Aço – Exercício 2.1

Uma barra de seção circular com diâmetro de **25,4 mm (1")** está sujeita a uma **tração axial de 35kN.**
Calcular o **alongamento** da barra supondo seu **comprimento inicial Lo = 3,50 m** e que a mesma foi feita em aço **MR250.**

Resolução :

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (2{,}54\,cm)^2}{4} = 5{,}067\,cm^2$$

$$\sigma = E.\varepsilon \qquad \sigma = \frac{N}{A} \qquad \varepsilon = \frac{\delta}{L_o}$$

$$\delta = \frac{NL_o}{AE} = \frac{35\,kN.350\,cm}{5{,}067\,cm^2.20000\,kN/cm^2} = 0{,}12\,cm = 1{,}2\,mm$$

Aço – Exercício 2.2

Uma barra de aço **AR350** de seção **transversal quadrada de lado 1,5 cm e 2,0 m de comprimento longitudinal** sofre um **alongamento de 3 mm** ao ser solicitada por uma força axial de tração "N"**.**
Sabendo que a barra retorna ao seu comprimento longitudinal original tão logo a solicitação é cessada, **calcule o valor da força de tração "N" que foi aplicada**.

Resolução :

$$A = (1{,}5\,cm)^2 = 2{,}25\,cm^2$$

$$\sigma = E.\varepsilon \qquad \sigma = \frac{N}{A} \qquad \varepsilon = \frac{\delta}{L_o}$$

$$\delta = \frac{NL_o}{AE} \rightarrow N = \frac{AE\,\delta}{L} = \frac{2{,}25\,cm^2.20000\,kN.cm^2.0{,}3\,cm}{200\,cm} = 67{,}5\,kN$$

Aço – Exercício 2.3

Uma haste executada em **aço MR250** tem **seção transversal retangular de 1,5 x 2,5 cm.**
Desconsiderando efeitos de instabilidade lateral, calcular:
a) A **máxima força de tração axial** centrada "N" que a peça poderá suportar **antes que ocorra o escoamento da seção**;
b) A **força de tração axial** centrada "N" que **levará a peça à ruptura**;

Resolução :

$$A = 1{,}5\,cm.2{,}5\,cm = 3{,}75\,cm^2$$

$$a)\ \sigma = \frac{N}{A} \rightarrow N = \sigma.A = f_y.A = 25\,kN/cm^2.3{,}75\,cm^2 = 93{,}75\,kN$$

$$b)\ \sigma = \frac{N}{A} \rightarrow N = \sigma.A = f_u.A = 40\,kN/cm^2.3{,}75\,cm^2 = 150\,kN$$

Aço – Exercício 2.4

Uma peça de seção transversal circular com **2 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento longitudinal**, feita de um metal desconhecido, foi submetida ao seguinte teste:

- Aplicou-se uma **carga axial de tração N1 = 47,12 kN** e observou-se um **alongamento axial de 5,625 mm**;
- **Aumentou-se a carga para N2 = 62,83 kN** e obsevou-se que o **alongamento axial passou então para 7,5 mm**;
- Cessando o carregamento a peça retornou ao seu comprimento original;
- Em seguida foi aplicada uma carga de **tração axial crecente até a marca de 70 kN**, quando então, a peça passou a alongar-se idefinidamente e não foi recuperado o comprimento original com o cessar do carregamento.

Com base nas informações acima, calcule para o metal em questão:

a) O módulo de elasticidade (módulo de Young) **"E"**;
b) A tensão de escoamento **"fy"**;
c) O alongamento (deslocamento relativo entre as pontas) que a peça enunciada sofreria se fosse soliticada por tração axial **N = 35 kN**;
d) A deformação que a peça enunciada sofreria se fosse soliticada por tração axial **N = 65 kN**;

Resolução :

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(2{,}00\,cm)^2}{4} = 3{,}142\,cm^2$$

$$a)\quad E = tg\alpha = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{(62{,}83\,kN - 47{,}12\,kN)/3{,}142\,cm^2}{(0{,}75\,cm - 0{,}5635\,cm)/30\,cm^2} = 804{,}3\,kN/cm^2 = 8043\,MPa = 8\,GPa$$

$$b)\quad f_y = \frac{N_{escoamento}}{A} = \frac{70\,kN}{3{,}142\,cm^2} = 22{,}27\,kN/cm2 = 222{,}7\,MPa$$

$$c)\quad \delta = \frac{NL}{AE} = \frac{35\,kN\,.\,30\,cm}{3{,}142\,cm^2\,.\,804{,}3\,kN/cm^2} = 0{,}4155\,cm = 4{,}155\,mm$$

$$d)\quad \sigma = E.\varepsilon \rightarrow \varepsilon = \frac{N}{AE} = \frac{65\,kN}{3{,}142\,cm^2\,.\,804{,}3\,kN/cm^2} = 2{,}572\text{e-}2$$

Aço – Exercício 2.5

Sabendo que uma barra de **aço MR250** com seção transversal circular de **16 mm de diâmetro e 50 cm de comprimento longitudinal**, sofre **uma deformação axial de 0,1%**, calcule a **força de tração axial "N"** a qual esta barra está submetida.

Resolução:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(1{,}6\,cm)^2}{4} = 2{,}011\,cm^2$$

$$\sigma = E.\varepsilon \rightarrow \frac{N}{A} = E.\varepsilon \rightarrow N = A.E.\varepsilon$$

$$N = A.E.\varepsilon = 2{,}011\,cm^2\,.\,20000\,kN/cm^2\,.\,0{,}1/100 = 40{,}22\,kN$$

Aço – Exercício 2.6

Dado que uma barra de **aço MR250** com seção transversal circular de **10 mm de diâmetro** e **60 cm de comprimento longitudinal** sofre um **alongamento axial de 7 mm**, calcule a **força axial "N"** a qual esta barra está submetida.

Resolução:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(1{,}0\,cm)^2}{4} = 0{,}7854\,cm^2$$

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} = \frac{0{,}7\,cm}{60\,cm} = 0{,}011667$$

$$\sigma = E.\varepsilon = 20000\,kN/cm^2\,.\,0{,}011667 = 233{,}34\ \ kN/cm^2 = 2333{,}4\,MPa$$

A tensão excede o limite de escoamento do material (250 MPa), logo, a deformação somente é possível em regime plástico (antes de atingir o encruamento) o que implica no fato da tensão atuante ser igual à tensão de escoamento.

$$N = A.\sigma = 0{,}7854\,cm^2\,.\,25\,kN/cm^2 = 19{,}635\,kN$$

Aço – Exercício 2.7

Uma viga de **edifício comercial** está sujeita a momentos fletores oriundos de diferentes cargas:
– peso próprio de estrutura metálica : **Mg1 = 10 kNm**
– peso de equipamentos permanentes : **Mg2 = 50 kNm**
– ocupação da estrutura : **Mq = 30 kNm**
– vento : **Mv = 20 kNm**
a) Calcular o **momento fletor solicitante de projeto Msd**.
b) Calcular o momento fletor solicitante considerando **ações agrupadas**.

a) Resolução padrão:

$$\begin{array}{lll} \textit{Peso próprio de estruturas metálicas}: & \gamma_{g1} = 1{,}25\ (\textit{desfavorável}) & \gamma_{g1} = 1{,}00\ (\textit{favorável}) \\ \textit{Peso próprio de equipamentos}: & \gamma_{g2} = 1{,}50\ (\textit{desfavorável}) & \gamma_{g2} = 1{,}00\ (\textit{favorável}) \\ \textit{Ocupação da estrutura}: & \gamma_{q1} = 1{,}50 & \psi_0 = 0{,}70\ (\textit{edif. tipo } 2) \\ \textit{Vento}: & \gamma_{q2} = 1{,}40 & \psi_0 = 0{,}60 \end{array}$$

$$\textit{Combinação } 1:$$
$$M_{sd1} = 1{,}25 \times 10\,kNm + 1{,}50 \times 50\,kNm + 1{,}50 \times 30\,kNm + 1{,}40 \times 0{,}60 \times 20\,kNm = 149{,}3\,kNm$$
$$\textit{Combinação } 2:$$
$$M_{sd2} = 1{,}25 \times 10\,kNm + 1{,}50 \times 50\,kNm + 1{,}40 \times 20\,kNm + 1{,}50 \times 0{,}70 \times 30\,kNm = 147{,}0\,kNm$$

Resposta: Msd = 149,3kNm

b) Resolução por ações agrupadas:

$$\begin{array}{lll} \textit{Ações permanentes agrupadas}: & \gamma_g = 1{,}35\ (\textit{Edif. Tipo } 1) & \gamma_g = 1{,}40\ (\textit{Edif. Tipo } 2) \\ \textit{Ações variáveis agrupadas}: & \gamma_q = 1{,}50\ (\textit{Edif. 1 Tipo } 1) & \gamma_g = 1{,}40\ (\textit{Edif. Tipo } 2) \end{array}$$

$$\textit{Combinação } 1\ (\textit{Edif. Tipo } 1):$$
$$M_{sd1} = 1{,}35 \times (10\,kNm + 50\,kNm) + 1{,}50 \times (30\,kNm + 20\,kNm) = 156{,}0\,kNm$$
$$\textit{Combinação } 2\ (\textit{Edif. Tipo } 2):$$
$$M_{sd2} = 1{,}40 \times (10\,kNm + 50\,kNm) + 1{,}40 \times (20\,kNm + 30\,kNm) = 154{,}0\,kNm$$

Resposta: Msd = 156,0 kNm

Aço – Exercício 2.8

Um montante tracionado de uma treliça em **tesoura utilizada na cobertura de um galpão industrial**, está sujeito à solicitação axial, oriunda das seguintes cargas, com seus respectivos valores:

– peso próprio da **treliça metálica**	:	**Ng1 = 5 kN**
– peso das telhas e elementos de fixação (adição "in loco")	:	**Ng2 = 10 kN**
– **sobrecarga** de manutenção do telhado	:	**Nq1 = 15 kN**
– **sobrecarga** devido a um gancho utilizado para pendurar equipamentos	:	**Nq2 = 30 kN**
– **vento (succção**)	:	**Nv = - 12 kN**

Calcular o **intervalo de solicitação axial de projeto Nd**.

Resolução:

Peso próprio da treliça metálica:	$\gamma_{g1} = 1{,}25$ $(desfavorável)$	$\gamma_{g1} = 1{,}00$ $(favorável)$
Peso próprio de telhas $(adição\ 'in\ loco')$:	$\gamma_{g2} = 1{,}40$ $(desfavorável)$	$\gamma_{g2} = 1{,}00$ $(favorável)$
Sobrecarga de manutenção:	$\gamma_{q1} = 1{,}50$	$\psi_0 = 0{,}80$ $(sobrecarga\ em\ cobertura)$
Sobrecarga de gancho:	$\gamma_{q2} = 1{,}50$	$\psi_0 = 0{,}80$ $(sobrecarga\ em\ cobertura)$
Vento em succção:	$\gamma_q = 1{,}40$	$\psi_0 = 0{,}60$

Combinação $1:(sobrecarga\ de\ manutenção\ como\ ação\ variável\ principal)$

$$N_{sd1} = 1{,}25 \times 5\,kN + 1{,}40 \times 10\,kN + 1{,}50 \times 15\,kN + 1{,}50 \times 0{,}80 \times 30\,kNm = 78{,}75\,kN$$

Combinação $2:(sobrecarga\ do\ gancho\ como\ ação\ variável\ principal)$

$$N_{sd2} = 1{,}25 \times 5\,kN + 1{,}40 \times 10\,kN + 1{,}50 \times 30\,kNm + 1{,}50 \times 0{,}80 \times 15\,kN = 83{,}25\,kN$$

Combinação $3:(vento\ de\ succção\ como\ ação\ variável\ principal)$

$$N_{sd3} = 1{,}00 \times 5\,kN + 1{,}00 \times 10\,kN - 1{,}40 \times 12\,kN = -1{,}8\,kN$$

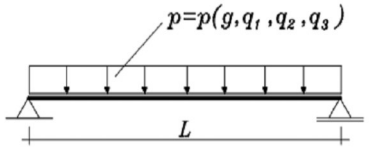
Resposta: [-1,80 kN ; 83,25 kN]

Aço – Exercício 2.9

Determinar, com base em **combinações últimas de construção**, os **valores extremos de momento fletor solicitante de cálculo** no meio do **vão da viga (L = 5,00 m)** apresentada na figura abaixo, considerando as seguintes ações (valores característicos nominais):

– Peso prório da viga metálica : **g1 = 20 kN/m**
– Sobrecarga de ocupação : **q1 = 15 kN/m**
– Vento 1 : **q2 = 30 kN/m**
– Vento 2 : **q3 = - 25 kN/m**

* Obs.: Edificação comercial com acesso ao público.



Resolução:

Peso próprio da viga metálica:	$\gamma_{g1} = 1{,}15$ $(desfavorável)$	$\gamma_{g1} = 1{,}00$ $(favorável)$	
Ocupação:	$\gamma_g = 1{,}30$	$\psi_0 = 0{,}70$	$\psi_2 = 0{,}4$
Vento 1:	$\gamma_q = 1{,}20$	$\psi_0 = 0{,}60$	$\psi_2 = 0{,}0$
Vento 2:	$\gamma_q = 1{,}20$	$\psi_0 = 0{,}60$	$\psi_2 = 0{,}0$

Observação: carregamento de vento é considerado como sendo de duração muito curta

Combinação 1: $(ocupação\ como\ ação\ variável\ principal \quad \psi_{0ef} = \psi_0)$

$$q_{sd1} = 1{,}15 \times 20\,kN/m + 1{,}30 \times 15\,kN/m + 1{,}20 \times 0{,}60 \times 30\,kN/m = 64{,}1\,kN/m$$

Combinação 2: $(vento\ 1\ como\ ação\ variável\ principal \quad \psi_{0ef} = \psi_2)$

$$q_{sd2} = 1{,}15 \times 20\,kN/m + 1{,}20 \times 30\,kN/m + 1{,}30 \times 0{,}40 \times 15\,kN/m = 66{,}8\,kN/m$$

Combinação 3: $(vento\ 2\ como\ ação\ variável\ principal \quad \psi_{0ef} = \psi_2)$

$$q_{sd3} = 1{,}00 \times 20\,kN/m + 1{,}20 \times (-25\,kN/m) = -10\,kN/m$$

$$M_{máx} = \frac{p.l^2}{8} = \frac{66{,}8\,kN/m \times (5\,m)^2}{8} = 208{,}75\,kNm$$

$$M_{mín} = \frac{p.l^2}{8} = \frac{-10{,}0\,kN/m \times (5\,m)^2}{8} = -31{,}250\,kNm$$

Aço – Exercício 2.10

Calcular o **intervalo de cargas** que age sobre uma **barra de treliça de uma edificação tipo 2** dado que em função das cargas indicadas abaixo, as conseguintes solicitações axuais são geradas na referida barra:

- Peso próprio da treliça metálica : **+120 kN**
- Peso próprio de vigas pré-moldadas acopladas a treliça : **+150 kN**
- Sobrecarga de equipamentos : **+110 kN**
- Carga do vento : **+180 kN**
- Carga decorrente da temperatura : **- 50 kN**
- Recalque diferencial : **- 800 kN**

Resolução:

$P.P.\ treliça\ metálica:$	$\gamma_{g1} = 1{,}25\ (desfavorável)$	$\gamma_{g1} = 1{,}00\ (favorável)$
$P.P.\ vigas\ pré-moldadas:$	$\gamma_{g2} = 1{,}30\ (desfavorável)$	$\gamma_{g2} = 1{,}00\ (favorável)$
$Recalque:$	$\gamma_{g3} = 1{,}20\ (desfavorável)$	$\gamma_{g3} = 1{,}00\ (favorável)$
$Sobrecarga\ de\ equipamentos:$	$\gamma_{q1} = 1{,}50$	$\psi_0 = 0{,}70$
$Vento:$	$\gamma_{q2} = 1{,}40$	$\psi_0 = 0{,}60$
$Carga\ térmica:$	$\gamma_{q3} = 1{,}20$	$\psi_0 = 0{,}60$

$Combinação\ 1: (sobrecarga\ de\ equipamentos\ como\ ação\ variável\ principal)$

$$N_{sd1} = 1{,}25\times 120\,kN + 1{,}30\times 150\,kN + 1{,}50\times 110\,kN + 1{,}40\times 0{,}60\times 180\,kN = 661{,}2\,kN$$

$Combinação\ 2: (vento\ como\ ação\ variável\ principal)$

$$N_{sd2} = 1{,}25\times 120\,kN + 1{,}30\times 150\,kN + 1{,}40\times 180\,kN + 1{,}50\times 0{,}70\times 110\,kN = 712{,}5\,kN$$

$Combinação\ 3: (efeito\ térmico\ como\ ação\ variável\ principal)$

$$N_{sd3} = 1{,}00\times 120\,kN + 1{,}00\times 150\,kN - 1{,}2\times 800\,kN - 1{,}2\times 50\,kN = -750\,kN/m$$

Resposta: [-750kN; 712,5kN]

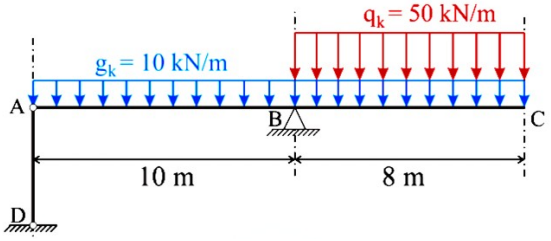
Aço – Exercício 2.11

Determinar as solicitações de cálculo ($\mathbf{N_{Sd}}$) atuantes na **barra AD**. A estrutura é de um edifício residencial, cujas ações (cargas) são provenientes de:

- peso próprio da viga metálica AC (gk); e
- carga acidental de ocupação (qk).

Considerar:

- estado limite último, combinações últimas normais; e
- estado limite de serviço, combinação quase permanente.



Resolução:

Cálculo do esforço axial na barra AD em termos simbólicos:

$$\sum M_B = 0 \quad (+\ sentido\ horário)$$

$$g_k\frac{L_{BC}^2}{2} - g_k\frac{L_{AB}^2}{2} + q_k\frac{L_{BC}^2}{2} + V_D L_{AB} = 0$$

$$V_D = \frac{1}{L_{AB}}\left(-g_k\frac{L_{BC}^2}{2} + g_k\frac{L_{AB}^2}{2} - q_k\frac{L_{BC}^2}{2}\right) = \frac{1}{10m}\left(-g_k\frac{(8m)^2}{2} + g_k\frac{(10\,m)^2}{2} - q_k\frac{(8m)^2}{2}\right)$$

$$V_D = \frac{1}{10m}\left(18\,g_k(m^2) - 32\,q_k(m^2)\right) = 1{,}80\,g_k(m) - 3{,}20 q_k(m)$$

$*Obs.1:\ V_A$ *positivo (reação vertical parar cima) significa compressão na barra AD, logo:* $N_{AD} = -V_D$

Assim sendo: $N_{AD} = -1{,}80\,g_k(m) + 3{,}20\,q_k(m)$

$*Obs.2:$ *a carga* g_k *tende a comprimir a barra AD enquanto que a carga* g_k *tende a tracioná−la.*

Combinação normal de ações em ELU:

P.P. viga metálica AC: $\gamma_g = 1{,}25$ *(desfavorável)* $\quad \gamma_g = 1{,}00$ *(favorável)*
Carga acidental de ocupação: $\gamma_q = 1{,}50$

$$q_{sd(ELU)} = 1{,}25(1{,}00) \times g_k + 1{,}50 \times q_k$$

Combinação quase-permanente de ações em ELS:

Carga acidental de ocupação: $\psi_2 = 0{,}30$

$$q_{sd(ELS)} = g_k + 0{,}30 \times q_k$$

Cálculo do esforço axial na barra AD em função das combinações de ações:

ELU:

$$N_{AD} = -1{,}80\times(1{,}00\times g_k)\,m + 3{,}2\times(1{,}50\times q_k)\,m = -1{,}80\times(1{,}00\times 10kN/m)m + 3{,}2\times(1{,}50\times 50kN/m)m = 222{,}0\,kN \quad (tração)$$

ELS:

$$N_{AD} = -1{,}80\times(g_k)m + 3{,}20\times(0{,}30\times q_k)m = -1{,}80\times(10\,kN/m)m + 3{,}20\times(0{,}30 \times 50\,kN/m)m = 30\,kN \quad (tração)$$