**Memorial de Cálculo Estrutural**

EST-MET-1234

1. **Objetivo:**

O Objetivo desse Memorial de cálculo estrutural é documentar os procedimentos adotados durante o dimensionamento de um Galpão em estrutura metálicacujo projeto executivo encontra-se no anexo A deste documento

1. **Normas Utilizadas:**

Para avaliação da estrutura foram utilizadas as seguintes normas e documentos de referência:

* ABNT NBR 8800-08 – Dimensionamento de Estruturas de Aço Laminado e soldado
* ABNT NBR14.762/10 – Dimensionamento de perfis formados a frio
* ABNT NBR6120 – Cargas em edificações
* ABNT NBR6123 – Esforços devido ao vento nas edificações

1. **Dados do Contratante**

**Nome/ Razão Social:** José da Silva

**CPF/CNPJ:**  123456-78

**Endereço da Obra:** Rua dos pardais, 123, Osasco – São Paulo CEP-07050-23

1. **Procedimento de cálculo**
   1. **Definição das cargas atuantes no projeto**

- Sobrecarga de Coberturas: 0,25kN/m²

- Peso próprio de terças e correntes – 0,05 kN/m²

- Peso próprio das telhas de aço – 0,06 kN/m²

- Carga de vento: Calculada conforme procedimento em 4.2

* 1. **Esforços devido ao vento**

VisualVentos http://www.etools.upf.br

Este software está registrado no INPI No. 00062090

Dados Geométricos

b = 25,00 m

a = 54,00 m

b1 = 2 \* h

b1 = 2 \* 6,00

b1 = 12,00m

ou

b1 = b/2

b1 = 25,00/2

b1 = 12,50m

Adota-se o menor valor, portanto

b1 = 12,00 m

a1 = b/3

a1 = 25,00/3

a1 = 8,33m

ou

a1 = a/4

a1 = 54,00/4

a1 = 13,50m

Adota-se o maior valor, porém a1 <= 2 \* h

2 \* 6,00 = 12,00 m

Portanto

a1 = 12,00 m

a2 = (a/2) - a1

a2 = (54,00/2) - 12,00

a2 = 15,00 m

h = 6,00 m

h1 = 1,25 m

ß = 5,71 °

d = 6,00 m

Área das aberturas

Fixas

Face A1 = 0,00 m²

Face A2 = 0,00 m²

Face A3 = 0,00 m²

Face B1 = 0,00 m²

Face B2 = 0,00 m²

Face B3 = 0,00 m²

Face C1 = 12,50 m²

Face C2 = 12,50 m²

Face D1 = 12,50 m²

Face D2 = 12,50 m²

Movéis

Face A1 = 0,00 m²

Face A2 = 0,00 m²

Face A3 = 0,00 m²

Face B1 = 0,00 m²

Face B2 = 0,00 m²

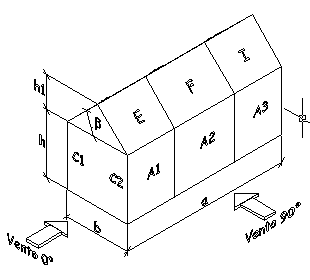
Face B3 = 0,00 m²

Face C1 = 0,00 m²

Face C2 = 0,00 m²

Face D1 = 0,00 m²

Face D2 = 0,00 m²



Velocidade básica do vento

Vo = 40,00 m/s

Fator Topográfico (S1)

Terreno plano ou fracamente acidentado

S1 = 1,00

Fator de Rugosidade (S2)

Categoria IV

Classe C

Parâmetros retirados da Tabela 2 da NBR6123/88 que relaciona Categoria e Classe

b = 0,84

Fr = 0,95

p = 0,14

S2 = b \* Fr \*(z/10)exp p

S2 = 0,84 \* 0,95 \*(7,25/10)exp 0,14

S2 = 0,76

Fator Estático (S3)

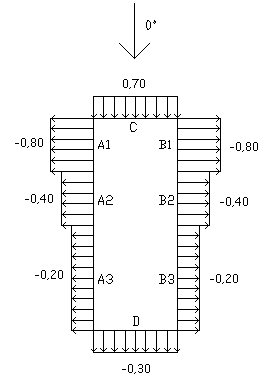
Grupo 1

S3 = 1,00

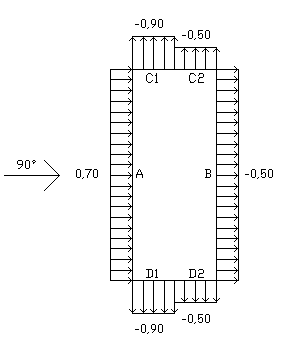
Coeficiente de pressão externa

Paredes

Vento 0°

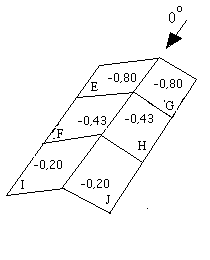


Vento 90°

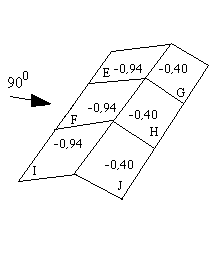


Telhado

Vento 0°



Vento 90°



Cpe médio = -1,00

Coeficiente de pressão interno

Cpi 1 = -0,30

Cpi 2 = 0,00

Velocidade Característica de Vento

Vk = Vo \* S1 \* S2 \* S3

Vk = 40,00 \* 1,00 \* 0,76 \* 1,00

Vk = 30,56 m/s

Pressão Dinâmica

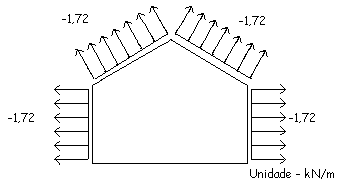
q = 0,613 \* Vk²

q = 0,613 \* 30,56²

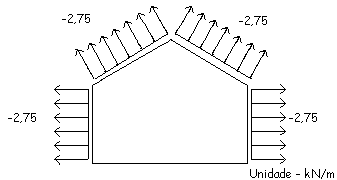
q = 0,57 kN/m²

Esforços Resultantes

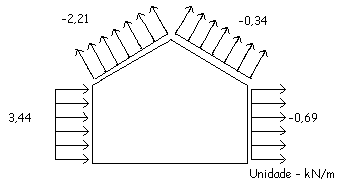
Vento 0° - Cpi = -0,30



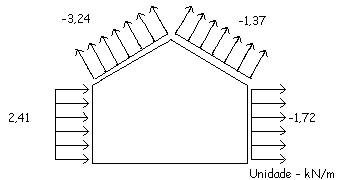
Vento 0° - Cpi = 0,00



Vento 90° - Cpi = -0,30



Vento 90° - Cpi = 0,00



* 1. **Cálculo das terças da cobertura**

**Dados da telha de cobertura: Telha TR40 #0,50 com 4 apoios**

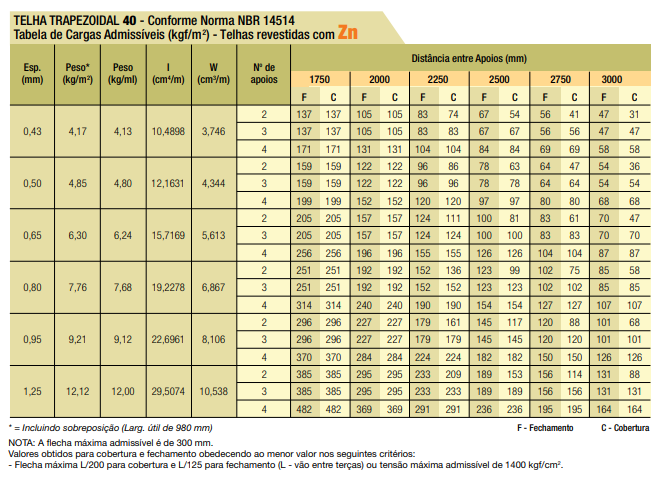
****

Figura -Fonte: http://www.abcem.org.br/upfiles/arquivos/publicacoes/manual-de-telhas.pdf

**Cargas Atuantes na terça de cobertura**

Convenção de sinais: Positivo para baixo

**Estados Limites de Serviço**

Hipótese 1: CP + SC = (0,0485 + 0,25) x 2,044 + 0,07 = 0,68 kN/m

Hipótese 2: CP + V90 = (0,0485 – 0,57x0,94)x 2,044 + 0,07 = -0,926 kN/m

**Estados Limites Últimos**

Hipótese 1: CP + SC = (1,4 x 0,0485 + 1,5 x 0,25) x 2,044 + 1,4 x 0,07 = 1,00 kN/m

Hipótese 2: CP + V90 = ( 0,0485 – 1,4 x 0,57x0,94)x 2,044 + 0,07 = -1,36 kN/m

**Verificação da Flecha:**

Flecha Limite = L/180 = 600/180 = 3,33cm

**Momento Fletor Atuante**

**Perfil Selecionado**: Uenrij 127X50X17X2,00 ABNT CF-24 ou superior

Calculo das Propriedades da Seção

bf = 5 cm bw = 12.5 cm D = 1.7 cm

α = 0 º β = 90 º A = 4.91699 cm2

Ix = 118.13657 cm4 Iy = 17.05497 cm4 Ixy = 0 cm4

It = 0.06543 cm4 xg = -1.61165 cm yg = -6.25 cm

x0 = -3.84878 cm y0 = 0 cm r0 = 6.50445 cm

rx = 4.90165 cm ry = 1.86241 cm Wx = 18.90185 cm3

Wy = 5.03342 cm3 Iw = 566.30439 cm6 rm = 0.3 cm

φp = 0 º m = 3.85984 kg/m

**Verificações Estados Limites Últimos:**

Ue: bw=12,5 bf=5 D=1,7 t=0,2 α=0 β=90

fy= 24 kN/cm2 E= 20000 kN/cm2 G= 7700 kN/cm2

1 - Verificação à Flexão Composta

1.1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762 - 9.7]

1.1.1 - Flambagem distorcional elástica:

Valor de Ndist obtido da tabela de cargas críticas pré cadastradas.

Ndist= 207,1 kN/cm2

1.1.2 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.7.3]

γ= 1,2

fy= 24 kN/cm2

A= 4,92 cm2

λdist= 0,75

Xdist= 0,91

Ndist= 207,1 kN

NRddist= 89,53 kN

1.1.3 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-9.7.2]

1.1.3.1 - Cálculo Ne

Lx= 600 cm Ly= 1 cm Lt= 1 cm

r0= 6,5 cm x0= -3,85 cm y0= 0 cm

Ix=118,14 cm Iy=17,05 cm4 It=0,07 cm4

Iw=566,3 cm6 A=4,92 cm2

Nex= 64,78 kN

Ney= 3366516,15 kN

Nez= 2642167,71 kN

Perfil monosimétrico: em relação ao eixo X [NBR14762 - 9.7.2.2]

Nexz= 64,78 kN

Ne= 64,78 kN

Fe= 13,17 kN/cm2

flambagem por flexo-torção

A= 4,92 cm2

λ0= 1,35

X= 0,47

σ= 11,2 kN/cm2

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)

Aef\_MLE= 4,82 cm2

γ = 1,2

Nc= 44,96 kN

A força normal de compressão de cálculo deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.7.1]

Nc= 44,96 kN

Ndist= 89,53 kN

Nrd= 44,96 kN

2 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-9.8]

2.1 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.8.2.3]

Valor de Mdistx obitido da tabela de cargas críticas pré cadastradas

Mdistx= 1598 kN.cm

Ix= 118,14 cm4

Wb= 18,9 cm3

λdist < 0.673

γ= 1,1

fy= 24 kN/cm2

λdist = 0,5328

Xdist = 1,0000

MxRddist= 412,4 kN.cm

2.2 - Inicio de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-9.8.2.1]

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada Y= 6,25 cm (fibra comprimida)

Ixef= 118,14 cm4

Wxef\_MLE= 18,9 cm3

γ = 1,1

Mxesc= 412,4 kN.cm

2.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-9.8.2.2]

2.3.1 - Cálculo Me

Cb= 1

Perfil monossimétrico

Lx= 600 cm Ly= 1 cm

Lt= 1 cm r0= 6,5 cm

x0= 3,85 cm y0= 0 cm

Iw= 566.3043871979546 cm6

Ix= 118,14 cm4 Iy= 17,05 cm4

It= 0,07 cm4

Nex= 64,78 kN

Ney= 3366516,15 kN

Nez= 2642167,71 kN

Me= 19399081,32 kN.cm

máxima coordenada Y= 6,25 cm (fibra comprimida)

Ix= 118,14 cm4

Wxc= 18,9 cm3 - Wxc perfil bruto

λ0= 0

λ0 < 0,6

X= 1

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada Y= 6,25 cm (fibra comprimida)

Ixef= 118,14 cm4

Wxcef\_MLE= 18,9 cm3

γ = 1,1

Wcef= 18,9 cm3

Mxflt= 412,4 kN.cm

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.8.2]

Mxesc= 412,4 kN.cm

Mxflt= 412,4 kN.cm

Mxdist= 412,4 kN.cm

Mxrd= 412,4 kN.cm

3 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-9.8]

3.1 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.8.2.3]

Conforme informação da tabela de cargas críticas:

A Flambagem distorcional NÃO é crítica para esse perfil.

3.2 - Inicio de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-9.8.2.1]

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada x= 3,39 cm (fibra comprimida)

Iyef= 17,05 cm4

Wyef\_MLE= 5,03 cm3

γ = 1,1

Iyef= 17,05 cm4

Wyef= 5,03 cm3

Myesc= 109,82 kN.cm

3.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-9.8.2.2]

3.3.1 - Cálculo Me - Anexo E NBR 17462:2010

Iy= 17,05 cm4

Wy= 5,03 cm3

Lx= 600 cm Ly= 1 cm

Lt= 1 cm r0= 6,5 cm

x0= -3,85 cm y0= 0 cm

rx= 4,9 cm ry= 1,86 cm

It= 0,07 cm4

Iy= 17,05 cm4

Ix= 118,14 cm4

Iw= 566,3 cm6

A= 4,92 cm2

Nex= 64,78 kN

Ney= 3366516,15 kN

Nez= 2642167,71 kN

Cb= 1

Seção Monossimétrica

M1= -1 kN.cm

M2= 1 kN.cm

Cm= 1

Compressão na coordenada positiva de x

Cs= -1

j= 6,72

Me= 84659,3 kN.cm

máxima coordenada X= 3,39 cm (fibra comprimida)

Iy= 17,05 cm4

Wyc= 5,03 cm3 - Wyc perfil bruto

λ0= 0,04

λ0 < 0,6

X= 1

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada X= 3,39 cm(fibra comprimida)

Iy\_ef\_MLE= 17,05 cm4

Wycef\_MLE= 5,03 cm3

γ = 1,1

Wcef= 5,03 cm3

Myflt= 109,82 kN.cm

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.8.2]

Myesc= 109,82 kN.cm

Myflt= 109,82 kN.cm

Myrd= 109,82 kN.cm

Esforços Solicitantes:

NSd= 0 kN

MxSd= 408 kN.cm

MySd= 0 kN.cm

Esforços Resistentes:

-> NcRd= 44,96 kN

-> MxRd= 412,4 kN.cm

-> MyRd= 109,82 kN.cm

Verificação a Flexão Composta [NBR 14762:2010 - 9.9]

Verificação de Flexo-Compressão

=> 0 + 0,99 + 0 = 0,99 ≤ 1 - Ok!

* 1. **Cálculo do pórtico dos eixos 2 e 9 (Mais solicitados)**

**Cargas Atuantes no pórtico**

Convenção de sinais: Positivo para baixo

**Estados Limites de Serviço**

Hipótese 1: CP + SC = (0,0485 + 0,05 + 0,25) x 6 + 0,39 = 2,48 kN/m

Hipótese 2: CP + V90 (CPI -0,3)

ESQ =(0,0485+0,05)x 6 - 2,21 + 0,39 = -1,229 kN/m

DIR =(0,0485+0,05)x 6 – 0,34 + 0,39 = 0,64kN/m

Hipótese 3: CP + V90 (CPI 0,00)

ESQ =(0,0485+0,05)x 6 – 3,24 + 0,39 = -2,25

DIR =(0,0485+0,05)x 6 – 1,37 + 0,39 = -0,389 kN/m

Hipótese 4: CP + CV0 (CPI 0,00)

ESQ=DIR =(0,0485+0,05)x 6 – 2,75 + 0,39 = -1,76 kN/m

**Estados Limites Últimos**

Hipótese 1: CP + SC = (1,4 x 0,0485 + 1,4 x 0,05 + 1,5 x 0,25) x 6 + 1,4 x 0,39 = 3,62 kN/m

Hipótese 2: CP + V90 (CPI -0,3)

ESQ =(0,0485+0,05)x 6 – 1,4 x 2,21 + 0,39 = -2,113 kN/m

DIR =(0,0485+0,05)x 6 – 1,4 x 0,34 + 0,39 = 0,505kN/m

Hipótese 3: CP + V90 (CPI 0,00)

ESQ =(0,0485+0,05)x 6 – 1,4 x 3,24 + 0,39 = -3,55

DIR =(0,0485+0,05)x 6 – 1,4 x 1,37 + 0,39 = -0,937

Hipótese 4: CP + CV0 (CPI 0,00)

ESQ=DIR =(0,0485+0,05)x 6 – 1,4 x 2,75 + 0,39 = 2,86 kN/m

**Modelagem Estrutural – Verificações ELS**

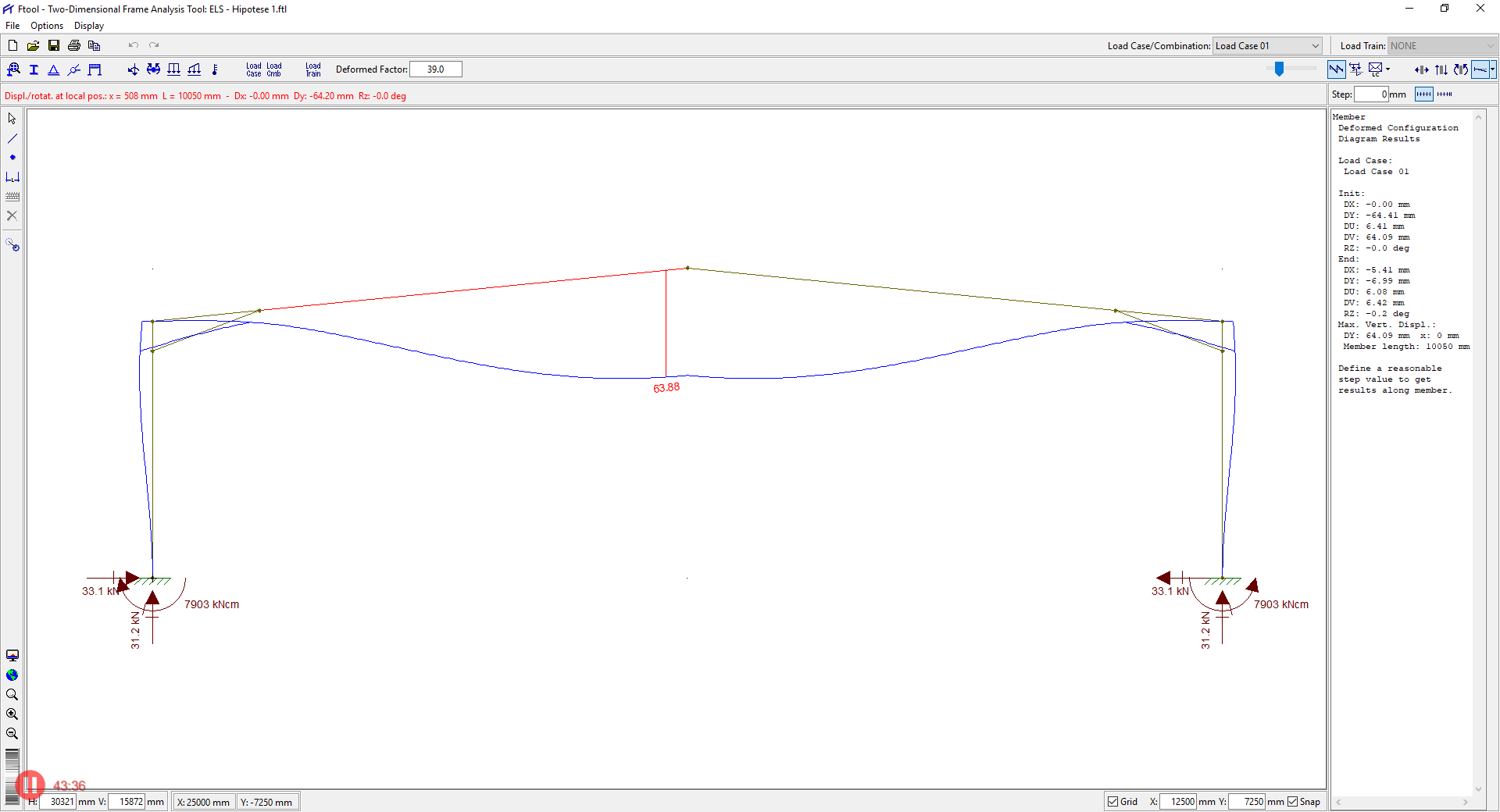


Figura - ELS - HIPÓTESE 1

**VIGA:**

Flecha limite = L/250 = 25000/250 = 100mm

Flecha Atuante = 63mm OK!

**PILAR:**

Flecha limite = H/300 = 6000/300 = 20

Flecha Atuante = 7,83mm OK!

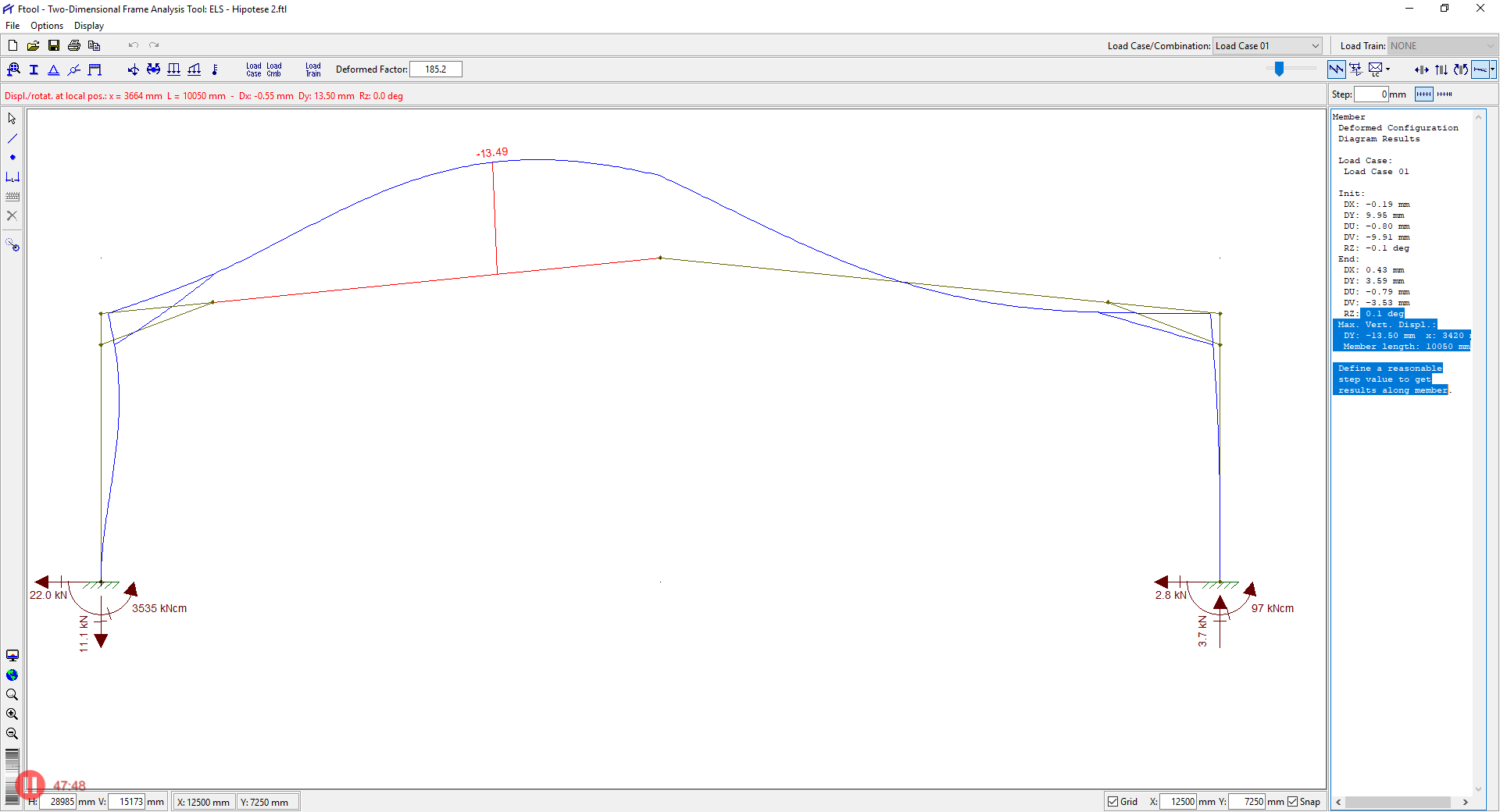


Figura -ELS - HIPÓTESE 2

**VIGA**

Flecha limite = L/250 = 25000/250 = 100mm

Flecha Atuante = 13,50mm OK!

**PILAR:**

Flecha limite = H/300 = 6000/300 = 20

Flecha Atuante = 2,21mm OK!

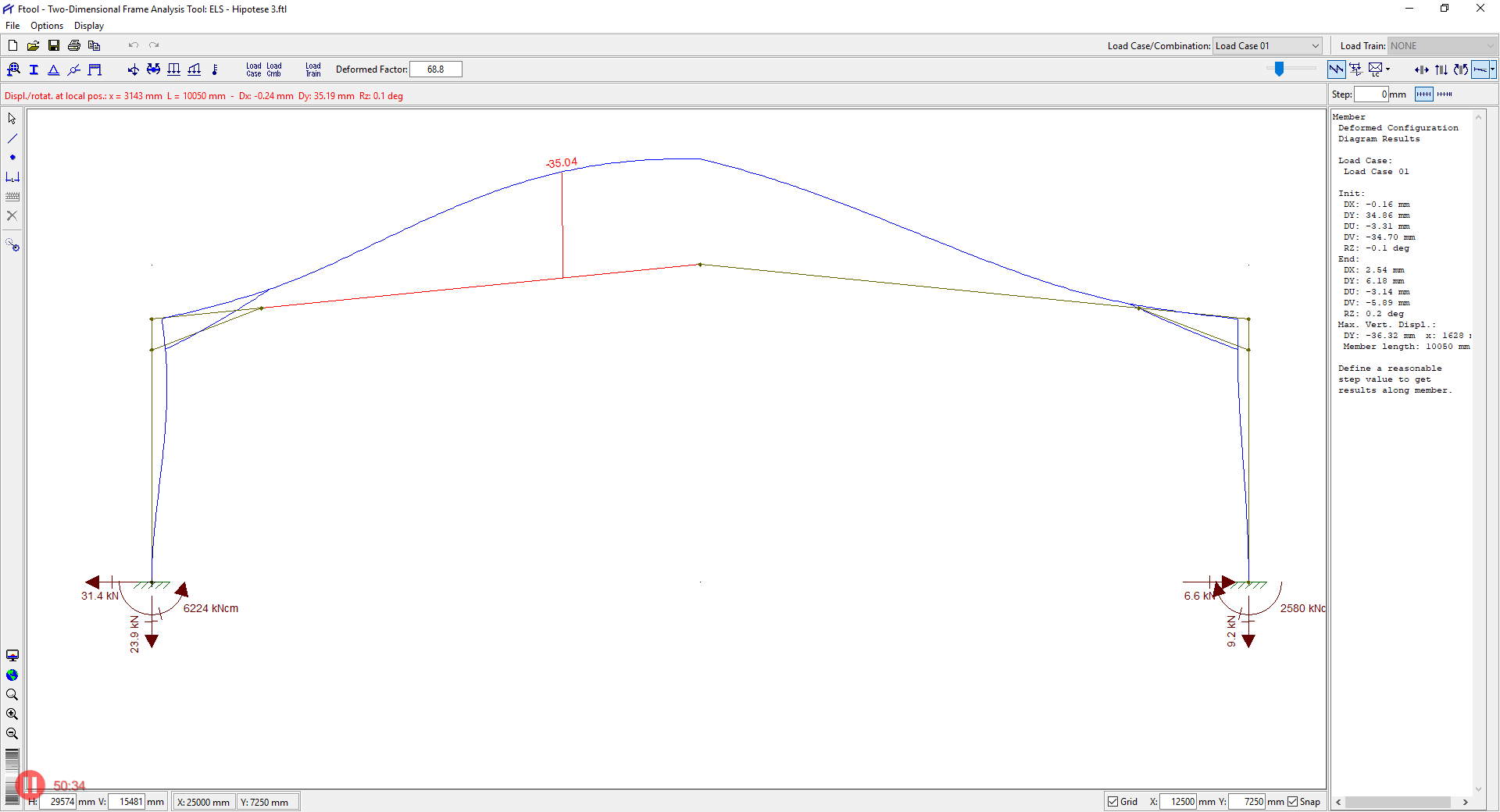


Figura -ELS - HIPÓTESE 3

**VIGA**

Flecha limite = L/250 = 25000/250 = 100mm

Flecha Atuante = 36,32 OK!

**PILAR:**

Flecha limite = H/300 = 6000/300 = 20

Flecha Atuante = 5,05mm OK!

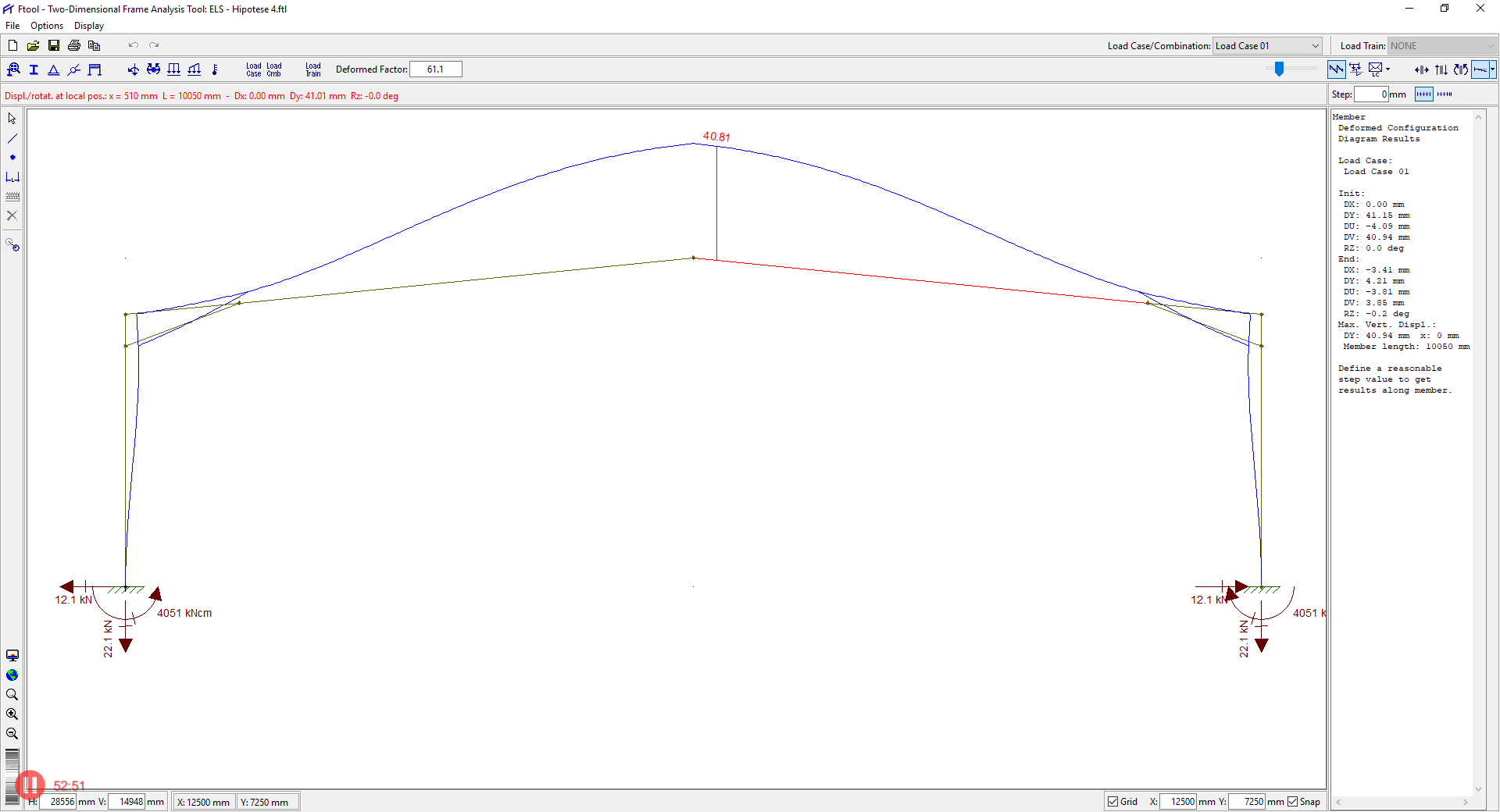


Figura - ELS HIPÓTESE 4

**VIGA:**

Flecha limite = L/250 = 25000/250 = 100mm

Flecha Atuante = 40,94 OK!

**PILAR:**

Flecha limite = H/300 = 6000/300 = 20

Flecha Atuante = 4,76mm OK!

**VERIFICAÇÃO DOS ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS DO PÓRTICO**

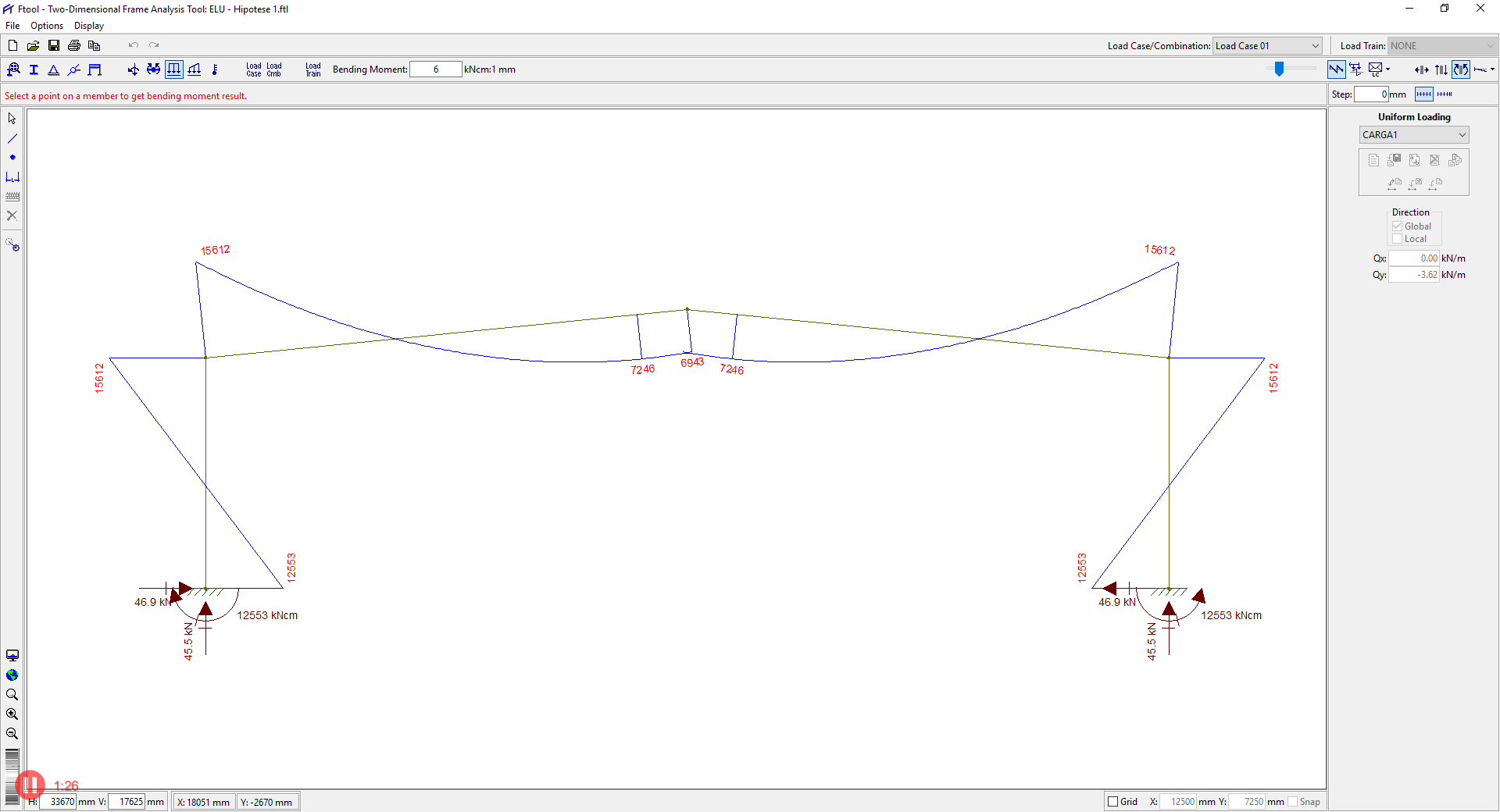


Figura -ELU - HIPÓTESE 1 – MOMENTOS FLETORES

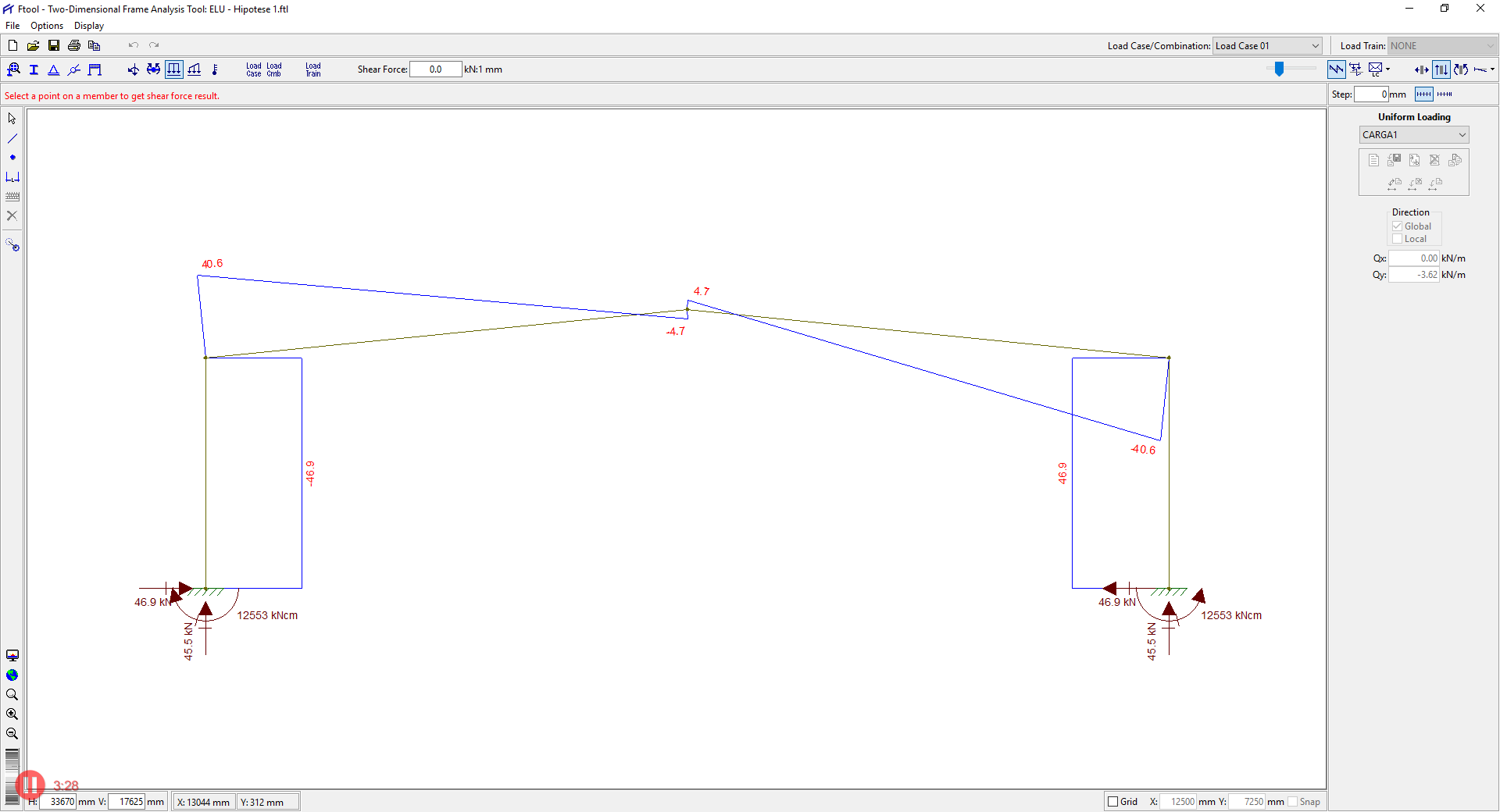


Figura - ELU - HIPÓTESE 1 – ESFORÇO CORTANTE

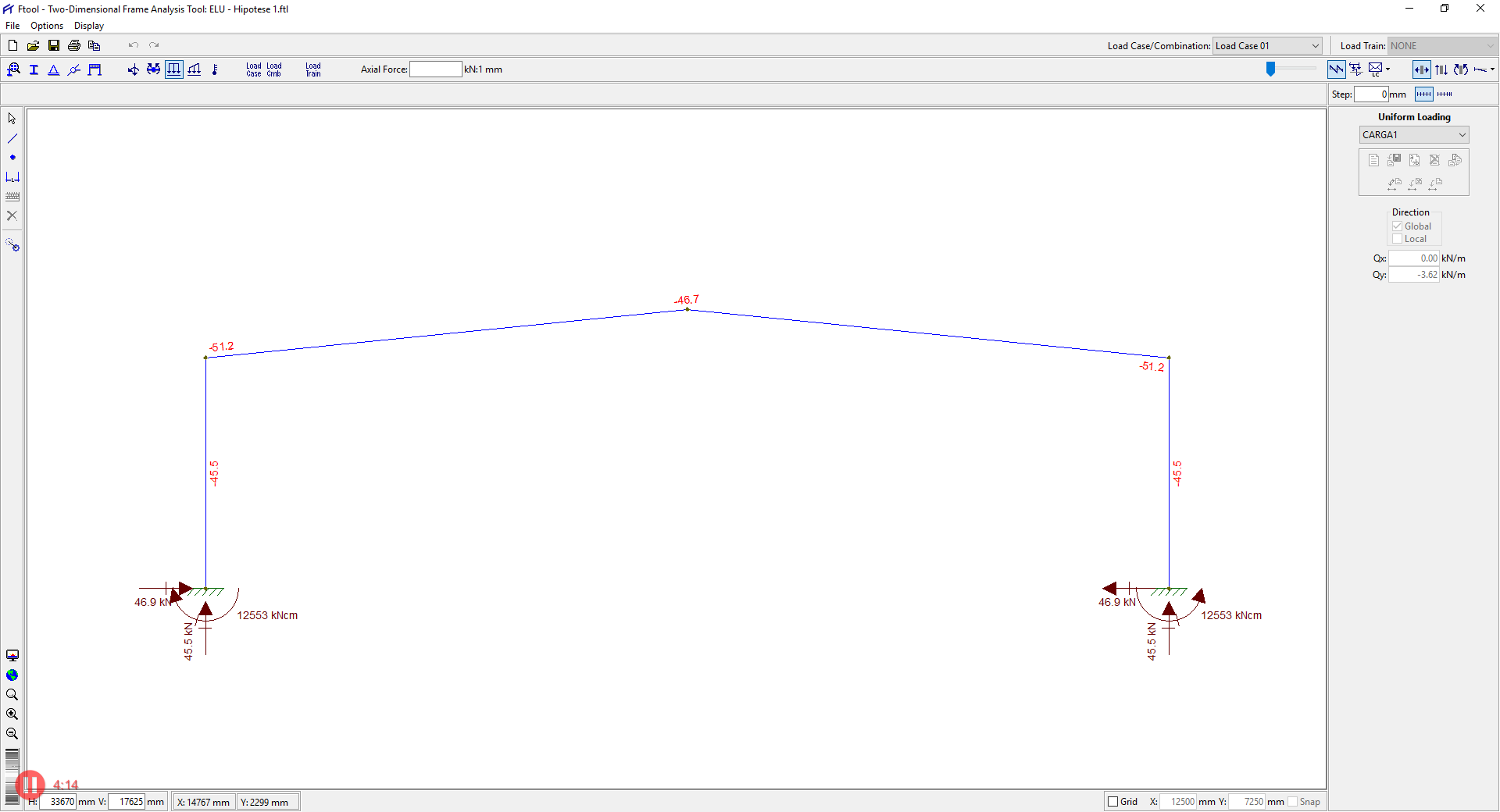


Figura - ELU - HIPÓTESE 1 – ESFORÇOS AXIAIS

**Dimensionamento Perfil I Laminado**

**Propriedades do Aço**

Tipo = ASTM A 572 GR-50

fy = 34,50 kN/cm²

fu = 45,00 kN/cm²

fr = 11,5 kN/cm²

E = 20500 kN/cm²

G = 7892,5 kN/cm²

**Propriedades geométricas do perfil**

Perfil W 360 x 39

bf = 128,00 mm

tf = 10,70 mm

tw = 6,50 mm

d = 353,00 mm

Ag = 50,20 cm²

Peso = 39,00 kgf

Ix = 10331,00 cm4

Iy = 375,00 cm4

IT = 15,83 cm4

Wx = 585,30 cm³

Wy = 58,60 cm³

Zx = 667,70 cm³

Zy = 91,90 cm³

rx = raiz(Ix/Ag)

rx = raiz(10331,00/50,20)

rx = 14,35 cm

ry = raiz(Iy/Ag)

ry = raiz(375,00/50,20)

ry = 2,73 cm

h = d - 2\*tf

h = 353,00 - 2\*10,70

h = 331,60 mm

**Comprimentos de Flambagem**

Lflx = 2500,00 cm

Lfly = 200,00 cm

Lb = 200,00 cm

**Esforços Solicitantes**

Nd = -51,20 kN

Vd = 40,60 kN

Mdx = 7246,00 kN\*cm

Mdy = 0,00 kN\*cm

**Verificação do Esforço de Compressão**

Verificação da esbeltez do elemento (Item 5.3.5 NBR8800/88)

lx = Lflx/rx

lx = 2500,00/14,35

lx = 174,27

ly = Lfly/ry

ly = 200,00/2,73

ly = 73,18

lx e ly <= 200

174,27 e 73,18 <= 200

Ok! Esbeltez verifica!

Cálculo de Q (Anexo E da NBR8800/88)

(bf/2)/tf <= 0,55\*raiz(E/fy)

Qs =1

h/tw > 1.47\*raiz(E/fy)

bef = (862\*tw)/raiz(fy\*10)\*(1-(152/(h/tw)\*raiz(fy\*10)))

bef = (862\*6,50)/raiz(34,50\*10)\*(1-(152/(331,60/6,50)\*raiz(34,50\*10)))

bef = 253,27 mm

Aef = Ag-((h-bef)\*tw)/100

Aef = 50,20-((331,60-253,27)\*6,50)/100

Aef = 253,27 cm²

Qa =Aef/Ag

Qa =45,11/50,20

Qa = 0,90

Q =Qs\*Qa

Q =1,00\*0,90

Q = 0,90

lx2 = (1/pi)\*lx\*raiz(Q\*fy/E);

lx2 = (1/pi)\*174,27\*raiz(0,90\*34,50/20500,00);

lx2 = 2,16

ly2 = (1/pi)\*ly\*raiz(Q\*fy/E);

ly2 = (1/pi)\*73,18\*raiz(0,90\*34,50/20500,00);

ly2 = 0,91

tf <= 40

Curva b -> ax = 0,281

Curva c -> ay = 0,384

lx2 > 0,2

Bx =(1/2\*lx2²)\*(1+ax\*raiz(lx2²-0.04)+lx2²)

Bx =(1/2\*2,16²)\*(1+0,28\*raiz(2,16²-0.04)+2,16²)

Bx = 0,67

rox = Bx-raiz(Bx²\*(1/lx2²))

rox = 0,67-raiz(0,67²\*(1/2,16²))

rox = 0,19

ly2 > 0,2

By =(1/2\*ly2²)\*(1+ay\*raiz(ly2²-0.04)+ly2²)

By =(1/2\*0,91²)\*(1+0,38\*raiz(0,91²-0.04)+0,91²)

By = 1,32

roy = By-raiz(By²\*(1/ly2²))

roy = 1,32-raiz(1,32²\*(1/0,91²))

roy = 0,60

Adota-se o menor valor para ro

ro = 0,19

fc = 0,9

Rd(Nd) = fc\*ro\*Q\*Ag\*fy

Rd(Nd) = 0,90\*0,19\*0,90\*50,20\*34,50

Rd(Nd) = -259,65 kN

Rd(Nd) >= Nd

-259,65 kN >= -51,20 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação do Esforço Cortante**

Análise plástica

Aw = h\*tw

Aw = 331,60\*6,50

Aw = 2294,50 mm²

Aw = 22,95 cm²

Considerando Item 5.2.2 nota a da NBR8800/88

a = 4\*tw;

a = 4\*6,50

a = 26,00 mm

(a/h)<1

k = 4+5,34/(a/h)²

k = 4+5,34/(26,00/331,60)²

k = 872,61

l = h/tw

l = 331,60/6,50

l = 51,02

lp = 1,08\*raiz(k\*E/fy)

lp = 1,08\*raiz(872,61\*20500,00/34,50)

lp = 777,68

lr = 1,4\*raiz(k\*E/fy)

lr = 1,4\*raiz(872,61\*20500,00/34,50)

lr = 34779,60

Vpl = 0,55\*Aw\*fy

Vpl = 0,55\*22,95\*34,50

Vpl = 435,38 kN

l < lp

Vn = Vpl

Vn = 435,38 kN

fv = 0,9

Rd(Vd) = fv\*Vn

Rd(Vd) = 0,90\*435,38

Rd(Vd) = 391,84 kN

Rd(Vd) >= Vd

391,84 kN >= 40,60 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão em x**

Z = Zx

Z = 667,70 cm³

W = Wx

W = 585,30 cm³

Wc = W

Wc = 585,30 cm³

Wt = W

Wt = 585,30 cm³

Mpl = Z\*fy

Mpl = 667,70\*34,50

Mpl = 23035,70 kN\*cm

**Flambagem local da alma(FLA)**

l = h/tw

l = 331,60/6,50

l = 51,02

lp = 3,5\*raiz(E/fy)

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 77,47

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 23035,70 kN\*cm

**Flambagem local da mesa(FLM)**

l = bf/(2\*tf)

l = 128,00/(2\*10,70)

l = 5,98

lp = 0,38\*raiz(E/fy)

lp = 0,38\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 9,26

Mr = (fy-fr)\*Wc

Mr = (34,50-11,50)\*585,30

Mr = 13461,90 kN\*cm

Mr = fy\*Wt

Mr = 34,50\*585,30

Mr = 20192,80 kN\*cm

Adota-se o menor valor de Mr

Mr = 13461,90

lr = 0,62\*raiz(E\*Wc/Mr)

lr = 0,62\*raiz(20500,00\*585,30/13461,90)

lr = 18,51

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 23035,70 kN\*cm

**Flambagem Lateral com torção(FLT)**

l = Lb/ry

l = 200,00/2,73

l = 73,18

lp = 1,75\*raiz(E/fy)

lp = 1,75\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 42,66

Cb = 1

B1 = pi\*raiz(G\*E\*IT\*Ag)

B1 = pi\*raiz(7892,50\*20500,00\*15,83\*50,20)

B1 = 1,12649E6

B2 =((pi²\*E)/(4\*G))\*(Ag\*((d-tf)/10)²)/IT)

B2 = ((pi²\*20500,00)/(4\*7892,50))\*(50,20\*((353,00-10,70)/10)²)/15,83)

B2 = 23813,10

Mr =(fy-fr)\*W)

Mr =(34,50-11,50)\*585,30)

Mr = 13461,90 kN\*cm

lr =((0,707\*Cb\*B1)/Mr)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*B2)/(Cb²\*B1²))\*Mr²))

lr =((0,707\*1,00\*1,12649E6)/13461,90)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*23813,10)/(1,00²\*1,12649E6²))\*13461,90²))

lr = 129,90

lp < l <= lr

Mn = Mpl-((Mpl-Mr)\*((l-lr)/(lr-lp)))

Mn = 23035,70-((23035,70-13461,90)\*((73,18-42,66)/(129,90-42,66)))

Mn = 19686,90 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 19686,90 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*19686,90

Rd(Md) = 17718,20 kN

Rd(Md) >= Mdx

17718,20 kN >= 7246,00 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão Composta**

Ny = Ag\*fy

Ny = 50,20\*34,50

Ny = 1731,90 kN

l = h/tw;

l = 331,60/6,50

l = 51,02

Nd/(0,9\*Ny) <= 0,207

lp = 3,5\*raiz(E/fy)\*(1-(2.8\*Nd/(0.9\*Ny)))

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)\*(1-(2.8\*51,20/(0.9\*1731,90)))

lp = 77,47

**Cálculo para Rd(Mdx)**

Flambagem local da alma(FLA)

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 23035,70 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA ou FLT e FLM, como cálculados anteriormente em x, e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 19686,90 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*19686,90

Rd(Md) = 17718,20 kN

**Combinação das Ações**

Cmx = 1

Cmy = 1

Nex = (Ag\*fy)/lx2²

Nex = (50,20\*34,50)/2,16²

Nex = 372,19 kN

Ney = (Ag\*fy)/ly2²

Ney = (50,20\*34,50)/0,91²

Ney = 2110,92 kN

(Nd/Rd(Nd))+(Cmx\*Mdx)/((1-Nd/(0,73\*Nex))\*Rd(Mdx))+(Cmy\*Mdy)/((1-Nd/(0,73\*Ney))\*Rd(Mdy)) <=1

(-51,20/-259,65)+(1,00\*7246,00)/((1-51,20/(0,73\*372,19))\*17718,20)+(1,00\*0,00)/((1-51,20/(0,73\*2110,92))\*0,00) <=1

0,20 + 0,50+0,00 = 0,70 <=1

0,70 <=1

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

Cálculo do trecho da Mísula

Command: MASSPROP

Select objects: Specify opposite corner: 1 found

Select objects:

---------------- REGIONS ----------------

Area: 83.9776

Perimeter: 207.5618

Bounding box: X: -6.4178 -- 6.3822

Y: -36.5450 -- 31.9336

Centroid: X: 0.0000

Y: 0.0000

Moments of inertia: X: 43203.5689

Y: 377.0866

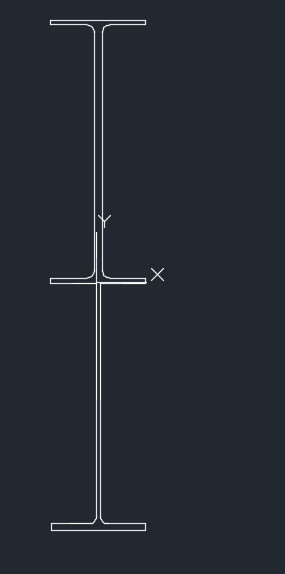
Product of inertia: XY: 38.5677

Radii of gyration: X: 22.6818

Y: 2.1190

Principal moments and X-Y directions about centroid:

I: 43203.6036 along [1.0000 0.0009]

J: 377.0519 along [-0.0009 1.0000]

**Verificação pela teoria elástica**

Verificação FLM (Flambagem Local da Mesa comprimida)

b/t < b/t Lim , equação A

Verificação FLA (Flambagem Local da Alma)

b/t < b/t Lim , equação A

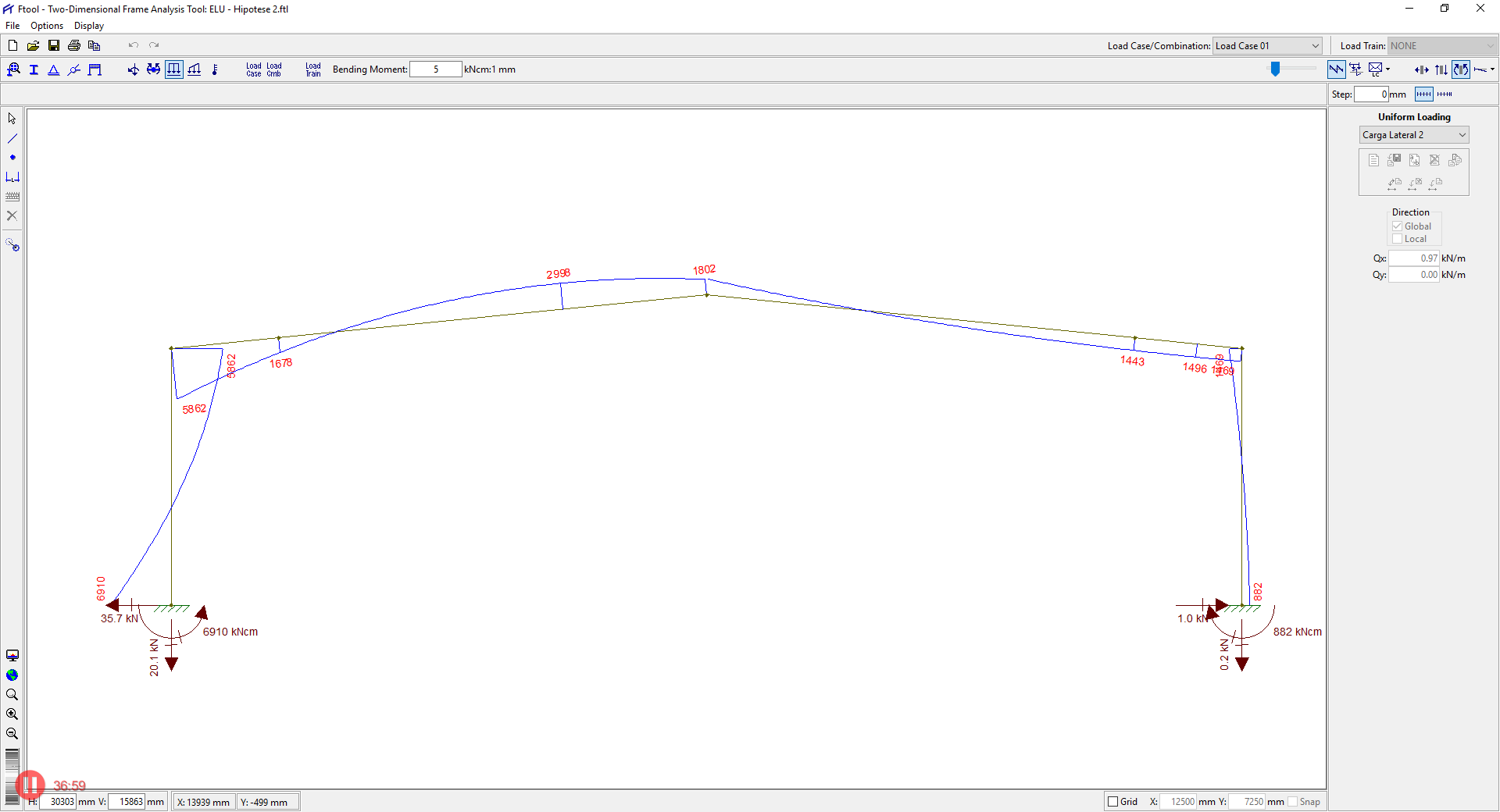


Figura - ELU - Hipotese 2 - Momentos Fletores

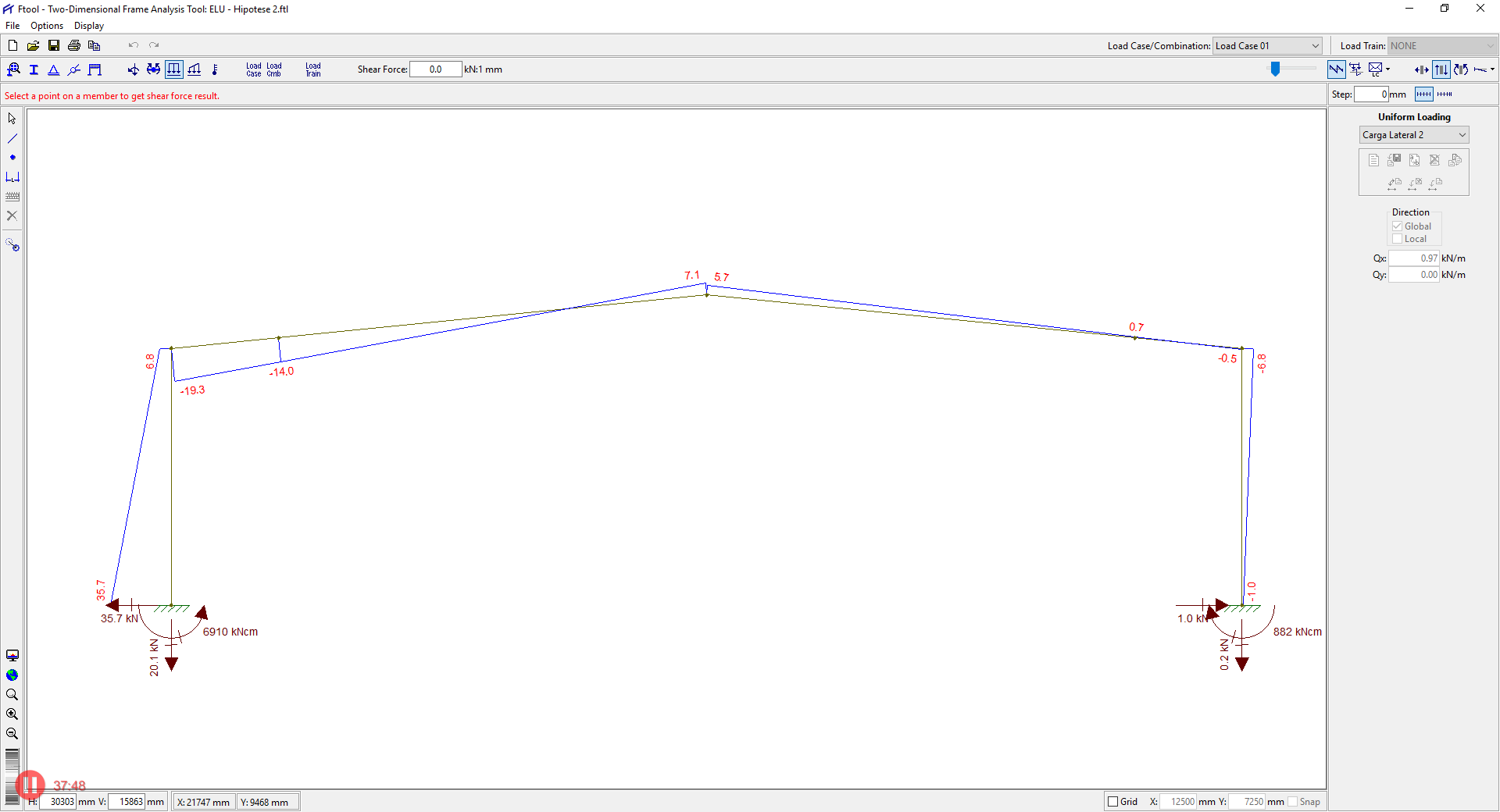


Figura -ELU - Hipotese 2 - Esforço Cortante

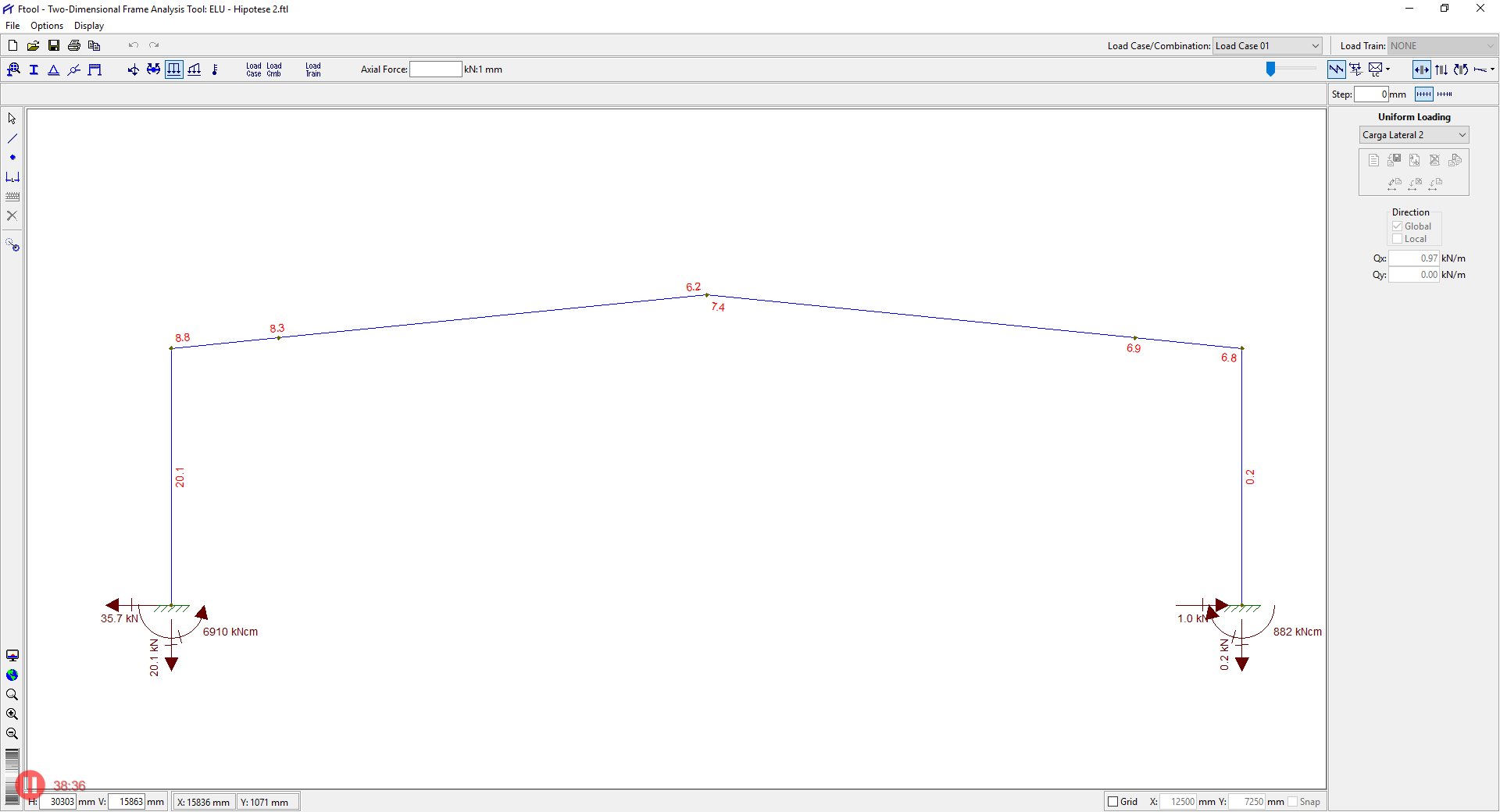
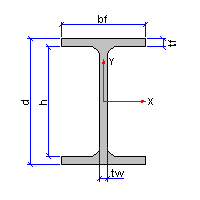


Figura - ELU - Hipótese 2 - Esforços axiais



**Dimensionamento Perfil I Laminado**

**Propriedades do Aço**

Tipo = ASTM A 572 GR-50

fy = 34,50 kN/cm²

fu = 45,00 kN/cm²

fr = 11,5 kN/cm²

E = 20500 kN/cm²

G = 7892,5 kN/cm²

**Propriedades geométricas do perfil**

Perfil W 360 x 39

bf = 128,00 mm

tf = 10,70 mm

tw = 6,50 mm

d = 353,00 mm

Ag = 50,20 cm²

Peso = 39,00 kgf

Ix = 10331,00 cm4

Iy = 375,00 cm4

IT = 15,83 cm4

Wx = 585,30 cm³

Wy = 58,60 cm³

Zx = 667,70 cm³

Zy = 91,90 cm³

rx = raiz(Ix/Ag)

rx = raiz(10331,00/50,20)

rx = 14,35 cm

ry = raiz(Iy/Ag)

ry = raiz(375,00/50,20)

ry = 2,73 cm

h = d - 2\*tf

h = 353,00 - 2\*10,70

h = 331,60 mm

**Comprimentos de Flambagem**

Lflx = 2500,00 cm

Lfly = 200,00 cm

Lb = 200,00 cm

**Esforços Solicitantes**

Nd = 8,80 kN

Vd = 19,30 kN

Mdx = 2998,00 kN\*cm

Mdy = 0,00 kN\*cm

**Verificação do Esforço de Tração**

Escoamento da seção bruta

ft = 0,9

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fy

Rd(Nd) = 0,9\*50,20\*34,50

Rd(Nd) = 1558,71 kN

Ruptura da seção líquida

ft = 0,75

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fu

Rd(Nd) = 0,75\*50,20\*45,00

Rd(Nd) = 1694,25 kN

Adota-se para Rd(Nd) o menor valor das duas verificações

Rd(Nd) = 1558,71 kN

Rd(Nd) >= Nd

1558,71 kN >= 8,80 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação do Esforço Cortante**

Análise plástica

Aw = h\*tw

Aw = 331,60\*6,50

Aw = 2294,50 mm²

Aw = 22,95 cm²

Considerando Item 5.2.2 nota a da NBR8800/88

a = 4\*tw;

a = 4\*6,50

a = 26,00 mm

(a/h)<1

k = 4+5,34/(a/h)²

k = 4+5,34/(26,00/331,60)²

k = 872,61

l = h/tw

l = 331,60/6,50

l = 51,02

lp = 1,08\*raiz(k\*E/fy)

lp = 1,08\*raiz(872,61\*20500,00/34,50)

lp = 777,68

lr = 1,4\*raiz(k\*E/fy)

lr = 1,4\*raiz(872,61\*20500,00/34,50)

lr = 34779,60

Vpl = 0,55\*Aw\*fy

Vpl = 0,55\*22,95\*34,50

Vpl = 435,38 kN

l < lp

Vn = Vpl

Vn = 435,38 kN

fv = 0,9

Rd(Vd) = fv\*Vn

Rd(Vd) = 0,90\*435,38

Rd(Vd) = 391,84 kN

Rd(Vd) >= Vd

391,84 kN >= 19,30 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão em x**

Z = Zx

Z = 667,70 cm³

W = Wx

W = 585,30 cm³

Wc = W

Wc = 585,30 cm³

Wt = W

Wt = 585,30 cm³

Mpl = Z\*fy

Mpl = 667,70\*34,50

Mpl = 23035,70 kN\*cm

**Flambagem local da alma(FLA)**

l = h/tw

l = 331,60/6,50

l = 51,02

lp = 3,5\*raiz(E/fy)

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 83,97

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 23035,70 kN\*cm

**Flambagem local da mesa(FLM)**

l = bf/(2\*tf)

l = 128,00/(2\*10,70)

l = 5,98

lp = 0,38\*raiz(E/fy)

lp = 0,38\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 9,26

Mr = (fy-fr)\*Wc

Mr = (34,50-11,50)\*585,30

Mr = 13461,90 kN\*cm

Mr = fy\*Wt

Mr = 34,50\*585,30

Mr = 20192,80 kN\*cm

Adota-se o menor valor de Mr

Mr = 13461,90

lr = 0,62\*raiz(E\*Wc/Mr)

lr = 0,62\*raiz(20500,00\*585,30/13461,90)

lr = 18,51

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 23035,70 kN\*cm

**Flambagem Lateral com torção(FLT)**

l = Lb/ry

l = 200,00/2,73

l = 73,18

lp = 1,75\*raiz(E/fy)

lp = 1,75\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 42,66

Cb = 1

B1 = pi\*raiz(G\*E\*IT\*Ag)

B1 = pi\*raiz(7892,50\*20500,00\*15,83\*50,20)

B1 = 1,12649E6

B2 =((pi²\*E)/(4\*G))\*(Ag\*((d-tf)/10)²)/IT)

B2 = ((pi²\*20500,00)/(4\*7892,50))\*(50,20\*((353,00-10,70)/10)²)/15,83)

B2 = 23813,10

Mr =(fy-fr)\*W)

Mr =(34,50-11,50)\*585,30)

Mr = 13461,90 kN\*cm

lr =((0,707\*Cb\*B1)/Mr)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*B2)/(Cb²\*B1²))\*Mr²))

lr =((0,707\*1,00\*1,12649E6)/13461,90)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*23813,10)/(1,00²\*1,12649E6²))\*13461,90²))

lr = 129,90

lp < l <= lr

Mn = Mpl-((Mpl-Mr)\*((l-lr)/(lr-lp)))

Mn = 23035,70-((23035,70-13461,90)\*((73,18-42,66)/(129,90-42,66)))

Mn = 19686,90 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 19686,90 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*19686,90

Rd(Md) = 17718,20 kN

Rd(Md) >= Mdx

17718,20 kN >= 2998,00 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão Composta**

Ny = Ag\*fy

Ny = 50,20\*34,50

Ny = 1731,90 kN

l = h/tw;

l = 331,60/6,50

l = 51,02

Nd/(0,9\*Ny) <= 0,207

lp = 3,5\*raiz(E/fy)\*(1-(2.8\*Nd/(0.9\*Ny)))

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)\*(1-(2.8\*8,80/(0.9\*1731,90)))

lp = 83,97

**Cálculo para Rd(Mdx)**

Flambagem local da alma(FLA)

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 23035,70 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA ou FLT e FLM, como cálculados anteriormente em x, e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 19686,90 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*19686,90

Rd(Md) = 17718,20 kN

**Combinação das Ações**

(Nd/Rd(Nd))+(Mdx/Rd(Mdx))+(Mdy/Rd(Mdy)) <= 1

(8,80/1558,71)+(2998,00/17718,20)+(0,00/0,00) <= 1

0,01 + 0,17+0,00 <=1

0,17 <=1

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

Como o esforço solicitante de Momento Fletor não excedeu o MRd da Mísula, sua verificação não se faz necessária

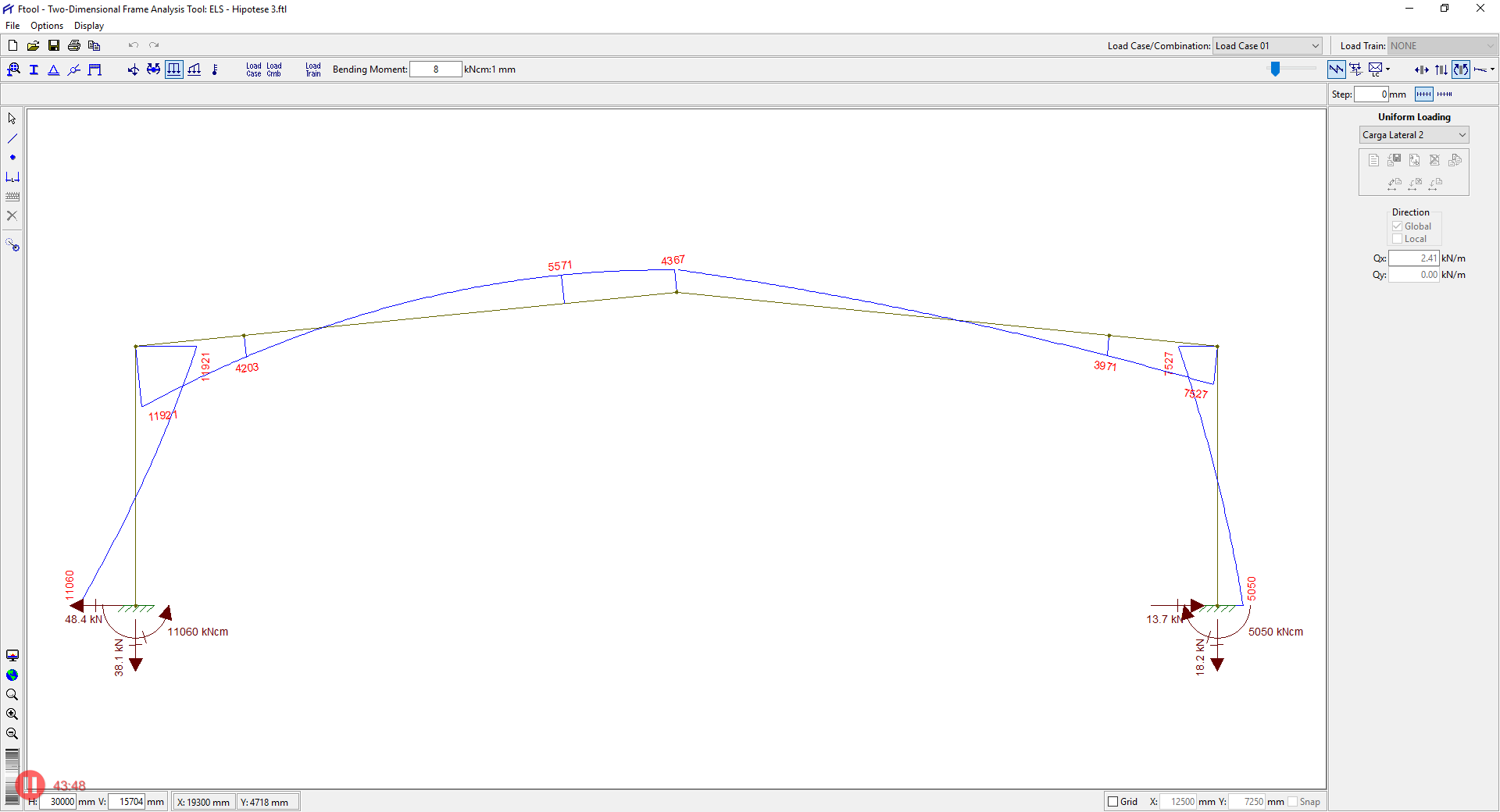


Figura -ELU - Hipótese 3 - Momentos Fletores

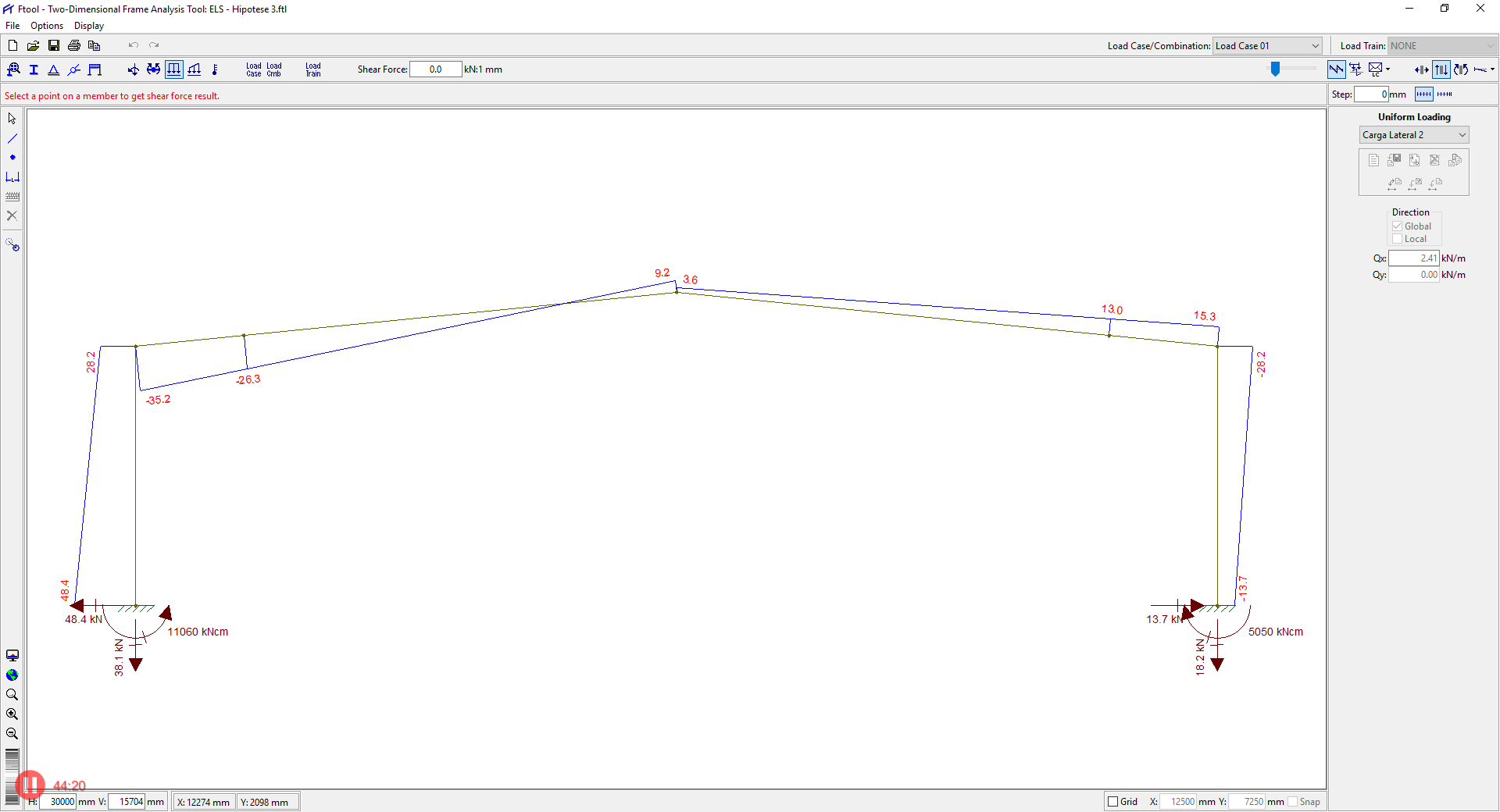


Figura - ELU - Hipotese 3 - Esforço Cortante

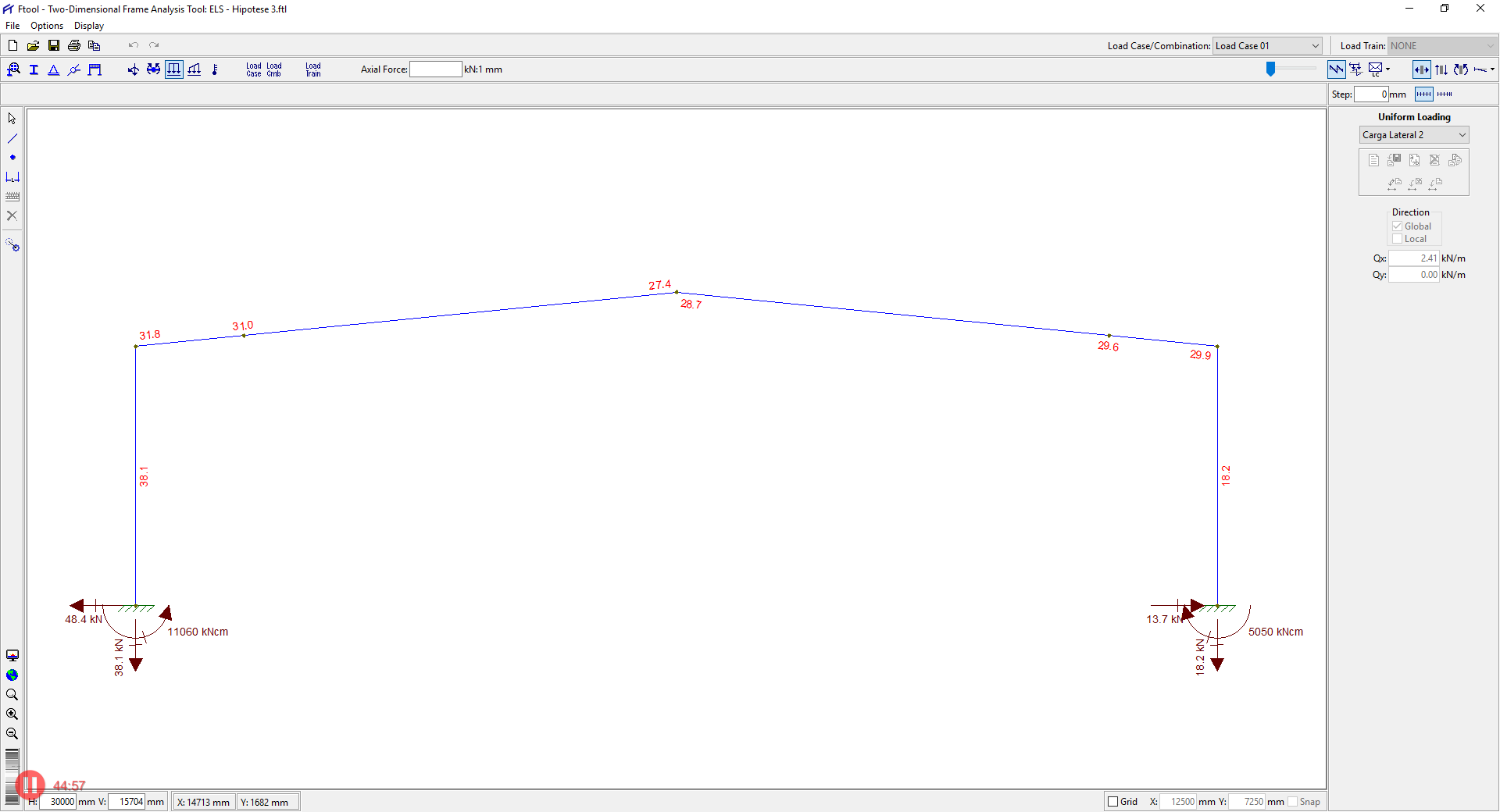
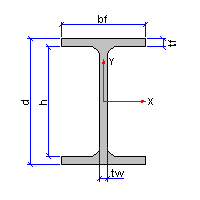


Figura - ELU - Hipótese 3 - Esforços Axiais



**Dimensionamento Perfil I Laminado**

**Propriedades do Aço**

Tipo = ASTM A 572 GR-50

fy = 34,50 kN/cm²

fu = 45,00 kN/cm²

fr = 11,5 kN/cm²

E = 20500 kN/cm²

G = 7892,5 kN/cm²

**Propriedades geométricas do perfil**

Perfil W 360 x 39

bf = 128,00 mm

tf = 10,70 mm

tw = 6,50 mm

d = 353,00 mm

Ag = 50,20 cm²

Peso = 39,00 kgf

Ix = 10331,00 cm4

Iy = 375,00 cm4

IT = 15,83 cm4

Wx = 585,30 cm³

Wy = 58,60 cm³

Zx = 667,70 cm³

Zy = 91,90 cm³

rx = raiz(Ix/Ag)

rx = raiz(10331,00/50,20)

rx = 14,35 cm

ry = raiz(Iy/Ag)

ry = raiz(375,00/50,20)

ry = 2,73 cm

h = d - 2\*tf

h = 353,00 - 2\*10,70

h = 331,60 mm

**Comprimentos de Flambagem**

Lflx = 2500,00 cm

Lfly = 200,00 cm

Lb = 200,00 cm

**Esforços Solicitantes**

Nd = 31,80 kN

Vd = 35,20 kN

Mdx = 5571,00 kN\*cm

Mdy = 0,00 kN\*cm

**Verificação do Esforço de Tração**

Escoamento da seção bruta

ft = 0,9

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fy

Rd(Nd) = 0,9\*50,20\*34,50

Rd(Nd) = 1558,71 kN

Ruptura da seção líquida

ft = 0,75

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fu

Rd(Nd) = 0,75\*50,20\*45,00

Rd(Nd) = 1694,25 kN

Adota-se para Rd(Nd) o menor valor das duas verificações

Rd(Nd) = 1558,71 kN

Rd(Nd) >= Nd

1558,71 kN >= 31,80 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação do Esforço Cortante**

Análise plástica

Aw = h\*tw

Aw = 331,60\*6,50

Aw = 2294,50 mm²

Aw = 22,95 cm²

Considerando Item 5.2.2 nota a da NBR8800/88

a = 4\*tw;

a = 4\*6,50

a = 26,00 mm

(a/h)<1

k = 4+5,34/(a/h)²

k = 4+5,34/(26,00/331,60)²

k = 872,61

l = h/tw

l = 331,60/6,50

l = 51,02

lp = 1,08\*raiz(k\*E/fy)

lp = 1,08\*raiz(872,61\*20500,00/34,50)

lp = 777,68

lr = 1,4\*raiz(k\*E/fy)

lr = 1,4\*raiz(872,61\*20500,00/34,50)

lr = 34779,60

Vpl = 0,55\*Aw\*fy

Vpl = 0,55\*22,95\*34,50

Vpl = 435,38 kN

l < lp

Vn = Vpl

Vn = 435,38 kN

fv = 0,9

Rd(Vd) = fv\*Vn

Rd(Vd) = 0,90\*435,38

Rd(Vd) = 391,84 kN

Rd(Vd) >= Vd

391,84 kN >= 35,20 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão em x**

Z = Zx

Z = 667,70 cm³

W = Wx

W = 585,30 cm³

Wc = W

Wc = 585,30 cm³

Wt = W

Wt = 585,30 cm³

Mpl = Z\*fy

Mpl = 667,70\*34,50

Mpl = 23035,70 kN\*cm

**Flambagem local da alma(FLA)**

l = h/tw

l = 331,60/6,50

l = 51,02

lp = 3,5\*raiz(E/fy)

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 80,44

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 23035,70 kN\*cm

**Flambagem local da mesa(FLM)**

l = bf/(2\*tf)

l = 128,00/(2\*10,70)

l = 5,98

lp = 0,38\*raiz(E/fy)

lp = 0,38\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 9,26

Mr = (fy-fr)\*Wc

Mr = (34,50-11,50)\*585,30

Mr = 13461,90 kN\*cm

Mr = fy\*Wt

Mr = 34,50\*585,30

Mr = 20192,80 kN\*cm

Adota-se o menor valor de Mr

Mr = 13461,90

lr = 0,62\*raiz(E\*Wc/Mr)

lr = 0,62\*raiz(20500,00\*585,30/13461,90)

lr = 18,51

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 23035,70 kN\*cm

**Flambagem Lateral com torção(FLT)**

l = Lb/ry

l = 200,00/2,73

l = 73,18

lp = 1,75\*raiz(E/fy)

lp = 1,75\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 42,66

Cb = 1

B1 = pi\*raiz(G\*E\*IT\*Ag)

B1 = pi\*raiz(7892,50\*20500,00\*15,83\*50,20)

B1 = 1,12649E6

B2 =((pi²\*E)/(4\*G))\*(Ag\*((d-tf)/10)²)/IT)

B2 = ((pi²\*20500,00)/(4\*7892,50))\*(50,20\*((353,00-10,70)/10)²)/15,83)

B2 = 23813,10

Mr =(fy-fr)\*W)

Mr =(34,50-11,50)\*585,30)

Mr = 13461,90 kN\*cm

lr =((0,707\*Cb\*B1)/Mr)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*B2)/(Cb²\*B1²))\*Mr²))

lr =((0,707\*1,00\*1,12649E6)/13461,90)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*23813,10)/(1,00²\*1,12649E6²))\*13461,90²))

lr = 129,90

lp < l <= lr

Mn = Mpl-((Mpl-Mr)\*((l-lr)/(lr-lp)))

Mn = 23035,70-((23035,70-13461,90)\*((73,18-42,66)/(129,90-42,66)))

Mn = 19686,90 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 19686,90 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*19686,90

Rd(Md) = 17718,20 kN

Rd(Md) >= Mdx

17718,20 kN >= 5571,00 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão Composta**

Ny = Ag\*fy

Ny = 50,20\*34,50

Ny = 1731,90 kN

l = h/tw;

l = 331,60/6,50

l = 51,02

Nd/(0,9\*Ny) <= 0,207

lp = 3,5\*raiz(E/fy)\*(1-(2.8\*Nd/(0.9\*Ny)))

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)\*(1-(2.8\*31,80/(0.9\*1731,90)))

lp = 80,44

**Cálculo para Rd(Mdx)**

Flambagem local da alma(FLA)

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 23035,70 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA ou FLT e FLM, como cálculados anteriormente em x, e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 19686,90 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*19686,90

Rd(Md) = 17718,20 kN

**Combinação das Ações**

(Nd/Rd(Nd))+(Mdx/Rd(Mdx))+(Mdy/Rd(Mdy)) <= 1

(31,80/1558,71)+(5571,00/17718,20)+(0,00/0,00) <= 1

0,02 + 0,31+0,00 <=1

0,33 <=1

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

Como o esforço solicitante de Momento Fletor não excedeu o MRd da Mísula, sua verificação não se faz necessária

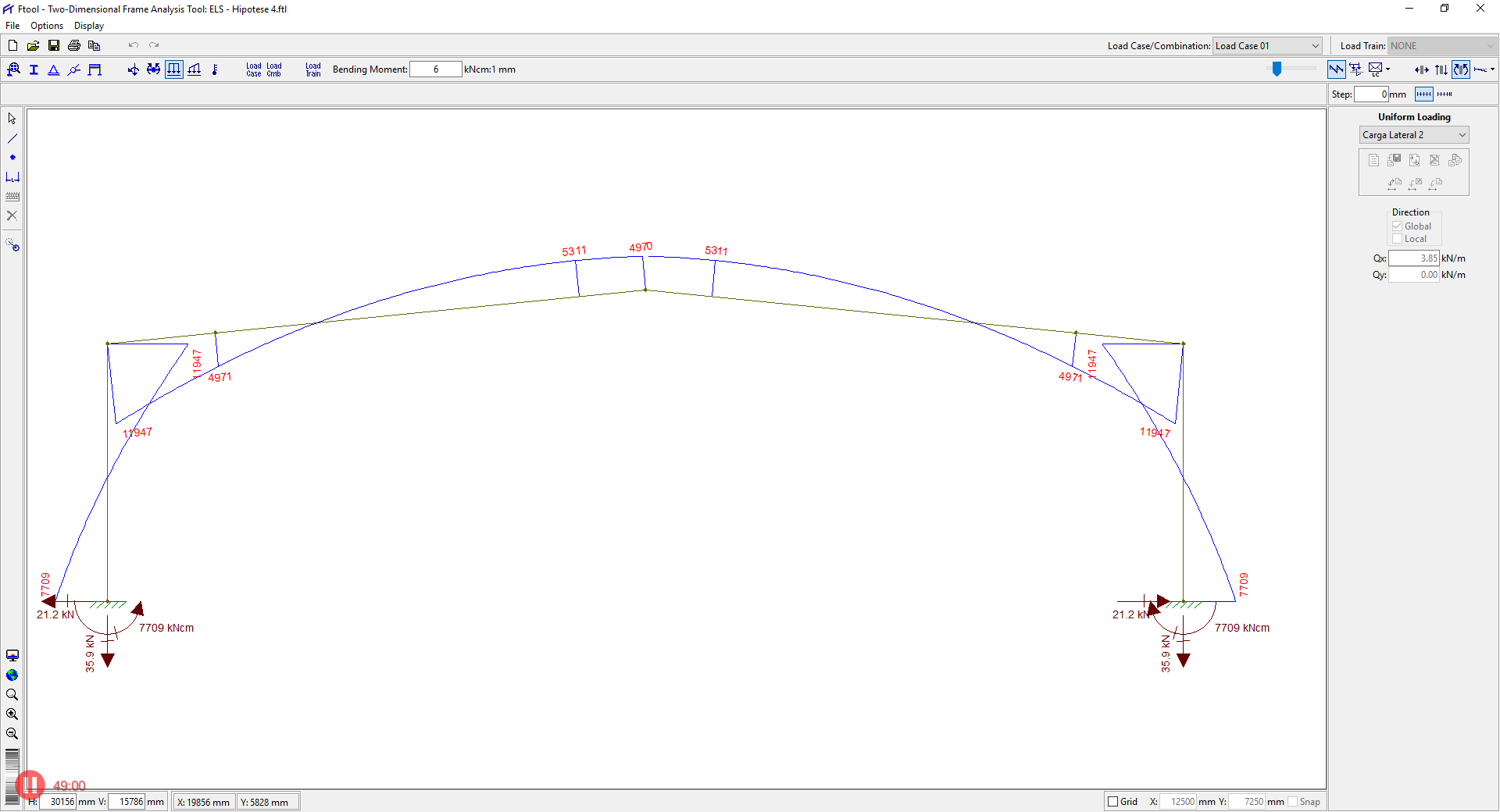


Figura -ELU- Hipotese 4 - Momentos Fletores

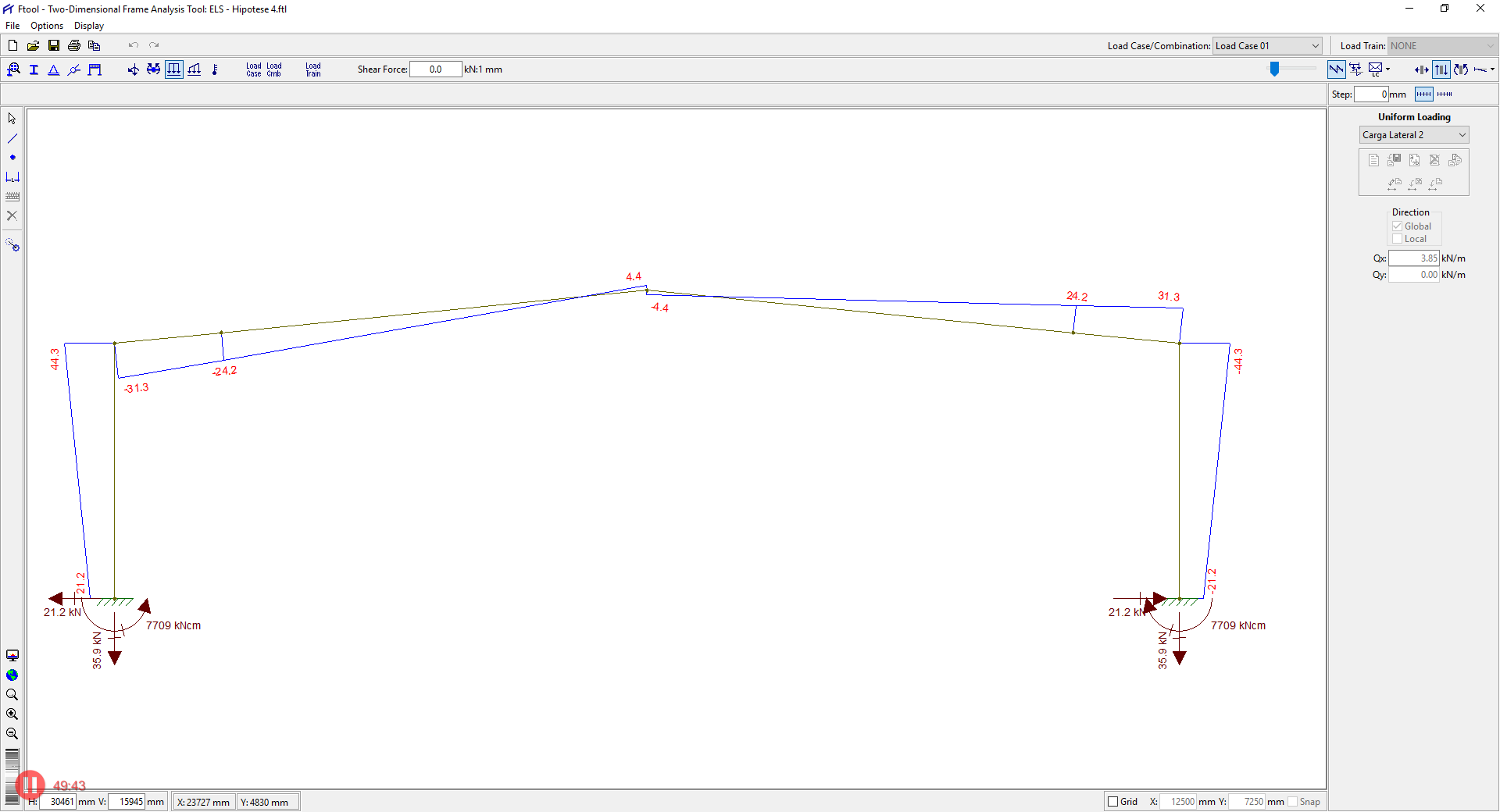


Figura -ELU- Hipotese 4 - Esforço Cortante

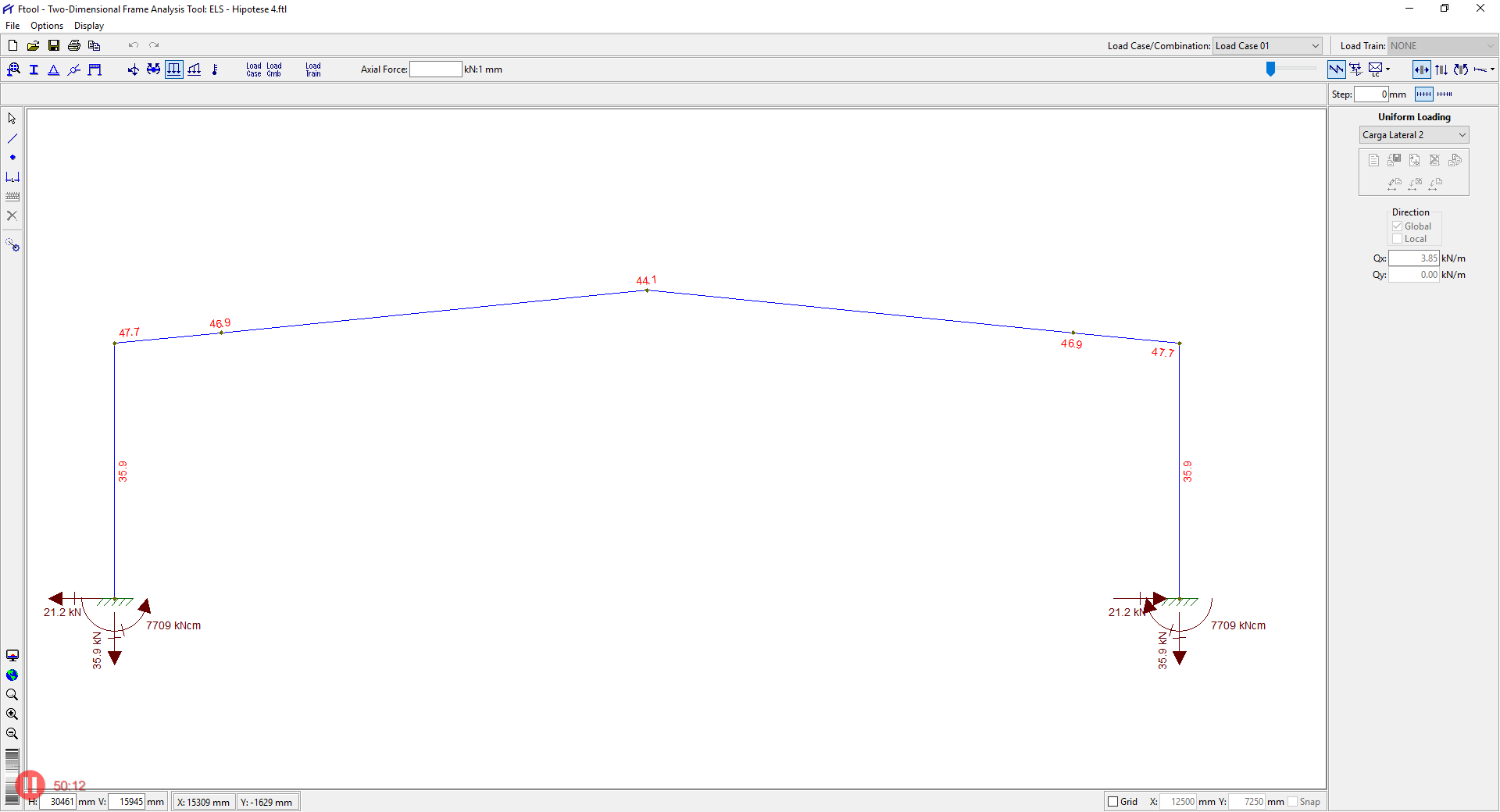
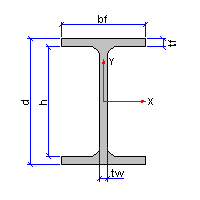


Figura - ELU - Hipótese 4 - Esforços Axiais



**Dimensionamento Perfil I Laminado**

**Propriedades do Aço**

Tipo = ASTM A 572 GR-50

fy = 34,50 kN/cm²

fu = 45,00 kN/cm²

fr = 11,5 kN/cm²

E = 20500 kN/cm²

G = 7892,5 kN/cm²

**Propriedades geométricas do perfil**

Perfil W 410 x 53

bf = 177,00 mm

tf = 10,90 mm

tw = 7,50 mm

d = 403,00 mm

Ag = 68,40 cm²

Peso = 53,00 kgf

Ix = 18734,00 cm4

Iy = 1009,00 cm4

IT = 23,38 cm4

Wx = 929,70 cm³

Wy = 114,00 cm³

Zx = 1052,20 cm³

Zy = 176,90 cm³

rx = raiz(Ix/Ag)

rx = raiz(18734,00/68,40)

rx = 16,55 cm

ry = raiz(Iy/Ag)

ry = raiz(1009,00/68,40)

ry = 3,84 cm

h = d - 2\*tf

h = 403,00 - 2\*10,90

h = 381,20 mm

**Comprimentos de Flambagem**

Lflx = 600,00 cm

Lfly = 191,00 cm

Lb = 300,00 cm

**Esforços Solicitantes**

Nd = 35,90 kN

Vd = 44,30 kN

Mdx = 11947,00 kN\*cm

Mdy = 739,00 kN\*cm

**Verificação do Esforço de Tração**

Escoamento da seção bruta

ft = 0,9

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fy

Rd(Nd) = 0,9\*68,40\*34,50

Rd(Nd) = 2123,82 kN

Ruptura da seção líquida

ft = 0,75

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fu

Rd(Nd) = 0,75\*68,40\*45,00

Rd(Nd) = 2308,50 kN

Adota-se para Rd(Nd) o menor valor das duas verificações

Rd(Nd) = 2123,82 kN

Rd(Nd) >= Nd

2123,82 kN >= 35,90 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação do Esforço Cortante**

Análise plástica

Aw = h\*tw

Aw = 381,20\*7,50

Aw = 3022,50 mm²

Aw = 30,23 cm²

Considerando Item 5.2.2 nota a da NBR8800/88

a = 4\*tw;

a = 4\*7,50

a = 30,00 mm

(a/h)<1

k = 4+5,34/(a/h)²

k = 4+5,34/(30,00/381,20)²

k = 866,19

l = h/tw

l = 381,20/7,50

l = 50,83

lp = 1,08\*raiz(k\*E/fy)

lp = 1,08\*raiz(866,19\*20500,00/34,50)

lp = 774,82

lr = 1,4\*raiz(k\*E/fy)

lr = 1,4\*raiz(866,19\*20500,00/34,50)

lr = 34651,50

Vpl = 0,55\*Aw\*fy

Vpl = 0,55\*30,23\*34,50

Vpl = 573,52 kN

l < lp

Vn = Vpl

Vn = 573,52 kN

fv = 0,9

Rd(Vd) = fv\*Vn

Rd(Vd) = 0,90\*573,52

Rd(Vd) = 516,17 kN

Rd(Vd) >= Vd

516,17 kN >= 44,30 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão em x**

Z = Zx

Z = 1052,20 cm³

W = Wx

W = 929,70 cm³

Wc = W

Wc = 929,70 cm³

Wt = W

Wt = 929,70 cm³

Mpl = Z\*fy

Mpl = 1052,20\*34,50

Mpl = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem local da alma(FLA)**

l = h/tw

l = 381,20/7,50

l = 50,83

lp = 3,5\*raiz(E/fy)

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 81,28

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem local da mesa(FLM)**

l = bf/(2\*tf)

l = 177,00/(2\*10,90)

l = 8,12

lp = 0,38\*raiz(E/fy)

lp = 0,38\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 9,26

Mr = (fy-fr)\*Wc

Mr = (34,50-11,50)\*929,70

Mr = 21383,10 kN\*cm

Mr = fy\*Wt

Mr = 34,50\*929,70

Mr = 32074,70 kN\*cm

Adota-se o menor valor de Mr

Mr = 21383,10

lr = 0,62\*raiz(E\*Wc/Mr)

lr = 0,62\*raiz(20500,00\*929,70/21383,10)

lr = 18,51

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem Lateral com torção(FLT)**

l = Lb/ry

l = 300,00/3,84

l = 78,11

lp = 1,75\*raiz(E/fy)

lp = 1,75\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 42,66

Cb = 1

B1 = pi\*raiz(G\*E\*IT\*Ag)

B1 = pi\*raiz(7892,50\*20500,00\*23,38\*68,40)

B1 = 1,59803E6

B2 =((pi²\*E)/(4\*G))\*(Ag\*((d-tf)/10)²)/IT)

B2 = ((pi²\*20500,00)/(4\*7892,50))\*(68,40\*((403,00-10,90)/10)²)/23,38)

B2 = 28826,00

Mr =(fy-fr)\*W)

Mr =(34,50-11,50)\*929,70)

Mr = 21383,10 kN\*cm

lr =((0,707\*Cb\*B1)/Mr)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*B2)/(Cb²\*B1²))\*Mr²))

lr =((0,707\*1,00\*1,59803E6)/21383,10)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*28826,00)/(1,00²\*1,59803E6²))\*21383,10²))

lr = 631,04

lp < l <= lr

Mn = Mpl-((Mpl-Mr)\*((l-lr)/(lr-lp)))

Mn = 36300,90-((36300,90-21383,10)\*((78,11-42,66)/(631,04-42,66)))

Mn = 29926,10 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 29926,10 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*29926,10

Rd(Md) = 26933,50 kN

Rd(Md) >= Mdx

26933,50 kN >= 11947,00 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão em y**

Z = Zy

Z = 176,90 cm³

W = Wy

W = 114,00 cm³

Wc = W

Wc = 114,00 cm³

Wt = W

Wt = 114,00 cm³

Mpl = Z\*fy

Mpl = 176,90\*34,50

Mpl = 6103,05 kN\*cm

**Flambagem local da alma(FLA)**

l = h/tw

l = 381,20/7,50

l = 50,83

lp = 3,5\*raiz(E/fy)

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 81,28

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 6103,05 kN\*cm

**Flambagem local da mesa(FLM)**

l = bf/(2\*tf)

l = 177,00/(2\*10,90)

l = 8,12

lp = 0,38\*raiz(E/fy)

lp = 0,38\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 9,26

Mr = (fy-fr)\*Wc

Mr = (34,50-11,50)\*114,00

Mr = 2622,00 kN\*cm

Mr = fy\*Wt

Mr = 34,50\*114,00

Mr = 3933,00 kN\*cm

Adota-se o menor valor de Mr

Mr = 2622,00

lr = 0,62\*raiz(E\*Wc/Mr)

lr = 0,62\*raiz(20500,00\*114,00/2622,00)

lr = 18,51

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 6103,05 kN\*cm

**Flambagem Lateral com torção(FLT)**

l = Lb/ry

l = 300,00/3,84

l = 78,11

lp = 1,75\*raiz(E/fy)

lp = 1,75\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 42,66

Cb = 1

B1 = pi\*raiz(G\*E\*IT\*Ag)

B1 = pi\*raiz(7892,50\*20500,00\*23,38\*68,40)

B1 = 1,59803E6

B2 =((pi²\*E)/(4\*G))\*(Ag\*((d-tf)/10)²)/IT)

B2 = ((pi²\*20500,00)/(4\*7892,50))\*(68,40\*((403,00-10,90)/10)²)/23,38)

B2 = 28826,00

Mr =(fy-fr)\*W)

Mr =(34,50-11,50)\*114,00)

Mr = 2622,00 kN\*cm

lr =((0,707\*Cb\*B1)/Mr)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*B2)/(Cb²\*B1²))\*Mr²))

lr =((0,707\*1,00\*1,59803E6)/2622,00)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*28826,00)/(1,00²\*1,59803E6²))\*2622,00²))

lr = 631,04

lp < l <= lr

Mn = Mpl-((Mpl-Mr)\*((l-lr)/(lr-lp)))

Mn = 6103,05-((6103,05-2622,00)\*((78,11-42,66)/(631,04-42,66)))

Mn = 5893,31 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 4916,25 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*4916,25

Rd(Md) = 4424,63 kN

Rd(Md) >= Mdy

4424,63 kN >= 739,00 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão Composta**

Ny = Ag\*fy

Ny = 68,40\*34,50

Ny = 2359,80 kN

l = h/tw;

l = 381,20/7,50

l = 50,83

Nd/(0,9\*Ny) <= 0,207

lp = 3,5\*raiz(E/fy)\*(1-(2.8\*Nd/(0.9\*Ny)))

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)\*(1-(2.8\*35,90/(0.9\*2359,80)))

lp = 81,28

**Cálculo para Rd(Mdx)**

Flambagem local da alma(FLA)

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA ou FLT e FLM, como cálculados anteriormente em x, e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 29926,10 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*29926,10

Rd(Md) = 26933,50 kN

**Cálculo para Rd(Mdy)**

Flambagem local da alma(FLA)

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 6103,05 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA ou FLT e FLM, como cálculados anteriormente em y, e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 4916,25 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*4916,25

Rd(Md) = 4424,63 kN

**Combinação das Ações**

(Nd/Rd(Nd))+(Mdx/Rd(Mdx))+(Mdy/Rd(Mdy)) <= 1

(35,90/2123,82)+(11947,00/26933,50)+(739,00/4424,63) <= 1

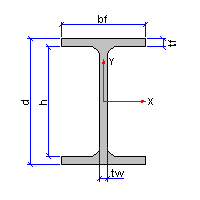
0,02 + 0,44+0,17 <=1

0,63 <=1

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação dos pilares**

**Hipótese 1**



**Dimensionamento Perfil I Laminado**

**Propriedades do Aço**

Tipo = ASTM A 572 GR-50

fy = 34,50 kN/cm²

fu = 45,00 kN/cm²

fr = 11,5 kN/cm²

E = 20500 kN/cm²

G = 7892,5 kN/cm²

**Propriedades geométricas do perfil**

Perfil W 410 x 53

bf = 177,00 mm

tf = 10,90 mm

tw = 7,50 mm

d = 403,00 mm

Ag = 68,40 cm²

Peso = 53,00 kgf

Ix = 18734,00 cm4

Iy = 1009,00 cm4

IT = 23,38 cm4

Wx = 929,70 cm³

Wy = 114,00 cm³

Zx = 1052,20 cm³

Zy = 176,90 cm³

rx = raiz(Ix/Ag)

rx = raiz(18734,00/68,40)

rx = 16,55 cm

ry = raiz(Iy/Ag)

ry = raiz(1009,00/68,40)

ry = 3,84 cm

h = d - 2\*tf

h = 403,00 - 2\*10,90

h = 381,20 mm

**Comprimentos de Flambagem**

Lflx = 600,00 cm

Lfly = 200,00 cm

Lb = 300,00 cm

**Esforços Solicitantes**

Nd = 45,50 kN

Vd = 46,90 kN

Mdx = 15612,00 kN\*cm

Mdy = 0,00 kN\*cm

**Verificação do Esforço de Tração**

Escoamento da seção bruta

ft = 0,9

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fy

Rd(Nd) = 0,9\*68,40\*34,50

Rd(Nd) = 2123,82 kN

Ruptura da seção líquida

ft = 0,75

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fu

Rd(Nd) = 0,75\*68,40\*45,00

Rd(Nd) = 2308,50 kN

Adota-se para Rd(Nd) o menor valor das duas verificações

Rd(Nd) = 2123,82 kN

Rd(Nd) >= Nd

2123,82 kN >= 45,50 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação do Esforço Cortante**

Análise plástica

Aw = h\*tw

Aw = 381,20\*7,50

Aw = 3022,50 mm²

Aw = 30,23 cm²

Considerando Item 5.2.2 nota a da NBR8800/88

a = 4\*tw;

a = 4\*7,50

a = 30,00 mm

(a/h)<1

k = 4+5,34/(a/h)²

k = 4+5,34/(30,00/381,20)²

k = 866,19

l = h/tw

l = 381,20/7,50

l = 50,83

lp = 1,08\*raiz(k\*E/fy)

lp = 1,08\*raiz(866,19\*20500,00/34,50)

lp = 774,82

lr = 1,4\*raiz(k\*E/fy)

lr = 1,4\*raiz(866,19\*20500,00/34,50)

lr = 34651,50

Vpl = 0,55\*Aw\*fy

Vpl = 0,55\*30,23\*34,50

Vpl = 573,52 kN

l < lp

Vn = Vpl

Vn = 573,52 kN

fv = 0,9

Rd(Vd) = fv\*Vn

Rd(Vd) = 0,90\*573,52

Rd(Vd) = 516,17 kN

Rd(Vd) >= Vd

516,17 kN >= 46,90 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão em x**

Z = Zx

Z = 1052,20 cm³

W = Wx

W = 929,70 cm³

Wc = W

Wc = 929,70 cm³

Wt = W

Wt = 929,70 cm³

Mpl = Z\*fy

Mpl = 1052,20\*34,50

Mpl = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem local da alma(FLA)**

l = h/tw

l = 381,20/7,50

l = 50,83

lp = 3,5\*raiz(E/fy)

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 80,20

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem local da mesa(FLM)**

l = bf/(2\*tf)

l = 177,00/(2\*10,90)

l = 8,12

lp = 0,38\*raiz(E/fy)

lp = 0,38\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 9,26

Mr = (fy-fr)\*Wc

Mr = (34,50-11,50)\*929,70

Mr = 21383,10 kN\*cm

Mr = fy\*Wt

Mr = 34,50\*929,70

Mr = 32074,70 kN\*cm

Adota-se o menor valor de Mr

Mr = 21383,10

lr = 0,62\*raiz(E\*Wc/Mr)

lr = 0,62\*raiz(20500,00\*929,70/21383,10)

lr = 18,51

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem Lateral com torção(FLT)**

l = Lb/ry

l = 300,00/3,84

l = 78,11

lp = 1,75\*raiz(E/fy)

lp = 1,75\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 42,66

Cb = 1

B1 = pi\*raiz(G\*E\*IT\*Ag)

B1 = pi\*raiz(7892,50\*20500,00\*23,38\*68,40)

B1 = 1,59803E6

B2 =((pi²\*E)/(4\*G))\*(Ag\*((d-tf)/10)²)/IT)

B2 = ((pi²\*20500,00)/(4\*7892,50))\*(68,40\*((403,00-10,90)/10)²)/23,38)

B2 = 28826,00

Mr =(fy-fr)\*W)

Mr =(34,50-11,50)\*929,70)

Mr = 21383,10 kN\*cm

lr =((0,707\*Cb\*B1)/Mr)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*B2)/(Cb²\*B1²))\*Mr²))

lr =((0,707\*1,00\*1,59803E6)/21383,10)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*28826,00)/(1,00²\*1,59803E6²))\*21383,10²))

lr = 125,62

lp < l <= lr

Mn = Mpl-((Mpl-Mr)\*((l-lr)/(lr-lp)))

Mn = 36300,90-((36300,90-21383,10)\*((78,11-42,66)/(125,62-42,66)))

Mn = 29926,10 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 29926,10 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*29926,10

Rd(Md) = 26933,50 kN

Rd(Md) >= Mdx

26933,50 kN >= 15612,00 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão Composta**

Ny = Ag\*fy

Ny = 68,40\*34,50

Ny = 2359,80 kN

l = h/tw;

l = 381,20/7,50

l = 50,83

Nd/(0,9\*Ny) <= 0,207

lp = 3,5\*raiz(E/fy)\*(1-(2.8\*Nd/(0.9\*Ny)))

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)\*(1-(2.8\*45,50/(0.9\*2359,80)))

lp = 80,20

**Cálculo para Rd(Mdx)**

Flambagem local da alma(FLA)

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA ou FLT e FLM, como cálculados anteriormente em x, e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 29926,10 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*29926,10

Rd(Md) = 26933,50 kN

**Combinação das Ações**

(Nd/Rd(Nd))+(Mdx/Rd(Mdx))+(Mdy/Rd(Mdy)) <= 1

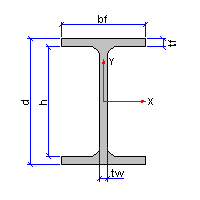
(45,50/2123,82)+(15612,00/26933,50)+(0,00/0,00) <= 1

0,02 + 0,58+0,00 <=1

0,60 <=1

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Hipótese 2:**



**Dimensionamento Perfil I Laminado**

**Propriedades do Aço**

Tipo = ASTM A 572 GR-50

fy = 34,50 kN/cm²

fu = 45,00 kN/cm²

fr = 11,5 kN/cm²

E = 20500 kN/cm²

G = 7892,5 kN/cm²

**Propriedades geométricas do perfil**

Perfil W 410 x 53

bf = 177,00 mm

tf = 10,90 mm

tw = 7,50 mm

d = 403,00 mm

Ag = 68,40 cm²

Peso = 53,00 kgf

Ix = 18734,00 cm4

Iy = 1009,00 cm4

IT = 23,38 cm4

Wx = 929,70 cm³

Wy = 114,00 cm³

Zx = 1052,20 cm³

Zy = 176,90 cm³

rx = raiz(Ix/Ag)

rx = raiz(18734,00/68,40)

rx = 16,55 cm

ry = raiz(Iy/Ag)

ry = raiz(1009,00/68,40)

ry = 3,84 cm

h = d - 2\*tf

h = 403,00 - 2\*10,90

h = 381,20 mm

**Comprimentos de Flambagem**

Lflx = 600,00 cm

Lfly = 200,00 cm

Lb = 300,00 cm

**Esforços Solicitantes**

Nd = 20,10 kN

Vd = 35,70 kN

Mdx = 6910,00 kN\*cm

Mdy = 0,00 kN\*cm

**Verificação do Esforço de Tração**

Escoamento da seção bruta

ft = 0,9

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fy

Rd(Nd) = 0,9\*68,40\*34,50

Rd(Nd) = 2123,82 kN

Ruptura da seção líquida

ft = 0,75

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fu

Rd(Nd) = 0,75\*68,40\*45,00

Rd(Nd) = 2308,50 kN

Adota-se para Rd(Nd) o menor valor das duas verificações

Rd(Nd) = 2123,82 kN

Rd(Nd) >= Nd

2123,82 kN >= 20,10 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação do Esforço Cortante**

Análise plástica

Aw = h\*tw

Aw = 381,20\*7,50

Aw = 3022,50 mm²

Aw = 30,23 cm²

Considerando Item 5.2.2 nota a da NBR8800/88

a = 4\*tw;

a = 4\*7,50

a = 30,00 mm

(a/h)<1

k = 4+5,34/(a/h)²

k = 4+5,34/(30,00/381,20)²

k = 866,19

l = h/tw

l = 381,20/7,50

l = 50,83

lp = 1,08\*raiz(k\*E/fy)

lp = 1,08\*raiz(866,19\*20500,00/34,50)

lp = 774,82

lr = 1,4\*raiz(k\*E/fy)

lr = 1,4\*raiz(866,19\*20500,00/34,50)

lr = 34651,50

Vpl = 0,55\*Aw\*fy

Vpl = 0,55\*30,23\*34,50

Vpl = 573,52 kN

l < lp

Vn = Vpl

Vn = 573,52 kN

fv = 0,9

Rd(Vd) = fv\*Vn

Rd(Vd) = 0,90\*573,52

Rd(Vd) = 516,17 kN

Rd(Vd) >= Vd

516,17 kN >= 35,70 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão em x**

Z = Zx

Z = 1052,20 cm³

W = Wx

W = 929,70 cm³

Wc = W

Wc = 929,70 cm³

Wt = W

Wt = 929,70 cm³

Mpl = Z\*fy

Mpl = 1052,20\*34,50

Mpl = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem local da alma(FLA)**

l = h/tw

l = 381,20/7,50

l = 50,83

lp = 3,5\*raiz(E/fy)

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 83,06

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem local da mesa(FLM)**

l = bf/(2\*tf)

l = 177,00/(2\*10,90)

l = 8,12

lp = 0,38\*raiz(E/fy)

lp = 0,38\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 9,26

Mr = (fy-fr)\*Wc

Mr = (34,50-11,50)\*929,70

Mr = 21383,10 kN\*cm

Mr = fy\*Wt

Mr = 34,50\*929,70

Mr = 32074,70 kN\*cm

Adota-se o menor valor de Mr

Mr = 21383,10

lr = 0,62\*raiz(E\*Wc/Mr)

lr = 0,62\*raiz(20500,00\*929,70/21383,10)

lr = 18,51

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem Lateral com torção(FLT)**

l = Lb/ry

l = 300,00/3,84

l = 78,11

lp = 1,75\*raiz(E/fy)

lp = 1,75\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 42,66

Cb = 1

B1 = pi\*raiz(G\*E\*IT\*Ag)

B1 = pi\*raiz(7892,50\*20500,00\*23,38\*68,40)

B1 = 1,59803E6

B2 =((pi²\*E)/(4\*G))\*(Ag\*((d-tf)/10)²)/IT)

B2 = ((pi²\*20500,00)/(4\*7892,50))\*(68,40\*((403,00-10,90)/10)²)/23,38)

B2 = 28826,00

Mr =(fy-fr)\*W)

Mr =(34,50-11,50)\*929,70)

Mr = 21383,10 kN\*cm

lr =((0,707\*Cb\*B1)/Mr)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*B2)/(Cb²\*B1²))\*Mr²))

lr =((0,707\*1,00\*1,59803E6)/21383,10)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*28826,00)/(1,00²\*1,59803E6²))\*21383,10²))

lr = 125,62

lp < l <= lr

Mn = Mpl-((Mpl-Mr)\*((l-lr)/(lr-lp)))

Mn = 36300,90-((36300,90-21383,10)\*((78,11-42,66)/(125,62-42,66)))

Mn = 29926,10 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 29926,10 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*29926,10

Rd(Md) = 26933,50 kN

Rd(Md) >= Mdx

26933,50 kN >= 6910,00 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão Composta**

Ny = Ag\*fy

Ny = 68,40\*34,50

Ny = 2359,80 kN

l = h/tw;

l = 381,20/7,50

l = 50,83

Nd/(0,9\*Ny) <= 0,207

lp = 3,5\*raiz(E/fy)\*(1-(2.8\*Nd/(0.9\*Ny)))

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)\*(1-(2.8\*20,10/(0.9\*2359,80)))

lp = 83,06

**Cálculo para Rd(Mdx)**

Flambagem local da alma(FLA)

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA ou FLT e FLM, como cálculados anteriormente em x, e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 29926,10 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*29926,10

Rd(Md) = 26933,50 kN

**Combinação das Ações**

(Nd/Rd(Nd))+(Mdx/Rd(Mdx))+(Mdy/Rd(Mdy)) <= 1

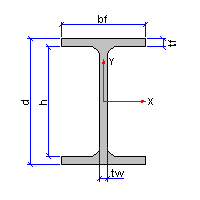
(20,10/2123,82)+(6910,00/26933,50)+(0,00/0,00) <= 1

0,01 + 0,26+0,00 <=1

0,27 <=1

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Hipótese 3:**



**Dimensionamento Perfil I Laminado**

**Propriedades do Aço**

Tipo = ASTM A 572 GR-50

fy = 34,50 kN/cm²

fu = 45,00 kN/cm²

fr = 11,5 kN/cm²

E = 20500 kN/cm²

G = 7892,5 kN/cm²

**Propriedades geométricas do perfil**

Perfil W 410 x 53

bf = 177,00 mm

tf = 10,90 mm

tw = 7,50 mm

d = 403,00 mm

Ag = 68,40 cm²

Peso = 53,00 kgf

Ix = 18734,00 cm4

Iy = 1009,00 cm4

IT = 23,38 cm4

Wx = 929,70 cm³

Wy = 114,00 cm³

Zx = 1052,20 cm³

Zy = 176,90 cm³

rx = raiz(Ix/Ag)

rx = raiz(18734,00/68,40)

rx = 16,55 cm

ry = raiz(Iy/Ag)

ry = raiz(1009,00/68,40)

ry = 3,84 cm

h = d - 2\*tf

h = 403,00 - 2\*10,90

h = 381,20 mm

**Comprimentos de Flambagem**

Lflx = 600,00 cm

Lfly = 200,00 cm

Lb = 300,00 cm

**Esforços Solicitantes**

Nd = 38,10 kN

Vd = 48,40 kN

Mdx = 11921,00 kN\*cm

Mdy = 0,00 kN\*cm

**Verificação do Esforço de Tração**

Escoamento da seção bruta

ft = 0,9

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fy

Rd(Nd) = 0,9\*68,40\*34,50

Rd(Nd) = 2123,82 kN

Ruptura da seção líquida

ft = 0,75

Rd(Nd) = ft\*Ag\*fu

Rd(Nd) = 0,75\*68,40\*45,00

Rd(Nd) = 2308,50 kN

Adota-se para Rd(Nd) o menor valor das duas verificações

Rd(Nd) = 2123,82 kN

Rd(Nd) >= Nd

2123,82 kN >= 38,10 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação do Esforço Cortante**

Análise plástica

Aw = h\*tw

Aw = 381,20\*7,50

Aw = 3022,50 mm²

Aw = 30,23 cm²

Considerando Item 5.2.2 nota a da NBR8800/88

a = 4\*tw;

a = 4\*7,50

a = 30,00 mm

(a/h)<1

k = 4+5,34/(a/h)²

k = 4+5,34/(30,00/381,20)²

k = 866,19

l = h/tw

l = 381,20/7,50

l = 50,83

lp = 1,08\*raiz(k\*E/fy)

lp = 1,08\*raiz(866,19\*20500,00/34,50)

lp = 774,82

lr = 1,4\*raiz(k\*E/fy)

lr = 1,4\*raiz(866,19\*20500,00/34,50)

lr = 34651,50

Vpl = 0,55\*Aw\*fy

Vpl = 0,55\*30,23\*34,50

Vpl = 573,52 kN

l < lp

Vn = Vpl

Vn = 573,52 kN

fv = 0,9

Rd(Vd) = fv\*Vn

Rd(Vd) = 0,90\*573,52

Rd(Vd) = 516,17 kN

Rd(Vd) >= Vd

516,17 kN >= 48,40 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão em x**

Z = Zx

Z = 1052,20 cm³

W = Wx

W = 929,70 cm³

Wc = W

Wc = 929,70 cm³

Wt = W

Wt = 929,70 cm³

Mpl = Z\*fy

Mpl = 1052,20\*34,50

Mpl = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem local da alma(FLA)**

l = h/tw

l = 381,20/7,50

l = 50,83

lp = 3,5\*raiz(E/fy)

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 81,03

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem local da mesa(FLM)**

l = bf/(2\*tf)

l = 177,00/(2\*10,90)

l = 8,12

lp = 0,38\*raiz(E/fy)

lp = 0,38\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 9,26

Mr = (fy-fr)\*Wc

Mr = (34,50-11,50)\*929,70

Mr = 21383,10 kN\*cm

Mr = fy\*Wt

Mr = 34,50\*929,70

Mr = 32074,70 kN\*cm

Adota-se o menor valor de Mr

Mr = 21383,10

lr = 0,62\*raiz(E\*Wc/Mr)

lr = 0,62\*raiz(20500,00\*929,70/21383,10)

lr = 18,51

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

**Flambagem Lateral com torção(FLT)**

l = Lb/ry

l = 300,00/3,84

l = 78,11

lp = 1,75\*raiz(E/fy)

lp = 1,75\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 42,66

Cb = 1

B1 = pi\*raiz(G\*E\*IT\*Ag)

B1 = pi\*raiz(7892,50\*20500,00\*23,38\*68,40)

B1 = 1,59803E6

B2 =((pi²\*E)/(4\*G))\*(Ag\*((d-tf)/10)²)/IT)

B2 = ((pi²\*20500,00)/(4\*7892,50))\*(68,40\*((403,00-10,90)/10)²)/23,38)

B2 = 28826,00

Mr =(fy-fr)\*W)

Mr =(34,50-11,50)\*929,70)

Mr = 21383,10 kN\*cm

lr =((0,707\*Cb\*B1)/Mr)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*B2)/(Cb²\*B1²))\*Mr²))

lr =((0,707\*1,00\*1,59803E6)/21383,10)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*28826,00)/(1,00²\*1,59803E6²))\*21383,10²))

lr = 125,62

lp < l <= lr

Mn = Mpl-((Mpl-Mr)\*((l-lr)/(lr-lp)))

Mn = 36300,90-((36300,90-21383,10)\*((78,11-42,66)/(125,62-42,66)))

Mn = 29926,10 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 29926,10 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*29926,10

Rd(Md) = 26933,50 kN

Rd(Md) >= Mdx

26933,50 kN >= 11921,00 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão Composta**

Ny = Ag\*fy

Ny = 68,40\*34,50

Ny = 2359,80 kN

l = h/tw;

l = 381,20/7,50

l = 50,83

Nd/(0,9\*Ny) <= 0,207

lp = 3,5\*raiz(E/fy)\*(1-(2.8\*Nd/(0.9\*Ny)))

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)\*(1-(2.8\*38,10/(0.9\*2359,80)))

lp = 81,03

**Cálculo para Rd(Mdx)**

Flambagem local da alma(FLA)

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 36300,90 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA ou FLT e FLM, como cálculados anteriormente em x, e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 29926,10 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*29926,10

Rd(Md) = 26933,50 kN

**Combinação das Ações**

(Nd/Rd(Nd))+(Mdx/Rd(Mdx))+(Mdy/Rd(Mdy)) <= 1

(38,10/2123,82)+(11921,00/26933,50)+(0,00/0,00) <= 1

0,02 + 0,44+0,00 <=1

0,46 <=1

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

* 1. **Cálculo das terças dos fechamentos lateral e frontal**

**Cargas Atuantes na terça dos fechamentos**

**Estados Limites de Serviço**

Eixo Local Y (Horizontal) - Hipótese 1: V90 = V0 = (0,57x (0,7+0,3))x 1,91 = 1,0887 kN/m

Eixo Local X (Vertical) - Hipótese 1: CP = (0,0485 + 0,02))x 1,91+ 0,07 = 0,20 kN/m

**Estados Limites Últimos**

Eixo Local Y (Horizontal) - Hipótese 1: V90 = V0 = (1,4 x 0,57x (0,7+0,3))x 1,91 = 1,52 kN/m

Eixo Local X (Vertical) - Hipótese 1: CP = (1,4 x 0,0485 + 0,02))x 1,91+ 1,4 x 0,07 = 0,28 kN/m

**Verificação da Flecha:**

Horizontal:

Flecha Limite = L/180 = 600/180 = 3,33cm

**Momento Fletor Atuante**

Vertical:

Flecha Limite = L/180 = 600/180 = 3,33cm

**Momento Fletor Atuante**

Calculo das Propriedades da Seção

bf = 5 cm bw = 12.5 cm D = 1.7 cm

α = 0 º β = 90 º A = 6.40176 cm2

Ix = 151.27049 cm4 Iy = 21.38188 cm4 Ixy = 0 cm4

It = 0.14946 cm4 xg = -1.60818 cm yg = -6.25 cm

x0 = -3.76087 cm y0 = 0 cm r0 = 6.41199 cm

rx = 4.86102 cm ry = 1.82757 cm Wx = 24.20328 cm3

Wy = 6.30395 cm3 Iw = 694.86008 cm6 rm = 0.3975 cm

φp = 0 º m = 5.02538 kg/m

Ue: bw=12,5 bf=5 D=1,7 t=0,265 α=0 β=90

fy= 24 kN/cm2 E= 20000 kN/cm2 G= 7700 kN/cm2

1 - Verificação à Flexão Composta

1.1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762 - 9.7]

1.1.1 - Flambagem distorcional elástica:

Valor de Ndist obtido da tabela de cargas críticas pré cadastradas.

Ndist= 384,19 kN/cm2

1.1.2 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.7.3]

γ= 1,2

fy= 24 kN/cm2

A= 6,4 cm2

λdist= 0,63

Xdist= 0,98

Ndist= 384,19 kN

NRddist= 125,75 kN

1.1.3 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-9.7.2]

1.1.3.1 - Cálculo Ne

Lx= 600 cm Ly= 1 cm Lt= 1 cm

r0= 6,41 cm x0= -3,76 cm y0= 0 cm

Ix=151,27 cm Iy=21,38 cm4 It=0,15 cm4

Iw=694,86 cm6 A=6,4 cm2

Nex= 82,94 kN

Ney= 4220613,08 kN

Nez= 3336141,09 kN

Perfil monosimétrico: em relação ao eixo X [NBR14762 - 9.7.2.2]

Nexz= 82,94 kN

Ne= 82,94 kN

Fe= 12,96 kN/cm2

flambagem por flexo-torção

A= 6,4 cm2

λ0= 1,36

X= 0,46

σ= 11,05 kN/cm2

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)

Aef\_MLE= 6,4 cm2

γ = 1,2

Nc= 58,97 kN

A força normal de compressão de cálculo deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.7.1]

Nc= 58,97 kN

Ndist= 125,75 kN

Nrd= 58,97 kN

2 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-9.8]

2.1 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.8.2.3]

Valor de Mdistx obitido da tabela de cargas críticas pré cadastradas

Mdistx= 2931 kN.cm

Ix= 151,27 cm4

Wb= 24,2 cm3

λdist < 0.673

γ= 1,1

fy= 24 kN/cm2

λdist = 0,4452

Xdist = 1,0000

MxRddist= 528,07 kN.cm

2.2 - Inicio de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-9.8.2.1]

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada Y= 6,25 cm (fibra comprimida)

Ixef= 151,27 cm4

Wxef\_MLE= 24,2 cm3

γ = 1,1

Mxesc= 528,07 kN.cm

2.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-9.8.2.2]

2.3.1 - Cálculo Me

Cb= 1

Perfil monossimétrico

Lx= 600 cm Ly= 1 cm

Lt= 1 cm r0= 6,41 cm

x0= 3,76 cm y0= 0 cm

Iw= 694.8600828759857 cm6

Ix= 151,27 cm4 Iy= 21,38 cm4

It= 0,15 cm4

Nex= 82,94 kN

Ney= 4220613,08 kN

Nez= 3336141,09 kN

Me= 24060416,71 kN.cm

máxima coordenada Y= 6,25 cm (fibra comprimida)

Ix= 151,27 cm4

Wxc= 24,2 cm3 - Wxc perfil bruto

λ0= 0

λ0 < 0,6

X= 1

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada Y= 6,25 cm (fibra comprimida)

Ixef= 151,27 cm4

Wxcef\_MLE= 24,2 cm3

γ = 1,1

Wcef= 24,2 cm3

Mxflt= 528,07 kN.cm

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.8.2]

Mxesc= 528,07 kN.cm

Mxflt= 528,07 kN.cm

Mxdist= 528,07 kN.cm

Mxrd= 528,07 kN.cm

3 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-9.8]

3.1 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.8.2.3]

Conforme informação da tabela de cargas críticas:

A Flambagem distorcional NÃO é crítica para esse perfil.

3.2 - Inicio de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-9.8.2.1]

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada x= 3,39 cm (fibra comprimida)

Iyef= 21,38 cm4

Wyef\_MLE= 6,3 cm3

γ = 1,1

Iyef= 21,38 cm4

Wyef= 6,3 cm3

Myesc= 137,54 kN.cm

3.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-9.8.2.2]

3.3.1 - Cálculo Me - Anexo E NBR 17462:2010

Iy= 21,38 cm4

Wy= 6,3 cm3

Lx= 600 cm Ly= 1 cm

Lt= 1 cm r0= 6,41 cm

x0= -3,76 cm y0= 0 cm

rx= 4,86 cm ry= 1,83 cm

It= 0,15 cm4

Iy= 21,38 cm4

Ix= 151,27 cm4

Iw= 694,86 cm6

A= 6,4 cm2

Nex= 82,94 kN

Ney= 4220613,08 kN

Nez= 3336141,09 kN

Cb= 1

Seção Monossimétrica

M1= -1 kN.cm

M2= 1 kN.cm

Cm= 1

Compressão na coordenada positiva de x

Cs= -1

j= 6,67

Me= 106109,68 kN.cm

máxima coordenada X= 3,39 cm (fibra comprimida)

Iy= 21,38 cm4

Wyc= 6,3 cm3 - Wyc perfil bruto

λ0= 0,04

λ0 < 0,6

X= 1

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada X= 3,39 cm(fibra comprimida)

Iy\_ef\_MLE= 21,38 cm4

Wycef\_MLE= 6,3 cm3

γ = 1,1

Wcef= 6,3 cm3

Myflt= 137,54 kN.cm

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.8.2]

Myesc= 137,54 kN.cm

Myflt= 137,54 kN.cm

Myrd= 137,54 kN.cm

Esforços Solicitantes:

NSd= 0 kN

MxSd= 456 kN.cm

MySd= 14 kN.cm

Esforços Resistentes:

-> NcRd= 58,97 kN

-> MxRd= 528,07 kN.cm

-> MyRd= 137,54 kN.cm

Verificação a Flexão Composta [NBR 14762:2010 - 9.9]

Verificação de Flexo-Compressão

=> 0 + 0,86 + 0,1 = 0,97 ≤ 1 - Ok!

* 1. **Cálculo do pilar do fechamento frontal**

**Cargas Atuantes nos pilares do fechamento frontal**

**Estados Limites de Serviço**

Eixo Local Y (Horizontal) - Hipótese 1: V90 = V0 = (0,57x (0,7+0,3))x 5 = 2,85kN/m

Eixo Local X (Vertical) - Hipótese 1: CP = (0,0485 + 0,02+0,03))x 5 x 6,5+ 0,30 x 6,5 = 5,15 kN

**Estados Limites Últimos**

Eixo Local Y (Horizontal) - Hipótese 1: V90 = V0 = 1,4 x (0,57x (0,7+0,3))x 5 = 3,99 kN/m

Eixo Local X (Vertical) - Hipótese 1: CP = 1,4 x (0,0485 + 0,02+0,03))x 5 x 6,5+ 1,4 x 0,30 x 6,5 = 7,21 kN

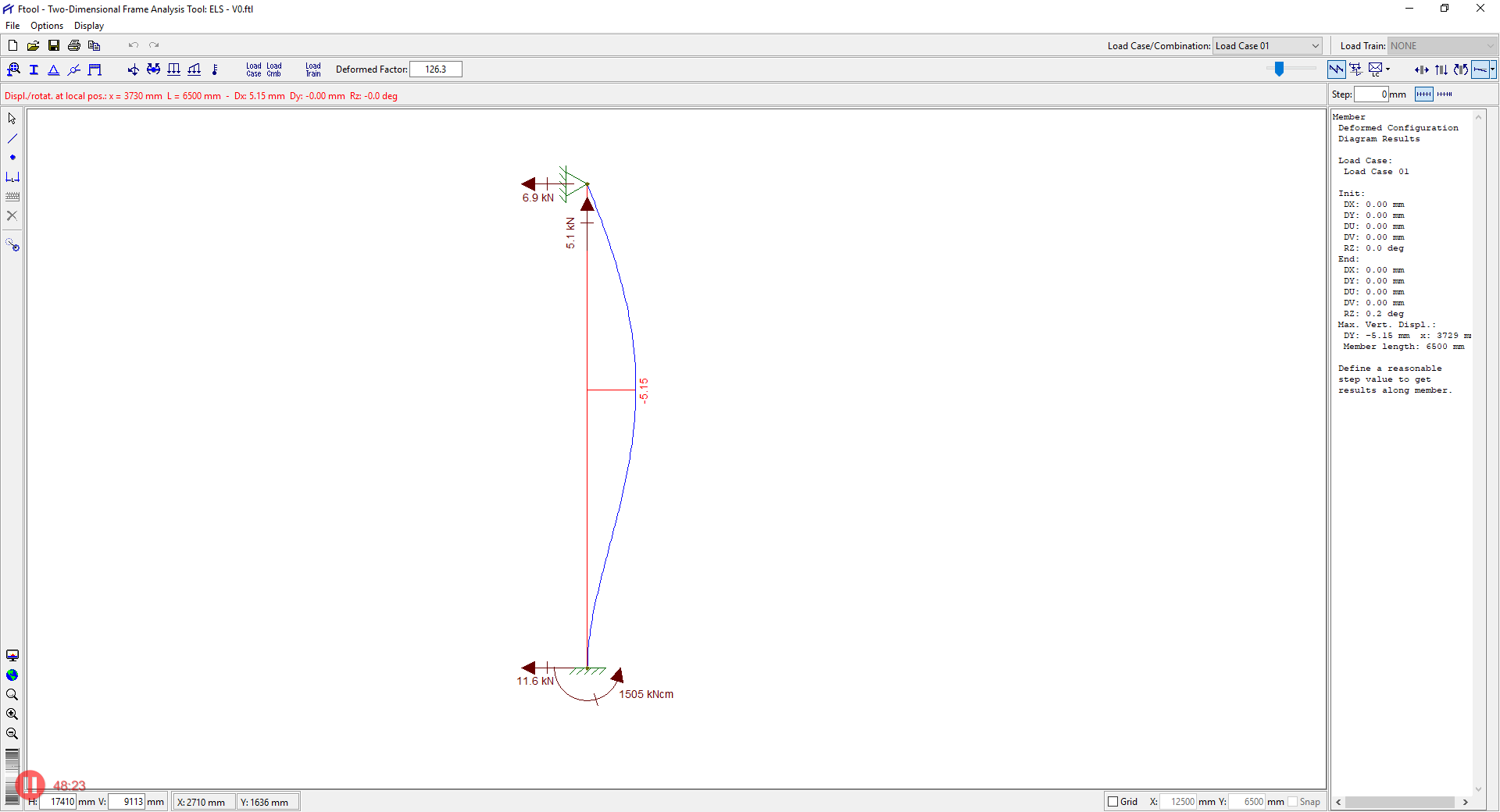


Figura - ELS - Hipótese 1

Flecha limite = H/300 = 6500 / 300 = 21,7mm

Flecha atuante = 5,15 OK!

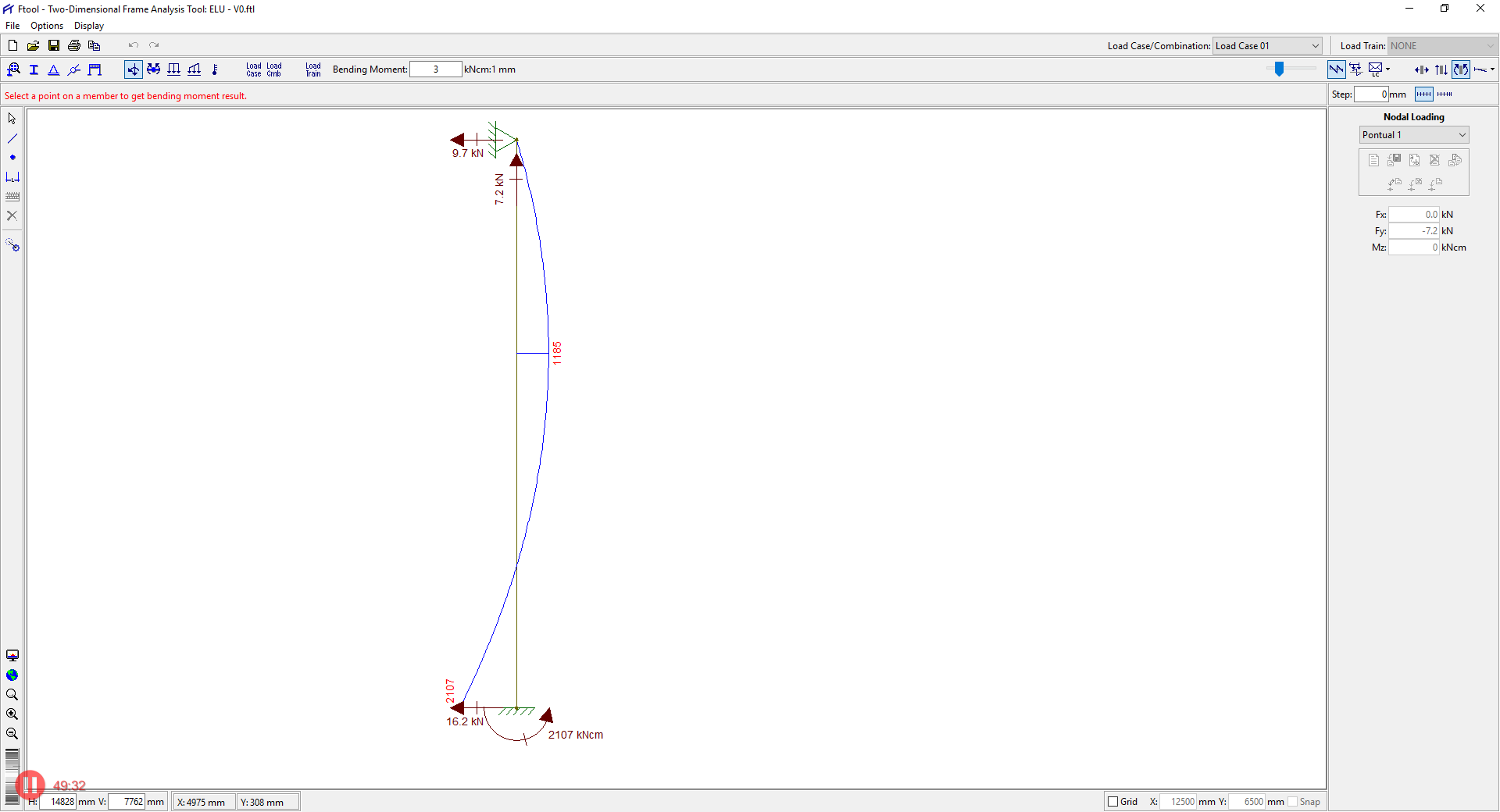


Figura ELU- Hipótese 1 - Momentos Fletores

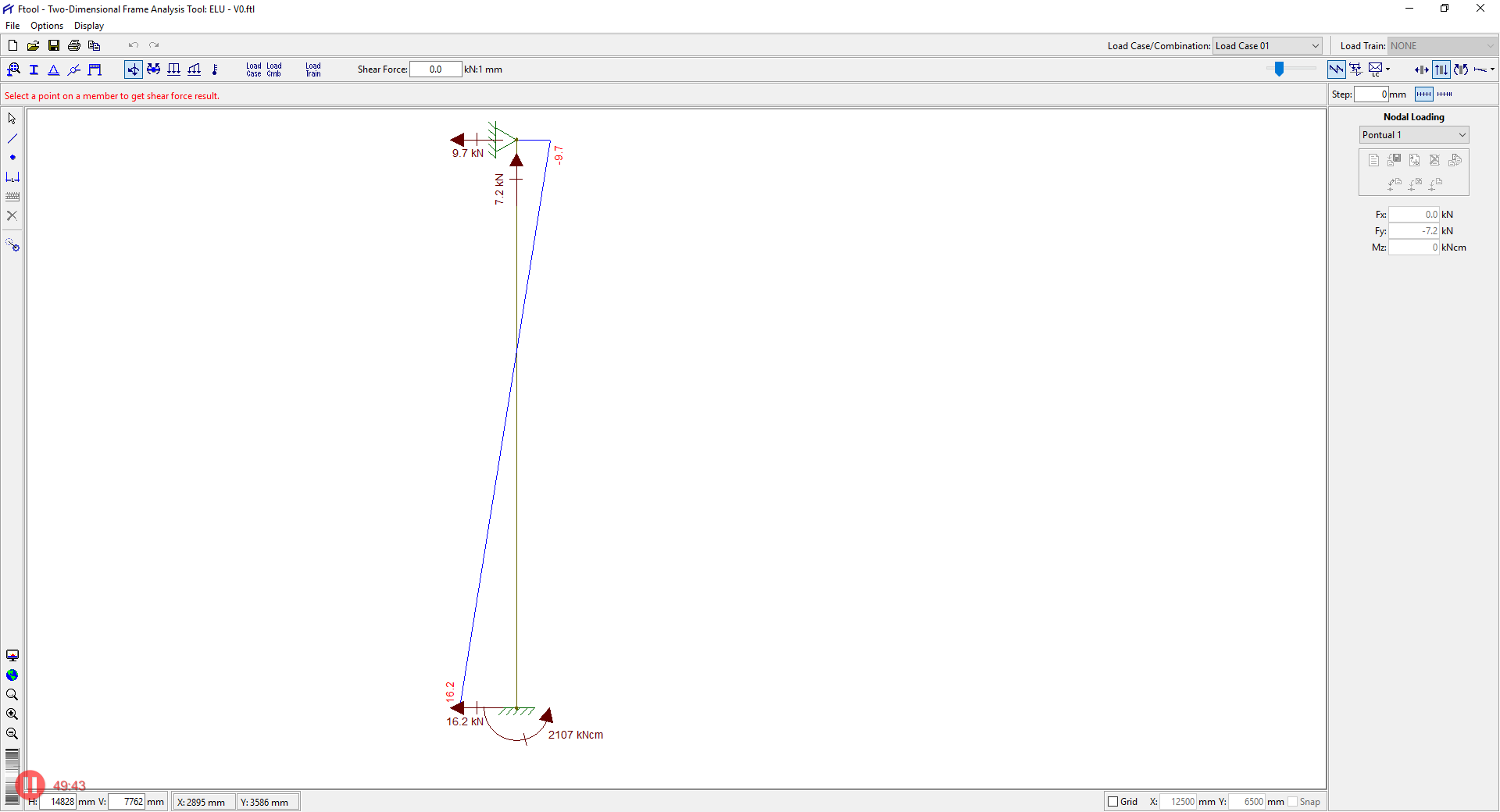


Figura - Hipótese 1 - Força Cortante

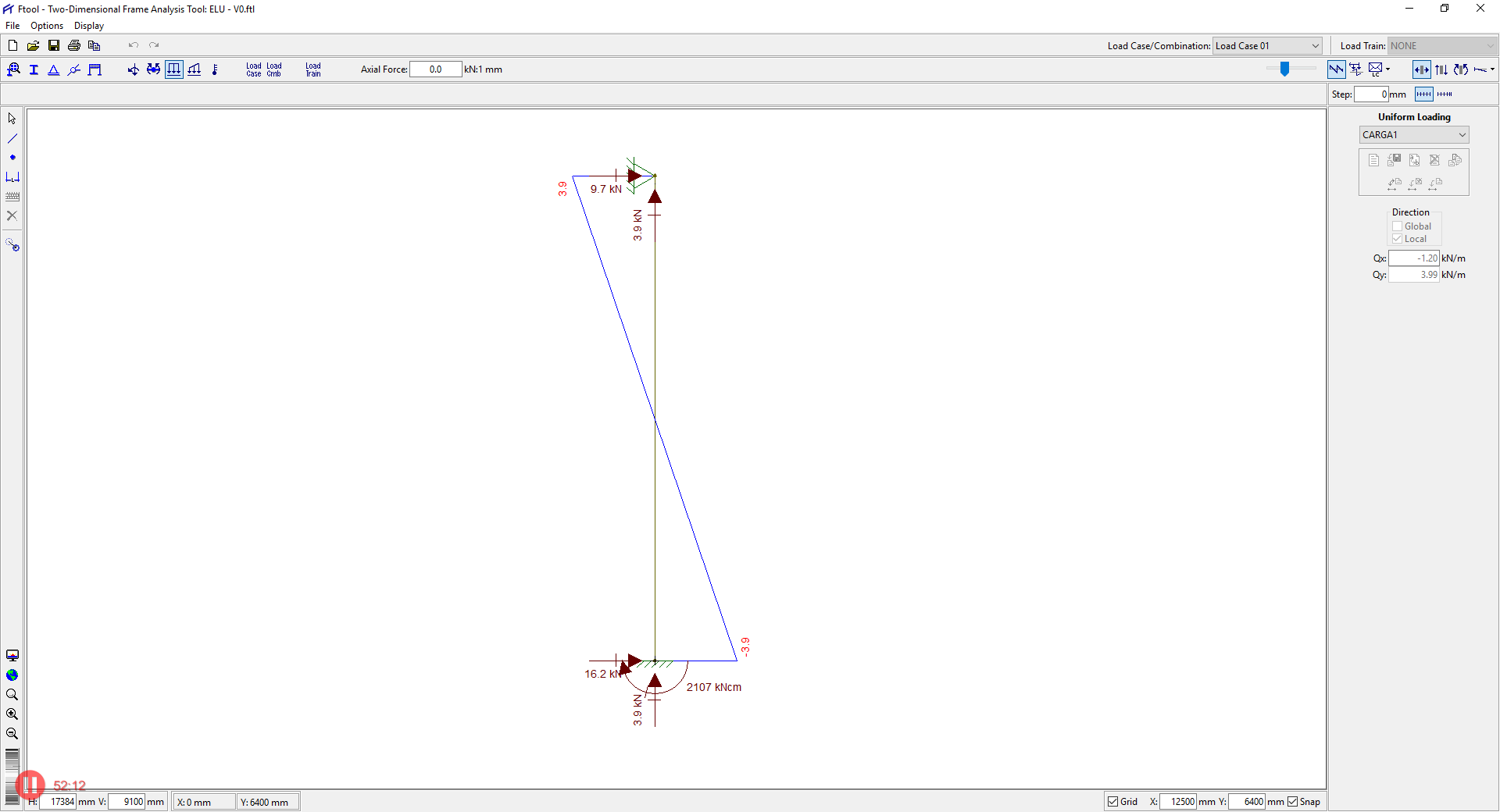
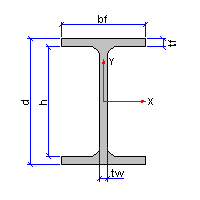


Figura - Hipótese 1 - Cargas Axiais



**Dimensionamento Perfil I Laminado**

**Propriedades do Aço**

Tipo = ASTM A 572 GR-50

fy = 34,50 kN/cm²

fu = 45,00 kN/cm²

fr = 11,5 kN/cm²

E = 20500 kN/cm²

G = 7892,5 kN/cm²

**Propriedades geométricas do perfil**

Perfil W 200 x 26,6

bf = 133,00 mm

tf = 8,40 mm

tw = 5,80 mm

d = 207,00 mm

Ag = 34,20 cm²

Peso = 26,60 kgf

Ix = 2611,00 cm4

Iy = 330,00 cm4

IT = 7,65 cm4

Wx = 252,30 cm³

Wy = 49,60 cm³

Zx = 282,30 cm³

Zy = 76,30 cm³

rx = raiz(Ix/Ag)

rx = raiz(2611,00/34,20)

rx = 8,74 cm

ry = raiz(Iy/Ag)

ry = raiz(330,00/34,20)

ry = 3,11 cm

h = d - 2\*tf

h = 207,00 - 2\*8,40

h = 190,20 mm

**Comprimentos de Flambagem**

Lflx = 650,00 cm

Lfly = 191,00 cm

Lb = 650,00 cm

**Esforços Solicitantes**

Nd = -3,90 kN

Vd = 16,20 kN

Mdx = 2107,00 kN\*cm

Mdy = 0,00 kN\*cm

**Verificação do Esforço de Compressão**

Verificação da esbeltez do elemento (Item 5.3.5 NBR8800/88)

lx = Lflx/rx

lx = 650,00/8,74

lx = 74,39

ly = Lfly/ry

ly = 191,00/3,11

ly = 61,49

lx e ly <= 200

74,39 e 61,49 <= 200

Ok! Esbeltez verifica!

Cálculo de Q (Anexo E da NBR8800/88)

(bf/2)/tf <= 0,55\*raiz(E/fy)

Qs =1

h/tw <= 1,47\*raiz(E/fy)

Qa =1

Q =Qs\*Qa

Q =1,00\*1,00

Q = 1,00

lx2 = (1/pi)\*lx\*raiz(Q\*fy/E);

lx2 = (1/pi)\*74,39\*raiz(1,00\*34,50/20500,00);

lx2 = 0,97

ly2 = (1/pi)\*ly\*raiz(Q\*fy/E);

ly2 = (1/pi)\*61,49\*raiz(1,00\*34,50/20500,00);

ly2 = 0,80

tf <= 40

Curva b -> ax = 0,281

Curva c -> ay = 0,384

lx2 > 0,2

Bx =(1/2\*lx2²)\*(1+ax\*raiz(lx2²-0.04)+lx2²)

Bx =(1/2\*0,97²)\*(1+0,28\*raiz(0,97²-0.04)+0,97²)

Bx = 1,17

rox = Bx-raiz(Bx²\*(1/lx2²))

rox = 1,17-raiz(1,17²\*(1/0,97²))

rox = 0,61

ly2 > 0,2

By =(1/2\*ly2²)\*(1+ay\*raiz(ly2²-0.04)+ly2²)

By =(1/2\*0,80²)\*(1+0,38\*raiz(0,80²-0.04)+0,80²)

By = 1,51

roy = By-raiz(By²\*(1/ly2²))

roy = 1,51-raiz(1,51²\*(1/0,80²))

roy = 0,66

Adota-se o menor valor para ro

ro = 0,61

fc = 0,9

Rd(Nd) = fc\*ro\*Q\*Ag\*fy

Rd(Nd) = 0,90\*0,61\*1,00\*34,20\*34,50

Rd(Nd) = -650,34 kN

Rd(Nd) >= Nd

-650,34 kN >= -3,90 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação do Esforço Cortante**

Análise plástica

Aw = h\*tw

Aw = 190,20\*5,80

Aw = 1200,60 mm²

Aw = 12,01 cm²

Considerando Item 5.2.2 nota a da NBR8800/88

a = 4\*tw;

a = 4\*5,80

a = 23,20 mm

(a/h)<1

k = 4+5,34/(a/h)²

k = 4+5,34/(23,20/190,20)²

k = 362,91

l = h/tw

l = 190,20/5,80

l = 32,79

lp = 1,08\*raiz(k\*E/fy)

lp = 1,08\*raiz(362,91\*20500,00/34,50)

lp = 501,52

lr = 1,4\*raiz(k\*E/fy)

lr = 1,4\*raiz(362,91\*20500,00/34,50)

lr = 22429,20

Vpl = 0,55\*Aw\*fy

Vpl = 0,55\*12,01\*34,50

Vpl = 227,81 kN

l < lp

Vn = Vpl

Vn = 227,81 kN

fv = 0,9

Rd(Vd) = fv\*Vn

Rd(Vd) = 0,90\*227,81

Rd(Vd) = 205,03 kN

Rd(Vd) >= Vd

205,03 kN >= 16,20 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão em x**

Z = Zx

Z = 282,30 cm³

W = Wx

W = 252,30 cm³

Wc = W

Wc = 252,30 cm³

Wt = W

Wt = 252,30 cm³

Mpl = Z\*fy

Mpl = 282,30\*34,50

Mpl = 9739,35 kN\*cm

**Flambagem local da alma(FLA)**

l = h/tw

l = 190,20/5,80

l = 32,79

lp = 3,5\*raiz(E/fy)

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 84,44

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 9739,35 kN\*cm

**Flambagem local da mesa(FLM)**

l = bf/(2\*tf)

l = 133,00/(2\*8,40)

l = 7,92

lp = 0,38\*raiz(E/fy)

lp = 0,38\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 9,26

Mr = (fy-fr)\*Wc

Mr = (34,50-11,50)\*252,30

Mr = 5802,90 kN\*cm

Mr = fy\*Wt

Mr = 34,50\*252,30

Mr = 8704,35 kN\*cm

Adota-se o menor valor de Mr

Mr = 5802,90

lr = 0,62\*raiz(E\*Wc/Mr)

lr = 0,62\*raiz(20500,00\*252,30/5802,90)

lr = 18,51

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 9739,35 kN\*cm

**Flambagem Lateral com torção(FLT)**

l = Lb/ry

l = 650,00/3,11

l = 209,25

lp = 1,75\*raiz(E/fy)

lp = 1,75\*raiz(20500,00/34,50)

lp = 42,66

Cb = 1

B1 = pi\*raiz(G\*E\*IT\*Ag)

B1 = pi\*raiz(7892,50\*20500,00\*7,65\*34,20)

B1 = 646365,00

B2 =((pi²\*E)/(4\*G))\*(Ag\*((d-tf)/10)²)/IT)

B2 = ((pi²\*20500,00)/(4\*7892,50))\*(34,20\*((207,00-8,40)/10)²)/7,65)

B2 = 11300,60

Mr =(fy-fr)\*W)

Mr =(34,50-11,50)\*252,30)

Mr = 5802,90 kN\*cm

lr =((0,707\*Cb\*B1)/Mr)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*B2)/(Cb²\*B1²))\*Mr²))

lr =((0,707\*1,00\*646365,00)/5802,90)\*raiz(1+ raiz(1+((4\*11300,60)/(1,00²\*646365,00²))\*5802,90²))

lr = 139,88

lp < l > lr

Mcr =((Cb\*B1)/l)\*raiz(1+(B2/l²))

Mcr =((1,00\*646365,00)/209,25)\*raiz(1+(11300,60/209,25²))

Mcr = 3464,68 kN\*cm

Mn = Mcr

Mn = 3464,68 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 3464,68 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*3464,68

Rd(Md) = 3118,21 kN

Rd(Md) >= Mdx

3118,21 kN >= 2107,00 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

**Verificação de Flexão Composta**

Ny = Ag\*fy

Ny = 34,20\*34,50

Ny = 1179,90 kN

l = h/tw;

l = 190,20/5,80

l = 32,79

Nd/(0,9\*Ny) <= 0,207

lp = 3,5\*raiz(E/fy)\*(1-(2.8\*Nd/(0.9\*Ny)))

lp = 3,5\*raiz(20500,00/34,50)\*(1-(2.8\*3,90/(0.9\*1179,90)))

lp = 84,44

**Cálculo para Rd(Mdx)**

Flambagem local da alma(FLA)

l <= lp

Mn = Mpl

Mn = 9739,35 kN\*cm

Adota-se para Mn o menor valor de FLA ou FLT e FLM, como cálculados anteriormente em x, e ainda segundo NBR 8800/88 (Item 5.4.1.3.1) Mn < (1,25\*W\*fy)

Mn <= (1,25\*W\*fy) -> Ok!

Mn = 3464,68 kN\*cm

fb = 0,9

Rd(Md) = fb\*Mn

Rd(Md) = 0,90\*3464,68

Rd(Md) = 3118,21 kN

**Combinação das Ações**

Cmx = 1

Cmy = 1

Nex = (Ag\*fy)/lx2²

Nex = (34,20\*34,50)/0,97²

Nex = 1250,36 kN

Ney = (Ag\*fy)/ly2²

Ney = (34,20\*34,50)/0,80²

Ney = 1830,21 kN

(Nd/Rd(Nd))+(Cmx\*Mdx)/((1-Nd/(0,73\*Nex))\*Rd(Mdx))+(Cmy\*Mdy)/((1-Nd/(0,73\*Ney))\*Rd(Mdy)) <=1

(-3,90/-650,34)+(1,00\*2107,00)/((1-3,90/(0,73\*1250,36))\*3118,21)+(1,00\*0,00)/((1-3,90/(0,73\*1830,21))\*0,00) <=1

0,01 + 0,68+0,00 = 0,68 <=1

0,68 <=1

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

* 1. **Cálculo do Contraventamento Vertical**

**Cargas Atuantes nos contraventamentos Verticais**

**Estados Limites de Serviço**

Eixo Local Y (Horizontal) - Hipótese 1: V90 = V0 = (0,57x (0,7+0,3))x 5/2 = 1,425 kN/m

Eixo Local X (Vertical) - Hipótese 1: CP = (0,0485 + 0,02+0,03))x 5 x 6,5/2+ 0,53 x 6,5 = 5,04kN

**Estados Limites Últimos**

Eixo Local Y (Horizontal) - Hipótese 1: V90 = V0 =1,4 x (0,57x (0,7+0,3))x 5/2 = 1,995 kN/m

Eixo Local X (Vertical) - Hipótese 1: CP = 1,4 x (0,0485 + 0,02+0,03))x 5 x 6,5/2+ 1,4 x 0,53 x 6,5 = 7,056 kN

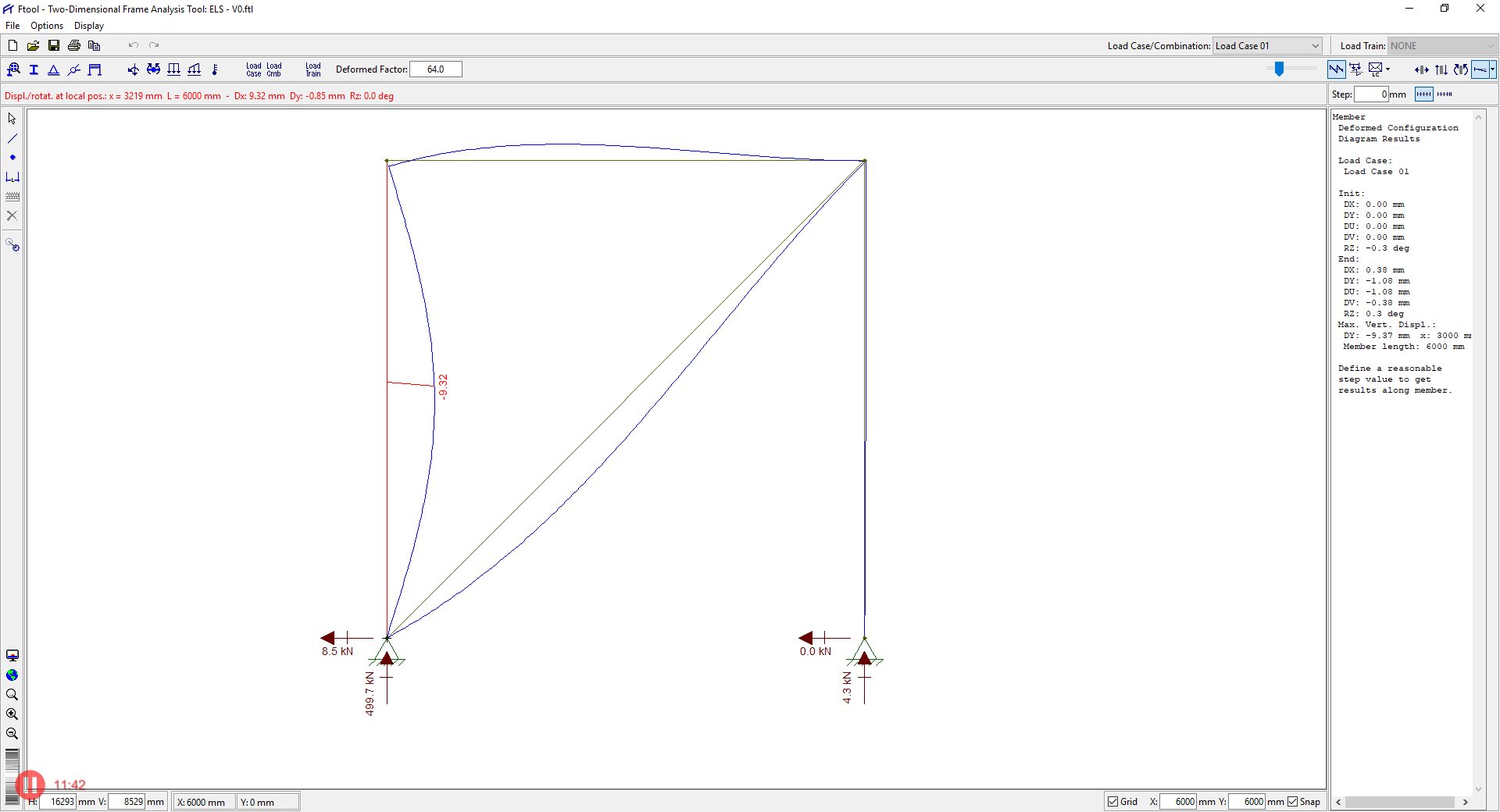


Figura -ELS- Hipótese 1

Flecha Limite = H/300 = 6000/300 = 20mm

Flecha atuante = 9,37mm OK!

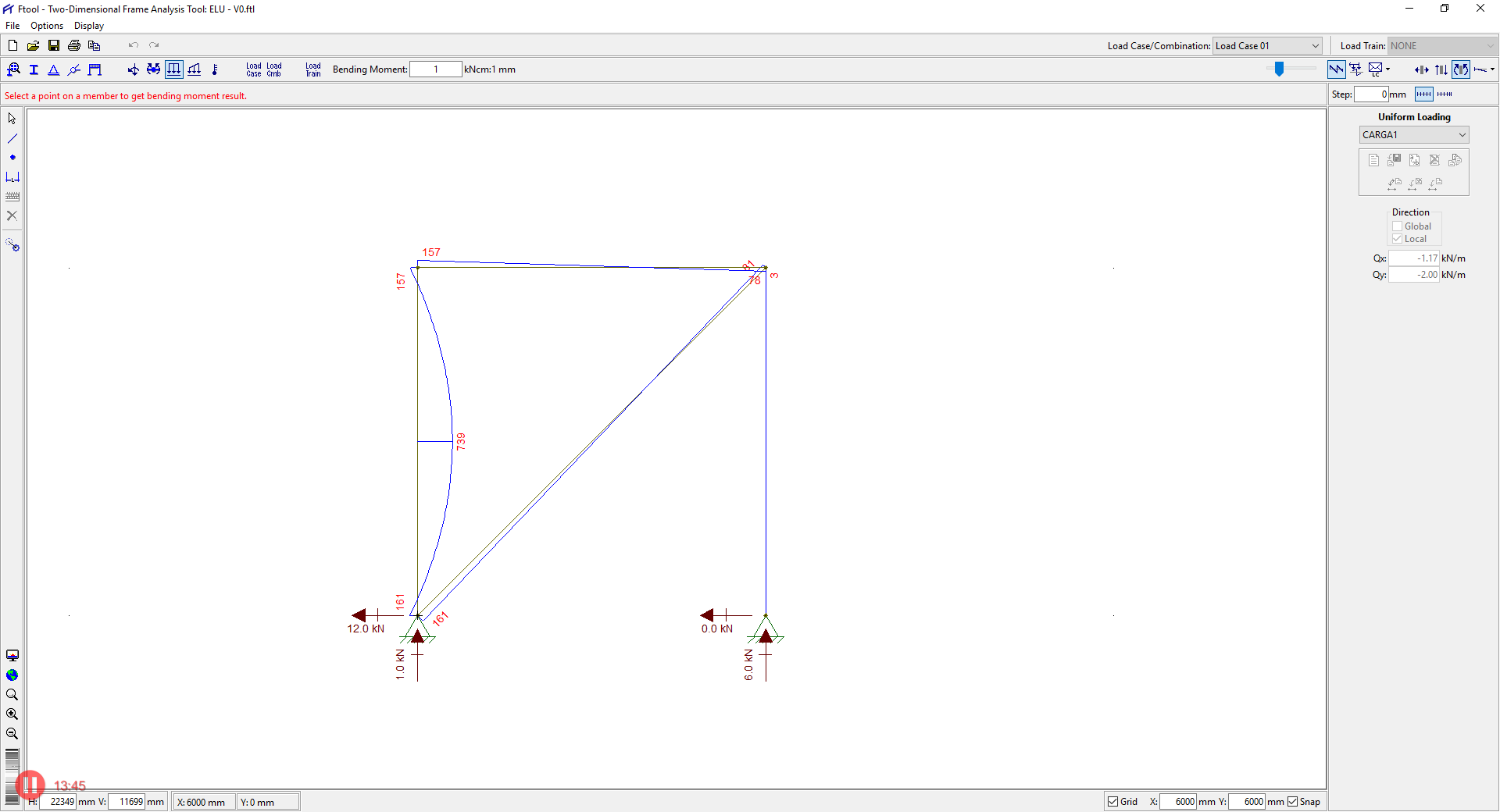
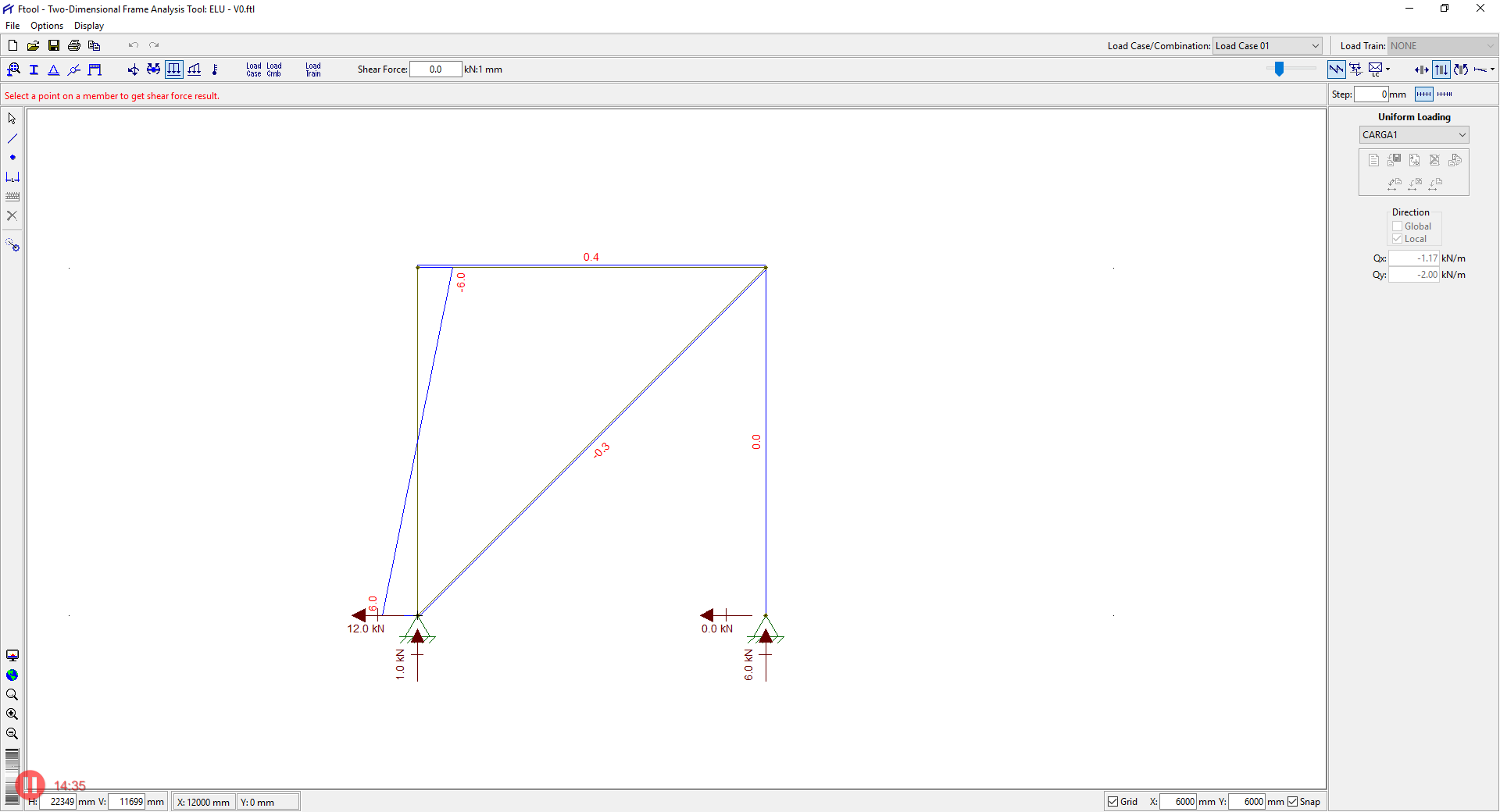
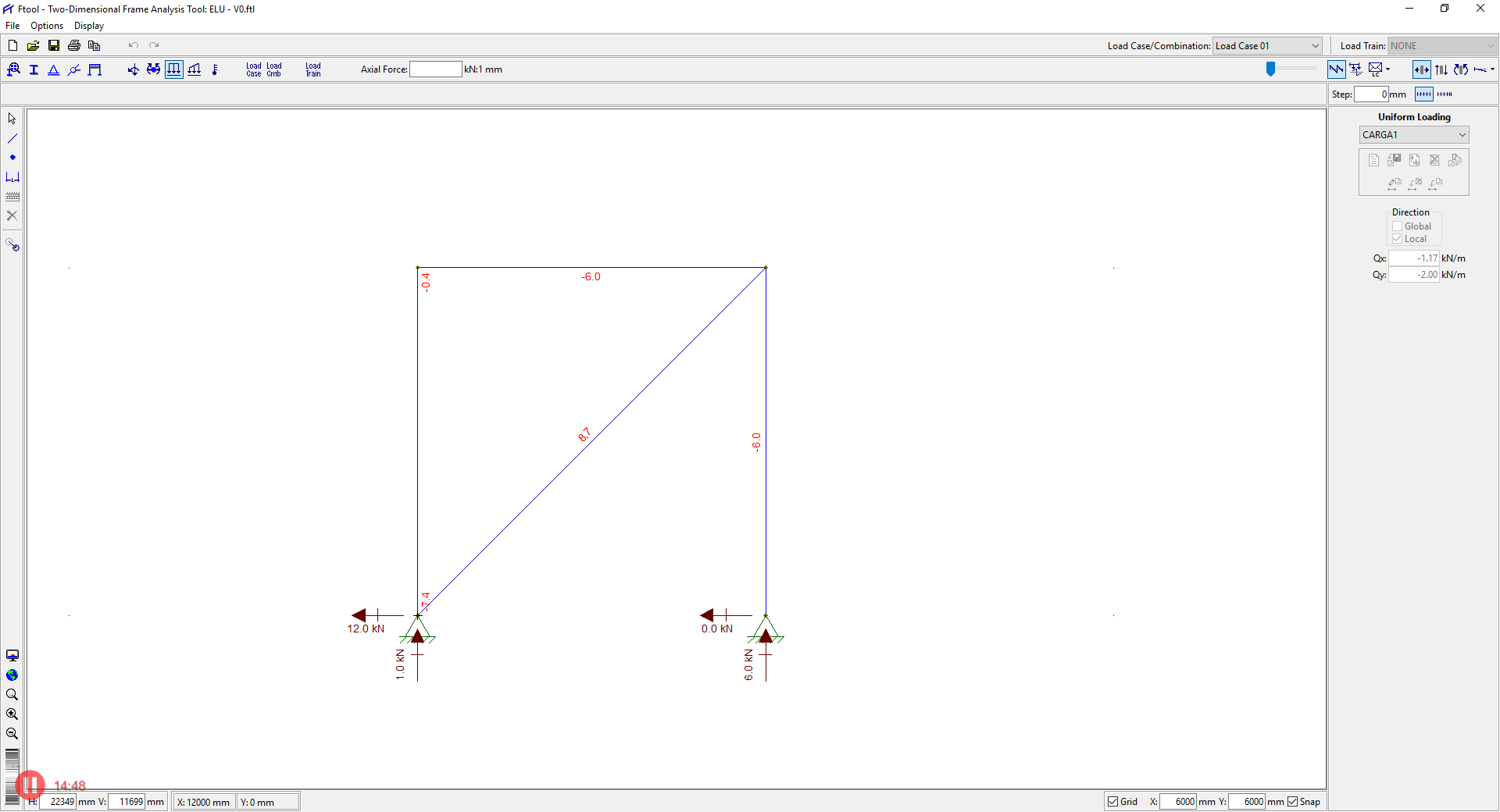


Figura - ELU - Hipotese 1 - Momentos Fletores





**Verificação da escora do Beiral:**

Calculo das Propriedades da Seção

bf = 5 cm bw = 10 cm α = 0 º

A = 11.40823 cm2 Ix = 176.72308 cm4 Iy = 189.33196 cm4

Ixy = 0 cm4 It = 286.64259 cm4 xg = -5.15 cm

yg = -5 cm x0 = 0 cm y0 = 0 cm

r0 = 5.66453 cm rx = 3.93584 cm ry = 4.07383 cm

Wx = 35.34462 cm3 Wy = 36.76349 cm3 Iw = 0 cm6

rm = 0.45 cm φp = -0 º m = 8.95546 kg/m

U: bw=10 bf=5 t=0,3 α=0

fy= 24 kN/cm2 E= 20000 kN/cm2 G= 7700 kN/cm2

1 - Verificação à Flexão Composta

1.1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762 - 9.7]

1.1.1 - Flambagem distorcional elástica:

Perfil tipo L / U / Z

A Flambagem distorcional elástica NÃO é crítica para esse perfil.

1.1.2 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-9.7.2]

1.1.2.1 - Cálculo Ne

Lx= 600 cm Ly= 600 cm Lt= 600 cm

r0= 5,665 cm x0= 0 cm y0= 0 cm

Ix=176,723 cm Iy=189,332 cm4 It=286,643 cm4

Iw=0 cm6 A=11,408 cm2

Nex= 96,899 kN

Ney= 103,813 kN

Nez= 68786,518 kN

Perfil duplamente simétrico ou simetrico em relação a um ponto [NBR14762 - 9.7.2.1]

Ne= 96,899 kN

Fe= 8,494 kN/cm2

flambagem por flexão X-X

A= 11,408 cm2

λ0= 1,681

X= 0,31

σ= 7,449 kN/cm2

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)

Aef\_MLE= 11,408 cm2

γ = 1,2

Nc= 70,817 kN

Nrd= 70,817 kN

2 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-9.8]

2.1 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.8.2.3]

A Flambagem distorcional NÃO é crítica para esse perfil.

2.2 - Inicio de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-9.8.2.1]

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada Y= 5,11 cm (fibra comprimida)

Ixef= 170,622 cm4

Wxef\_MLE= 33,388 cm3

γ = 1,1

Mxesc= 728,473 kN.cm

2.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-9.8.2.2]

2.3.1 - Cálculo Me

Cb= 1

Perfil duplamente simétrico

Lx= 600 cm Ly= 600 cm

Lt= 600 cm r0= 5,665 cm

x0= 0 cm y0= 0 cm

Iw= 0.0 cm6

Ix= 176,723 cm4 Iy= 189,332 cm4

It= 286,643 cm4

Nex= 96,899 kN

Ney= 103,813 kN

Nez= 68786,518 kN

Me= 15137,052 kN.cm

máxima coordenada Y= 5 cm (fibra comprimida)

Ix= 176,723 cm4

Wxc= 35,345 cm3 - Wxc perfil bruto

λ0= 0,237

λ0 < 0,6

X= 1

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada Y= 5,11 cm (fibra comprimida)

Ixef= 170,622 cm4

Wxcef\_MLE= 33,388 cm3

γ = 1,1

Wcef= 33,388 cm3

Mxflt= 728,473 kN.cm

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.8.2]

Mxesc= 728,473 kN.cm

Mxflt= 728,473 kN.cm

Mxrd= 728,473 kN.cm

3 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-9.8]

3.1 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.8.2.3]

A Flambagem distorcional NÃO é crítica para esse perfil.

3.2 - Inicio de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-9.8.2.1]

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada x= 5,15 cm (fibra comprimida)

Iyef= 189,332 cm4

Wyef\_MLE= 36,763 cm3

γ = 1,1

Iyef= 189,332 cm4

Wyef= 36,763 cm3

Myesc= 802,112 kN.cm

3.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-9.8.2.2]

3.3.1 - Cálculo Me - Anexo E NBR 17462:2010

Iy= 189,332 cm4

Wy= 36,763 cm3

Lx= 600 cm Ly= 600 cm

Lt= 600 cm r0= 5,665 cm

x0= 0 cm y0= 0 cm

rx= 3,936 cm ry= 4,074 cm

It= 286,643 cm4

Iy= 189,332 cm4

Ix= 176,723 cm4

Iw= 0 cm6

A= 11,408 cm2

Nex= 96,899 kN

Ney= 103,813 kN

Nez= 68786,518 kN

Cb= 1

Seção Monossimétrica

M1= -1 kN.cm

M2= 1 kN.cm

Cm= 1

Compressão na coordenada positiva de x

Cs= -1

j= 0

Me= 14624,33 kN.cm

máxima coordenada X= 5,15 cm (fibra comprimida)

Iy= 189,332 cm4

Wyc= 36,763 cm3 - Wyc perfil bruto

λ0= 0,246

λ0 < 0,6

X= 1

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada X= 5,15 cm(fibra comprimida)

Iy\_ef\_MLE= 189,332 cm4

Wycef\_MLE= 36,763 cm3

γ = 1,1

Wcef= 36,763 cm3

Myflt= 802,112 kN.cm

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.8.2]

Myesc= 802,112 kN.cm

Myflt= 802,112 kN.cm

Myrd= 802,112 kN.cm

Esforços Solicitantes:

NSd= 6 kN

MxSd= 157 kN.cm

MySd= 0 kN.cm

Esforços Resistentes:

-> NcRd= 70,817 kN

-> MxRd= 728,473 kN.cm

-> MyRd= 802,112 kN.cm

Verificação a Flexão Composta [NBR 14762:2010 - 9.9]

Verificação de Flexo-Compressão

=> 0,085 + 0,216 + 0 = 0,3 ≤ 1 - Ok!

4 - Verificação da Esbeltez Limite

barra submetida a esforço de compressão:

λ\_limite = 200

Verificação em Relação a X

rx= 3,936 cm

Lx= 600 cm

λx= 152,445 cm - ok!

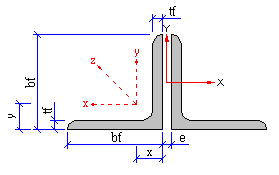
Verificação em Relação a Y

ry= 4,074 cm

Ly= 600 cm

λy= 147,282 cm - ok!

**Verificação da Dupla Cantoneira**



**Dimensionamento Perfil L Laminado Combinados (abas iguais)**

**Propriedades do Aço**

Tipo = ASTM A 36

fy = 25,00 kN/cm²

fu = 40,00 kN/cm²

fr = 11,5 kN/cm²

E = 20500 kN/cm²

G = 7892,5 kN/cm²

**Propriedades geométricas do perfil**

Dados de uma única cantoneira

Perfil L 76,2 x 5,5

bf = 38,10 mm

tf = 3,20 mm

Ag´ = 2,32 cm²

Ix´ = 3,33 cm4

Iy´ = 3,33 cm4

x = 1,07 cm

rz = 0,76 cm

e = 8,00 mm

Dados do conjuto

Ix = 2\*Ix´

Ix = 2\*3,33

Ix = 6,66 cm4

Iy = 2\*(Iy´+(Ag´\*(x+((esp/10)/2))²))

Iy = 2\*(+3,33+(2,32\*(1,07+((8,00/10)/2))²))

Iy = 16,69 cm4

Ag = 2\*Ag´

Ag = 2\*2,32

Ag = 4,64 cm²

rx = raiz(Ix/Ag)

rx = raiz(6,66/4,64)

rx = 1,20 cm

ry = raiz(Iy/Ag)

ry = raiz(16,69/4,64)

ry = 1,90 cm

**Comprimentos de Flambagem**

Lflx = 424,25 cm

Lfly = 848,50 cm

**Esforços Solicitantes**

Nd = 0,00 kN

Nt = 8,70 kN

**Verificação do Esforço de Tração**

Escoamento da seção bruta

ft = 0,9

Rd(Nt) = ft\*Ag\*fy

Rd(Nt) = 0,9\*4,64\*25,00

Rd(Nt) = 104,40 kN

Ruptura da seção líquida

ft = 0,75

Rd(Nt) = ft\*Ag\*fu

Rd(Nt) = 0,75\*4,64\*40,00

Rd(Nt) = 139,20 kN

Adota-se para Rd(Nt) o menor valor das duas verificações

Rd(Nt) = 104,40 kN

Rd(Nt) >= Ntd

104,40 kN >= 8,70 kN

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

Espaçadores no máximo a cada 182,40 cm

* 1. **Cálculo do Contraventamento Horizontal**

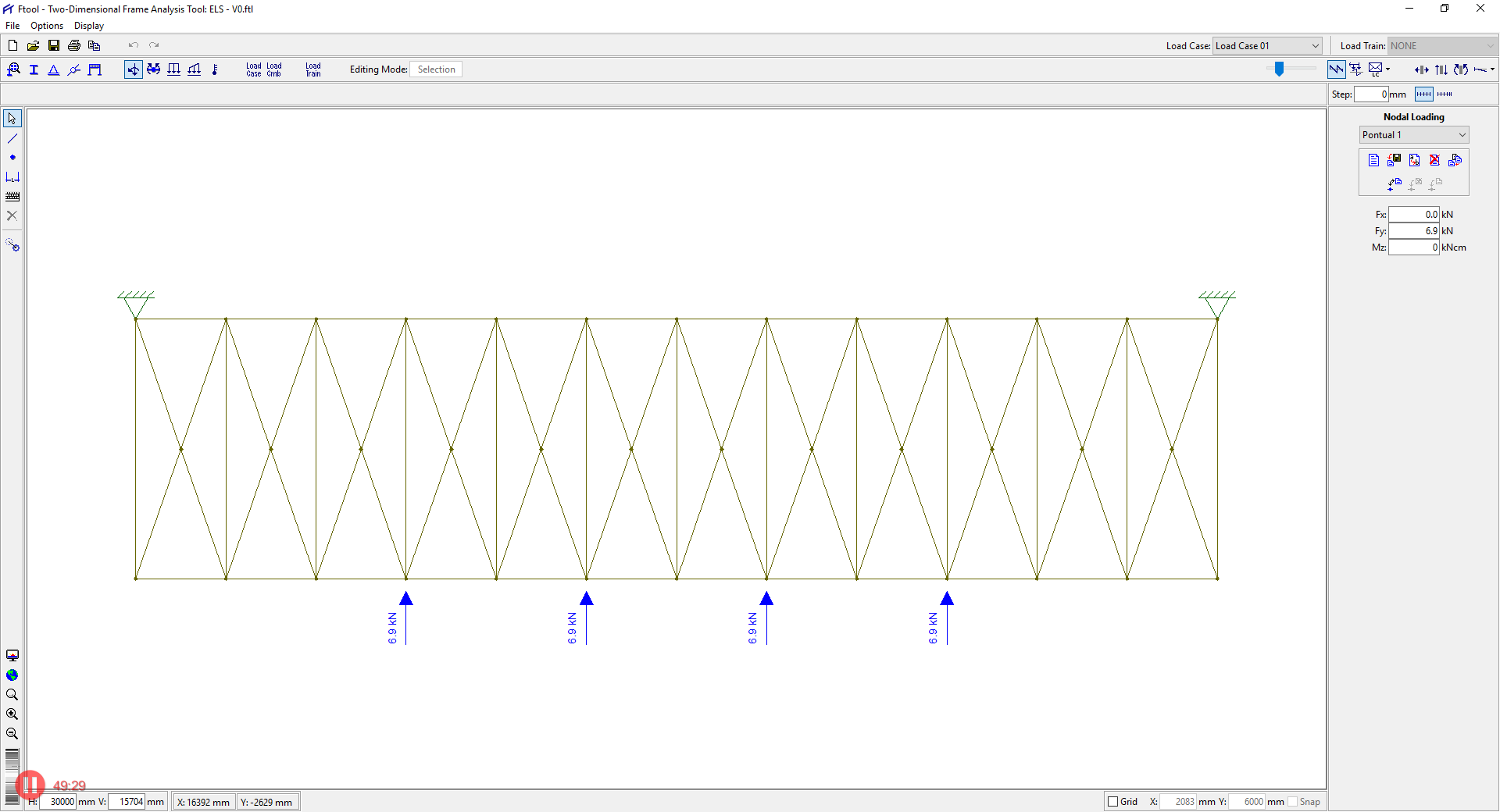
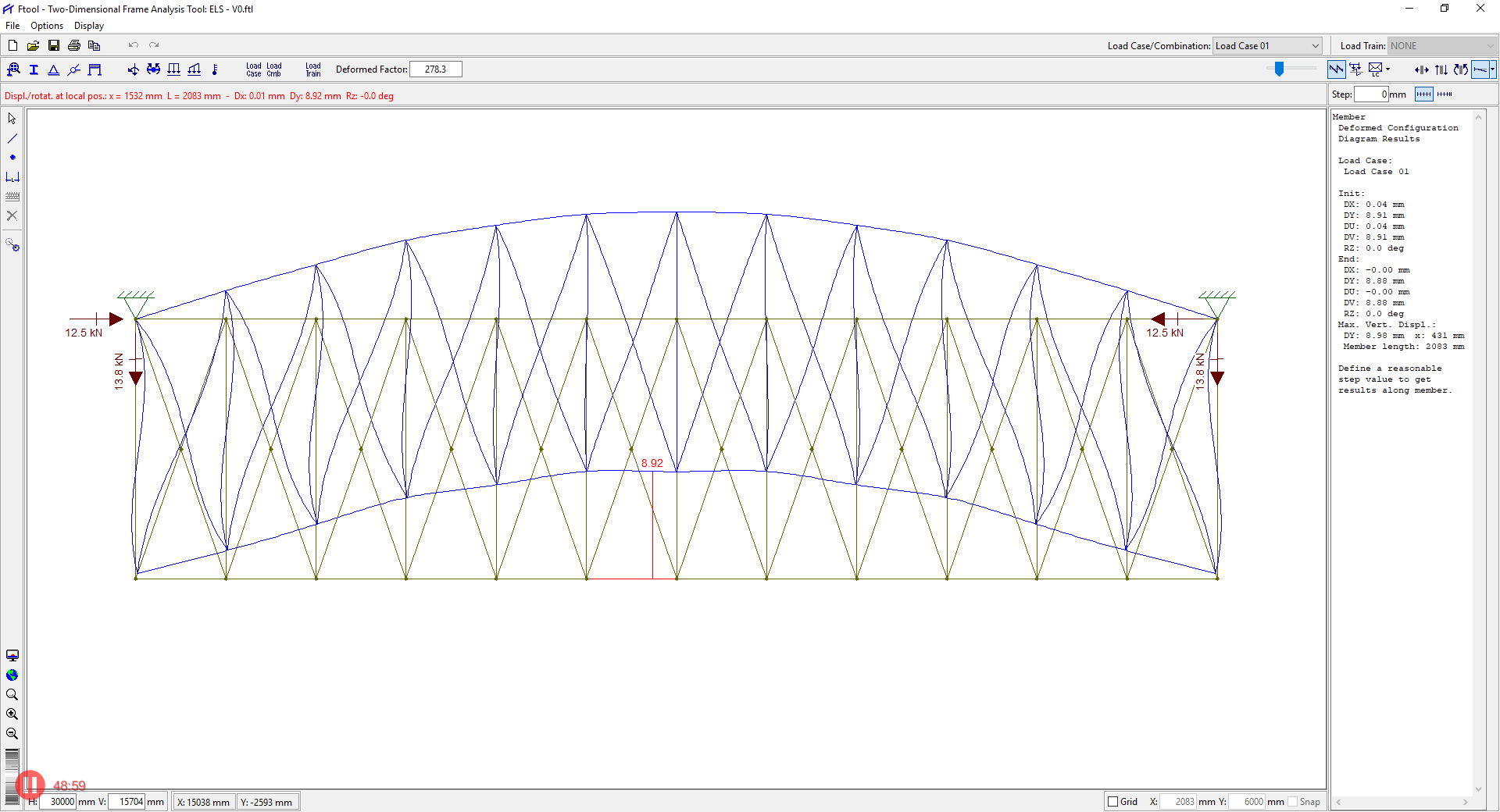


Figura -ELS- Cargas atuantes oriundas da reação dos pilares do fechamento frontal



Flecha limite = H/300 = 6500/300 = 21,33mm

Flecha atuante = 8,92mm OK!

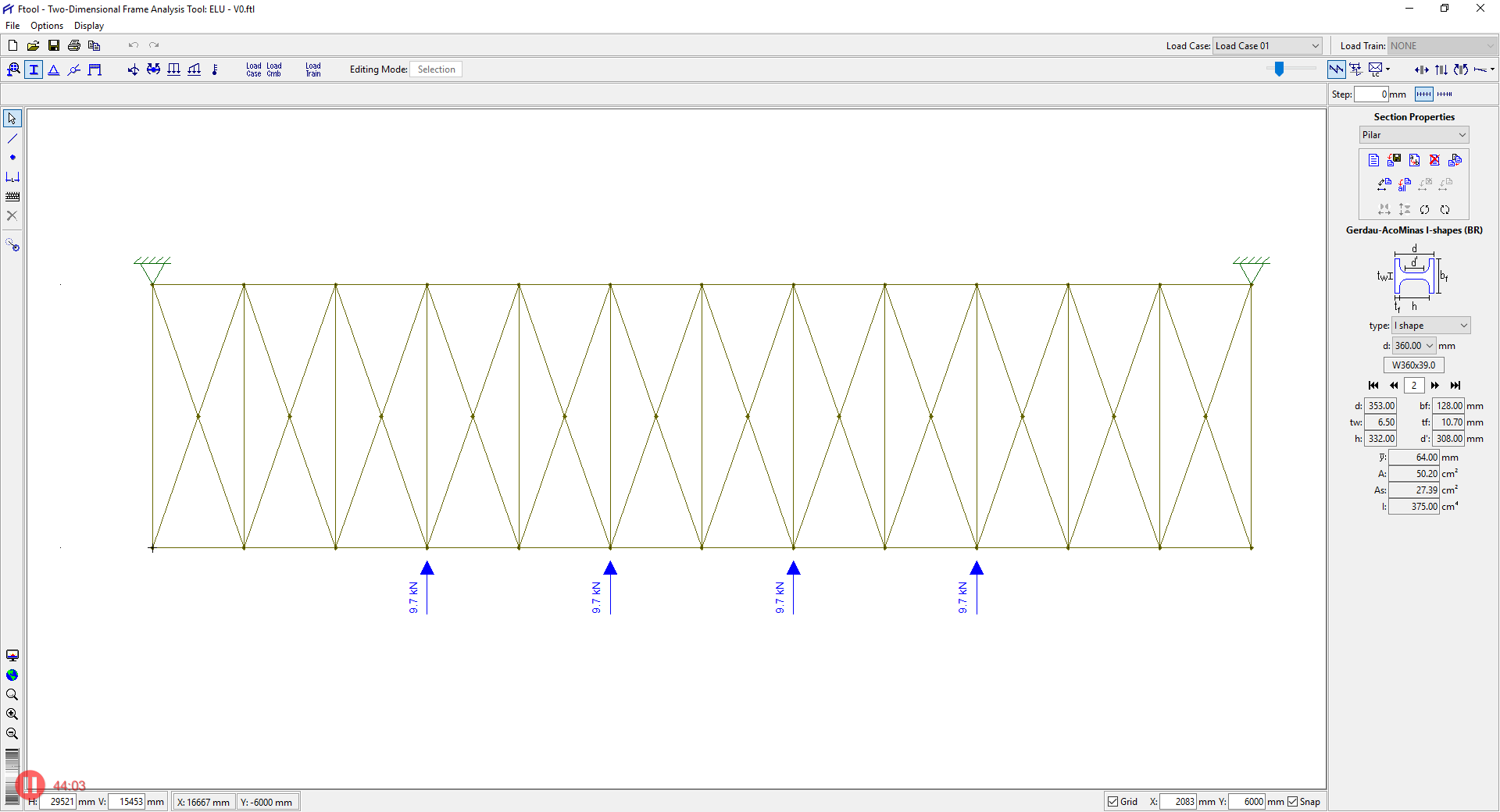


Figura -ELU- Cargas atuantes oriundas da reação dos pilares do fechamento frontal

Verificação das diagonais do contraventamento

Perfils selecionado = Barra redonda Diam. 12mm ASTM A36

Cálculo das terças de cobertura na região do contraventamento horizontal

Ue: bw=12,5 bf=5 D=1,7 t=0,225 α=0 β=90

fy= 24 kN/cm2 E= 20000 kN/cm2 G= 7700 kN/cm2

1 - Verificação à Flexão Composta

1.1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762 - 9.7]

1.1.1 - Flambagem distorcional elástica:

Valor de Ndist obtido da tabela de cargas críticas pré cadastradas.

Ndist= 267,92 kN/cm2

1.1.2 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.7.3]

γ= 1,2

fy= 24 kN/cm2

A= 5,49 cm2

λdist= 0,7

Xdist= 0,94

Ndist= 267,92 kN

NRddist= 103,83 kN

1.1.3 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-9.7.2]

1.1.3.1 - Cálculo Ne

Lx= 600 cm Ly= 1 cm Lt= 1 cm

r0= 6,47 cm x0= -3,82 cm y0= 0 cm

Ix=131,18 cm Iy=18,79 cm4 It=0,09 cm4

Iw=618,77 cm6 A=5,49 cm2

Nex= 71,93 kN

Ney= 3708258,8 kN

Nez= 2918624,89 kN

Perfil monosimétrico: em relação ao eixo X [NBR14762 - 9.7.2.2]

Nexz= 71,93 kN

Ne= 71,93 kN

Fe= 13,09 kN/cm2

flambagem por flexo-torção

A= 5,49 cm2

λ0= 1,35

X= 0,46

σ= 11,14 kN/cm2

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)

Aef\_MLE= 5,49 cm2

γ = 1,2

Nc= 51,02 kN

A força normal de compressão de cálculo deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.7.1]

Nc= 51,02 kN

Ndist= 103,83 kN

Nrd= 51,02 kN

2 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-9.8]

2.1 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.8.2.3]

Valor de Mdistx obitido da tabela de cargas críticas pré cadastradas

Mdistx= 2057 kN.cm

Ix= 131,18 cm4

Wb= 20,99 cm3

λdist < 0.673

γ= 1,1

fy= 24 kN/cm2

λdist = 0,4949

Xdist = 1,0000

MxRddist= 457,93 kN.cm

2.2 - Inicio de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-9.8.2.1]

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada Y= 6,25 cm (fibra comprimida)

Ixef= 131,18 cm4

Wxef\_MLE= 20,99 cm3

γ = 1,1

Mxesc= 457,93 kN.cm

2.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-9.8.2.2]

2.3.1 - Cálculo Me

Cb= 1

Perfil monossimétrico

Lx= 600 cm Ly= 1 cm

Lt= 1 cm r0= 6,47 cm

x0= 3,82 cm y0= 0 cm

Iw= 618.7689482847071 cm6

Ix= 131,18 cm4 Iy= 18,79 cm4

It= 0,09 cm4

Nex= 71,93 kN

Ney= 3708258,8 kN

Nez= 2918624,89 kN

Me= 21282145,64 kN.cm

máxima coordenada Y= 6,25 cm (fibra comprimida)

Ix= 131,18 cm4

Wxc= 20,99 cm3 - Wxc perfil bruto

λ0= 0

λ0 < 0,6

X= 1

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada Y= 6,25 cm (fibra comprimida)

Ixef= 131,18 cm4

Wxcef\_MLE= 20,99 cm3

γ = 1,1

Wcef= 20,99 cm3

Mxflt= 457,93 kN.cm

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.8.2]

Mxesc= 457,93 kN.cm

Mxflt= 457,93 kN.cm

Mxdist= 457,93 kN.cm

Mxrd= 457,93 kN.cm

3 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-9.8]

3.1 - Flambagem distorcional [NBR 14762-9.8.2.3]

Conforme informação da tabela de cargas críticas:

A Flambagem distorcional NÃO é crítica para esse perfil.

3.2 - Inicio de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-9.8.2.1]

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada x= 3,39 cm (fibra comprimida)

Iyef= 18,79 cm4

Wyef\_MLE= 5,54 cm3

γ = 1,1

Iyef= 18,79 cm4

Wyef= 5,54 cm3

Myesc= 120,92 kN.cm

3.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-9.8.2.2]

3.3.1 - Cálculo Me - Anexo E NBR 17462:2010

Iy= 18,79 cm4

Wy= 5,54 cm3

Lx= 600 cm Ly= 1 cm

Lt= 1 cm r0= 6,47 cm

x0= -3,82 cm y0= 0 cm

rx= 4,89 cm ry= 1,85 cm

It= 0,09 cm4

Iy= 18,79 cm4

Ix= 131,18 cm4

Iw= 618,77 cm6

A= 5,49 cm2

Nex= 71,93 kN

Ney= 3708258,8 kN

Nez= 2918624,89 kN

Cb= 1

Seção Monossimétrica

M1= -1 kN.cm

M2= 1 kN.cm

Cm= 1

Compressão na coordenada positiva de x

Cs= -1

j= 6,7

Me= 93248,84 kN.cm

máxima coordenada X= 3,39 cm (fibra comprimida)

Iy= 18,79 cm4

Wyc= 5,54 cm3 - Wyc perfil bruto

λ0= 0,04

λ0 < 0,6

X= 1

Método das Larguras Efetivas

σ= 24 kN/cm2

máxima coordenada X= 3,39 cm(fibra comprimida)

Iy\_ef\_MLE= 18,79 cm4

Wycef\_MLE= 5,54 cm3

γ = 1,1

Wcef= 5,54 cm3

Myflt= 120,92 kN.cm

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.8.2]

Myesc= 120,92 kN.cm

Myflt= 120,92 kN.cm

Myrd= 120,92 kN.cm

Esforços Solicitantes:

NSd= 3,9 kN

MxSd= 408 kN.cm

MySd= 0 kN.cm

Esforços Resistentes:

-> NcRd= 51,02 kN

-> MxRd= 457,93 kN.cm

-> MyRd= 120,92 kN.cm

Verificação a Flexão Composta [NBR 14762:2010 - 9.9]

Verificação de Flexo-Compressão

=> 0,08 + 0,89 + 0 = 0,97 ≤ 1 - Ok!

4 - Verificação da Esbeltez Limite

barra submetida a esforço de compressão:

λ\_limite = 200

Verificação em Relação a X

rx= 4,89 cm

Lx= 600 cm

λx= 122,8 cm - ok!

Verificação em Relação a Y

ry= 1,85 cm

Ly= 1 cm

λy= 0,54 cm - ok!

* 1. **Cálculo das bases dos pilares**

**Cálculo das bases do pórtico principal**

**Cargas Atuantes**

**Estados Limites Últimos**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Hipótese | MSD (kN.cm) | NSD(kN) | Rh (kN) |
| 1 | 12553 | 45,5 | 46,9 |
| 2 | 6910 | -20,1 | 35,7 |
| 3 | 11060 | -38,1 | 48,4 |
| 4 | 7709 | -35,9 | 21,2 |

**Cálculo para Hipótese 1**

Tração por Chumbador = T/2 = 240,54/2 = 120,27 kN

Dimensionamento do chumbador

Adotando ASTM A36

Vsd = 46,9/4 = 11,72 kN

Utilizar 4 chumbadores de diâmetro 32mm

**Cálculo do comprimento embutido dos chumbadores:**

Lc Mín = 12.Lc = 12. 32 = 384mm Adotar 400mm

Resistência do concreto à compressão

>0,62 kN/cm² OK!

Adotar chapa #32mm

**Cálculo para Hipótese 3**

Como a chapa calculada na hipótese 1 estava solicitada a esforços mais severos, essa verificação não se faz necessária para a hipótese 3

Cálculo da chapa com nervuras

**Cálculo para Hipótese 1**

Tração por Chumbador = T/3 = 238,35/3 = 79,45kN

Dimensionamento do chumbador

Adotando ASTM A36

Vsd = 46,9/6 = 7,81 kN

Utilizar 6 chumbadores de diâmetro 25,4mm

Resistência do concreto à compressão

>0,46 kN/cm² OK!

Região 1 – Vinculação Tipo B

Região 2 – Vinculação Tipo F

Região 3 – Vinculação Tipo A

Adotaremos Chapa #19mm

Cálculo da altura dos Enrijecedores #10mm

Em virtude do maior peso gerado nessa verificação, serão adotadas as chapas sem nervura

Cálculo da Base do pilar frontal

Esforços na base do pilar do fechamento frontal

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Hipótese | MSD (kN.cm) | NSD(kN) | Rh (kN) |
| 1 | 2107 | 7,2 | 16,2 |

**Cálculo para Hipótese 1**

Tração por Chumbador = T/2 = 69,69/2 = 34,84 kN

Dimensionamento do chumbador

Adotando ASTM A36

Vsd = 16,2/4 = 4,05 kN

Utilizar 4 chumbadores de diâmetro 16mm

**Cálculo do comprimento embutido dos chumbadores:**

Lc Mín = 12.d = 12. 19 = 228mm Adotar 250mm

Resistência do concreto à compressão

>0,34 kN/cm² OK!

Adotar chapa #19mm

1. **CONCLUSÃO**

Sem mais, e utilizando das atribuições profissionais a mim concedidas pelo sistema CONFEA-CREA do Estado de São Paulo, lavro este memorial de cálculo estrutural para que possa servir de documentação técnica ao contratante.

São José dos Campos, 1 de Janeiro de 2001

Eng. José da Silva

Engenheiro Mecânico/Civil

CREA-SP XXXXXXXXX-SP

ART Nº 9999999999