

CONSTRU METAL 2025

10º CONGRESSO LATINO-AMERICANO
DA CONSTRUÇÃO METÁLICA

CONTRIBUIÇÕES
TECNOCIENTÍFICAS

Allianz Parque



UM INTERESSANTE ESTUDO DE CASO DE LIGAÇÃO VIGA-PILAR EM UM PÓRTICO DE AÇO RETANGULAR COM O PILAR EXTERNO SENDO INTERROMPIDO NA FACE INFERIOR DA VIGA

Autores:

Pedro Wellington G. N. Teixeira

Gustavo Alves

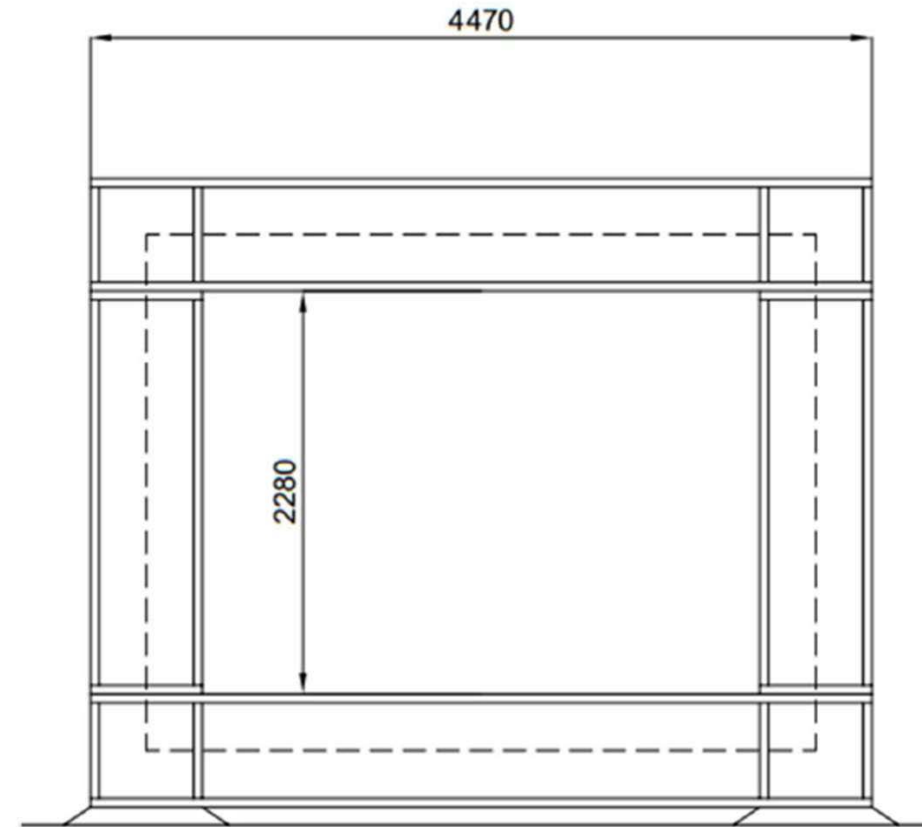
CONSTRU
METAL
2025

09 SET

Allianz Parque
São Paulo-SP

10º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA

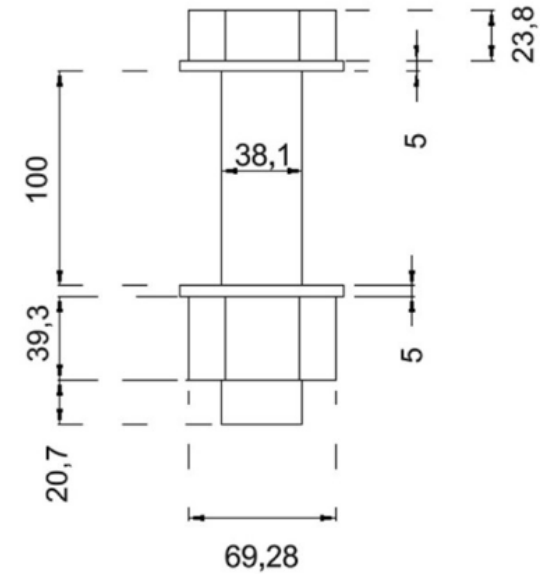
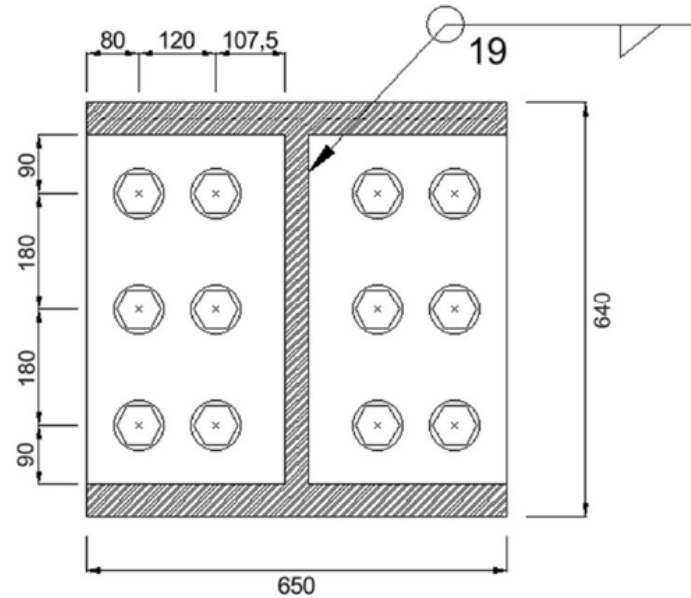
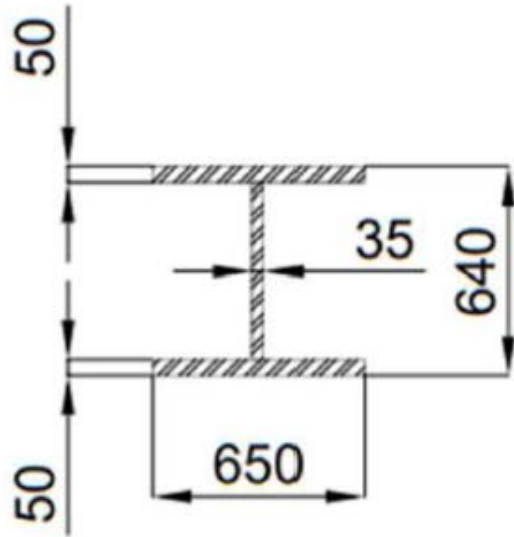
🔗 Vista da estrutura



↳ Ligações



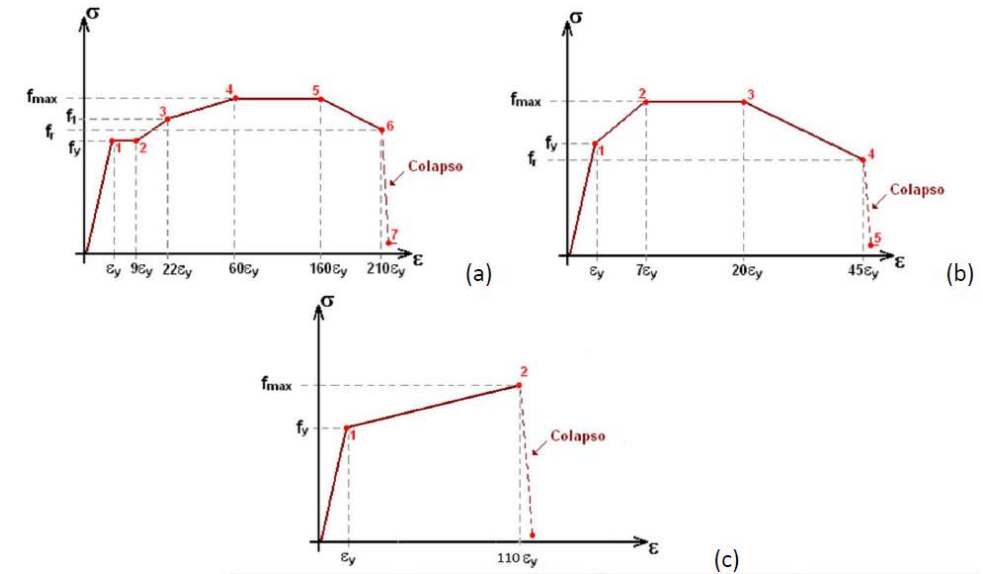
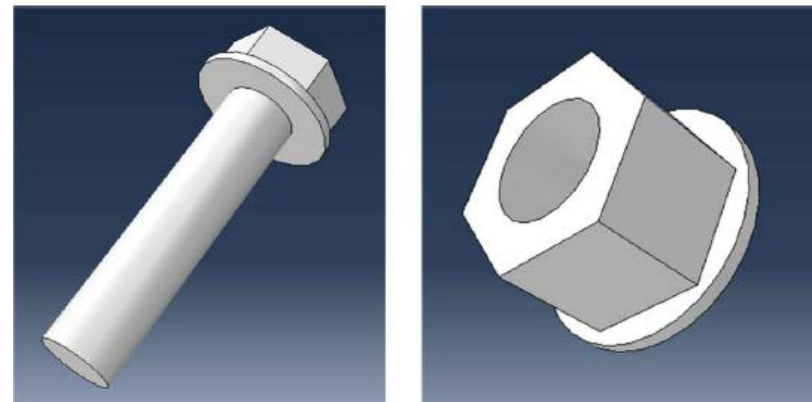
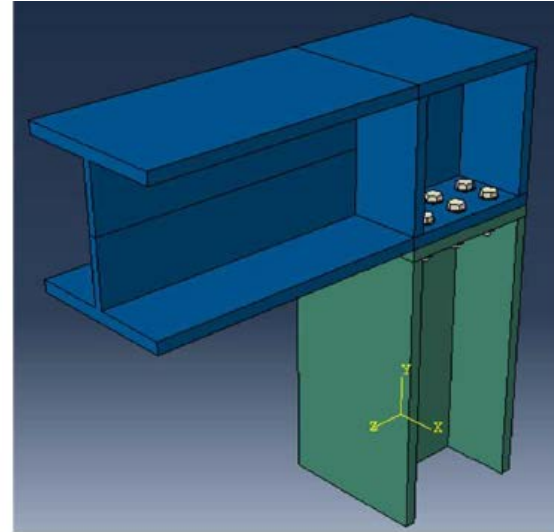
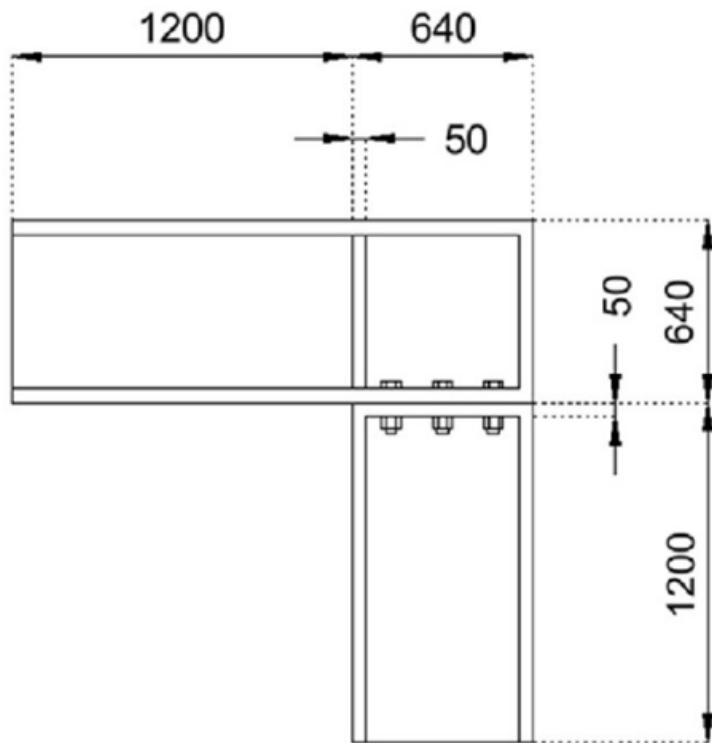
Seção transversal e elementos das ligações



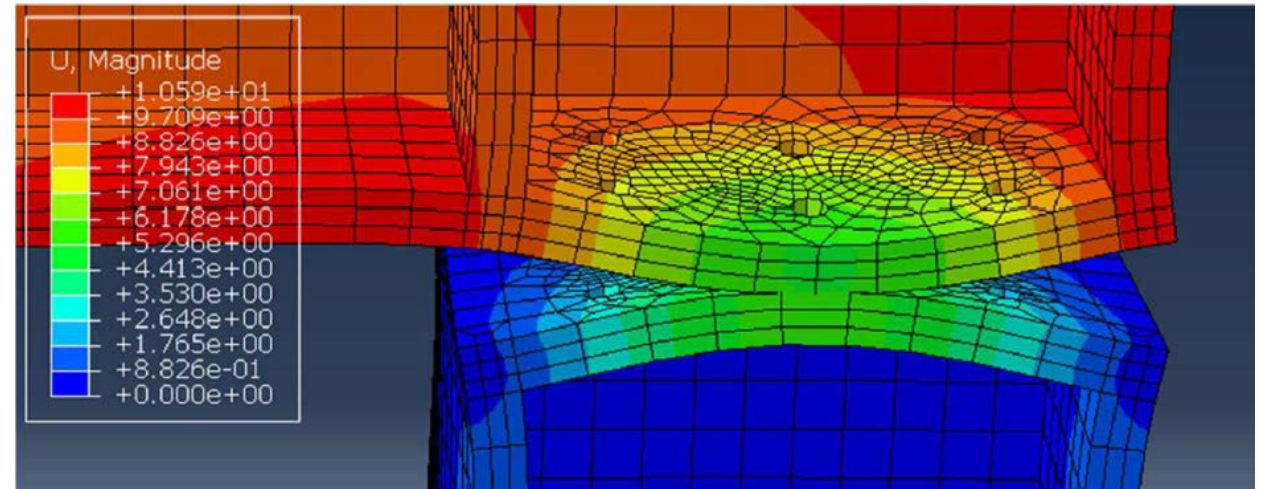
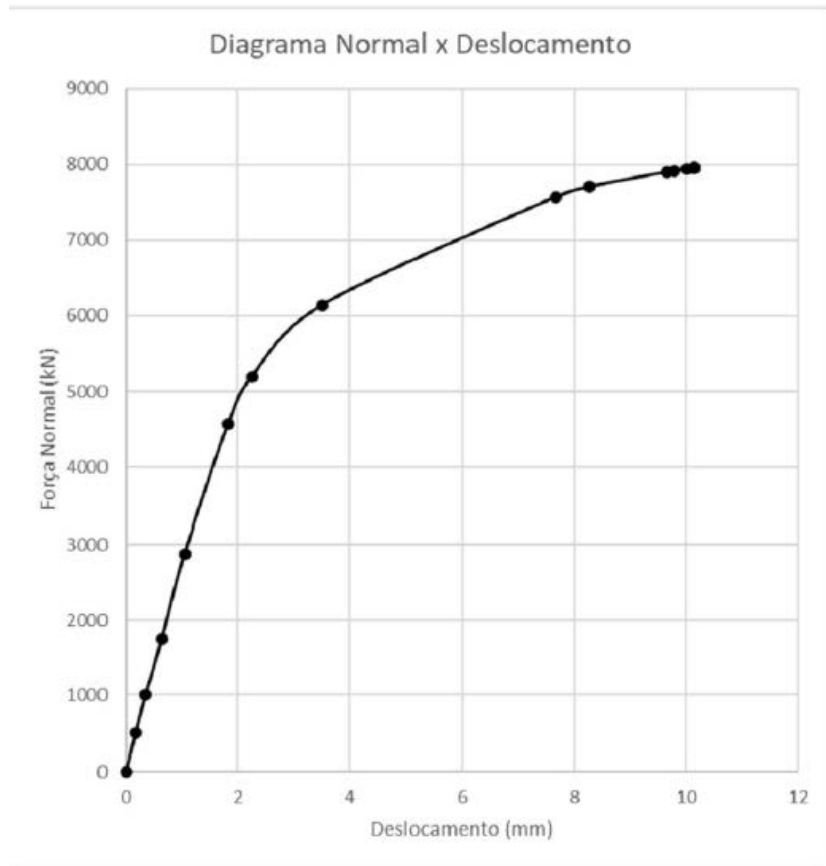
$A = 839 \text{ cm}^2$
 $I_x = 612.943,67 \text{ cm}^4$
 $r_x = 27,02 \text{ cm}$
 $I_y = 229.047,1 \text{ cm}^4$
 $r_y = 16,52 \text{ cm}$
 $Z_x = 21726,50 \text{ cm}^3$
 $Z_y = 10727,88 \text{ cm}^3$
 $I_t = 5997,39 \text{ cm}^4$
 $C_w = 398.656.478 \text{ cm}^6$



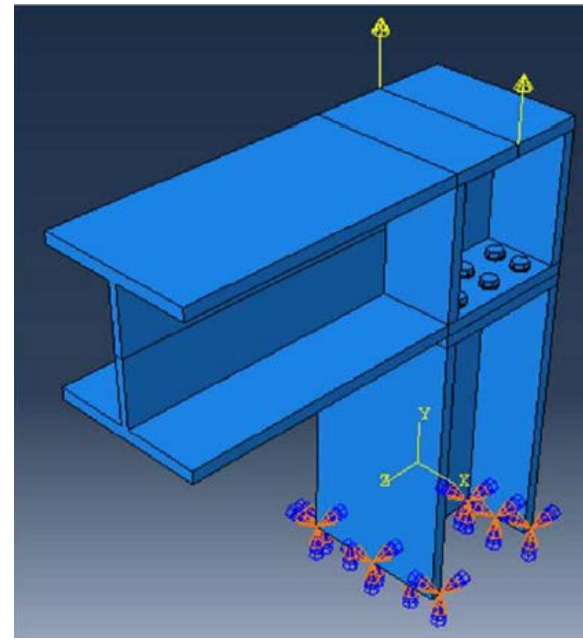
Estudo teórico da ligação



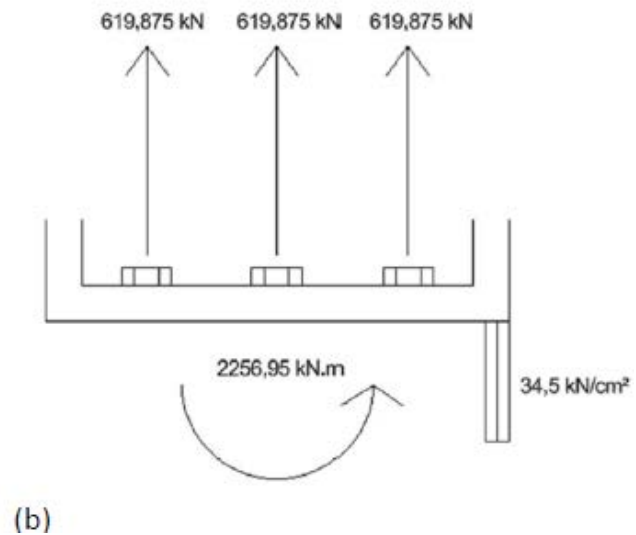
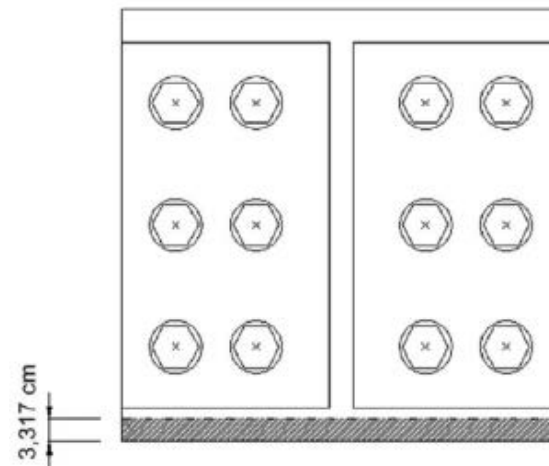
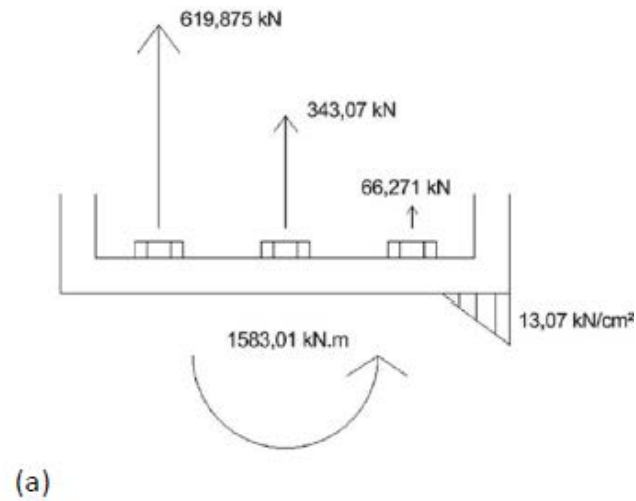
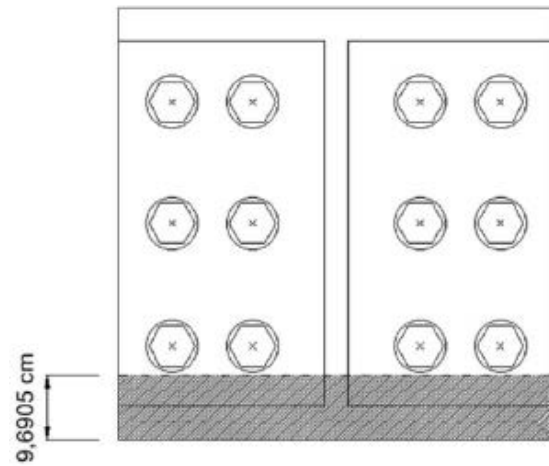
Ensaio numérico de tração



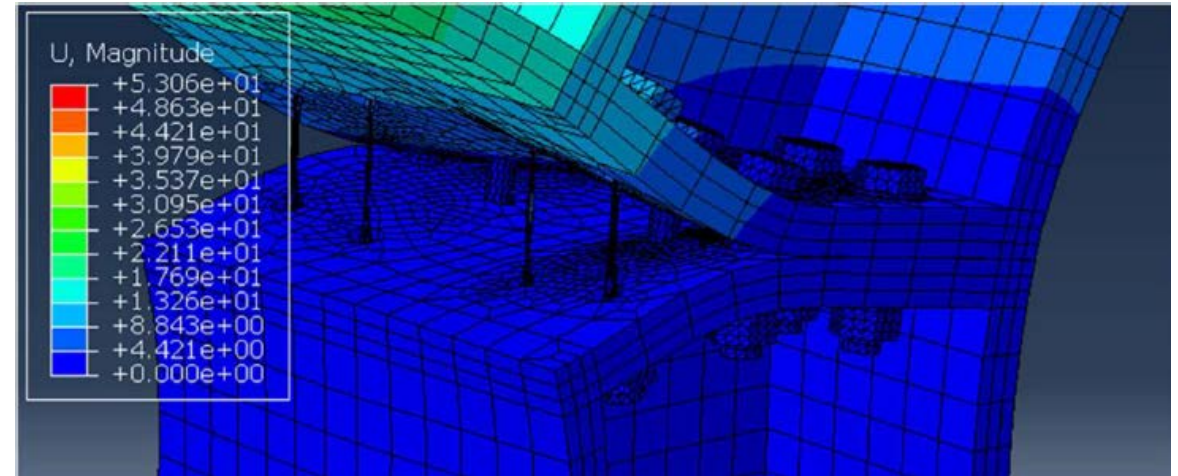
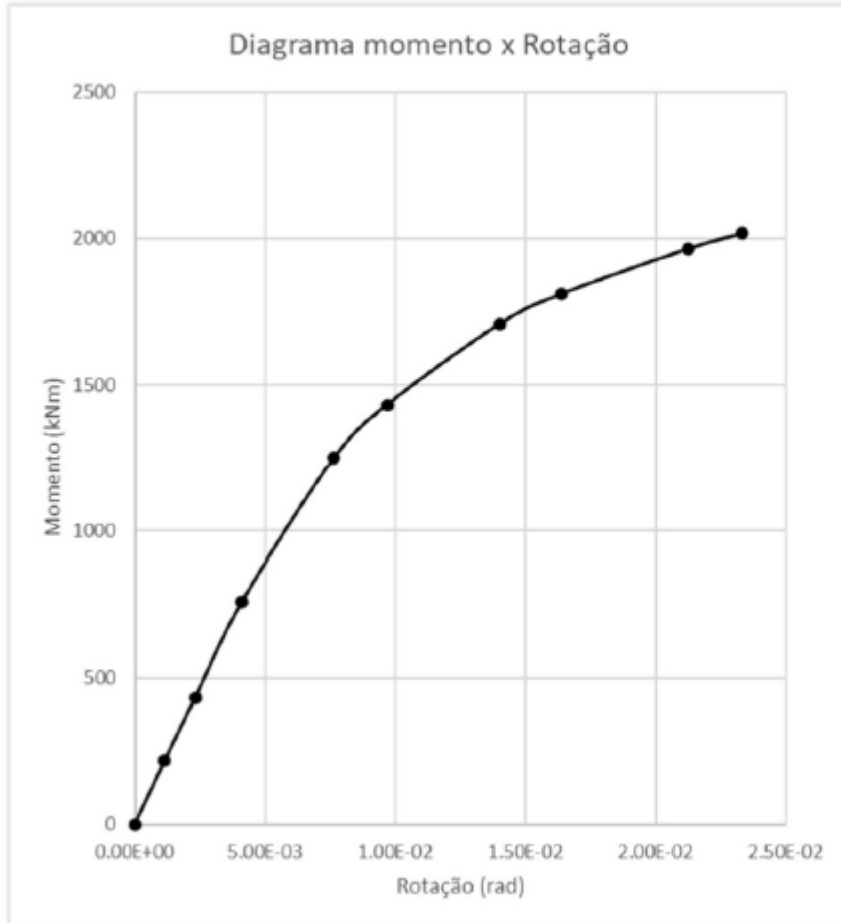
Nu	7960.08	kNm
ulim	10.14	mm
Sini	2313.895	kN/mm



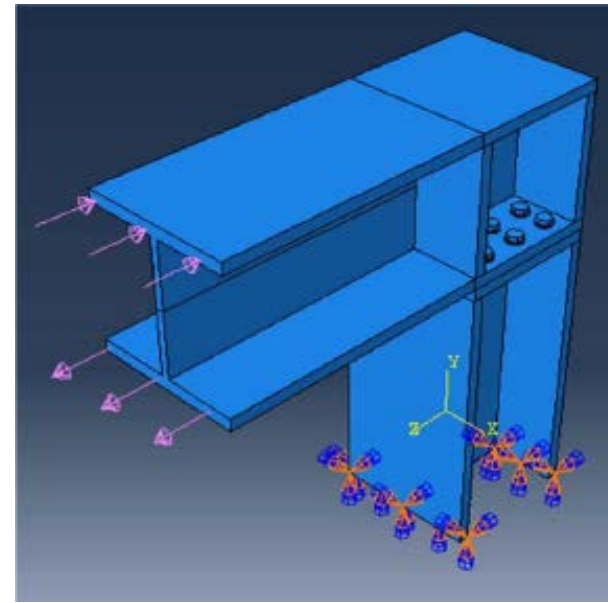
Estudo teórico da ligação em flexão



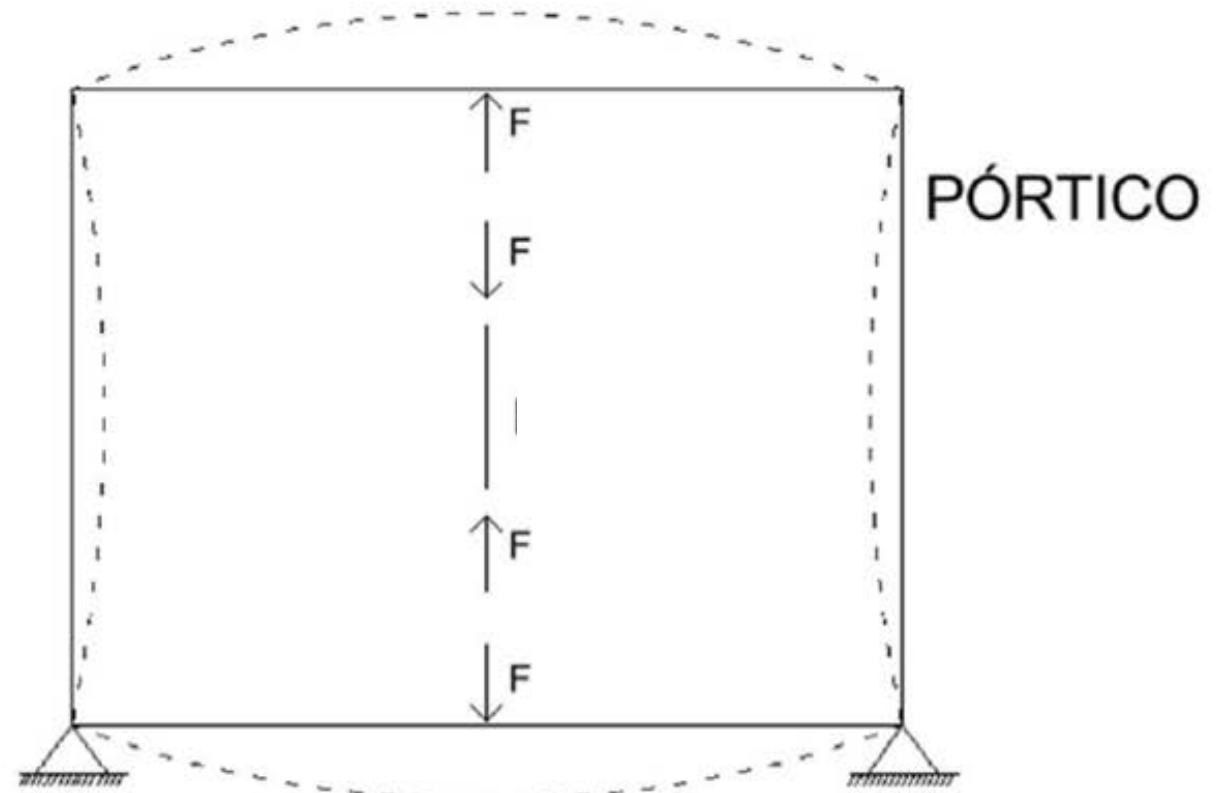
Ensaio numérico de flexão



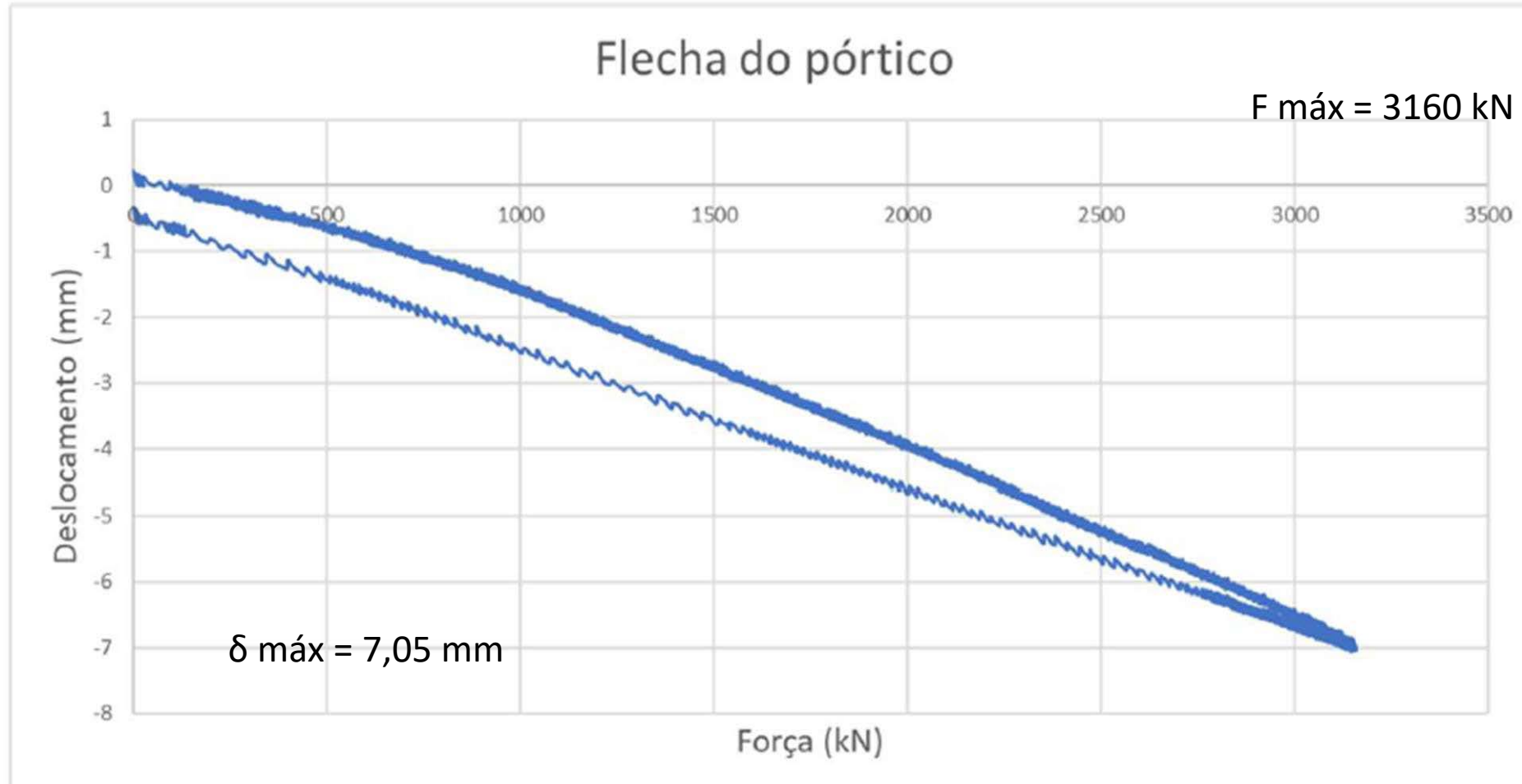
Mu	2017.18	kNm
θ_u	2.33E-02	rad
Sini	163230.8	kNm/rad



Ensaio



Curva força - deslocamento



➤➤ Análise dos deslocamentos

Analisando o pórtico com modelo de barras tem-se os seguintes valores de deslocamentos:

- Considerando as ligações perfeitamente rígidas a momento fletor: 3,7 mm; que é um valor muito inferior ao obtido no ensaio. Esse valor pode ser obtido por análise do pórtico em um programa de análise de estruturas reticuladas planas, como o FTOOL, por exemplo;
- Considerando as ligações perfeitamente flexíveis a momento fletor: 5 mm; que ainda é um valor com diferença grande do obtido no ensaio, embora mais próximo que o anterior. Este resultado pode ser obtido com um modelo plano reticulado ou pode ser estimado diretamente com a expressão da Resistência dos Materiais ($\alpha_s = A_{tot}/A_w = 3,75$) :

$$\delta = \frac{Pl^3}{48EI} \left(1 + \frac{12\alpha_s EI}{GA l^2} \right)$$

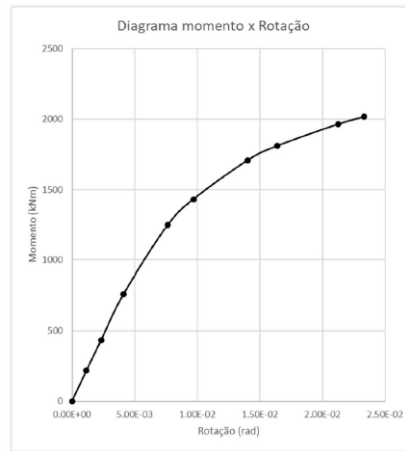
➤ Avaliação da rigidez da ligação

$$\frac{K_v}{K_p} = \frac{I_v/L_v}{I_p/L_p} = \frac{I_v L_p}{I_p L_v} = \frac{612943,67 \cdot 2,92}{612943,67 \cdot 3,83} = 0,762 > 0,1$$

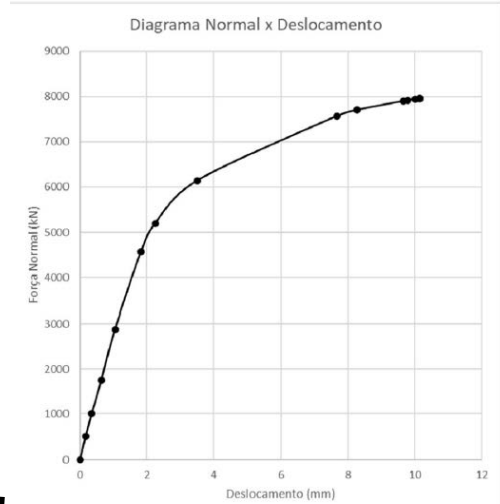
$$\text{Flexível: } S_{ini} \leq 0,5 \frac{E \cdot I_v}{L_v} = 0,5 \frac{20000 \cdot 612943,67}{383} = 160037,51 \text{ kN/m}$$

$$\text{Rígida: } S_{ini} \geq 25 \frac{E \cdot I_v}{L_v} = 8001875,59 \text{ kN/m}$$

$$\text{Semirrígida: } 0,5 \frac{E \cdot I_v}{L_v} < S_{ini} < 25 \frac{E \cdot I_v}{L_v}$$



Mu	2017,18	kNm
θu	2,33E-02	rad
Sini	163230,8	kNm/rad



Nu	7960,08	kNm
ulim	10,14	mm
Sini	2313,895	kN/mm

- A ligação se encontra no limite de uma ligação flexível, pois $S_{ini} = 163 \text{ kN.m/mrad} \sim 160 \text{ kN.m/mrad}$.
- Dessa forma, em princípio, o momento fletor na ligação seria próximo de zero – e, nesse caso, o deslocamento seria de 5 mm, o que ainda é inferior ao que foi medido no ensaio.
- Um motivo para tal diferença pode ser a existência de força normal de tração de 1580 kN na ligação associado à rigidez da ligação a força normal. Essa força normal pode ser responsável por um deslocamento adicional da ordem de 1,5 mm – estimativa considerando o valor de K_{jni} apresentado ($K_{jni} = 2314 \text{ kN/mm}$) devendo ser somados os valores das duas ligações entre pilares e vigas, a inferior e a superior.
- Isso aproxima mais o deslocamento obtido. Dessa forma, o deslocamento teórico passa a ser de 6,5 mm e a diferença de 0,5mm encontrada no ensaio pode ser atribuída a pequenas acomodações ou plastificações locais.

Conclusão

- A ligação entre vigas e pilares do pórtico em questão apresenta capacidade de transmitir momento fletor muito aquém da capacidade resistente à flexão dos elementos que compõem a própria estrutura.
- Dessa forma, é possível identificar que um modelo de nó flexível é mais adequado para análise do pórtico.
- A grande relação entre a área da seção e a área da alma dos perfis da estrutura ($\alpha_s = A_{\text{tot}}/A_w = 3,75$) faz com que o trabalho a força cortante da viga assumam importância e não possa ser desconsiderado na análise.
- A flexibilidade da ligação em questão não afeta a resistência da estrutura, devido às características geométricas da viga que fazem com que os valores de resistência sejam virtualmente iguais em caso de momento fletor positivo ou negativo.
- O projeto original conduziu a uma estrutura eficiente e de bom desempenho estrutural. No ensaio realizado foi aplicada uma força bastante elevada (3160 kN) no centro do vão da viga. A estrutura e suas ligações se comportaram de forma satisfatória como pode ser visto no gráfico força-deslocamento do ensaio e como pôde ser avaliado no acompanhamento do ensaio.

CONSTRU METAL 2025

09 SET

Allianz Parque
São Paulo-SP

10° CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA

WWW.CONGRESSOCONSTRUMETAL.COM.BR



@CONGRESSOCONSTRUMETAL

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO E PROMOÇÃO



AGÊNCIA DE VIAGENS OFICIAL

