell = \frac{23,8}{3,4} \times 0,20$$

$$\Delta l = 1,4 \text{ m}$$

Seja ΔV o volume da zona que será escarificada e reaterada.

Observe-se que este volume é comum ao volume de corte (escavado por escarificação) e ao volume de compactação (aterro).

$$\Delta V = \left[\Delta h \left(\ell_c + \frac{\Delta \ell}{2} \right) \right] \cdot \ell_1 = \left[0,20 \left(23,8 + \frac{1,4}{2} \right) \right] \times 12$$

$$\Delta V = 0,20(23,8 + 0,7) \times 12 = 0,20 \times 24,5 \times 12 = 58,8$$

$$\Delta V = 58,80 \text{ m}^3$$

Sendo V_c o volume total de corte (inclusive da escarificação):

$$V_c = \frac{h_c \times \ell_c}{2} \times \ell_1 + \Delta V = \frac{23,8 \times 3,4}{2} \times 12 + 58,80$$

$$V_c = 485,52 + 58,80$$

$$V_c = 544,32 \text{ m}^3$$

Sendo V_a o volume total de aterro compactado (inclusive da zona de escarificação):

$$V_a = \frac{\ell_a \times h_a}{2} \times \ell_1 + \Delta V = \frac{18,2 \times 2,6}{2} \times 12 + 58,80$$

$$V_a = 283,92 + 58,80$$

$$V_a = 342,72 \text{ m}^3$$

Seja P_c o peso de solo seco escavado, $P_c = V_c \times \gamma_d$, sendo γ_d o peso específico de solo seco do terreno natural. Pela fórmula dada:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w} = \frac{16,40}{1 + 0,135}$$

$$\gamma_d = 14,45 \text{ kN/m}^3$$

Portanto, $P_c = 544,32 \times 14,45$

$$P_c = 7.865,42 \text{ kN}$$

Seja P_a o peso do solo seco compactado em aterro.

$$P_a = V_a \times \gamma_{d, \text{máx}}$$

onde $\gamma_{d, \text{máx}}$ é o peso específico aparente de solo seco máximo da curva de compactação da Figura 1, uma vez que esta é a

condição especificada.

Portanto, obtém-se diretamente da curva de compactação apresentada a sua ordenada máxima, que, no caso, é:

$$\gamma_{d, \text{máx}} = 16,40 \text{ kN/m}^3$$

(Obs.: aceitar entre 16,30 e 16,45)

Assim, $P_a = 342,72 \times 16,40$

$$P_a = 5.620,61 \text{ kN}$$

Como $P_c > P_a$, sobra solo escavado com peso ΔP correspondente a esta diferença $\Delta P = P_c - P_a = 7.865,42 - 5.620,61$

$$\Delta P = 2.244,81 \text{ kN}$$

O volume excedente de escavação ΔV_c é, portanto, $\Delta V_c = \frac{\Delta P}{\gamma_d}$

$$\Delta V_c = \frac{2.244,81}{14,45} = \frac{2.244,81}{14,45} = 155,35 \text{ m}^3$$

$$\Delta V_c = 155 \text{ m}^3$$

Assim, há necessidade de descartar, através de bota-fora, um volume de solo em estado natural de campo correspondente a 155 m^3 de escavação. **(valor: 7,0 pontos)**

b) O teor de umidade de um solo é, por definição: $w = \frac{P_a}{P_s}$, onde:

P_a = peso de água;

P_s = peso de sólidos.

Para elevar-se o teor de umidade natural (w) para o teor de "umidade ótima" (w_{ot}), que é, também por definição, o teor de umidade com o qual se obtém o peso específico máximo (seco) na compactação, deve-se fazer:

$$w_{ot} - w = \frac{P_{a_{ot}}}{P_s} - \frac{P_{a_n}}{P_s} \quad \text{onde:}$$

$P_{a_{ot}}$ – é o peso de água necessário a w_{ot} ;

P_{a_n} – é o peso de água de umidade natural w .

Como P_s permanece o mesmo,

$$w_{ot} - w = \frac{P_{a_{ot}} - P_{a_n}}{P_s} = \frac{\Delta P_a}{P_s}$$

$$\Delta P_a = (w_{ot} - w) P_s \quad (\text{b.1})$$

ΔP_a é o peso de água necessário para elevar a umidade.

Diretamente da curva de compactação obtém-se

$$w_{ot} = 22,5\%$$

(Obs.: aceitar entre 21% e 23%)

Como $P_s = V \cdot \gamma_d$, para o solo de 1 m^3 de escavação:

$$P_s = 1 \times 14,45 \therefore P_s = 14,45 \text{ kN}$$

Levando-se estes valores a (b.1) e sabendo-se que $w = 13,5\%$, tem-se:

$$\Delta P_a = (0,225 - 0,135) 14,45 = 0,09 \times 14,45$$

$$\Delta P_a = 1,30 \text{ kN}$$

O volume de água necessário é $\Delta V_a = \frac{\Delta P_a}{\gamma_w}$, sendo γ_w = peso específico da água, que se sabe é $\gamma_w = 10 \text{ kN} / \text{m}^3$.

$$\text{Então, } \Delta V_a = \frac{1,30}{10} = 0,130$$

$$\Delta V_a = 0,130 \text{ m}^3$$

ou

$$\Delta V_a = 130 \text{ litros}$$

(valor: 3,0 pontos)

Questão nº 4**Padrão de Resposta Esperado:****a) Dimensionamento da fossa 1****a.1 – Volume total (V_t)****Contribuição diária**

- Dos funcionários administrativos

$$V_1 = N_1 \times C_1$$

onde:

$$N_1 = \text{nº de funcionários} = 50$$

$$C_1 = \text{contribuição de despejos dos funcionários} = 70 \text{ L / (pessoa . dia)} \text{ (Tabela 1)}$$

daí:

$$V_1 = 50 \times 70 = 3.500 \text{ L / dia}$$

- Do restaurante

$$V_2 = N_2 \times C_2$$

onde:

$$N_2 = \text{nº de refeições} = 120$$

$$C_2 = \text{contribuição de despejos do restaurante} = 25 \text{ L / (refeição . dia)} \text{ (Tabela 1)}$$

daí:

$$V_2 = 120 \times 25 = 3.000 \text{ L / dia}$$

Período de detenção (T)

Como a contribuição diária para a fossa séptica é de $V_1 + V_2$, então:

$$3.500 + 3.000 = 6.500 \text{ L / dia} \rightarrow \text{Tabela 2} \rightarrow \text{período de detenção } T = 0,67 \text{ dias}$$

Contribuição de lodo fresco (L_f)

- Dos funcionários $\rightarrow$ Tabela 1 $\rightarrow L_f = 0,30 \text{ L / (pessoa . dia)}$

- Do restaurante $\rightarrow$ Tabela 1 $\rightarrow L_f = 0,10 \text{ L / (refeição . dia)}$

Daí, o volume útil será:

$$V = 1.000 + \sum [N \times (C \times T + K \times L_f)]$$

$$V = 1.000 + 50 \times (70 \times 0,67 + 65 \times 0,30) + 120 \times (25 \times 0,67 + 65 \times 0,10)$$

$$V = 1.000 + 3.320 + 2.790$$

$$V = 7.110 \text{ L} = 7,11 \text{ m}^3$$

Conseqüentemente, o volume total da fossa séptica deverá ser:

$$V_t = \text{volume útil} + \text{volume circulação gases}$$

$$V_t = 7,11 + 0,80 \rightarrow V_t = 7,91 \text{ m}^3$$

a.2 – Volume da fossa séptica 1 existente

Como:

$$D = 2,0 \text{ m}$$

$$H = 2,6 \text{ m}$$

então:

$$V = \frac{\pi \times 2,0^2}{4} \times 2,6 \rightarrow V = 8,16 \text{ m}^3$$

Como o volume da fossa existente (8,16 m³) é maior que o volume total necessário (7,91 m³), a fossa (existente) atende às necessidades.

(valor: 4,0 pontos)

b) Sistema de disposição do efluente indicado para a fossa séptica 1

No Quadro 1 observa-se que o maior tempo de infiltração é de 3 min. Consultando a Figura 1, obtém-se um coeficiente de infiltração

$C_i = 80 \text{ L / (m}^2 \cdot \text{dia)}$, que indica ser o dispositivo para o efluente da fossa séptica um **sumidouro**.

(valor: 3,0 pontos)

c) Dimensionamento do sumidouro

c.1 – Volume de contribuição diária

$$V_c = V_1 + V_2 = 3.500 + 3.000$$

$$V_c = 6.500 \text{ L / dia}$$

c.2 – Coeficiente de infiltração

Como:

Pontos	Tempo de infiltração (min)			Coeficiente de infiltração em L / (m ² . dia)	
1	2	→	Figura 1	→	95
2	3	→	Figura 1	→	80
3	1	→	Figura 1	→	115

Conforme determina a Norma NBR 7229/82, entre os resultados obtidos, deve-se utilizar o menor coeficiente obtido no ensaio, ou seja: $C_i = 80 \text{ L / (m}^2 \cdot \text{dia)}$

Caso utilize a Norma NBR 13969/97, deve-se tomar a média dos resultados obtidos, ou seja: $C_i = 96,67 \text{ L / (m}^2 \cdot \text{dia)}$.

c.3 – Área de infiltração

Como:

$$A = \frac{V_c}{C_i}$$

então:

$$A = \frac{6.500}{80} \rightarrow A = 81,25 \text{ m}^2 \text{ (NBR 7229/82) ou } A = \frac{6.500}{96,67} \rightarrow A = 67,24 \text{ m}^2 \text{ (NBR 13969/97)}$$

Portanto, o sumidouro deverá ter uma área de absorção de 81,25 m² (NBR 7229/82) ou 67,24 m² (NBR 13969/97).

(valor: 3,0 pontos)

Questão nº 5**Padrão de Resposta Esperado:****a)**

$$f_{cd} = 12,9 \text{ MPa} = 12.900 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad A_c = 0,30 \times 0,50 = 0,15 \text{ m}^2$$

$$f_{yd} = 435,0 \text{ MPa} = 435.000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad h = 0,50 \text{ m}$$

$$N_d = 775,0 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad v = \frac{N_d}{A_c f_{cd}} = \frac{775,0}{0,15 \times 12.900} \cong 0,40$$

$$M_d = N_d \cdot e_o = 235,0 \text{ kNm} \quad \rightarrow \quad \mu = \frac{N_d e_o}{A_c h f_{cd}} = \frac{235,0}{0,15 \times 0,50 \times 12.900} = 0,24$$

Com $v = 0,40$ e $\mu = 0,24$, do ábaco da Figura 2 tem-se: $\omega \cong 0,40$

$$\text{logo: } A_{\text{tot}} = \frac{A_c f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \omega = 30 \times 50 \times \frac{12.900}{435.000} \times 0,40 \cong 17,79 \text{ cm}^2$$

Como a armadura necessária ($17,79 \text{ cm}^2$) é menor que a armadura existente ($22,5 \text{ cm}^2$), conclui-se que a armadura existente é suficiente para o par de esforços. **(valor: 5,0 pontos)**

b) Considerando:

$$N_d = 775,0 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad v = \frac{N_d}{A_c f_{cd}} = \frac{775,0}{0,15 \times 12.900} = 0,40$$

$$\text{Sendo } A_{\text{tot}} = 22,5 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad \omega = \frac{A_{\text{tot}} \cdot f_{yd}}{A_c f_{cd}} = \frac{22,5 \times 435.000}{30 \times 50 \times 12.900} = 0,506$$

Com $v = 0,40$ e $\omega = 0,506$, do ábaco da Figura 2 tem-se: $\mu = 0,28$ (aceitar valores entre 0,27 e 0,29).

Logo: $M_d = N_d \cdot e_o = \mu A_c h f_{cd} = 0,28 \times 0,30 \times 0,50 \times 0,50 \times 12.900 \cong 270,9 \text{ kNm}$ (aceitar valores entre 261,2 e 280,6).

Portanto, considerando a força normal $N_d = 775,0 \text{ kN}$, o momento máximo suportado pela seção é $M_d = 270,9 \text{ kNm}$ (aceitar valores entre 261,2 e 280,6). **(valor: 5,0 pontos)**

Questão nº 6**Padrão de Resposta Esperado:**

- Cálculo do volume armazenado pelo poço

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times H \rightarrow V = \frac{3,14 \times 2^2}{4} \times (9,0 - 6,0)$$

$$V = 9,42 \text{ m}^3 = 9.420 \text{ L}$$

- Cálculo da dosagem com o produto comercial indicado

$$d = \frac{51 \times 100}{68}$$

$$d = 75 \text{ mg/L}$$

- a)** Cálculo da quantidade do produto desinfetante

$$q = 9.420 \text{ L} \times 75 \text{ mg/L}$$

$$q = 706.500 \text{ mg} = 706,5 \text{ g} = 0,7065 \text{ kg} \approx 0,71 \text{ kg}$$

Portanto, devo comprar 0,7065 kg do produto desinfetante.

(valor: 5,0 pontos)

- b)** Como:

$$\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3, \text{ ou}$$

$$\rho = 1 \text{ kg/L}$$

- Cálculo do volume da solução desinfetante a 5 %

$$0,7065 \text{ kg do produto desinfetante} = 0,7065 \text{ L do produto desinfetante}$$

$$V_s = \frac{0,48042 \times 100}{5}$$

$$V_s = 14,13 \text{ L da solução}$$

Portanto, deverão ser aplicados 14,13 L da solução desinfetante no poço

ou

- Cálculo do volume da solução desinfetante a 5% de cloro

$$9420 \text{ L} \times 51 \text{ mg Cl / L} = 480,42 \text{ gramas de cloro}$$

$$V_s = \frac{0,48042 \times 100}{5}$$

$$V_s = 9,61 \text{ L da solução}$$

Portanto, deverão ser aplicados 9,61 L da Solução desinfetante no poço.

(valor: 5,0 pontos)

Questão nº 7**Padrão de Resposta Esperado:**

- a) Linha de influência de momento fletor em uma seção é a representação gráfica ou analítica do momento fletor, na seção em estudo, produzida por uma carga concentrada unitária, geralmente de cima para baixo, percorrendo a estrutura.

ou

Serão aceitas outras redações desde que mencionem o sentido da carga, façam referência ao cálculo em uma seção e citem que a carga que percorre a estrutura é concentrada e unitária. **(valor: 4,0 pontos)**

- b) O produto das áreas positiva e negativa da linha de influência pela carga distribuída fornece os momentos fletores máximos positivo e negativo, respectivamente.

Assim:

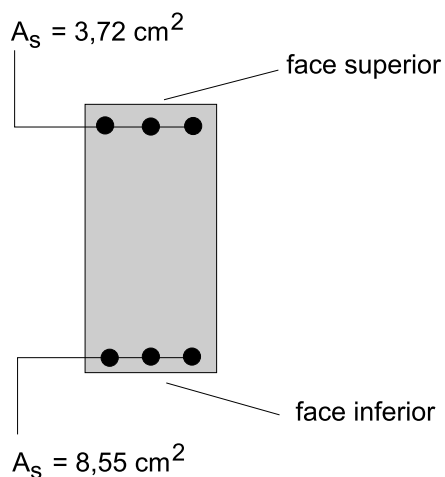
Momento fletor máximo positivo: $9,38 \times 10,0 = 93,8 \text{ kNm}$

Momento fletor máximo negativo: $3,13 \times 10,0 = 31,3 \text{ kNm}$

(valor: 3,0 pontos)

- c) Na face superior $3,72 \text{ cm}^2$

Na face inferior $8,55 \text{ cm}^2$



(valor: 3,0 pontos)

Questão nº 8

Padrão de Resposta Esperado:

- a) A solução é a aplicação da equação do balanço hídrico. A equação é simplificada para efeito de análise. A análise pode ser feita tanto através de volumes, em milímetros ou em L/s, conforme tabela. O importante é padronizar as unidades. Tem-se que comparar o volume escoado com o volume da demanda. O volume escoado (V_S) tem que ser maior que o volume da demanda (V_D). $V_S > V_D$

	Opção de Resposta I	Opção de Resposta II	Opção de Resposta III
Analisando por	Volume (m ³)	Milímetros	Vazão (L/s)
Precipitação de 1300 mm	$V_P = P_m/1000 \times A_b$ $V_P = 1,300 \text{ m} \times 300 \text{ km}^2 \times 10^6 \frac{\text{m}^2}{\text{km}^2}$ $V_P = 390\,000\,000 \text{ m}^3$	1300 mm	$V_P/365/24/60/60 = 12,36 \text{ L/s}$
Evapotranspiração total 1000 mm	$V_{EVT} = EVT/1000 \times A_b$ $V_{EVT} = 1,000 \text{ m} \times 300 \text{ km}^2 \times 10^6 \frac{\text{m}^2}{\text{km}^2}$ $V_{EVT} = 300\,000\,000 \text{ m}^3$	1000 mm	$V_{EVT}/365/24/60/60 = 9,51 \text{ L/s}$
Escoamento	$V_S = V_P - V_{EVT} =$ $390\,000\,000 \text{ m}^3 - 300\,000\,000 \text{ m}^3$ $V_S = 90\,000\,000 \text{ m}^3$	300 mm	$12,36 \text{ L/s} - 9,51 \text{ L/s} = 2,85 \text{ L/s}$
Demanda	$V_D = 100\,000 \text{ hab} \times$ $150 \text{ L (hab. dia)} / 1000 \times 365 +$ $5\,000 \text{ ha} \times 9\,000 \text{ m}^3/\text{ha} =$ $5\,475\,000 \text{ m}^3 + 45\,000\,000 \text{ m}^3 =$ $50\,475\,000 \text{ m}^3$	$V_D / A_b / 1000$ $50\,475\,000 \text{ m}^3 /$ $(300 \text{ km}^2 \times 10^6)$ $= 168,25 \text{ mm}$	$V_D/365/24/60/60 = 1,60 \text{ L/s}$
Conclusão	$90\,000\,000 \text{ m}^3 > 50\,475\,000 \text{ m}^3$ $V_S > V_D$ atende à demanda	$300 \text{ mm} > 168,25 \text{ mm}$ atende à demanda	$2,85 \text{ L/s} > 1,60 \text{ L/s}$ atende à demanda

(valor: 5,0 pontos)

- b) O comprimento do vertedouro é calculado a partir da equação abaixo.

$$Q = \mu \sqrt{2g} L_{ef} h^{1.5}$$

Como a velocidade de aproximação pode ser desprezada, $h = N_{max} - C_s = 199 - 197 = 2 \text{ m}$

O comprimento L_{ef} será:

$$L_{ef} = L - 2K_a h = L - 2 \times 0.2 \times 2 = L - 0,8$$

Substituindo:

$$302 = 0,490 (2 \times 9,81)^{0.5} (L - 0,8) 2^{1.5}$$

$$L = 49,99 \text{ m} \cong 50 \text{ m}$$

(valor: 5,0 pontos)

Questão nº 9**Padrão de Resposta Esperado:**

A verificação consiste no cálculo da altura crítica (H_c) deste solo, que, por definição, é a altura até a qual o solo resiste a um talude vertical sem proteção, para testar se suporta esta escavação sem necessidade de contenção (escoramento).

Obtenção dos parâmetros para cálculo da H_c :

c – coesão

Prolongando-se a reta da Figura 1 até o eixo das ordenadas, encontra-se, por definição, o valor da coesão:

$$c = 14 \text{ kPa}$$

ϕ – ângulo de atrito interno

É, por definição, a inclinação da reta da Figura 1, portanto $\phi = 23^\circ$

γ – peso específico do solo (úmido)

Pela fórmula dada $\gamma = \gamma_d (1 + w)$

Como γ_d e w são dados,

$$\begin{aligned} \gamma_d &= 14,35 \text{ kN/m}^3 \\ w &= 24\% \end{aligned}$$

tem-se $\gamma = 14,35 (1 + 0,24)$ $\gamma = 17,79 \text{ kN/m}^3$

Levando-se estes valores à fórmula dada:

$$H_c = \frac{2,67 \times c}{\gamma} \text{tg} (45 + \phi/2)$$

$$H_c = \frac{2,67 \times 14}{17,79} \text{tg} 56^\circ 30' = \frac{2,67 \times 14}{17,79} \times 1,51084$$

$$H_c = 3,17 \text{ m}$$

Há, portanto, necessidade de escoramento, uma vez que a altura da escavação será de 4,00 m, superior a este valor de altura crítica.
(valor: 10,0 pontos)

Questão nº 10**Padrão de Resposta Esperado:**

a) A disposição correta é a representada na Figura 2.

Justificativa: considerando a carga representada no esquema estático da viga (Figura 3), a disposição de estribos indicada é a da Figura 2, que garante que os estribos absorvam a resultante das tensões principais de tração.

ou

Os estribos devem absorver a resultante das tensões principais de tração, cuja direção aproxima-se da representada na Figura 2.

ou

O arranjo da Figura 2 contém as barras inclinadas numa posição capaz de mobilizar o mecanismo de treliça que é admitido no dimensionamento da peça. O arranjo apresentado na Figura 1 é inconsistente porque as armaduras indicadas estão na direção das diagonais comprimidas. **(valor: 5,0 pontos)**

b) Considerando $\alpha = 45^\circ$ e substituindo na expressão fornecida, tem-se:

$$A_{sw,45} = \frac{b_w s \tau_d}{f_{yd} (\sin 45^\circ + \cos 45^\circ)} = \frac{b_w s \tau_d}{\sqrt{2} f_{yd}}$$
$$\therefore \frac{b_w s \tau_d}{f_{yd}} = \sqrt{2} A_{sw,45} = \sqrt{2} \times 3,0 \quad (1)$$

Considerando $\alpha = 90^\circ$ (nova inclinação dos estribos) e substituindo na mesma expressão, tem-se:

$$A_{sw,90} = \frac{b_w s \tau_d}{f_{yd} (\sin 90^\circ + \cos 90^\circ)} = \frac{b_w s \tau_d}{f_{yd}}$$

Logo, da expressão (1) obtém-se:

$$A_{sw,90} = \sqrt{2} \times 3,0 = 4,24 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Portanto, adotando estribos inclinados de 90° com o eixo da viga, será necessário usar uma armadura transversal com área de $4,24 \text{ cm}^2/\text{m}$. **(valor: 5,0 pontos)**