

## 1. Dados da viga W200x31,3

Das tabelas de perfis W (métricos) para a seção **W200x31,3** (tabela da UFPR, compatível com Gerdau/Sidersa) temos:

- Altura da seção:  
 $h \approx 210$  mm
- Largura da mesa:  
 $b_f \approx 134$  mm
- Módulo resistente em relação ao **eixo forte (x-x)**:  
 $W_x = 301,7 \text{ cm}^3$

Convertendo para  $\text{mm}^3$  ( $1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$ ):

$$W_x = 301,7 \text{ cm}^3 = 301700 \text{ mm}^3$$

- Módulo resistente em relação ao **eixo fraco (y-y)**:

$$W_y = 61,2 \text{ cm}^3$$

Em  $\text{mm}^3$ :

$$W_y = 61,2 \text{ cm}^3 = 61200 \text{ mm}^3$$

Momento fletor aplicado:

- $M = 45,0 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Convertendo para  $\text{N}\cdot\text{mm}$ :

- $1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$
- $1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$

Logo:

- $M = 45,0 \text{ kN}\cdot\text{m} = 45000000 \text{ N}\cdot\text{mm}$

## 2. Tensões máximas na posição "normal" (momento no eixo forte)

Fórmula da flexão simples:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

Aqui usamos o módulo resistente em torno do eixo forte:

- $W = W_x = 301700 \text{ mm}^3$

Então:

$$\sigma_{\max} = \frac{45000000}{301700} \approx 149,15 \text{ N/mm}^2$$

Como  $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$ :

- Tensão máxima de tração:

$$\sigma_t \approx +149 \text{ MPa}$$

- Tensão máxima de compressão:

$$\sigma_c \approx -149 \text{ MPa}$$

(mesmo valor em módulo, sinais opostos nos flanges).

---

### 3. Viga rotacionada 90° (momento atuando no eixo fraco)

Se a viga gira 90°, o mesmo momento  $M$  passa a atuar em torno do **eixo fraco ( $y-y$ )**, então:

- $W = W_y = 61200 \text{ mm}^3$

Calculando:

$$\sigma_{\max, \text{fraco}} = \frac{45000000}{61200} \approx 735,29 \text{ N/mm}^2 \approx 735 \text{ MPa}$$

Comparando:

$$\frac{\sigma_{\text{fraco}}}{\sigma_{\text{forte}}} \approx \frac{735}{149} \approx 4,9$$

Ou seja, **as tensões aumentam quase 5 vezes** quando a viga é rotacionada de 90° e o momento atua no eixo fraco.

---

### 4. Resposta conceitual

- A tensão de flexão é dada por  $\sigma = M/W$ .
- O momento **M** é o mesmo nas duas situações.
- O que muda é o **módulo resistente W**:
  - Eixo forte:  $W_x = 301700 \text{ mm}^3$  (maior)
  - Eixo fraco:  $W_y = 61200 \text{ mm}^3$  (bem menor)

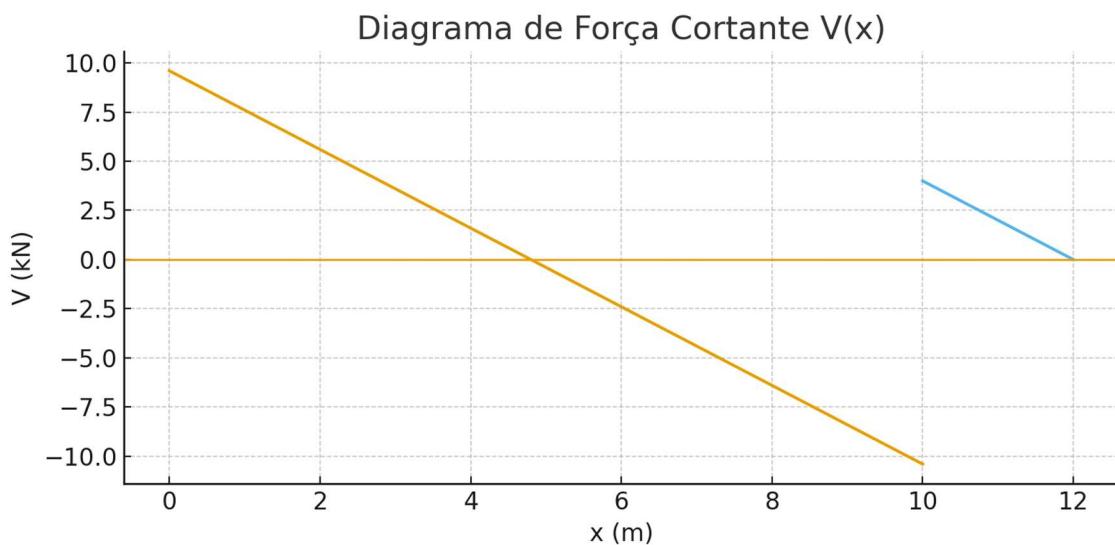
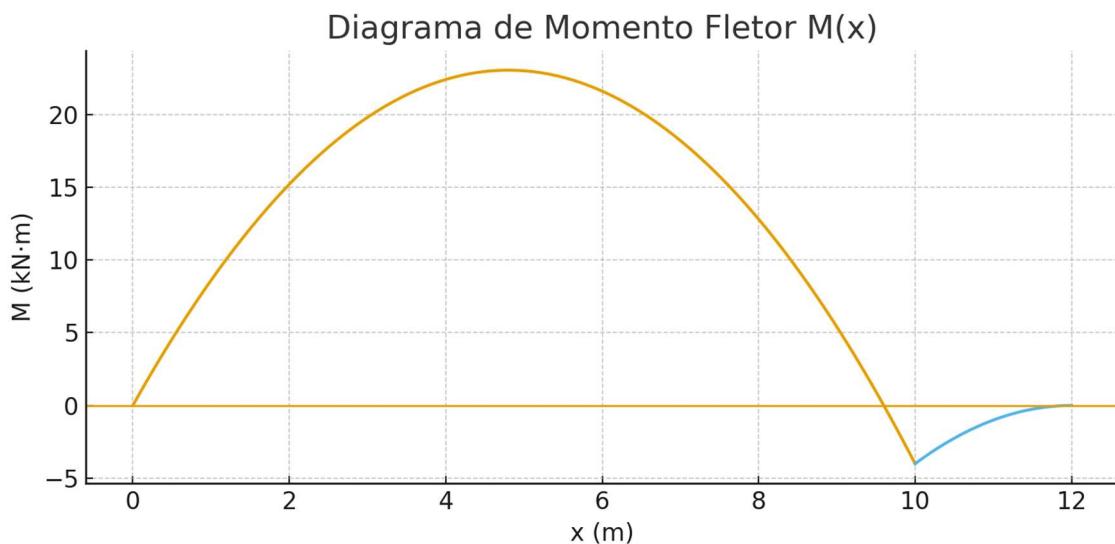
Como o denominador fica menor quando a viga é girada, o valor de  $\sigma$  aumenta bastante.

**Conclusão:**

- Posição normal (eixo forte):  
 $\sigma_{\max} \approx 149 \text{ MPa}$  (tração e compressão)
- Viga rotacionada 90° (eixo fraco):  
 $\sigma_{\max} \approx 735 \text{ MPa}$

Então **as tensões aumentam** quando a viga gira 90°, porque o momento passa a atuar em torno do eixo com menor módulo resistente.

## Questão 2



o que a figura indica:

- Comprimento total da viga: 12 m
- Apoio A em  $x = 0$  m
- Apoio B em  $x = 10$  m
- Trecho em balanço: de  $x = 10$  m a  $x = 12$  m
- Carga distribuída uniforme (peso próprio):  $w = 2,0 \text{ kN/m}$  em todo o comprimento

### a) Reações nos apoios

Carga total na viga:

- $W = w \cdot L = 2,0 \cdot 12 = 24 \text{ kN}$  (para baixo)

- Atua no centro, em  $x = 6$  m a partir de A.

Somatório de momentos em A (sentido anti-horário positivo):

- $RB \cdot 10 - 24 \cdot 6 = 0$
- $RB \cdot 10 = 144$
- **$RB = 14,4$  kN**

Somatório de forças verticais:

- $RA + RB - 24 = 0$
- $RA + 14,4 = 24$
- **$RA = 9,6$  kN**

**Reações:**

- $RA = 9,6$  kN (para cima)
- $RB = 14,4$  kN (para cima)

### b) Diagrama de força cortante $V(x)$

Eixo x medido a partir de A.

#### Trecho 1: $0 \leq x \leq 10$ m (entre A e B)

Forças atuando: RA e a carga distribuída.

$$V(x) = RA - wx = 9,6 - 2x \text{ (kN)}$$

Pontos importantes:

- $x = 0 \rightarrow V(0) = 9,6$  kN
- Onde  $V(x) = 0$ :  
 $9,6 - 2x = 0 \rightarrow x = 4,8$  m
- $x = 10^- \rightarrow V(10^-) = 9,6 - 2 \cdot 10 = 9,6 - 20 = -10,4$  kN

Em  $x = 10$  m, soma-se a reação RB:

- $V(10^+) = V(10^-) + RB = -10,4 + 14,4 = +4,0$  kN

#### Trecho 2: $10 \leq x \leq 12$ m (de B até a extremidade)

Agora atuam RA, RB e a carga distribuída:

$$V(x) = RA + RB - wx = 24 - 2x \text{ (kN)}$$

- $x = 10^+ \rightarrow V(10^+) = 24 - 20 = +4,0$  kN (confere)

- $x = 12 \rightarrow V(12) = 24 - 24 = 0 \text{ kN}$

**Resumo do diagrama de cortante:**

- Começa em  $+9,6 \text{ kN}$  em A
  - Desce linearmente até 0 em  $x = 4,8 \text{ m}$
  - Continua descendo até  $-10,4 \text{ kN}$  em  $x = 10^-$
  - Sobe em salto para  $+4,0 \text{ kN}$  em B
  - Desce linearmente até 0 em  $x = 12 \text{ m}$
- 

### c) Diagrama de momento fletor $M(x)$

Adoto  $M(0) = 0$  em A e uso que a derivada de  $M$  é  $V$ .

**Trecho 1:  $0 \leq x \leq 10 \text{ m}$**

$$V(x) = 9,6 - 2x$$

Integro:

$$M(x) = RAx - \frac{wx^2}{2}$$

Com números:

$$M(x) = 9,6x - \frac{2x^2}{2} = 9,6x - x^2 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

- $M(0) = 0$
- $M(10) = 9,6 \cdot 10 - 10^2 = 96 - 100 = -4 \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Trecho 2:  $10 \leq x \leq 12 \text{ m}$**

Melhor escrever diretamente com as forças:

$$M(x) = RAx + RB(x - 10) - \frac{wx^2}{2}$$

Substituindo:

$$\begin{aligned} M(x) &= 9,6x + 14,4(x - 10) - \frac{2x^2}{2} = 9,6x + 14,4x - 144 - x^2 \\ &= 24x - 144 - x^2 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

- $M(10) = 24 \cdot 10 - 144 - 100 = 240 - 144 - 100 = -4 \text{ kN}\cdot\text{m}$  (contínuo)
- $M(12) = 24 \cdot 12 - 144 - 144 = 288 - 288 = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$  (extremidade livre)

### Forma do diagrama de M:

- Parabólica, começando em 0 em A
  - Sobe até um máximo positivo entre 0 e 10 m
  - Desce, cruza o zero, fica negativo
  - Em B ( $x = 10$ ) vale  $-4 \text{ kN}\cdot\text{m}$
  - Do apoio B até  $x = 12$ , outra parábola volta a 0 em  $x = 12$ .
- 

### d) Posição e valor do momento fletor máximo

Momento máximo ocorre onde  $V(x) = 0$  dentro do trecho com carga distribuída.

No trecho 0–10 m:

- $V(x) = 9,6 - 2x$
- $9,6 - 2x = 0 \rightarrow x = 4,8 \text{ m}$

Momento nesse ponto:

$$M(4,8) = 9,6 \cdot 4,8 - (4,8)^2$$

Calculando:

- $9,6 \cdot 4,8 = 46,08$
- $(4,8)^2 = 23,04$

Então:

$$M(4,8) = 46,08 - 23,04 = 23,04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

No trecho 10–12 m, o cortante só zera em  $x = 12$ , onde  $M(12) = 0$ , então não há valor maior em módulo que 23,04  $\text{kN}\cdot\text{m}$ . Em B temos apenas  $-4 \text{ kN}\cdot\text{m}$ .

### Resposta final:

- **Momento fletor máximo = 23,04  $\text{kN}\cdot\text{m}$  (positivo)**
- **Localização: a 4,8 m do apoio A**, entre A e B.