

## Questão de Treinamento - Círculo de Mohr

Estado plano de tensões | Resolução gráfica em papel quadriculado

Aluno(a): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Disciplina: Resistência dos Materiais

Entrega obrigatória: resolução algébrica, construção do Círculo de Mohr em papel quadriculado, desenho do elemento inicial, desenho do elemento nos planos principais e desenho do elemento na posição de cisalhamento máximo.

### Enunciado

Um ponto de um elemento estrutural encontra-se submetido ao seguinte estado plano de tensões:

$\sigma_x$	80 MPa
$\sigma_y$	20 MPa
$\tau_{xy}$	-40 MPa
<b>Escala gráfica sugerida</b>	1 quadrícula = 10 MPa

**Convenção adotada:** tração positiva; compressão negativa; eixo horizontal do Círculo de Mohr representando a tensão normal  $\sigma$ , em MPa; eixo vertical representando a tensão de cisalhamento  $\tau$ , em MPa. Para a construção gráfica, use  $A = (\sigma_x, -\tau_{xy})$  e  $B = (\sigma_y, +\tau_{xy})$ .

**Intervalo mínimo para o gráfico:** eixo  $\sigma$  de -20 MPa a 120 MPa; eixo  $\tau$  de -60 MPa a +60 MPa.

### Pede-se

- Desenhe o elemento de tensões na posição original, indicando corretamente  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  e  $\tau_{xy}$ . Use setas perpendiculares às faces para as tensões normais e setas paralelas às faces para o cisalhamento.
- Explique o significado físico do sinal negativo de  $\tau_{xy}$ . Indique se o cisalhamento tende a produzir rotação horária ou anti-horária no elemento original.
- Calcule a tensão normal média:  $\sigma_m = (\sigma_x + \sigma_y)/2$ . Em seguida, marque o centro do Círculo de Mohr:  $C = (\sigma_m, 0)$ .
- Determine as coordenadas dos pontos A e B:  $A = (\sigma_x, -\tau_{xy})$  e  $B = (\sigma_y, +\tau_{xy})$ . Marque esses dois pontos no papel quadriculado.
- No mesmo gráfico, trace as linhas auxiliares horizontais e verticais que ajudam a localizar A, B e C. Identifique no desenho os pontos A, B e C.
- Calcule o raio do Círculo de Mohr: Depois, trace o Círculo de Mohr no papel quadriculado, com centro em C e passando pelos pontos A e B.
- Determine graficamente e algebricamente as tensões principais:  $\sigma_1 = \sigma_m + R$  e  $\sigma_2 = \sigma_m - R$ . Marque  $\sigma_1$  e  $\sigma_2$  no eixo  $\sigma$  do Círculo de Mohr.

- h)** Explique por que a tensão de cisalhamento é nula nos pontos correspondentes a  $\sigma_1$  e  $\sigma_2$ .
- i)** Calcule o ângulo principal  $\theta_p$ , usando  $\tan(2\theta_p) = 2\tau_{xy}/(\sigma_x - \sigma_y)$ . Indique o valor de  $2\theta_p$  no Círculo de Mohr e o valor de  $\theta_p$  no elemento real.
- j)** Indique o sentido de rotação do elemento para atingir os planos principais. No papel, desenhe o elemento girado de  $\theta_p$ , mostrando apenas  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\tau = 0$ .
- k)** Determine a tensão de cisalhamento máxima:  $\tau_{max} = R$ . Marque no Círculo de Mohr os pontos superior e inferior correspondentes a  $+\tau_{max}$  e  $-\tau_{max}$ .
- l)** Determine os ângulos dos planos de cisalhamento máximo:  $\theta_s = \theta_p \pm 45^\circ$ . Indique as duas posições possíveis do elemento real.
- m)** Desenhe o elemento na posição de cisalhamento máximo, mostrando  $\tau_{max}$  e  $\sigma_m$ . Lembre-se: nos planos de cisalhamento máximo, a tensão normal atuante nas faces é a tensão média  $\sigma_m$ , e não  $\sigma_1$  nem  $\sigma_2$ .
- n)** Faça uma verificação gráfica final no Círculo de Mohr, identificando: centro C; pontos A e B; raio R;  $\sigma_1$ ;  $\sigma_2$ ;  $+\tau_{max}$ ;  $-\tau_{max}$ ; ângulo  $2\theta_p$ ; ângulo correspondente ao cisalhamento máximo; sentido de rotação do elemento real.
- o)** Em um parágrafo curto, interprete fisicamente o resultado: o ponto analisado está mais crítico em relação à tensão normal principal ou ao cisalhamento? Justifique com base nos valores encontrados e no desenho do Círculo de Mohr.

## Quadro de respostas numéricas

Grandeza	Valor	Unidade / observação
$\sigma_m$	_____	MPa
C	_____	(MPa, MPa)
A	_____	(MPa, MPa)
B	_____	(MPa, MPa)
R	_____	MPa
$\sigma_1$	_____	MPa
$\sigma_2$	_____	MPa
$\tau_{max}$	_____	MPa

## Critérios de correção sugeridos

Item avaliado	Pontuação
Construção correta do elemento inicial	1,0
Cálculo e localização de C, A e B	1,5
Traçado correto do Círculo de Mohr em papel quadriculado	2,0
Determinação de $\sigma_1$ , $\sigma_2$ e $\tau_{max}$	2,0
Determinação dos ângulos $\theta_p$ e $\theta_s$	1,5
Desenho dos elementos girados	1,5
Interpretação física final	0,5

## Folha de trabalho 1 - Gráfico do Círculo de Mohr

Use esta folha para marcar C, A, B, R,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $+\tau_{max}$ ,  $-\tau_{max}$ ,  $2\theta_p$  e os ângulos associados. A escala sugerida é 1 quadrícula = 10 MPa.

Papel quadriculado para construção do Círculo de Mohr  
Escala sugerida: 1 quadrícula = 10 MPa

