

**PADRÕES DE RESPOSTA****Questão 1 (valor: 10,0 pontos)**

Considere um edifício residencial construído há 25 anos, apresentando várias patologias, cujas reformas você foi convidado a dirigir. Uma das mais urgentes refere-se ao fato de que os moradores hoje utilizam botijões de gás nos apartamentos, porque a instalação central apresentou vazamentos generalizados e foi desativada. O primeiro vazamento apareceu no ramal interno, no qual a tubulação era inicialmente de aço galvanizado, mas teve um trecho substituído por cobre, sendo mantidas as prumadas em aço. Examinando tal instalação, você encontra muitos pontos de corrosão. Descreva o fenômeno mais provável que explica o surgimento de pontos de corrosão na tubulação de aço quando combinada com trechos em cobre.

**Padrão de Resposta Esperado**

Forma-se uma pilha eletroquímica com os tubos de aço e cobre.

ou

O cobre funciona como cátodo e o aço como ânodo, que perde elétrons e fica livre para reagir, formando-se a corrosão.

ou

Respostas envolvendo um dos assuntos abaixo, desde que corretamente explicadas:

- Troca de elétrons
- Pilha de Daniel
- União de metais diferentes
- Reação química.

---

**Questão 2 (valor: 10,0 pontos)**

Para fins de participação em uma concorrência, você está encarregado de fazer o orçamento das fundações de um prédio comercial a ser construído em local de uma cidade que, por razões paisagísticas e ambientais, está limitado a um gabarito de 5 pavimentos. Analisando as sondagens realizadas, você optou por uma solução em sapatas apoiadas a 2 m de profundidade. Valendo-se do perfil de sondagem associado à realização do ensaio SPT (“*Standard Penetration Test*”), que se encontra na página seguinte, e dos dados apresentados abaixo, estime a tensão admissível ( $s_a$ ) do terreno, na cota das bases destas sapatas, para efeito de orçamento.

**Dados/Informações Técnicas:**

Fórmula empírica para estimar a tensão admissível:

$$\sigma_a = 0,02 N \quad (\text{em Mpa}) ,$$

válida para o intervalo:  $5 \leq N \leq 20$  ,

sendo:

N = o valor da resistência à penetração do SPT, representado pelo número de golpes (quedas do “martelo”) necessários à penetração dos últimos 30 cm do amostrador (dois segmentos finais de 15 cm).

PERFIL DE SONDAGEM A PERCUSSÃO - SPT

| Sondagem: SP-01   |         | Cota: 0,00                            |    | Ref.: nº                |                            |        |                        |    |  |
|---|---------|---------------------------------------|----|-------------------------|----------------------------|--------|------------------------|----|--|
| Revestimento $\varnothing = 76,2$ mm                              |         | Escala:                               |    | Data:                   | Pag. nº 1                  |        |                        |    |  |
| Amostrador $\varnothing_e = 50,8$ mm<br>$\varnothing_i = 35,0$ mm |         | Massa do martelo = 65 Kg              |    | Altura de queda = 75 cm |                            |        |                        |    |  |
| PENETRAÇÃO  |         |                                       |    | Cota em relação ao R.N. | Profundidade da camada (M) | Perfil | DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS |    |  |
| Índice de resistência   |         | Gráfico (nº de golpes x profundidade) |    |                         |                            |        |                        |    |  |
| Inicial ----- Final   |         |                                       |    | Nível d'água            |                            |        |                        |    |  |
| 1   | F       | 10                                    | 20 |                         |                            |        |                        | 30 | 40   |
| 1ª e 2ª   | 2ª e 3ª |                                       |    |                         |                            |        |                        |    |  |
| 12  | 22      |                                       |    |                         |                            | IC     | 0,76                   | 1  | Silte arenoso, com pedregulhos, marrom, compacto (Provável aterro)                     |
| 8   | 15      |                                       |    |                         |                            | R      |                        | 2  | Silte argiloso, com areia fina e média, vermelho, rijo                                 |
| 12  | 18      |                                       |    |                         |                            |        |                        | 3  |  |
| 14  | 21      |                                       |    |                         |                            |        |                        | 4  | Idem, duro   |
| 14  | 20      |                                       |    |                         |                            | 4      |                        | 5  |  |
| 15  | 22      |                                       |    |                         |                            | 5      | -5                     | 6  | Idem, variegado (vermelho)   |
| 14  | 19      |                                       |    |                         |                            | 6      |                        | 7  |  |
| 12  | 16      |                                       |    |                         |                            | 7      |                        | 8  | Silte argiloso, com areia fina e média, variegado (vermelho), rijo (Solo residual)     |
| 13  | 18      |                                       |    |                         |                            | 8      |                        | 9  |  |
| 13  | 19      |                                       |    |                         |                            | 9      |                        | 10 |  |
| 13  | 17      |                                       |    |                         |                            | 10     | -10                    | 11 | Silte argiloso, com areia de textura variada, variegado (marrom), rijo (Solo residual) |
| 12  | 16      |                                       |    |                         |                            | 11     |                        | 12 |  |
| 12  | 14      |                                       |    |                         |                            | 12     |                        | 13 |  |
| 8   | 12      |                                       |    |                         |                            | 13     |                        | 14 | Idem, médio (Solo residual)  |
| 7   | 8       |                                       |    |                         |                            | 14     |                        | 15 |  |
| 7   | 9       |                                       |    |                         |                            | 15     | -15                    | 16 | Silte arenoso, com argila, variegado (marrom), medianamente compacto (Solo residual)   |
| 25 / 24   |         |                                       |    |                         |                            | L      |                        | 17 | 16,26  |

**Padrão de Resposta Esperado**

Valor estimado da tensão admissível:

$$\sigma_a = 0,36 \text{ MPa (aceitar valores entre 0,30 e 0,36 MPa)}$$

**RESOLUÇÃO**

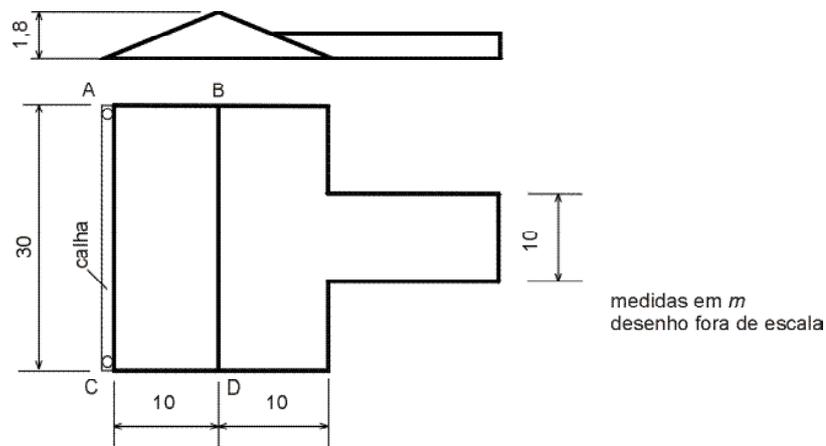
Verifica-se pelo Perfil de Sondagem que, considerando os valores para os segmentos finais (F), para a profundidade de 2 m:

$$N = 18$$

Levando este valor à fórmula dada

$$\sigma_a = 0,02 \times 18 \Rightarrow \sigma_a = 0,36 \text{ MPa}$$

**Questão 3 (valor: 10,0 pontos)**



Considere o desenho acima, que representa um telhado em sua vista frontal e superior (incompleta), e atenda ao solicitado.

- a) Complete as linhas que faltam de interseção (cumeeiras e rincões) da vista superior, desempenhando-a no Caderno de Respostas.
- b) Dimensione a calha retangular entre os pontos A e C, encontrando a medida “c” da Figura 2, a seguir, para dar vazão às precipitações do plano ABDC.

Dados/Informações Técnicas:

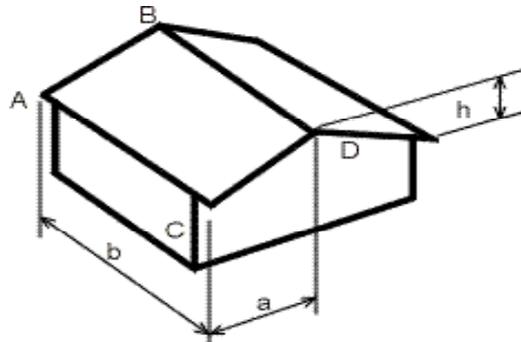


Figura 1

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

sendo A a área a considerar para todo o plano ABDC, se houver apenas um condutor vertical, com as dimensões a, h e b indicadas na figura.

$$Q = \frac{c \times i \times A_c}{60}$$

onde:

Q: vazão de projeto (L/min);

c = 1 (coeficiente de escoamento superficial);

i = 172 mm/h (precipitação atmosférica local);

A<sub>c</sub> = área de contribuição (m<sup>2</sup>). Para calcular a área de contribuição de um telhado inclinado, considere o desenho na página seguinte, no caso presente com dois condutores verticais para a água de chuva do plano ABDC.

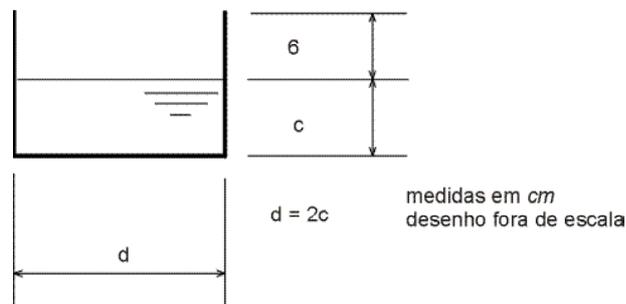


Figura 2

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

onde:

$Q$ : já definida (L/min);

$K = 60.000$  (coeficiente para transformar a vazão de  $m^3/s$  para L/min);

$A$  = área da seção molhada da calha ( $m^2$ );

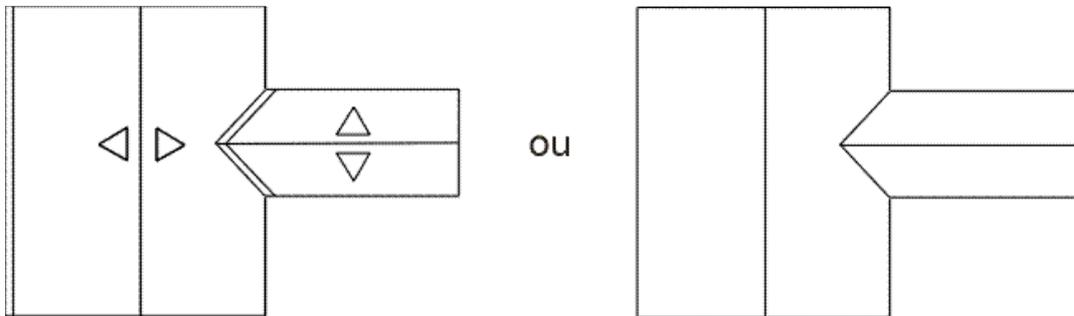
$n = 0,011$  (Coeficiente de Rugosidade de Manning);

$R_H$  = raio hidráulico (m) (divisão da área pelo perímetro molhado);

$I = 0,005$  (m/m) (declividade da calha).

**Padrão de Resposta Esperado**

**a)**



**b) Área de contribuição:**

$A = (a + \frac{h}{2}) \times b = (10 + \frac{1,8}{2}) \times 30 = 327 m^2$ . Como há dois condutores verticais, a área de contribuição será a metade:  $A_c = 163,5 m^2$ .

. Vazão:

$$\therefore Q = \frac{c \times i \times A_c}{60} = \frac{1 \times 172 \times 163,5}{60} = 468,7 \text{ L/min}$$

.Raio hidráulico :

Da figura 2, temos :

$$R_H = \frac{A}{P} = \frac{c \times 2c}{4c} = \frac{c}{2}$$

Da fórmula da vazão, temos :

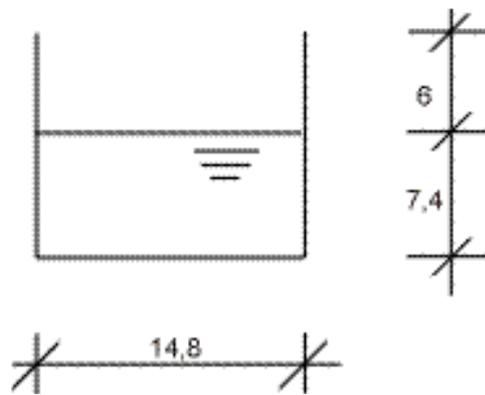
$$R_H^{2/3} = \frac{n \times Q}{K \times A \times \sqrt{I}}$$

Substituindo, temos

$$\therefore \left(\frac{c}{2}\right)^{2/3} \times (2c^2) = \frac{n \times Q}{K \sqrt{I}} \rightarrow \frac{c^{8/3} \times 2}{2^{2/3}} = \frac{n \times Q}{K \sqrt{I}}$$

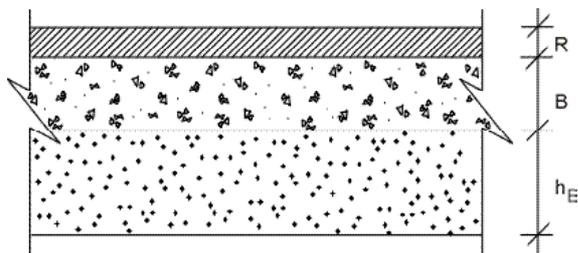
$$\therefore c^{8/3} \times 2^{1/3} = \frac{n \times Q}{K \sqrt{I}} \rightarrow c = \left( \frac{0,011 \times 468,7}{2^{1/3} \times 60.000 \times \sqrt{\frac{0,5}{100}}} \right)^{3/8}$$

$c = 7,4 \text{ cm}$



**Questão 4 (valor: 10,0 pontos)**

Como parte das celebrações dos 500 anos do Brasil, uma cidade brasileira decidiu construir a “Avenida do Descobrimento”, como novo acesso a importante sítio histórico e movimentada área turística. Esta avenida se desenvolve em uma zona de dunas, tendo como subleito uma areia com CBR (também conhecido no Brasil como Índice Suporte Califórnia – ISC) igual a 6%. Tendo em vista os materiais disponíveis na região, o pavimento desta via foi especificado segundo o perfil da Figura 1, abaixo.



Revestimento em concreto betuminoso, com espessura R

Base estabilizada granulometricamente, constituída de brita graduada e CBR = 100%, com espessura B

Sub-base de solo granular, com espessura  $h_B$ , e CBR = 20%

Figura 1

Você foi encarregado de dimensionar este pavimento utilizando o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis adotado pelo DNER e proposto pelo Engº Murillo Lopes de Souza. Este método se baseia no número “N” de operações do eixo tomado como padrão igual a 8,2 toneladas e no valor de suporte CBR do subleito.

Dados/Informações Técnicas:

$$N = 365 \times P \times Vm \times Fv \quad \text{sendo:}$$

$P$  = período de projeto, em anos;  
 $Vm$  = volume médio de veículos por dia, no período de projeto;  
 $Fv$  = fator de veículos, que é função da composição do tráfego.

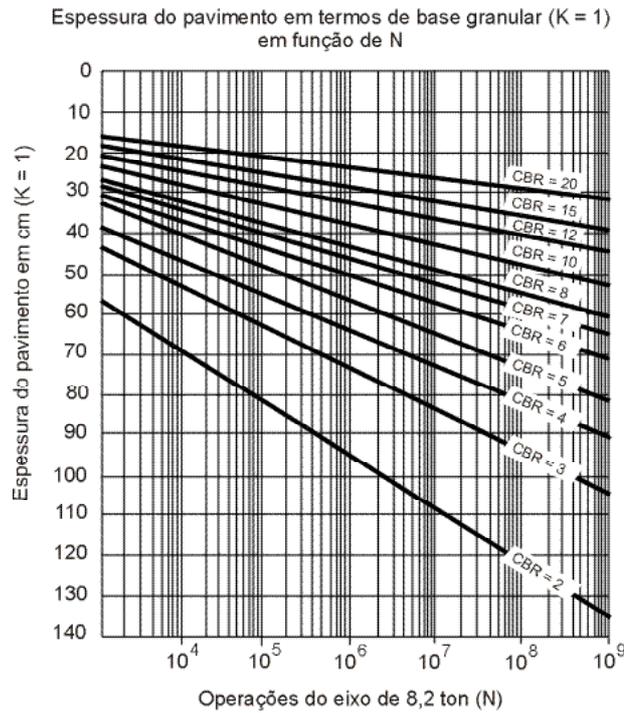


Figura 2

Tabela 1 - Espessura mínima de revestimento betuminoso \*

| N                                    | R mínimo (cm) |
|--------------------------------------|---------------|
| Inferior a 10 <sup>6</sup>           | 5,0           |
| De 10 <sup>6</sup> a 10 <sup>7</sup> | 7,5           |
| Acima de 10 <sup>7</sup>             | 10,0          |

\* tabela adaptada e simplificada para este caso

Tabela 2 - Coeficientes de equivalência estrutural (K) \*

| Componentes do pavimento                                       | Coefficiente K |
|--|----------------|
| Base ou revestimento de concreto betuminoso                    | 2,00           |
| Base ou revestimento pré-misturado a quente de graduação densa | 1,70           |
| Base ou revestimento pré-misturado a frio de graduação densa   | 1,40           |
| Base ou revestimento betuminoso por penetração                 | 1,20           |
| Base granular  | 1,00           |
| Sub-base granular com CBR ≥ 20%                                | 1,00           |

\* tabela adaptada e simplificada para este caso

Considere que:

1 - a espessura individual mínima de camada granular (base ou sub-base) não pode ser, por especificação, inferior a 15 cm;

2 - o período de projeto ( $P$ ) é de 10 anos;

3 - os estudos de tráfego para o período do projeto determinaram que:

$$Vm = 1.010 \text{ veículos}$$

$$Fv = 1,64;$$

4 - segundo o método referido, devem ser satisfeitas as seguintes inequações, observadas as simbologias da Fig. 1:

$$K_R \times R + K_B \times B \geq H_{20}$$

$$K_R \times R + K_B \times B + K_{Sb} \times h_B \geq H$$

onde:

$H$  - espessura total de pavimento em termos de base granular ( $K = 1$ ), tendo em vista o CBR do subleito;

$H_{20}$  - espessura de pavimento acima da sub-base em termos de base granular ( $K = 1$ ), tendo em vista o CBR da sub-base;

$K_R$ ,  $K_B$  e  $K_{Sb}$  - coeficientes estruturais para os respectivos componentes do pavimento, revestimento, base e sub-base;

5 - o custo do concreto betuminoso é superior a doze vezes o custo da sub-base arenosa, e o custo da base granular em brita graduada é superior a quatro vezes o custo desta sub-base.

Determine, maximizando a economia e explicando o raciocínio que você desenvolveu:

a)  $R$  - espessura do revestimento;

b)  $B$  - espessura da base;

c)  $h_B$  - espessura da sub-base.

### **Padrão de Resposta Esperado**

a) Usando a fórmula e os dados fornecidos, tem-se que:

$$N = 365 \times 10 \times 1.010 \times 1,64 \Rightarrow N = 6.045.860, \text{ permitindo adotar } N \cong 6 \times 10^6$$

Entrando-se com o valor de  $N$  na Tabela 1 determina-se o valor mínimo de  $R$ . Portanto:

$$R = 7,5 \text{ cm}$$

- b) Levando-se ao ábaco da Figura 2 o CBR = 20% da sub-base e o valor  $N = 6 \times 10^6$ , encontra-se:  $H_{20} = 27$  cm, aceitando-se números inteiros no intervalo [24, 28].

Pela Tabela 2 tem-se que:

$$K_R = 2 \quad K_B = 1 \quad \text{e} \quad K_{Sb} = 1$$

Substituindo-se os valores na inequação  $K_R \times R + K_B \times B \geq H_{20}$ , tem-se:

$$2 \times 7,5 + 1B \geq 27$$

$$B \geq 27 - 15 \Rightarrow B \geq 12$$

Entretanto a consideração do item "1" impõe que  $B \geq 15$  cm, assim adota-se:

$$B = 15 \text{ cm}$$

- c) Entrando-se no ábaco da Figura 2 com o CBR = 6% do subleito e o modo de  $N = 6 \times 10^6$ , obtém-se

$$H = 56 \text{ cm}$$

Tendo em vista a inequação:

$$K_R \times R + K_B \times B + K_{Sb} \times h_B \geq H$$

e substituindo-se pelos respectivos valores, temos:

$$2 \times 7,5 + 1 \times 15 + 1 \times h_B \geq 56 \quad \therefore$$

$$h_B \geq 56 - 15 - 15 \quad \therefore$$

$$h_B \geq 26 \text{ cm}$$

adotando-se como resposta:

$$h_B = 26 \text{ cm}$$

---

### Questão 5 (valor: 10,0 pontos)

Em uma reunião de condomínio, foi debatida e aceita a proposta do síndico para a substituição, no prédio, da bomba centrífuga, a qual, por ser muito velha, apresentava constantes problemas de funcionamento. Como o condomínio não dispunha do projeto hidráulico do prédio, e a bomba existente não apresentava nenhuma identificação, o referido síndico chamou você para sugerir uma nova especificação de bomba a ser instalada, para que ele pudesse providenciar a substituição por uma de modelo padronizado. Você foi informado, ainda, que não é permitida a lavagem de veículos no condomínio.

Quando da análise da instalação predial você observou que:

- o edifício tinha 15 andares, com 5 apartamentos por andar, havendo em cada apartamento 4 quartos com 2 pessoas por quarto, mais duas dependências para empregados com 1 pessoa por dependência;
- a altura estática de aspiração (altura de sucção) era de 2,5 m;
- a altura estática de recalque era de 40,0 m;
- a bomba deveria funcionar 6 horas por dia.

A maneira usual de se proceder à escolha de uma bomba é recorrer aos catálogos dos fabricantes - o fabricante apresenta, em seus catálogos, um gráfico constituído de quadriculas que permite “enquadrar” a bomba num tipo por ele padronizado. Consultando o catálogo disponível no momento, você obteve as informações relevantes conforme Figuras 1 e 2 dos Dados/Informações Técnicas.

Da bibliografia especializada, você obteve as seguintes informações:

- a perda de carga na aspiração (sucção) mais a altura representativa da velocidade podem, no caso, ser consideradas equivalentes a 60% da altura de sucção;
- a perda de carga no recalque pode, no caso, ser considerada como 40% da altura de recalque.

Quando você retornou ao síndico, ele lhe fez as perguntas abaixo, as quais você deverá responder.

**a)** Qual o modelo de bomba padronizado pelo fabricante que você especificou? (indicá-lo através do par “diâmetro nominal da boca de recalque” e “família de diâmetros do rotor”).

**b)** Utilizando o gráfico das Curvas Características, apresentado adiante, qual o diâmetro do rotor, qual a potência do motor, e entre que valores será o rendimento da bomba especificado para a vazão e altura manométrica calculadas?

### Dados/Informações Técnicas:

**Tabela 1** - Estimativa de consumo diário de água.

| TIPO DO PRÉDIO             | UNIDADE           | CONSUMO (L/dia) |
|----------------------------|-------------------|-----------------|
| Restaurantes               | por refeição      | 25              |
| Cinemas, teatros           | por lugar         | 2               |
| Hospitais e Casas de Saúde | por leito         | 250             |
| Residências                | <i>per capita</i> | 150             |
| Apartamentos               | <i>per capita</i> | 200             |
| Fábrica com restaurante    | por operário      | 100             |
| Quartéis                   | por soldado       | 150             |
| Escolas, externatos        | por aluno         | 50              |
| Escolas, semi-internato    | por aluno         | 100             |

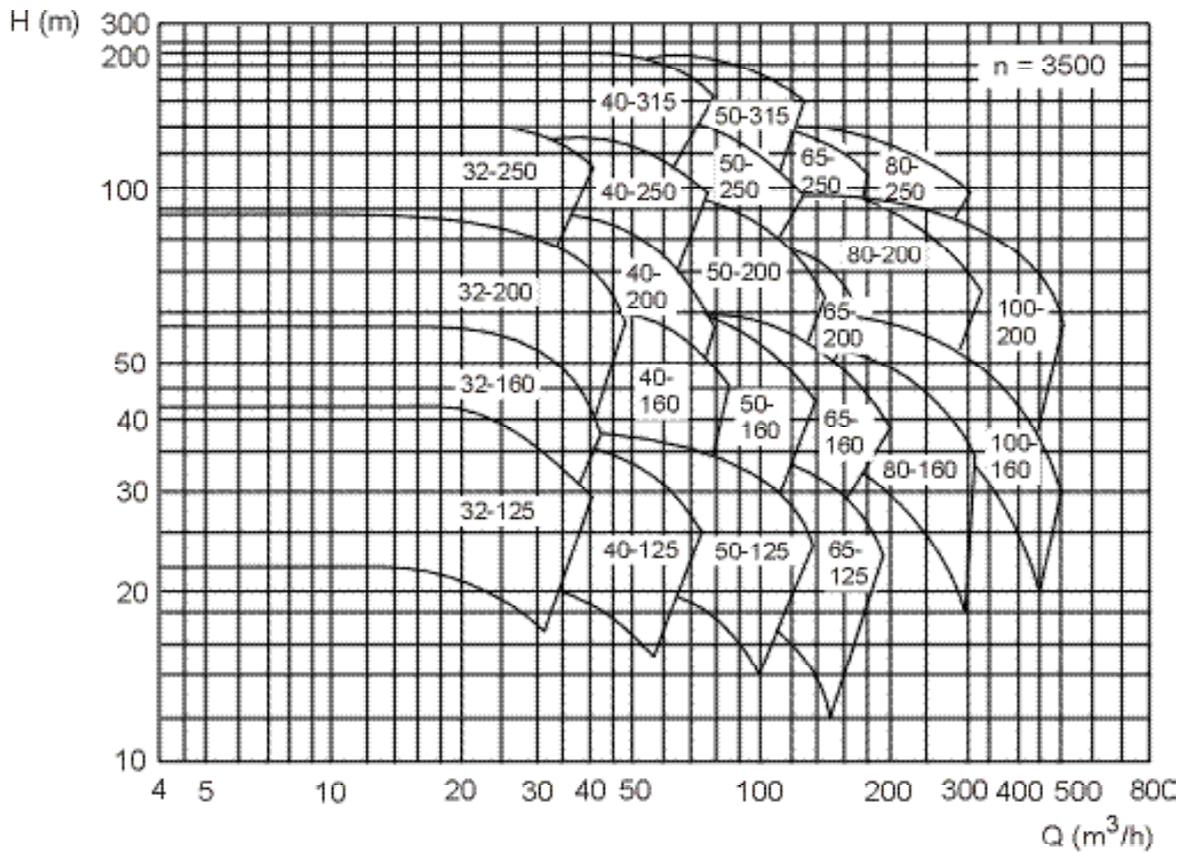


Figura 1 - Gráfico de quadriculas

OBS:  $n$  representa o número de rotações por minuto da bomba, e o par de números internos às quadriculas representam respectivamente o diâmetro nominal da boca de recalque (mm) e a família de diâmetros do rotor (mm).

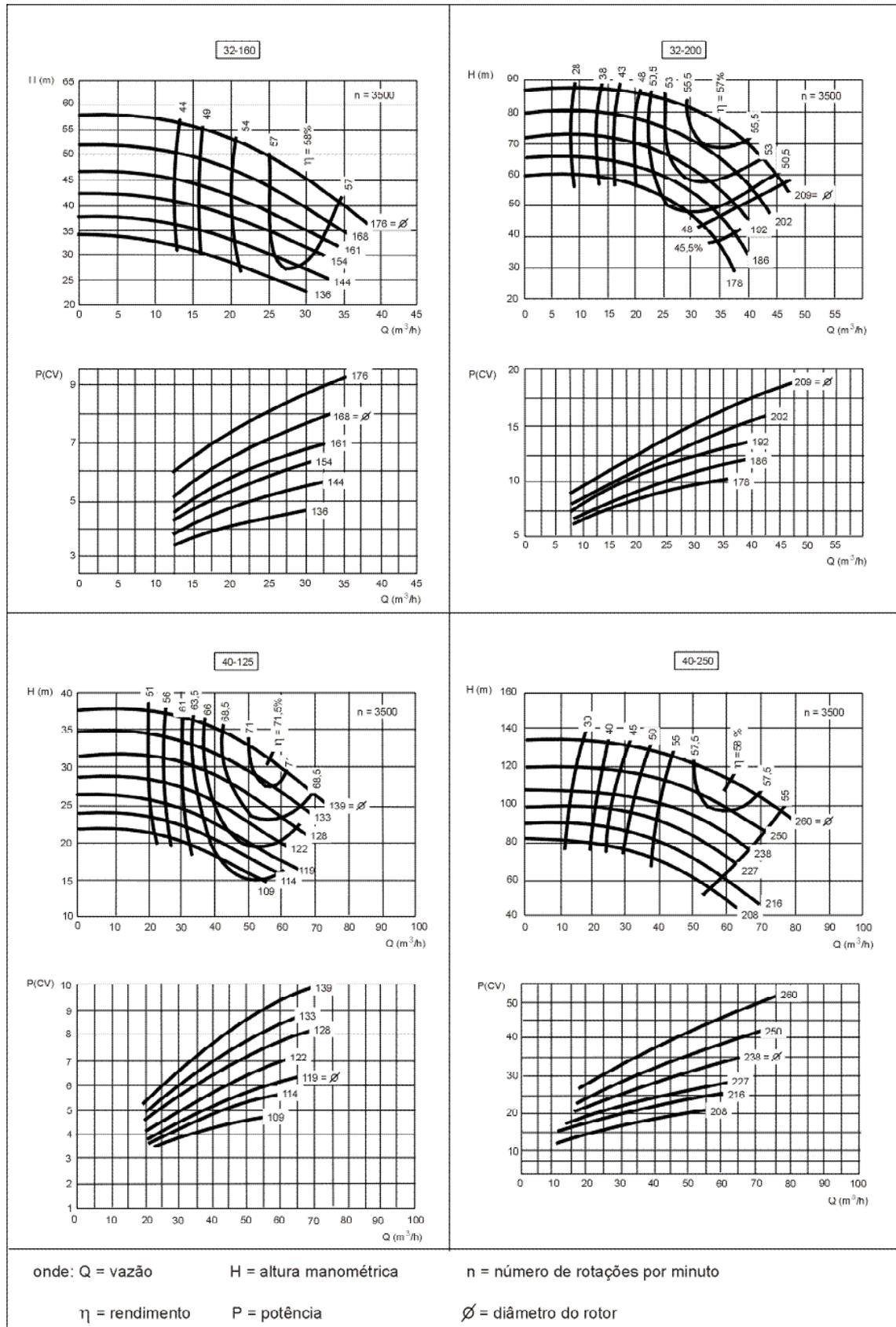


Figura 2 - Curvas características de alguns tipos padronizados de bombas.

**Padrão de Resposta Esperado****a) Cálculo do consumo diário (C)**

$$C = \text{N}^\circ \text{ de habitantes} \times \text{consumo per capita}$$

$$C = 15 \times 5 \times (4 \times 2 + 2 \times 1) \times 200 = 150.000\text{L} = 150 \text{ m}^3$$

**Cálculo da vazão de recalque (Q)**

$$Q = \text{consumo diário} / \text{n}^\circ \text{ de horas de funcionamento da bomba}$$

$$Q = 150 / 6 = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Cálculo da altura manométrica (H)**

$$H = \text{Altura de sucção} + (\text{Perdas na sucção e altura representativa da velocidade}) + \text{Altura de recalque} + \text{Perdas no recalque}$$

$$H = 2,5 + 2,5 \times 0,6 + 40,0 + 40,0 \times 0,4 = 60,0 \text{ m}$$

**Especificação da bomba**

com:  $Q = 25 \text{ m}^3 / \text{h}$  e  $H = 60,0 \text{ m}$ , no gráfico de quadrículas (Figura 1) tem-se:

**Bomba (32 – 200)**

onde: 32 mm diâmetro nominal da boca de recalque, e 200 mm família de diâmetros do rotor.

**b) Determinação do diâmetro do rotor, da potência do motor que acionará a bomba, e rendimento:**

Examinando-se as curvas características da bomba (32 – 200) da Figura 2, tem-se:

ROTOR:

$$D = 186 \text{ mm}$$

MOTOR:

$$P = 10 \text{ CV}$$

RENDIMENTO:

Entre 50,5% e 53,0%

---

**Questão 6 (valor: 10,0 pontos)**

O morador de um apartamento, ao constatar a queima da resistência elétrica do chuveiro de potência igual a 4400 W e tensão de 220 V, comprou e instalou um chuveiro novo de potência igual a 7500 W e tensão de 220 V. A partir desse momento, o disjuntor bipolar de 20 A do chuveiro começou a desarmar durante os banhos.

**a)** Consultando um amigo, este recomendou ao morador substituir o disjuntor por outro de corrente nominal mais elevada, afirmando que apenas esta medida resolveria o problema dos desarmes freqüentes. Seria esta uma medida correta? Justifique.

**b)** Para o dimensionamento da seção de condutores, são aplicados dois critérios: o de capacidade de condução de corrente e o da queda de tensão. No caso presente, como a distância do chuveiro até o quadro elétrico é pequena, não há queda de tensão significativa. A planta do apartamento, onde está representado o circuito do chuveiro, e a tabela de capacidade de condução de corrente dos condutores são fornecidas na página seguinte. Considerando a maneira de instalar "B", com 2 condutores carregados, na tabela dada, pergunta-se: qual é a seção (mm<sup>2</sup>) adequada dos condutores para alimentar o novo chuveiro? Neste caso, é necessário empregar:

$$P = U \times i$$

onde:

$P$ : potência elétrica (W);

$U$ : tensão (V);

$i$ : corrente (A).

**c)** Escolha a corrente nominal adequada ( $I_n$ ) para o disjuntor do novo chuveiro entre as seguintes disponíveis no mercado: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 e 60 A, e obedecendo às condições abaixo:

$$1) I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$2) I_2 \leq 1,45 I_z$$

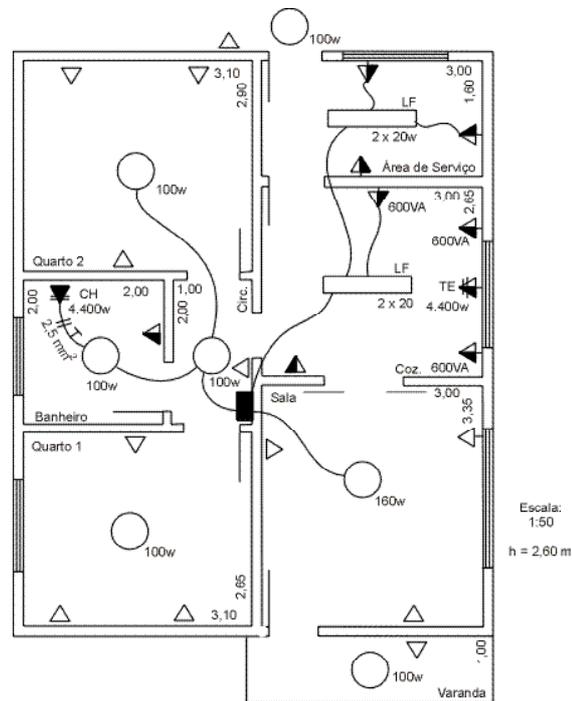
onde:

$I_p$ , =  $I_p/0,9$ : corrente de projeto do circuito, considerando os fatores de correção necessários (A);

$I_n$ : corrente nominal do disjuntor (A);

$I_z$ : capacidade de condução de corrente dos condutores vivos do circuito nas condições previstas para sua instalação, conforme tabela fornecida, já considerados os fatores de correção necessários (A);

$I_2 = 1,35 \times I_n$ : corrente convencional de atuação do disjuntor para  $I_n \leq 63$  A.



Planta baixa esquemática, com instalação parcial

**Capacidade de Condução de correntes, em ampères, para maneiras de instalar A, B, C e D.**

- Condutores e cabos isolados de PVC; cobre ou alumínio;
- 2 e 3 condutores carregados;
- Temperatura no condutor: 70°C;
- Temperatura ambiente: 30°C para instalação não enterrada e 20°C para instalação enterrada.

| Seções Nominais (mm <sup>2</sup> ) | Maneiras de instalar definidas na Tabela |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|------------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                    | A  |                         | B                       |                         | C                       |                         | D                       |                         |
|                                    | 2 condutores carregados                  | 3 condutores carregados | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados |
| <b>COBRE</b>                       |  |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| 1,0                                | 11                                       | 10,5                    | 13,5                    | 12                      | 15                      | 13,5                    | 17,5                    | 14,5                    |
| 1,5                                | 14,5                                     | 13                      | 17,5                    | 15,5                    | 19,5                    | 17,5                    | 22                      | 18                      |
| 2,5                                | 19,5                                     | 18                      | 24                      | 21                      | 26                      | 24                      | 29                      | 24                      |
| 4                                  | 26                                       | 24                      | 32                      | 28                      | 35                      | 32                      | 38                      | 31                      |
| 6                                  | 34                                       | 31                      | 41                      | 36                      | 46                      | 41                      | 47                      | 39                      |
| 10                                 | 46                                       | 42                      | 57                      | 50                      | 63                      | 57                      | 63                      | 52                      |
| 16                                 | 61                                       | 56                      | 76                      | 68                      | 85                      | 76                      | 81                      | 67                      |
| 25                                 | 80                                       | 73                      | 101                     | 89                      | 112                     | 96                      | 104                     | 86                      |
| 35                                 | 99                                       | 89                      | 125                     | 111                     | 138                     | 119                     | 125                     | 103                     |
| 50                                 | 119                                      | 108                     | 151                     | 134                     | 168                     | 144                     | 148                     | 122                     |
| 70                                 | 151                                      | 136                     | 192                     | 171                     | 213                     | 184                     | 183                     | 151                     |
| 95                                 | 182                                      | 164                     | 232                     | 207                     | 258                     | 223                     | 216                     | 179                     |
| 120                                | 210                                      | 188                     | 269                     | 239                     | 299                     | 259                     | 246                     | 203                     |
| 150                                | 240                                      | 216                     | 309                     | 275                     | 344                     | 294                     | 278                     | 230                     |
| 185                                | 273                                      | 248                     | 355                     | 314                     | 392                     | 341                     | 312                     | 257                     |
| 240                                | 320                                      | 286                     | 415                     | 369                     | 461                     | 403                     | 360                     | 297                     |
| 300                                | 367                                      | 328                     | 472                     | 420                     | 530                     | 464                     | 407                     | 336                     |

**Padrão de Resposta Esperado**

a) Não é uma providência correta. Um disjuntor não deve ser substituído por outro de corrente nominal mais elevada, sem o conhecimento da capacidade de corrente dos condutores, que é dada em função da área de suas seções transversais. Caso a capacidade de condução seja menor do que a corrente de alimentação do novo chuveiro, os condutores irão sobreaquecer-se, deteriorar-se mais rápido e gerar risco de incêndio.

b) Para o novo circuito do chuveiro temos:

$$i' = \frac{P'}{U} = \frac{7500}{220} \cong 34 \text{ A}$$

Consultando-se novamente a tabela, verifica-se que a seção dos condutores deve ser 6 mm<sup>2</sup>.

c)  $I_p = 34 \text{ A} \rightarrow I_{p'} = \frac{I_p}{0,9} = 37,8 \cong 38 \text{ A}$

$I_z$ : Verificando a tabela de capacidade de condução de corrente para condutores, maneira de instalar "B", 2 condutores, seção de 6 mm<sup>2</sup>, obtém-se  $I_z = 41 \text{ A}$ .

De acordo com as correntes nominais disponíveis dos disjuntores e a condição 1:

$$38 \leq I_n \leq 41$$

$$I_n = 40 \text{ A.}$$

A condição 2 é:

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

$$\text{Mas, } I_2 = 1,35 I_n \text{ ou } I_2 = 1,35 \times 40 = 54,0 \text{ A}$$

$$\text{e: } 1,45 I_z = 1,45 \times 41 = 59,5 \text{ A.}$$

$$54,0 \leq 59,5 \Rightarrow \text{verificando-se a condição 2}$$

Portanto, o disjuntor de 40 A é adequado.

---

**Questão 7 (valor: 10,0 pontos)**

Você é encarregado do projeto da drenagem superficial do terreno de uma fábrica situada na periferia da sua cidade.

O plano diretor do seu município adota como critério que o escoamento superficial, após a urbanização, deve ser menor ou igual ao escoamento superficial na condição natural (antes da urba-

nização) para um tempo de retorno ( $T_r$ ) de 5 anos.

Antes de começar o planejamento do sistema de drenagem, você consultou a bibliografia especializada, de onde retirou as informações abaixo.

- Conhecidos os valores das alturas pluviométricas de um dia de duração ( $H_{Tr}^{1dia}$ ), pode-se calcular os valores de altura pluviométrica máxima em 24 horas ( $H_{Tr}^{24h}$ ), que guardam uma relação de 1,13, independente do período de retorno.
- A altura pluviométrica de curta duração pode ser determinada a partir dos seguintes valores:

| relação entre as alturas pluviométricas de diferentes durações | valores médios |
|--|----------------|
| 15 min / 30 min  | 0,70           |
| 30 min / 1h  | 0,74           |
| 1h / 24h   | 0,42           |

- O Método Racional adota uma intensidade de chuva ( $I$ ) com tempo de duração ( $T_d$ ) igual ao tempo de concentração ( $T_c$ ) da bacia.
- O tempo de concentração ( $T_c$ ) é o tempo necessário para que uma gota de água precipitada no ponto mais afastado da bacia atinja a seção de controle.
- Para que o acréscimo de vazão máxima não seja transferido para jusante, utiliza-se o amortecimento do volume de água gerado pela urbanização, através de dispositivos como tanques, lagos, bacias e pequenos reservatórios de detenção abertos ou enterrados. Estes dispositivos apresentam um descarregador de fundo como saída para a rede pluvial (Figura 1).
- Na fase de estudo preliminar, pode-se considerar a saída da bacia de detenção como um orifício, desprezando as perdas de carga linear e localizadas ao longo da tubulação.

A Figura 1 ilustra a respeito.

|   |  |
|---|--|
| <p><math>Q = C_o A_o \sqrt{2gZ}</math></p> <p>onde:</p> <p><math>Q</math> = vazão (<math>m^3/s</math>);</p> <p><math>C_o</math> = coeficiente de descarga do orifício = 0,65;</p> <p><math>A_o</math> = área do orifício (<math>m^2</math>);</p> <p><math>g</math> = aceleração da gravidade = <math>9,81 m/s^2</math>;</p> <p><math>Z</math> = carga a montante do orifício (m).</p> | <p>Figura 1 - Esquema da bacia de detenção</p> |
|---|--|

Na fase de planejamento, você dispõe das seguintes informações:

- precipitação de um dia de duração ( $H_{Tr}^{1dia}$ ) com 5 anos de recorrência = 105 mm;
- planta de localização, com as curvas de níveis (Figura 2);

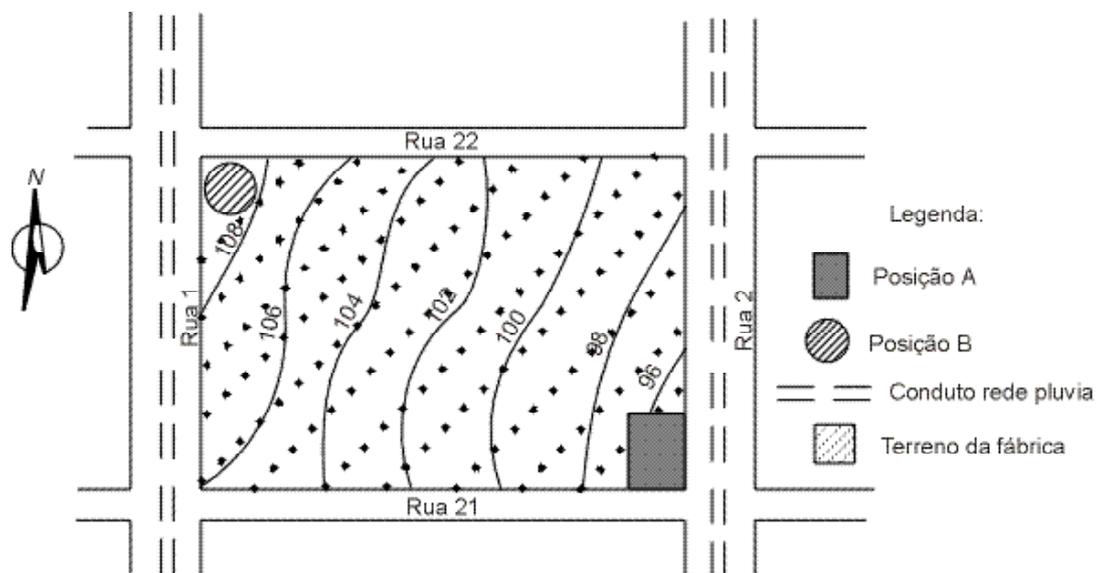


Figura 2 - Planta de localização do terreno com curvas de nível

- os hidrogramas triangulares, calculados pelo Método Racional, para a situação natural e para a situação após a construção da fábrica estão apresentados na Figura 3.

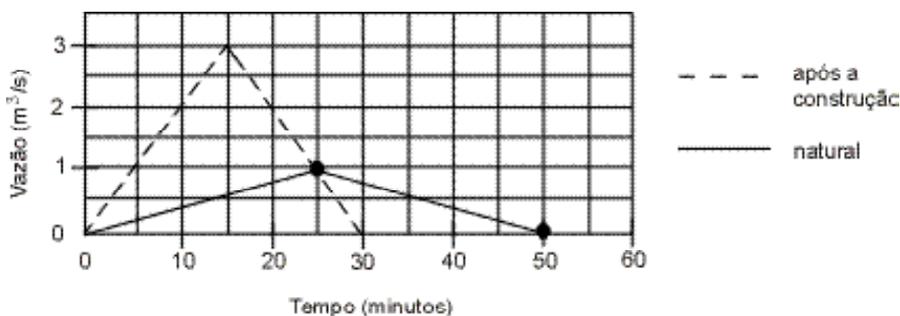


Fig. 3 - Hidrograma triangular do Método Racional para  $Tr = 5$  anos

Baseado em todas essas informações, responda às perguntas abaixo.

**a)** Observando as características topográficas do terreno, entre as posições A e B indicadas na Figura 2, qual você escolheria para posicionar a bacia de detenção? Justifique sua resposta.

**b)** A intensidade de precipitação (mm/h) utilizada na determinação da vazão máxima representada no hidrograma relativo à situação após a construção é superior a 50 mm/h? Sim ou Não? Justifique sua resposta.

**c)** O volume estimado para a bacia de detenção amortecer o acréscimo de vazão criada pela construção da fábrica deve ser superior a 2000 m³? Sim ou Não? Justifique sua resposta.

d) Suponha que a tubulação de saída da bacia de retenção é composta de um único tubo de 0,60 m de diâmetro e que o controle na saída funcionará como um orifício. Considere uma folga de 0,10 m, já indicada na Figura 1. A altura da estrutura de retenção será superior a 2,5 m? Sim ou Não? Justifique sua resposta.

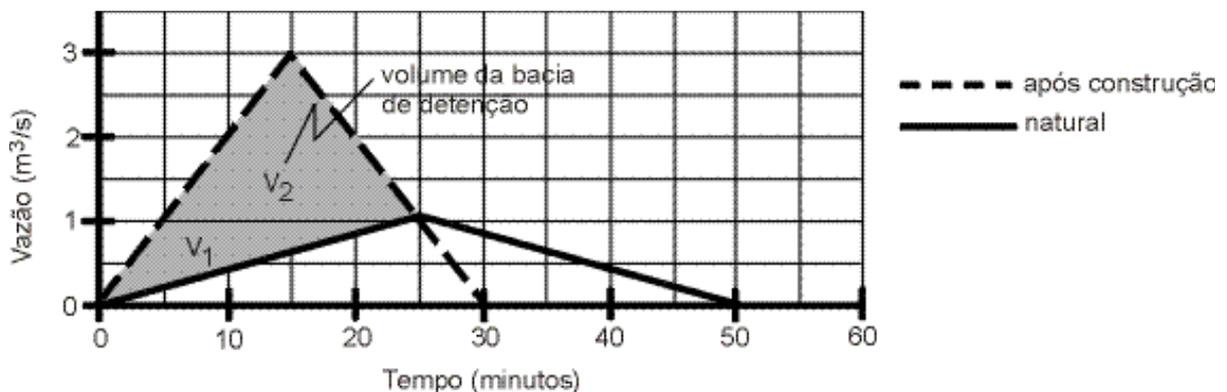
**Padrão de Resposta Esperado**

As respostas só serão válidas se as justificativas estiverem corretas. Aceitam-se valores arredondados, vale a ordem de grandeza.

- a) A bacia de retenção deve ser colocada na Alternativa A Porque o caimento do terreno é em direção da Rua 2. Aceita-se qualquer outra justificativa que indique que a posição A é o ponto mais baixo do terreno.
- b) SIM. A intensidade de chuva para o cálculo do hidrograma pelo método racional, na condição após a construção, é de 103 mm/h. O tempo de concentração para a situação após a construção é de 15 minutos, igual ao tempo onde ocorre a vazão de pico no hidrograma na condição após a construção. Portanto, a intensidade de chuva utilizada no Método Racional nesta condição será 4 vezes a chuva de 15 minutos.

Precipitação de um dia 105mm x 1,13 ⇒ 118,65 mm (precipitação de 24 horas).  
 118,65 x 0,42 = 49,83 mm ⇒ chuva de 1 hora;  
 49,83 mm x 0,74 = 36,87 mm ⇒ chuva de 30 minutos;  
 36,87 mm x 0,70 = 25,81 mm ⇒ chuva de 15 minutos;  
 25,81 mm x 60 minutos / 15 minutos = 103,23 mm/h ≈ 103 mm/h ⇒ Intensidade da chuva de 15 minutos.

- c) NÃO. O volume da bacia de retenção (V) será de 1800 m<sup>3</sup>. O volume da bacia de retenção a armazenar será a área do hidrograma acima do hidrograma natural. Ou seja a diferença de áreas entre os dois hidrogramas.



A vazão de pico após a construção da fábrica ( $Q_U$ ) será de 3 m<sup>3</sup>/s.  
 A vazão de pico natural será ( $Q_n$ ) de 1 m<sup>3</sup>/s.  
 $V_1 = 20 \text{ minutos} \times 60 \text{ s} \times 1 \text{ m}^3/\text{s} / 2 = 600 \text{ m}^3$   
 $V_2 = 20 \text{ minutos} \times 60 \text{ s} \times (3-1) \text{ m}^3/\text{s} / 2 = 1200 \text{ m}^3$   
 $V = V_1 + V_2 = 600 \text{ m}^3 + 1200 \text{ m}^3 = 1800 \text{ m}^3$

Aceita-se esta solução também

$$V_s = 3 \text{ m}^3/\text{s} \times 15 \text{ minutos} \times 60 \text{ s} = 2700 \text{ m}^3$$

$$V/V_s = 1 - Q_n/Q_p = 1 - 1/3 = 0,6667$$

$$V = 2700 \text{ m}^3 \times 0,66667 = 1800 \text{ m}^3$$

**d) NÃO.** A altura mínima da bacia de retenção deverá ser de 1,90 m.

Como a vazão máxima de saída é de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , e o diâmetro adotado para a saída é de 0,60 m, tem-se:

$$A_o = (3,1416 \times (0,60 \text{ m})^2) / 4 = 0,2827 \text{ m}^2$$

$$\text{da fórmula apresentada na Figura 1: } Z = (1 / 0,65 / 0,2827 / (2 \times 9,81))^{0,5} = 1,51 \text{ m}$$

Para a altura estrutura de retenção tem-se que somar meio diâmetro (0,3 m), a folga (0,10 m) e a carga de montante (1,51 m)

$$0,3 \text{ m} + 0,10 \text{ m} + 1,51 \text{ m} = 1,91 \text{ m} \approx 1,90 \text{ m}$$

---

### Questão 8 (valor: 10,0 pontos)

Você faz parte de uma equipe de projetistas que está desenvolvendo um projeto para uma residência com 3 quartos e que abrigará 2 pessoas em cada quarto. A você coube o estudo de uma solução alternativa utilizando o aproveitamento da energia solar para o aquecimento da água da edificação.

Pesquisando sobre o assunto, você constatou que, para o caso de aquecimento de água residencial, o recomendável é dimensionar o(s) coletor(es) em função da radiação solar nos meses de outono e primavera, e adotar a média da radiação para estes meses.

Portanto, para o local onde seria construída a edificação, haveria:

- intensidade média de radiação .....  $I = 4.186 \text{ Wh/m}^2.\text{dia} = 1 \text{ cal/cm}^2.\text{min}$ .

Por outro lado, sabendo-se que a temperatura com que a água deve ser fornecida depende do uso a que se destina e, verificando a bibliografia especializada, você achou prudente adotar:

- temperatura da água na entrada do coletor .....  $T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , e

- temperatura da água na saída do coletor .....  $T_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Consultando, ainda, os fabricantes de coletores solares, você foi informado que para o caso poderia adotar:

- rendimento do coletor .....  $\eta_c = 60\%$ ,

- tempo de funcionamento do coletor .....  $t = 6 \text{ horas/dia}$ ,

- inclinação do coletor .....  $\alpha = 35^\circ$  (valor indicado para a latitude do local).

Após algum tempo, em uma reunião da equipe de projetistas, o coordenador do grupo de trabalho lhe fez as perguntas abaixo, às quais você responderá.

**a)** Qual a área do coletor solar que você encontrou para aquecimento da água da residência?

**b)** Qual a economia mensal de energia elétrica, em reais, que a adoção do coletor solar irá proporcionar? (Na resposta considere duas casas decimais, arredondando a segunda para o valor imediatamente superior se a terceira casa for 5 ou mais).

**Dados/Informações Técnicas:**

1)  $\dot{Q} = \dot{m} \times c \times \Delta T$

onde:

$\dot{Q}$  = quantidade de calor por unidade de tempo necessária para aquecer uma certa massa líquida (kcal/h),

$\dot{m}$  = quantidade de massa de um líquido por unidade de tempo (kg/h),

$c$  = calor específico (kcal/kg.°C), para a água ( $c = 1$  kcal/kg.°C),

$\Delta T$  = diferença de temperatura entre a saída e entrada de água no coletor (°C).

2)  $A = \frac{\dot{Q}}{I \times \eta_c}$

onde:

$A$  = área do coletor (cm<sup>2</sup>),

$I$  = intensidade média de radiação (kcal/cm<sup>2</sup>.h),

$\eta_c$  = rendimento do coletor.

3)  $q = \frac{Q \times \eta_c}{\cos \alpha}$

onde:

$q$  = quantidade de energia absorvida pelo coletor (kcal),

$Q$  = quantidade de calor absorvida pelo coletor por metro quadrado e por dia (kcal/m<sup>2</sup>.dia),

$\alpha$  = inclinação do coletor.

**4) Tabela 1 - Estimativa de consumo de água quente.**

| PRÉDIO                                   | CONSUMO (L/dia) |
|--|-----------------|
| Alojamento provisório de obra            | 24 por pessoa   |
| Apartamento                              | 60 por pessoa   |
| Escola (internato)                       | 45 por pessoa   |
| Hotel (sem incluir cozinha e lavanderia) | 36 por hóspede  |
| Residência                               | 45 por pessoa   |
| Hospital                                 | 125 por leito   |
| Restaurantes                             | 12 por refeição |
| Quartel                                  | 45 por pessoa   |

5) Considerar:

- massa específica da água = 1000kg/m<sup>3</sup>;
- 1 kWh = 860 kcal;
- cos 35° = 0,819;
- custo do kWh = R\$ 0,18.

### Padrão de Resposta Esperado

a) Cálculo da população (P):

$$P = 3 \text{ quartos} \times 2 \text{ pessoas/quarto} = 6 \text{ pessoas}$$

Cálculo do volume de água a ser aquecida por dia (VD):

$$VD = 6 \text{ pessoas} \times 45 \text{ L/pessoas} = 270 \text{ L/dia}$$

Cálculo do volume de água a ser aquecido por hora (V):

como o coletor irá funcionar 6 horas por dia, então:

$$V = 270 / 6 = 45 \text{ L/h}$$

Cálculo da massa de água a ser aquecida por unidade de tempo

como a massa específica da água é 1000 kg/m<sup>3</sup> = 1kg/L, então:

$$\dot{m} = 45 \text{ kg/h}$$

Cálculo da quantidade de calor por unidade de tempo necessário para aquecer 45kg/h de água de 20 °C para 60 °C:

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c \times \Delta T$$

onde:

$$\dot{m} = 45 \text{ kg/h};$$

$$c = 1 \text{ kcal / kg.}^\circ\text{C};$$

$$\Delta T = 60 - 20 = 40^\circ\text{C}$$

daí:

$$\dot{Q} = 45 \times 1 \times 40 \dots\dots\dots \dot{Q} = 1800 \text{ kcal/h}$$

Cálculo da área do coletor (A):

$$A = \frac{\dot{Q}}{I \times \eta_c}$$

onde:

$$\dot{Q} = 1800 \text{ kcal/h};$$

$$I = 1 \text{ cal / cm}^2 \cdot \text{min} = 0,06 \text{ kcal / cm}^2 \cdot \text{h};$$

$$\eta_c = 60\% = 0,6$$

daí:

$$A = \frac{1800}{0,06 \times 0,6}$$

$$A = 50.000 \text{ cm}^2 = 5\text{m}^2$$

**b) Cálculo da quantidade de calor absorvida pelo coletor por m<sup>2</sup> e por dia (Q):**

como o coletor irá funcionar 6 horas por dia, então:

$$Q = \frac{\dot{Q}}{A} \times \text{n}^\circ \text{ de horas de funcionamento do coletor}$$

$$Q = \frac{1800}{5} \times 6 \dots\dots\dots Q = 2160 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{dia}$$

**Cálculo da quantidade de energia absorvida pelo coletor (q):**

$$q = \frac{Q \times \eta_c}{\cos \alpha}$$

onde:

$$Q = 2160 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{dia};$$

$$\eta_c = 60\% = 0,6;$$

$$\cos \alpha = \cos 35^\circ = 0,819$$

daí:

$$q = \frac{2160 \times 0,6}{0,819} \dots\dots\dots q = 1582,42 \text{ kcal}$$

**Cálculo da economia diária:**

como: 1 kWh = 860 kcal

então:

$$\text{Economia diária} = \frac{1\text{kWh} \times 1582,42 \text{ kcal}}{860 \text{ kcal}} \times \text{R\$}0,18 = \text{R\$}0,33$$

daí:

$$\text{Economia mensal} = 30 \times 0,33 = \text{R\$} 9,90$$

ou

$$\text{Economia mensal} = 31 \times 0,33 = \text{R\$} 10,23$$

**Questão 9 (valor: 10,0 pontos)**

Foi-lhe solicitado examinar uma viga em concreto simplesmente apoiada de 20m de vão. Inspeccionando o memorial justificativo, você identificou que:

- o concreto tem  $f_{ck} = 30 \text{ Mpa}$ ;
- o sistema construtivo introduziu esforço na viga, o qual, para efeito de análise da seção no meio do vão pode ser considerado como um esforço de compressão de 1.750 kN aplicado no ponto A da seção esquematizada na Figura 1;
- a viga suporta a carga acidental de 20 kN/m, além da carga permanente de 12 kN/m (já incluído o peso próprio);
- a seção transversal da viga tem área  $A = 0,401 \text{ m}^2$ , módulo de resistência em relação à borda superior  $w_s = 0,1325 \text{ m}^3$  e módulo de resistência em relação à borda inferior  $w_I = 0,0993 \text{ m}^3$ .

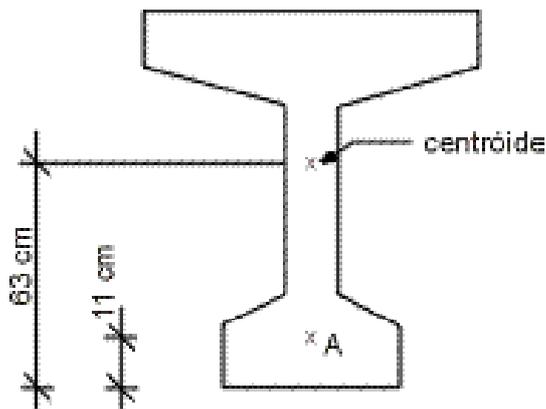


Figura 1

**Dados/Informações Técnicas:**

- Momento fletor máximo em viga simplesmente apoiada de vão  $\ell$  sob carregamento uniformemente distribuído  $P$ .....
- Tensão normal na borda superior, em valor absoluto, devido ao momento  $M$  .....
- Tensão normal na borda inferior, em valor absoluto, devido ao mento  $M$  .....
- Tensão de esforço normal .....

$$M = \frac{p \times \ell^2}{8}$$

$$s_s = \frac{M}{w_s}$$

$$s_I = \frac{M}{w_I}$$

$$s = \frac{N}{A}$$

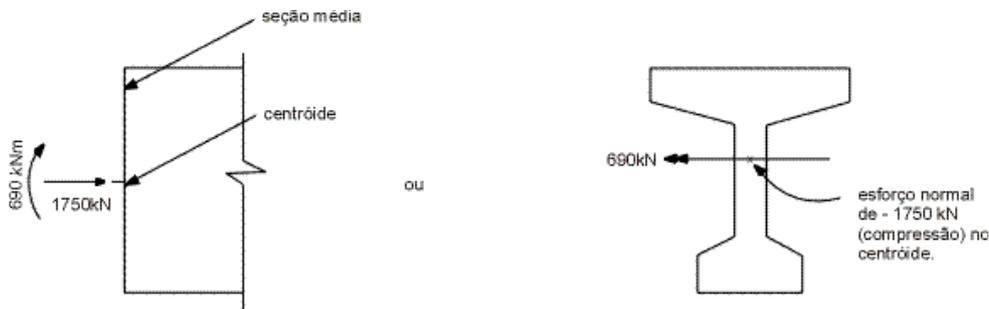
Responda com base nos dados anteriores, utilizando a seção no meio do vão: o limite de compressão de  $0,7 f_{ck}$  foi ultrapassado? Sim ou Não? Justifique sua resposta.

**Padrão de Resposta Esperado**

Não. Justificativa:

Tem-se:

- Momento fletor devido à carga permanente mais sobrecarga  
 $M = pl^2/8 = (12+20).20^2/8 = 1600 \text{ kNm}$ .
- Momento fletor final atuante na seção  
 $M_{\text{final}} = M - P \times e = 1600 - 1750 \times (0,63 - 0,11) \cong 690 \text{ kNm}$



Tensão na borda superior da seção:

$$\sigma_s = - 690 / 0,1325 - 1750 / 0,401 \cong - 9572 \text{ kPa} = - 9,572 \text{ MPa}$$

Tensão na borda inferior da seção:

$$\sigma_i = - 690 / 0,0993 - 1750 / 0,401 \cong 2585 \text{ kPa} = 2,585 \text{ MPa}$$

Tem-se  $|\sigma_s| < 0,7 \times 30 = 21 \text{ MPa}$

Logo, o limite de compressão NÃO foi ultrapassado

**Questão 10 (valor: 10,0 pontos)**

Ao ser solicitado a opinar quanto a aspectos estruturais na instalação de uma talha (guincho móvel) em um pórtico metálico, você:

- identificou, em uma análise preliminar dos desenhos, que não há risco aparente quanto à instabilidade lateral da viga de rolamento (vide Figura 1);
- elaborou a modelagem em pórtico plano com 4 pontos nodais e 3 barras, para a verificação de dimensionamento de flexão desta viga (vide Figura 2);
- estimou em 50 kN a capacidade de carga da talha (já majorada para levar em conta efeitos dinâmicos de impacto e de fadiga) e em 10 kN a carga horizontal decorrente de frenagem, cargas estas localizadas no modelo em pórtico na posição mais desfavorável quanto à flexão; e
- considerou desprezível o peso próprio.

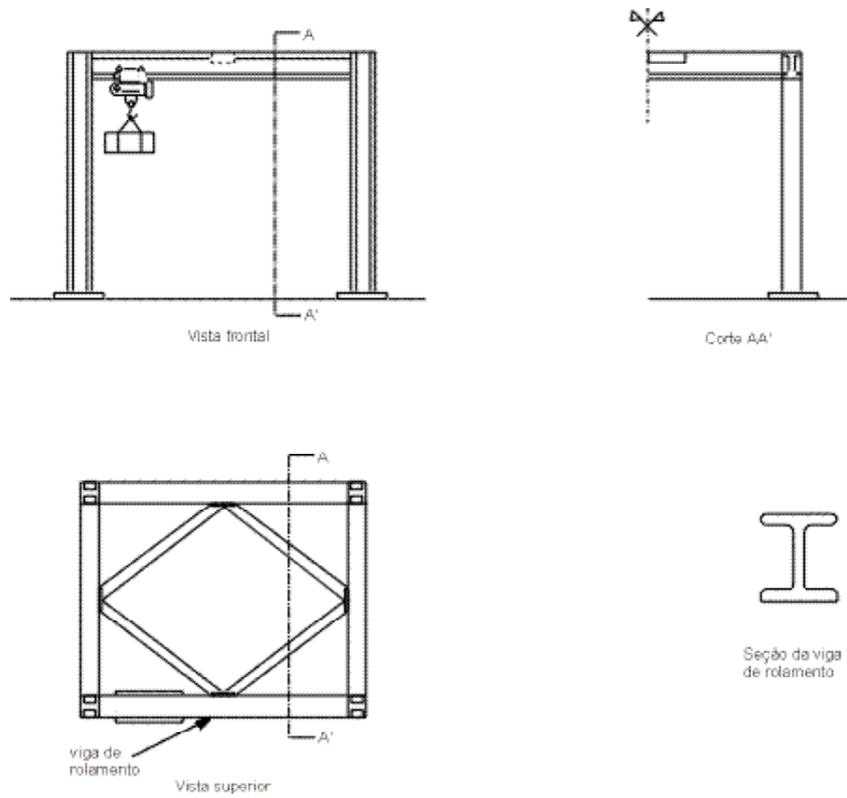


Figura 1

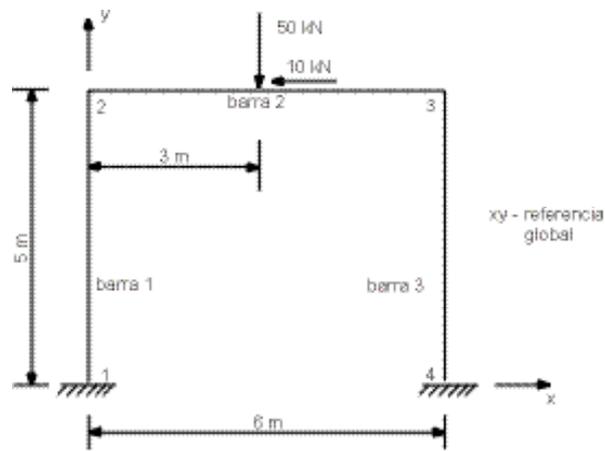


Figura 2

Com o referido modelo você obteve uma listagem de programa automático de análise estrutural da qual são reproduzidas abaixo as informações mais relevantes para a situação mencionada.

**Unidades utilizadas: metro e quilonewton**

**Modelo: pórtico plano**

**Coordenadas nodais:**

| Nó | sistema | coordenada x | coordenada y |
|----|---------|--------------|--------------|
| 1  | global  | 0.00         | 0.00         |
| 2  | global  | 0.00         | 5.00         |
| 3  | global  | 6.00         | 5.00         |
| 4  | global  | 6.00         | 0.00         |

**Incidência das barras:**

| Barra | nó inicial | nó final |
|-------|------------|----------|
| B 1   | 1          | 2        |
| B 2   | 2          | 3        |
| B 3   | 3          | 4        |

**Carga concentrada em barra:**

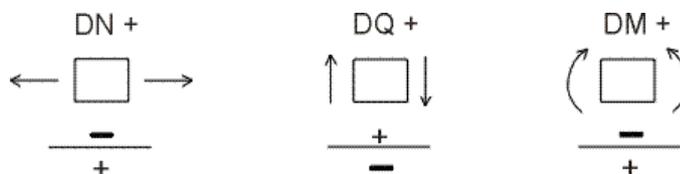
| Barra | distância | Fx      | Fy      |
|-------|-----------|---------|---------|
| B 2   | 3.00      | - 10.00 | - 50.00 |

**Esforços nas barras:**

| Barra | sistema | nó | esf. normal | esf. cortante | mom. fletor |
|-------|---------|----|-------------|---------------|-------------|
| B 1   | local   | 1  | 26.62       | - 21.22       | - 26.30     |
|       |         | 2  | - 26.62     | 21.22         | - 37.35     |
| B 2   | local   | 2  | 21.22       | 26.62         | 37.35       |
|       |         | 3  | - 11.22     | 23.38         | - 27.63     |
| B 3   | local   | 3  | 23.38       | 11.22         | 27.63       |
|       |         | 4  | - 23.38     | - 11.22       | 6.02        |

Com base nos dados e resultados anteriores, atenda ao que se pede.

**a)** Trace os diagramas dos esforços solicitantes da viga de rolamento (denominada barra 2 no modelo em pórtico), adotando as convenções abaixo.

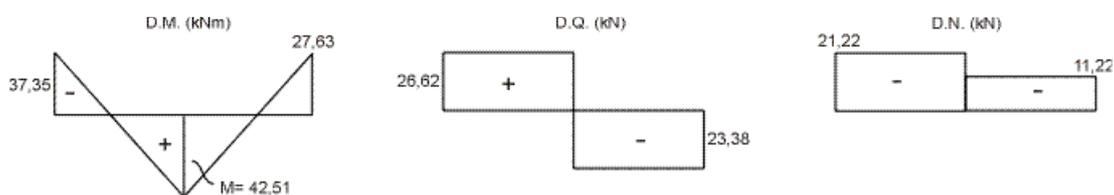


**b)** Verifique se a viga satisfaz as condições de dimensionamento à flexão  $M \leq 0,6 M_e$  e  $M \times g \leq 0,9 M_p$ , respondendo Sim ou Não. Justifique sua resposta considerando o momento correspondente ao início do escoamento  $M_e = W \times s_e$  e o momento de plastificação da seção  $M_p = Z \times s_e$ . Adote para verificação os dados:

- $M = 42,51$  kNm: máximo momento fletor em regime elástico;
- $g = 1,5$ : fator de majoração dos esforços elásticos para verificação no estado limite último;
- $W = 288\text{cm}^3$ : módulo de resistência elástico do perfil I;
- $Z = 344\text{cm}^3$ : módulo de resistência plástico do perfil I;
- $s_e = 345$  Mpa: tensão de escoamento do material.

**Padrão de Resposta Esperado**

**a)**



$$M = - 37,35 + 26,62 \cdot 3 = 42,51 \text{ kNm}$$

ou

$$M = - 27,63 + 23,38 \cdot 3 = 42,51 \text{ kNm}$$

**b) Sim. Justificativa:**

Verificação da condição  $M \leq 0,60 M_e$   
 $42,51 \leq 0,6 \cdot 288 \cdot 10^{-6} \cdot 345 \cdot 10^3$

$42,51 \leq 59,616$  kNm ..... OK!

Verificação da condição  $M \gamma \leq 0,9 M_p$   
 $42,51 \cdot 1,5 \leq 0,9 \cdot 344 \cdot 10^{-6} \cdot 345 \cdot 10^3$

$\therefore 63,765 \leq 106,812$  kNm ... OK!

Logo, a viga atende às condições de dimensionamento de flexão.