UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

PROCESSO SELETIVO – 06/2025

Área de Conhecimento: Engenharia MecÂnica

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

QUESTÃO 1:_____

EXEMPLO 5.10

A turbina na Figura 5.24 é usada em uma pequena usina hidrelétrica, junto com um tubo com diâmetro de 0,3 m. Se a descarga em B for de 1,7 m^3/s, determine a quantidade de potência que é transferida da água para as pás da turbina. A perda de carga por cisalhamento através do tubo e da turbina é de 4 m.

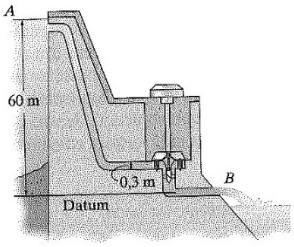


FIGURA 5.24

Solução

Descrição do fluido

Esse é um caso de escoamento em regime permanente. Aqui, as perdas por cisalhamento viscoso ocorrem dentro do fluido. Consideramos que a água é incompressível, onde $\gamma_{água} = 9810$ N/m^3.

Volume de controle

Uma parte do reservatório, junto com a água dentro do tubo, é selecionada para ser o volume de controle fixo. A velocidade média em B pode ser determinada a partir da descarga.

$$Q = V_B A_B; \qquad 1{,}7 \text{ m}^3/\text{s} = V_B[\pi\,(0{,}15 \text{ m})^2]$$

$$V_B = 24{,}05 \text{ m/s}$$

Equação da energia

Por conveniência, as medidas verticais z até o datum são feitas a partir da *linha de centro* do tubo.* Aplicando a equação da energia entre A (entrada) e B (saída), com o datum gravitacional definido em B, temos

$$\frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + z_A + h_{\text{bomba}} = \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + z_B + h_{\text{turb}} + h_L$$

$$0 + 0 + 60 \text{ m} + 0 = 0 + \frac{(24{,}05 \text{ m/s})^2}{2(9{,}81 \text{ m/s}^2)} + 0 + h_{\text{turb}} + 4 \text{ m}$$

$$h_{\text{turb}} = 26{,}52 \text{ m}$$

Conforme esperado, o resultado é positivo, indicando que a energia é fornecida pela água (sistema) para a turbina.

Potência

Usando a Equação 5.16, a potência transferida para a turbina é, portanto,

$$\dot{W}_s = Q\gamma_{água} hs = (1{,}7 \text{ m}^3/\text{s})(9810 \text{ N/m}^3)(26{,}52 \text{ m}) = 442 \text{ kW}$$

Resposta

Observe que a potência *perdida* devido aos efeitos do cisalhamento é

$$\dot{W}_L = Q\gamma_{água} h_L = (1{,}7 \text{ m}^3/\text{s})(9810 \text{ N/m}^3)(4 \text{ m}) = 66{,}7 \text{ kW}$$

Como um ponto de interesse, a seção do tubo que transfere a água do reservatório para a turbina é chamada de *conduto*.

* Como a carga piezométrica $H = p/\gamma + z$ é constante sobre a seção transversal do segmento horizontal do tubo, a medição até qualquer ponto na seção transversal pode ser considerada. Veja o Exemplo 5.11.

Pág. 01 de 06 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00046432/2025 e o código 0MY3YQ23.

UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

QUESTÃO 2:_____

poio na
agrama

Porém,
natório
s forças
ıra F_{CB}.

'sposta

'sposta

6.9*e*.

Exemplo 6.3

Determine a força em cada membro da treliça mostrada na Figura 6.10*a*. Indique se os membros estão sob tração ou compressão.

SOLUÇÃO

Reações de apoios

Nenhum nó pode ser analisado até que as reações dos apoios sejam determinadas, já que cada nó sofre a ação de mais de três forças desconhecidas atuando sobre ele. Um diagrama de corpo livre de toda a treliça é fornecido na Figura 6.10*b*. Aplicando as equações de equilíbrio, temos:

$$\pm \Sigma F_x = 0; \quad 600\ \text{N} - C_x = 0 \quad C_x = 600\ \text{N}$$

$$(+\Sigma M_C = 0; \quad -A_y(6\ \text{m}) + 400\ \text{N}(3\ \text{m}) + 600\ \text{N}(4\ \text{m}) = 0$$

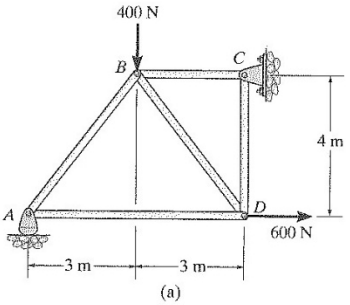
$$A_y = 600\ \text{N}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 600\ \text{N} - 400\ \text{N} - C_y = 0 \quad C_y = 200\ \text{N}$$

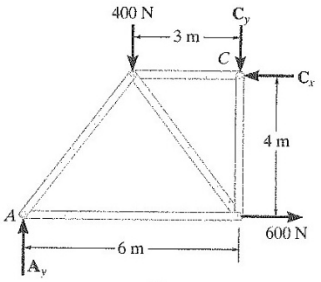
A análise agora pode começar no nó A ou no C. A escolha é arbitrária, pois existe uma força de membro conhecida e duas incógnitas atuando no pino em cada um desses nós.

Nó A

(Figura 6.10*c*) Como mostra o diagrama de corpo livre, $\mathbf{F}_{AB}$ é considerada de compressão e $\mathbf{F}_{AD}$, de tração. Aplicando as equações de equilíbrio, temos:



(a)



(b)

FIGURA 6.10

Pág. 02 de 06 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00046432/2025 e o código 0MY3YQ23.

UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 600\ \text{N} - \tfrac{4}{5}F_{AB} = 0 \quad F_{AB} = 750\ \text{N} \quad \text{(C)}$$ Resposta

$$\pm\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad F_{AD} - \tfrac{3}{5}(750\ \text{N}) = 0 \quad F_{AD} = 450\ \text{N} \quad \text{(T)}$$ Resposta

Nó D

(Figura 6.10*d*) Usando o resultado para F_{AD} e somando as forças na direção horizontal, temos:

$$\pm\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad -450\ \text{N} + \tfrac{3}{5}F_{DB} + 600\ \text{N} = 0 \quad F_{DB} = -250\ \text{N}$$ Resposta

O sinal negativo indica que $\mathbf{F}_{DB}$ atua no *sentido oposto* ao mostrado na Figura 6.10*d*.* Logo,

$$F_{DB} = 250\ \text{N (T)}$$ Resposta

Para determinar $\mathbf{F}_{DC}$, podemos corrigir o sentido de $\mathbf{F}_{DB}$ no diagrama de corpo livre e, depois, aplicar $\Sigma F_y = 0$, ou aplicar essa equação e manter o sinal negativo para F_{DB}, ou seja,

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad -F_{DC} - \tfrac{4}{5}(-250\ \text{N}) = 0 \quad F_{DC} = 200\ \text{N} \quad \text{(C)}$$ Resposta

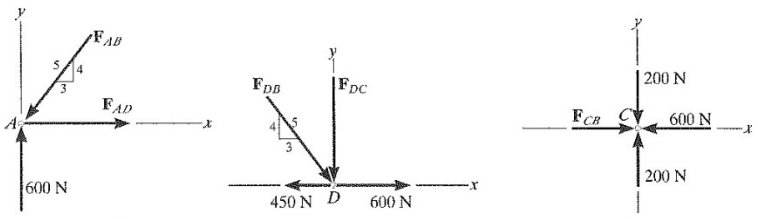
Nó C

(Figura 6.10*e*)

$$\pm\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad F_{CB} - 600\ \text{N} = 0 \quad F_{CB} = 600\ \text{N} \quad \text{(C)}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 200\ \text{N} - 200\ \text{N} \equiv 0 \quad \text{(verificado)}$$ Resposta

NOTA: a análise é resumida na Figura 6.10*f*, que mostra o diagrama de corpo livre para cada nó e membro.



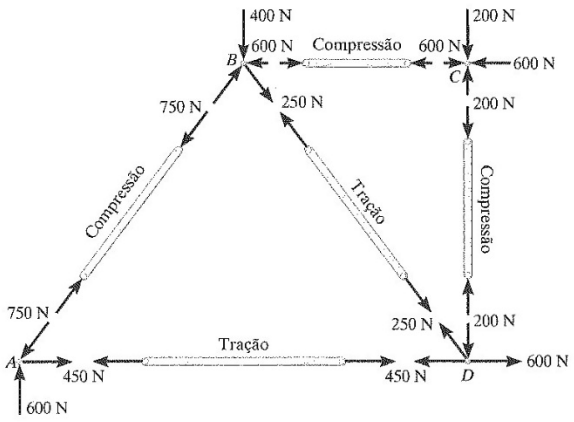


FIGURA 6.10 (cont.)

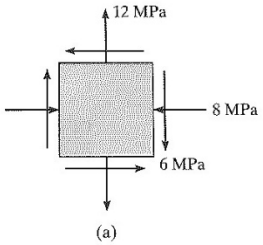
* O sentido correto poderia ter sido determinado por observação, antes de aplicar $\Sigma F_x = 0$.

Pág. 03 de 06 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00046432/2025 e o código 0MY3YQ23.

QUESTÃO 3:_____

EXEMPLO 9.9

O estado plano de tensão em um ponto é mostrado no elemento na Figura 9.20(a). Represente este estado de tensão em um elemento orientado a 30° em sentido anti-horário em relação à posição mostrada na figura.



(a)

SOLUÇÃO

Construção do círculo. Pelos dados do problema,

$$\sigma_x = -8\ \text{MPa} \quad \sigma_y = 12\ \text{MPa} \quad \tau_{xy} = -6\ \text{MPa}$$

Os eixos σ e τ estão definidos na Figura 9.20(b). O centro do círculo C está localizado sobre o eixo σ em

$$\sigma_{\text{méd}} = \frac{-8 + 12}{2} = 2\ \text{MPa}$$

O ponto de referência para $\theta = 0°$ tem coordenadas $A(-8, -6)$. Daí, do triângulo sombreado, o raio CA é

$$R = \sqrt{(10)^2 + (6)^2} = 11{,}66\ \text{MPa}$$

Tensões no elemento a 30°. Como o elemento deve sofrer rotação de 30° em *sentido anti-horário*, devemos traçar uma linha radial CP, $2(30°) = 60°$ no *sentido anti-horário*, medida em relação a $CA(\theta = 0°)$ [Figura 9.20(b)]. Agora, devemos obter as coordenadas do ponto $P(\sigma_{x'}, \tau_{x'y'})$. Pela geometria do círculo,

$$\phi = \text{tg}^{-1}\frac{6}{10} = 30{,}96° \qquad \psi = 60° - 30{,}96° = 29{,}04°$$

$$\sigma_{x'} = 2 - 11{,}66\ \cos\ 29{,}04° = -8{,}20\ \text{MPa} \qquad \textit{Resposta}$$

$$\tau_{x'y'} = 11{,}66\ \text{sen}\ 29{,}04° = 5{,}66\ \text{MPa} \qquad \textit{Resposta}$$

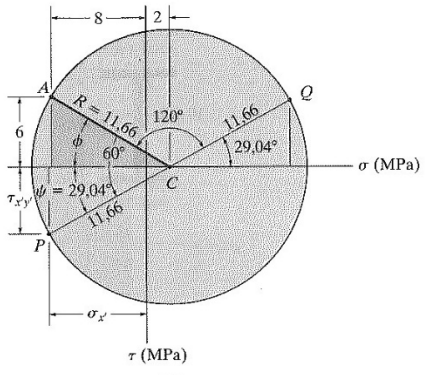
Essas duas componentes de tensão agem na face BD do elemento mostrado na Figura 9.20(c), uma vez que o eixo x' para esta face está orientado a 30° em *sentido anti-horário* em relação ao eixo x.

As componentes da tensão que agem na face adjacente DE do elemento, que está a 60° em *sentido horário* em relação ao eixo x positivo [Figura 9.20(c)], são representadas pelas coordenadas do ponto Q no círculo. Este ponto encontra-se na linha radial CQ, que está 180° em relação a CP. As coordenadas do ponto Q são

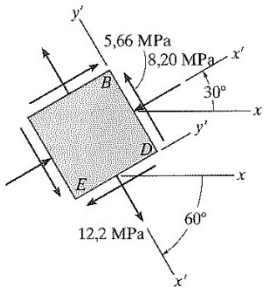
$$\sigma_{x'} = 2 + 11{,}66\ \cos\ 29{,}04° = 12{,}2\ \text{MPa} \qquad \textit{Resposta}$$

$$\tau_{x'y'} = -(11{,}66\ \text{sen}\ 29{,}04) = -5{,}66\ \text{MPa} \qquad \textit{Resposta}$$

Observação: Aqui, $\tau_{x'y'}$ age na direção $-y'$.



(b)



(c)

FIGURA 9.20

Pág. 04 de 06 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00046432/2025 e o código 0MY3YQ23.

QUESTÃO 4:_____

O raio crítico de isolamento é o raio da superfície externa da camada de isolante correspondente à espessura que maximiza o fluxo de calor. Assim, tem-se a seguinte significação: mantidas constantes as outras condições do problema, se o raio externo r_e for menor que o raio crítico de isolamento r_{ec}, um acréscimo na espessura da camada de isolante aumentará o fluxo de calor até que o raio externo r_e seja igual a r_{ec} ; e se o raio externo r_e for maior que o raio crítico r_{ec}, qualquer aumento na espessura do isolante diminuirá o fluxo de calor que passa do duto para o ar ambiente.

EXEMPLO 8.3

Um duto cilíndrico com raio externo $r_1 = 2$ cm com sua superfície à temperatura $T_1 = 120°C$, constante, cede calor para o ar ambiente, que mantém temperatura $T_\infty = 25°C$, constante, com coeficiente de transferência de calor por convecção $h = 4 \frac{W}{m^2 \cdot °C}$. Para reduzir a perda de calor, reveste-se o duto com uma camada cilíndrica de isolante com condutividade térmica $k_I = 0{,}15 \frac{W}{m \cdot °C}$. Considerando um contato térmico perfeito entre o duto e o isolante, determine:

a) o raio crítico de isolamento; e
b) o fluxo de calor perdido para o ar ambiente, por comprimento unitário do duto, para os casos de:

b-1) duto sem isolamento;
b-2) duto revestido com uma camada de isolante de raio externo igual ao raio crítico r_{ec}; e
b-3) duto revestido com uma camada de isolante de raio externo $r_e = 3\, r_{ec}$.

Têm-se os seguintes dados:

$$r_1 = 0{,}02 \text{ m}$$

$$T_1 = 120°C$$

$$T_\infty = 25°C$$

$$h = 4 \frac{W}{m^2 \cdot °C}$$

$$k_I = 0{,}15 \frac{W}{m \cdot °C}$$

a) Cálculo do raio crítico de isolamento r_{ec}:

$$r_{ec} = \frac{k_I}{h} = 0{,}038 \text{ m} = 3{,}8 \text{ cm}$$

b-1) Determinação do fluxo de calor, por comprimento unitário do duto, para o caso sem isolamento:

Ocorre convecção entre a superfície externa do duto e o ar ambiente, de forma que, com a aplicação da lei de Newton para o resfriamento, obtém-se

$$\left.\frac{\dot{Q}_r}{L}\right|_{si} = 2\pi\, r_1\, h\, (T_1 - T_\infty) = 47{,}8 \text{ W/m}$$

b-2) Determinação do fluxo de calor perdido para o ar ambiente, por comprimento unitário do duto, para o caso com camada de isolante de raio externo igual ao raio crítico r_{ec}:

Considerando a transferência de calor com mecanismo combinado de condução através do isolante e de convecção do isolante para o ar ambiente, tem-se

$$\left.\frac{\dot{Q}_r}{L}\right|_{r_e = r_{ec}} = \frac{T_1 - T_\infty}{\dfrac{\ln\left(r_{ec}/r_1\right)}{2\pi\, k_I} + \dfrac{1}{2\pi\, r_{ec}\, h}} = 55 \text{ W/m}$$

Pág. 05 de 06 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00046432/2025 e o código 0MY3YQ23.

Observe que o fluxo de calor nessa situação com camada de isolante de raio externo igual ao raio crítico de isolamento é maior do que no caso do duto sem revestimento.

b-3) Determinação do fluxo de calor, por comprimento unitário, para o caso do duto revestido com uma camada de isolante de raio externo $r_e = 3r_{ec}$:

Considerando o mecanismo combinado de condução através do isolante e de convecção do isolante para o ar ambiente, tem-se

$$\left.\frac{\dot{Q}_r}{L}\right|_{r_e = 3r_{ec}} = \frac{T_1 - T_\infty}{\dfrac{\ln\left(3\,r_{ec}/r_1\right)}{2\pi\,k_l} + \dfrac{1}{2\pi\,(3\,r_{ec})\,h}} = 43{,}2\ \mathrm{W/m}$$

Observe que com essa espessura de isolamento o fluxo de calor perdido para o ar ambiente é menor do que nos dois casos anteriores.

Membros da Banca:

_____

_____

Avaliador 1 (Fernando Humel Lafratta) **Avaliador 2 (Marcus Vinícius Canhoto Alves)**

_____

Presidente da Banca (Renato Pontes Rodrigues)

Pág. 06 de 06 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00046432/2025 e o código 0MY3YQ23.

Assinaturas do documento

Código para verificação: **0MY3YQ23**

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

RENATO PONTES RODRIGUES (CPF: 080.XXX.916-XX) em 24/11/2025 às 13:11:03
Emitido por: "SGP-e", emitido em 24/04/2023 - 18:28:02 e válido até 24/04/2123 - 18:28:02.
(Assinatura do sistema)

FERNANDO HUMEL LAFRATTA (CPF: 769.XXX.127-XX) em 24/11/2025 às 15:13:47
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:40:38 e válido até 30/03/2118 - 12:40:38.
(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTIwMjJfMDAwNDY0MzJfNDY0NjNfMjAyNV8wTVkzWVEyMw== ou o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo **UDESC 00046432/2025** e o código **0MY3YQ23** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.