
PONTE SANTANA MURIAÉ – MG

MEMÓRIA DE CÁLCULO

Renato Carvalho Carreira

Renato Carvalho Carreira - CREA MG 96.055 / D

SUMÁRIO

1.	<i>INTRODUÇÃO</i>	5
1.1.	OBJETIVO	5
1.2.	SISTEMA DE UNIDADES	5
1.3.	PARÂMETROS ADOTADOS	5
1.4.	NORMAS UTILIZADAS	6
2.	<i>ESTRUTURA E SEÇÃO TÍPICA</i>	7
3.	<i>METODOLOGIA</i>	8
4.	<i>CARREGAMENTOS</i>	9
4.1.	PESO PRÓPRIO (DEAD)	9
4.2.	CARGA DE REVESTIMENTO(REV).....	9
4.3.	SOBRECARGA(SC1).....	10
4.4.	SOBRECARGA(SC2).....	11
4.5.	SOBRECARGA(SC3).....	12
4.6.	SOBRECARGA(SC4).....	13
4.7.	SOBRECARGA(SC5).....	14
4.8.	SOBRECARGA(SC6).....	15
4.9.	SOBRECARGA(SC7).....	16
4.10.	PESO PRÓPRIO DO NEW JERSEY(PPNJ)	17
4.11.	MOVE 1.....	18
4.12.	MOVE 2.....	19
4.13.	VENTO (VENTO).....	20
4.14.	FRENAGEM (FREN)	21
4.15.	TEMPERATURA (TEMP1)	22
4.16.	TEMPERATURA (TEMP2)	23
4.17.	COEFICIENTE DE IMPACTO.....	24
5.	<i>COMBINAÇÕES</i>	25
5.1.	ENVOLTÓRIAS DE CARREGAMENTO	25

5.2.	COMBINAÇÕES ULTIMAS.....	25
5.3.	ENVOLTÓRIA TOTAL.....	25
5.4.	COMBINAÇÃO DE CONSTRUÇÃO	25
6.	<i>VERIFICAÇÃO DA DEFORMAÇÃO</i>	26
7.	<i>VERIFICAÇÃO DAS LONGARINAS – PERFIL 1500x400x12,5x600x31,5x12,5</i>	28
7.1.	VERIFICAÇÃO DO PERFIL – FASE DE CONSTRUÇÃO	28
7.1.1.	GRÁFICOS DOS ESFORÇOS	28
7.1.2.	RESULTADOS	30
7.2.	VERIFICAÇÃO DO PERFIL – COMBINAÇÃO ULTIMA	35
7.2.1.	GRÁFICOS DOS ESFORÇOS	35
7.2.2.	VERIFICAÇÃO À FLEXÃO DO CONJUNTO PERFIL/TABULEIRO – MEIO DO VÃO.....	37
7.2.3.	VERIFICAÇÃO AO CISALHAMENTO	39
8.	<i>VERIFICAÇÃO DAS LONGARINAS – PERFIL W530x66</i>	40
8.1.	VERIFICAÇÃO DO PERFIL – FASE DE CONSTRUÇÃO	40
8.1.1.	GRÁFICOS DOS ESFORÇOS	40
8.1.2.	RESULTADOS	42
8.2.	VERIFICAÇÃO DO PERFIL – COMBINAÇÃO ULTIMA	47
8.2.1.	GRÁFICOS DOS ESFORÇOS	47
8.2.2.	VERIFICAÇÃO À FLEXÃO DO CONJUNTO PERFIL/TABULEIRO – MEIO DO VÃO.....	49
8.2.3.	VERIFICAÇÃO AO CISALHAMENTO	50
9.	<i>TABULEIRO</i>	51
9.1.	ARMAÇÃO POSITIVA PRINCIPAL.....	51
9.2.	ARMAÇÃO POSITIVA SECUNDÁRIA	52
9.3.	ARMAÇÃO NEGATIVA.....	53
9.4.	ARMAÇÃO NEGATIVA SECUNDÁRIA	54
10.	<i>NEOPRENES</i>	55
11.	<i>LAJE DE TRANSIÇÃO</i>	56

12.	<i>TRAVESSA</i>	57
13.	<i>PILARES</i>	59
14.	<i>ENCONTRO</i>	63
15.	<i>TUBULÕES</i>	64
15.1.	SONDAGEM.....	64
15.2.	VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO.....	66

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVO

Esta Memória de Cálculo tem por objetivo apresentar o dimensionamento estrutural da Ponte Santana em Muriaé - MG.

Os esforços foram obtidos com o auxílio do software SAP-2000, que utiliza em sua base de cálculo o Método dos Elementos Finitos e para dimensionamento das estruturas foram utilizadas tabelas de cálculo do Excel.

1.2. SISTEMA DE UNIDADES

Nesta memória foi adotado o Sistema Internacional de Unidades. Todas as elevações são dadas em metros.

1.3. PARÂMETROS ADOTADOS

O concreto e o aço que se utilizam para do dimensionamento estrutural possuem as seguintes características:

CONCRETO DA SUPERESTRUTURA

Resistência à Compressão $f_{ck} = 35\text{MPa}$
Módulo de Elasticidade $E_c = 28,2\text{GPa}$
Coeficiente de Poisson $\mu = 0,2$
Peso Específico $\gamma = 25\text{ kN/m}^3$

CONCRETO DA MESOESTRUTURA E INFRAESTRUTURA

Resistência à Compressão $f_{ck} = 25\text{MPa}$
Módulo de Elasticidade $E_c = 23,80\text{GPa}$
Coeficiente de Poisson $\mu = 0,2$
Peso Específico $\gamma = 25\text{ kN/m}^3$

Sendo o módulo de elasticidade calculado conforme o item 8.2.8 da NBR-6118/14:

$$E_{CS} = 0,85 \times 5.600 \times \sqrt{f_{ck}}, \text{ onde } E_{CS} \text{ e } f_{ck} \text{ são dados em MPa.}$$

LONGARINAS E TRANSVERSINAS METÁLICAS

Módulo de Elasticidade $E_c = 205\text{ GPa}$
Coeficiente de Poisson $\mu = 0,3$
 f_y 350 MPa
 f_u 500 MPa

AÇO CA-50

Módulo de Elasticidade $E_c = 210 \text{ GPa}$
Módulo de Poisson..... $\mu = 0,3$
 f_y 500 Mpa

1.4. NORMAS UTILIZADAS

- NBR 6118/2014 - “Projeto de estruturas de concreto - Procedimento”.
- NBR 6120/2019 - “Cargas para o Cálculo de Estruturas”.
- NBR 6122/2010 - “Projeto e execução de fundações”.
- NBR 7187/1987 - “Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento”.
- NBR 7188/2013 - “Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre”.
- NBR 8681/2003 - “Ações e segurança nas estruturas - Procedimento”.
- NBR 8800/2003 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado.

2. ESTRUTURA E SEÇÃO TÍPICA

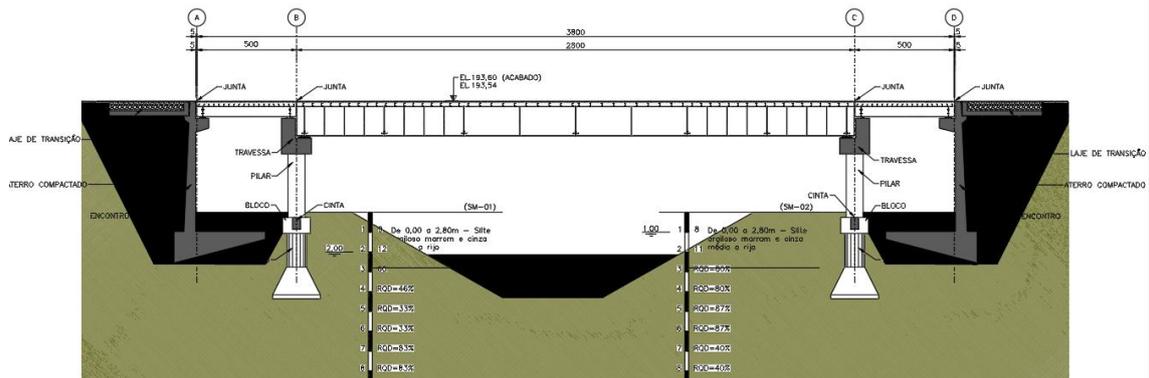


Figura 2.1 – Seção Longitudinal

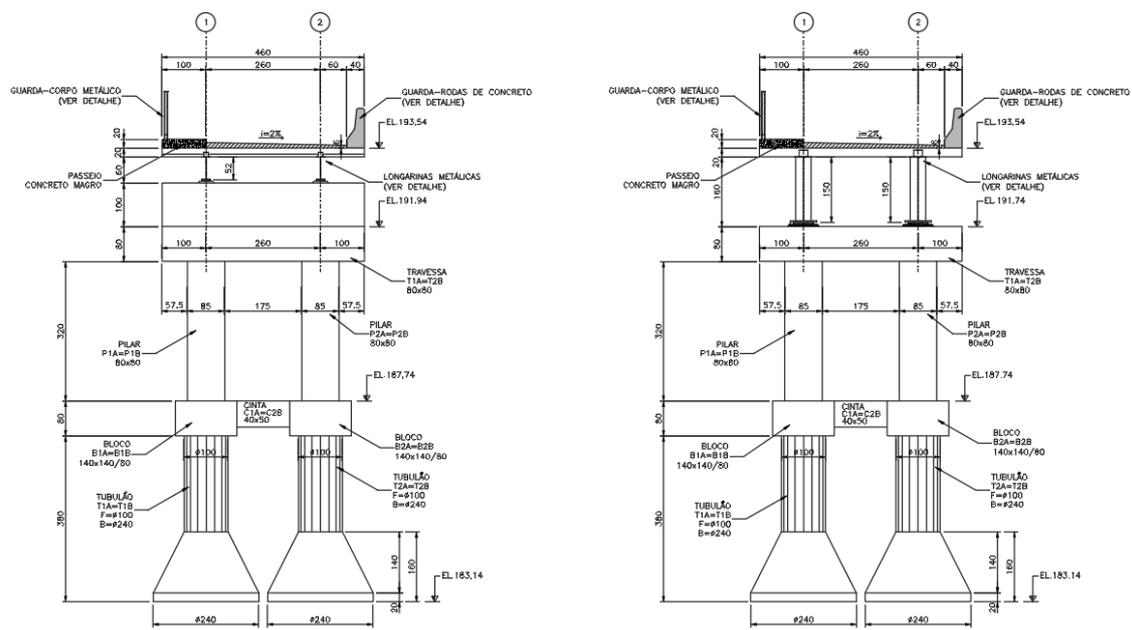


Figura 2.2 – Seção Transversal

3. METODOLOGIA

A análise do viaduto tem como base a atuação das cargas de projeto. Para o cálculo dos esforços foi utilizado o software SAP2000 e o dimensionamento dos elementos estruturais das armaduras foi feito através de planilhas de cálculo do Excel. Inicialmente foi criado um modelo tridimensional no Bridge do programa.

A seguir apresentam-se as malhas de elementos finitos da ponte:

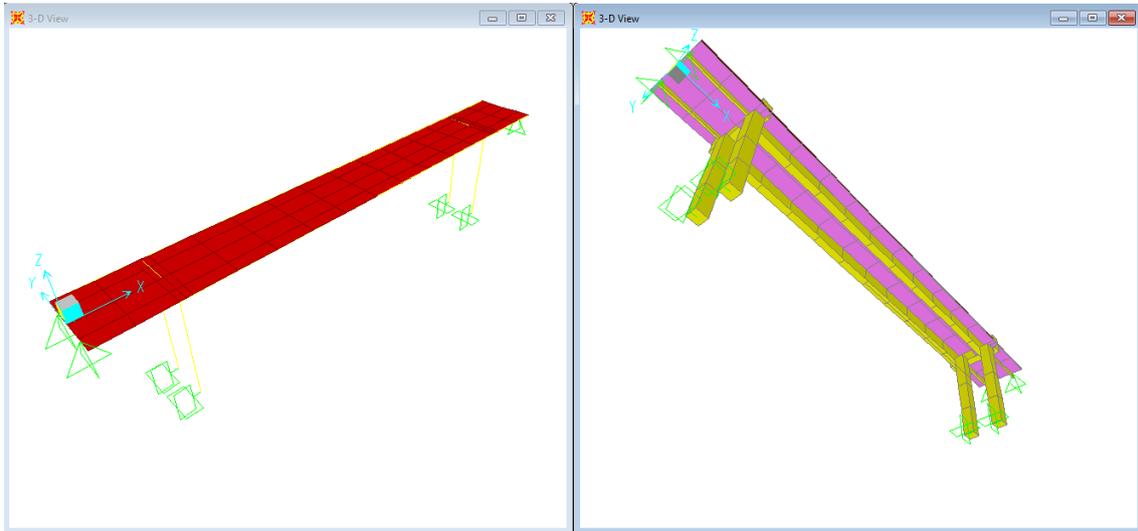


Figura 3.1 – Modelo Tridimensional do Viaduto

4. CARREGAMENTOS

4.1. PESO PRÓPRIO (DEAD)

PPLONG = peso próprio das longarinas e transversinas metálicas

PPTAB = peso próprio do tabuleiro

DEAD = PPLONG + PPTAB + peso próprio da meso e infraestrutura.

Considerou-se o peso próprio em toda estrutura, na direção vertical (Z).

4.2. CARGA DE REVESTIMENTO(REV)

Considera-se a carga de revestimento no valor de 2,0kN/m².

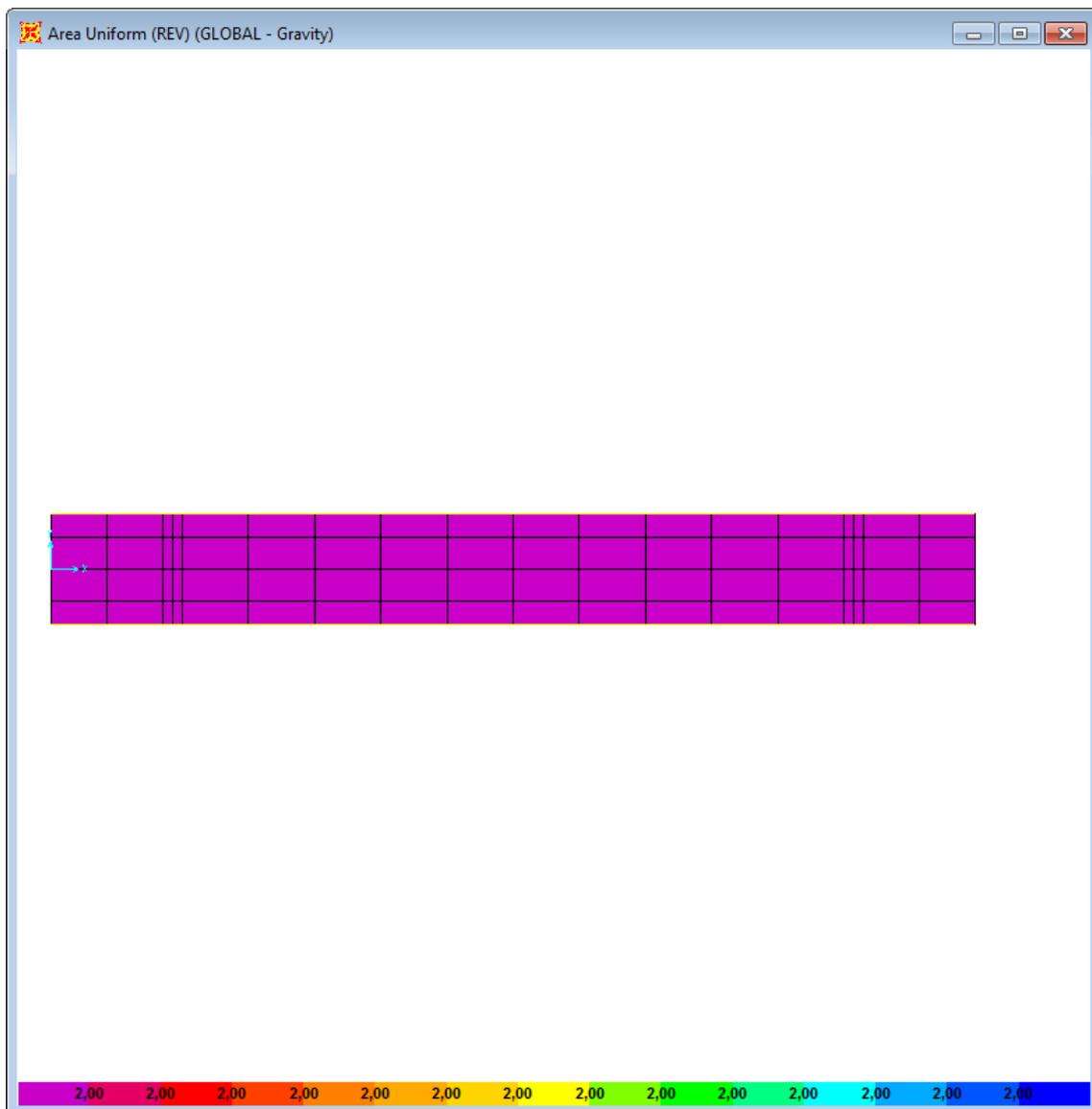


Figura 4.1-REV

4.3. SOBRECARGA(SC1)

Considera-se a carga de multidão no valor de 5kN/m² em todo tabuleiro.

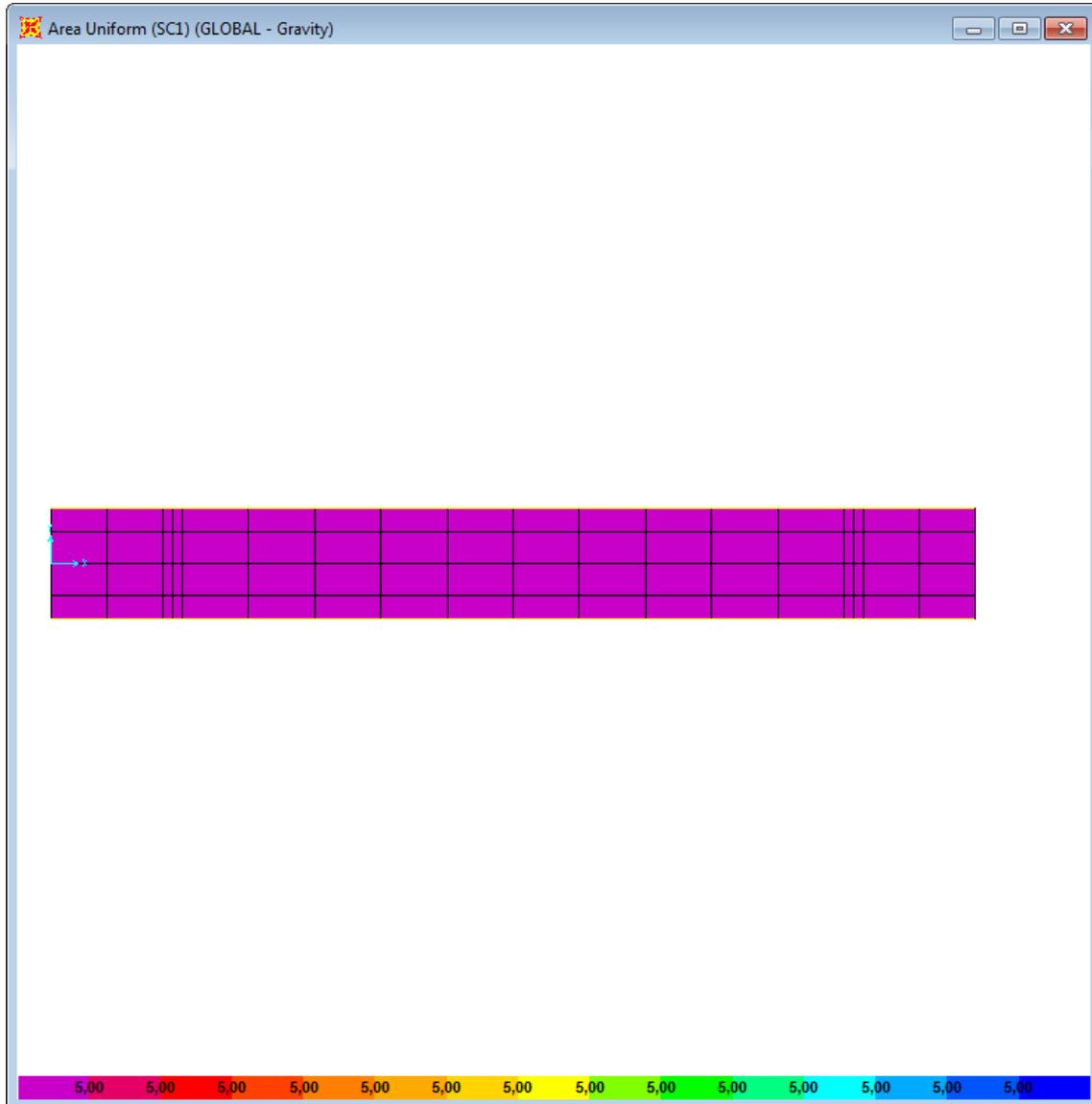


Figura 4.2– SC1

4.4. SOBRECARGA(SC2)

Considera-se a carga de multidão no valor de 5kN/m² em meio tabuleiro.

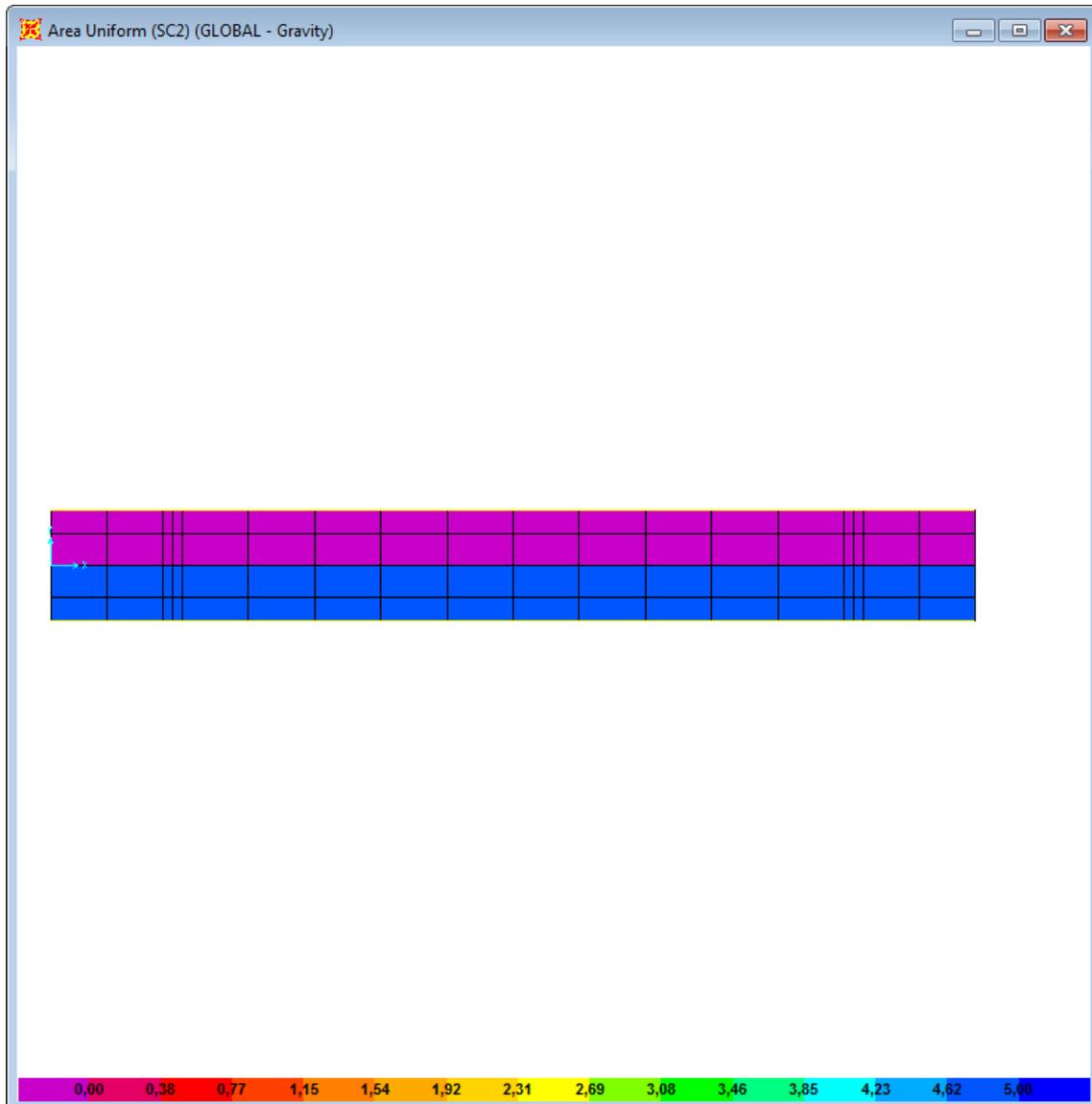


Figura 4.3– SC2

4.5. SOBRECARGA(SC3)

Considera-se a carga de multidão no valor de 5kN/m^2 no vão das longarinas.

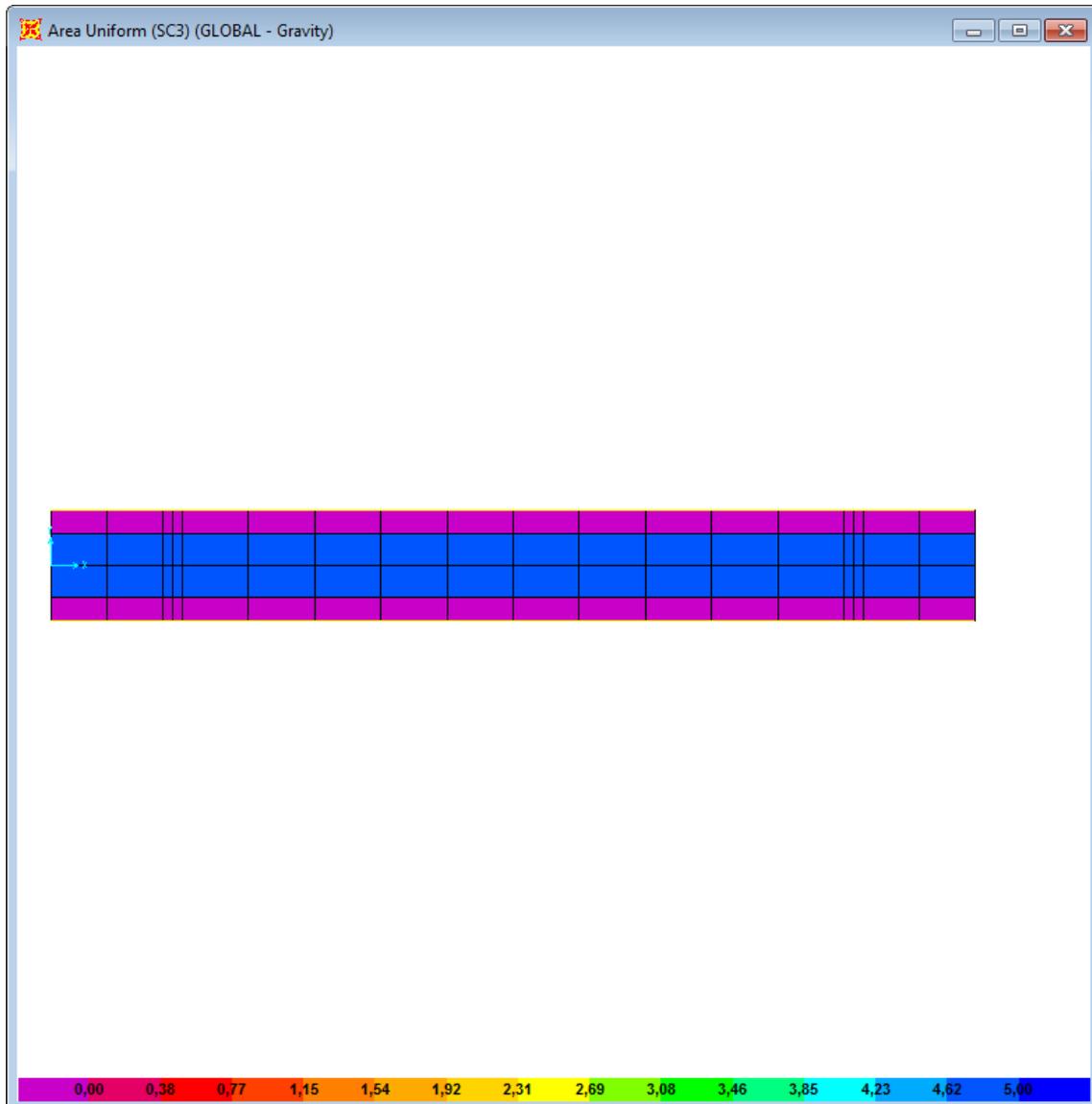


Figura 4.4– SC3

4.6. SOBRECARGA(SC4)

Considera-se a carga de multidão no valor de 5kN/m^2 no balanço.

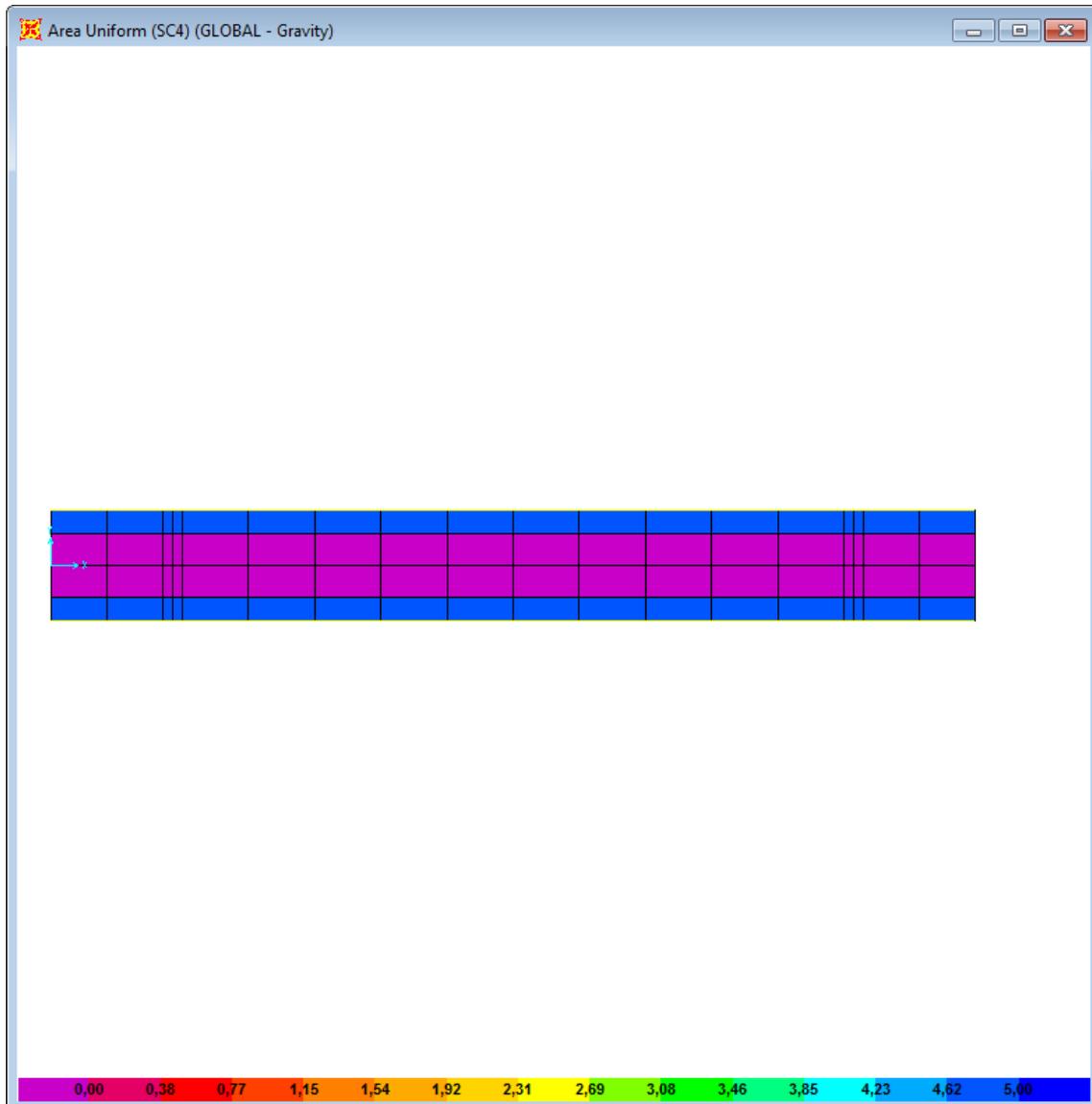


Figura 4.5– SC4

4.7. SOBRECARGA(SC5)

Considera-se a carga de multidão no valor de 5kN/m² no vão central.

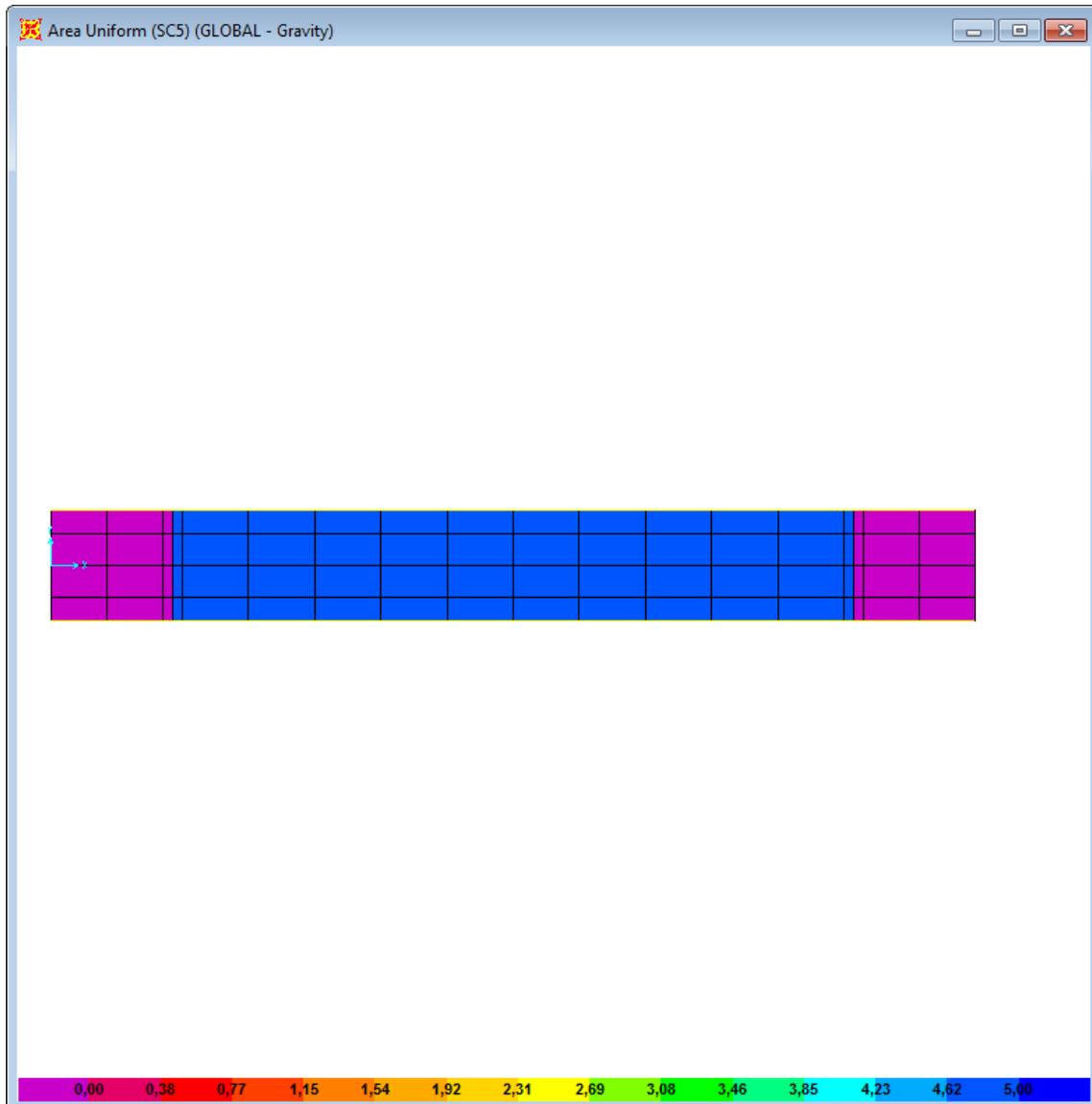


Figura 4.6– SC5

4.8. SOBRECARGA(SC6)

Considera-se a carga de multidão no valor de 5kN/m^2 nos vãos laterais.

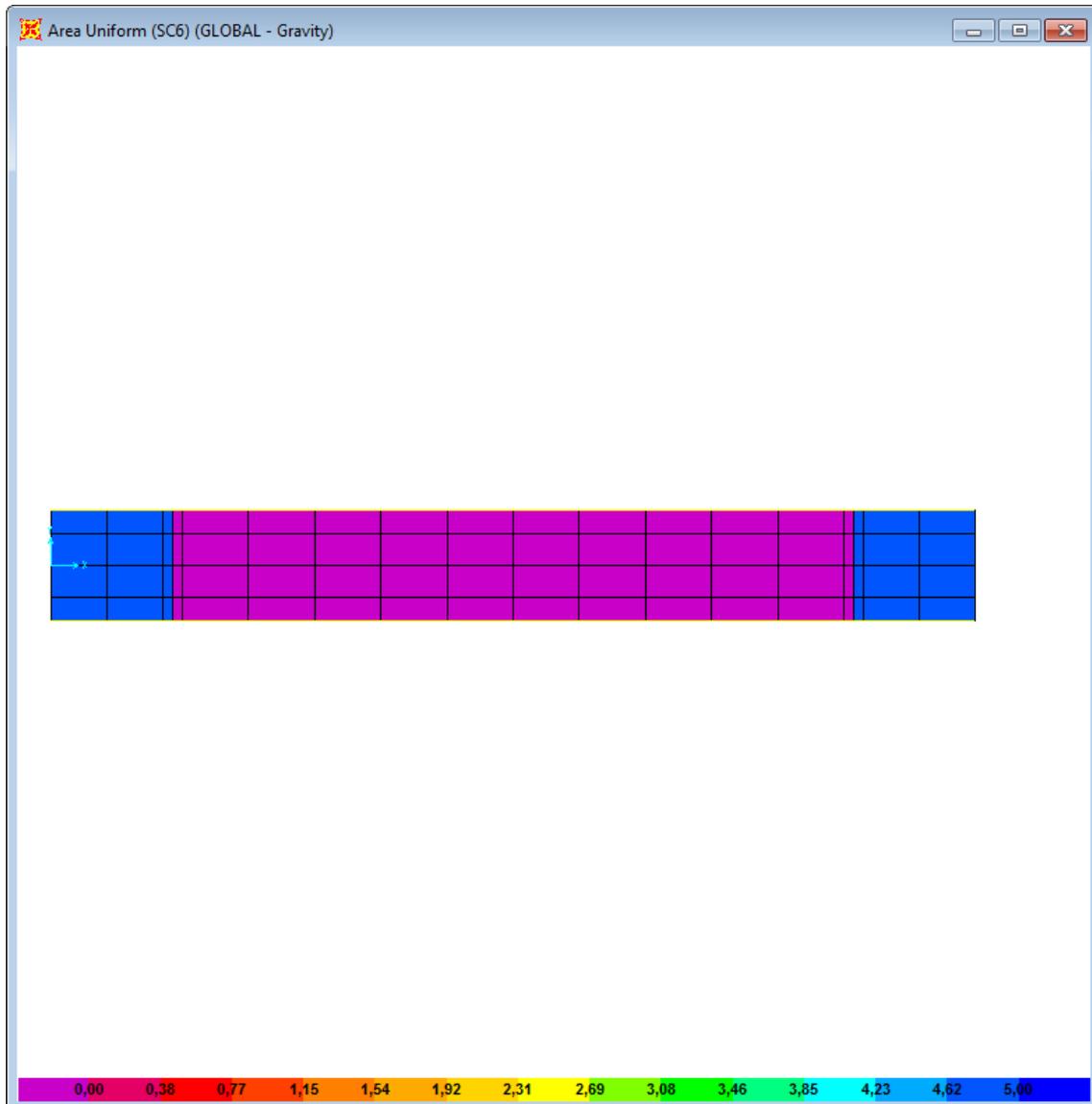


Figura 4.7– SC6

4.9. SOBRECARGA(SC7)

Considera-se a carga de multidão no valor de 5kN/m^2 no primeiro e segundo vão.

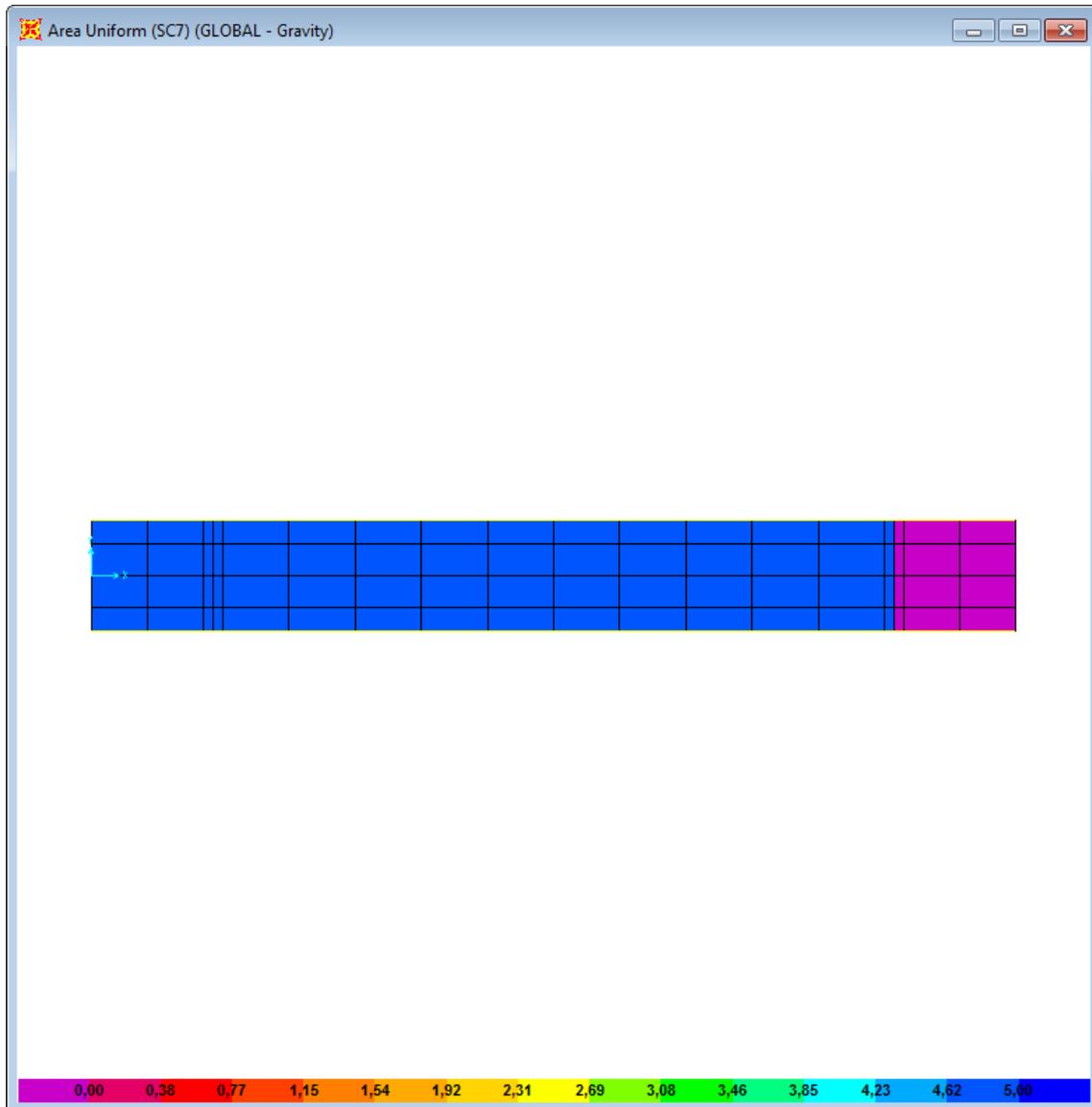


Figura 4.8– SC7

4.10. PESO PRÓPRIO DO NEW JERSEY (PPNJ)

Considera-se a carga do New Jersey igual à sua área de corte multiplicado pelo peso específico do concreto armado, resultando em uma carga permanente linear por metro de extensão no valor de 5,8 kN/m.

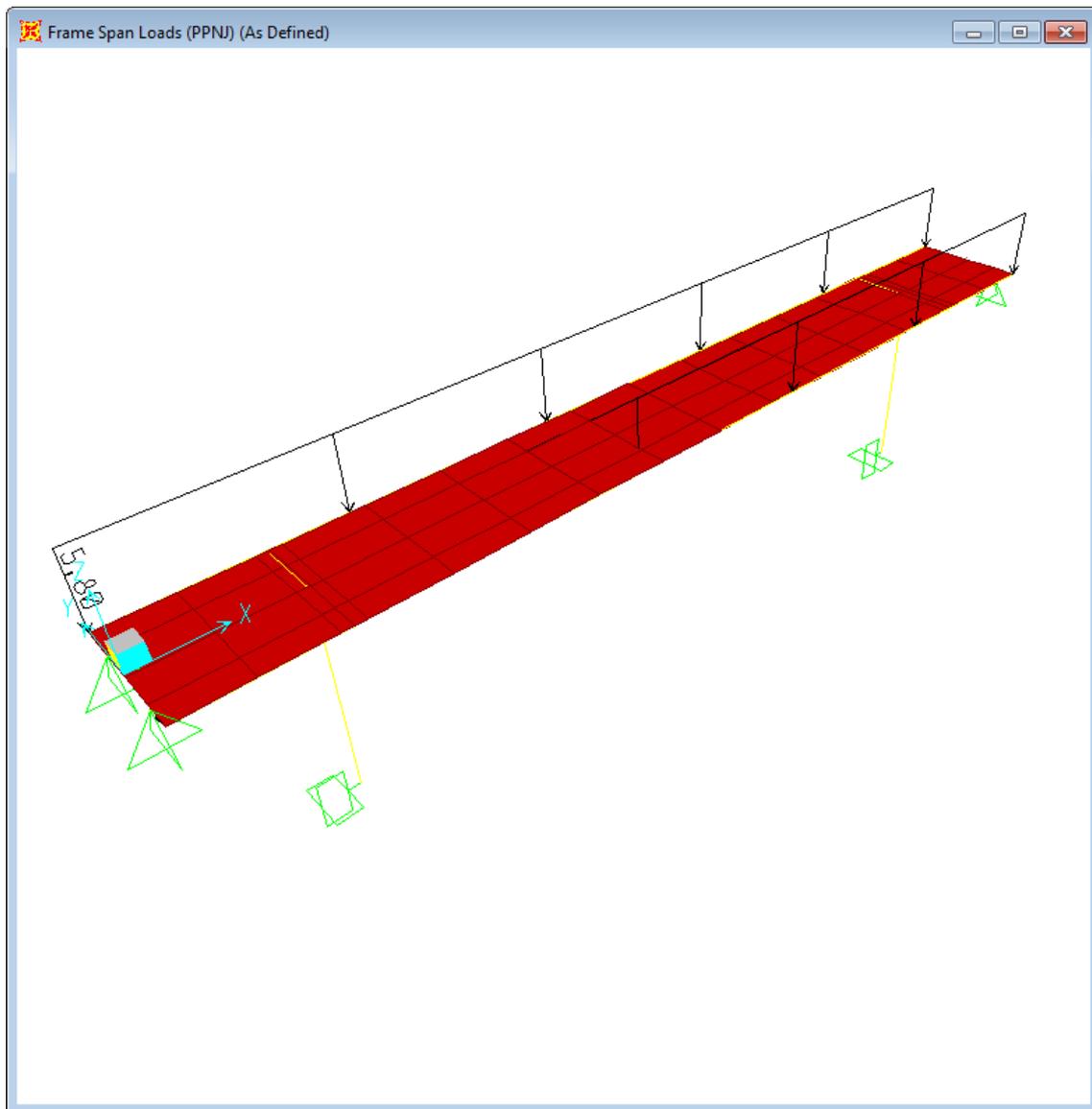


Figura 4.9–PPNJ

4.11. MOVE 1

Foi utilizado o Trem Tipo TB-450 kN com a consideração referente à ABNT NBR 7188:2013 que admite a região em que o trem tipo esteja presente não haverá presença de sobrecarga, deste modo houve a redução do TB-450 kN para cargas de 60 kN para a simulação de tráfego. Neste caso o Trem Tipo foi aplicado no centro da ponte de forma a se deslocar longitudinalmente.

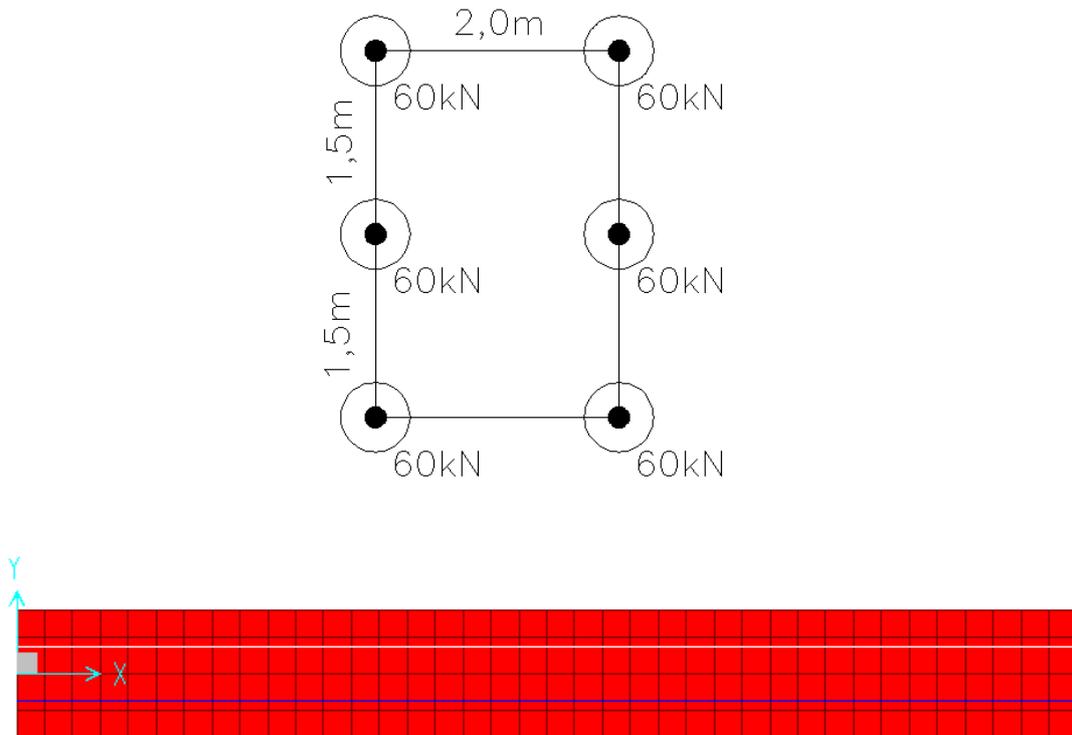


Figura 4.10–MOVE 1

4.12. MOVE 2

Foi utilizado o Trem Tipo TB-450 kN com a consideração referente à ABNT NBR 7188:2013 que admite a região em que o trem tipo esteja presente não haverá presença de sobrecarga, deste modo houve a redução do TB-450 kN para cargas de 60 kN para a simulação de tráfego. Neste caso o Trem Tipo foi aplicado a 1,00m do centro da ponte de forma a se deslocar longitudinalmente.

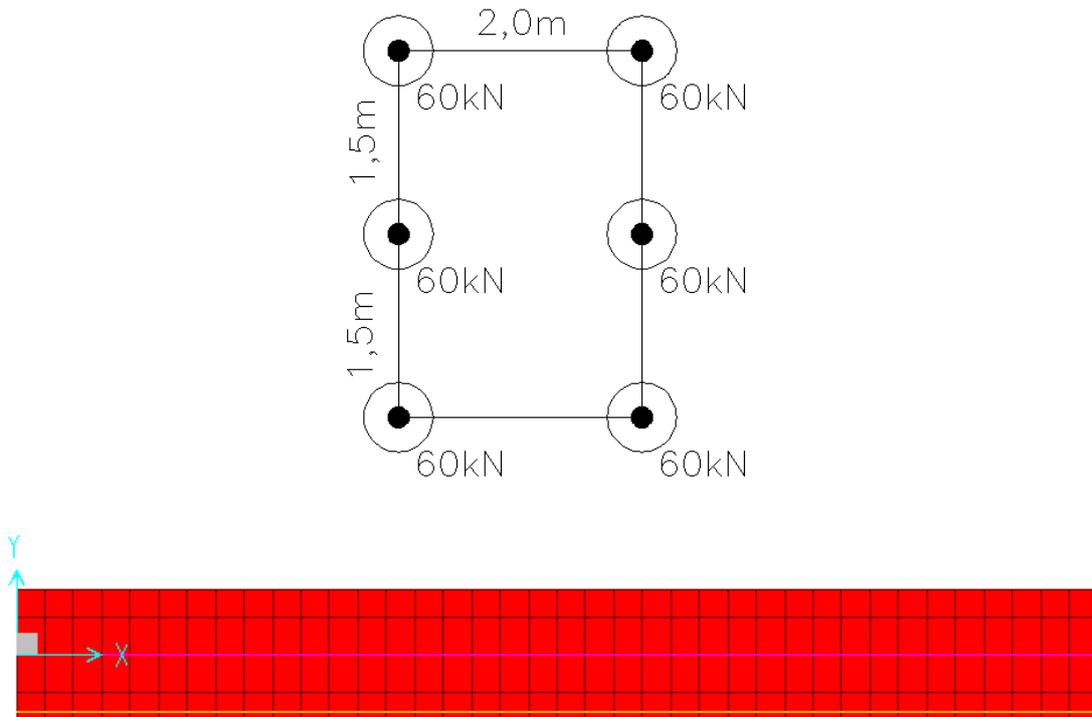
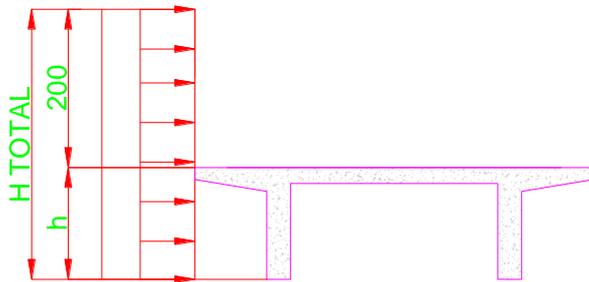


Figura 4.11– MOVE 2

4.13. VENTO (VENTO)

Foram lançadas cargas de vento no valor de 4,25kN/m em toda a extensão longitudinal da ponte.



VENTO	
V	1 kN/m ²
h	1,3 m
H(total)	3,3 m
F(resultante)	3,3 kN/m

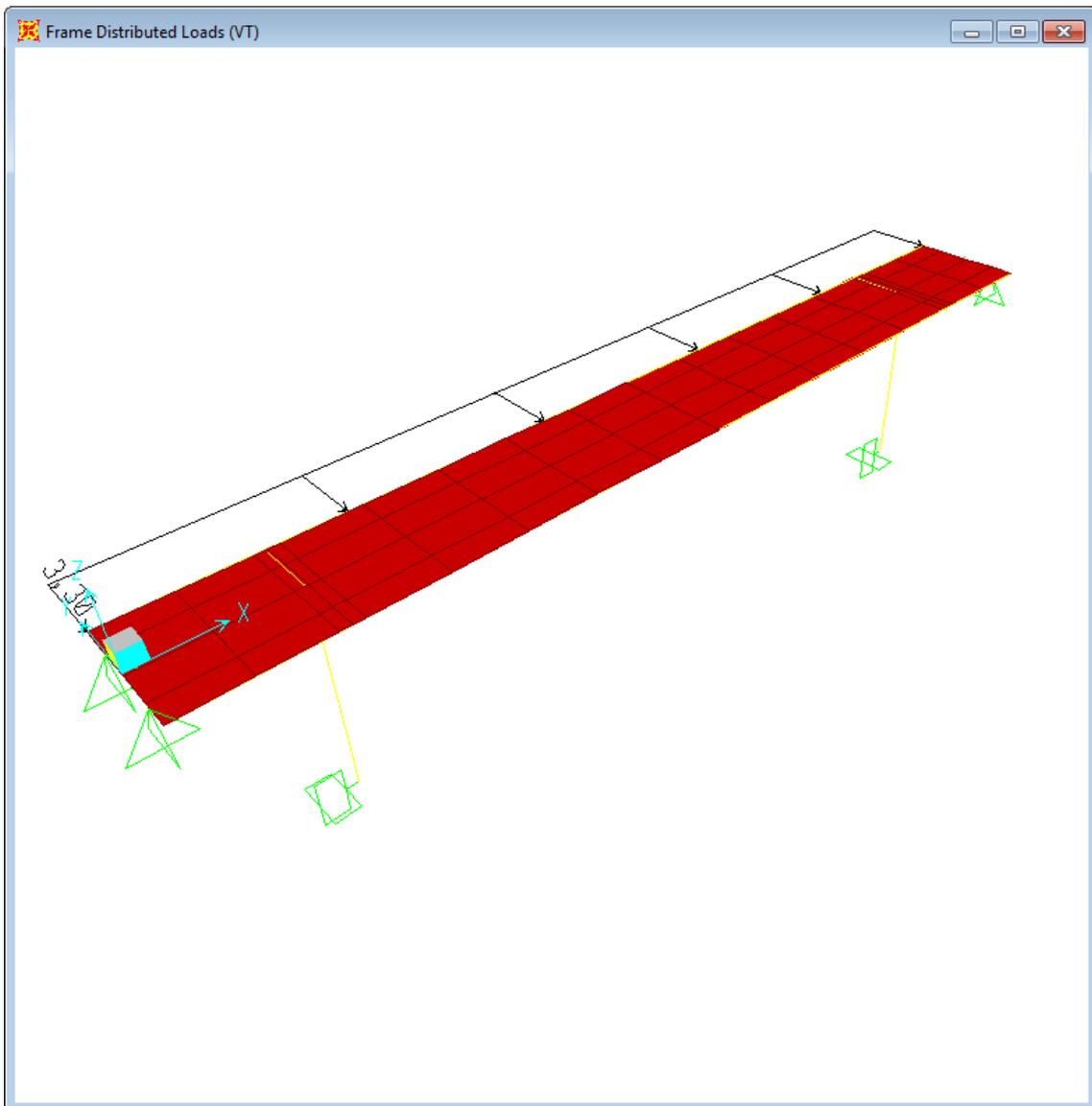


Figura 4.12– VENTO

4.14. FRENAGEM (FREN)

Foram lançadas cargas de frenagem no valor de $0,77\text{kN/m}^2$ em toda a extensão da ponte.

FRENAGEM		
LARGURA (B)	4,6	m
CNF	1	adm
COMP. TOTAL	38	m
ADOTADO	135	kN
	0,772311	kN/m ²

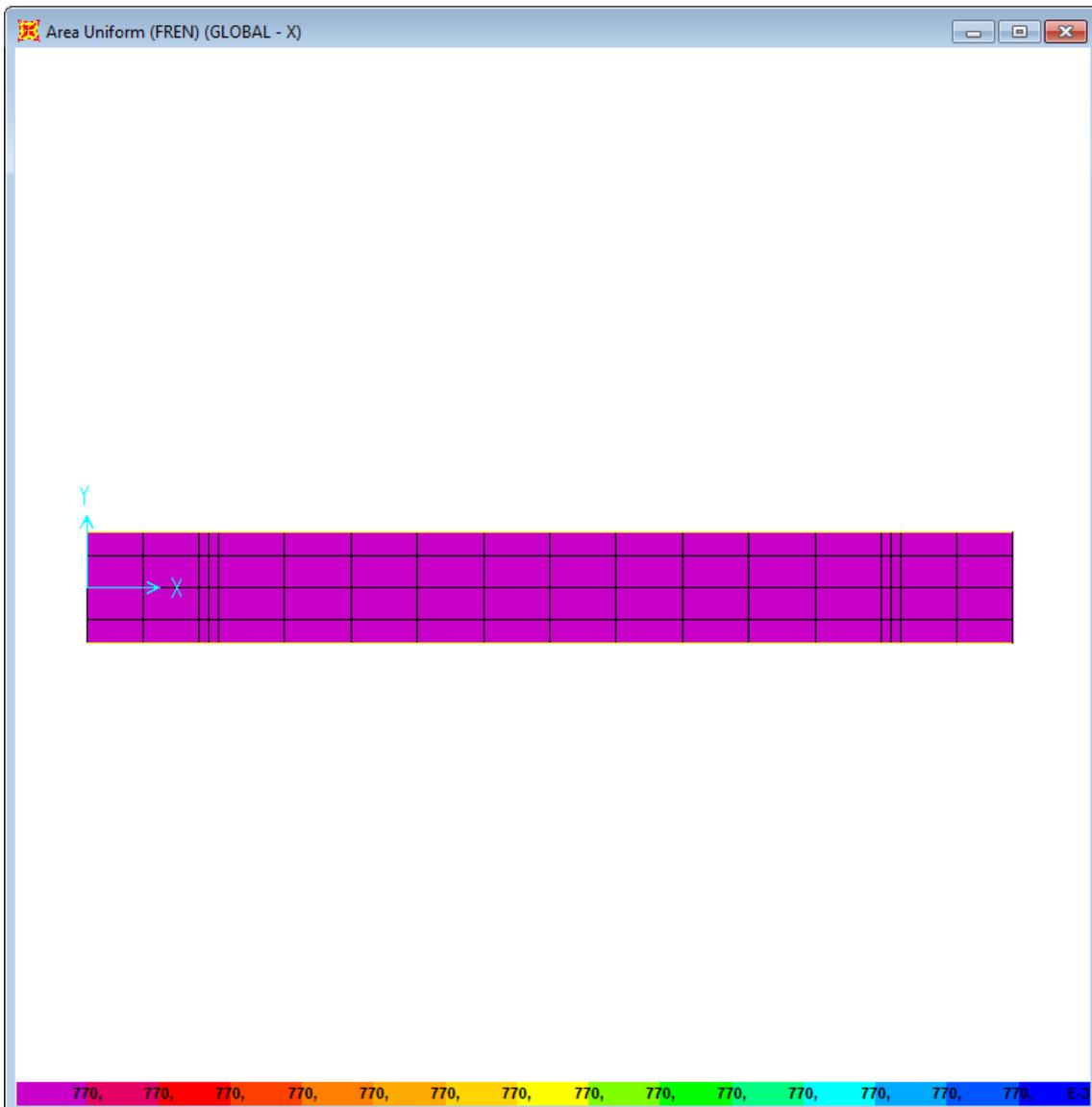


Figura 4.13– FREN

4.15. TEMPERATURA (TEMP1)

Foi lançada variação de temperatura homogênea no valor de 20°C em toda a seção da ponte.

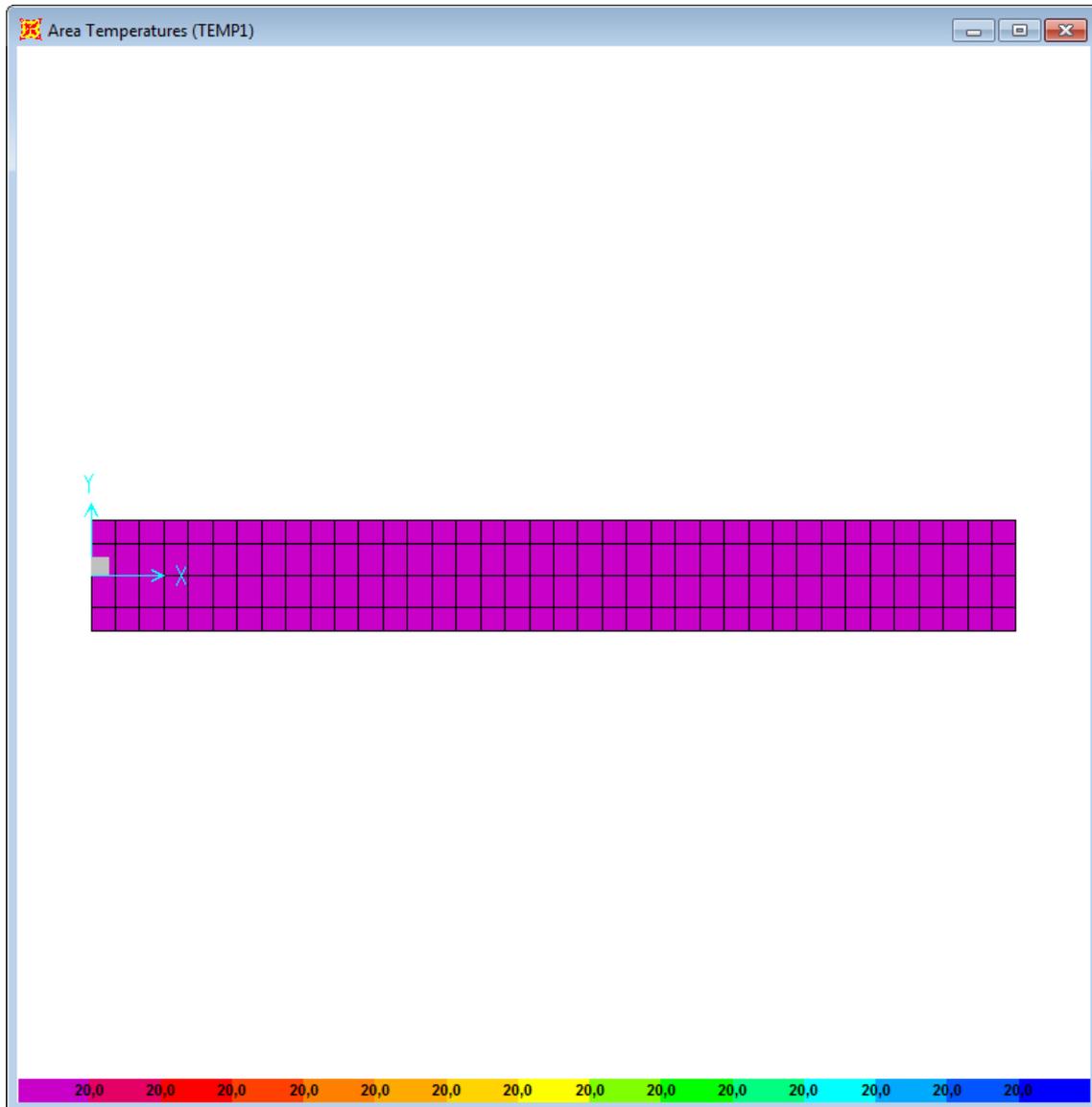


Figura 4.14– TEMP1

4.16. TEMPERATURA (TEMP2)

Foi lançado um gradiente de temperatura no valor de $5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ em todo o tabuleiro da ponte.

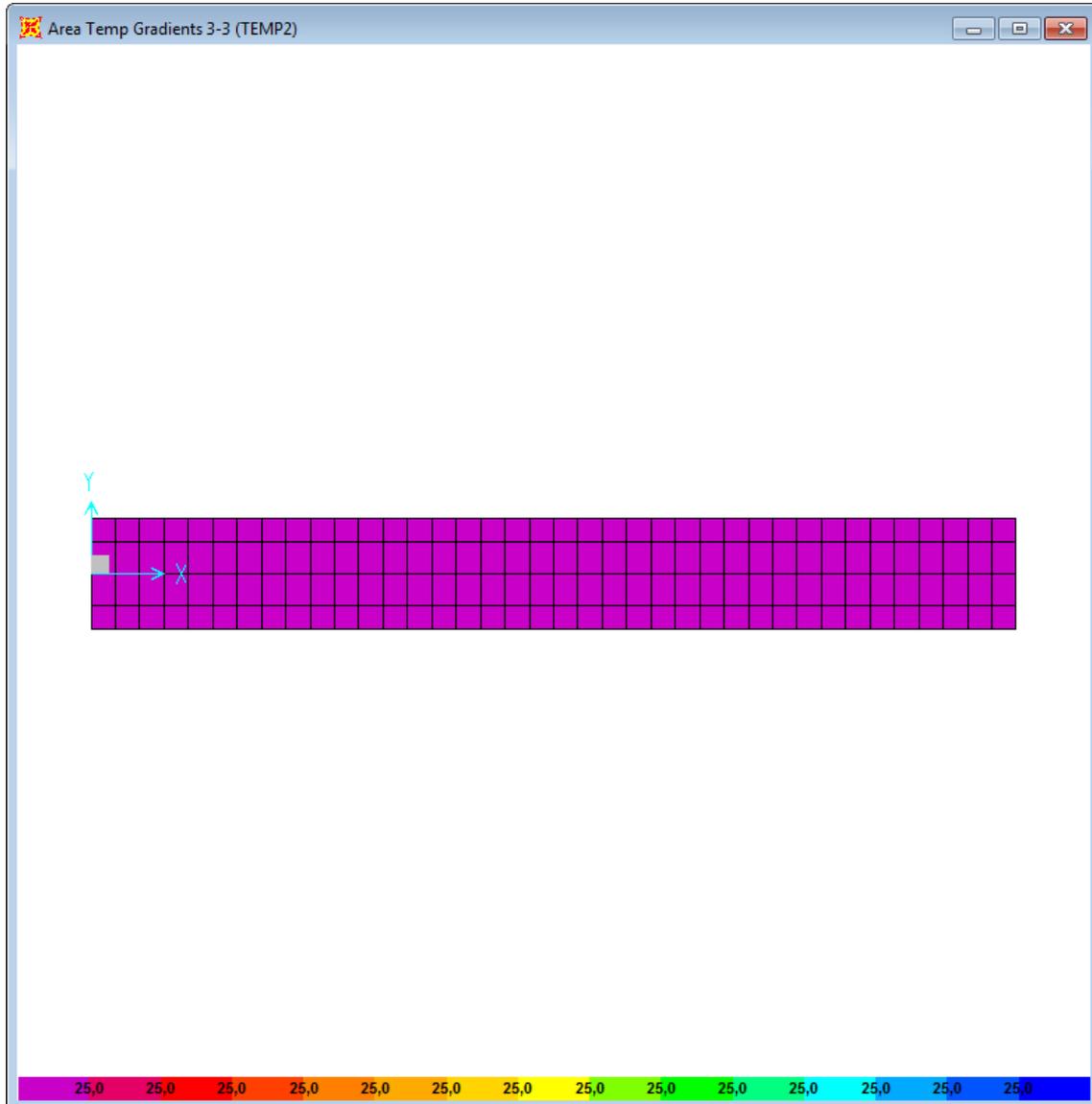


Figura 4.15– TEMP2

4.17. COEFICIENTE DE IMPACTO

O coeficiente de impacto a ser lançado na estrutura é de:

TB - 450 kN			
COEFICIENTE DE IMPACTO			
BALANÇO		L(m)	N° DE FAIXAS
		5	1
CIV	1,35		
CNF	1,05		
CIA	1,25		
COEF. ADOTADO	1,771875		
VÃO		L(m)	N° DE FAIXAS
		28	1
CIV	1,271795	1,271795	
CNF	1,05	1,05	
CIA	1	1,25	
COEF. ADOTADO	1,335	1,669	

5. COMBINAÇÕES

A seguir, serão demonstradas todas as combinações utilizadas para o cálculo do viaduto, com seus coeficientes de segurança:

5.1. ENVOLTÓRIAS DE CARREGAMENTO

- $MOVE = MOVE\ 1 + MOVE\ 2$
- $SC = SC1 + SC2 + SC3 + SC4 + SC5 + SC6$
- $TEMP = TEMP1 + TEMP2$

5.2. COMBINAÇÕES ULTIMAS

- $PERM = 1,0 \times DEAD + 1,0 \times PPNJ + 1,0 \times REV + 1,0 \times REC$
- $MOVEL = 1,218 \times MOVE + 1,218 \times SC$
- $COMB\ PERM = 1,35 \times PERM$
- $COMB\ MOVEL = 1,5 \times MOVEL$
- $COMB\ VERT = 1,00 \times COMB\ PERM + 1,0 \times COMB\ MOVEL$
- $COMB\ VERT\ VT = 1,00 \times COMB\ VERT + 1,5 \times 0,6 \times VT$
- $COMB\ VERT\ FREN = 1,00 \times COMB\ VERT + 1,5 \times ENV\ FREN$
- $COMB\ VERT\ TEMP = 1,00 \times COMB\ VERT + 1,5 \times 0,6 \times ENV\ TEMP$
- $COMB\ VERT\ TOTAL = 1,00 \times COMB\ VERT + 1,5 \times 0,6 \times (VENTO+TEMP) + 1,5 \times (FREN + LTacid) + 1,4 \times COLISÃO$

5.3. ENVOLTÓRIA TOTAL

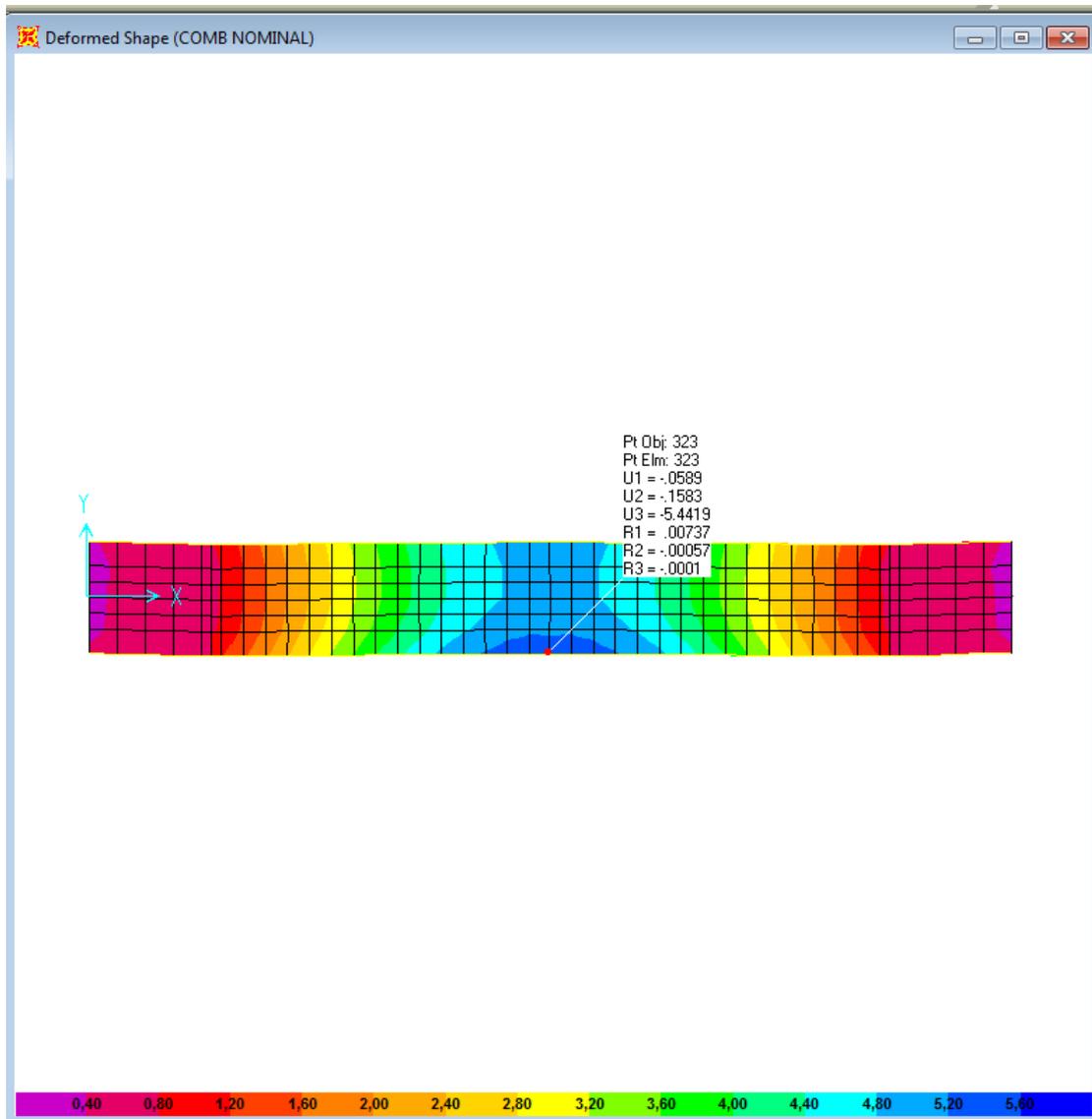
- $ENV\ TOTAL = COMB\ PERM + COMB\ VERT + COMB\ VERT\ VT + COMB\ VERT\ FREN\ LT + COMB\ VERT\ TEMP + COMB\ VERT\ TOTAL + COMB\ VERT\ COLISÃO + COMB\ VERT\ COL\ VT$

5.4. COMBINAÇÃO DE CONSTRUÇÃO

- $COMB\ 1ª\ FASE = 1,35 \times DEAD + 1,5 \times SC$

6. VERIFICAÇÃO DA DEFORMAÇÃO

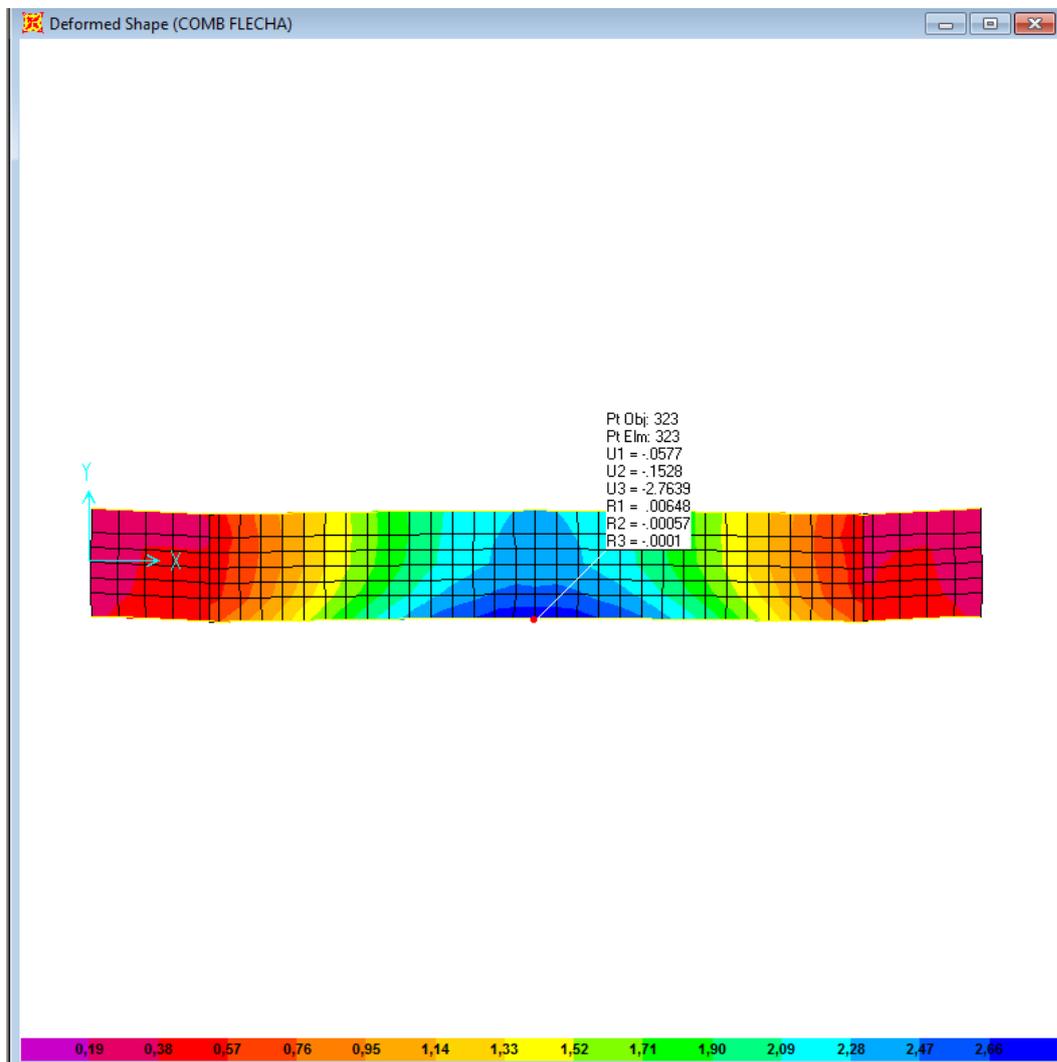
A máxima deformação admissível é de $L/350$, ou seja, $28/350 = 0,08\text{m}$.



0,054m < 0,080m OK!

Todas as deformações encontradas são inferiores às estabelecidas.

A máxima deformação admissível para atuação de carga móvel é de $L/800$, ou seja, $28/800 = 0,035\text{m}$.



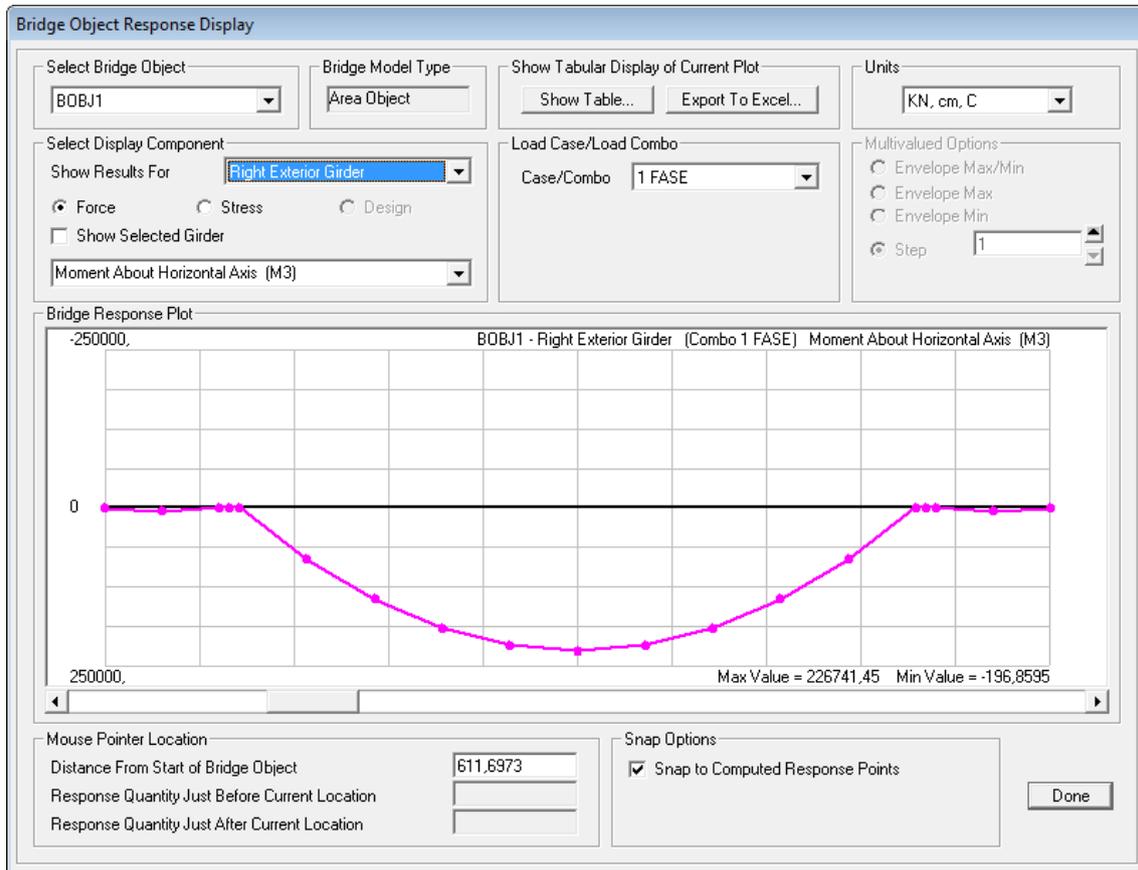
$0,028\text{m} < 0,035\text{m}$ OK!

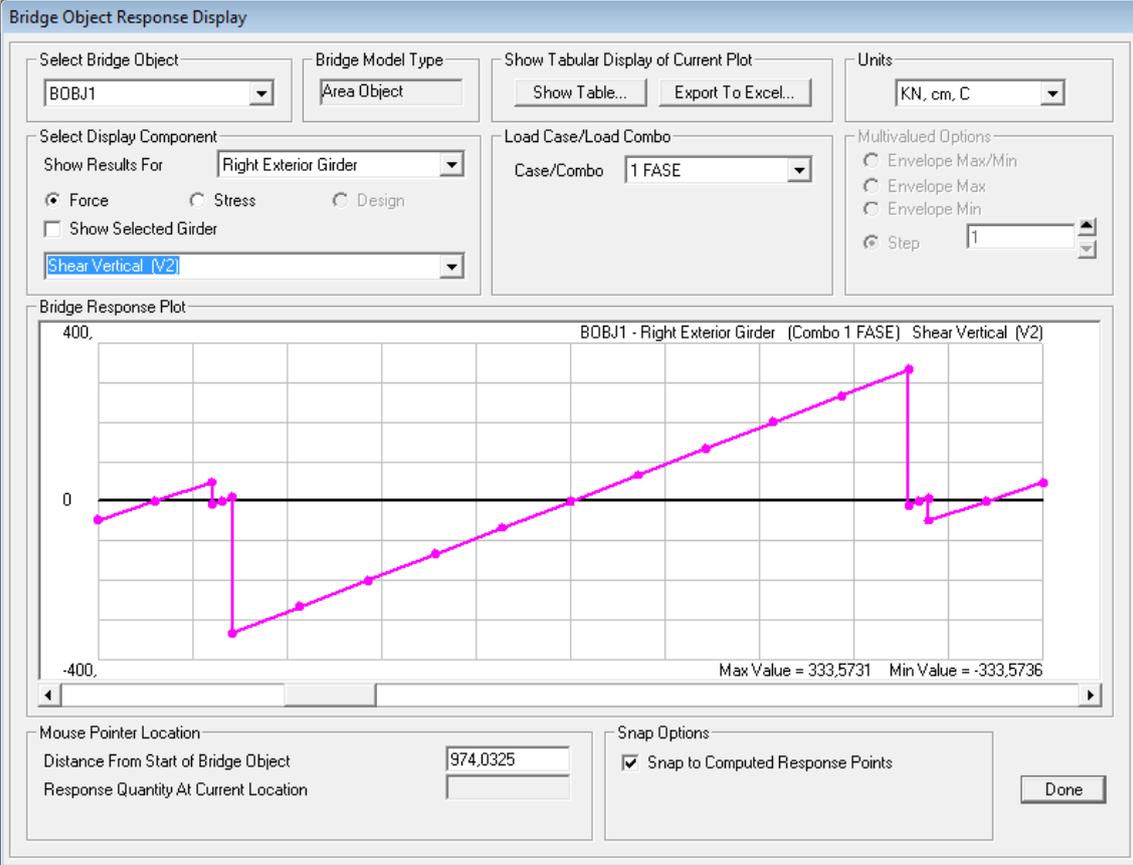
Todas as deformações encontradas são inferiores às estabelecidas.

7. VERIFICAÇÃO DAS LONGARINAS – PERFIL 1500x400x12,5x600x31,5x12,5

7.1. VERIFICAÇÃO DO PERFIL – FASE DE CONSTRUÇÃO

7.1.1. GRÁFICOS DOS ESFORÇOS





7.1.2. RESULTADOS

The screenshot shows the 'mCalc_Perfis' software interface. The 'Perfil' dropdown is set to 'Perfil I Soldado Assimétrico'. The 'Dimensões' section lists: $b_w = 1500$ mm, $b_{fs} = 400$ mm, $t_{fs} = 12.5$ mm, $b_{fi} = 600$ mm, $t_{fi} = 31.5$ mm, and $t_w = 12.5$ mm. A diagram of the profile is shown. The 'Solicitações de Cálculo (kN e m)' section shows: $N_{o,sd} = 0$, $V_{x,sd} = 0$, $M_{x,sd} = 2267.5$, $C_b = 1$, $N_{t,sd} = 0$, $V_{y,sd} = 333$, $M_{y,sd} = 0$, $C_{m_x} = 1$, and $C_{m_y} = 1$. The 'Comprimentos da Barra (m)' section shows: $K_x L_x = 4$, $K_z L_z = 4$, $\lambda_x = 6.99$, $\lambda_y = 32.6$, $L_b = 4$, and $L = 3$. The 'Resistências de Cálculo' section shows: $N_{o,Rd} = 6430.07$, $N_{t,Rd} = 13204.09$, $M_{x,Rd} = 3088.62$, $V_{x,Rd} = 7113.27$, $V_{y,Rd} = 1131$, and $M_{y,Rd} = 662.72$. The interaction equations are shown as $\frac{N_{t,sd}}{2 \cdot N_{t,Rd}} + \left(\frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} \right) = 0.734$. The 'Perfis Favoritos' table is also visible.

Perfil Soldado Assimétrico

Perfil: PSA 1500x400x12.5x600x31.5x12.5
 Aço: A588 $f_y = 345$ MPa $f_u = 485$ MPa

COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_x L_x = 4$ m $K_t L_t = 4$ m
 $K_y L_y = 4$ m $L_b = 4$ m

1. Cálculo da Tração

$C_T = 1,00$ Coeficiente de redução da área líquida
 $A_n = 0,04$ m² Área líquida da seção transversal
 $A_e = C_T \cdot A_n = 0,04$ m² Área líquida efetiva da seção transversal

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 13204,09 \text{ kN} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{A_e \cdot f_u}{1,35} = 15124,81 \text{ kN} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$N_{tRd} = 13204,09$ kN Força normal resistente de cálculo à tração

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{t,sd}}{N_{tRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

2. Cálculo da Compressão

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = 1703155,24 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 78204,73 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right] = 48548,47 \text{ kN}$$

$$H = 1 - \frac{x_o^2}{r_o^2} = 1,00$$

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \cdot H} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ex} \cdot N_{ez} \cdot H}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right] = 48548,47 \text{ kN}$$

$$N_e = 48548,47 \text{ kN}$$

$$Q = 0,52 \quad \text{Fator de redução associado à instabilidade local}$$

$$N_{pl} = A \cdot f_y = 14524,50 \text{ kN}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{Q \cdot N_{pl}}{N_e}} = 0,39$$

$$\lambda_o \leq 1,5 \text{ então } \chi = 0,658 (\lambda_o)^2 = 0,94$$

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A \cdot f_y}{1,10} = 6430,07 \text{ kN}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

Perfil de alma esbelta - conforme Anexo H da NBR 8800:2008.

$\alpha_y = 0,12$ Relação entre os momentos de inércia das mesas comprimida e tracionada em relação ao eixo que passa pelo plano médio da alma

$$\frac{1}{9} \leq \alpha_y \leq 9 \quad \text{Ok!}$$

$A_w = 182,00 \text{ cm}^2$ Área da alma da seção
 $A_{fs} = 50,00 \text{ cm}^2$ Área da mesa comprimida da seção

$$\frac{A_w}{A_{fs}} \leq 10 \quad \text{Ok!}$$

$h_w = 1,46 \text{ m}$ Altura da alma
 $t_w = 0,01 \text{ m}$ Espessura da alma

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 260 \quad \text{Ok!}$$

$a = 4,00 \text{ m}$ Vão destravado

$$\frac{a}{h_w} > 1,5 : \text{então:}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 0,42 \cdot \frac{E}{f_y} \quad \text{OK!}$$

3.1. Estado-limite último de escoamento da mesa tracionada

$W_{xt} = 26920,77 \text{ cm}^3$ Módulo de resistência elástico do lado tracionado da seção

$$M_{Rd,ESC} = \frac{W_{xt} \cdot f_y}{1,10} = 8443,33 \text{ kN.m}$$

Momento fletor resistente de cálculo para o estado-limite último de escoamento da mesa tracionada

3.2. FLT - Flambagem Lateral com Torção

$h_c = 1,95 \text{ m}$ Duas vezes a distância do centro geométrico da seção transversal à face interna da mesa comprimida

$r_{yT} = 0,09 \text{ m}$ Raio de giração, relativo ao eixo de menor momento de inércia, da seção formada pela mesa comprimida mais um terço da alma comprimida

$L_b = 4,00 \text{ m}$ Distância entre duas seções contidas lateralmente

$$\lambda = \frac{L_b}{r_{yT}} = 46,62$$

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 26,48$$

$$\lambda_r = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot f_y}} = 90,41$$

$a_r = 3,64$ Relação entre a área da alma e da mesa comprimida

$W_{xc} = 13984,40$ Módulo de resistência elástico do lado comprimido da seção

$C_b = 1,00$ Fator de modificação para diagrama de momento fletor não-uniforme

$$k_{pg} = 1 - \frac{a_r}{1200 + 300 \cdot a_r} \cdot \left(\frac{h_c}{t_w} - 5,70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq 1,00 = 0,97$$

$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ então:

$$M_{Rd,FLT} = \frac{C_b \cdot k_{pg}}{1,10} \cdot \left[1 - 0,3 \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \cdot W_{xc} \cdot f_y \leq \frac{k_{pg} \cdot W_{xc} \cdot f_y}{1,10} = 3853,64 \text{ kN.m}$$

3.3. FLM - Flambagem Local da Mesa

$k_c = 0,37$

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \cdot t_f} = 16,00$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 9,15$$

$$\lambda_r = 0,95 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_c}{0,7 \cdot f_y}} = 16,64$$

$$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \text{ então:}$$

$$M_{Rd,FLT} = \frac{k_{pg} \cdot W_{xc} \cdot f_y}{1,10} = 3088,62 \text{ kN.m}$$

$$M_{xRd} = 3088,62 \text{ kN.m}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0,73 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

$$W_y = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo de resistência elástico em relação ao eixo y}$$

$$M_{Rdy} = \frac{W_y \cdot f_y}{1,10} = 662,72 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor resistente de cálculo}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

5. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo X

$$k_v = 5,00$$

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = 19,05$$

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 59,22$$

$$\lambda_r = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 73,76$$

$$V_{pl} = 7824,60 \text{ kN} \quad \text{Força cortante correspondente à plastificação por cisalhamento}$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ então:}$$

$$V_{Rdx} = \frac{V_{pl}}{1,10} = 71,13 \text{ kN.m}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{xSd}}{V_{xRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$k_v = 5,00$$

$$\lambda = 116,48$$

$$\lambda_p = 59,22$$

$$\lambda_r = 73,76$$

$V_{pl} = 3881,25 \text{ kN}$ Força cortante correspondente à plastificação por cisalhamento

$\lambda > \lambda_r$ então:

$$V_{RdV} = 1,24 \cdot \left(\frac{\lambda_p}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{V_{pl}}{1,10} = 11,31 \text{ kN.m}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,29 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

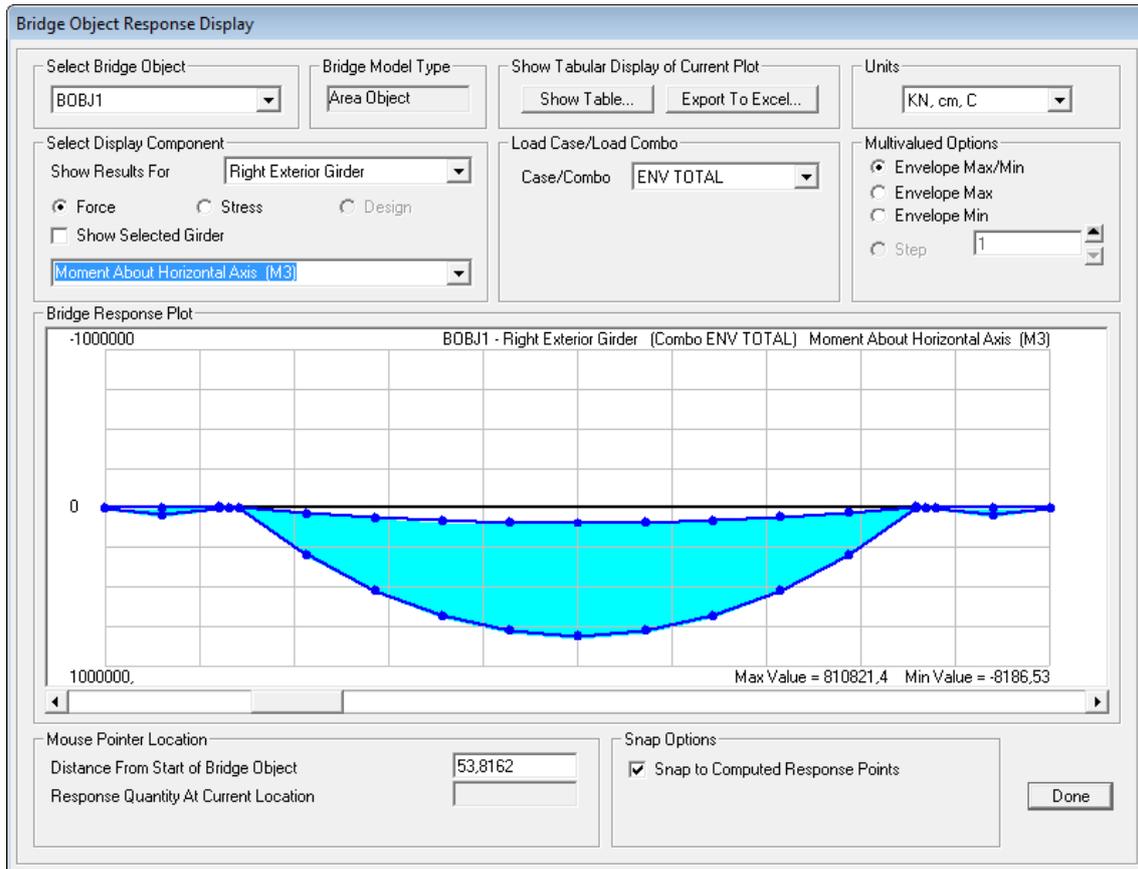
7. Equações de Interação

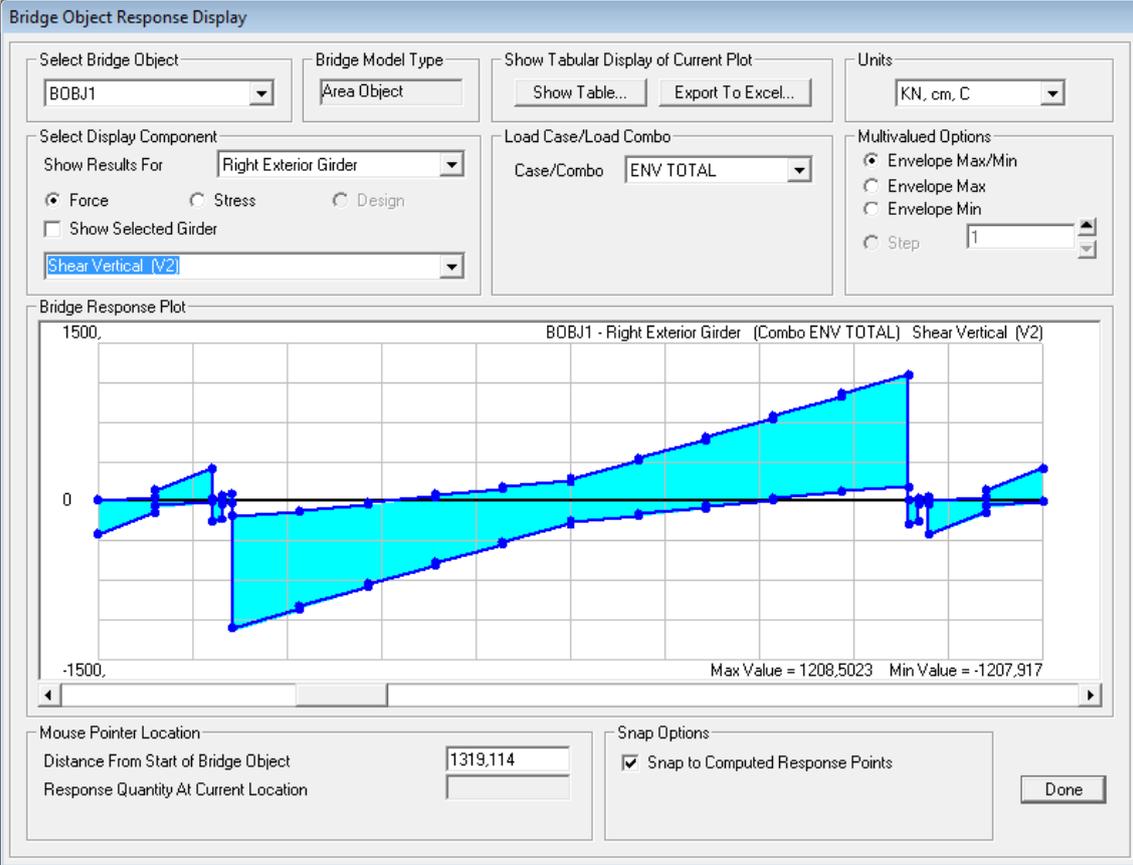
$$\frac{N_{cSd}}{2 \cdot N_{cRd}} + \left(\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} \right) = 0,73$$

$$\frac{N_{cSd}}{2 \cdot N_{cRd}} + \left(\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} \right) = 0,73$$

7.2. VERIFICAÇÃO DO PERFIL – COMBINAÇÃO ULTIMA

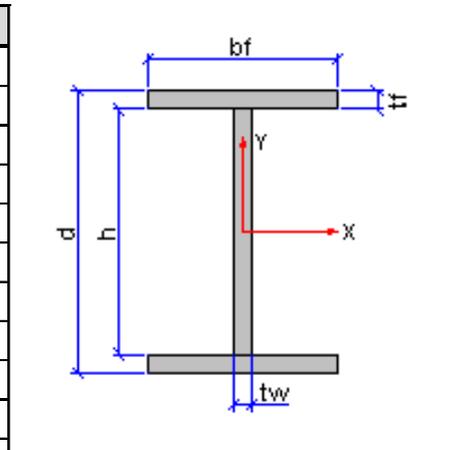
7.2.1. GRÁFICOS DOS ESFORÇOS





7.2.2. VERIFICAÇÃO À FLEXÃO DO CONJUNTO PERFIL/TABULEIRO – MEIO DO VÃO

PROPRIEDADES DA VIGA		
PERFIL	PS 2000x511	
d	1500	mm
tw	12,5	mm
bf sup	400	mm
bf inf	600	mm
tf sup	12,5	mm
tf inf	31,5	mm
h	1456	mm
Area (cm ²)	421	cm ²
Zx	21684,63786	cm ³
yg	512,8105701	mm
Iperfil	1380525,635	cm ⁴
Aço	A588	
fy	350	MPa
fu	485	MPa
Es	20500	KN/cm ²
PROPRIEDADES DA LAJE		
Concreto	35	MPa
B	230	cm
e	20	cm
Ec	2816,05	KN/cm ²
α_e	7,28	
btr	31,59	cm
hf	0	cm
A'c	631,90	cm ²



Verificação dos Enrijecedores				ADOTADO		
a	4000	mm	Larg. Mín	127,0833	165 mm	OK!
a/h	2,747253	OK!	Esp. Mín	11	12,5 mm	OK!
FLA,enr	246,00		Larg. Mín	88,53333	165 mm	OK!
			larg/espe	13,2	OK!	

PARA INTERAÇÃO COMPLETA E REGIME ELÁSTICO							
Posição da LNP							
Ytr	116,5287						
LN está:	na viga						
PARA LN NA VIGA							
Itr	3221365	cm ⁴			Md1ªfase	226741	KNcm
Wtr inf	27644,38	cm ³			Md2ªfase	584080	KNcm
Wtr sup	60244,78	cm ³			Wef	27644,38	cm ³
Md	810821	KNcm			COMB	29,55088	KN/cm ²
σ _d	29,33041	KN/cm ²	OK		f _{yd}	31,81818	KN/cm ²
σ _{cd}	1,848812	KN/cm ²	OK				
f _{yd}	31,81818	KN/cm ²					
f _{cd}	2,125	KN/cm ²					

7.2.3. VERIFICAÇÃO AO CISALHAMENTO

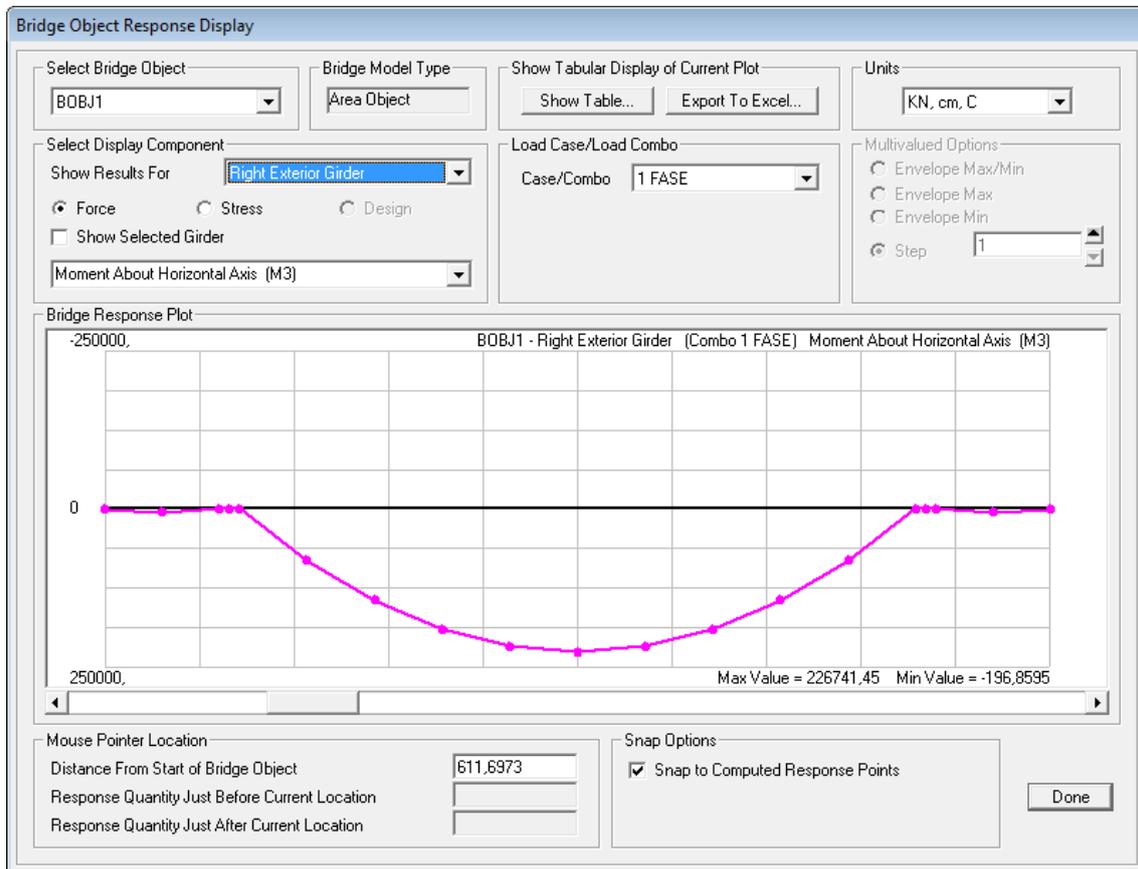
Verificação ao Cisalhamento com Enrijecedor		
Vd	1208	KN
a/h	2,747252747	
Kv	5,66248	
Aw	187,5	cm ²
Ve(nominal)	1360,322344	KN
Vr(escomento)	3150	kN
Vpl	3937,5	KN
Vrd	1236,986451	KN
Vrd > Vd	OK!	

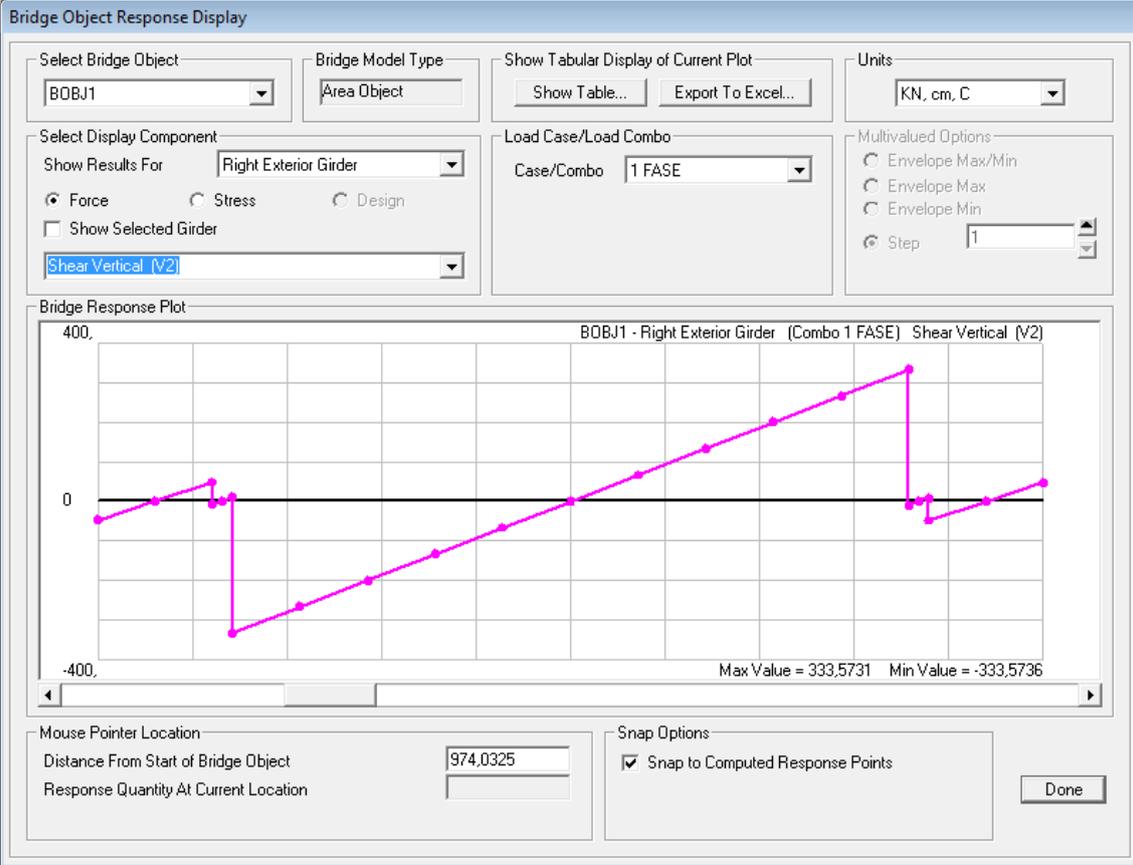
Verificação Esbeltez	
$\lambda(h/tw)$	120
λ_p	63,35
λ_r	78,90

8. VERIFICAÇÃO DAS LONGARINAS – PERFIL W530x66

8.1. VERIFICAÇÃO DO PERFIL – FASE DE CONSTRUÇÃO

8.1.1. GRÁFICOS DOS ESFORÇOS





8.1.2. RESULTADOS

ST_Stabile :: mCalc_Perfis

Arquivo Editar Ajuda

Perfil **I (Lam.) da Açominas**

Dimensões

b_w 525 mm
 b_f 165 mm
 t_f 11,4 mm
 t_w 8,9 mm

Solicitações de Cálculo (kN e m)

$N_{o,sd}$ $V_{x,sd}$ $M_{x,sd}$ 55 C_b 1
 $N_{t,sd}$ $V_{y,sd}$ 48 $M_{y,sd}$ C_{mX} 1
 C_{mY} 1

Comprimentos da Barra (m)

$K_x L_x$ 5 $K_z L_z$ 5 λ_x 24,44 Travej. L/ $Aço$ A588 Selecionar
 $K_y L_y$ 5 L_b 5 λ_y 156,25 3 f_y 345 MPa f_u 485 MPa

Resistências de Cálculo

$N_{o,Rd}$ 539,48 $Sd/Rd = 0$ $V_{x,Rd}$ 707,94 $Sd/Rd = 0$
 $N_{t,Rd}$ 2622 $Sd/Rd = 0$ $V_{y,Rd}$ 879,28 $Sd/Rd = 0,055$
 $M_{x,Rd}$ 196,02 $Sd/Rd = 0,281$ $M_{y,Rd}$ 51,79 $Sd/Rd = 0$

$\frac{N_{t,sd}}{2 \cdot N_{t,Rd}} + \left(\frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} \right) = 0,281$ $\frac{N_{c,sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} \right) = 0,281$

ix, ly, ...

W 530 66

Perfis Favoritos:

W	bw	peso
W	530	66
W	530	72
W	530	74
W	530	82
W	530	85
W	530	88

Adiciona Remove Seleciona

Calcular Relatório Configuração Sair

Perfil I da Açominas

Perfil: W 530 66
Aço: A588 $f_y = 345$ MPa $f_u = 485$ MPa

COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_x L_x = 5$ m $K_t L_t = 5$ m
 $K_y L_y = 5$ m $L_b = 5$ m

1. Cálculo da Tração

$C_T = 1,00$ Coeficiente de redução da área líquida
 $A_n = 0,01$ m² Área líquida da seção transversal
 $A_e = C_T \cdot A_n = 0,01$ m² Área líquida efetiva da seção transversal

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 2622,00 \text{ kN} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{A_e \cdot f_u}{1,35} = 3003,41 \text{ kN} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$N_{tRd} = 2622,00$ kN Força normal resistente de cálculo à tração

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{t,sd}}{N_{tRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

2. Cálculo da Compressão

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = 27611,99 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 676,66 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right] = 1602,22 \text{ kN}$$

$$H = 1 - \frac{x_o^2}{r_o^2} = 1,00$$

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \cdot H} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ex} \cdot N_{ez} \cdot H}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right] = 1602,22 \text{ kN}$$

$N_e = 676,66 \text{ kN}$
 $Q = 0,84$ Fator de redução associado à instabilidade local
 $N_{pl} = A \cdot f_y = 2884,20 \text{ kN}$
 $\lambda_o = \sqrt{\frac{Q \cdot N_{pl}}{N_e}} = 1,89$
 $\lambda_o > 1,5$ então $\chi = \frac{0,877}{(\lambda_o)^2} = 0,25$
 $N_{cRd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A \cdot f_y}{1,10} = 539,48 \text{ kN}$
 $\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$

3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

$\sigma_r = 103500,00 \text{ kN/m}^2$ Tensão residual
 $W = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo resistente elástico
 $Z = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo resistente plástico
 $M_{pl} = Z \cdot f_y = 526,90 \text{ kN.m}$ Momento fletor de plastificação da seção

3.1. FLT - Flambagem Lateral com Torção

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y} = 156,25 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$\lambda_p = 1,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 42,38 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação}$$

$$\beta_1 = 0,05$$

$$\lambda_r = \frac{1,38 \cdot \sqrt{I_y \cdot I_t}}{r_y \cdot I_t \cdot \beta_1} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot C_w \cdot \beta_1^2}{I_y}}} = 123,60 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente}$$

ao início do escoamento

$M_r = (f_y - \sigma_r) \cdot W = 321,73 \text{ kN.m}$ Momento fletor correspondente ao início do escoamento
 $C_b = 1,00$ Fator de modificação para diagrama de momento fletor não-uniforme

$$M_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_b^2} \cdot \sqrt{\frac{C_w}{I_y} \cdot \left(1 + 0,039 \cdot \frac{I_t \cdot L_b^2}{C_w} \right)} \leq M_{pl} = 215,62 \text{ kN.m}$$

flambagem elástica Momento fletor de

$$\lambda > \lambda_r \text{ então } M_{Rk} = M_{cr} \leq M_{pl}$$

$$M_{Rk}^{FLT} = 215,62 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor resistente característico para o estado limite FLT}$$

3.2. FLM - Flambagem Local da Mesa

$$\lambda = \frac{b}{t} = 7,24 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 9,15 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação}$$

$$\lambda_r = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{E}{(f_y - \sigma_r)}} = 23,89 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento}$$

$$M_{cr} = \frac{0,69 \cdot E}{\lambda^2} \cdot W_c = 1755,21 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem elástica}$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ então } M_{Rk} = \frac{M_{pl}}{1,10}$$

$$M_{Rk}^{FLM} = 526,90 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor resistente característico para o estado limite FLM}$$

3.3. FLA - Flambagem Local da Alma

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = 56,43 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 90,53 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação}$$

$$\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 137,24 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento}$$

$$M_r = W \cdot f_y = 459,62 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor correspondente ao início do escoamento}$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ então } M_{Rk} = \frac{M_{pl}}{1,10}$$

$$M_{Rk}^{FLA} = 526,90 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor resistente característico para o estado limite FLA}$$

$$M_{Rk} = 215,62 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor resistente característico}$$

$$M_{xRd} = \frac{M_{Rk}}{1,10} = 196,02 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor resistente de cálculo}$$

$$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0,28 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

$$\sigma_r = 103500,00 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Tensão residual}$$

$$W = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo resistente elástico}$$

$$Z = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo resistente plástico}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y = 56,97 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor de plastificação da seção}$$

4.1. FLM - Flambagem Local da Mesa

$$\lambda = \frac{b}{t} = 7,24 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 9,15 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação}$$

$$\lambda_r = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{E}{(f_y - \sigma_r)}} = 23,89 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento}$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ então } M_{Rk} = \frac{M_{pl}}{1,10}$$

$$M_{Rk}^{FLM} = 56,97 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor resistente característico para o estado limite FLM}$$

$$M_{Rk} = 56,97 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor resistente característico}$$

$$M_{yRd} = \frac{M_{Rk}}{1,10} = 51,79 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor resistente de cálculo}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

5. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo X

$$\lambda = \frac{h}{t} = 7,24 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 1,20 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 29,01 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 36,13 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento}$$

$$A_w = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva de cisalhamento}$$

$$V_{pl} = 0,60 \cdot A_w \cdot f_y = 778,73 \text{ kN} \quad \text{Força cortante correspondente à plastificação}$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ então } V_{Rk} = V_{pl}$$

$$V_{xRd} = \frac{V_{Rk}}{1,10} = 707,94 \text{ kN} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{xSd}}{V_{xRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 56,43 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 5,00 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 59,22 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 73,76 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para início de escoamento}$$

$$A_w = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva de cisalhamento}$$

$$V_{pl} = 0,60 \cdot A_w \cdot f_y = 967,21 \text{ kN} \quad \text{Força cortante correspondente à plastificação}$$

$$\lambda \leq \lambda_p \quad \text{então} \quad V_{Rk} = V_{pl}$$

$$V_{yRd} = \frac{V_{Rk}}{1,10} = 879,28 \text{ kN} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,05 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

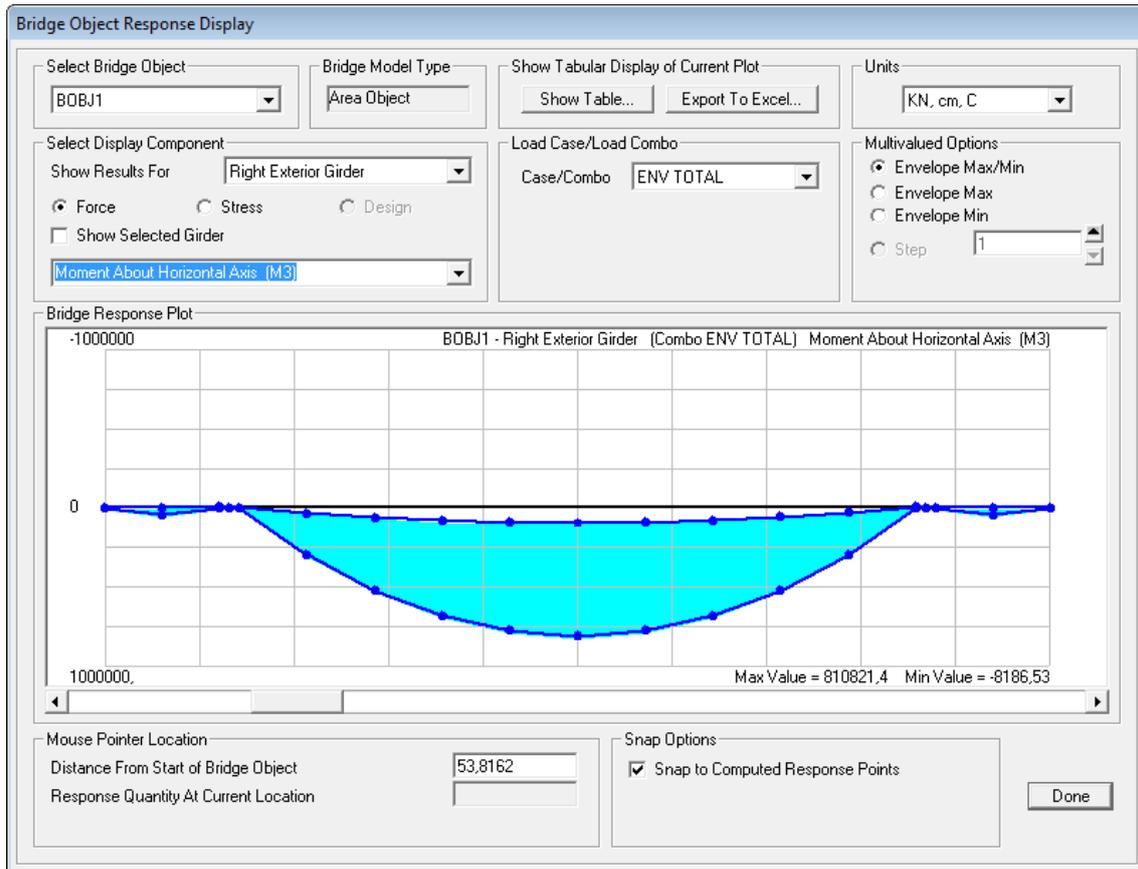
7. Equações de Interação

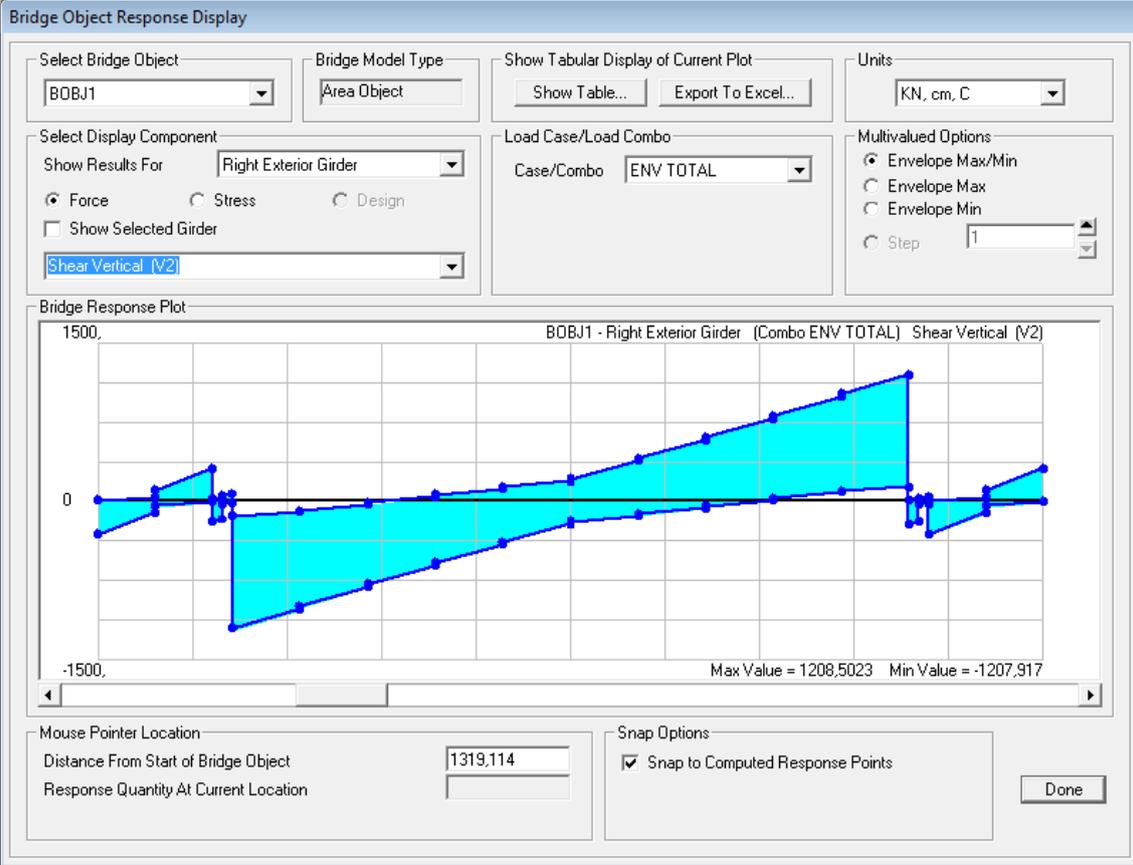
$$\frac{N_{tSd}}{2 \cdot N_{tRd}} + \left(\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} \right) = 0,28$$

$$\frac{N_{cSd}}{2 \cdot N_{cRd}} + \left(\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} \right) = 0,28$$

8.2. VERIFICAÇÃO DO PERFIL – COMBINAÇÃO ULTIMA

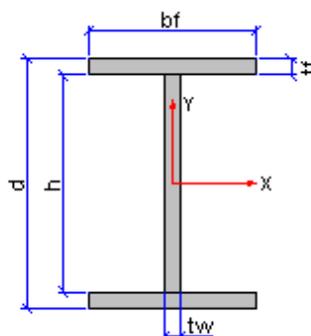
8.2.1. GRÁFICOS DOS ESFORÇOS





8.2.2. VERIFICAÇÃO À FLEXÃO DO CONJUNTO PERFIL/TABULEIRO – MEIO DO VÃO

PROPRIEDADES DA VIGA		
PERFIL	W530 x 66	
d	525	mm
tw	8,9	mm
bf sup	165	mm
bf inf	165	mm
tf sup	11,4	mm
tf inf	11,4	mm
h	502,2	mm
Area (cm ²)	82,3158	cm ²
Zx	1527,237369	cm ³
yg	262,5	mm
Iperfil	34206,79731	cm ⁴
Aço	A588	
fy	350	MPa
fu	485	MPa
Es	20500	KN/cm ²
PROPRIEDADES DA LAJE		
Concreto	35	MPa
B	230	cm
e	20	cm
Ec	2816,05	KN/cm ²
α_e	7,28	
btr	31,59	cm
hf	0	cm
A'c	631,90	cm ²



Verificação Esbeltez		
h/tw	56,43	Plastificação
FLA	91,00	
FLA,lim	137,95	

PARA INTERAÇÃO COMPLETA E REGIME PLÁSTICO		
Posição da LNP		
Ccd	9775	kN
Tad	2619,139091	kN
LN está na laje		
PARA LN NA LAJE		
a	5,35885236	cm
Mrd	114117,3931	kN.cm
Md	43800	KNcm
		OK

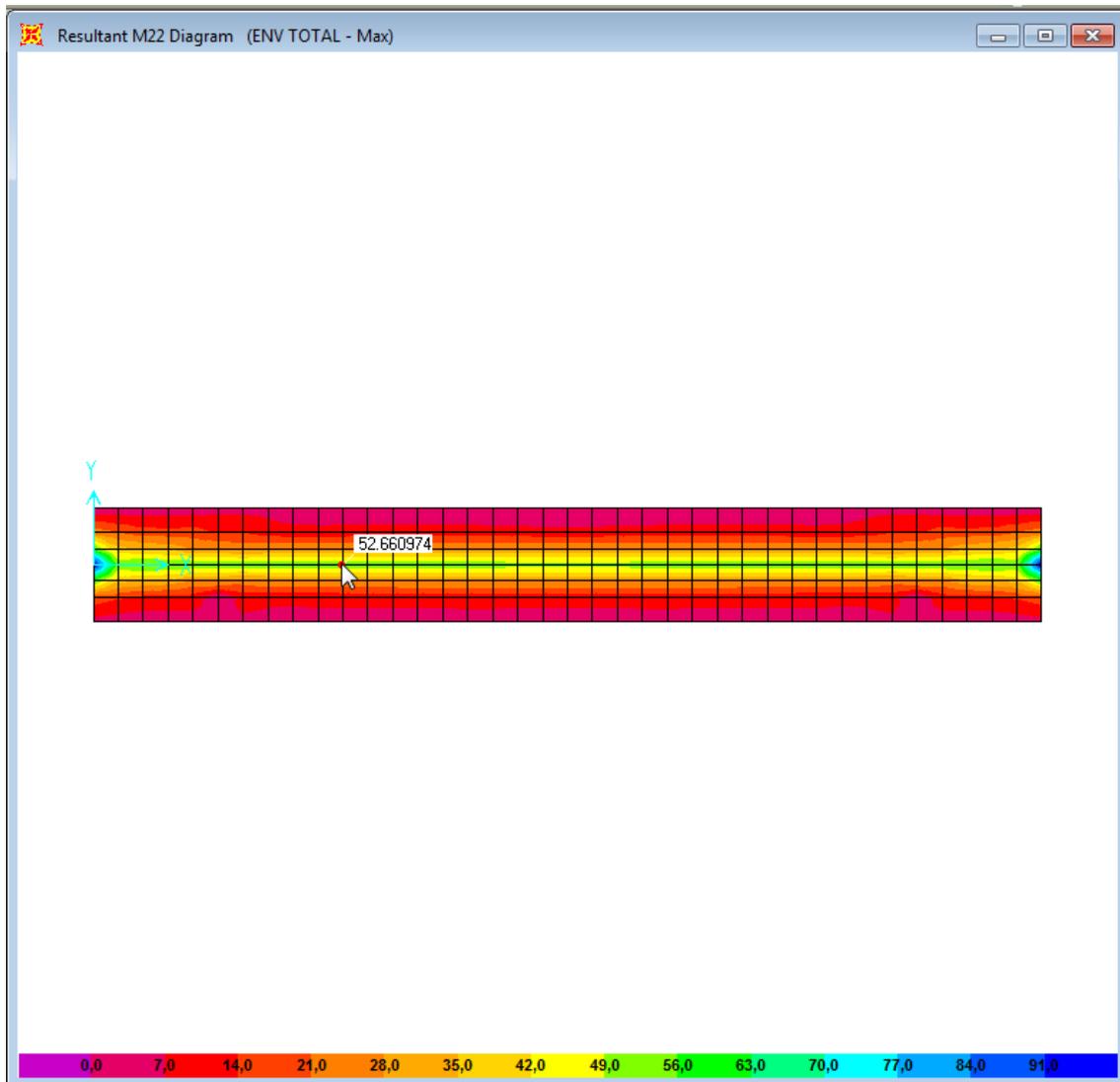
8.2.3. VERIFICAÇÃO AO CISALHAMENTO

Verificação ao Cisalhamento com Enrijecedor		
Vd	312	KN
a/h	7,964954202	
Kv	5	
Aw	46,725	cm ²
Ve(nominal)	1238,731243	KN
Vr(escomento)	784,98	kN
Vpl	981,225	KN
Vrd	892,0227273	KN
Vrd > Vd	OK!	

Verificação Esbeltez	
$\lambda(h/tw)$	58,98876
λ_p	59,53
λ_r	74,14

9. TABULEIRO

9.1. ARMAÇÃO POSITIVA PRINCIPAL



$$M_d (+) = 52,66 \text{ kNm}$$

ARMADURA NECESSÁRIA:

Flexão Normal Simples					
Md (kN x cm)	b (cm)	fck (MPa)	h (cm)	d (cm)	d'
5266	100	30	20	17	3
AS		AS'		AS mín	
7,52		0,00		3,46	

$$A_s = \emptyset 12,5c/15 = 8,18 \text{ cm}^2$$

9.2. ARMAÇÃO POSITIVA SECUNDÁRIA

$A_{s_{necessário}}$ é o maior valor entre:

$$-0,9\text{cm}^2$$

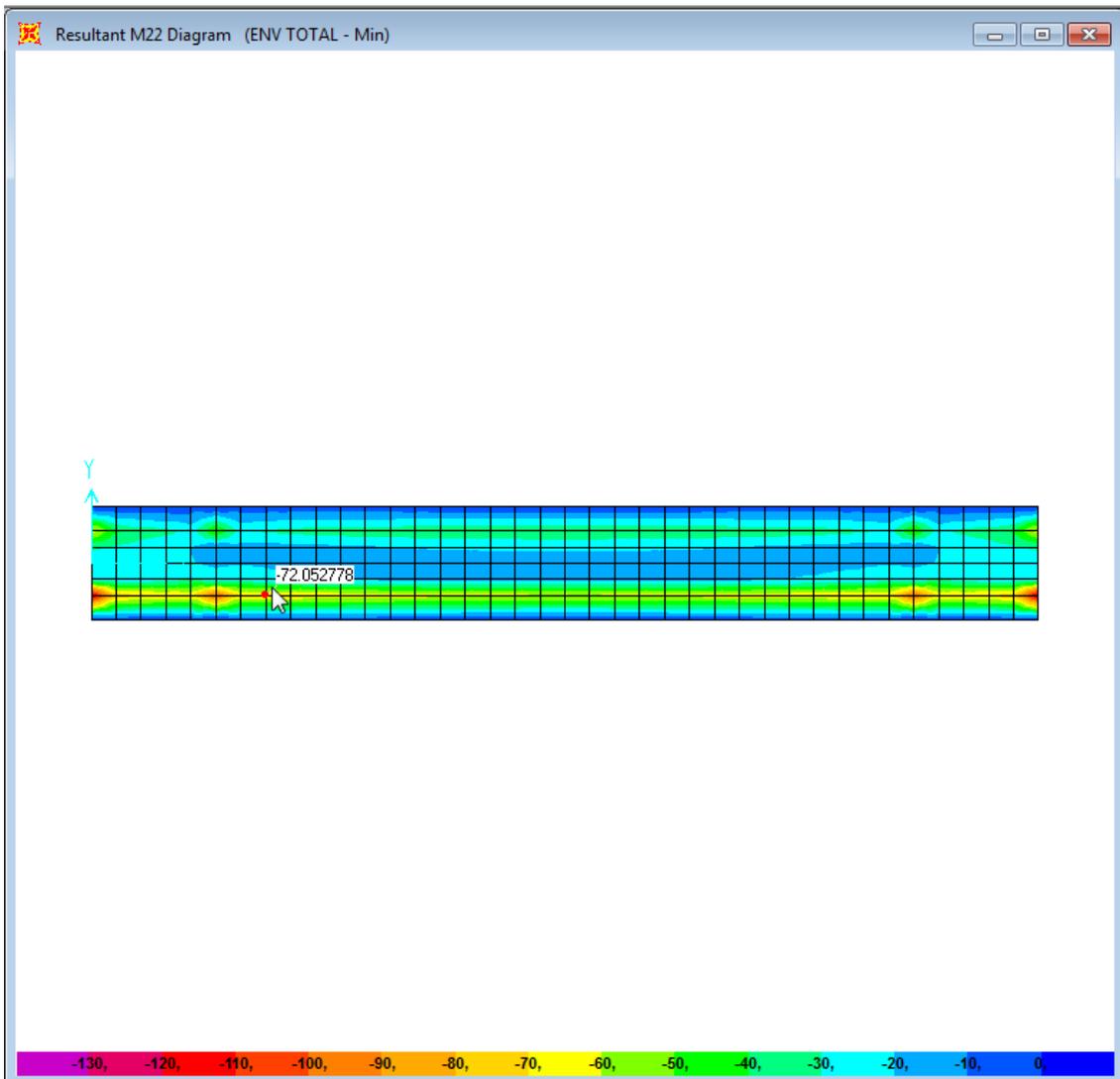
$$-0,2 \times A_{s \text{ principal}} = 1,64\text{cm}^2$$

$$-0,5 \times A_{s \text{ min}} = 1,50\text{cm}^2$$

$$A_{s_{necessário}} = 1,64\text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s, \text{ existente}} = \emptyset 8 \text{ c}/15 = 3,35\text{cm}^2/\text{m}$$

9.3. ARMAÇÃO NEGATIVA



$Md(-) = 72,05\text{kNm}$

ARMADURA NECESSÁRIA:

Flexão Normal Simples					
Md (kN x cm)	b (cm)	fck (MPa)	h (cm)	d (cm)	d'
7205	100	30	20	17	3
AS		AS'		AS mín	
10,53		0,00		3,46	

$$As = \emptyset 12,5 \text{ c}/10 = 12,27\text{cm}^2/\text{m}$$

9.4. ARMAÇÃO NEGATIVA SECUNDÁRIA

$A_{s_{necessário}}$ é o maior valor entre:

$$-0,9\text{cm}^2$$

$$-0,2 \times A_{s \text{ principal}} = 2,1\text{cm}^2$$

$$-0,5 \times A_{s \text{ min}} = 1,50\text{cm}^2$$

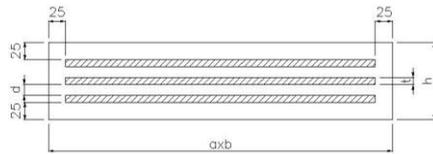
$$A_{s_{necessário}} = 2,1\text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s, \text{ existente}} = \emptyset 8 \text{ c}/15 = 3,35\text{cm}^2/\text{m}$$

10.NEOPRENES

CÁLCULO DE VERIFICAÇÃO - APARELHO DE APOIO DE NEOPRENE FRETADO

OBRA: PONTE SANTANA



DADOS DE ENTRADA

Reação - Carga Permanente	57,00 t		
Reação Máxima - Carga Móvel	77,00 t		
Reação Mínima - Carga Móvel	0,00 t		
Carga Horizontal	2,00 t		OK
Rotação devido à Carga Permanente	0,005100 rd		
Rotação associada a Nmax	0,001500 rd		
Aparelho Circular	0	sim = 1	não = 0
Dimensões em planta do Aparelho		a = 350 mm	b = 450 mm
Altura do Aparelho	54 mm		
Espessura da Chapa de Aço(t)	1,5 mm		
Espessura da Cam. de Neoprene (d)	4 mm		
Número de camadas de Neoprene	4		

1- TENSÕES MÉDIAS DEVIDO ÀS CARGAS NORMAIS APLICADAS

SIGmax =	113,14 kg / cm ²	OK-< 135 kg/cm ²
SIGmin =	48,86 kg / cm ²	OK -> 20 kg/cm ²
TAUmax =	5,88 kg / cm ²	

2- TENSÕES DEVIDO À ROTAÇÃO

SIGcp =	2495,70 kg / cm ²
TAUalfa =	0,00 kg / cm ²

3- TENSÕES NA CHAPA DE AÇO

SIGs =	301,71 kg / cm ²
--------	-----------------------------

4- CÁLCULO DO DESLOCAMENTO

DELTA =	0,08 cm
---------	---------

4- TENSÕES FINAIS

SIGTmax =	113,14 kg / cm ²
SIGTmin =	2544,56 kg / cm ²
TAUT =	5,88 kg / cm ²

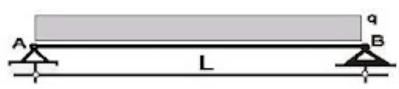
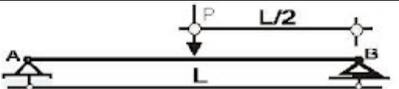
5- VERIFICAÇÕES

TENSÃO	CONDIÇÃO	ANÁLISE
Altura do Aparelho	$\leq a/5$	OK
SIGTmin	$> 20 \text{ kg / cm}^2$	OK
SIGs	$< 1400 \text{ kg/cm}^2$	OK
TAUT	$< 5G = 65 \text{ kg/cm}^2$	OK
Desl. Horizontal	$\Delta/h \leq 0,7$	OK

11.LAJE DE TRANSIÇÃO

Dados	
L	2.9 (m)
q	17 (kN/m)
P	60 (kN)
fck	25 (MPa)
E	23800000 (kN/m ²)
b	1 (m)
h	0.35 (m)
I	0.003573 (m ⁴)
Cobrimento	3.5 (cm)
a	0 (m)

Tipo Adotado			Tipo Adotado			Tipo Adotado		
1			2			1		
M	17.87125	kNxm	M	43.5	kNxm	M	61.37125	kNxm
Ra	24.65	kN	Ra	30	kN	Ra	54.65	kN
Rb	24.65	kN	Rb	30	kN	Rb	54.65	kN
Flecha	0.02	cm	Flecha	0.04	cm	Flecha	0.054262	cm
Flecha adm (L/200)	1.45	OK!	Flecha adm (L/200)	1.45	OK!	Flecha adm (L/200)	1.45	OK!

	TIPO DE VIGA E CARGA ATUANTE	Reação (kN)		Mmax (kNxm)	Flecha max (cm)
		Ra	Rb		
1		24.65	24.65	17.87125	0.02
2		30	30	43.5	0.04

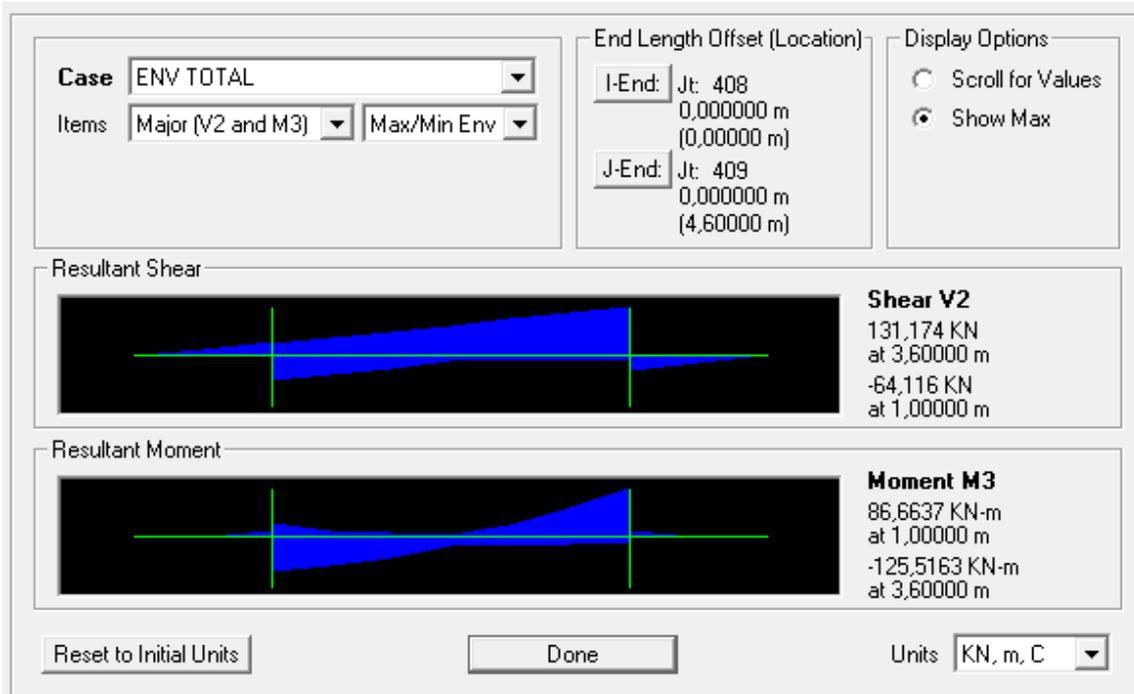
ARMADURA NECESSÁRIA:

Flexão Normal Simples					
M (kN x cm)	b (cm)	fck (MPa)	h (cm)	d (cm)	d'
6137.125	100	25	35	31.5	3.5
AS		AS'		AS mín	
6.46		0.00		5.25	

$$As = \emptyset 12,5c/10 = 12,27 \text{ cm}^2/m$$

12. TRAVESSA

Diagrams for Frame Object 269 (150x80)

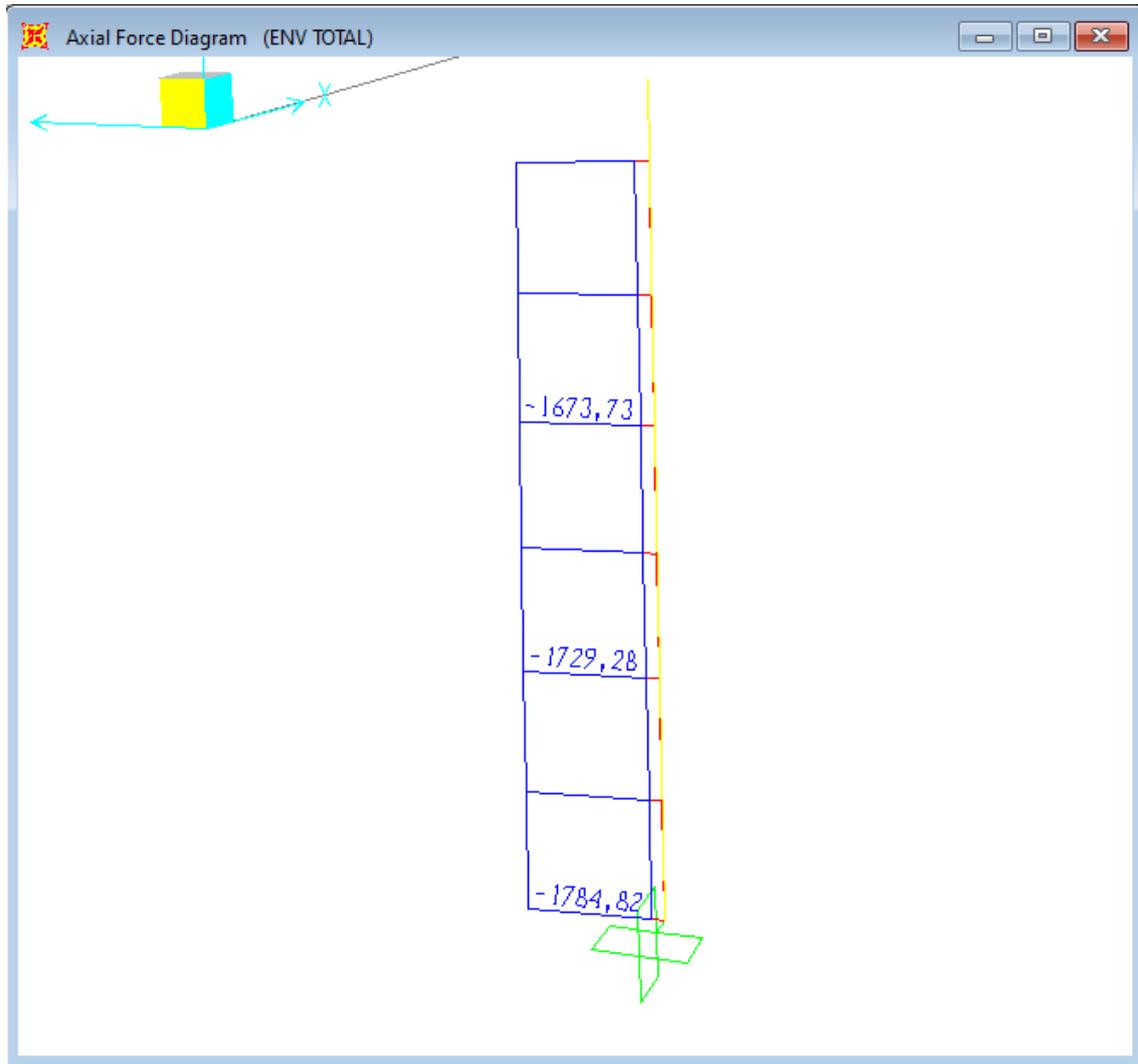


Flexão Normal Simples					
Md (kN x cm)	b (cm)	fck (MPa)	h (cm)	d (cm)	d'
12550	150	25	180	175	5
AS		AS'		AS mín	
1,65		0,00		40,50	

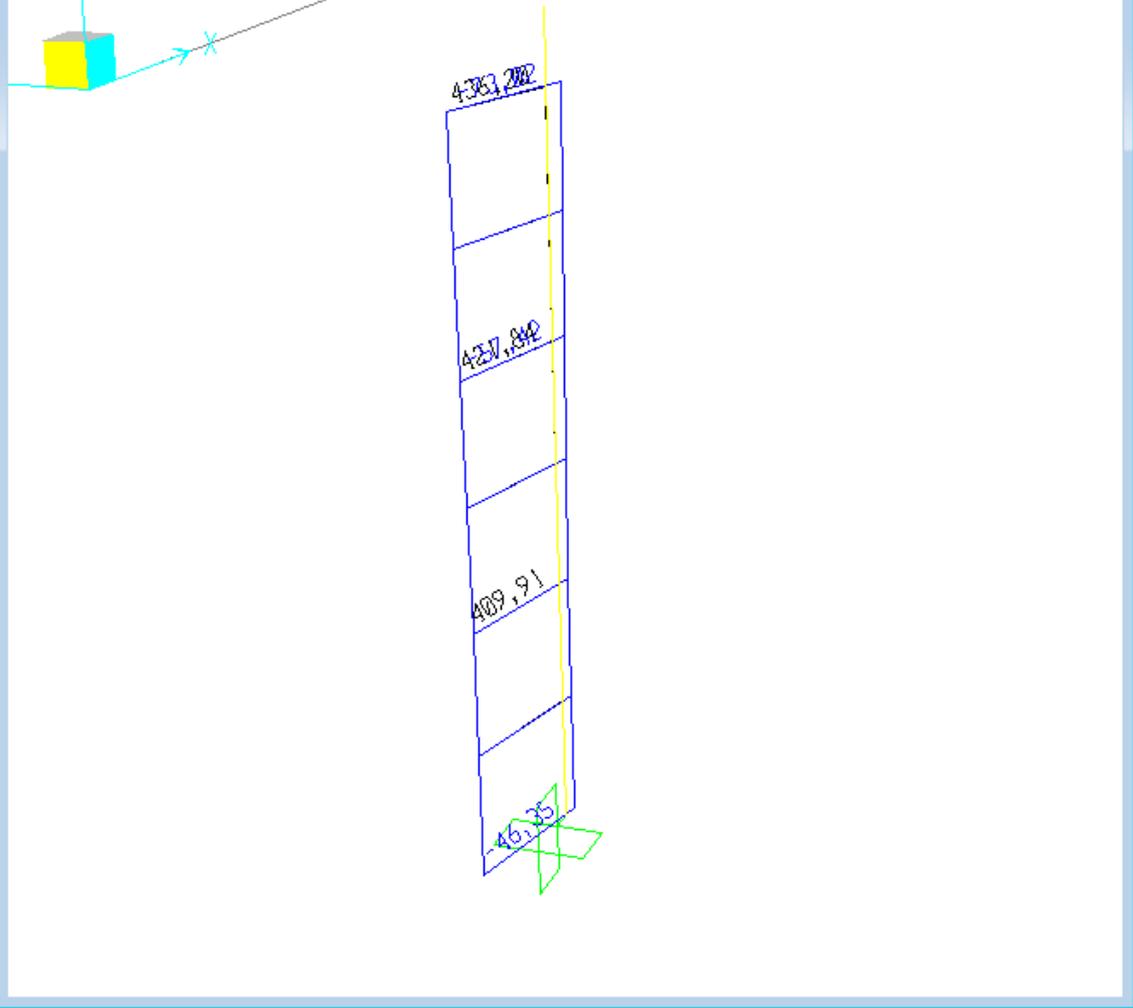
As,adot = 15φ20mm

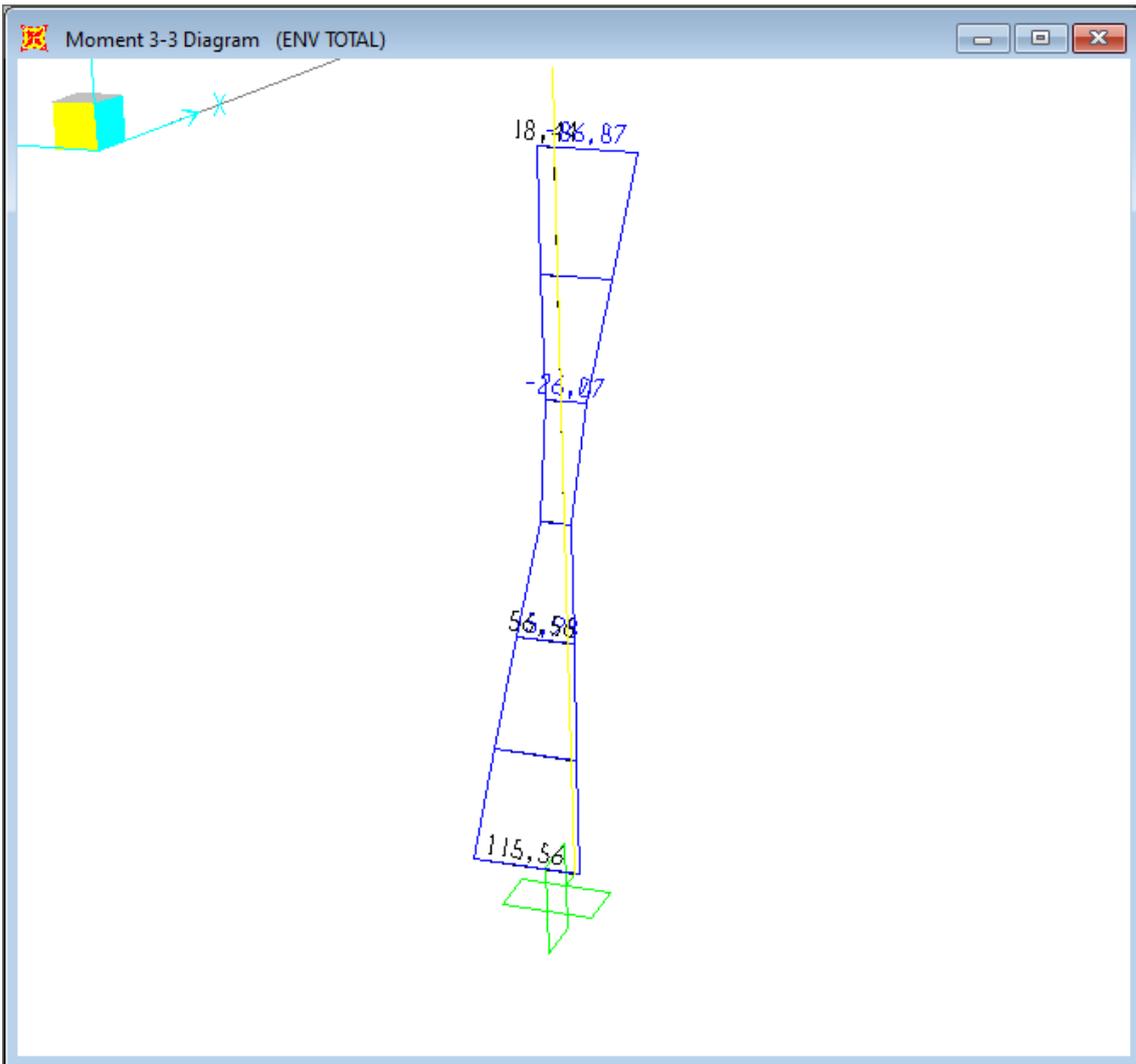
Planilha para Dimensionamento de Seções de Viga ao Cisalhamento			
Descrição Geral:			
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	130,0	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
$N_s = N_c \cdot \gamma_f + N_p \cdot \gamma_{fp}$	0,0	kN	
M_0	0,0	kNm	
$M_{sd,max}$	0,0	kNm	
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)	1,500	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	1,800	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A_s)	20,00	cm ²	
Área de concreto (A_c)	2,700	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f_{ck})	25,00	MPa	
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2	435	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ_c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ_f)	1,0		
Coefficiente de majoração da força de protensão (γ_{fp})	0,9		
Modelo I (NBR 6118/2014: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 \cdot 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,28	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,00	m
ρ	$A_s / (b_w \cdot d)$	0,0008	
σ_{cp}	$N_s / (b_w \cdot h)$	0,00	MPa
V_d	$V \cdot \gamma_f$	130,00	kN
α_{v2}	$1 - f_{ck} / 250$	0,900	
V_{Rd2}	$0,27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$	11390,63	kN
A seção resiste a compressão da biela $V_d < VRd2$			
V_{c0}	$0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$	2019,91	kN
$M_0/M_{sd,max}$	Se $N_p \neq 0$ - Consultar item 17.4.2.2 da NBR 6118/2003	0,00	
V_c	$V_{c0}(1+M_0/M_{sd,max})$ ou 0 (para seção totalmente tracionada)	2019,91	kN
V_{sw}	$V_d - V_c$	-1889,91	kN
A_{s90}	$V_{sw} / 0,9 \cdot d \cdot f_{ywk}$	0,00	cm ² / m
$A_{s90,min}$	$0,2 \cdot b_w \cdot f_{ctm} / f_{ywk}$	15,39	cm ² / m
Armadura adotada:		ϕ 8 c / 15 x 4	

13.PILARES



Moment 2-2 Diagram (ENV TOTAL)



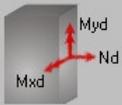


Esforços atuantes			Esforços de cálculo		
N	1785	kN	γ_f	1	
Mx	41000	kN.cm	γ_n	1	
My	11600	kN.cm	Nd	1785	kN
Dados geométricos			Mx,d	41000	kN.cm
x	85	cm	My,d	11600	kN.cm
y	85	cm	Momentos mínimos		
le,x	800	cm	Mdx,min	7229,25	kN.cm
le,y	800	cm	Mdy,min	7229,25	kN.cm
Propriedades dos materiais			Índice de Esbeltez		
fck	25	MPa	λ_x	32,56471	
fy	500	MPa	λ_y	32,56471	
			e2,x	0,00	cm
			e2,y	0	cm

Esforços Finais		
Nd	1785	kN
Mx,d	41000	kN.cm
My,d	11600	kN.cm

Obliqua 1.0 | Arquivo | Configurações | Sobre

Solicitações



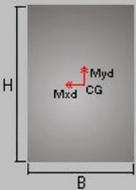
Nd (kN): -1785
Mxd (kN.m): 116
Myd (kN.m): 410

Materiais
Concreto: C-25
Aço: CA-50 A

Armadura
Número de barras na linha: 3
Diâmetro das barras (mm): 20
X_i (cm): 80 X_f (cm): 80
Y_i (cm): 25 Y_f (cm): 60
 Horizontal Vertical Qualquer

Taxa de Armadura: 0,70 %

Seção Transversal



B (cm): 85
H (cm): 85

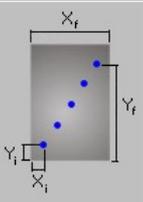
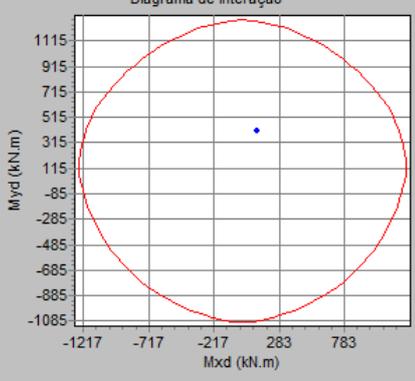
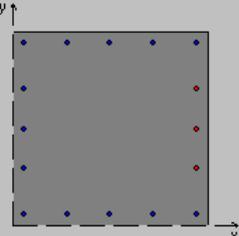


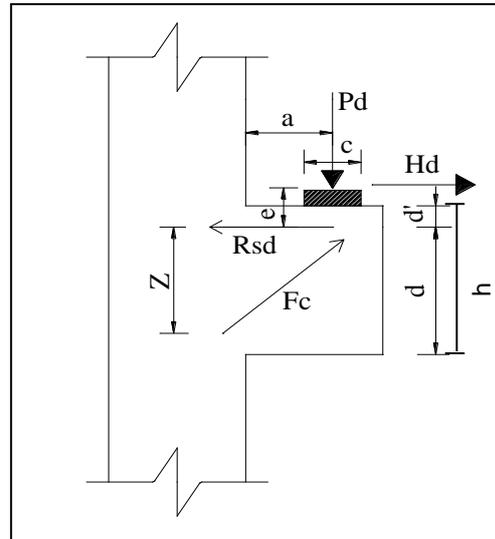
Diagrama de Interação

Gerar gráfico

14.ENCONTRO

Consolos		
Dados de entrada		
Pd (kgf/m)	Hd (kgf/m)	h (cm)
64.400	12.880	50
a (cm)	b (cm)	c (cm)
45	100	20
d (cm)	d' (cm)	e (cm)
45,00	5,0	6,5
f_{yd} (kgf/cm ²)	fck (MPa)	d _{calc.} (cm)
4.348	20	45
Resultados:		
$\sigma_{d,m\acute{a}x}$ (kgf/cm ²)	<	f_{cdr} (kgf/cm ²)
56,75		78,86
R_{sd} (kgf/m)	$A_{s,tir}$ (cm ² /m)	Fc (kgf)
103.988	23,92	112.655
A_{sh} (cm ² /m)	11,96	
Biela de concreto - OK		



15.2. VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO

- TUBULÕES PERTENCENTES AO P1

SONDAGEM UTILIZADA: SM-01

SPT DE APOIO: 50

TENSÃO RESISTENTE MÁXIMA: 10Kgf/cm²

TENSÃO ATUANTE:

$$\sigma = \frac{P}{A_{BASE}} = \frac{322700}{\pi \times 240^2 / 4} = 7,1 \text{kgf} / \text{cm}^2 \Rightarrow OK!$$

- TUBULÕES PERTENCENTES AO P2

SONDAGEM UTILIZADA: SM-02

SPT DE APOIO: 50

TENSÃO RESISTENTE MÁXIMA: 10Kgf/cm²

TENSÃO ATUANTE:

$$\sigma = \frac{P}{A_{BASE}} = \frac{322700}{\pi \times 240^2 / 4} = 7,1 \text{kgf} / \text{cm}^2 \Rightarrow OK!$$