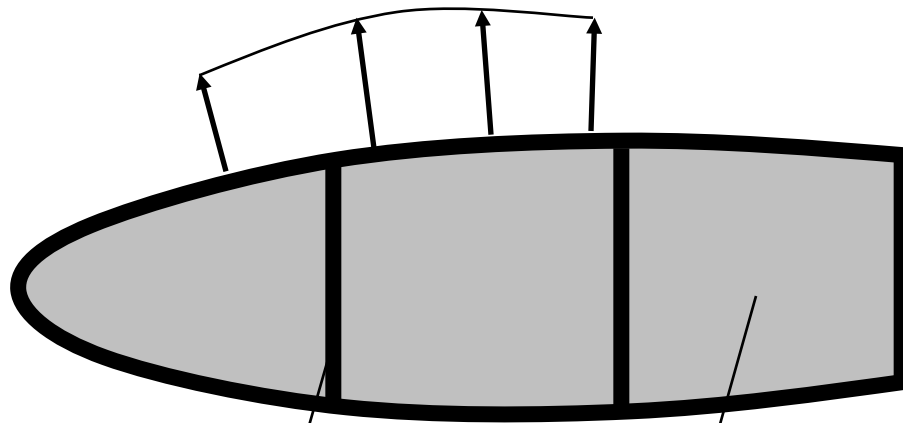


NERVURAS (Megson, 3rd Ed, Cap 10.4.2 – CORRIGIDO)

Nervuras: são painéis reforçados formados por placas planas (vazadas) e reforçadores em forma de barras

Funções: transferir cargas concentradas ao *wingbox*, manter a forma de seção transversal, aumentar cargas de flambagem do revestimento e nervuras.

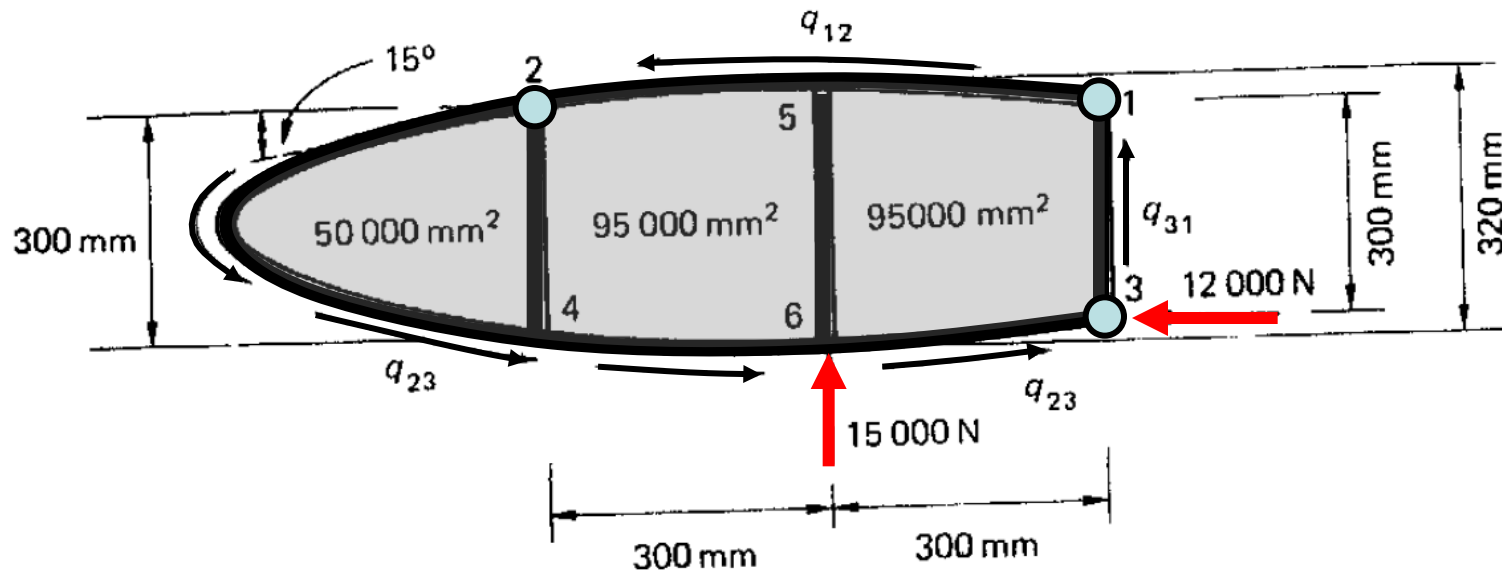


Análise estrutural simplificada: análoga aos painéis reforçados:

Reforçador
transfere
força axial

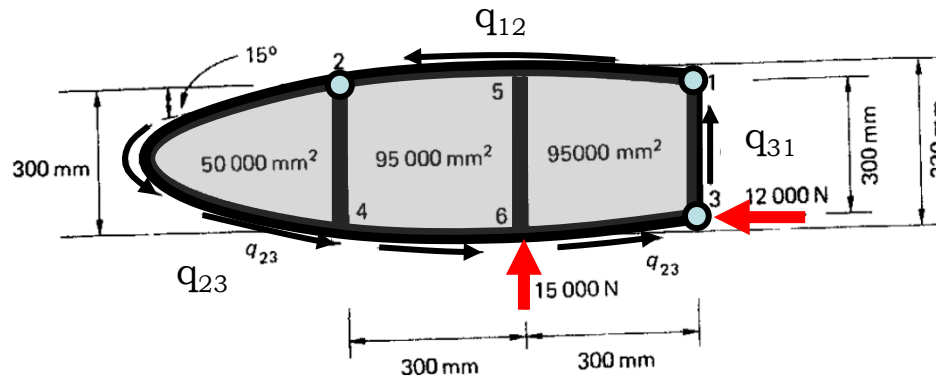
Chapa transfere τ

EXEMPLO 10.14. Determinar os fluxos de cisalhamento nas chapas e as forças axiais nos reforçadores da nervura devido às forças atuantes de 12kN e 15kN. A seção da asa à qual a nervura pertence possui os reforçadores longitudinais 1,2 e 3.



Cargas atuantes sobre a nervura

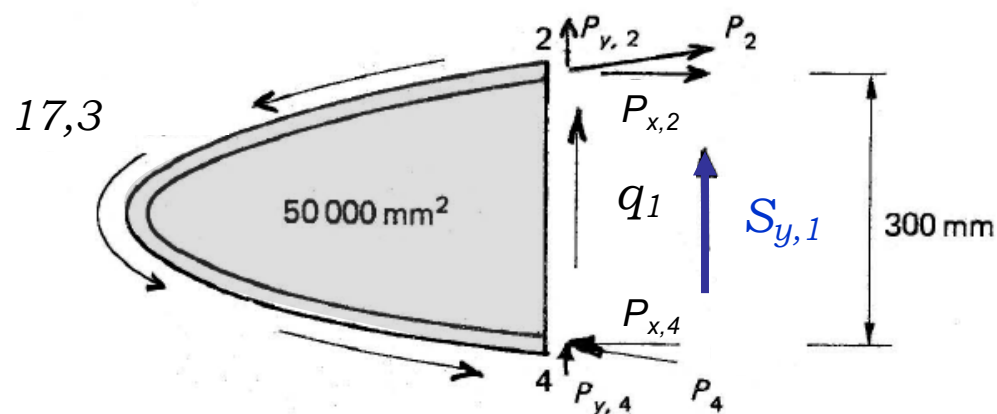
As cargas são os fluxos de cisalhamento relativos que o revestimento da seção da asa, q_{12} , q_{23} e q_{31} aplicam sobre a nervura



Devido a termos somente 3 fluxos incógnitos podemos utilizar diretamente o equilíbrio da seção:

$$\left. \begin{aligned} 600q_{12} - 600q_{23} + 12000 &= 0 \\ 300q_{31} - 300q_{23} + 15000 &= 0 \\ 2(50000 + 95000)q_{23} + 2(95000)q_{12} - 15000(300) &= 0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} q_{12} &= -2,7 \text{ N/mm} \\ q_{23} &= 17,3 \text{ N/mm} \\ q_{31} &= -32,7 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Seção 2-4



$$S_{y,1} - 17,3(300) = 0$$

$$S_{y,1} = 5190\text{ N}$$

$$300P_{x,2} - 2(17,3)50000 = 0 \quad P_{x,2} = P_{x,4} = 5767\text{ N}$$

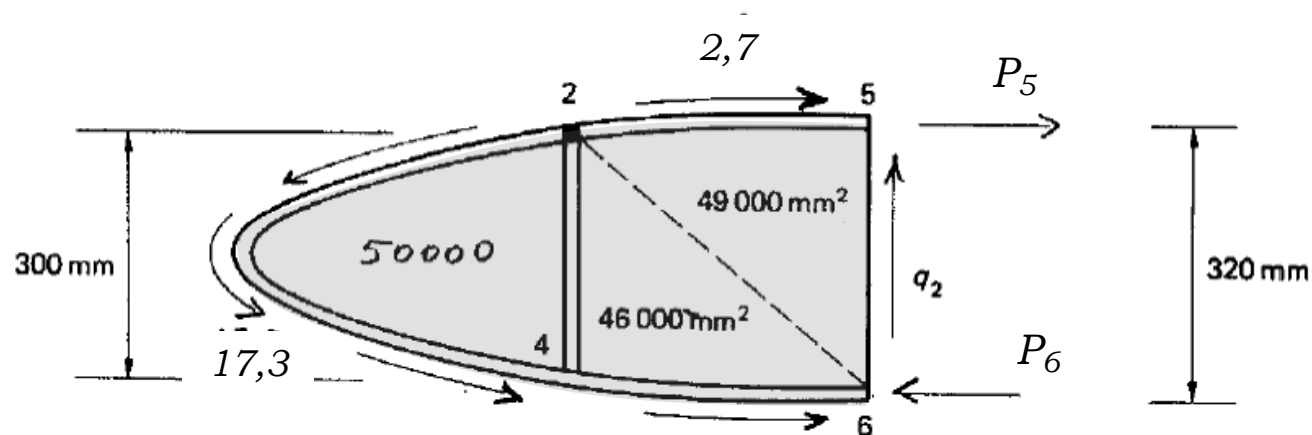
$$P_{y,2} = P_{y,4} = P_{x,2} \tan 15^\circ = 1545\text{ N}$$

$$P_2 = \sqrt{5767^2 + 1545^2} = 5970$$

$$S_{y,1} = S_{yw,1} + P_{y,2} + P_{y,4} \quad \rightarrow \quad S_{yw,1} = 5190 - 2(1545) = 2100\text{ N}$$

$$S_{yw,1} = 300q_1 \quad \rightarrow \quad q_1 = \frac{2100}{300} = 7\text{ N/mm}$$

Seção 5-6

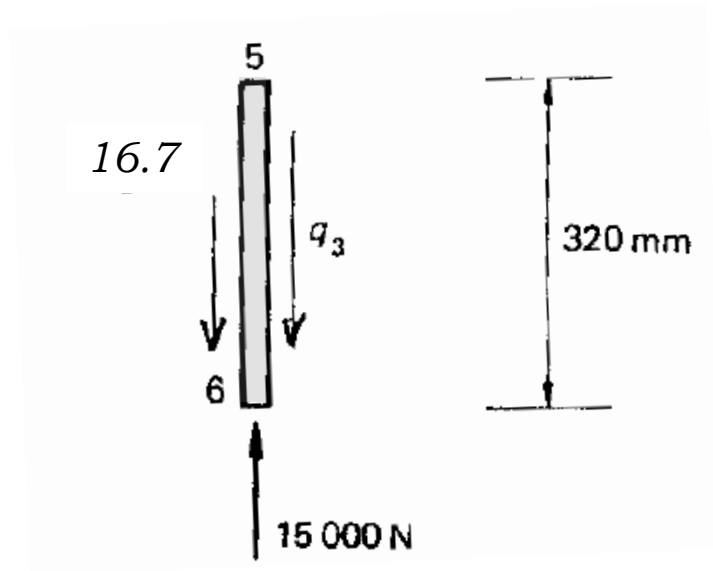


$$320q_2 + 2,7(10) - 17,3(310) = 0 \rightarrow q_2 = 16,7 \text{ N/mm}$$

$$320P_5 + 2,7(2)(49000) - 17,3(2)(50000 + 46000) = 0 \rightarrow P_5 = 9533 \text{ N/mm}$$

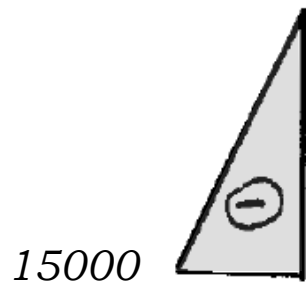
$$P_5 - P_6 + 300(2,7) + 300(17,3) = 0 \rightarrow P_6 = 15553 \text{ N}$$

Seção 5-6



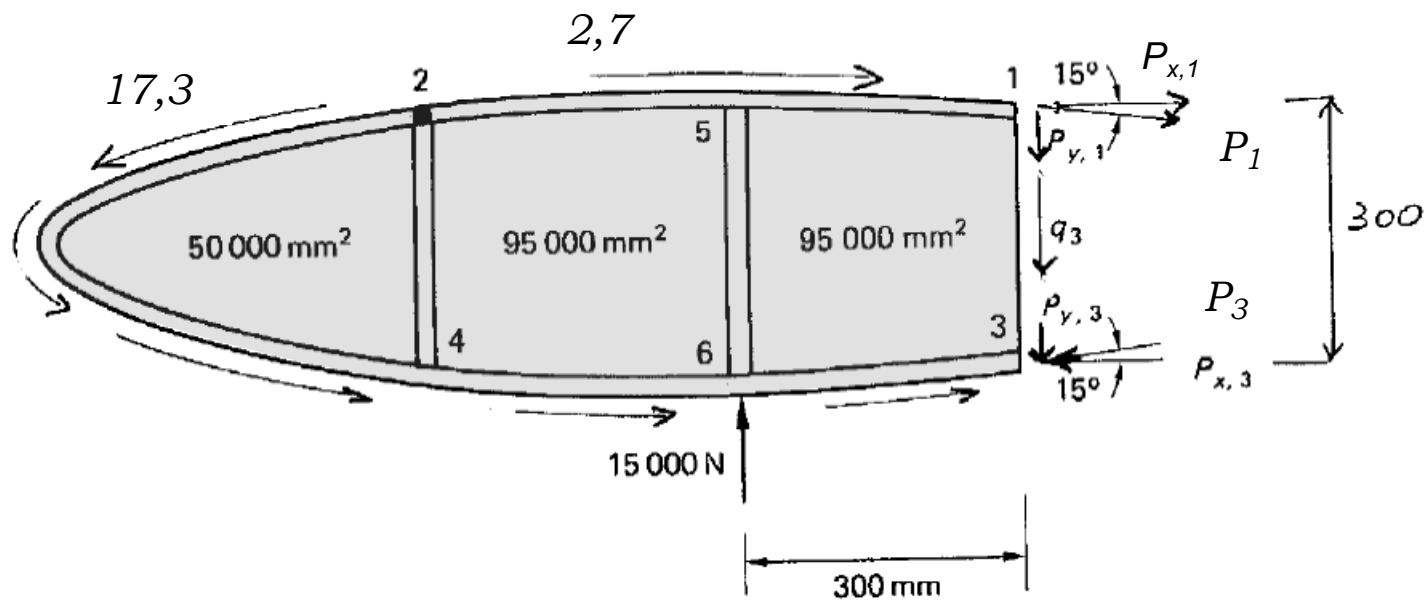
$$320(q_3 + 16,7) - 15000 = 0$$

$$q_3 = 30,2 \text{ N/mm}$$



*Diagrama de força
normal no reforçador*

Seção 1-3



$$\sum M_3 = 2 [17.292(50000 + 95000) - 2.708(95000)] - 15000(300) - 300P_{x,1} = 0$$

$$P_{x,1} = \frac{160}{300} = 0,53\text{ N} \approx 0 \quad (\text{obviamente!})$$

Equilíbrio na horizontal:

$$P_{x,1} - P_{x,3} + 600(17,3 + 2,7) = 0 \rightarrow P_{x,3} = 12000N$$

$$P_{y,3} = P_{x,3} \operatorname{tg} 15 = 3215N$$

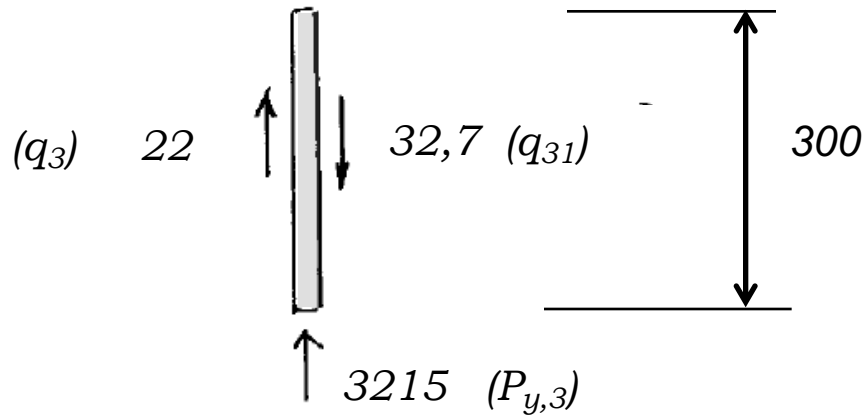
$$P_3 = \sqrt{12000^2 + 3215^2} = 12423N$$

Equilíbrio na vertical:

$$300q_3 + P_{y,3} + 17.3(300) - 15000 = 0$$

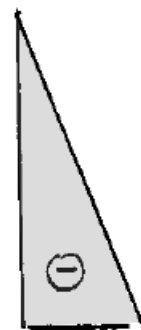
$$q_3 = 22N/m$$

Reforçador 1-3



Verificação do equilíbrio

$$300 (32,7 - 22) = 3210 \text{ u } 3215 \quad OK$$



*Diagrama de força
normal*

----- / / / -----