PETROBRAS	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**	**MC-4400.12-6903-140-R1N-001**
	CLIENTE: **TP/DDT/ENGDT/PPL/GPP/GP2**	FOLHA **1** de **47**
	PROGRAMA: **ADEQUAÇÃO CCO SISTEMA DE MEDIÇÃO OPERACIONAL – TERMINAL DE RIO GRANDE**	
	ÁREA: **UO-SUL/RS/TERIG**	
	TÍTULO: **ESTRUTURAS METÁLICAS**	**TP/DDT/ENGDT/PPL/ DPL/DP2**
		INTERNA

RAZÃO SOCIAL: **RINA BRASIL SERVIÇOS TÉCNICOS LTDA**

CONTRATO:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	CREA:
4600016549	**JÚLIA MARIA MESSIAS DE CAMPOS**	**CREA / 2024104636RJ**

ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	EMISSÃO ORIGINAL

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV.C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	03/12/24								
EXECUÇÃO	F. MOURA								
VERIFICAÇÃO	J. CAMPOS								
APROVAÇÃO	R. PICANÇA								

DE ACORDO COM A DI-1PRB-00337, AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.FORMULÁRIO PERTENCENTE A PETROBRAS N-381 REV. M.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 4

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 4

3 NORMAS ADOTADAS 4

3.1 Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 4

3.2 Normas Petrobras 4

4 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS 5

4.1 Durabilidade e incêndio 5

4.2 Materiais 5

5 PROGRAMA UTILIZADO 5

6 CRITÉRIOS E PREMISSAS 5

7 COBERTURA DO TERMINAL 1 – UTR 12500 6

7.1 Modelo 6

7.2 Carregamentos 8

7.2.1 Peso Próprio 8

7.2.2 Permanente 9

7.2.3 Sobrecarga 10

7.2.4 Vento 10

7.2.5 Temperatura 14

7.3 Verificação Estado Limite Último 16

7.4 DESLOCAMENTO 21

8 COBERTURA DO TERMINAL 2 – UTR 12501 22

8.1 Modelo 22

8.2 Carregamentos 24

8.2.1 Peso Próprio 24

8.2.2 Permanente 25

8.2.3 Sobrecarga 25

8.2.4 Vento 26

8.2.5 Temperatura 30

8.3 Verificação Estado Limite Último 32

8.4 DESLOCAMENTO 37

9 PLATAFORMA 38

9.1 Modelo 38

9.2 Carregamentos 39

9.2.1 Peso Próprio 39
9.2.2 Permanente 39
9.2.3 Sobrecarga 40
9.2.4 Vento 40
9.2.5 Temperatura 41

9.3 Resultados 43

10 CONCLUSÃO 46

11 ANEXOS 46

1 OBJETIVO

O objetivo deste documento é apresentar o dimensionamento da plataforma e das coberturas metálicas no Terminal de Rio Grande, localizada na área de terminais terrestres e oleodutos do Rio Grande do Sul.

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- DE-4400.12-6903-140-R1N-001 - PLATAFORMA METÁLICA PARA ACESSO AOS MEDIDORES E COBERTURA METÁLICA PARA OS PAINÉIS;

3 NORMAS ADOTADAS

3.1 Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

Todos os cálculos estáticos, dimensionamentos estruturais e detalhamento serão elaborados de acordo com as últimas edições das normas da ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS e respectivos adendos.

Em especial serão observadas as seguintes normas da ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, neste projeto:

NBR-6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;

NBR-6120 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações;

NBR-6123 – Forças devidas ao vento em edificações;

NBR-8681 – Ações e segurança nas estruturas;

NBR-8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;

NBR-14432 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento;

NBR-15200 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio.

3.2 Normas Petrobras

N-381 – Execução de Desenho e Outros Documentos Técnicos em geral;

N-134 – Chumbadores para concreto;

ET-4000.00-6000-140-PTD-001 - Memória De Cálculo De Projeto Básico - Estruturas Metálicas (Pré-Dimensionamento);

ET-4000.00-6000-140-PTD-002 - Desenhos De Projeto Básico - Estruturas Metálicas;

ET-4000.00-6000-100-PTD-001 – Desenhos de projeto básico – Estruturas em concreto e fundações;

ET-4000.00-6000-120-PTD-001 – Memória de cálculo de projeto básico – Fundações (pré-dimensionamento);

N-1710 – Codificação de Documentos Técnicos de Engenharia;

N-2064 – Emissão e Revisão de Documentos de Projeto;

N-0279 – Projeto de Estruturas metálicas.

4 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

4.1 Durabilidade e incêndio

Para que a estrutura metálica tenha durabilidade adequada é necessário protegê-la contra a corrosão. Conforme anexo K da NBR 8800 classificamos a estrutura da seguinte forma:

Categoria de corrosividade: C4 (alta)

Perda de massa: > 400 a 650 g/m2 – após um ano para aço de baixo carbono

Perda de espessura: > 50 a 80 µm – após um ano para aço de baixo carbono

Utilizamos o dado abaixo, que deverá ser confirmado no projeto executivo de Bombeiros, a saber: TRRF = 60 minutos (Tempo Requerido de Resistência ao Fogo).

4.2 Materiais

Perfis laminados tipo L, U, I – Aço ASTM A36

Perfis laminados tipo W, H – Aço ASTM A 572 gr. 50

Perfis de chapa dobrada – Aço ASTM A36

Chapas planas – Aço ASTM A36

Parafusos – Aço ASTM A307 (secundários), ASTM A325(principais)

Soldas – E70XX

Chumbadores – Aço ASTM A36

Aço	Fu (MPa)	Fy (MPa)
ASTM A36	400	250
ASTM A572 grau 50	450	345

Soldas:

- Eletrodos revestidos AWS E-70XX – Fu= 70 ksi = 482,6 kN/cm²

5 PROGRAMA UTILIZADO

Para análise da estrutura e determinação dos esforços atuantes foi utilizado o software STRAP (Structural Analysis Program) versão 2024 da ATIR Engineering Software Ltda.

6 CRITÉRIOS E PREMISSAS

Os cálculos foram efetuados pelas solicitações estáticas e o dimensionamento seguiu os critérios e normas pelo regime elástico. Foram consideradas ações de caráter permanente e acidental passíveis de atuarem na estrutura.

O desempenho estrutural foi avaliado tanto pelo ponto de vista da segurança no estado limite último (E.L.U.), como no ponto de vista de utilização (E.L.S.), avaliando a deformação dos elementos e falhas que induzam a prejudicar a durabilidade.

As estruturas foram dimensionadas de modo a atender aos requisitos mínimos de qualidade com relação à:

- Capacidade resistente: consiste basicamente na segurança a ruptura.
- Desempenho em serviço: consiste na capacidade da estrutura manter-se em condições plenas de utilização, não devendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada.
- Durabilidade: consiste na capacidade da estrutura de resistir às influências ambientais.

7 COBERTURA DO TERMINAL 1 – UTR 12500

7.1 Modelo

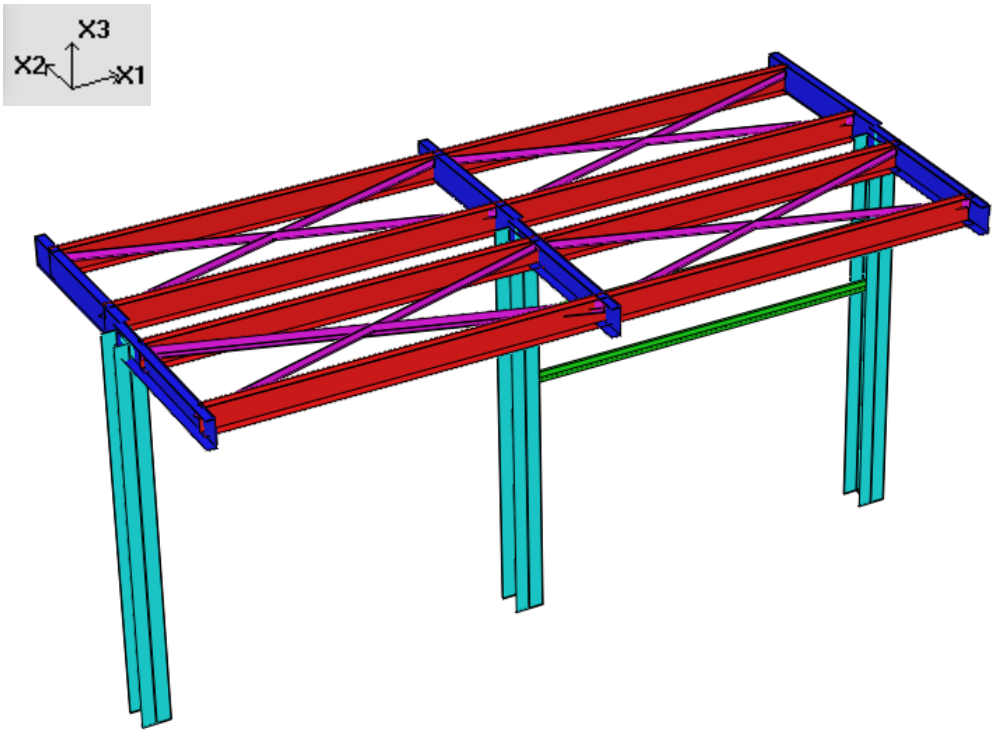


Figura 1 – Vista Renderizada do modelo

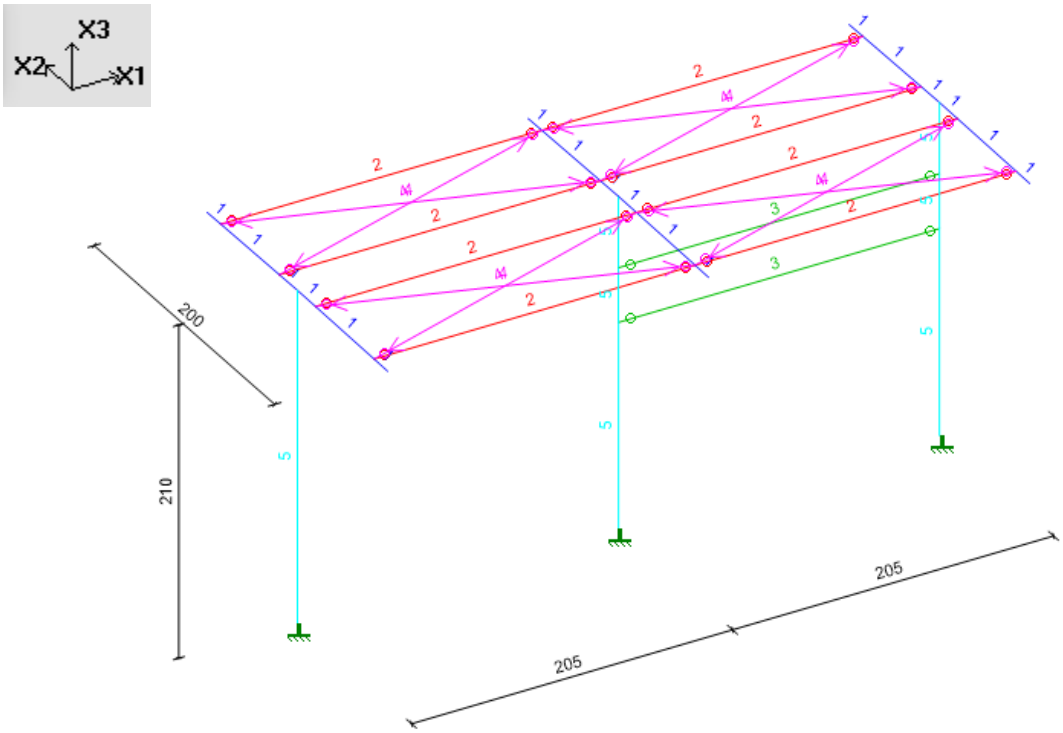
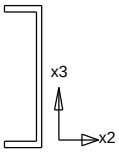


Figura 2 – Propriedades e vínculos [cm]

TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - cm)

PROPRIEDADE N.1 - U#150x50#4.75

A=0.1113E+02 I2=0.3441E+03 I3=0.2379E+02 J=0.8373E+00 SF2=0.500
Material = 1 - STEE Perímetro=47.827 SF3=0.500
h2=5.000 h3=15.000 e2=3.792 e3=7.500
Chapa dobrada U#150x50#4.75
H =150.0mm t =4.8mm
B =50.0mm



PROPRIEDADE N.2 - U#150x50#3.00

A=0.7204E+01 I2=0.2302E+03 I3=0.1591E+02 J=0.2161E+00 SF2=0.500
Material = 1 - STEE Perímetro=48.627 SF3=0.500
h2=5.000 h3=15.000 e2=3.869 e3=7.500
Chapa dobrada U#150x50#3.00
H =150.0mm t =3.0mm
B =50.0mm

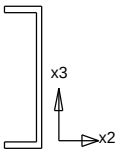
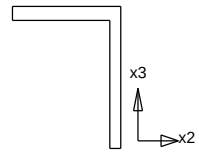


TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - cm)

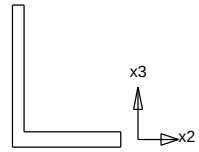
PROPRIEDADE N.3 - L2.5"x1/4"

A=0.7661E+01 I2=0.2927E+02 I3=0.2927E+02 J=0.9842E+00 SF2=0.500
Material = 1 - STEE Perímetro=25.400 SF3=0.500
h2=6.350 h3=6.350 e2=4.529 e3=4.529
Angulo eixo principal= 45.0 Iu=0.4660E+02 Iv=0.1194E+02
Laminado L2.5"x1/4"
h =63.5mm t =6.4mm
b =63.5mm



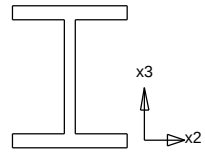
PROPRIEDADE N.4 - L1.75"x3/16"

A=0.4007E+01 I2=0.7453E+01 I3=0.7453E+01 J=0.2885E+00 SF2=0.500
Material = 1 - STEE Perímetro=17.780 SF3=0.500
h2=4.445 h3=4.445 e2=3.159 e3=3.159
Laminado L1.75"x3/16"
h =44.5mm t =4.8mm
b =44.5mm



PROPRIEDADE N.5 - W150x22.5

A=0.2900E+02 I2=0.1229E+04 I3=0.3870E+03 J=0.4750E+01 SF2=0.274
Material = 1 - STEE Perímetro=90.040 SF3=0.578
h2=15.200 h3=15.200 e2=7.600 e3=7.600
Laminado W150x22.5
h =152.0mm tw=5.8mm
bf=152.0mm tf=6.6mm



7.2 Carregamentos

7.2.1 Peso Próprio

Peso próprio da estrutura, peso correspondente ao material usado (conforme indicado no item 4.2 deste memorial) no processamento, gerado automaticamente pelo software de cálculo.

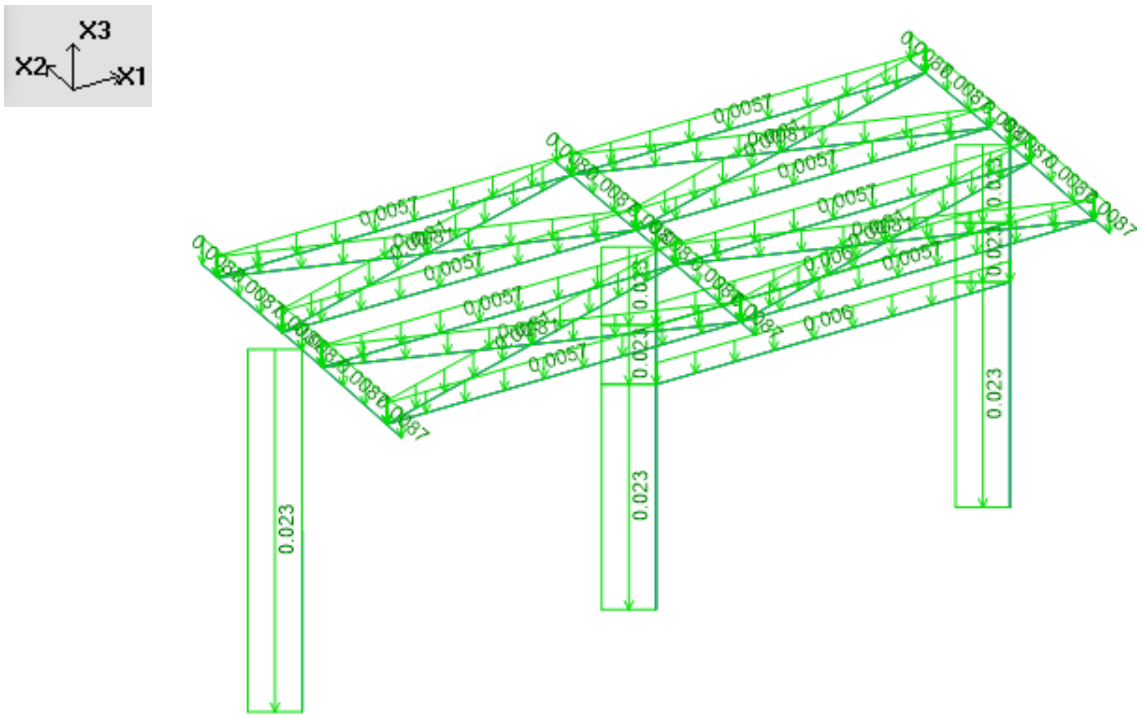


Figura 3 – Peso Próprio [tf/m]

7.2.2 Permanente

Telha trapezoidal 0,007 tf/m².

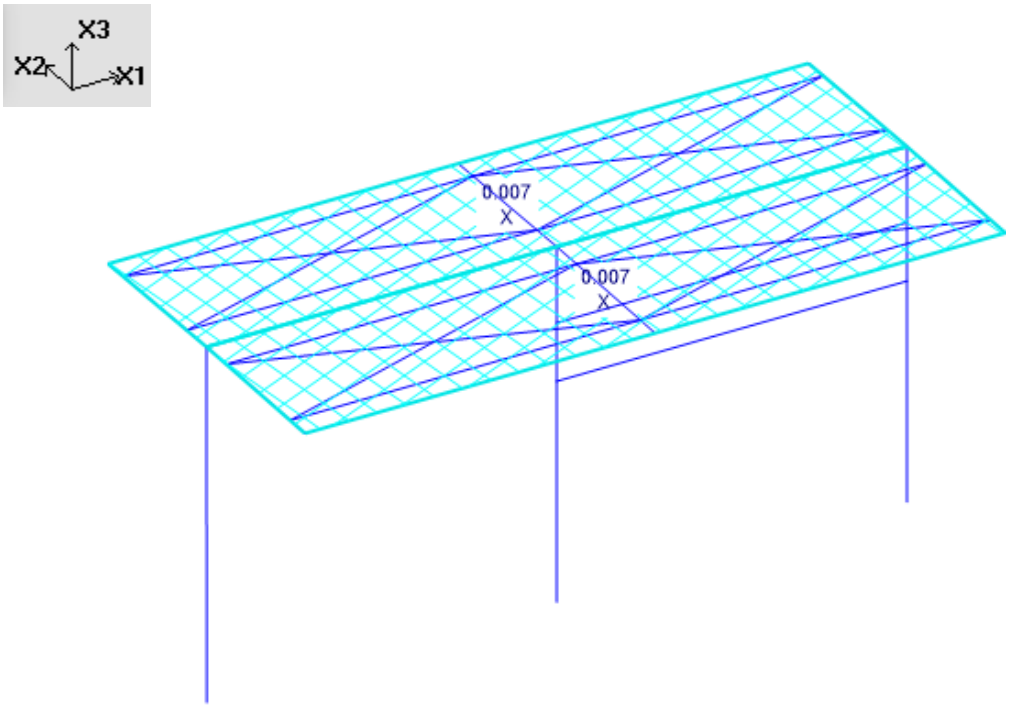


Figura 4 – Permanente [tf/m²]

7.2.3 Sobrecarga

Sobrecarga na cobertura 0,15 tf/m².

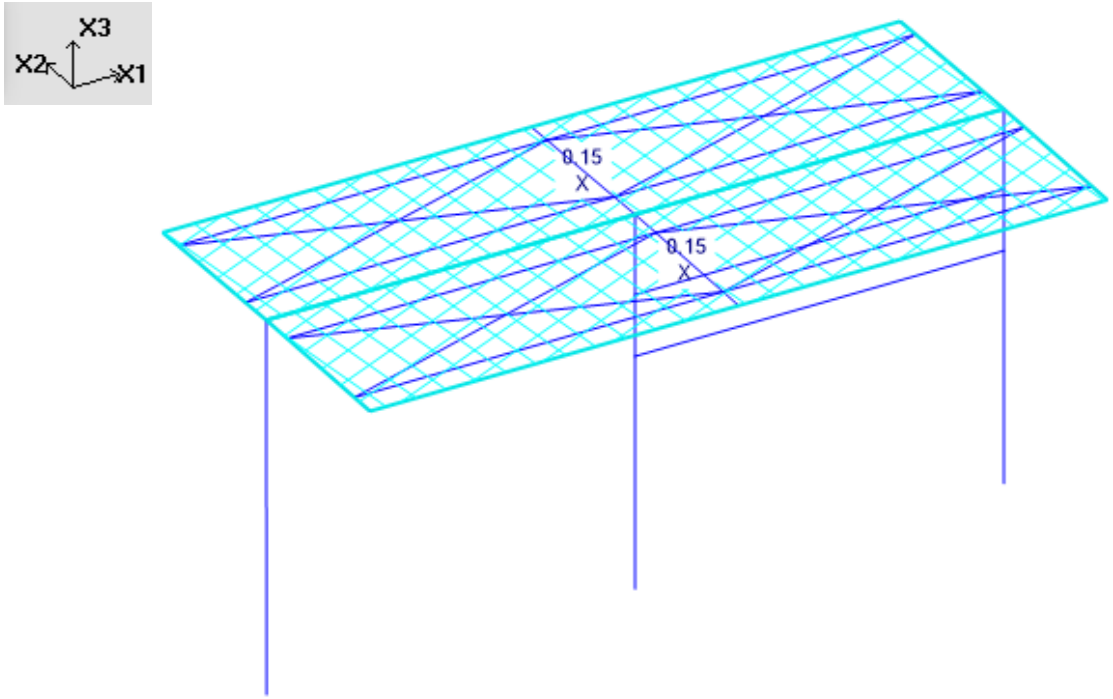


Figura 5 – Sobrecarga [tf/m²]

7.2.4 Vento

V0 = 50 m/s;

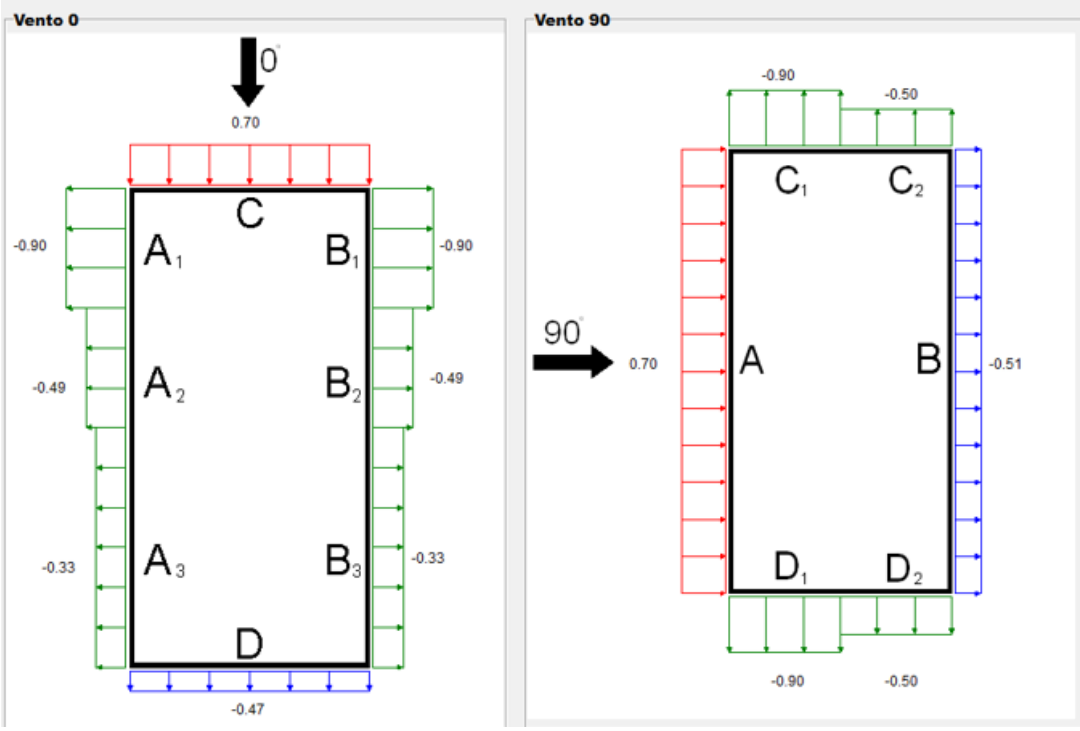
S1 = 1,0 (terrenos planos com poucas ondulações);

S2 = 0,88 (categoria do terreno III, Classe edificação A);

S3 = 1,0 (grupo 3);

Vk = 44 m/s;

q = 0,613 x Vk² = 0,12 tf/m².


Vento 0
0°
0.70
C
A1
B1
A2
B2
A3
B3
D
-0.90
-0.90
-0.49
-0.49
-0.33
-0.33
-0.47
Vento 90
90°
0.70
-0.90
-0.50
C1
C2
A
B
D1
D2
-0.51
-0.90
-0.50

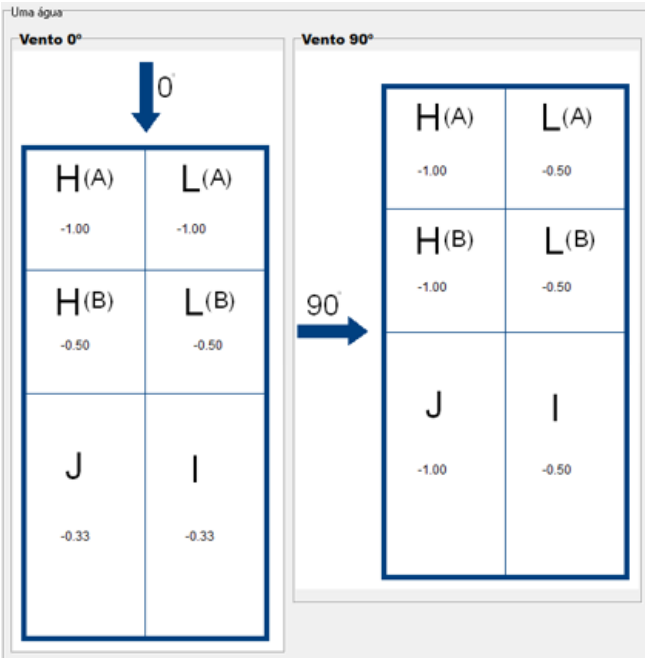
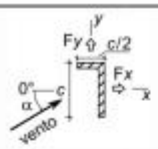
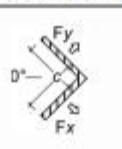

Uma água
Vento 0°
0°
H(A) -1.00
L(A) -1.00
H(B) -0.50
L(B) -0.50
J -0.33
I -0.33
Vento 90°
90°
H(A) -1.00
L(A) -0.50
H(B) -1.00
L(B) -0.50
J -1.00
I -0.50

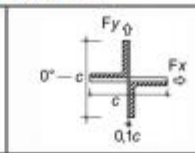
Tabela 26 – Coeficientes de força C_x e C_y para barras prismáticas de faces planas de comprimento infinito



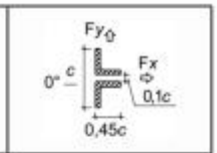
α	C_x	C_y
0°	+1,9	+0,95
45°	+1,8	+0,8
90°	+2,0	+1,7
135°	−1,8	−0,1
180°	−2,0	+0,1



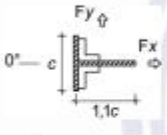
α	C_x	C_y
0°	+1,8	+1,8
45°	+2,1	+1,8
90°	−1,9	−1,0
135°	−2,0	+0,3
180°	−1,4	−1,4



α	C_x	C_y
0°	+1,75	+0,1
45°	+0,85	+0,85
90°	+0,1	+1,75
135°	−0,75	+0,75
180°	−1,75	−0,1



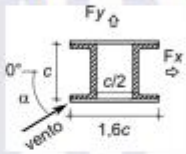
α	C_x	C_y
0°	+1,6	0
45°	+1,5	−0,1
90°	−0,95	+0,7
135°	−0,5	+1,05
180°	−1,5	0



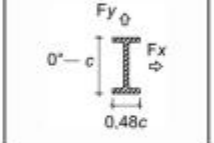
α	C_x	C_y
0°	+2,0	0
45°	+1,2	+0,9
90°	−1,6	+2,15
135°	−1,1	+2,4
180°	−1,7	±2,1



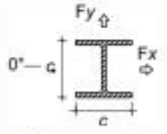
α	C_x	C_y
0°	+2,05	0
45°	+1,85	+0,6
90°	0	+0,6
135°	−1,6	+0,4
180°	−1,8	0



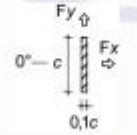
α	C_x	C_y
0°	+1,4	0
45°	+1,2	+1,6
90°	0	+2,2
135°	—	—
180°	—	—



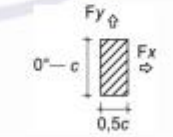
α	C_x	C_y
0°	+2,05	0
45°	+1,95	+0,6
90°	+0,5	+0,9
135°	—	—
180°	—	—



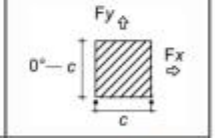
α	C_x	C_y
0°	+1,6	0
45°	+1,5	+1,5
90°	0	+1,9



α	C_x	C_y
0°	+2,0	0
45°	+1,8	+0,1
90°	0	+0,1



α	C_x	C_y
0°	+2,1	0
45°	+1,4	+0,7
90°	0	+0,75



α	C_x	C_y
0°	+2,0	0
45°	+1,55	+1,55
90°	0	+2,0

NOTA 1 Nesta tabela os coeficientes de força C_x e C_y são dados em relação à dimensão c e não, como em outras tabelas, em relação à área frontal efetiva A_e.

NOTA 2 A dimensão c_α é utilizada para determinar o fator de redução K (ver a Tabela 28).

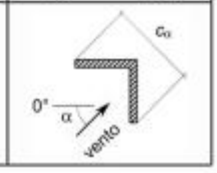


Figura 6 – Coeficientes de forma conforme ABNT NBR-6123.

Perfil	l [mm]	l/cx	l/cy	Kx	Ky	Cx	Cy	Nível 1 120.00 q.Cx.Kx.c [kg/m]	Nível 1 120.00 q.Cy.Ky.c [kg/m]
U150X60	1000	7	17	0.7	0.8	2.5	0.6	31	3
L 2.1/2"	1000	16	16	0.8	0.8	2.1	2.1	13	13
W 150 x 22,5 (H)	1000	7	7	0.7	0.7	1.6	1.9	20	24

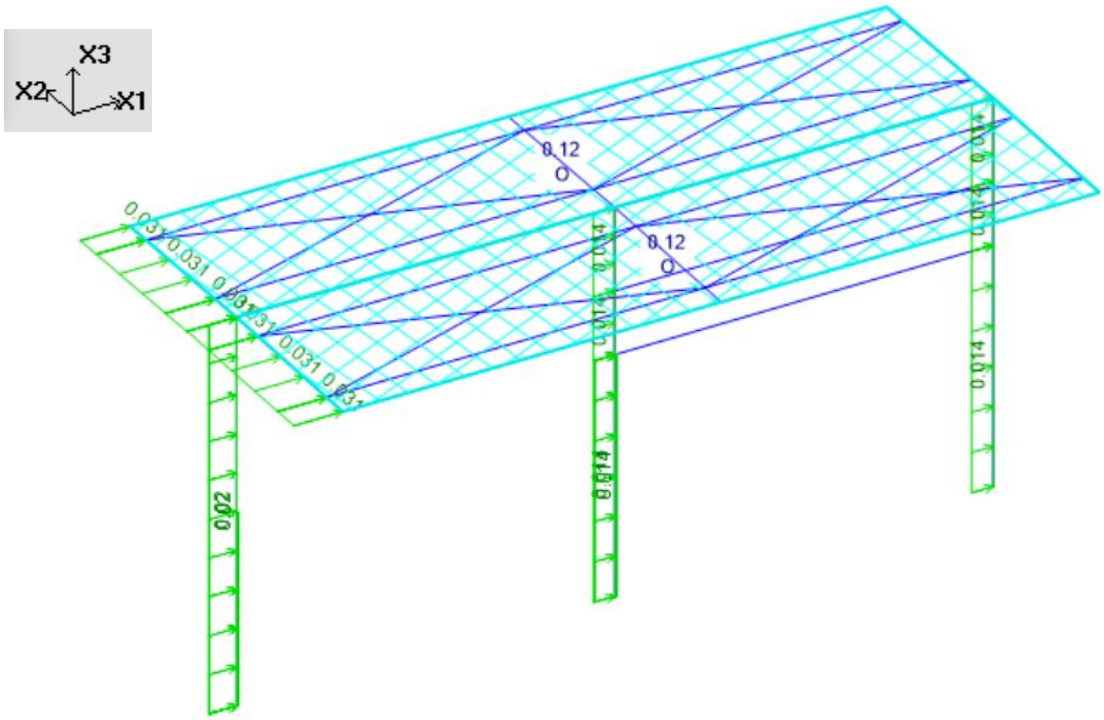


Figura 7 – Vento 0º [tf/m, tf/m²]

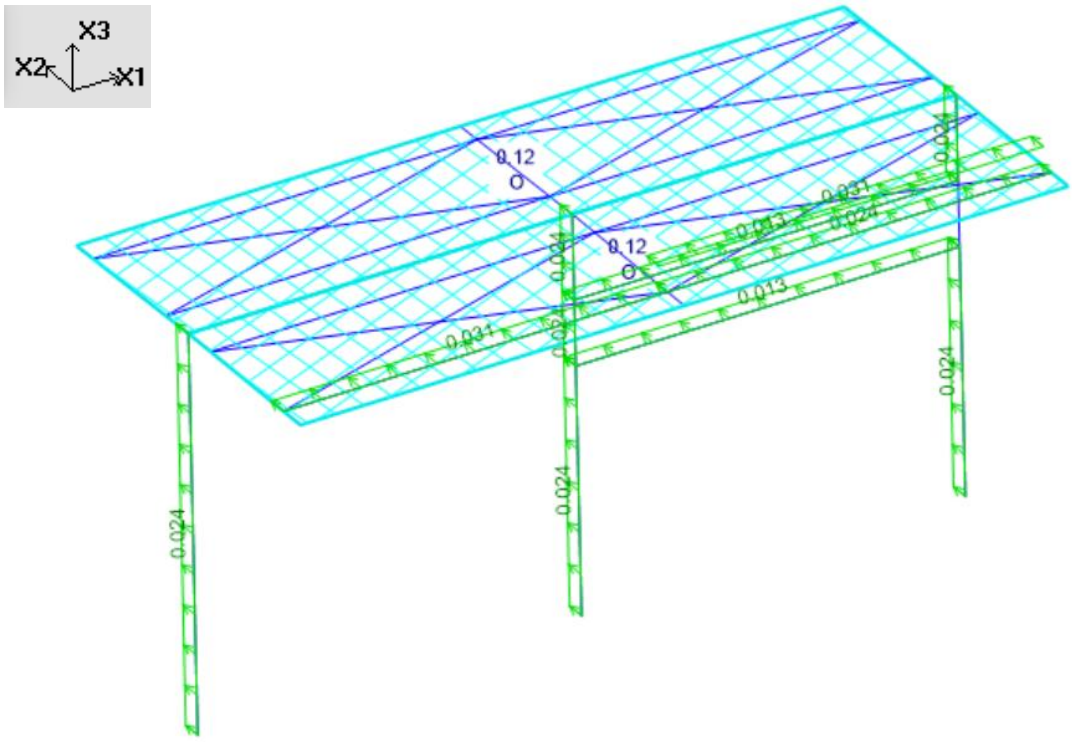


Figura 8 – Vento 90º [tf/m, tf/m²],

7.2.5 Temperatura

Variação de temperatura +15ºC/-15ºC.

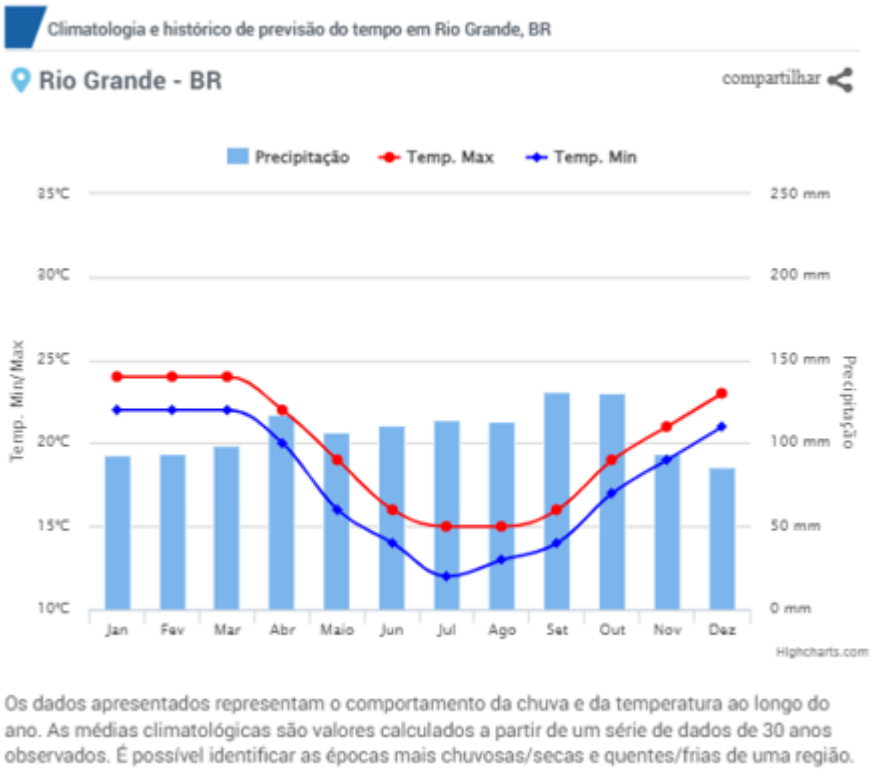


Figura 9 – Gráfico Climatologia de Rio Grande, RS

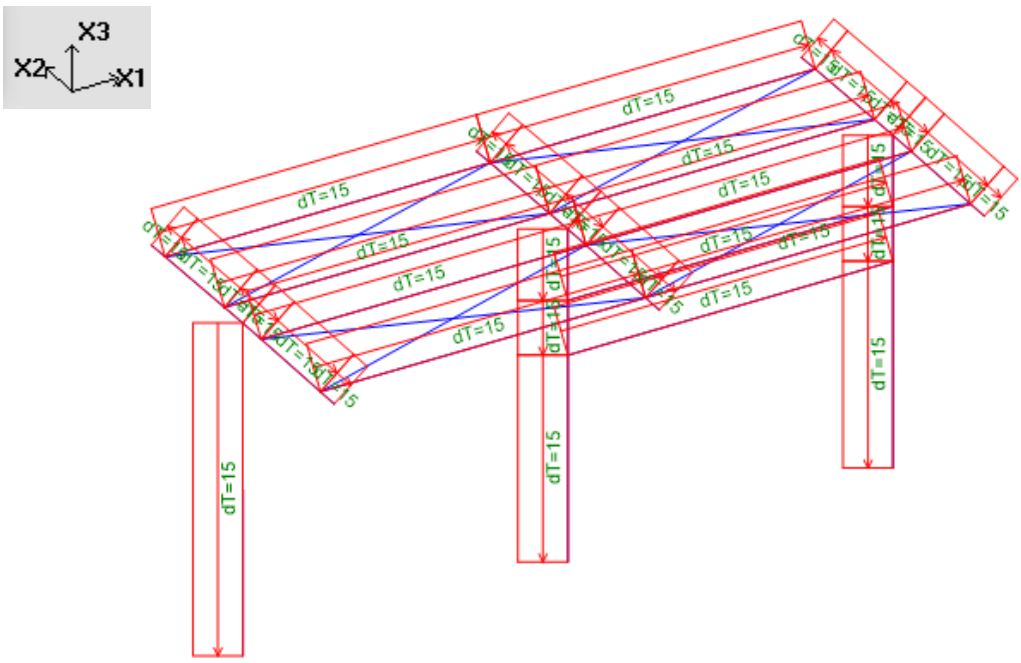


Figura 10 – Temperatura +15 [ºC]

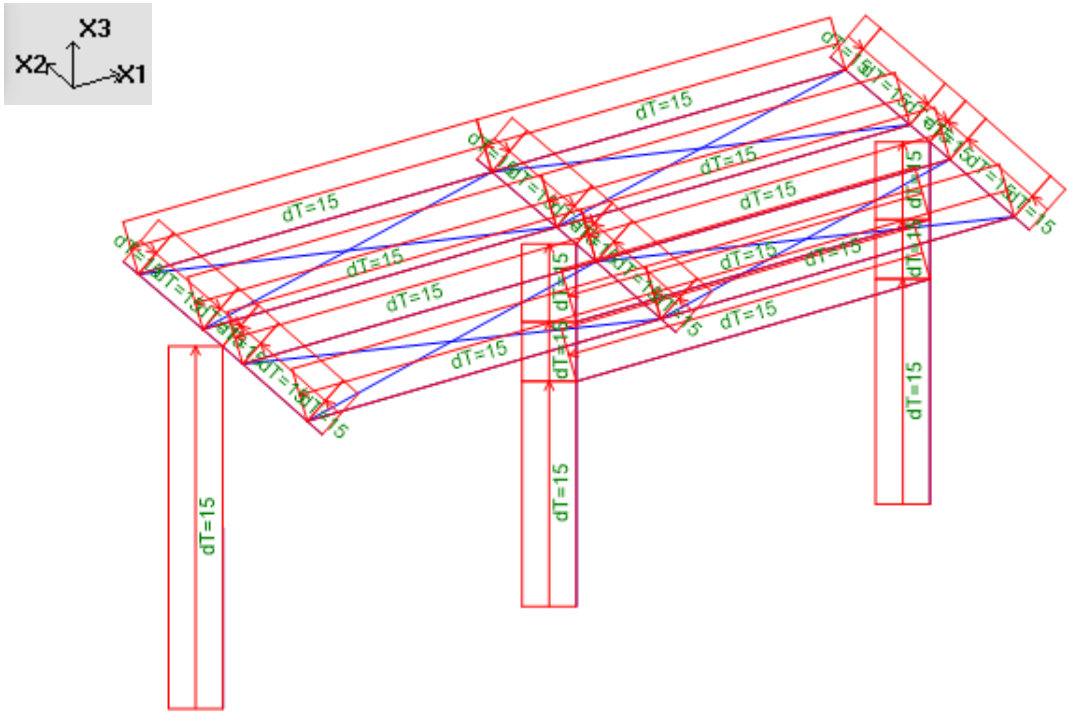


Figura 11 – Temperatura -15 [ºC]

LISTA DE CARREGAMENTOS		
Nº	*Nº nos result.*	*nome*
1	1	Peso Próprio
2	2	Permanente
3	3	Sobrecarga
4	4	Vento 0°
5	5	Vento 90°
6	6	Temp+
7	7	Temp.-

Tabela de Combinações	
Comb.	
1	**ELS** 1 * 1.00 + 2 * 1.00
2	**ELS** 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70
3	1*1.00+2*1.00+Vento*1.00 #1 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 4 * 1.00
4	1*1.00+2*1.00+Vento*1.00 #2 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 5 * 1.00
5	1*1.00+2*1.00+Temp.*1.00 #1 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 6 * 1.00
6	1*1.00+2*1.00+Temp.*1.00 #2 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 7 * 1.00
7	1*1.00+2*1.00+3*0.70+Vento*1.00 #1 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70 + 4 * 1.00
8	1*1.00+2*1.00+3*0.70+Vento*1.00 #2 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70 + 5 * 1.00 1*1.00+2*1.00+3*0.70+Temp.*1.00 #1

9	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70 + 6 * 1.00
10	1*1.00+2*1.00+3*0.70+Temp.*1.00 #2 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70 + 7 * 1.00
11	**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35
12	**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50
13	1*1.25+2*1.35+Vento*1.40 #1 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 4 * 1.40
14	1*1.25+2*1.35+Vento*1.40 #2 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 5 * 1.40
15	1*1.25+2*1.35+Temp.*1.20 #1 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 6 * 1.20
16	1*1.25+2*1.35+Temp.*1.20 #2 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 7 * 1.20
17	1*1.25+2*1.35+3*1.50+Vento*1.40 #1 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50 + 4 * 1.40
18	1*1.25+2*1.35+3*1.50+Vento*1.40 #2 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50 + 5 * 1.40
19	1*1.25+2*1.35+3*1.50+Temp.*1.20 #1 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50 + 6 * 1.20
20	1*1.25+2*1.35+3*1.50+Temp.*1.20 #2 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50 + 7 * 1.20

7.3 Verificação Estado Limite Último

A verificação para o estado limite último (ELU) consiste na garantia da seguinte condição:

$$S_d \leq R_d$$

Ou seja, os valores de cálculo das solicitações (S_d) devem ser menores ou iguais aos valores de cálculo das resistências (R_d), considerando todos os cenários de verificação propostos pela NBR 8800.

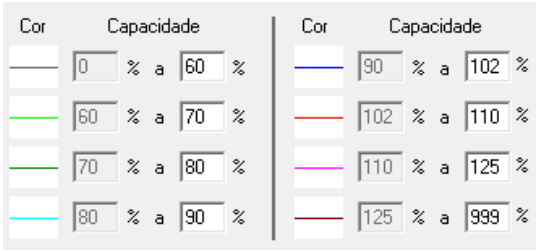


Figura 12 – Legenda – Capacidade de utilização [%]

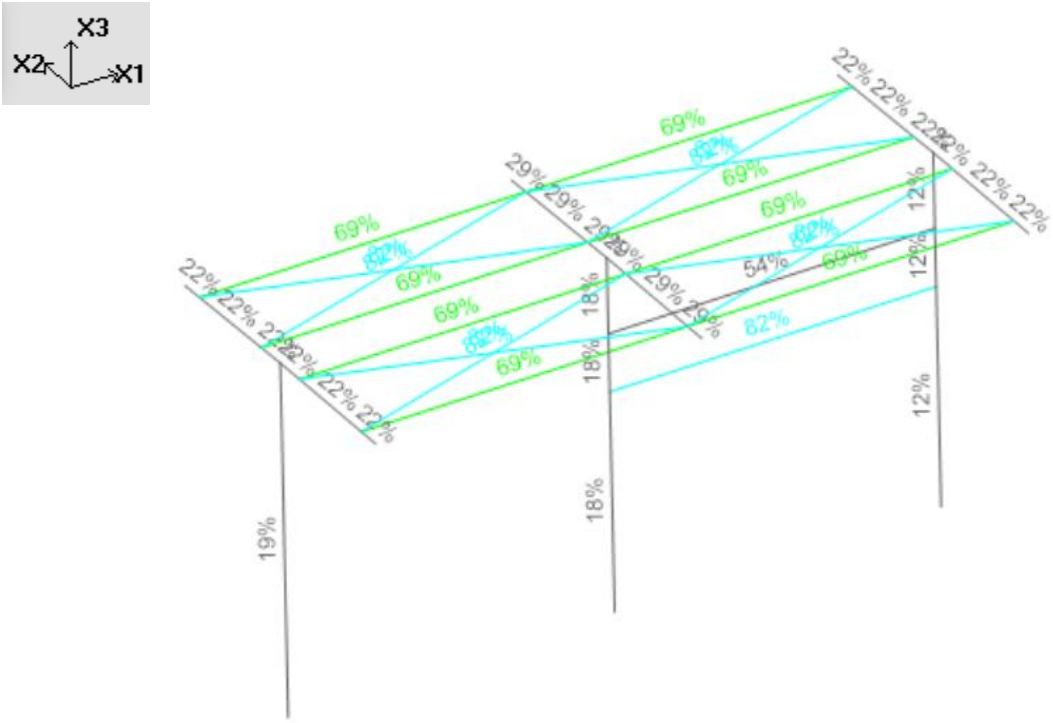


Figura 13 – Capacidade de utilização [%]

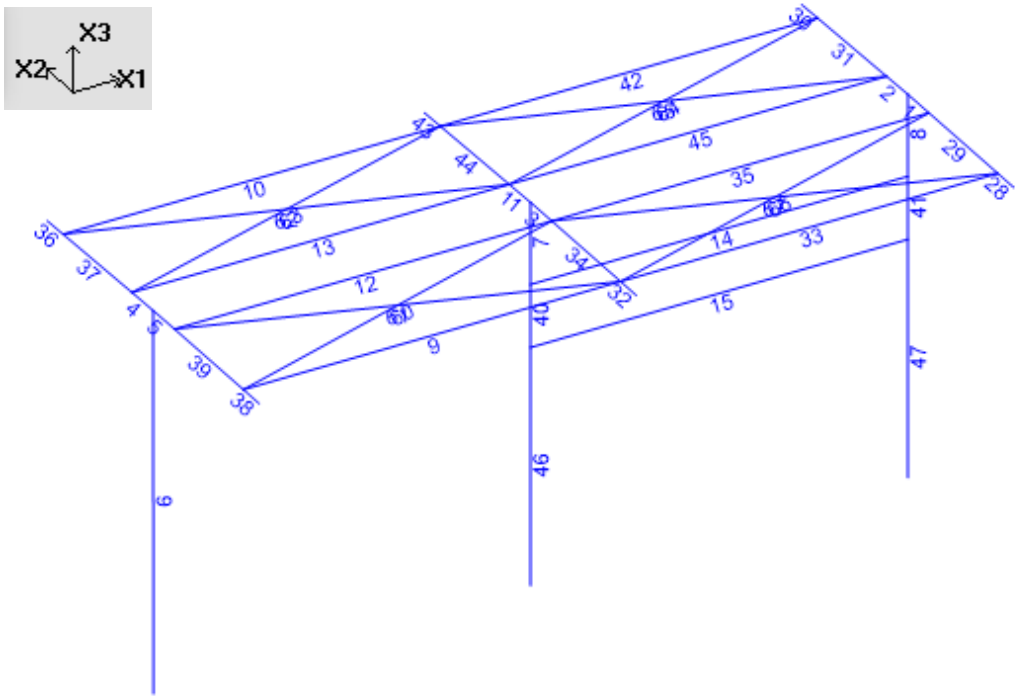


Figura 14 – Números das barras

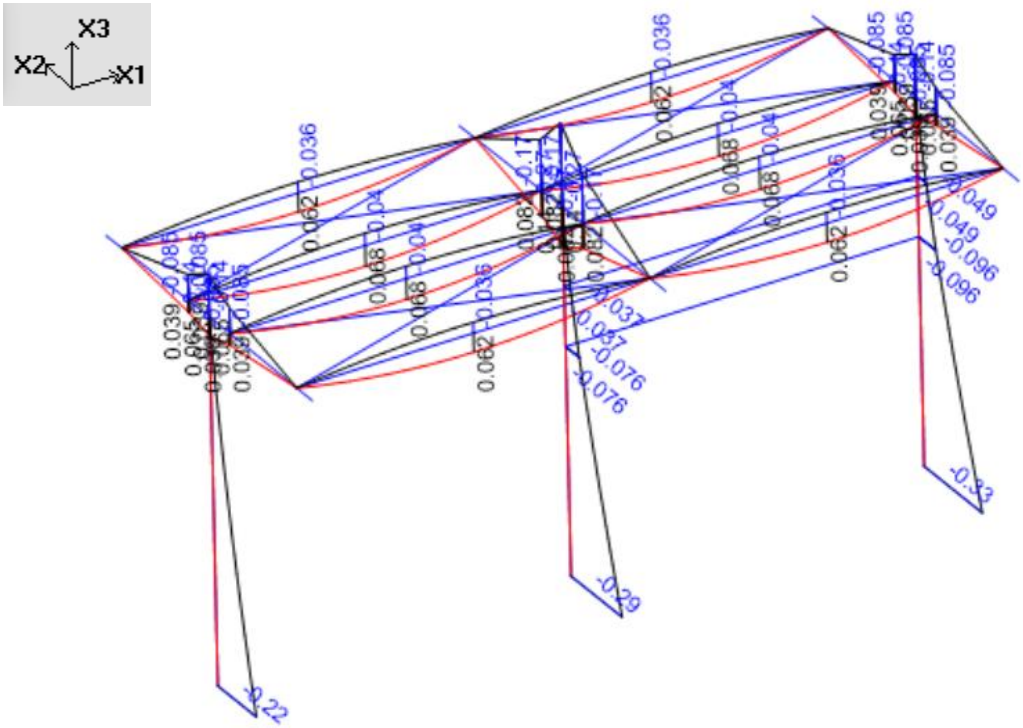


Figura 15 – Momento fletor M2 [tf.m]

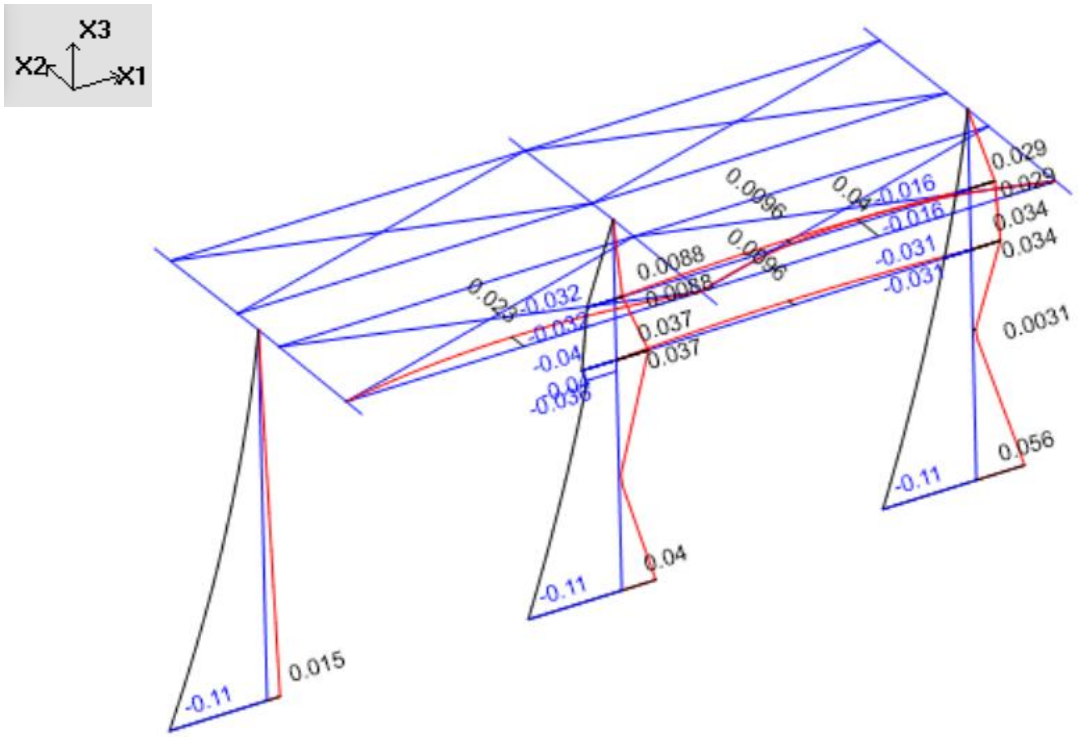


Figura 16 – Momento fletor M3 [tf.m]

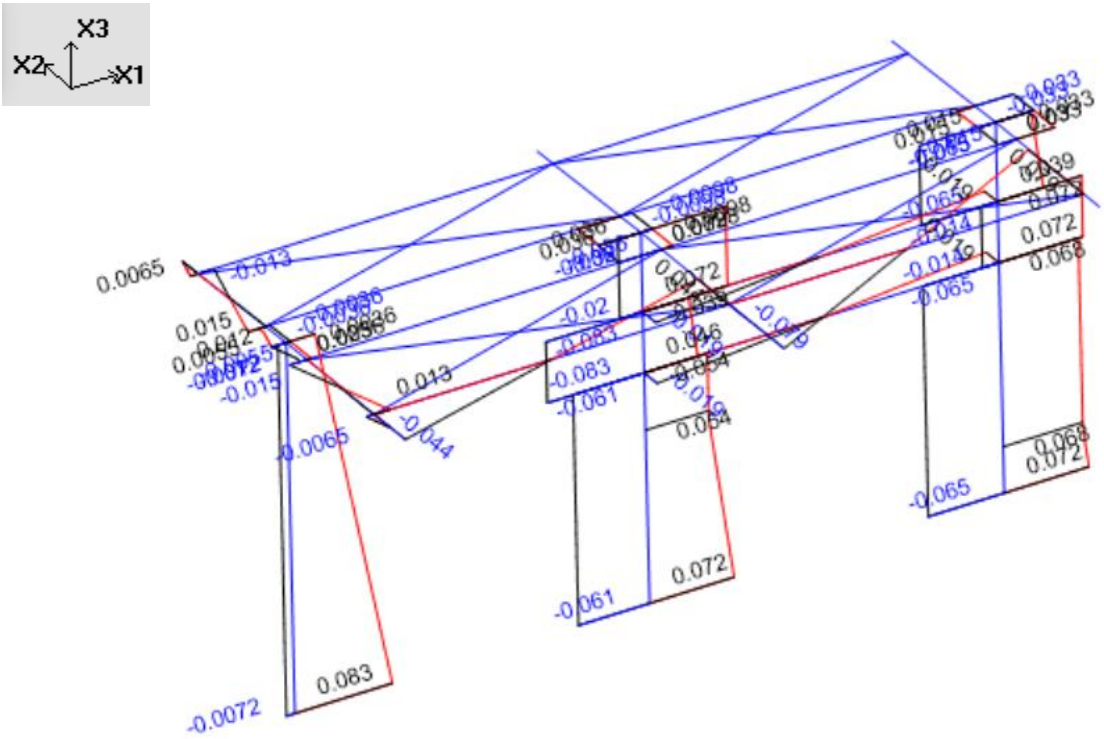


Figura 17 – Cortante V2 [tf]

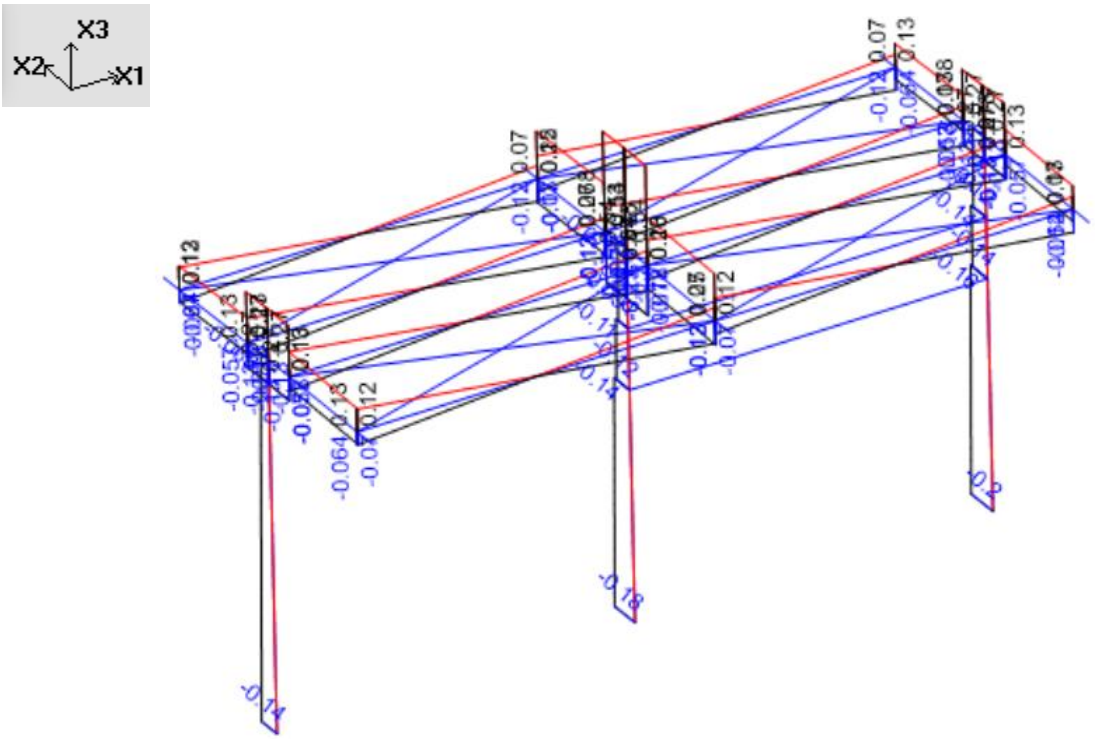


Figura 18 – Cortante V3 [tf]

Resultados Gerais

Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES Axial	Dir	Cort	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom
6	W 150x22.5	17	9028	57	-0.01	MJ	0.01	0.05	0.05	0.07
						MI	0.00	0.07	0.00	
7	W 150x22.5	18	8821	36	-0.02	MJ	0.02	0.07	0.07	0.08
						MI	0.00	0.06	0.00	
8	W 150x22.5	18	8848	36	-0.01	MJ	0.02	0.08	0.08	0.08
						MI	0.00	0.06	0.00	
9	U# 150x50#3.00	14	910	138	-0.19	MJ	0.02	0.10	0.25	0.32
						MI	0.01	0.25	0.00	
10	U# 150x50#3.00	19	5116	138	-0.19	MJ	0.02	0.10	0.12	0.31
12	U# 150x50#3.00	19	4660	138	-0.19	MJ	0.02	0.10	0.13	0.33
13	U# 150x50#3.00	19	4660	138	-0.19	MJ	0.02	0.10	0.13	0.33
14	L 2.5"x1/4"	4	3534	164	-0.01	MJ	0.00	0.03	0.03	0.06
						MI	0.00	0.02	0.00	
15	L 2.5"x1/4"	4	3534	164	-0.02	MJ	0.00	0.03	0.03	0.06
						MI	0.00	0.02	0.00	
30	U# 150x50#4.75	19	5160	44	-0.02	MJ	0.03	0.12	0.11	0.15
						MI	0.01	0.04	0.00	
33	U# 150x50#3.00	14	515	138	-0.19	MJ	0.02	0.10	0.44	0.51
						MI	0.02	0.44	0.00	
35	U# 150x50#3.00	19	4660	138	-0.19	MJ	0.02	0.10	0.13	0.32
38	U# 150x50#4.75	19	5162	44	-0.02	MJ	0.03	0.12	0.11	0.13
						MI	0.00	0.02	0.00	
42	U# 150x50#3.00	19	5116	138	-0.19	MJ	0.02	0.10	0.12	0.32
43	U# 150x50#4.75	19	2645	44	-0.03	MJ	0.06	0.23	0.22	0.29
						MI	0.01	0.04	0.00	
45	U# 150x50#3.00	19	4660	138	-0.19	MJ	0.02	0.10	0.13	0.32
60	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09
						MI	0.00	0.03	0.00	
61	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09
						MI	0.00	0.03	0.00	
62	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09
						MI	0.00	0.03	0.00	
63	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09
						MI	0.00	0.03	0.00	
64	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09
						MI	0.00	0.03	0.00	
65	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09
						MI	0.00	0.03	0.00	
66	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09
						MI	0.00	0.03	0.00	
67	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09
						MI	0.00	0.03	0.00	

Os resultados gerais são apresentados em forma de tabela, sendo:

Barr = número da barra

Seção = perfil verificado ou dimensionado (note que o programa pode encurtar o nome do perfil)

Com = combinação dimensionante para esta barra

Flec/L = deformação máxima, em termos de (L/?)

Esbl = esbeltez atual

Dir = eixo da seção em que o momento está atuando:

MJ: eixo maior (x)

MI: eixo menor (y)

Axial = força axial; valores negativos indicam compressão

Cortante = força cortante

Mom =momento fletor

FLT = Flambagem Lateral com Torção

Combinada = tensões combinadas: força axial + momento

7.4 DESLOCAMENTO

Envoltória de combinações características de 1 a 5.

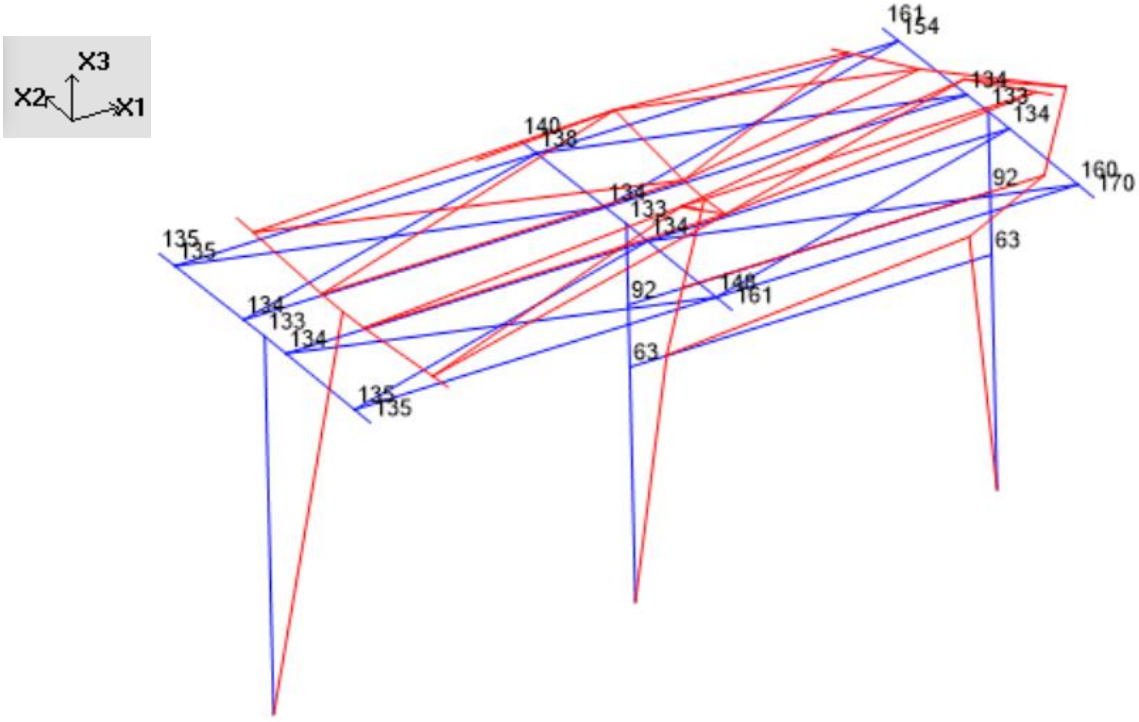


Figura 19 – Deformação [cm.10-2]

Deslocamento máximo: 0,1701 cm.

Deslocamentos máximos conforme NBR 8800 tabela C.1

Deslocamento para o nó n.º: 1 unidades: cm

Deslocamento total

dX1= 0.133 dX2= 0 dX3= 0.0005 total= 0.133

Deslocamento relativo

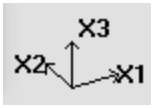
Relativo a linha 11 1 L= 210

dX1= 0.133	dX2= 0	dX3= 0.0005	total= 0.133
L/ 1578		L/ 400159	L/ 1578

L/250 (vigas de cobertura) > L/1578

8 COBERTURA DO TERMINAL 2 – UTR 12501

8.1 Modelo



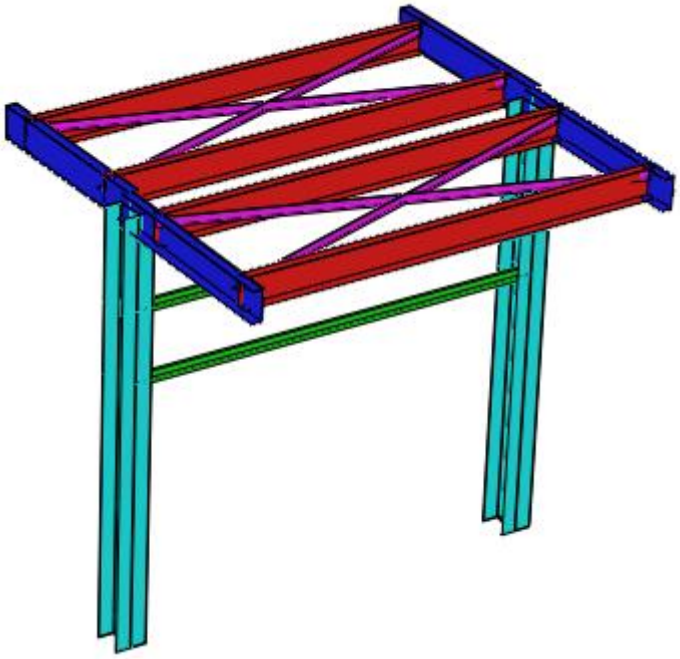


Figura 20 – Vista Renderizada do modelo

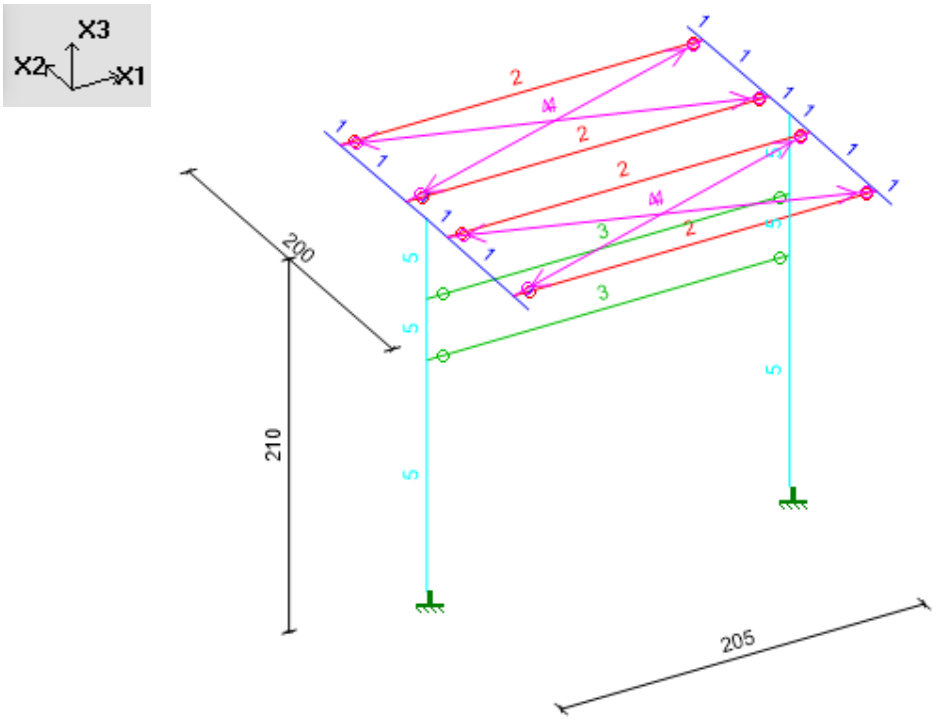
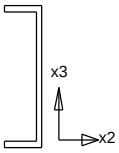


Figura 21 – Propriedades e vínculos [cm]

TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - cm)

PROPRIEDADE N.1 - U#150x50#4.75

A=0.1113E+02 I2=0.3441E+03 I3=0.2379E+02 J=0.8373E+00 SF2=0.500
Material = 1 - STEE Perímetro=47.827 SF3=0.500
h2=5.000 h3=15.000 e2=3.792 e3=7.500
Chapa dobrada U#150x50#4.75
H =150.0mm t =4.8mm
B =50.0mm



PROPRIEDADE N.2 - U#150x50#3.00

A=0.7204E+01 I2=0.2302E+03 I3=0.1591E+02 J=0.2161E+00 SF2=0.500
Material = 1 - STEE Perímetro=48.627 SF3=0.500
h2=5.000 h3=15.000 e2=3.869 e3=7.500
Chapa dobrada U#150x50#3.00
H =150.0mm t =3.0mm
B =50.0mm

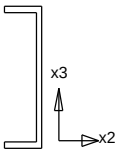
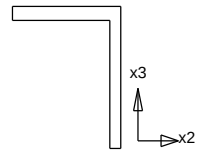


TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - cm)

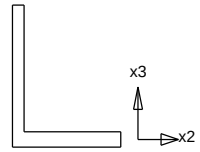
PROPRIEDADE N.3 - L2.5"x1/4"

A=0.7661E+01 I2=0.2927E+02 I3=0.2927E+02 J=0.9842E+00 SF2=0.500
Material = 1 - STEE Perímetro=25.400 SF3=0.500
h2=6.350 h3=6.350 e2=4.529 e3=4.529
Angulo eixo principal= 45.0 Iu=0.4660E+02 Iv=0.1194E+02
Laminado L2.5"x1/4"
h =63.5mm t =6.4mm
b =63.5mm



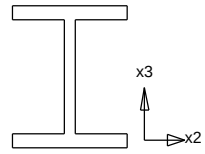
PROPRIEDADE N.4 - L1.75"x3/16"

A=0.4007E+01 I2=0.7453E+01 I3=0.7453E+01 J=0.2885E+00 SF2=0.500
Material = 1 - STEE Perímetro=17.780 SF3=0.500
h2=4.445 h3=4.445 e2=3.159 e3=3.159
Laminado L1.75"x3/16"
h =44.5mm t =4.8mm
b =44.5mm



PROPRIEDADE N.5 - W150x22.5

A=0.2900E+02 I2=0.1229E+04 I3=0.3870E+03 J=0.4750E+01 SF2=0.274
Material = 1 - STEE Perímetro=90.040 SF3=0.578
h2=15.200 h3=15.200 e2=7.600 e3=7.600
Laminado W150x22.5
h =152.0mm tw=5.8mm
bf=152.0mm tf=6.6mm



8.2 Carregamentos

8.2.1 Peso Próprio

Peso próprio da estrutura, peso correspondente ao material usado (conforme indicado no item 4.2 deste memorial) no processamento, gerado automaticamente pelo software de cálculo.

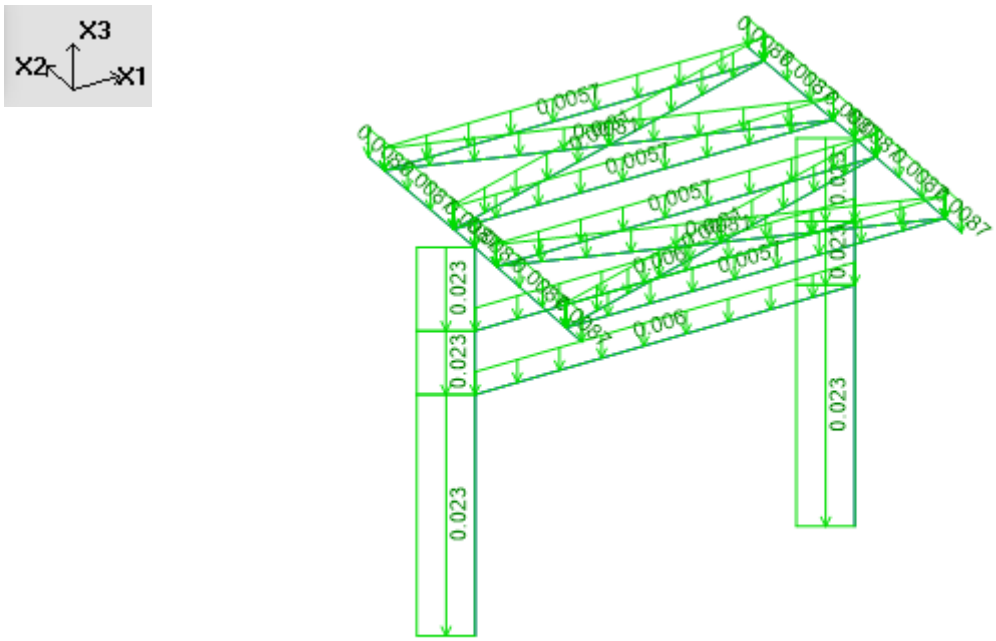


Figura 22 – Peso Próprio [tf/m]

8.2.2 Permanente

Telha trapezoidal 0,007 tf/m².

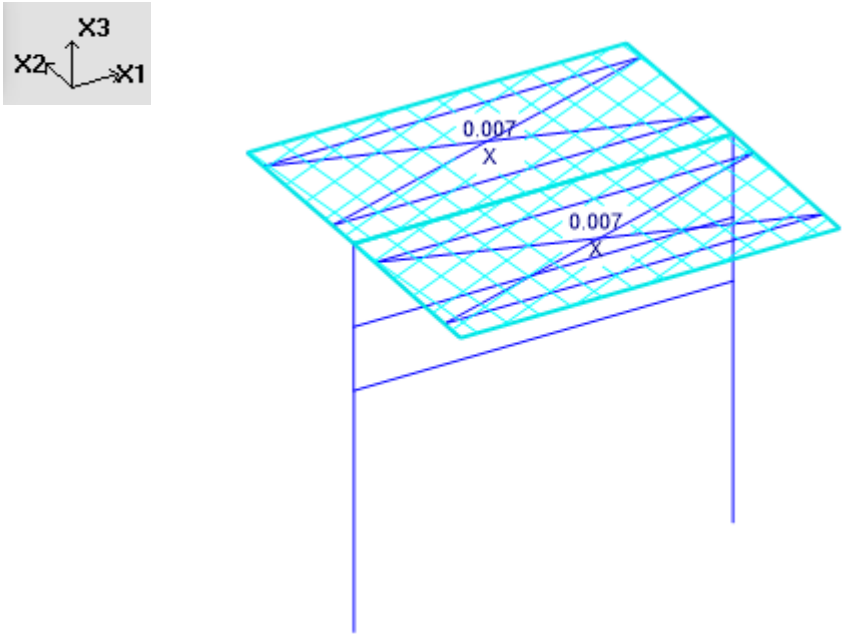
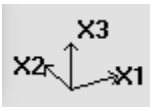


Figura 23 – Permanente [tf/m²]

8.2.3 Sobrecarga

Sobrecarga na cobertura 0,15 tf/m².



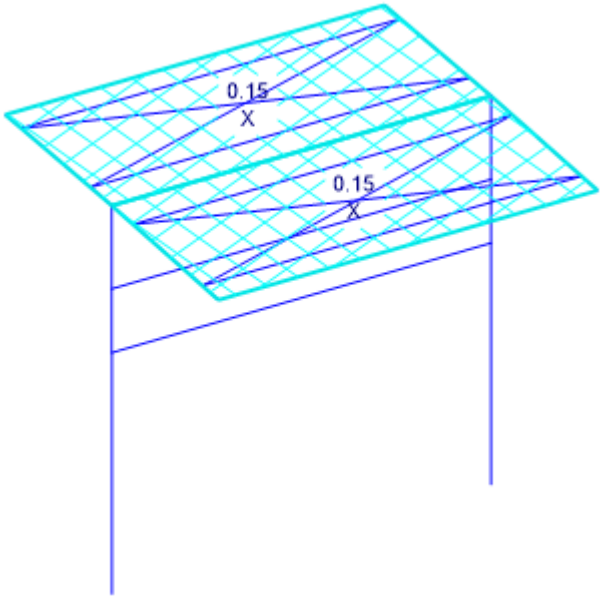


Figura 24 – Sobrecarga [tf/m²]

8.2.4 Vento

V0 = 50 m/s;

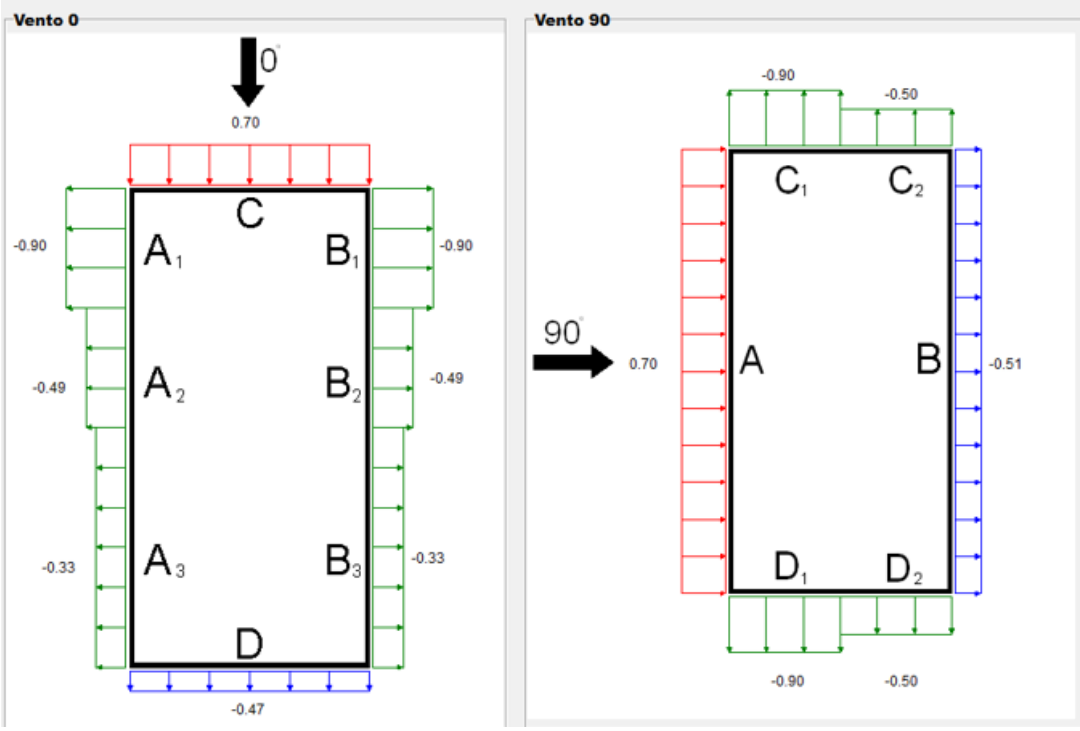
S1 = 1,0 (terrenos planos com poucas ondulações);

S2 = 0,88 (categoria do terreno III, Classe edificação A);

S3 = 1,0 (grupo 3);

Vk = 44 m/s;

q = 0,613 x Vk^2 = 0,12 tf/m².


Vento 0
0°
0.70
C
A1
B1
A2
B2
A3
B3
D
-0.90
-0.90
-0.49
-0.49
-0.33
-0.33
-0.47
Vento 90
90°
0.70
-0.90
-0.50
C1
C2
A
B
D1
D2
-0.51
-0.90
-0.50

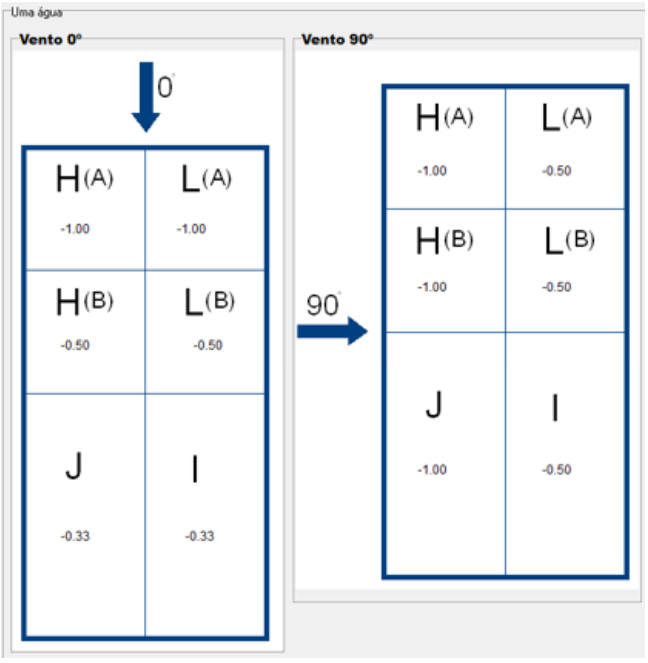
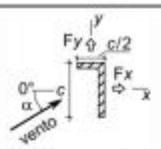
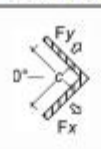

Uma água
Vento 0°
0°
H(A) -1.00
L(A) -1.00
H(B) -0.50
L(B) -0.50
J -0.33
I -0.33
Vento 90°
90°
H(A) -1.00
L(A) -0.50
H(B) -1.00
L(B) -0.50
J -1.00
I -0.50

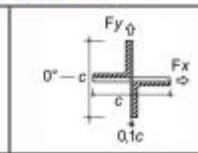
Tabela 26 – Coeficientes de força C_x e C_y para barras prismáticas de faces planas de comprimento infinito



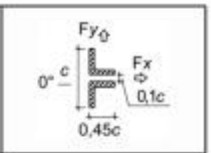
α	C_x	C_y
0°	+1,9	+0,95
45°	+1,8	+0,8
90°	+2,0	+1,7
135°	−1,8	−0,1
180°	−2,0	+0,1



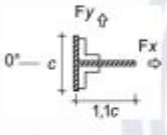
α	C_x	C_y
0°	+1,8	+1,8
45°	+2,1	+1,8
90°	−1,9	−1,0
135°	−2,0	+0,3
180°	−1,4	−1,4



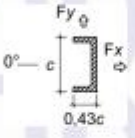
α	C_x	C_y
0°	+1,75	+0,1
45°	+0,85	+0,85
90°	+0,1	+1,75
135°	−0,75	+0,75
180°	−1,75	−0,1



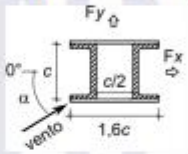
α	C_x	C_y
0°	+1,6	0
45°	+1,5	−0,1
90°	−0,95	+0,7
135°	−0,5	+1,05
180°	−1,5	0



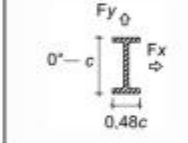
α	C_x	C_y
0°	+2,0	0
45°	+1,2	+0,9
90°	−1,6	+2,15
135°	−1,1	+2,4
180°	−1,7	±2,1



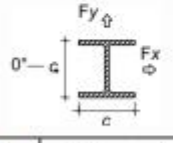
α	C_x	C_y
0°	+2,05	0
45°	+1,85	+0,6
90°	0	+0,6
135°	−1,6	+0,4
180°	−1,8	0



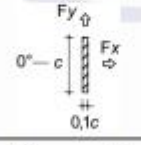
α	C_x	C_y
0°	+1,4	0
45°	+1,2	+1,6
90°	0	+2,2
135°	—	—
180°	—	—



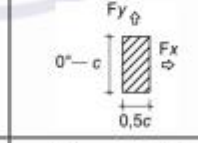
α	C_x	C_y
0°	+2,05	0
45°	+1,95	+0,6
90°	+0,5	+0,9
135°	—	—
180°	—	—



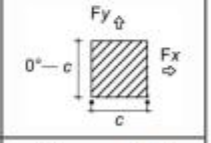
α	C_x	C_y
0°	+1,6	0
45°	+1,5	+1,5
90°	0	+1,9



α	C_x	C_y
0°	+2,0	0
45°	+1,8	+0,1
90°	0	+0,1



α	C_x	C_y
0°	+2,1	0
45°	+1,4	+0,7
90°	0	+0,75



α	C_x	C_y
0°	+2,0	0
45°	+1,55	+1,55
90°	0	+2,0

NOTA 1 Nesta tabela os coeficientes de força C_x e C_y são dados em relação à dimensão c e não, como em outras tabelas, em relação à área frontal efetiva A_e.

NOTA 2 A dimensão c_α é utilizada para determinar o fator de redução K (ver a Tabela 28).

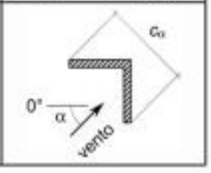


Figura 25 – Coeficientes de forma conforme ABNT NBR-6123.

Perfil	l [mm]	l/cx	l/cy	Kx	Ky	Cx	Cy	Nível 1 120.00 q.Cx.Kx.c [kg/m]	Nível 1 120.00 q.Cy.Ky.c [kg/m]
U150X60	1000	7	17	0.7	0.8	2.5	0.6	31	3
L 2.1/2"	1000	16	16	0.8	0.8	2.1	2.1	13	13
W 150 x 22,5 (H)	1000	7	7	0.7	0.7	1.6	1.9	20	24

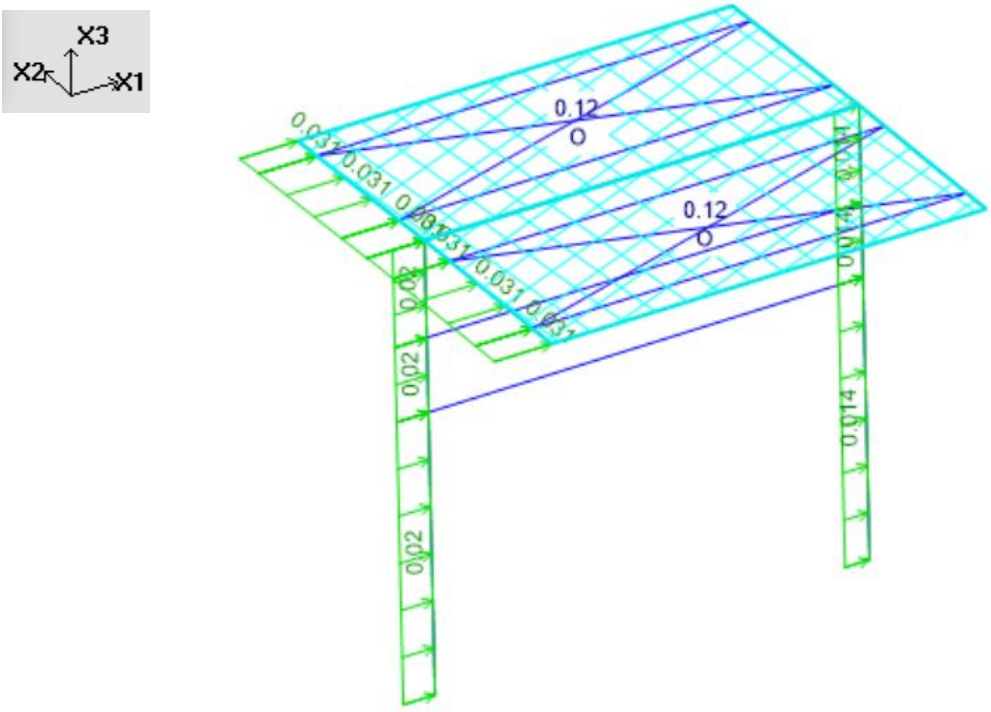


Figura 26 – Vento 0º [tf/m, tf/m²]

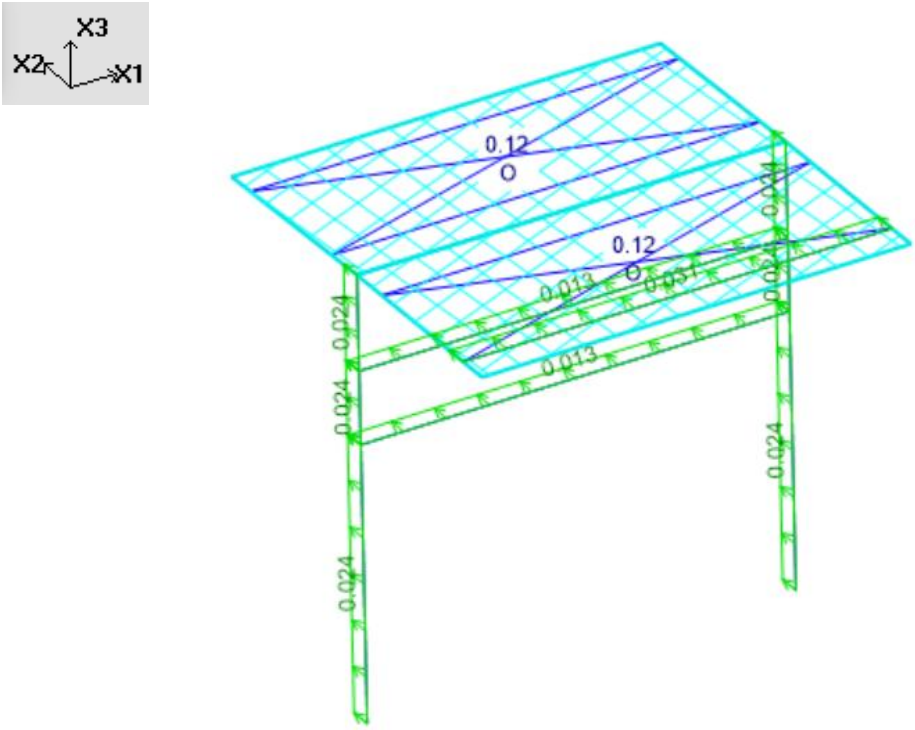
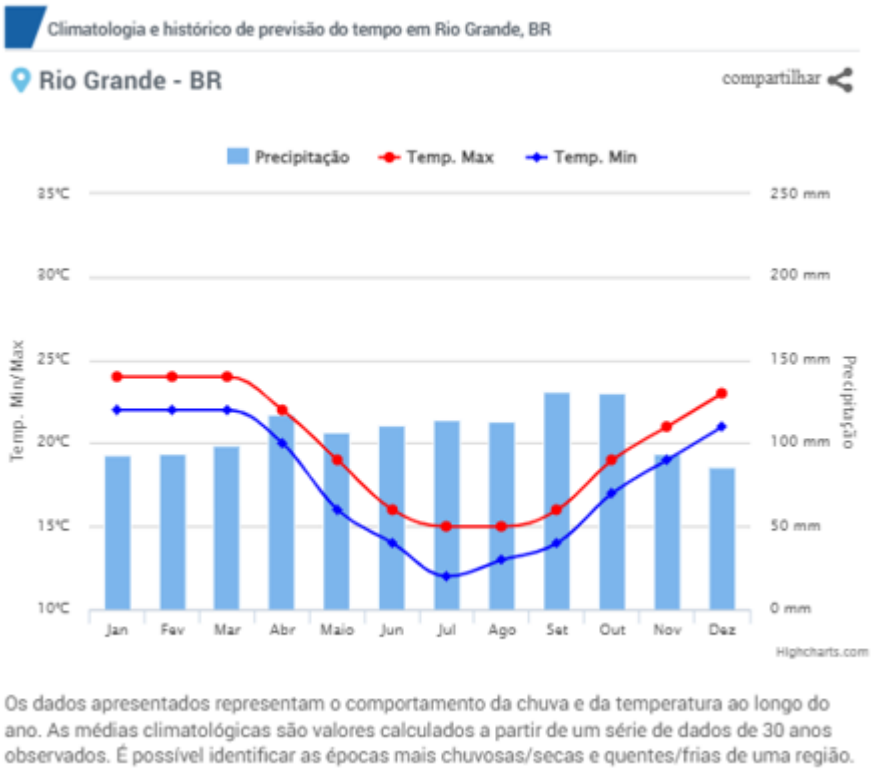


Figura 27 – Vento 90º [tf/m, tf/m²],

8.2.5 Temperatura

Variação de temperatura +15ºC/-15ºC.



Os dados apresentados representam o comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano. As médias climatológicas são valores calculados a partir de um série de dados de 30 anos observados. É possível identificar as épocas mais chuvosas/secas e quentes/frias de uma região.

Figura 28 – Gráfico Climatologia de Rio Grande, RS

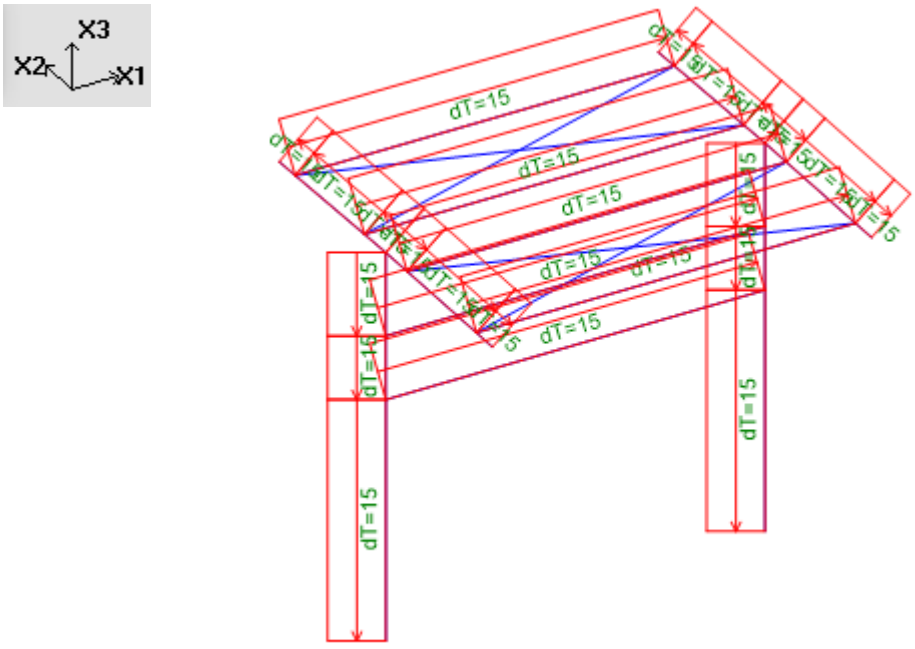


Figura 29 – Temperatura +15 [ºC]

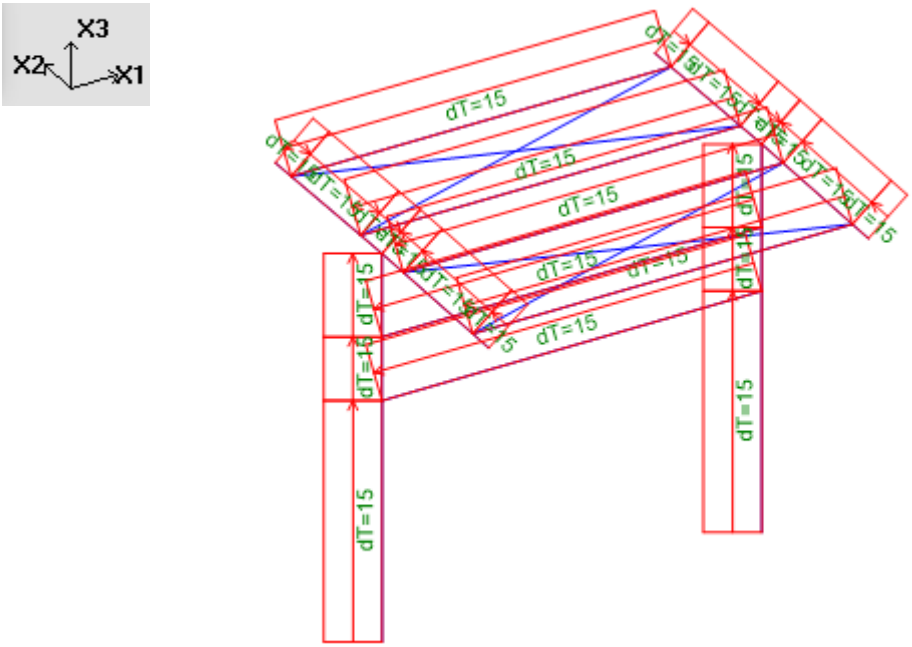


Figura 30 – Temperatura -15 [ºC]

LISTA DE CARREGAMENTOS		
Nº	*Nº nos result.*	*nome*
1	1	Peso Próprio
2	2	Permanente
3	3	Sobrecarga
4	4	Vento 0°
5	5	Vento 90°
6	6	Temp+
7	7	Temp.-

Tabela de Combinações	
Comb.	
1	**ELS** 1 * 1.00 + 2 * 1.00
2	**ELS** 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70
3	1*1.00+2*1.00+Vento*1.00 #1 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 4 * 1.00
4	1*1.00+2*1.00+Vento*1.00 #2 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 5 * 1.00
5	1*1.00+2*1.00+Temp.*1.00 #1 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 6 * 1.00
6	1*1.00+2*1.00+Temp.*1.00 #2 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 7 * 1.00
7	1*1.00+2*1.00+3*0.70+Vento*1.00 #1 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70 + 4 * 1.00
8	1*1.00+2*1.00+3*0.70+Vento*1.00 #2 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70 + 5 * 1.00

9	1*1.00+2*1.00+3*0.70+Temp.*1.00 #1 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70 + 6 * 1.00
10	1*1.00+2*1.00+3*0.70+Temp.*1.00 #2 1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70 + 7 * 1.00
11	**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35
12	**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50
13	1*1.25+2*1.35+Vento*1.40 #1 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 4 * 1.40
14	1*1.25+2*1.35+Vento*1.40 #2 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 5 * 1.40
15	1*1.25+2*1.35+Temp.*1.20 #1 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 6 * 1.20
16	1*1.25+2*1.35+Temp.*1.20 #2 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 7 * 1.20
17	1*1.25+2*1.35+3*1.50+Vento*1.40 #1 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50 + 4 * 1.40
18	1*1.25+2*1.35+3*1.50+Vento*1.40 #2 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50 + 5 * 1.40
19	1*1.25+2*1.35+3*1.50+Temp.*1.20 #1 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50 + 6 * 1.20
20	1*1.25+2*1.35+3*1.50+Temp.*1.20 #2 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50 + 7 * 1.20

8.3 Verificação Estado Limite Último

A verificação para o estado limite último (ELU) consiste na garantia da seguinte condição:

$$S_d \leq R_d$$

Ou seja, os valores de cálculo das solicitações (S_d) devem ser menores ou iguais aos valores de cálculo das resistências (R_d), considerando todos os cenários de verificação propostos pela NBR 8800.

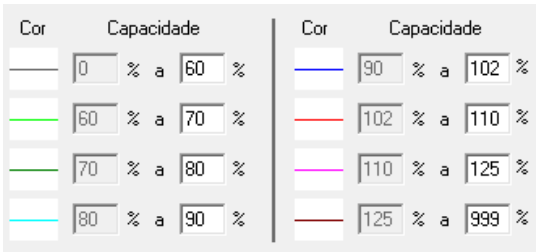


Figura 31 – Legenda – Capacidade de utilização [%]

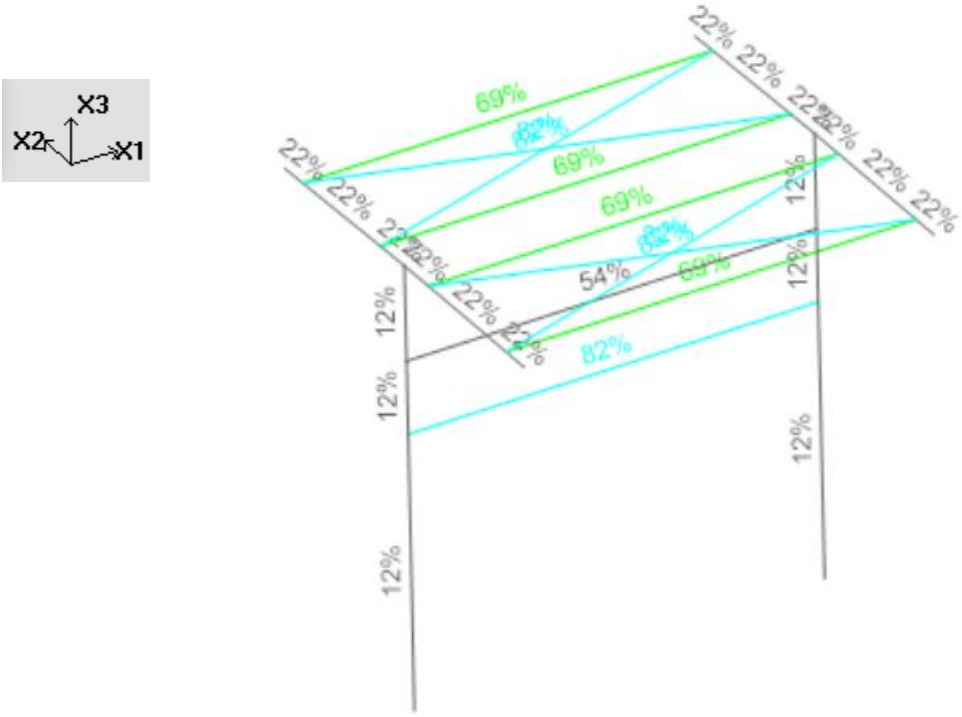


Figura 32 – Capacidade de utilização [%]

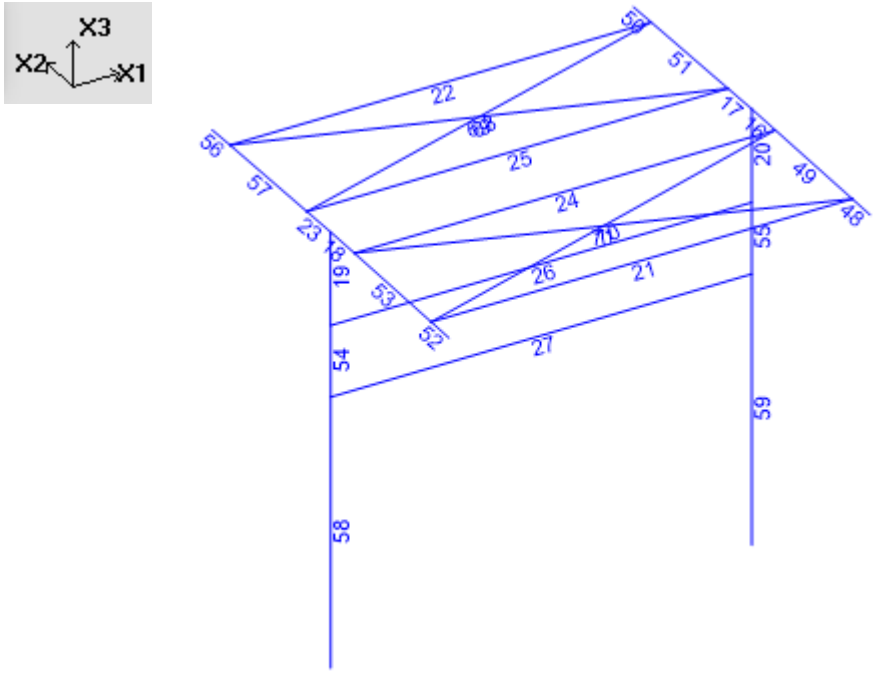


Figura 33 – Números das barras

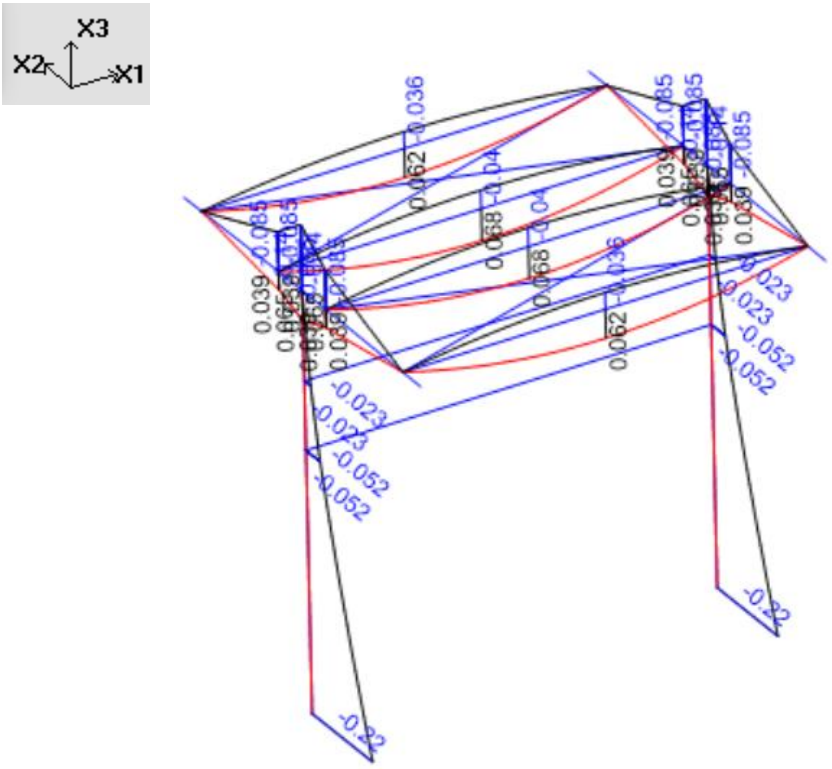


Figura 34 – Momento fletor M2 [tf.m]

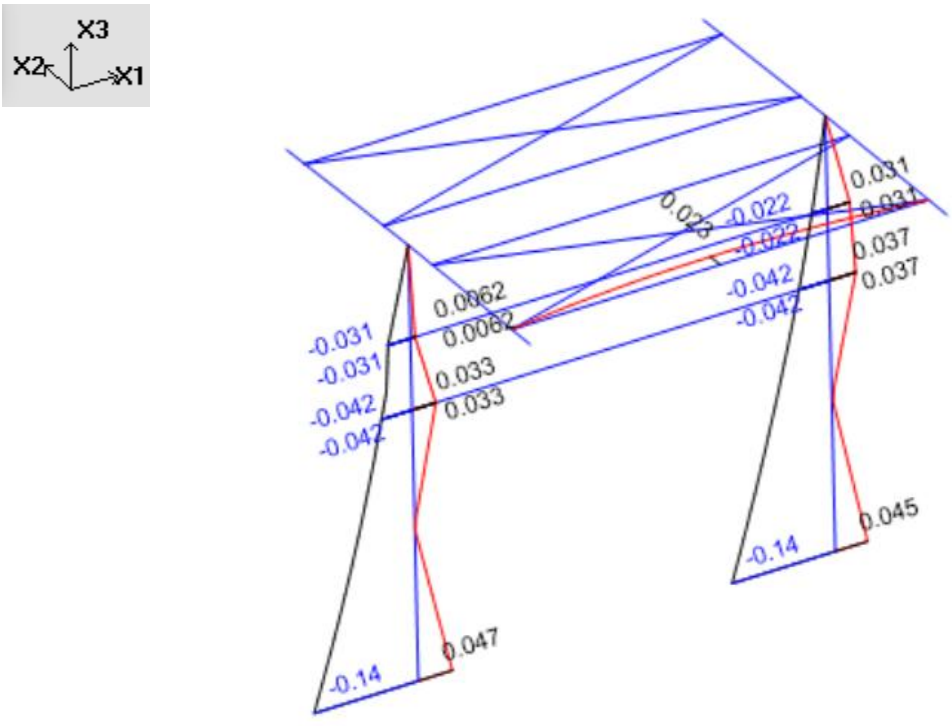


Figura 35 – Momento fletor M3 [tf.m]

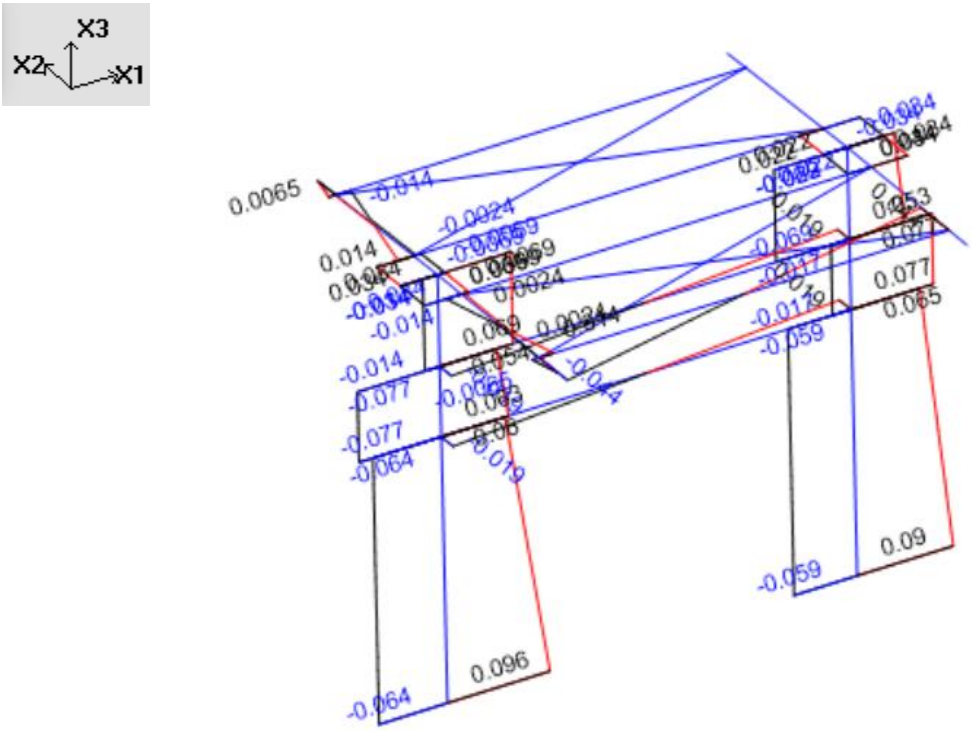


Figura 36 – Cortante V2 [tf]

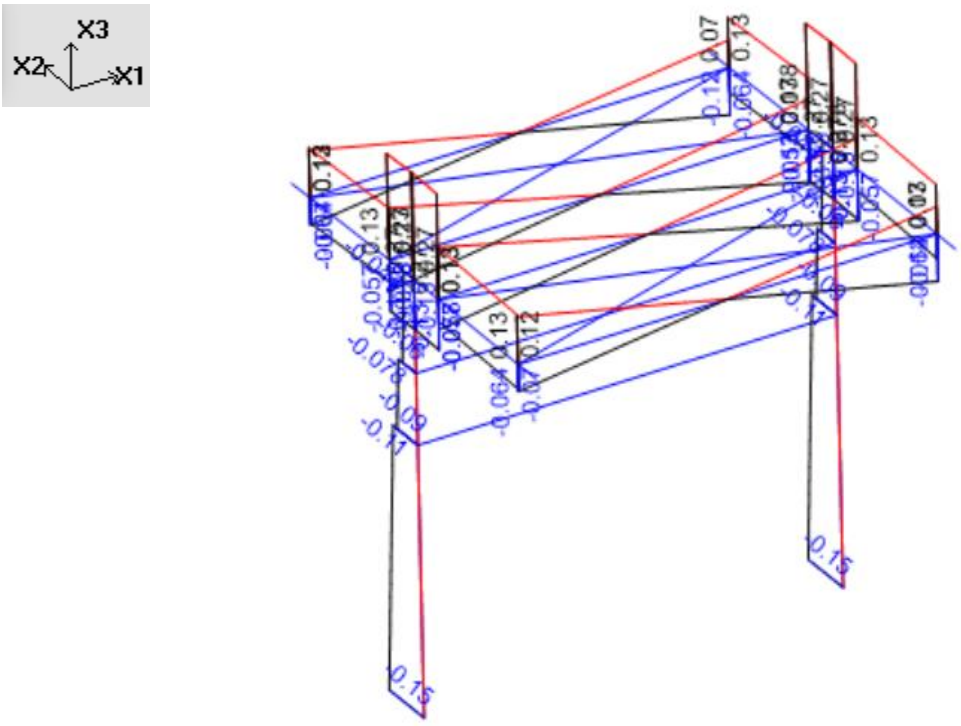


Figura 37 – Cortante V3 [tf]

Resultados Gerais

					CAPACIDADES						
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	Axial	Dir	Cort	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
19	W 150x22.5	17	6582	36	-0.01	MJ	0.01	0.05	0.06	0.09	
						MI	0.00	0.09	0.00		
20	W 150x22.5	17	6570	36	-0.01	MJ	0.01	0.05	0.06	0.09	
						MI	0.00	0.08	0.00		
21	U# 150x50#3.00	14	910	138	-0.20	MJ	0.02	0.10	0.25	0.32	
						MI	0.01	0.25	0.00		
22	U# 150x50#3.00	19	5116	138	-0.20	MJ	0.02	0.10	0.12	0.32	
24	U# 150x50#3.00	19	4660	138	-0.19	MJ	0.02	0.10	0.13	0.32	
25	U# 150x50#3.00	19	4660	138	-0.19	MJ	0.02	0.10	0.13	0.32	
26	L 2.5"x1/4"	4	3534	164	-0.01	MJ	0.00	0.03	0.03	0.06	
						MI	0.00	0.02	0.00		
27	L 2.5"x1/4"	4	3534	164	-0.02	MJ	0.00	0.03	0.03	0.06	
						MI	0.00	0.02	0.00		
50	U# 150x50#4.75	19	5161	44	-0.02	MJ	0.03	0.12	0.11	0.15	
						MI	0.01	0.04	0.00		
56	U# 150x50#4.75	19	5161	44	-0.02	MJ	0.03	0.12	0.11	0.16	
						MI	0.01	0.04	0.00		
68	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09	
						MI	0.00	0.03	0.00		
69	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09	
						MI	0.00	0.03	0.00		
70	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09	
						MI	0.00	0.03	0.00		
71	L 1.75"x3/16"	1	2050	247	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09	
						MI	0.00	0.03	0.00		

Os resultados gerais são apresentados em forma de tabela, sendo:

Barr = número da barra

Seção = perfil verificado ou dimensionado (note que o programa pode encurtar o nome do perfil)

Com = combinação dimensionante para esta barra

Flec/L = deformação máxima, em termos de (L/?)

Esbl = esbeltez atual

Dir = eixo da seção em que o momento está atuando:

MJ: eixo maior (x)

MI: eixo menor (y)

Axial = força axial; valores negativos indicam compressão

Cortante = força cortante

Mom =momento fletor

FLT = Flambagem Lateral com Torção

Combinada = tensões combinadas: força axial + momento

8.4 DESLOCAMENTO

Envoltória de combinações características de 1 a 5.

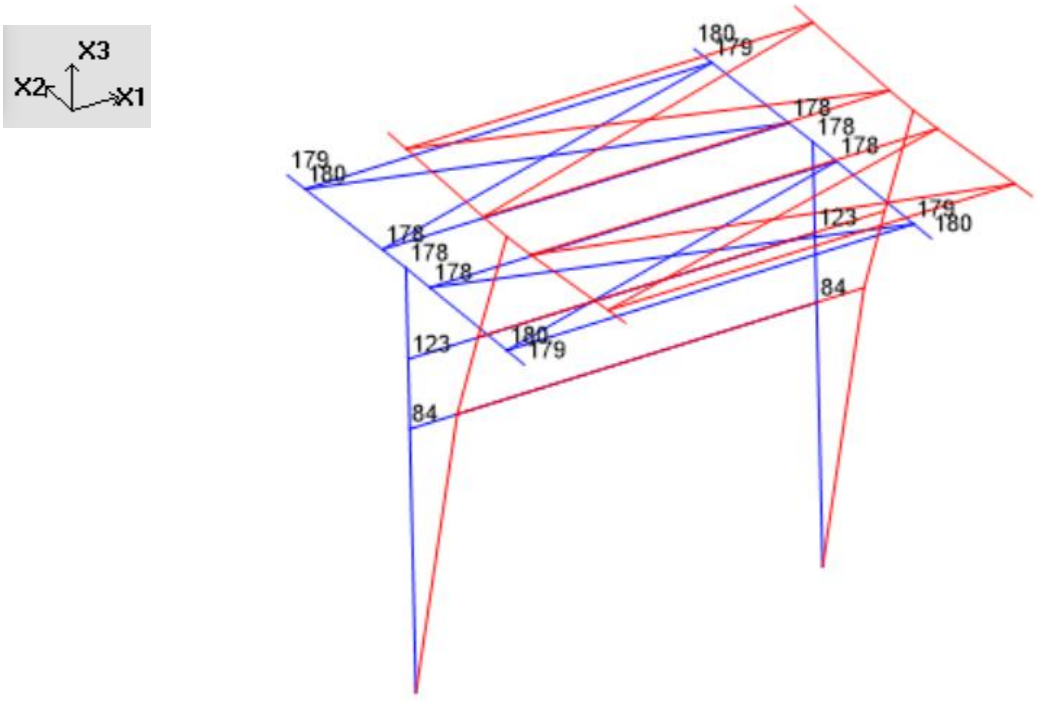


Figura 38 – Deformação [cm.10-^{2}]

Deslocamento máximo: 0,1797 cm.

Deslocamentos máximos conforme NBR 8800 tabela C.1

Deslocamento para o nó n.º: 25 unidades: cm

Deslocamento total

dX1= 0.1776 dX2= 0 dX3= 0.0005 total= 0.1776

Deslocamento relativo

Relativo a linha 31 25 L= 210

dX1= 0.1776	dX2= 0	dX3= 0.0005	total= 0.1776
L/ 1182		L/ 400051	L/ 1182

L/250 (vigas de cobertura) > L/1182

9 PLATAFORMA

9.1 Modelo

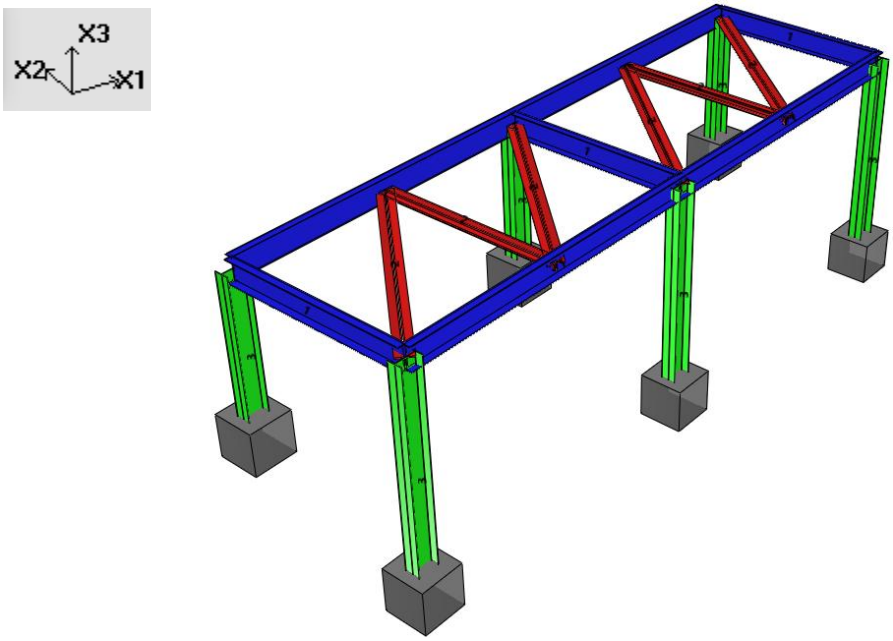


Figura 39 – Vista Renderizada do modelo

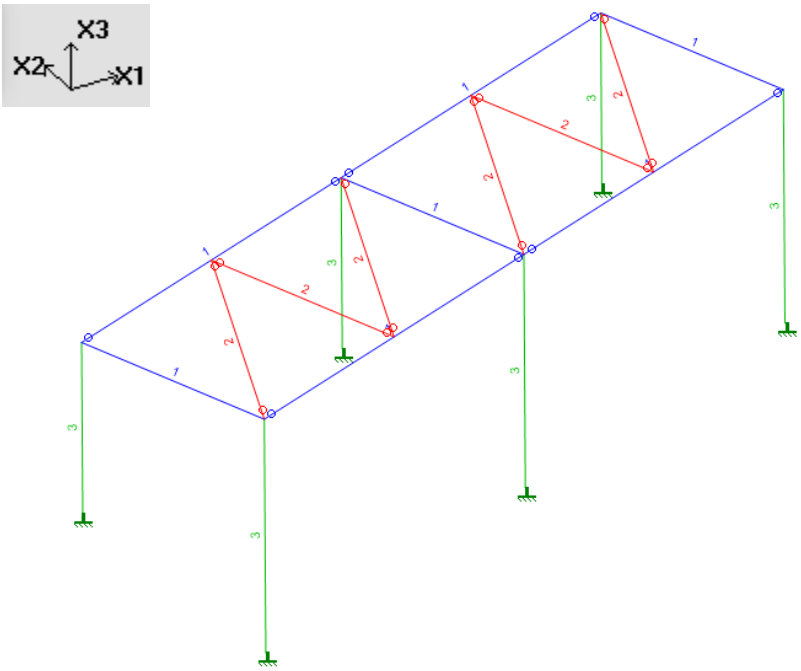


Figura 40 – Propriedades das barras e vínculos [cm]

Lista das propriedades	
Nº	*Descrição*
1	U#150x50#4,75
2	2L 2"x1/4"
3	W150x13

9.2 Carregamentos

9.2.1 Peso Próprio

Peso próprio da estrutura, peso correspondente ao material usado (conforme indicado no item 4.2 deste memorial) no processamento, gerado automaticamente pelo software de cálculo.

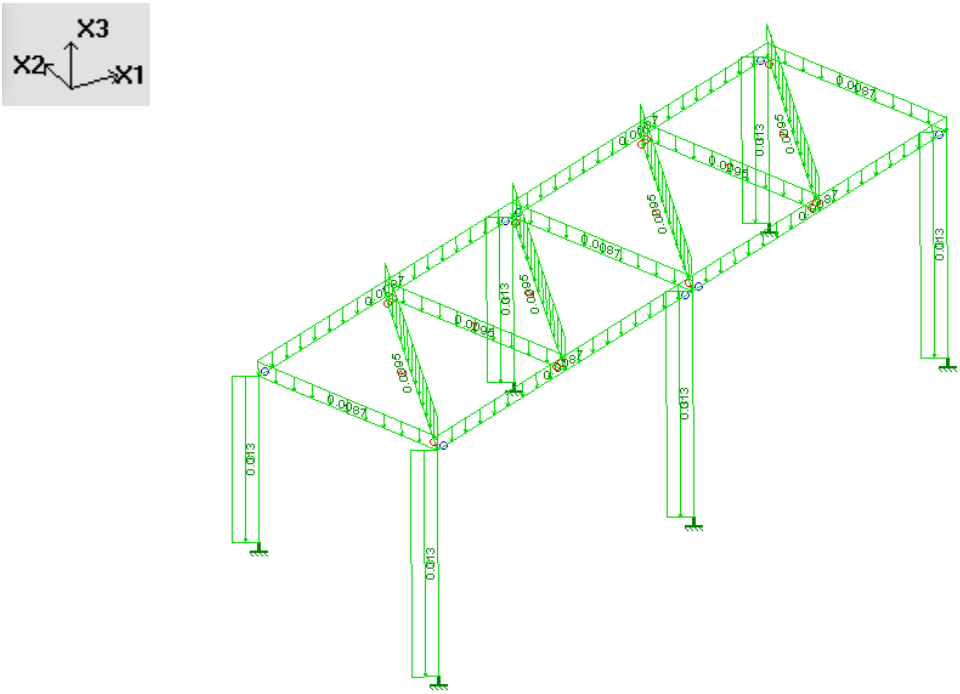


Figura 41 – Peso Próprio [tf/m²]

9.2.2 Permanente

Peso guarda corpo 0,018 tf/m

Peso chapa de piso 0,009 tf/m²

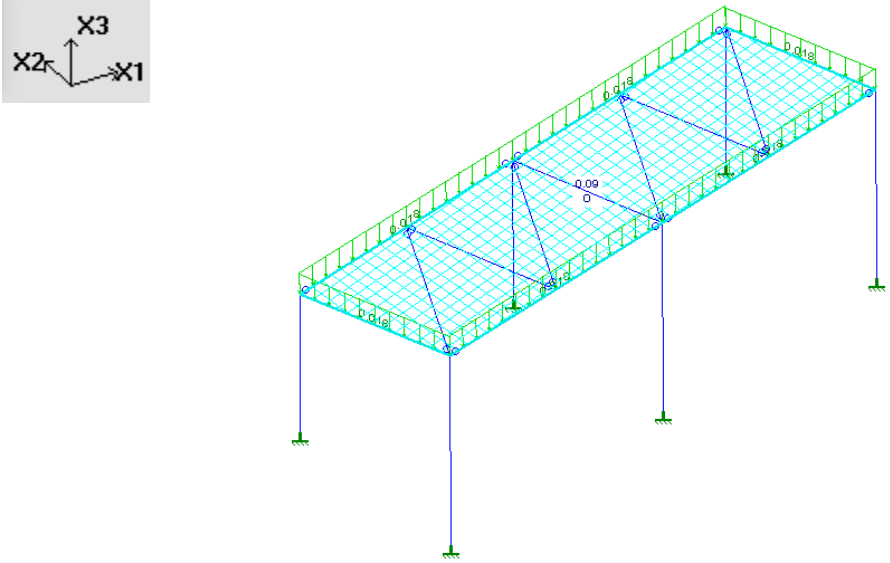


Figura 42 – Permanente [tf/m², tf/m]

9.2.3 Sobrecarga

Sobrecarga utilizada 0,25 tf/m² conforme item 3.1.2.2 da norma N-0279.

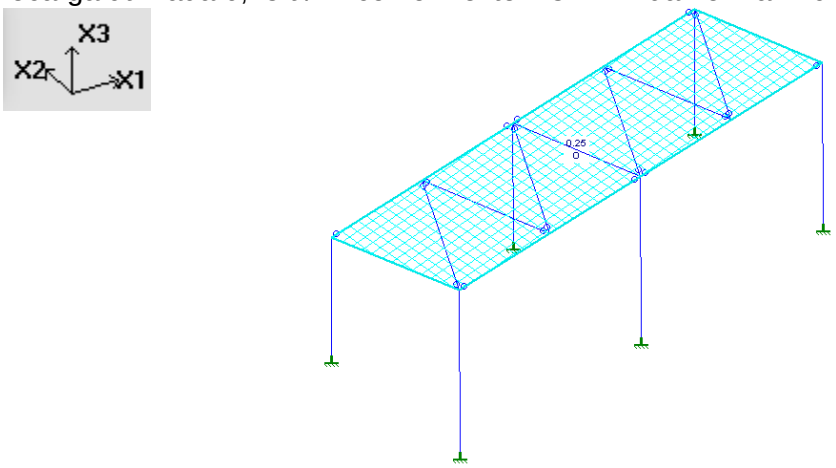


Figura 43 – Sobrecarga [tf/m²]

9.2.4 Vento

V0 = 50 m/s;

S1 = 1,0 (terrenos planos com poucas ondulações);

S2 = 0,79 (categoria do terreno IV, Classe edificação A);

S3 = 1,00 (grupo 3);

Vk = 45,55 m/s e q = 0,097 tf/m²;

Vento em x1: (L1/L2) = 0,25 e (h/L1) = 1,30;

Vento em x2: (L1/L2) = 3,91 e (h/L1) = 0,33;

Ca (vento X1) = 0,066 tf/m² e Ca (vento X1) = 0,120 tf/m²;

Coeficientes de forma conforme ABNT NBR-6123.

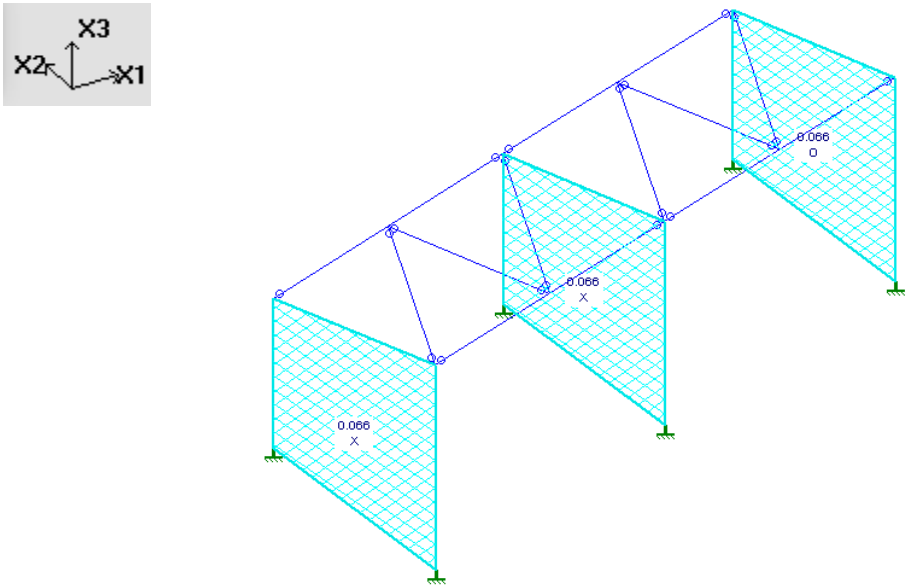


Figura 44 – Vento X1 [tf/m²]

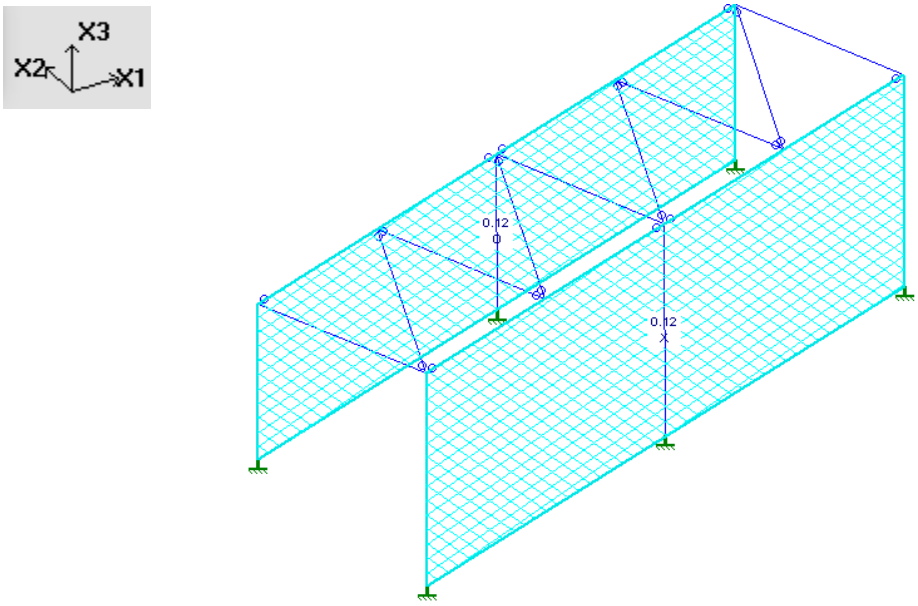


Figura 45 – Vento X2 [tf/m²]

9.2.5 Temperatura

Variação de temperatura +15ºC/-15ºC.

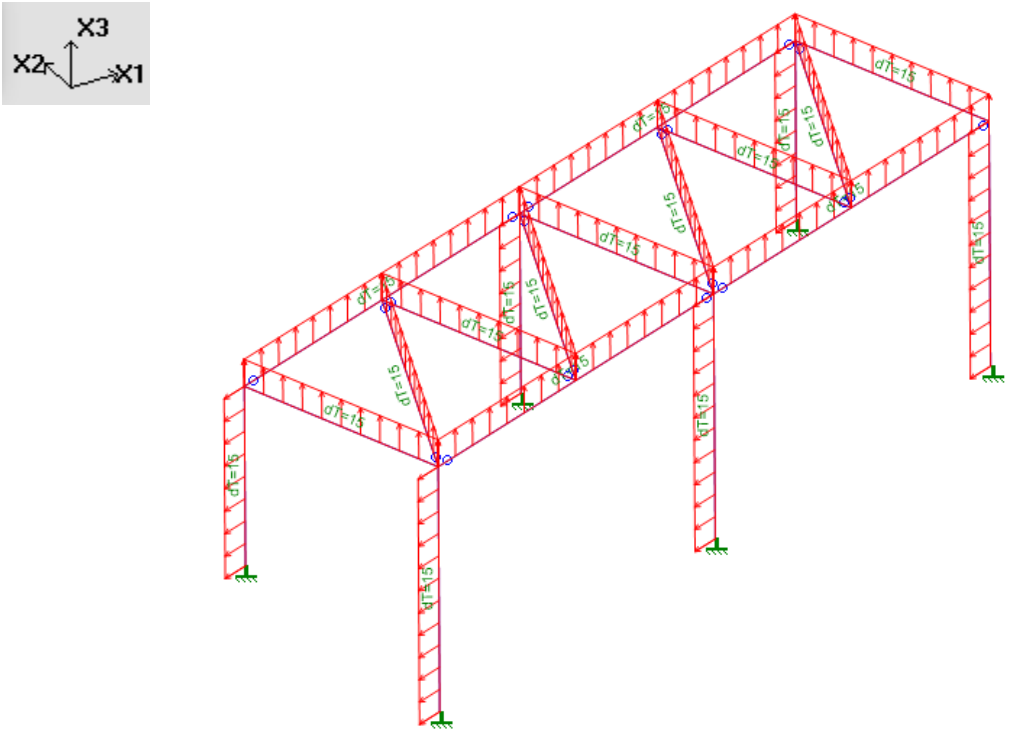


Figura 46 – Temperatura +15 [ºC]

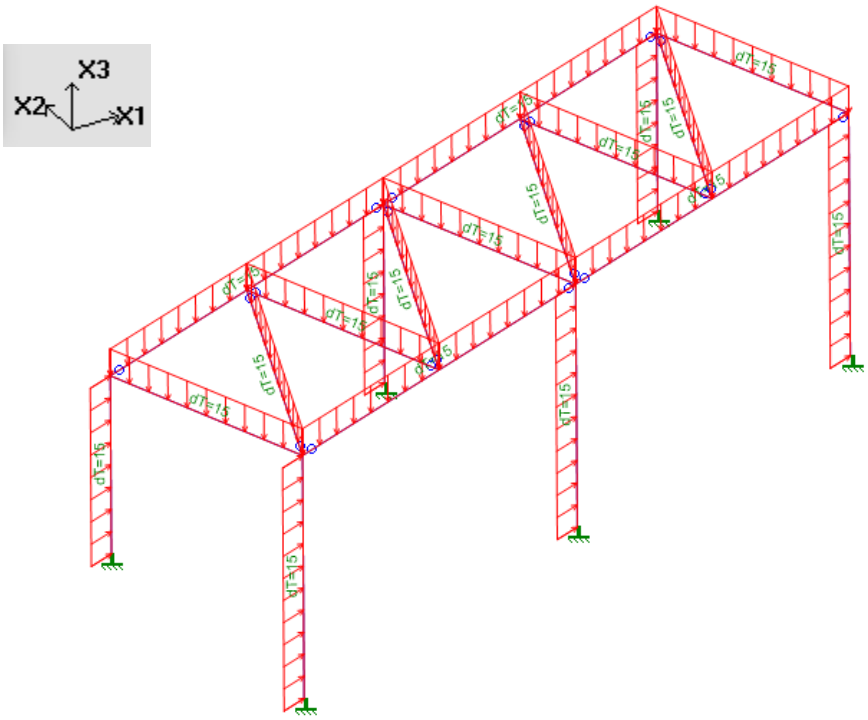


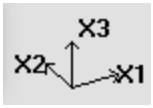
Figura 47 – Temperatura -15 [ºC]

LISTA DE CARREGAMENTOS		
Nº	***Nº result.***	***nome***
1	1	Peso Próprio
2	2	Sobrecarga
3	3	Permanente
4	4	+ Temp
5	5	-Temp
6	6	Vento X1
7	7	Vento X2

TABELA DE COMBINAÇÕES (resultados combinados)	
Lista de combinações	
1	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 4 * 0.30
2	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 1.00 + 5 * 0.30 + 6 * 0.72 1*1.00+2*1.00+4*0.30+6*0.72+Vento*1.00 #1**K**
3	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 4 * 0.30 + 6 * 0.72 + 6 * 1.00 1*1.00+2*1.00+4*0.30+6*0.72+Vento*1.00 #2**K**
4	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 4 * 0.30 + 6 * 0.72 + 7 * 1.00 1*1.00+2*1.00+Temp*1.00 #1**K**
5	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 4 * 1.00 1*1.00+2*1.00+Temp*1.00 #2**K**
6	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 5 * 1.00
7	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 3 * 0.70 1*1.00+2*1.00+Vento*1.00 #1**ELS**
8	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 6 * 1.00 1*1.00+2*1.00+Vento*1.00 #2**ELS**
9	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 7 * 1.00 1*1.00+2*1.00+Temp*1.00 #1**ELS**
10	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 4 * 1.00 1*1.00+2*1.00+Temp*1.00 #2**ELS**
11	1 * 1.00 + 2 * 1.00 + 5 * 1.00
12	1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50

13	1*1.25+2*1.35+Vento*1.50 #1**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 6 * 1.50
14	1*1.25+2*1.35+Vento*1.50 #2**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 7 * 1.50
15	1*1.25+2*1.35+Temp*1.50 #1**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 4 * 1.50
16	1*1.25+2*1.35+Temp*1.50 #2**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 5 * 1.50
17	1*1.25+2*1.35+3*1.50+Vento*1.20 #1**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50 + 6 * 1.20
18	1*1.25+2*1.35+3*1.50+Vento*1.20 #2**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.50 + 7 * 1.20
19	1*1.25+2*1.35+3*1.20+Vento*1.50 #1**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.20 + 6 * 1.50
20	1*1.25+2*1.35+3*1.20+Vento*1.50 #2**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.20 + 7 * 1.50
21	1*1.25+2*1.35+Temp*1.50 #1**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 4 * 1.50
22	1*1.25+2*1.35+Temp*1.50 #2**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 5 * 1.50
23	1*1.25+2*1.35+3*1.20+Temp*1.50 #1**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.20 + 4 * 1.50
24	1*1.25+2*1.35+3*1.20+Temp*1.50 #2**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 3 * 1.20 + 5 * 1.50
25	1*1.25+2*1.35+Vento*1.20+Temp*1.50 #1**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 6 * 1.20 + 4 * 1.50
26	1*1.25+2*1.35+Vento*1.20+Temp*1.50 #2**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 7 * 1.20 + 4 * 1.50
27	1*1.25+2*1.35+Vento*1.20+Temp*1.50 #3**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 6 * 1.20 + 5 * 1.50
28	1*1.25+2*1.35+Vento*1.20+Temp*1.50 #4**ELU** 1 * 1.25 + 2 * 1.35 + 7 * 1.20 + 5 * 1.50

9.3 Resultados



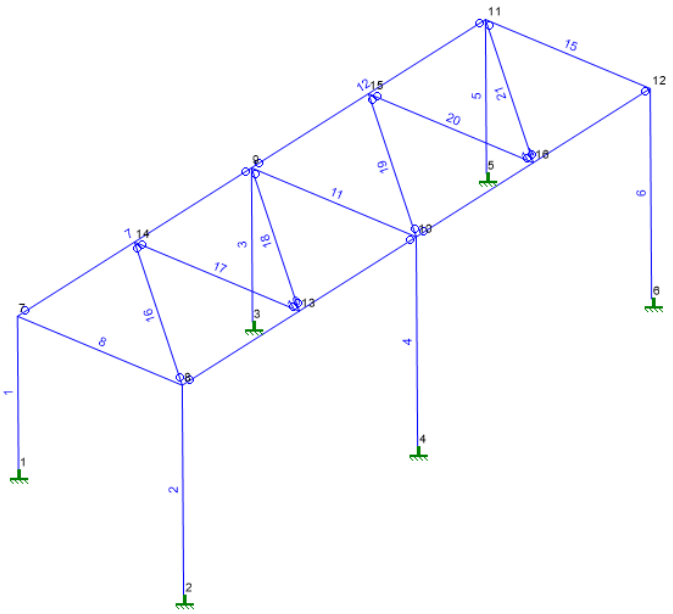


Figura 48 – Número dos nós de apoio e de cada barra

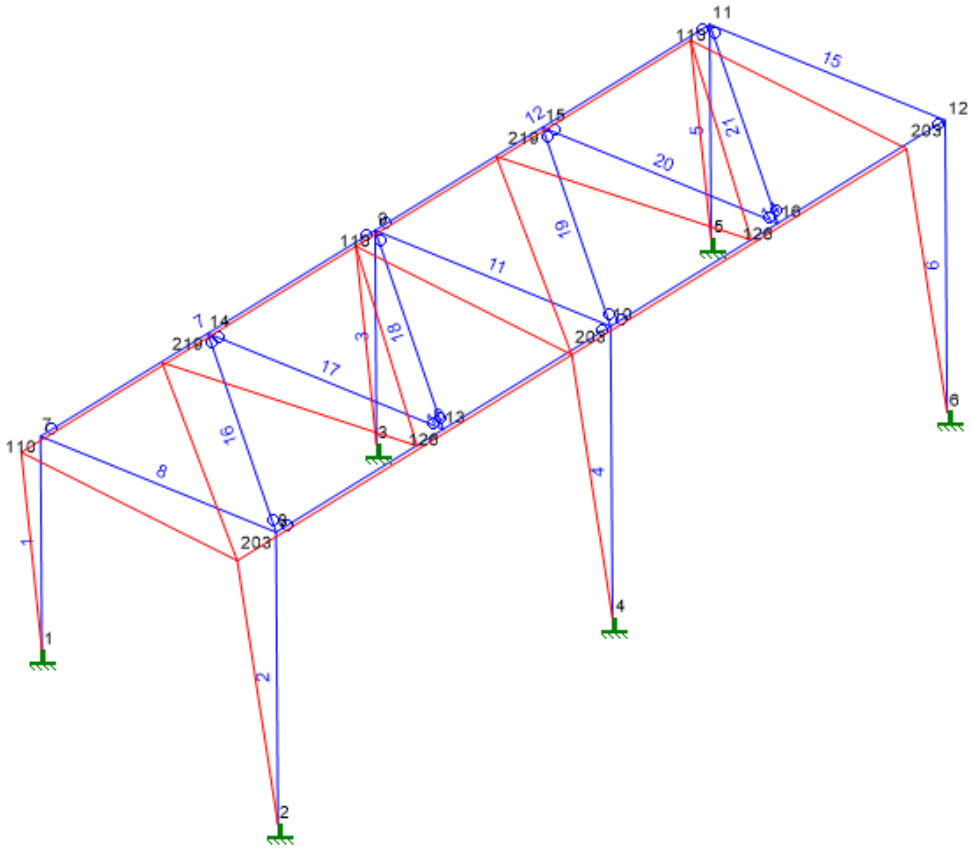
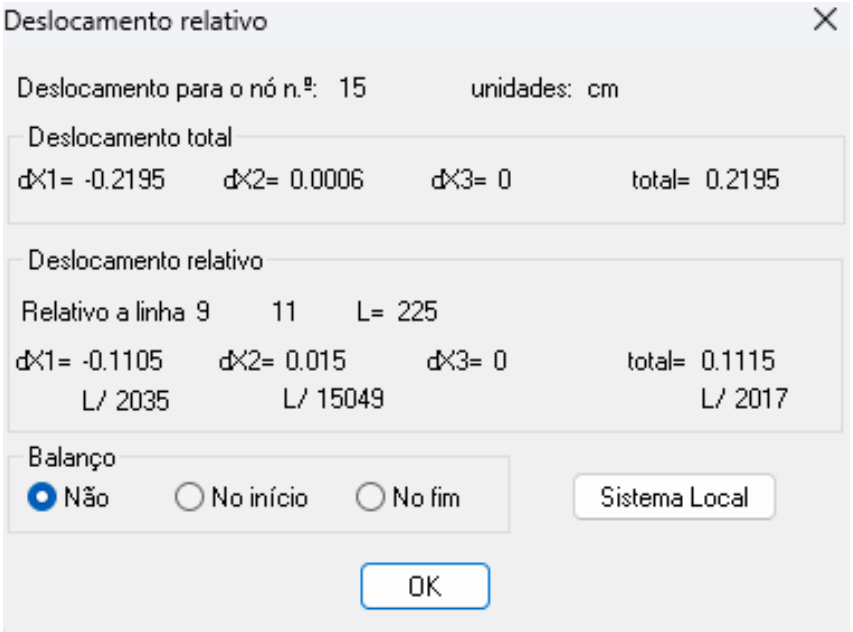


Figura 49 – Deformação (valores em cm.10^-3)



L/350 (vigas de piso) > L/2017

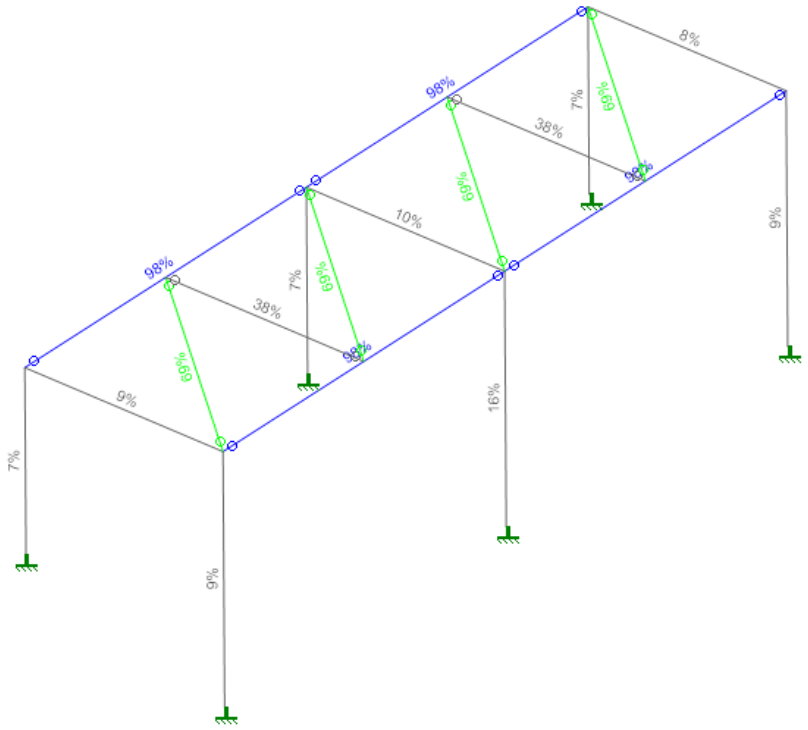


Figura 50 – Taxa de utilização da estrutura

Resultados Gerais										
						CAPACIDADES				
Barr	Seção	Com	L/Flecha	Esbl	Axial	Dir	Cort	Mom	FLT	Comb
1	W 150x13.0	11	5136	49	0.00	MJ	0.01	0.01	0.01	0.04
						MI	0.01	0.03	0.00	
2	W 150x13.0	11	3821	67	0.01	MJ	0.01	0.02	0.02	0.09
						MI	0.01	0.09	0.00	
3	W 150x13.0	11	4648	49	0.01	MJ	0.01	0.01	0.01	0.05
						MI	0.01	0.05	0.00	
4	W 150x13.0	11	3280	67	0.01	MJ	0.01	0.02	0.02	0.16
						MI	0.02	0.16	0.00	
5	W 150x13.0	11	5151	49	0.01	MI	0.01	0.03	0.00	0.04
6	W 150x13.0	11	3813	67	0.00	MJ	0.00	0.01	0.01	0.09
						MI	0.01	0.09	0.00	
7	U# 150x50#4.75	11	366	154	0.00	MJ	0.01	0.05	0.56	0.62
						MI	0.02	0.56	0.00	
8	U# 150x50#4.75	10	5013	89	-0.01	MJ	0.01	0.03	0.06	0.09
						MI	0.00	0.06	0.00	
10	U# 150x50#4.75	11	365	154	0.00	MJ	0.01	0.05	0.56	0.62
						MI	0.02	0.56	0.00	

11	U# 150x50#4.75	10	4454	89	-0.02	MJ	0.02	0.05	0.06	0.10
12	U# 150x50#4.75	11	366	154	-0.01	MI MJ	0.00 0.01	0.06 0.05	0.00 0.56	0.62
14	U# 150x50#4.75	11	365	154	-0.01	MI MJ	0.02 0.01	0.56 0.05	0.00 0.56	0.62
15	U# 150x50#4.75	10	5022	89	-0.01	MI MJ	0.02 0.01	0.56 0.03	0.00 0.03	0.08
16	2L 2"x1/4"	4	515	111	0.00	MI MJ	0.00 0.01	0.06 0.22	0.00 0.22	0.22
17	2L 2"x1/4"	4	944	84	0.00	MJ	0.01	0.12	0.12	0.12
18	2L 2"x1/4"	4	515	111	0.00	MJ	0.01	0.22	0.22	0.22
19	2L 2"x1/4"	4	515	111	0.00	MJ	0.01	0.22	0.22	0.22
20	2L 2"x1/4"	4	944	84	0.00	MJ	0.01	0.12	0.12	0.12
21	2L 2"x1/4"	4	515	111	0.00	MJ	0.01	0.22	0.22	0.22

10 CONCLUSÃO

A cobertura e a plataforma metálica foram dimensionadas seguindo as prescrições das normas citadas no item 3, devendo ser executada conforme desenhos complementares a este memorial de cálculo.

Será necessária uma nova verificação caso ocorra alteração de cargas, geometria e alteração de materiais apresentados para elaboração deste memorial.

11 ANEXOS

Tabelas para coeficiente de arrasto para edificações paralelepipédicas em vento de baixa turbulência e alta turbulência, Figuras 4 e Figura 5 da norma ABNT NBR 6123:2023

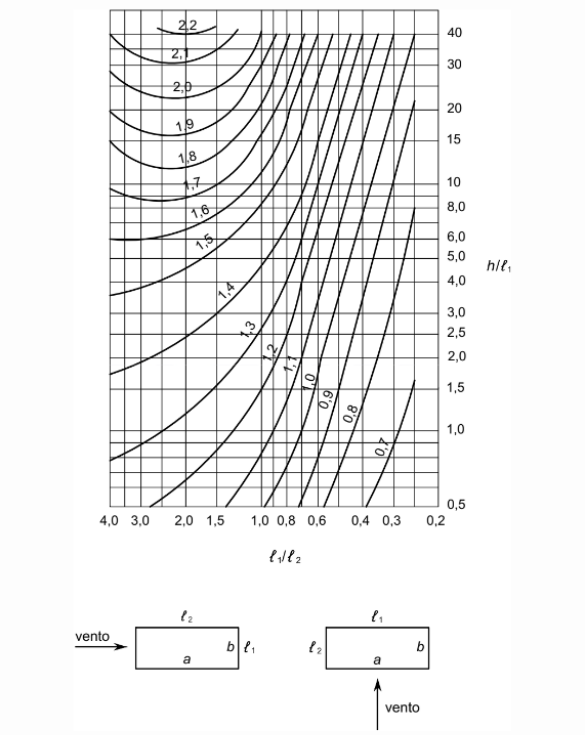


Figura 4 – Coeficiente de arrasto C_a para edificações paralelepipédicas em vento de baixa turbulência

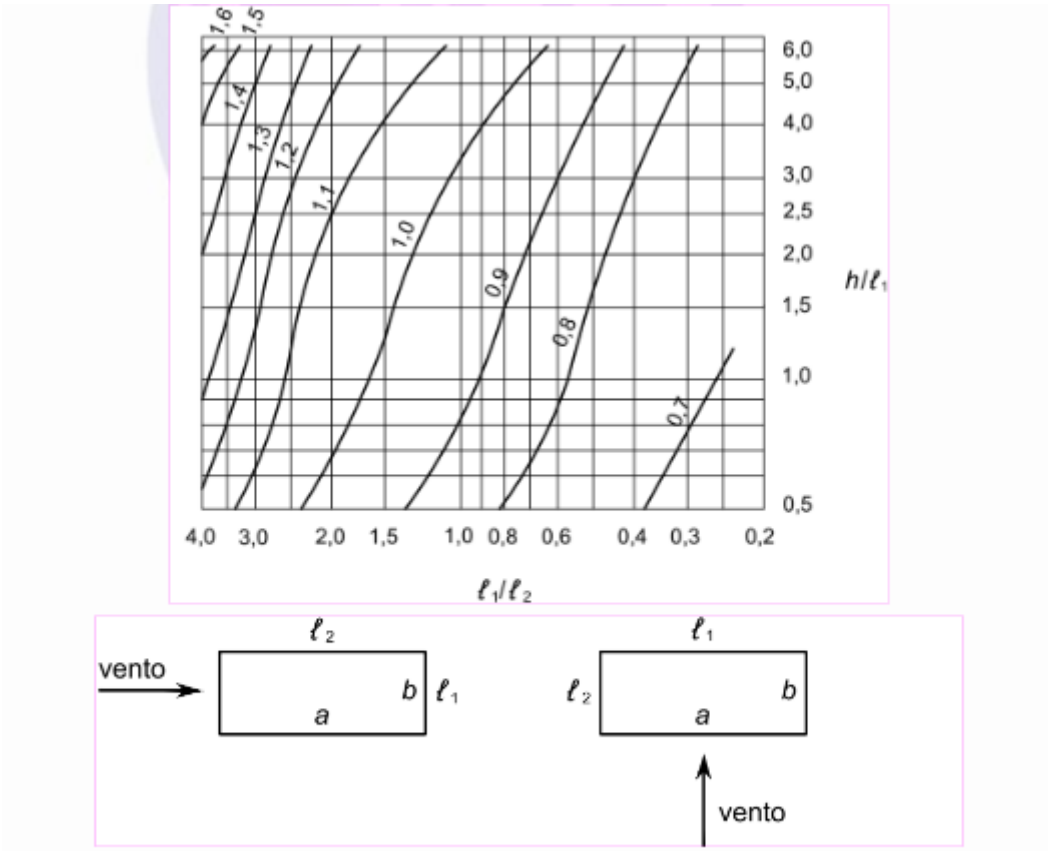


Figura 5 – Coeficiente de arrasto C_a para edificações paralelepipédicas em vento de alta turbulência