Questão nº 1

Padrão de Resposta Esperado:

Seja o ponto Q em que deve ser instalado o outro poste.

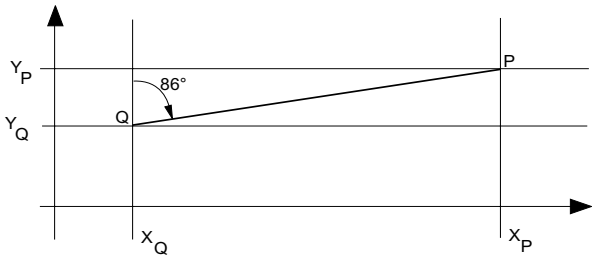
Observando-se a Figura 1, vê-se que, como P e Q são distanciados de 50 m, Q deverá situar-se à esquerda de P, ou seja, a Oeste de P, para que fique dentro dos limites do terreno, uma vez que P está muito próximo do limite Leste desse terreno.

Mesmo sem o auxílio da Figura 1, esta situação pode ser identificada pela análise das abscissas dos pontos P, C e D, cujo ponto C está apenas a 20 metros a Leste de P.

Desse modo, fazendo-se X_P e Y_P as coordenadas de P, X_Q e Y_Q, as de Q, e A_{QP} o azimute da direção QP, tem-se:

$X_P = X_Q + QP \cdot \text{sen } A_{QP}$ (1) **(valor: 1,5 ponto)**

$Y_P = Y_Q + QP \cdot \cos A_{QP}$ (2) **(valor: 1,5 ponto)**



(valor: 1,0 ponto)

Como $QP = 50$ m $\quad X_P = 250$ m

$A_{QP} = 86°$ $\quad Y_P = 210$ m

Levando-se estes valores às equações (1) e (2):

$250 = X_Q + 50 \cdot \text{sen } 86°$

$210 = Y_Q + 50 \cdot \cos 86°$

donde:

$X_Q = 250 - 50 \cdot 0{,}9976 = 200{,}12$

$Y_Q = 210 - 50 \cdot 0{,}0698 = 206{,}51$

Arredondando-se: $X_Q = 200$ m e $Y_Q = 207$ m

Portanto, as coordenadas do outro poste são:

Q (200, 207) ou $\begin{cases} X = 200\,\text{m} \\ Y = 207\,\text{m} \end{cases}$ **(valor: 3,0 pontos)**

(valor: 3,0 pontos)

Obs.: Aceitar também:

X = 201 m

Y = 206 m

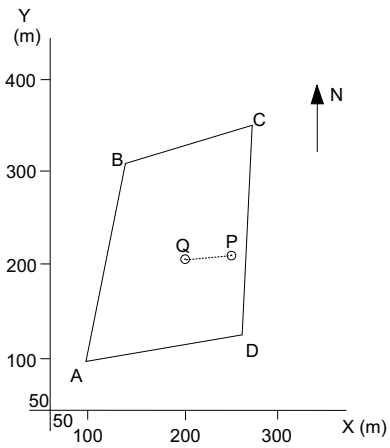


Figura 1

Questão nº 2

Padrão de Resposta Esperado:

a) Considerando a direção horizontal como a direção x e a direção vertical como a direção y, tem-se que o vão livre na direção x é igual a 4,92 m e na direção y é igual a 1,92 m.

O valor do vão teórico em ambas as direções será o menor dos dois valores seguintes:

– considerando a distância entre o centro dos apoios

l_x = 4,92 m + 0,12 m = 5,04 m

l_y = 1,92 m + 0,12 m = 2,04 m **(valor: 1,0 ponto)**

– considerando o vão livre mais a espessura

l_x = 4,92 m + 0,08 m = 5,00 m

l_y = 1,92 m + 0,08 m = 2,00 m **(valor: 1,0 ponto)**

Portanto, adota-se 2,00 m x 5,00 m como dimensões para cálculo da laje. **(valor: 1,0 ponto)**

Como $l_x > 2\ l_y$ (ou seja, 5,00 > 2 x 2,00 m), a laje pode ser armada em apenas uma direção. **(valor: 1,0 ponto)**

b) Cálculo do momento fletor máximo no meio do vão

Para uma carga distribuída de 9,86 kN / m^2, o momento fletor máximo no meio do vão pode ser calculado pela fórmula

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{9,86\,kN/m^2 \quad (2\,m)^2}{8} = 4,93\,kN.m/m$$ **(valor: 1,0 ponto)**

A altura útil da laje (d) é dada por

d = espessura - cobrimento = 8 cm – 2 cm – ∅/2 = 5,7 cm (Aceita-se d = 8 cm – 2 cm = 6 cm) **(valor: 1,0 ponto)**

O valor do coeficiente K_c é:

$$K_c = \frac{10^5 \,x\, 1m x (0,057m)^2}{4,93\,kN.m/m} = 66$$

Entrando com este valor para K_c na Tabela 1, encontra-se o valor correspondente para K_s, que é 0,372

(valor: 1,0 ponto)

Para K_s = 0,372, o valor na área de armadura necessária será:

$$A_s = \frac{0,372\,x\,4,93\,kN.m/m}{10\,x\,0,057\,m} = 3,22 cm^2/m$$ **(valor: 1,0 ponto)**

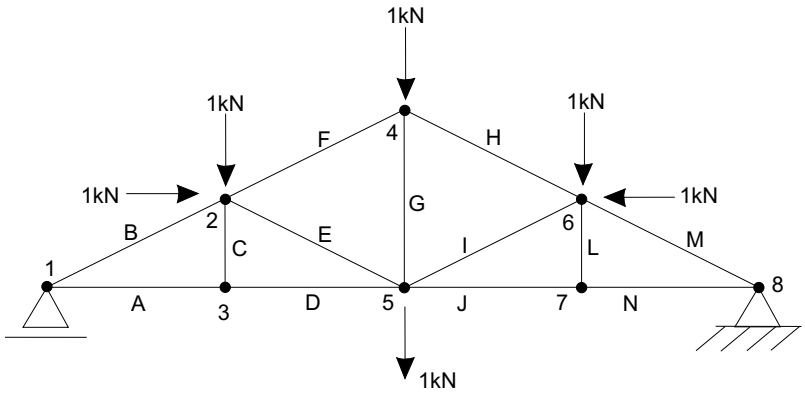
Procurando na Tabela 2 um valor de seção de aço que seja igual ao valor encontrado ou imediatamente maior que ele, tem-se que o espaçamento entre as barras deve ser 10 cm, o que dá uma área de 3,20 cm^2 de aço por metro de laje, ou 9 cm, o que dá uma área de 3,56 m^2 de aço por metro de laje.

Assim a resposta do item **b)** é ∅6,3 mm a cada 10 cm, ou ∅6,3 mm a cada 9 cm. **(valor: 2,0 pontos)**

Questão nº 3

Padrão de Resposta Esperado:

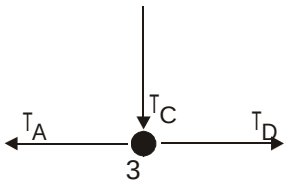
a) Utilizando os dados das Tabelas 1 e 2 pode-se desenhar a treliça com o carregamento e os apoios **(valor: 6,0 pontos)**



(Obs.: Os 6,0 pontos referentes a este item podem ser divididos da seguinte forma:
. 1,0 ponto para cada grupo de cargas colocado corretamente nos 4 nós;
. 1,0 ponto para cada condição de apoio colocada corretamente).

b) 1ª alternativa

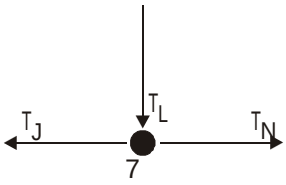
Examinando o nó 3, verifica-se que, na direção da barra C, não há carga externa alguma e tampouco contribuição das forças nas outras barras que passam por este nó. Logo, como o somatório das forças verticais deve ser nulo, a barra C é uma das que deve ter esforço nulo.



$$\sum F_y = 0 \quad \Rightarrow \quad T_C = 0$$

(valor: 2,0 pontos)

O mesmo raciocínio se aplica à barra L que, portanto, é a outra barra com esforço nulo.



$$\sum F_y = 0 \quad \Rightarrow \quad T_L = 0$$

(valor: 2,0 pontos)

Portanto, as barras que apresentam esforço nulo são as barras C e L.

2ª alternativa - Calculando o esforço em cada nó

Para encontrar os esforços nas barras faz-se o equilíbrio em todos os nós.

Por somatório de forças encontram-se as reações de apoio que valem

$$R_1 + R_8 = 1 + 1 + 1 = 3 \text{ kN}$$

(valor: 1,0 ponto)

Logo, devido à simetria da treliça e do carregamento, as reações de apoio são

$R_1 = R_8 = 1{,}5$ kN.

Da geometria da treliça, chamando α o ângulo entre as barras A e B, tem-se que

$tg\ \alpha = ½ = 0{,}5$

logo

$$\text{cotg}\,\alpha = \frac{1}{\text{tg}\alpha} = \frac{1}{0,5} = 2$$

$$\frac{\text{sen}\,\alpha}{\cos\alpha} = 0,5 \quad \Rightarrow \quad \cos\alpha = 2\,\text{sen}\,\alpha$$

Da relação trigonométrica $(\text{sen}\,\alpha)^2 + (\cos\alpha)^2 = 1$, vem que

$\text{sen}\,\alpha = 0,44721$

$\cos\alpha = 0,89443$

Assim, no nó 1

$T_B \text{ sen}\,\alpha = 1,5 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad T_B = 1,5 \text{ kN} / \text{sen}\,\alpha = 3,354 \text{ kN (compressão)}$

$T_A = T_B \cos\alpha = 3,354 \text{ x } 0,89443$ ou $T_A = 1,5 \text{ x cotg}\,\alpha = 1,5 \text{ x } 2,0 = 3,000 \text{ kN (tração)}$

Por simetria, fazendo o equilíbrio no nó 8,

$T_M = T_B = 3,354 \text{ kN (compressão)}$

$T_N = T_A = 3,000 \text{ kN (tração)}$

No nó 3

$T_D = T_A = 3,000 \text{ kN (tração)}$

$T_C = 0$

Por simetria, fazendo o equilíbrio no nó 7,

$T_J = T_D = 3,354 \text{ kN (tração)}$

$T_L = T_C = 0$

No nó 2

$T_B \cos\alpha = T_F \cos\alpha + T_E \cos\alpha \quad \Rightarrow \quad 3,354 \text{ kN} = T_F + T_E \qquad \text{(I)}$

$T_B \text{ sen}\,\alpha - 1 = T_F \text{ sen}\,\alpha - T_E \text{ sen}\,\alpha \quad \Rightarrow \quad 1,118 \text{ kN} = T_F - T_E \qquad \text{(II)}$

De (I) e (II) vêm

$T_F = 2,236 \text{ kN (compressão)}$

$T_E = 1,118 \text{ kN (compressão)}$

Por simetria, fazendo o equilíbrio no nó 6,

$T_H = T_F = 2,236 \text{ kN (compressão)}$

$T_I = T_E = 1,118 \text{ kN (compressão)}$

No nó 4

$T_G = 2\,T_F \text{ sen}\,\alpha - 1 = 1,000 \text{ kN (tração)}$ **(pelos cálculos de esforços nos nós – 2,0 pontos)**

Conclusão – as barras com esforço nulo são as barras C e L. **(valor: 1,0 ponto)**

Questão nº 4

Padrão de Resposta Esperado:

Cálculo da área necessária para o escoamento

$$Q = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times I^{1/2} \times A \qquad (1)$$

onde:

Q = vazão (m^3/s);
R_H = raio hidráulico (m);
I = declividade (m/m);
A = área da seção de escoamento (m^2);
n = coeficiente, adotado para tubulações de esgotos = 0,013($s/m^{1/3}$)

Cálculo da declividade do trecho entre o PV_1 e o PV_2

$$I = \frac{3,22 - 2,62}{75,00} \rightarrow I = 0,008 \text{ m/m}$$

(valor: 1,0 ponto)

Cálculo do raio hidráulico

$$R_H = \frac{A}{p}$$

onde, para escoamento a meia seção do coletor:

$$A = \text{seção de escoamento} \rightarrow A = \frac{\pi D^2}{8}$$

$$p = \text{perímetro molhado} \rightarrow p = \frac{\pi D}{2}$$

daí:

$$R_H = \frac{D}{4} \rightarrow R_H = \frac{0,200}{4} \rightarrow R_H = 0,05 \text{ m}$$

(valor: 1,0 ponto)

Cálculo da vazão de dimensionamento do coletor:

Q = 8,6 + 2,4 + 2,0 → Q = 13,0 L/s ou Q = 0,013 m^3/s (2) **(valor: 1,0 ponto)**

1ª alternativa

Cálculo da vazão para meia seção do tubo coletor de esgotos. Da equação (1) temos

$$Q_E = \frac{1}{0,013} \text{ x } 0,05^{2/3} \text{ x } 0,008^{1/2} \text{ x} \left(\frac{\pi \text{ x } 0,2^2}{8} \right) \rightarrow Q_E = 0,0147 m^3/s$$

Conclusão: Como a vazão de dimensionamento do coletor Q = 0,013 m^3/s é menor que a vazão na meia seção do tubo Q_E = 0,0147 m^3/s (Q = 0,013 m^3/s < Q_E = 0,0147 m^3/s), então podemos concluir que o diâmetro da tubulação (D = 200 mm) ainda satisfaz.

2ª alternativa

Substituindo a vazão de dimensionamento do coletor, equação (2), na equação (1) teremos a área da seção de escoamento, ou seja:

$$0,013 = \frac{1}{0,013} \times 0,05^{2/3} \times 0,008^{1/2} \times A \rightarrow A = 0,0139 \text{ m}^2$$

(valor: 4,0 pontos)

Cálculo da área na meia seção do tubo coletor de esgotos

$$A_E = \frac{\pi \times D^2}{8} \rightarrow A_E = \frac{\pi \times 0,2^2}{8} \rightarrow A_E = 0,0157 \text{ m}^2$$

(valor: 1,0 ponto)

Conclusão: **(valor: 2,0 pontos)**

Como a área necessária para o escoamento A = 0,0139 m^2 é menor que a área na meia seção do tubo A_E = 0,0157 m^2 (A = 0,0139 m^2 < A_E = 0,0157 m^2), então podemos concluir que o diâmetro da tubulação (D = 200 mm) ainda satisfaz.

Questão nº 5

Padrão de Resposta Esperado:

a) • O custo previsto do item 03 – Fundações – é:

$$\text{Custo Fund}_{\text{Prev.}} = 4\% \times \text{R\$ } 2.000.000,00 = \text{R\$ } 80.000,00$$

– Com acréscimo de 20%:

$$\text{Custo Fund}_{\text{Realiz.}} = \text{R\$ } 80.000,00 \times 1,20 = \text{R\$ } 96.000,00$$ **(valor: 1,0 ponto)**

– Os R$ 16.000,00 sofrerão juros simples de 5% ao mês:

$$\text{Juros} = 5\% \times \text{R\$ } 16.000,00 = \text{R\$ } 800,00/\text{mês}$$ **(valor: 1,0 ponto)**

– Os juros incidirão após a conclusão das Fundações, ou seja, nos meses 05, 06 e 07. Portanto, ao término da obra, haverá um aumento no custo desse item, correspondente a:

$$\text{R\$ } 16.000,00 + 3 \times \text{R\$ } 800,00 = \text{R\$ } 18.400,00$$ **(valor: 1,0 ponto)**

• O custo previsto para o item 05 – Instalações – é:

$$\text{Custo Instal}_{\text{Prev}} = 24\% \times \text{R\$ } 2.000.000,00 = \text{R\$ } 480.000,00$$

Houve uma economia de:

$$\text{Economia} = 10\% \times \text{R\$ } 480.000,00 = \text{R\$ } 48.000,00$$ **(valor: 1,0 ponto)**

• Assim, mesmo com um gasto maior nas fundações de R$ 18.400,00, a obra apresentou um custo menor que o previsto de:

R$ 48.000,00 – R$ 18.400,00 = R$ 29.600,00. **(valor: 1,0 ponto)**

b) • Área total de alvenaria = 20.000 m^2

• Nos meses solicitados, temos:

mês 4 : 20.000 m^2 x 30% = 6.000 m^2 de alvenaria

mês 5 : 20.000 m^2 x 40% = 8.000 m^2 de alvenaria

• Logo, os consumos de cimento serão:

$$\text{Mês 4 : } 6.000\ m^2 \times 1,8\ \frac{kg}{m^2} = 10.800\ kg \xrightarrow{\div 50\,kg/saco} 216\ \text{sacos}$$ **(valor: 1,0 ponto)**

$$\text{Mês 5 : } 8.000\ m^2 \times 1,8\ \frac{kg}{m^2} = 14.400\ kg \xrightarrow{\div 50\,kg/saco} 288\ \text{sacos}$$ **(valor: 1,0 ponto)**

• Análise do estoque:

início do mês 04 = 10 + 300 = 310 sacos;

consumo no mês 04 = 216 sacos;

estoque ao final do mês 04 = 94 sacos; **(valor: 1,0 ponto)**

estoque no início do mês 05 = 94 + 300 = 394 sacos;

consumo no mês 05 = 288 sacos;

estoque ao final do mês 05 = 106 sacos. **(valor: 1,0 ponto)**

Portanto, a compra programada atende ao consumo e à determinação de estoque. **(valor: 1,0 ponto)**

Questão nº 6

Padrão de Resposta Esperado:

a) Como a seção de concreto é 0,35 m x 1,05 m, encontra-se o raio de giração mínima desta seção por meio da fórmula

$$i = \sqrt{\frac{J}{S}} = \sqrt{\frac{1,05 \times 0,35^3/12}{1,05 \times 0,35}} = 0,101\ m = 10,1\ cm$$

a.1) Desta forma, entre a fundação e o primeiro teto, tem-se que, de acordo com a tabela, uma barra engastada na fundação e articulada no primeiro teto tem condição de extremidade correspondente a $\beta = 0,7$.

O comprimento de flambagem (l_{fl}) é calculado então por

$$\ell_{fl} = \beta \ell = 0,7 \times 4,30\ m = 3,01\ m$$ **(valor: 1,0 ponto)**

e o índice de esbeltez (λ) fica sendo

$$\lambda = \frac{\ell_{fl}}{i} = \frac{3,01 m}{0,101 m} = 29,8$$ **(valor: 1,0 ponto)**

a.2) Entre o segundo teto e o terceiro teto, tem-se que, de acordo com a tabela do formulário, uma barra articulada nos pavimentos tem condição de extremidade correspondente a $\beta = 1,0$.

O comprimento de flambagem (l_{fl}) é calculado por

$$l_{fl} = \beta l = 1,0 \times 3,20\ m = 3,20\ m$$ **(valor: 1,0 ponto)**

e o índice de esbeltez (λ) fica sendo

$$\lambda = \frac{\ell_{fl}}{i} = \frac{3,20 m}{0,101 m} = 31,7$$ **(valor: 1,0 ponto)**

b) Processo simplificado

Coeficiente de majoração da força normal centrada 1 + (6/h) = 1 + (6/35) = 1,17

Como o coeficiente calculado é maior do que 1,1, adotar 1,17. **(valor: 1,0 ponto)**

Como a armadura longitudinal é composta de 14 barras de diâmetro de 20 mm, a área total da armadura é

$$A_s = 14\ (\pi \times 2^2/4) = 14 \times 3,14 = 43,96\ cm^2 = 4,396 \times 10^{-3}\ m^2$$ **(valor: 0,5 ponto)**

A área de concreto vale

$$A_c = 0,35\ m \times 1,05\ m = 0,3675\ m^2$$ **(valor: 0,5 ponto)**

Em conseqüência, o valor de cálculo da força normal é:

$$N_d = 0,85 \times f_{cd} \times A_c + \sigma_{sd} \times A_s$$

$$N_d = 0,85 \times 18 \times 10^6/1,4 \times 0,3675\ m^2 + 420 \times 10^6 \times 4,396 \times 10^{-3}\ m^2$$

$$N_d = 5.862,6\ kN$$ **(valor: 1,0 ponto)**

Como o coeficiente adicional de majoração da carga para pilar curto calculado anteriormente é igual a 1,17 e o coeficiente de majoração de cargas em serviço é 1,4, vem que

$$N_d = 1,17 \times 1,4 \times N$$

Portanto, a carga máxima em serviço que pode ser aplicada no pilar é

$$N = 5.862,6\ kN/(1,4 \times 1,17) = 3.579,1\ kN$$ **(valor: 1,0 ponto)**

c) As barras N3 destinam-se a evitar a flambagem da armadura. **(valor: 2,0 pontos)**

Questão nº 7

Padrão de Resposta Esperado:

a) Determinação da vazão do poço **(valor: 1,0 ponto)**

Do gráfico da Figura 1 $\rightarrow$ Q = 12,96 / 24 $\rightarrow$ Q = 0,54 m^3/h

ou:

$$Q = \frac{0,54 \times 1.000}{60 \times 60} \rightarrow Q = 0,15 L/s$$

b) Verificação se a quantidade de água a ser captada pelo telhado mais a água disponibilizada pelo poço suprem o consumo

b1) Quantidade de água captada pelo telhado para consumo por mês

$V = C_S \times p \times A$

onde:

C_S = 1,0;
p = 150 mm = 0,15 m;
A = 900 m^2.

daí:

$V = 1,0 \times 0,15 \times 900 \rightarrow V = 135 m^3 = 135.000$ L

ou:

Q = 135.000 / 30 $\rightarrow$ Q = 4.500 L/dia **(valor: 1,0 ponto)**

Considerando uma perda de 20% sobre o volume captado, utilizada pela água inicial da chuva para lavar a superfície de captação, teremos captado pelo telhado para consumo:

$V_T = V - 0,2 \times V \rightarrow V_T = 0,8 \times V$

daí:

$V_T = 0,8 \times 135.000 \rightarrow V_T = 108.000$ L

ou:

$Q_T = 108.000 / 30 \rightarrow Q_T = 3.600$ L/dia **(valor: 1,0 ponto)**

b2) Quantidade de água disponibilizada pelo poço por dia

Da Figura 1 $\rightarrow$ $V_P = 12,96 m^3 = 12.960$ L

ou:

Q_P = 12.960 L/dia **(valor: 1,0 ponto)**

b3) Quantidade de água captada pelo telhado mais a água disponibilizada pelo poço

$V_A = V_T + V_P \times 30$

$V_A = 108.000 + 12.960 \times 30 \rightarrow V_A = 496.800$ L (por mês)

ou:

$Q_A = 496.800 / 30 \rightarrow Q_A = 16.560$ L/dia

ou:

Q_A = 0,15 L/s + 0,042 L/s $\rightarrow$ Q_A = 0,192 L/s **(valor: 1,0 ponto)**

b4) Consumo diário do prédio

Q_C = população x quota *per capita*

$Q_C = 84 \times 250 \rightarrow Q_C = 21.000$ L/dia

ou:

$Q_C = 21.000 \times 30 \rightarrow Q_C = 630.000$ L/mês

ou:

Q_C = 0,243 L/s **(valor: 1,0 ponto)**

Conclusão: **(valor: 1,0 ponto)**

A água captada pelo telhado mais a água disponibilizada pelo poço não suprem a necessidade de consumo do prédio, pois a quantidade de água captada pelo telhado mais a água disponibilizada pelo poço: Q_A = 16.560 L/dia = 496.800 L/mês é menor que o consumo do prédio Q_C = 21.000 L/dia = 630.000 L/mês. Há, portanto, uma falta de (21.000 – 16.560 = 4.440 L/dia).

c) Determinação do número de pessoas que podem ser atendidas com a água captada pelo telhado **(valor: 3,0 pontos)**

$$N = \frac{Q_T}{q}$$

onde:

Q_T = 3.600 L/dia;
q = 250 L/dia/pessoa.

daí: $N = \frac{3.600}{250} \rightarrow N = 14,4$

Podem ser atendidas 14 pessoas.

Questão nº 8

Padrão de Resposta Esperado:

a) CÁLCULO DO CUSTO DO CIMENTO P/ 1m^3 DE CONCRETO

Pelo exposto no enunciado, tem-se que

$$V_{conc} = V_{sc} + V_{sa} + V_{sb} + V_w \qquad (1)$$

onde:

V_{conc} – volume de concreto;
V_{sc} – volume de sólidos do cimento;
V_{sa} – volume de sólidos da areia;
V_{sb} – volume de sólidos da brita;
V_w – volume da água.

Como os volumes da equação (1) são dados pela relação entre a massa dos materiais e suas respectivas massas específicas (dos sólidos, no caso do cimento, e dos agregados) e como se deseja o cálculo para V_{conc} = 1 m^3, tem-se:

$$1 = \frac{M_c}{\rho_{sc}} + \frac{M_a}{\rho_{sa}} + \frac{M_b}{\rho_{sb}} + \frac{M_w}{\rho_w} \qquad (2)$$

em que:

M_c = massa de cimento p/ 1 m^3 de concreto;
M_a = massa de areia seca p/ 1 m^3 de concreto;
M_b = massa de brita (seca) p/ 1 m^3 de concreto;
M_w = massa de água para 1 m^3 de concreto;
ρ_w = massa específica da água = 1.000 kg/m^3.

Como o traço em massa dado por

$$1 : 2{,}00 : 3{,}30 : 0{,}56 \qquad (3)$$

apresenta a proporcionalidade entre cada um dos componentes do concreto, as equações (2) e (3) permitem que se escreva:

$$\frac{M_c}{\rho_{sc}} + \frac{2{,}00M_c}{\rho_{sa}} + \frac{3{,}30M_c}{\rho_{sb}} + \frac{0{,}56M_c}{\rho_w} = 1$$

$$M_c = \frac{1}{\frac{1}{\rho_{sc}} + \frac{2{,}00}{\rho_{sa}} + \frac{3{,}30}{\rho_{sb}} + \frac{0{,}56}{\rho_w}}$$

ou

$$M_c = \frac{1.000}{\frac{1.000}{\rho_{sc}} + \frac{2.000}{\rho_{sa}} + \frac{3.300}{\rho_{sb}} + \frac{560}{\rho_w}}$$

Substituindo-se as massas específicas pelos seus valores, tem-se:

$$M_c = \frac{1.000}{\frac{1.000}{3.140} + \frac{2.000}{2.640} + \frac{3.300}{2.780} + \frac{560}{1.000}}$$

$$M_c = \frac{1.000}{0,3185 + 0,7576 + 1,1871 + 0,560} = \frac{1.000}{2,8232}$$

$\boxed{M_c = 354,21 \text{ kg}}$ (4) **(valor: 2,0 pontos)**

Obs.: Admitir valores de $M_c = 344$ kg a $M_c = 355$ kg, pois com

5 casas decimais, tem-se:

$$M_c = \frac{1}{0,00032 + 0,00076 + 0,00119 + 0,00056} = \frac{1}{0,00283} = 353,36\text{kg}$$

e com 4 casas decimais, tem-se:

$$M_c = \frac{1}{0,0003 + 0,0008 + 0,0012 + 0,0006} = \frac{1}{0,0029} = 344,83\text{kg}$$

CUSTO DO CIMENTO P/ $1m^3$ DE CONCRETO $- C_c$

Como 1 saco de 50 kg custa R$ 12,00

$$C_c = M_c \cdot \frac{12,00}{50} = 354,21 \cdot \frac{12}{50}$$

$\boxed{C_c = \text{R\$ } 85,01}$ (5) **(valor: 1,0 ponto)**

Obs.: Admitir valores de R$ 82,00 a R$ 86,00.

b) CUSTO DA AREIA P/ $1m^3$ DE CONCRETO

Pela proporcionalidade do traço dado (3)

$$M_a = 2,00\, M_c$$

Substituindo-se M_c pelo valor de (4),

$M_c = 2,00 \times 354,21$ $\boxed{M_a = 708,42 \text{ kg}}$ (6) **(valor: 0,5 ponto)**

Obs.: Admitir valores de: M_a = 688 kg a M_a = 710 kg.

A esta massa corresponde um volume de areia seca (V_a), que é:

$$V_a = \frac{M_a}{\rho_{da}} = \frac{708,42}{1.520}$$

V_a = 0,466 m^3 (7) **(valor: 1,0 ponto)**

Obs.: Aceitar valores de V_a = 0,453 m^3 a V_a = 0,467 m^3

Entretanto, a areia é fornecida com 4% de umidade, a que corresponde um coeficiente de inchamento CI = 1,26.

Como $CI = \frac{V}{V_a}$, onde:

V – volume de areia úmida;

V_a – volume de areia seca;

$V = V_a . CI$ = 0,466 x 1,26 V = 0,587 m^3 (8) **(valor: 1,0 ponto)**

que corresponde ao volume da areia para 1 m^3 de concreto nas condições em que é fornecida.

Obs.: Aceitar valores de V = 0,571 m^3 a V = 0,588 m^3.

CUSTO DA AREIA P/ 1m^3 DE CONCRETO – C_a

C_a = 0,587 x 20,00 C_a = R$ 11,74 (9) **(valor: 1,0 ponto)**

Obs.: Admitir valores de R$ 11,00 a R$ 12,00.

c) CUSTO DA BRITA P/ 1m^3 DE CONCRETO

Pelo traço em (3)

M_b = 3,30 M_c Substituindo o valor de Mc (4)

M_b = 3,30 M_c M_b = 3,30 x 354,21

M_b = 1.168,89 kg (10) **(valor: 0,5 ponto)**

Obs.:

Admitir valores de M_b de 1.135 kg a 1.172 kg.

O índice de vazios (c) é definido como

$e = \frac{V_v}{V_s}$, donde $\boxed{V_v = e \, . \, V_s}$ (11)

e onde:

V_v – volume de vazios;
V_s – volume de sólidos.

Por outro lado, o volume total (V) é

$V = V_v + V_s$ ∴ $\boxed{V_v = V - V_s}$ (12)

levando (11) a (12) tem-se que

$e \, . \, V_s = V - V_s$ ∴ $\boxed{V = V_s (1 + e)}$ (13)

Aplicando (13) no caso da brita:

$V_b = V_{sb} (1 + e)$, como $V_{sb} = \frac{M_b}{\rho_{sb}}$

$V_b = \frac{M_b}{\rho_{sb}} (1 + e)$, substituindo pelos valores

$V_b = \frac{1.168,89}{2.780} (1 + 0,98) = 0,4205 \text{ x } 1,98$ **(valor: 1,0 ponto)**

Obs.: Admitir valores de V_b de 0,808 m^3 a 0,835 m^3 $\boxed{V_b = 0,833 \text{ m}^3}$ (14)

CÁLCULO DO CUSTO DA BRITA P/ 1 m^3 DE CONCRETO

O custo da brita (C_b) será:

$C_b = V_b \text{ x } 25,00$ $C_b = 0,833 \text{ x } 25,00$

$\boxed{C_b = \text{R\$ } 20,83}$ (15) **(valor: 1,0 ponto)**

Obs.: Aceitar valores entre R$ 20,00 e R$ 21,00.

d) CUSTO DOS MATERIAIS P/ 1m^3 DE CONCRETO

$\boxed{C_{conc} = C_c + C_a + C_b}$, (16) onde:

C_{conc} = custo dos materiais para preparo de 1m^3 de concreto.

Levando à (16) os valores de (5), (9) e (15) tem-se:
$C_{conc} = 85,01 + 11,74 + 20,83 = 117,58.$ $\boxed{C_{conc} = \text{R\$ } 117,58}$

Obs.: Aceitar valores de R$ 113,00 a R$ 119,00. **(valor: 1,0 ponto)**

Questão nº 9

Padrão de Resposta Esperado:

a) Determinação da vazão turbinada: como a vazão derivada pelas turbinas é de 2 m^3/s (Q_{95}) conforme Fig. 1e há a previsão de 2 turbinas idênticas, a vazão de uma turbina é de 1 m^3/s. **(valor: 1,0 ponto)**

Potência da turbina: $P_T = \gamma Q H_L \eta_T$ Altura de queda líquida $H_L = 113{,}00 - 2{,}00 = 111{,}00$ m **(valor: 1,0 ponto)**

$P_T = 10 \times 1 \times 111{,}00 \times 0{,}90 = 999$ kW **(valor: 1,0 ponto)**

Potência da turbina: 999 kW (aceita-se 1000 kW).

b) Como os custos do vertedouro e da barragem de terra são dados pelas equações, o custo total do vertedouro e da barragem de terra é dado pela soma das duas equações. Como se quer a situação mais econômica, basta achar o ponto de mínimo da equação de custo total.

Custo da barragem (CB)	Custo do vertedouro (CV)	Custo total
$CB = L^2 - 100\,L + 4190$	$CV = L^2 + 10\,L + 10$	$CVB = 2L^2 - 90\,L + 4200$

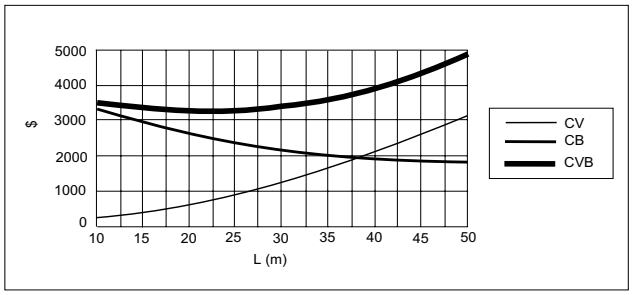
(valor: 2,0 pontos)

Derivando e igualando a zero para achar o ponto de mínimo, tem-se:

$0 = 4\,L - 90$, portanto $L = 22{,}5$ m **(valor: 2,0 pontos)**

O comprimento do vertedouro deverá ser de 22,5 m.

Aceita-se também resolução gráfica.



c) Resposta: O impacto ambiental, considerando o potencial erosivo, irá aumentar, uma vez que a velocidade do escoamento irá aumentar com a retificação.
A velocidade irá aumentar porque a declividade do trecho aumentará em 7,5 vezes, o que irá acarretar um aumento da erosão do leito e das margens do rio, causando um impacto ambiental. **(valor: 3,0 pontos)**

Questão nº 10

Padrão de Resposta Esperado:

a) • ESTABILIDADE DO BLOCO QUANTO AO ESCORREGAMENTO NA SUPERFÍCIE DO TALUDE NATURAL AB

O bloco não escorrega, porque o ângulo de atrito entre o bloco e a superfície do talude AB (ϕ_{AB} = 34°) é maior que o ângulo de inclinação desta superfície (28°), não havendo, portanto, a possibilidade de escorregamento. **(valor: 1,0 ponto)**

• ESTABILIDADE QUANTO AO TOMBAMENTO

Observa-se na Figura 1 que o peso W do bloco se decompõe em uma componente normal ao plano do talude N e em uma componente paralela a este plano T, onde:

$N = W \cos \alpha$; (1)

$T = W \cos (90 - \alpha)$ ou $T = W \operatorname{sen} \alpha$ (2)

Analisa-se a estabilidade do bloco, quanto ao tombamento, verificando-se a possibilidade de rotação do mesmo em torno da aresta mais baixa (paralela à linha de transição) e na direção da inclinação do talude, o que se faz considerando os momentos de N e T em relação ao ponto P indicado na Figura 1.

Assim, para que o bloco seja estável, $N \cdot l/2 > T \cdot h/2$

Substituindo-se N e T pelas equações (1) e (2), tem-se:

$W \cos \alpha \cdot l/2 > W \operatorname{sen} \alpha \cdot h/2$; simplificando, $\cos \alpha \cdot l > \operatorname{sen} \alpha \cdot h$,

donde

$l / h > \operatorname{sen} \alpha / \cos \alpha$ ou $l / h > \operatorname{tg} \alpha$ (3)

Substituindo-se pelos valores deste caso, tem-se:

$l / h = 0{,}70 / 1{,}50 = 0{,}4667$ e $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 28° = 0{,}5317$

Estes valores não satisfazem a inequação (3) porque $0{,}4667 < 0{,}5317$

Logo, o bloco não é estável quanto ao tombamento. **(valor: 2,0 pontos)**

Vê-se, portanto, que o bloco tomba em torno da aresta que contém o ponto P.

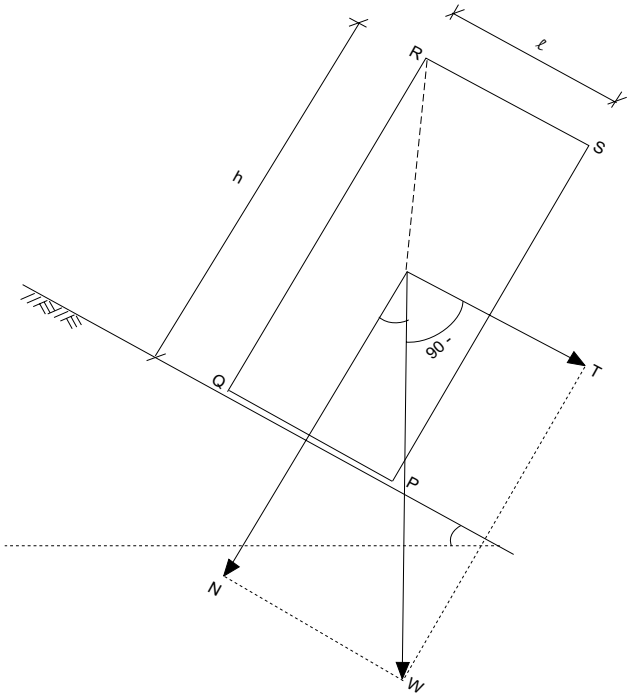


Figura 1

CONTINUAÇÃO DO MOVIMENTO DO BLOCO

Observa-se na Figura 2 que, após tombar, o bloco fica parcialmente apoiado através da face PS, mas, devido à proximidade da linha de transição entre o talude natural AB e o de escavação BC, ele fica com 2/3 de seu volume em balanço, porque a distância inicial d = 0,50 m é exatamente 1/3 da altura inicial h = 1,50 m.

Portanto, ele permanece sem equilíbrio e, assim, continua girando no sentido horário em torno de B, linha de transição, até apoiar-se no talude BC de escavação. **(valor: 2,0 pontos)**

Entretanto, ao alcançar esta nova posição (Figura 3), o bloco continua sem equilíbrio porque escorrega ao longo desta superfície até atingir o pátio, uma vez que, nesta superfície BC, o ângulo de atrito bloco/superfície (ϕ_{BC} = 30°) é muito inferior ao ângulo de inclinação deste talude (β = 60°). **(valor: 1,0 ponto)**

b) . PARA CONFERIR ESTABILIDADE AO BLOCO

Para tornar o bloco estável, basta tombá-lo no sentido oposto ao ponto B, que caracteriza a linha de transição do talude, portanto, no sentido anti-horário, quando ele passará a repousar sobre a superfície AB através de uma face que contém a altura h.

Nesta posição, ele não escorrega, porque, como já foi visto, o ângulo de atrito entre o bloco e a superfície do talude AB (ϕ_{AB} = 34°) é maior que o ângulo de inclinação desta superfície (28°), e também não tomba, porque a relação de esbeltez se inverte, com a inversão entre a altura e o lado da base, verificando-se a condição da inequação (3), que passa a ser:

1,50 / 0,70 > tg 28° ou seja, 2,1429 > 0,5317 **(valor: 4,0 pontos)**

Observação:

Pode ser aceita como resposta para esta última parte o tombamento do bloco através de uma das duas outras arestas perpendiculares à linha de transição dos taludes, cuja estabilidade também se verifica, uma vez que o bloco não escorrega nesta superfície e não tomba, como se pode verificar através dos novos parâmetros l e h, que passam a ser iguais a 0,70 m (lado da base do bloco), levados à condição de estabilidade da equação 3:

$$l / h > \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{0,70}{0,70} > \operatorname{tg} 28 \qquad \Rightarrow \qquad 1 > 0,5317$$

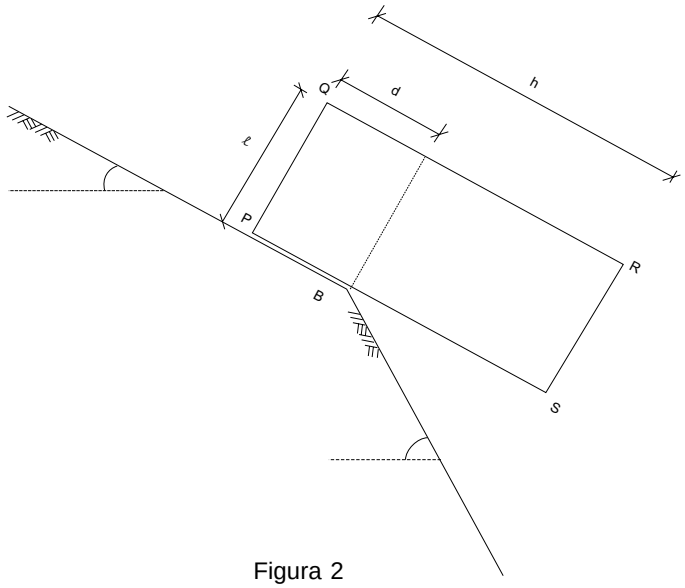


Figura 2

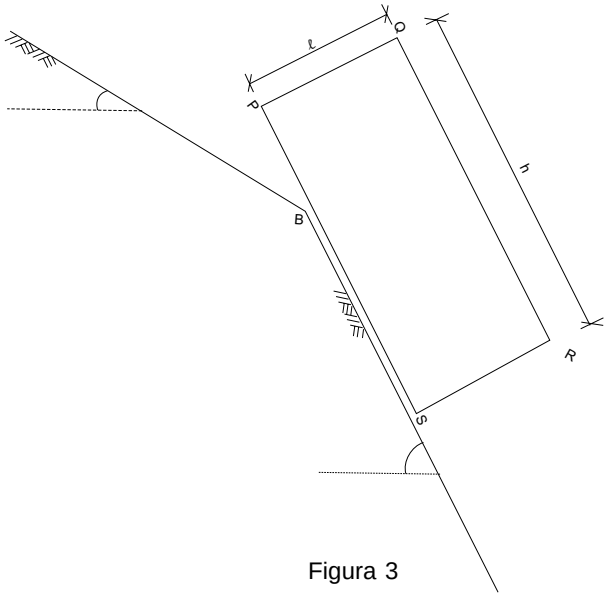


Figura 3