**MC-20240808-R00**

**Memorial de Cálculo Estrutural**

**Galpão em estrutura metálica 30X60**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Revisão | Descrição | Elaborado | Visto | Data |
| R00 | Emissão Inicial | Felipe Jacob |  | 08.08.2024 |

Sumário

[1. Objetivo 3](#_Toc153884341)

[2. Normas Utilizadas 3](#_Toc153884342)

[3. Dados da estrutura 3](#_Toc153884343)

[4. Cargas Adotadas: 3](#_Toc153884344)

[5. Procedimento de Cálculo 4](#_Toc153884345)

[*Verificação do pilar mais solicitado:* 5](#_Toc153884346)

[*Verificação do trecho de Banzo Superior mais solicitado (Vão livre de 7,40m)* 9](#_Toc153884347)

[*Verificação do Banzo inferior simples mais solicitado (Vão livre de 7,40m)* 14](#_Toc153884348)

[*Verificação do banzo inferior duplo mais solicitado (Vão livre de 7,40m)* 18](#_Toc153884349)

[*Verificação do banzo superior mais solicitado (Vão livre de 3,80m)* 21](#_Toc153884350)

[*Verificação da diagonal mais solicitada:* 25](#_Toc153884351)

[*Reações nas bases:* 29](#_Toc153884352)

[*Verificação dos Estados Limites de Serviço:* 30](#_Toc153884353)

[8 – Conclusão 30](#_Toc153884354)

# Objetivo

O objetivo desse memorial de cálculo é registrar os critérios de dimensionamento adotados para elaboração do projeto de estruturas metálicas para um galpão localizado na cidade de São Paulo - SP

# Normas Utilizadas

**Normas ABNT**

NBR 6120:2019 - Cargas para cálculo de estruturas de edificações

NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento

NBR 8800:2008 - Projeto de estrut. de aço e estrut. mistas de aço e concreto de edifícios

NBR 15980:2011 - Perfis laminados de aço para uso estrutural - Dimensões e tolerâncias

NBR14.762:2010 – Projeto de estruturas de aço compostas por perfis formados a frio

NBR6123/23 – Ações do vento em edificações

**Especificações Estrangeiras**

AWS D1.1/D1.1: 2010, Structural Welding Code

AISC-360/16 – Design of steel Structures

# Dados da estrutura

Vão livre frontal: 30m

Comprimento: 60m

Pé direito mínimo: 6m

Altura Máxima: 10m

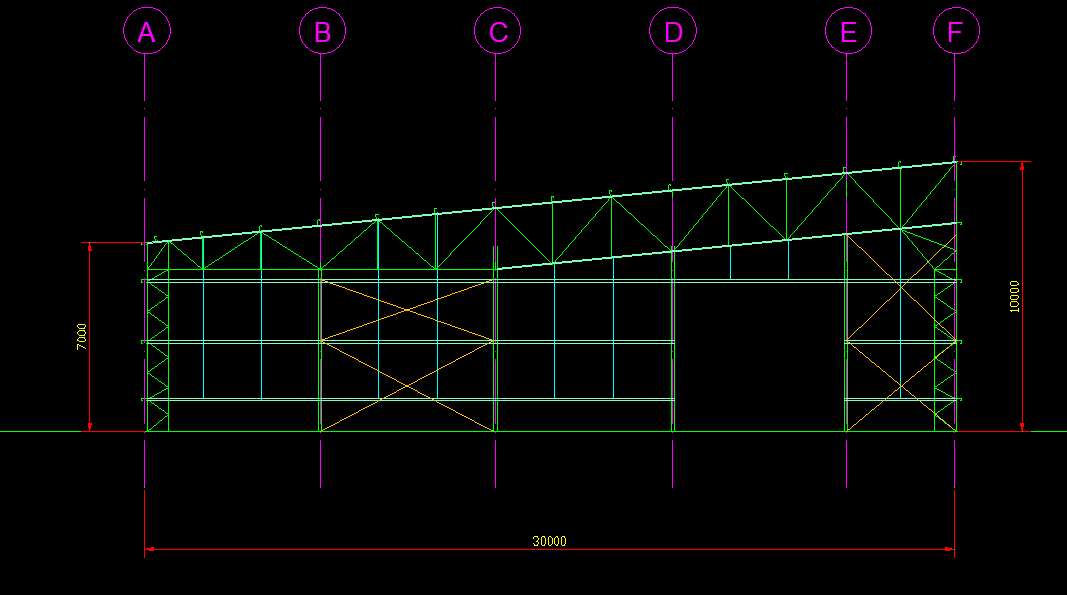


Figura 1: VISTA ARQUITETÔNICA FRONTAL

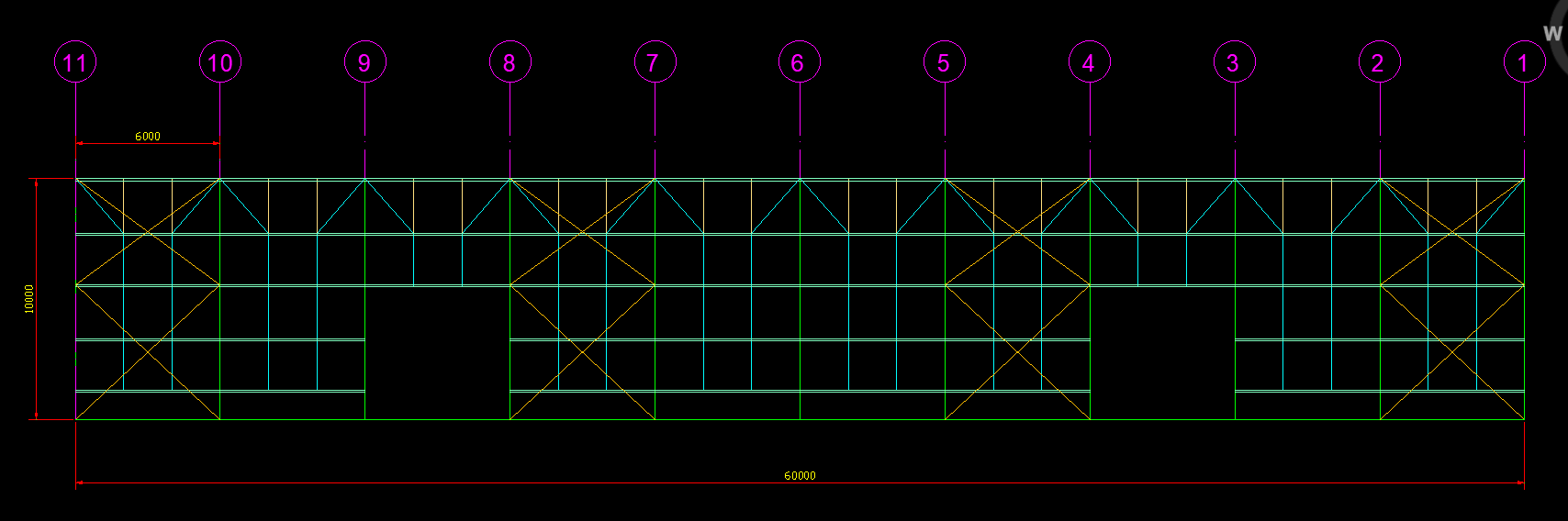


Figura 2: VIsta Lateral

# Cargas Gravitacionais Adotadas:

Peso próprio de Estruturas Metálicas = contabilizado durante o processo de cálculo

Peso telha metálica trapezoidal Termoacústica TR40 – 0,43mm – 0,12 kN/m²

Sobrecarga de Uso: 0,25 kN/m²

Carga permanente de Sprinklers = 0,10 kN/m²

# Determinação das Cargas de Vento:

**Face 0:**

Aberturas Móveis: 27,5m²

Aberturas Fixas: 0,15 x 25 = 3,75m²

**Face 90:**

Aberturas Móveis: 2 x 27,5m² = 55m²

Aberturas Fixas: 0,15 x 60 = 9m²

**Face 180:**

Aberturas Móveis: 27,5m²

Aberturas Fixas: 0,15 x 25 = 3,75m²

**Face 270:**

Aberturas Móveis: 2 x 27,5m² = 55m²

Aberturas Fixas: 0,15 x 60 = 9m²

V0 = 37m/s

Fator Topográfico

V0, V180, 270 = 1,00

V90:

Ângulo = 23 graus

Entre 17 e 45 temos 28 graus, e a variação é de 1,71-1,57 = 0,14.

Isso equivale a 0,14/28 = 0,005/ grau

Entre 17 e 23 temos 6 x 0,005 = 0,03 + 1,57 = S1 = 1,60

S2: RUGOSIDADE DO TERRENO

**FACES 0 e 180**

**Paineis de vedação**

**Classe A, Categoria: Cat 4** – h 10m – S2 = 0,86

**Estrutura principal**

**CLASSE B – CAT 4** = S2 = 0,83

**FACES 90 e 270**

**Paineis de vedação**

**Classe A, Categoria: Cat 4** – h 10m – S2 = 0,86

**Estrutura principal**

**CLASSE C – CAT 4** = S2 = 0,80

S3 – FATOR ESTATÍSTICO

**PAINEIS DE VEDAÇÃO**

S3 = 1,00 x 0,92 = 0,92

**ESTRUTURA PRINCIPAL**

S3 = 1,00

Pressão dinâmica do vento

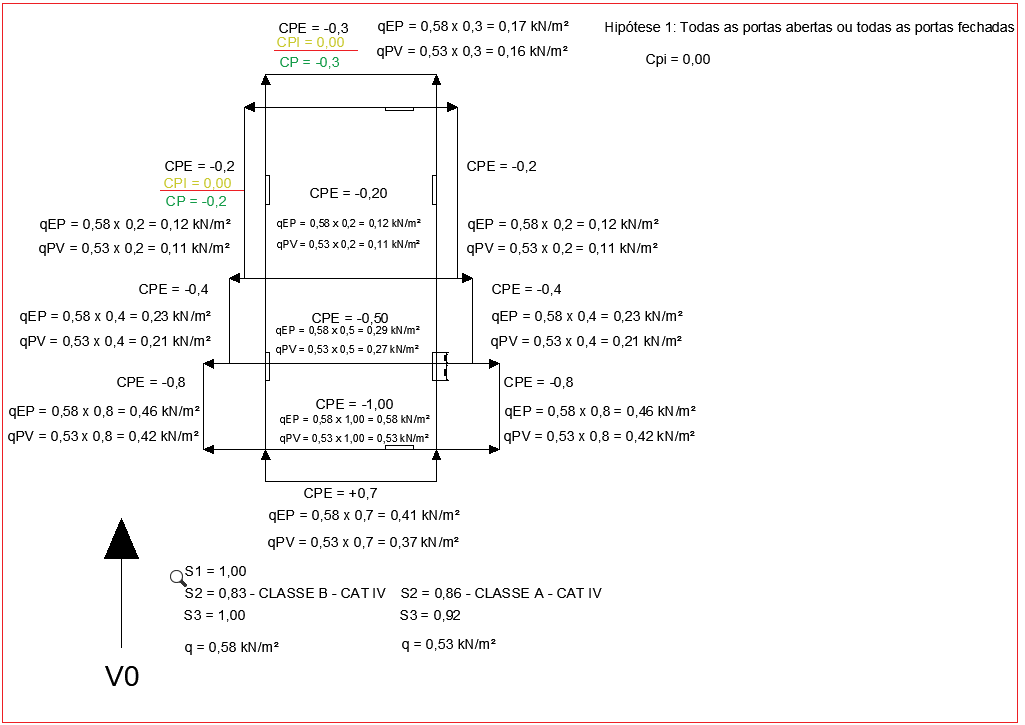
**PAINEIS DE VEDAÇÃO**

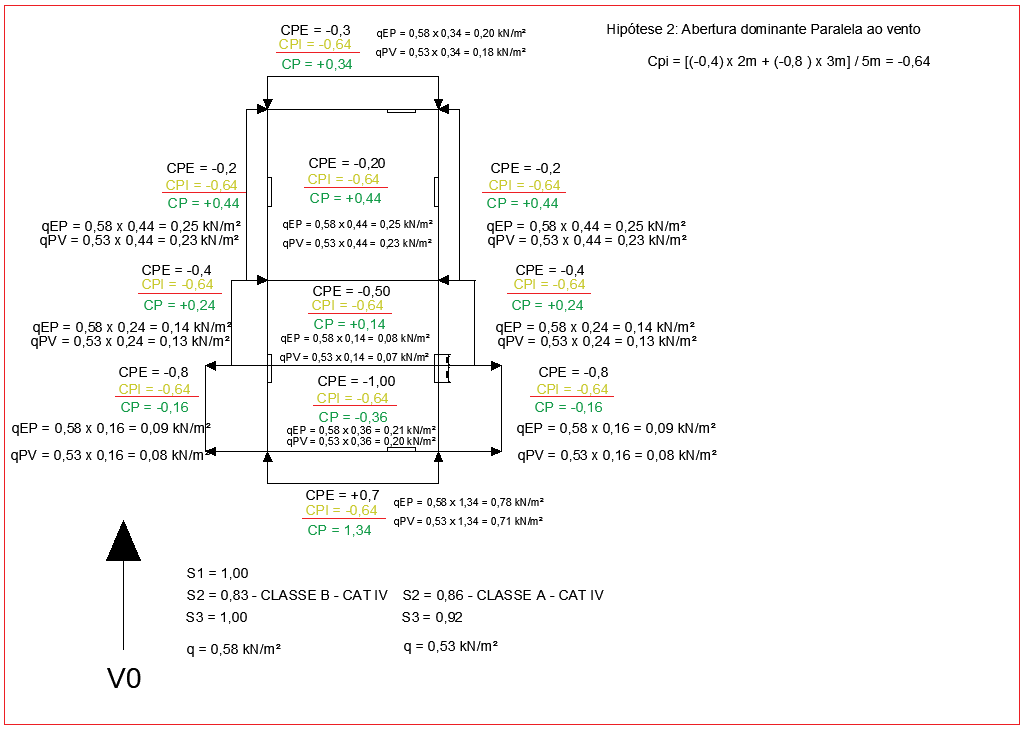
**ESTRUTURA PRINCIPAL**

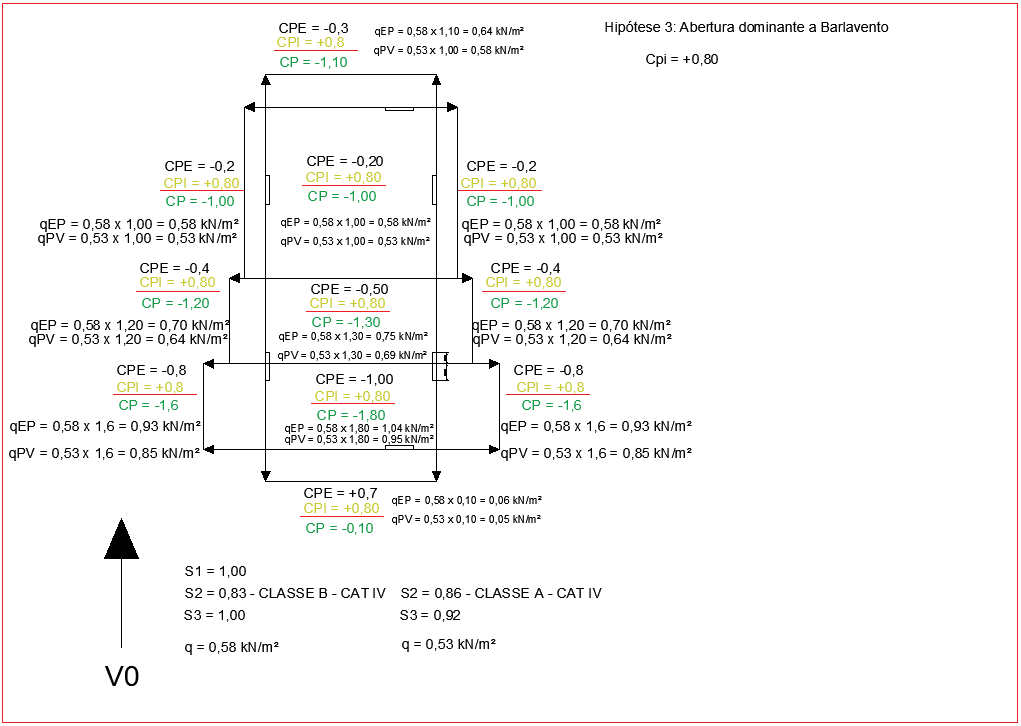
Determinação dos Cpes

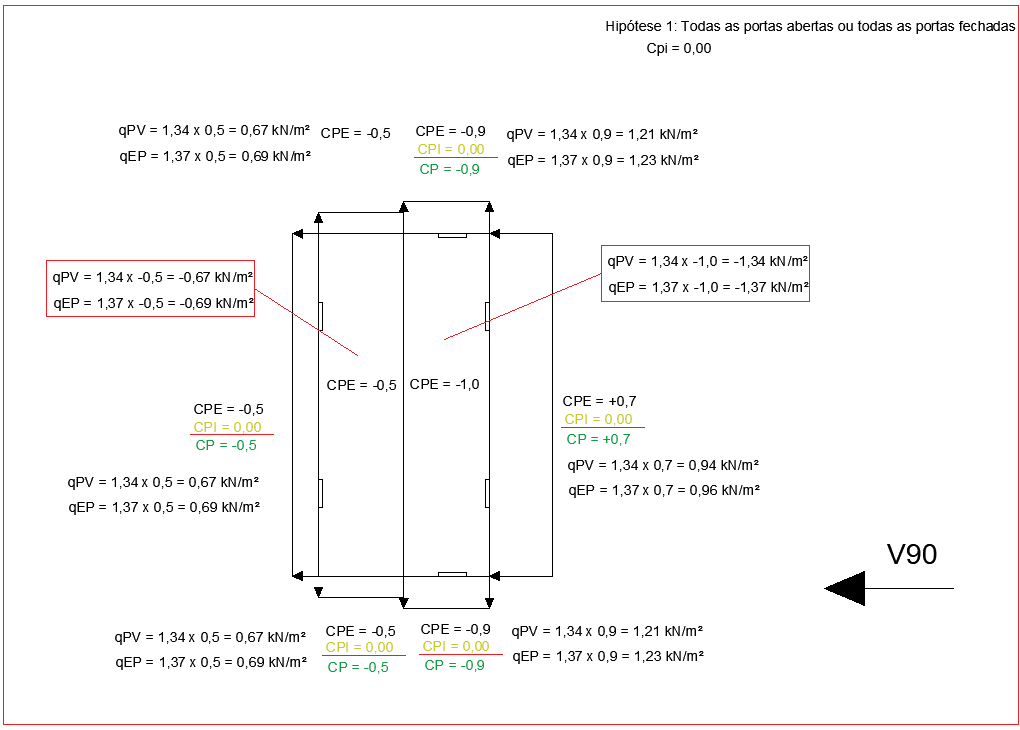
h/b = 10 / 30 = 0,33 < 0,5

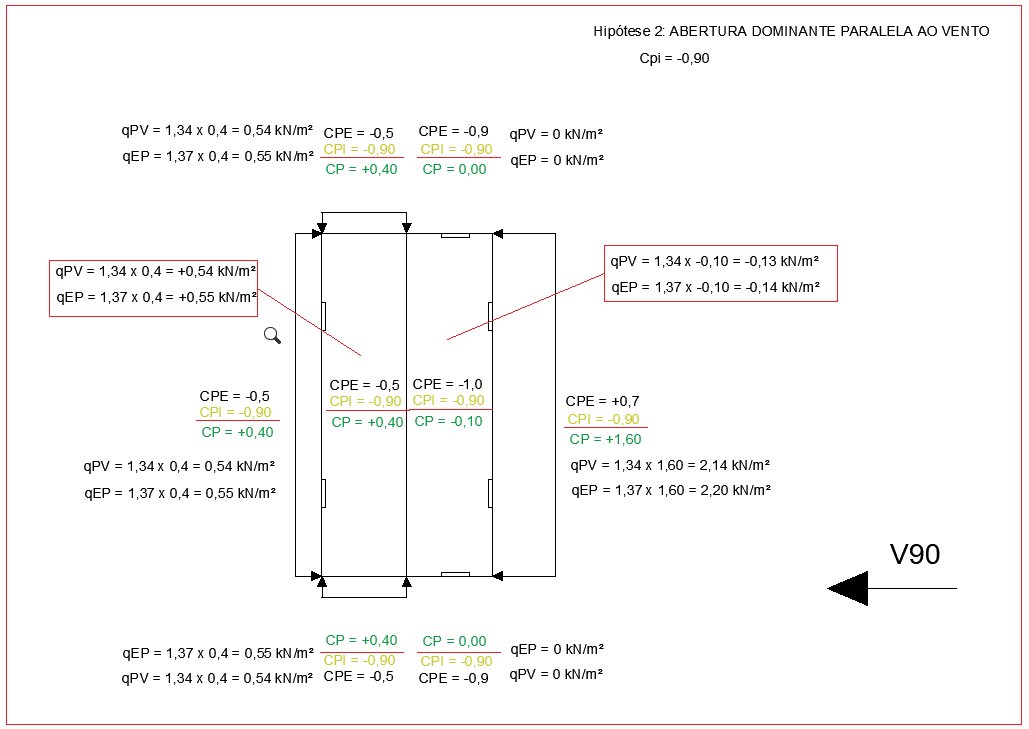
a/b = 60/30 = 2

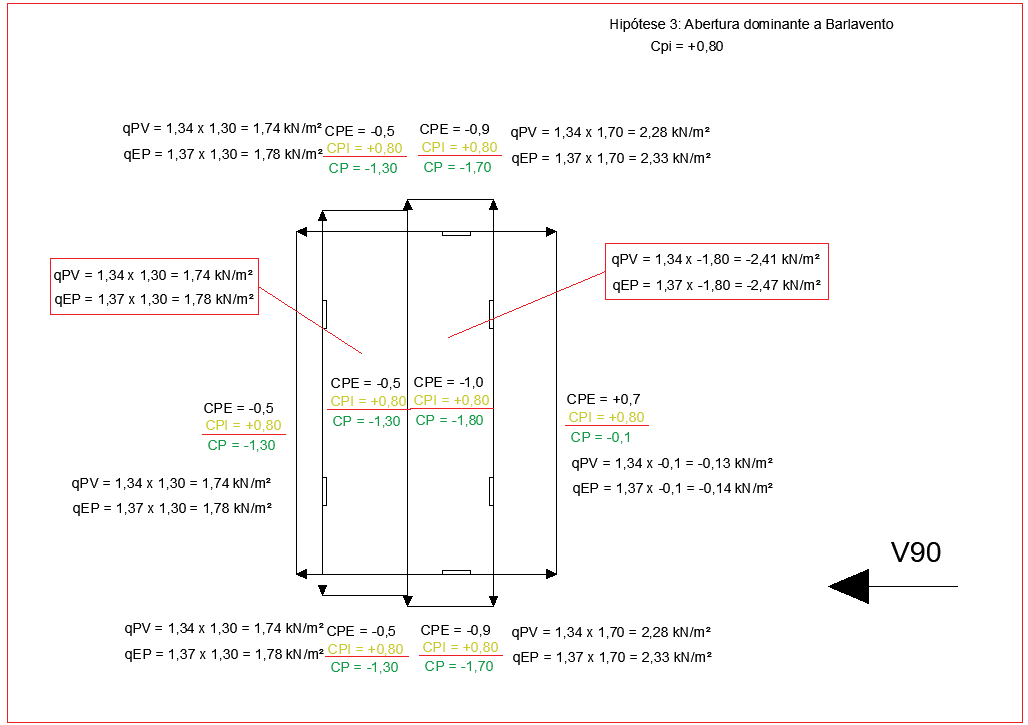


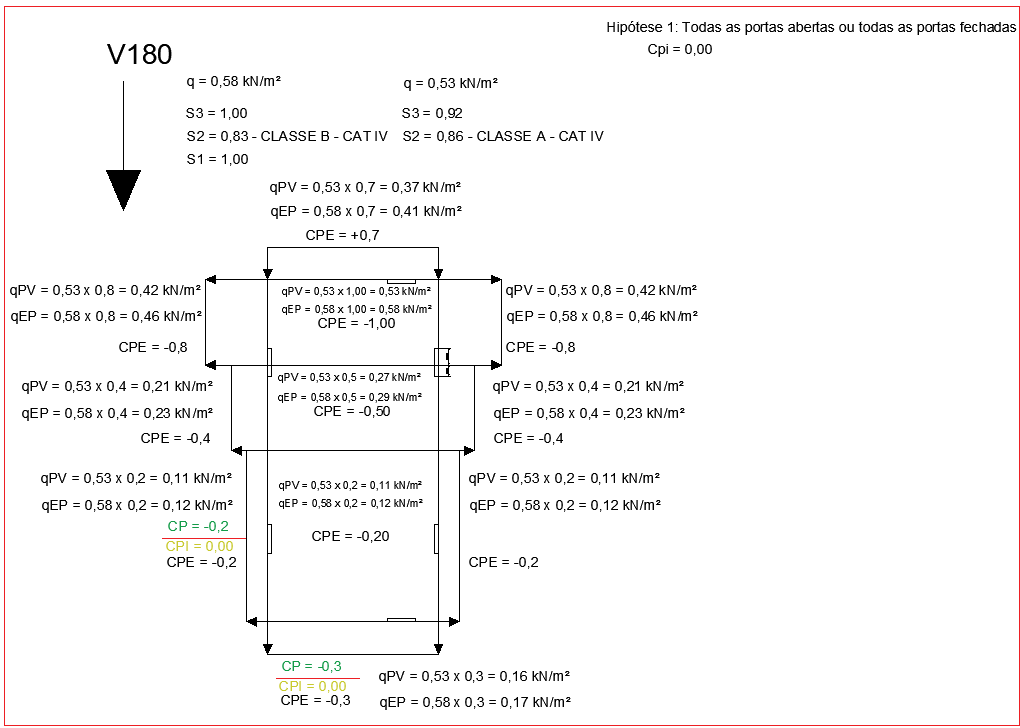


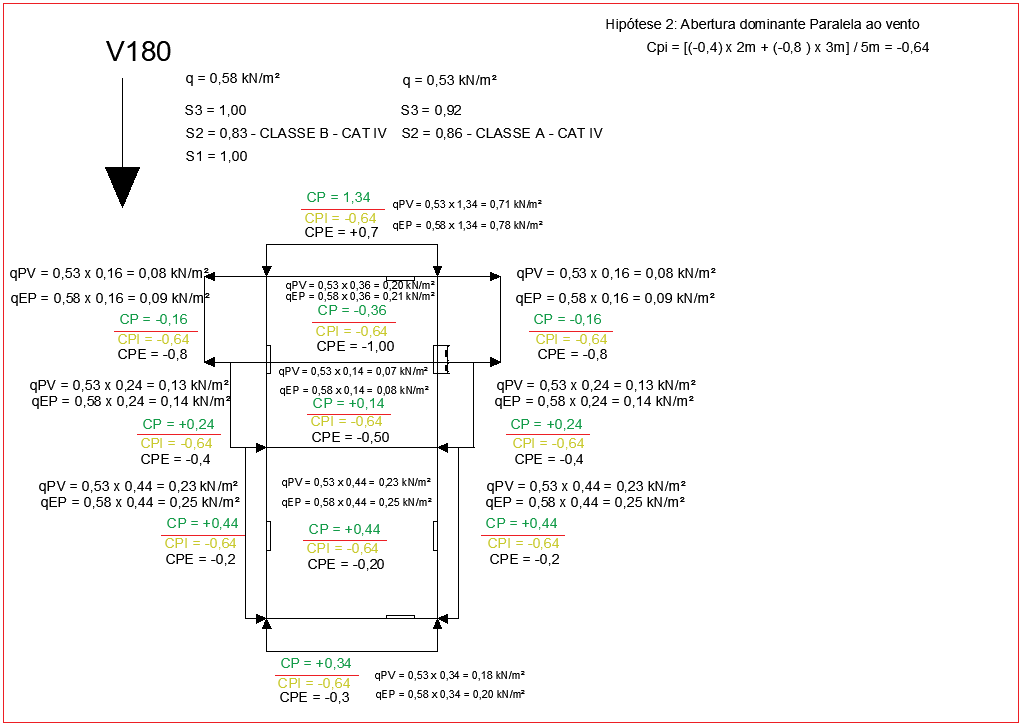


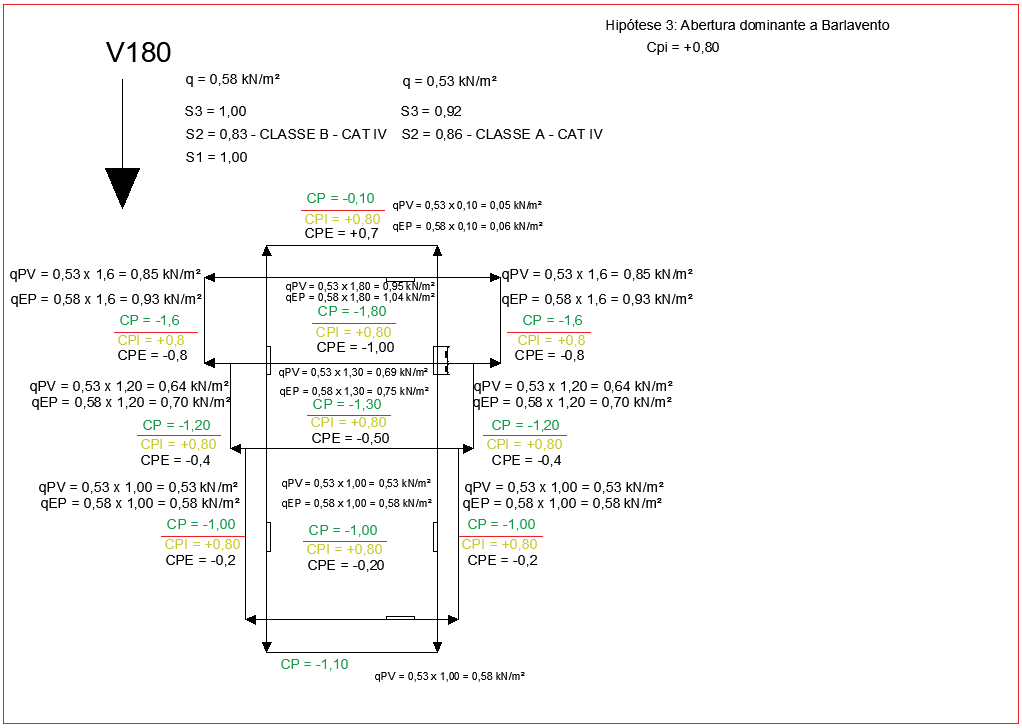


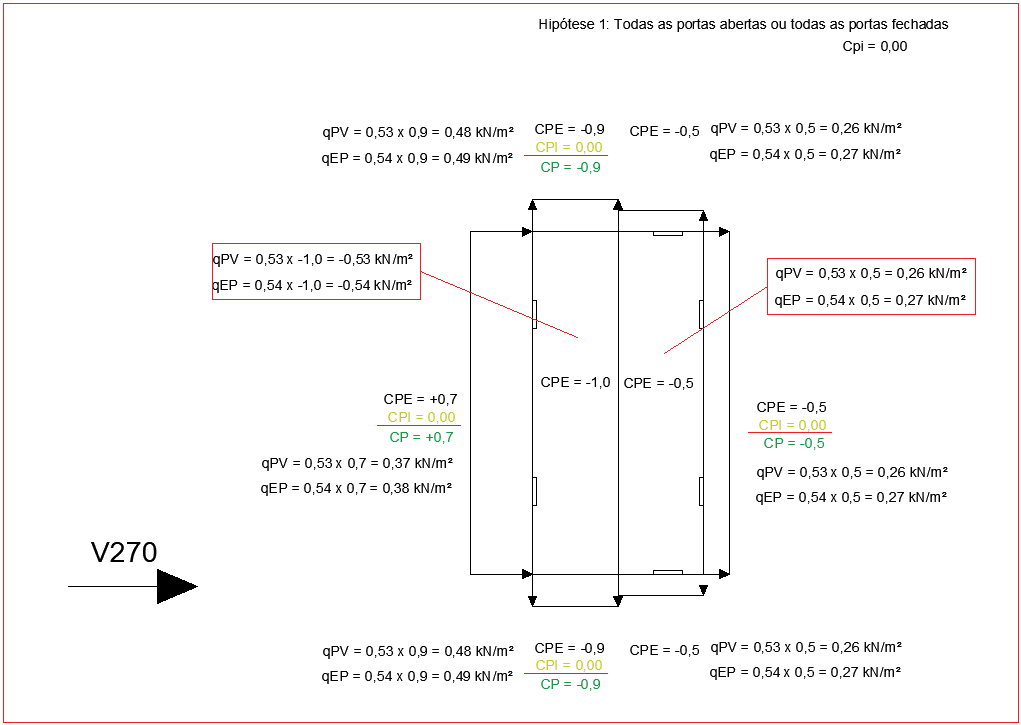


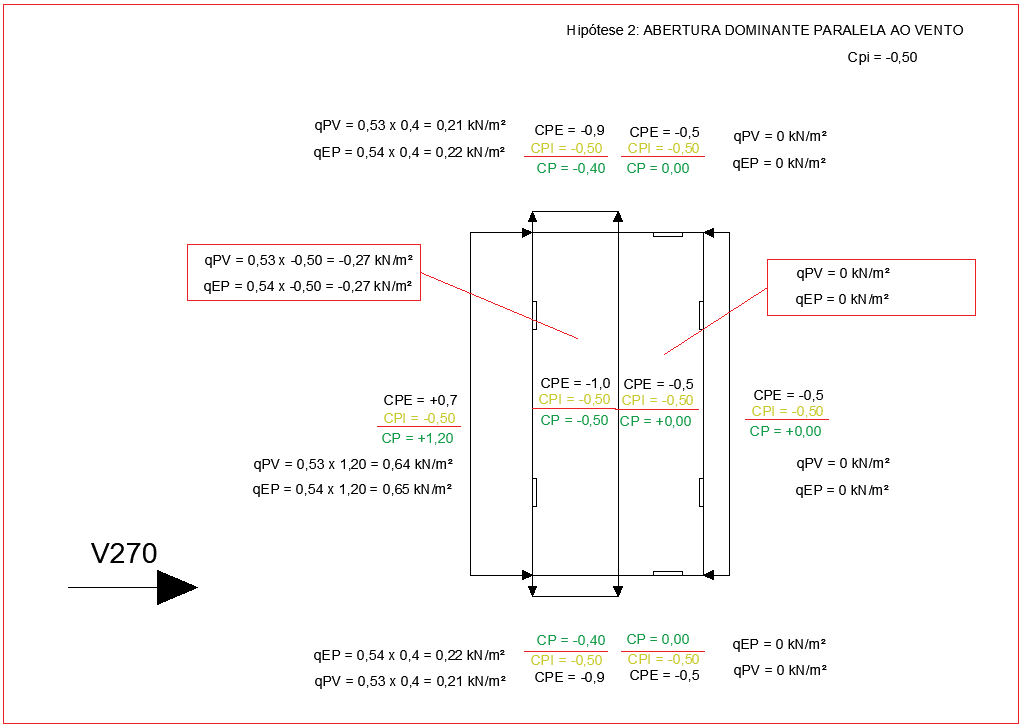


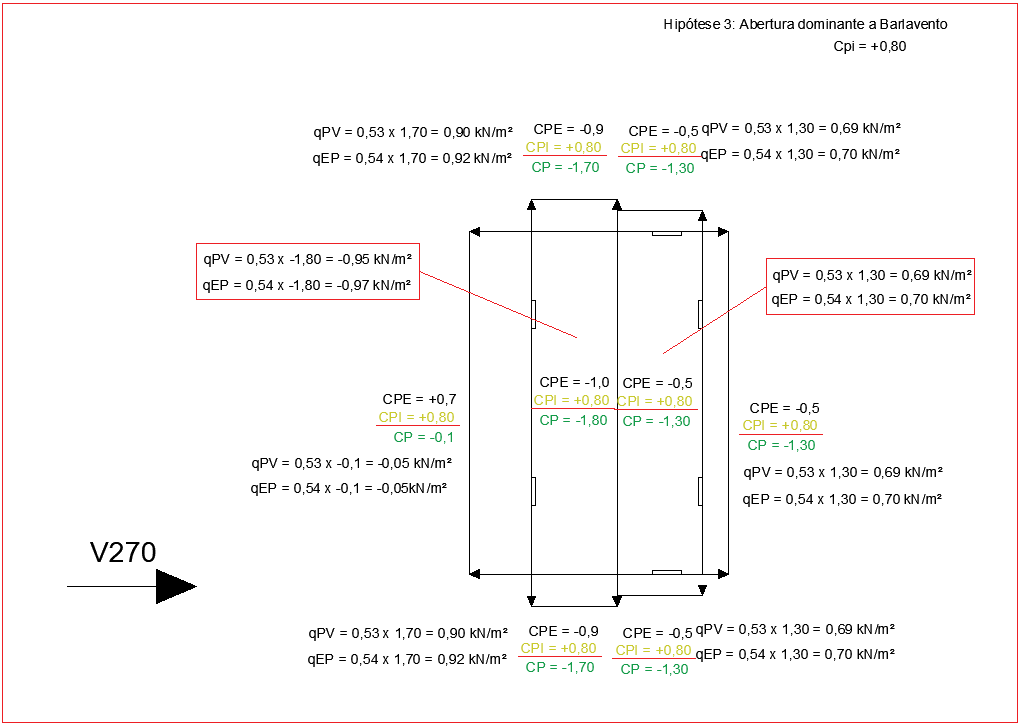












# Dimensionamento das Terças

**TERÇAS DE COBERTURA:**

Hipóteses de Carregamento:

Máxima carga para baixo

ELS – (COMBINAÇÃO FREQUENTE DE SERVIÇO)

Q(CFS) = CP + ѱ1.Q1 + ѱ2.Q2

\*Hipótese 1 – CP + 0,7 x SC + 0 x V

**No eixo Local Y**

Q = [(0,12+0,10+ 0,06) + 0,7 x 0,25 + 0 x 0,54] x 2,18= 0,99 kN/m

\*Hipótese 2 – CP + 0,3 x V + 0,6 x SC

Q = [(0,28) + 0,3 x 0,54 + 0,6 x 0,25] x 2,18= **1,29 kN/m**

Máxima carga para cima

Q(CFS) = CP + ѱ1.QV

\*Hipótese 1 – CP + 0,3 x V90(CPI+0,8)

**No eixo Local Y**

Q = [(0,12 + 0,06) - 0,3 x 2,41] x 2,18= -1,18 kN/m

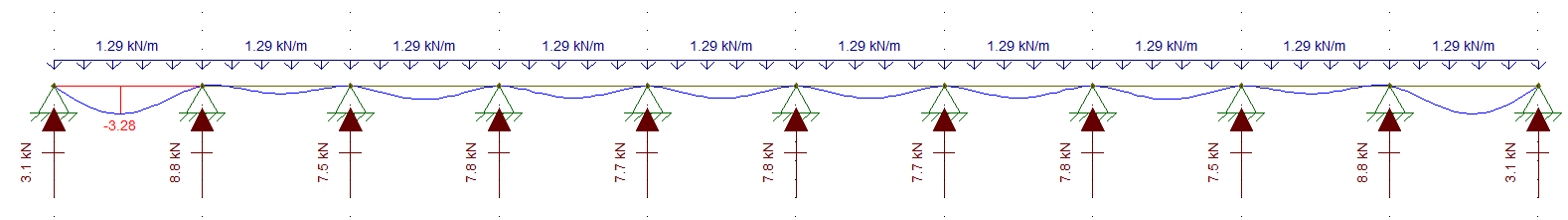


Figura 3: Máxima Flecha admissível: 6000 / 180 = 33,33 > 3,28mm OK!

**ELU:**

Máxima Carga Vertical para baixo

Q(ELU) = γCP + γQ1 + γ.ѱ0.Q2

\*Hipótese 1 – γCP + 1,5 x SC + 1,4 x 0,6 x V90 (CPI -0,9)

**No eixo Local Y**

Q = [(1,25 . 0,12 + 1,40 . 0,10+ 1,25 . 0,06) + 1,50 x 0,25 + 1,4 x 0,6 x 0,54] x 2,18= 2,60 kN/m

\*Hipótese 2 – γCP + 1,4 x V + 1,5 x 0,8 x SC

Q = [(1,25 . 0,12 + 1,40 . 0,10+ 1,25 . 0,06) + 1,4 x 0,54 + 1,5 x 0,8 x 0,25] x 2,18= **3,10 kN/m**

Máxima carga para cima

\*Hipótese 1 – CP + 1,4 x V90(CPI+0,8)

Q = [(0,12 + 0,06) - 1,40 x 2,41] x 2,18= -**6,96 kN/m**

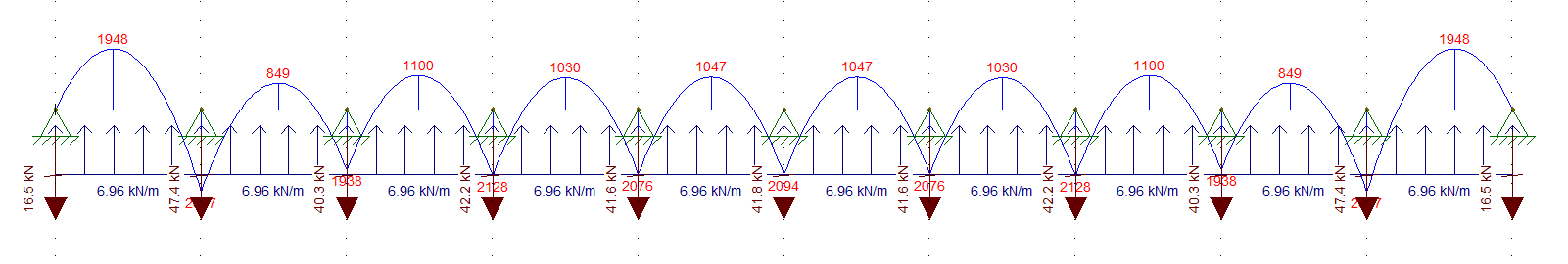
****

Figura 4:Momentos Fletores Máximos

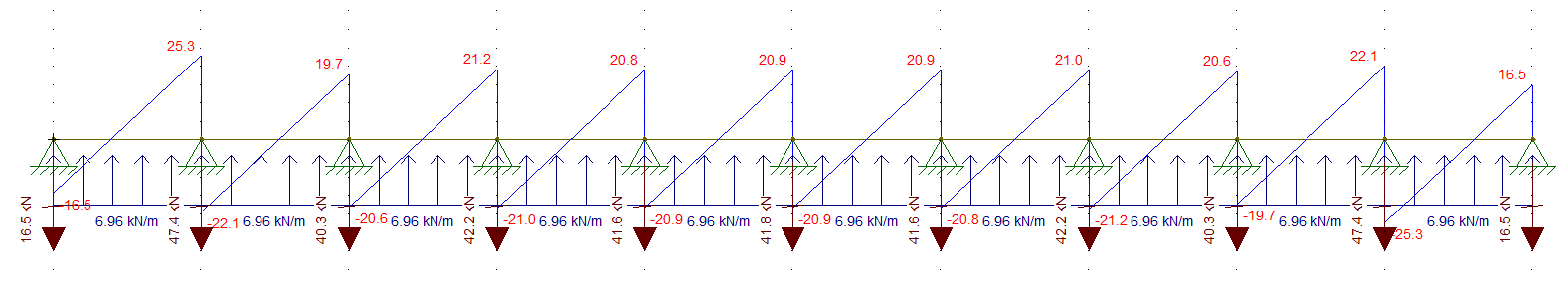


Figura 5: Máximo Esforço Cortante

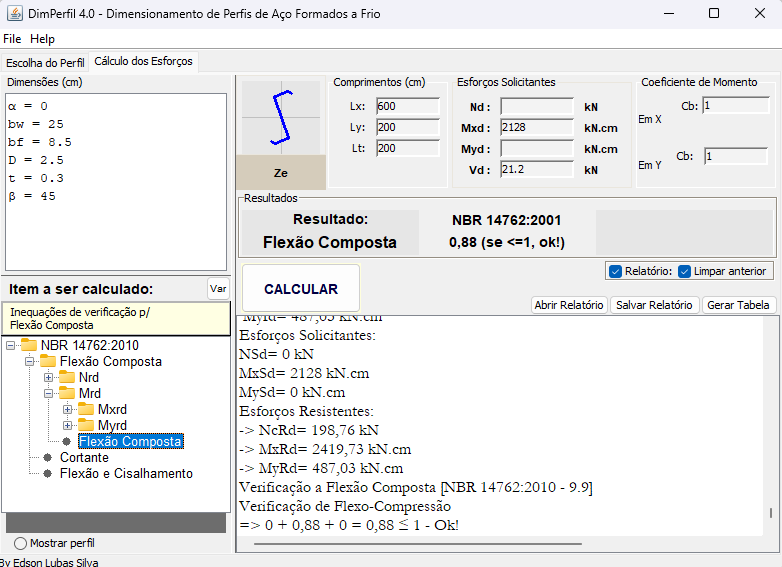


Figura 6: Dimensionamento das Terças Centrais

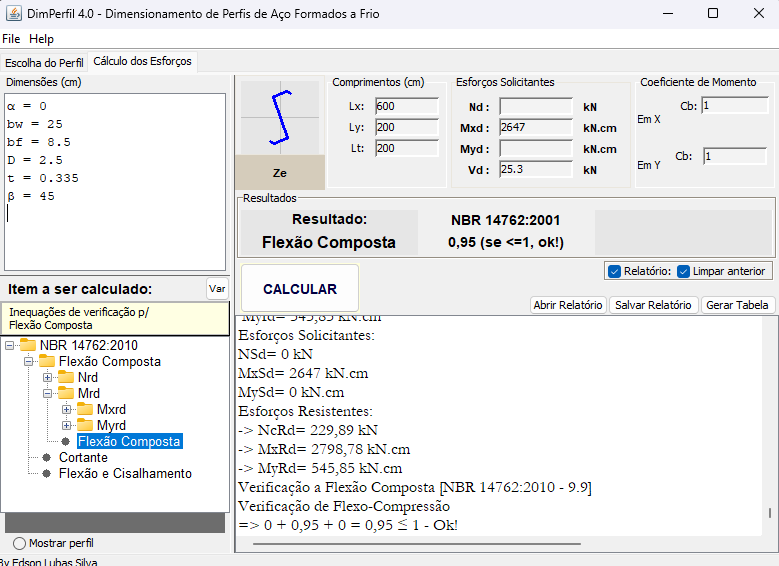


Figura 7: Dimensionamento das Terças de extremidade

Para terças de cobertura adotado material COS-CIVIL-300

**TERÇAS DE FECHAMENTO LATERAL E FRONTAL**

Máxima carga horizontal

ELS – (COMBINAÇÃO FREQUENTE DE SERVIÇO)

Q(CFS) = CP + ѱ1.QV

\*Hipótese 1 – CP + 0,3 x V90(CPI+0,8)

**No eixo Local Y**

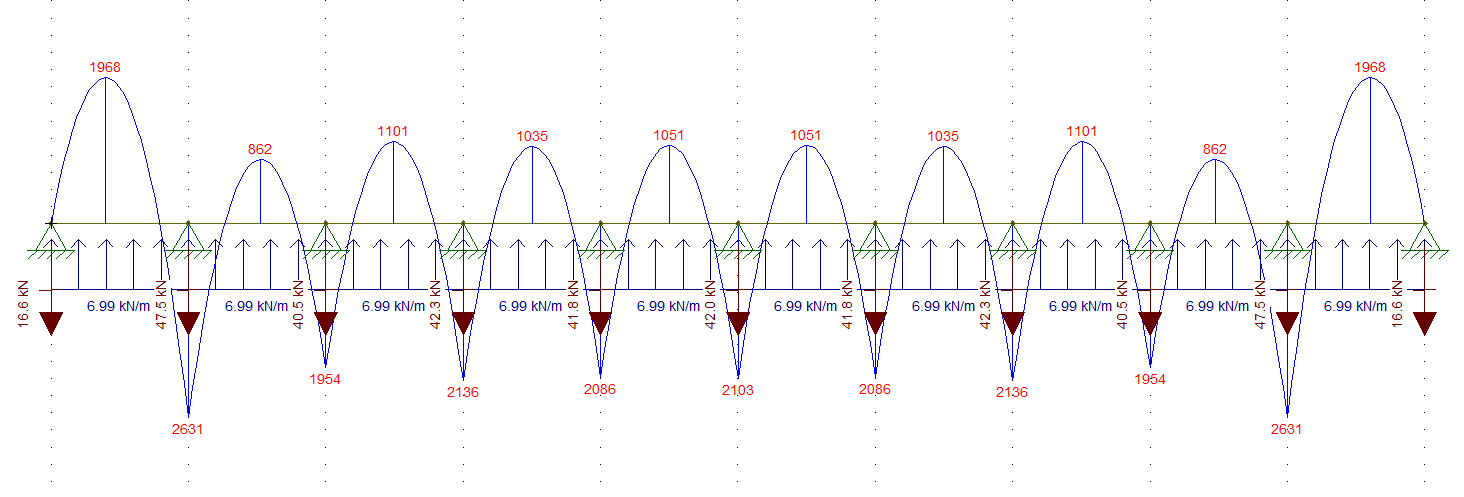
Q = 0 - 0,3 x 2,28] x 2,19= -1,50 kN/m

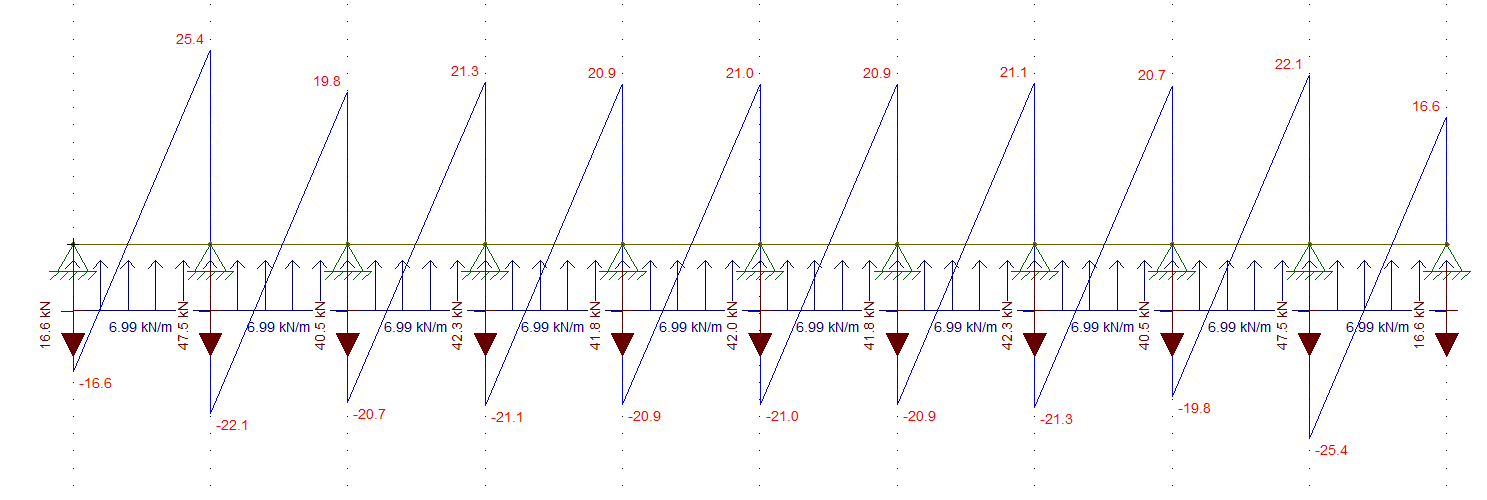
**ELU:**

Máxima carga Horizontal

\*Hipótese 1 – CP + 1,4 x V90(CPI+0,8)

Q = [(0) - 1,40 x 2,28] x 2,19= -**6,99 kN/m**

****

****

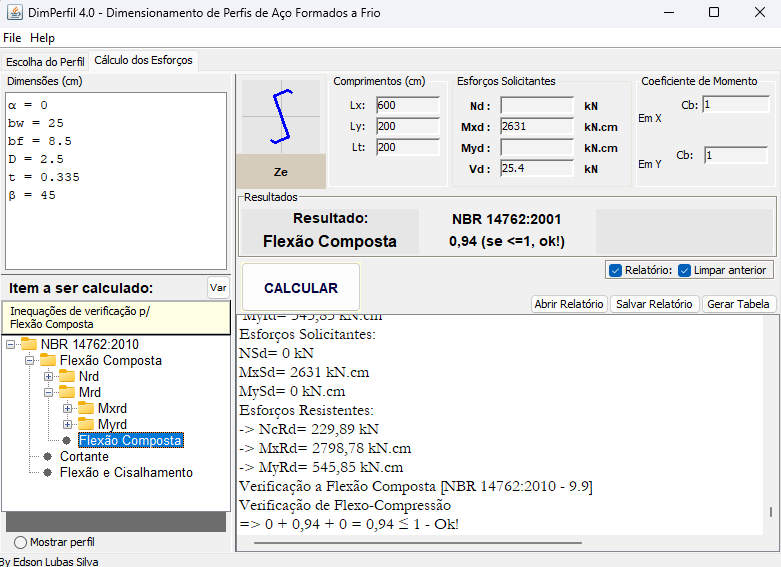
****

Figura 8:Dimensionamento das Terças de fechamento Lateral da Extremidade

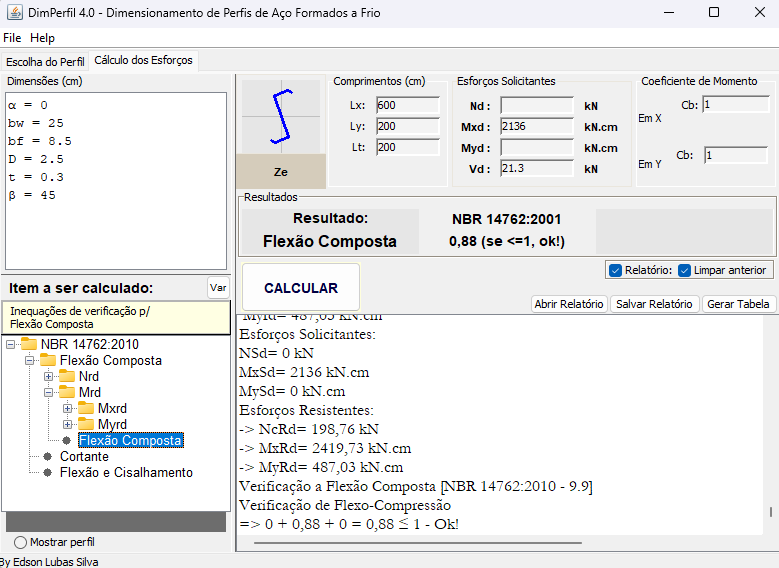


Figura 9: Dimensionamento das terças do fechamento lateral e frontal centrais

# Dimensionamento das Correntes e Tirantes

**Máxima tração nos tirantes do fechamento lateral (Frechal):**

Carga total: 5 x 0,1230 kN/m x 3m + 26,55m² x (0,12 + 0,03)kN/m² = 5,82 kN / cos42 x 1,40 = 10,97 kN

Verificação da rigidez mínima:

Como a carga das correntes flexíveis é menor que a dos tirantes, Adotaremos Diam 5/16mm A36 para tirantes e corrente flexível do painel de fechamento lateral.

**Máxima tração nos tirantes da cobertura (Frechal):**

\*Hipótese 2 – γCP + 1,4 x V + 1,5 x 0,8 x SC – Máximo carregamento vertical das terças

Q = [(1,25 . 0,12 + 1,40 . 0,10+ 1,25 . 0,06) + 1,4 x 0,54 + 1,5 x 0,8 x 0,25] x 2,18= **3,10 kN/m**

Componente no plano da cobertura: Fx = 3,10 kN / m x sen(5,71) = 0,31 kN/m

Cada corrente recebe 0,31 x 6m / 2 = 0,93 kN

Cada tirante recebe: 8 x 0,93 kN / cos 45 = 10,52 kN

Adotaremos diam. 5/16 com máximo de 8 módulos de terças para cada tirante.

VERIFICAÇÃO DAS CORRENTES RÍGIDAS DOS FECHAMENTOS LATERAL, FRONTAL E COBERTURA

**Máxima compressão nas correntes rígidas dos fechamentos laterais**

Carga total: 1 x 0,1230 kN/m x 3m + 26,55m² x (0,12 + 0,03)kN/m² = 5,82 kN / cos42 x 1,40 = **2,19 kN**

**Máxima compressão no plano da cobertura:**

Componente no plano da cobertura: Fx = 3,10 kN / m x sen(5,71) = 0,31 kN/m

Cada corrente recebe 0,31 x 6m / 2 = 0,93 kN

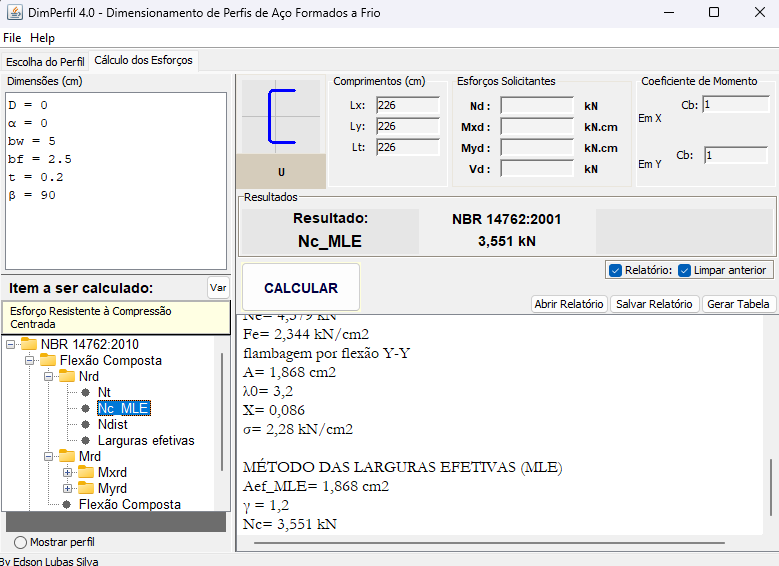
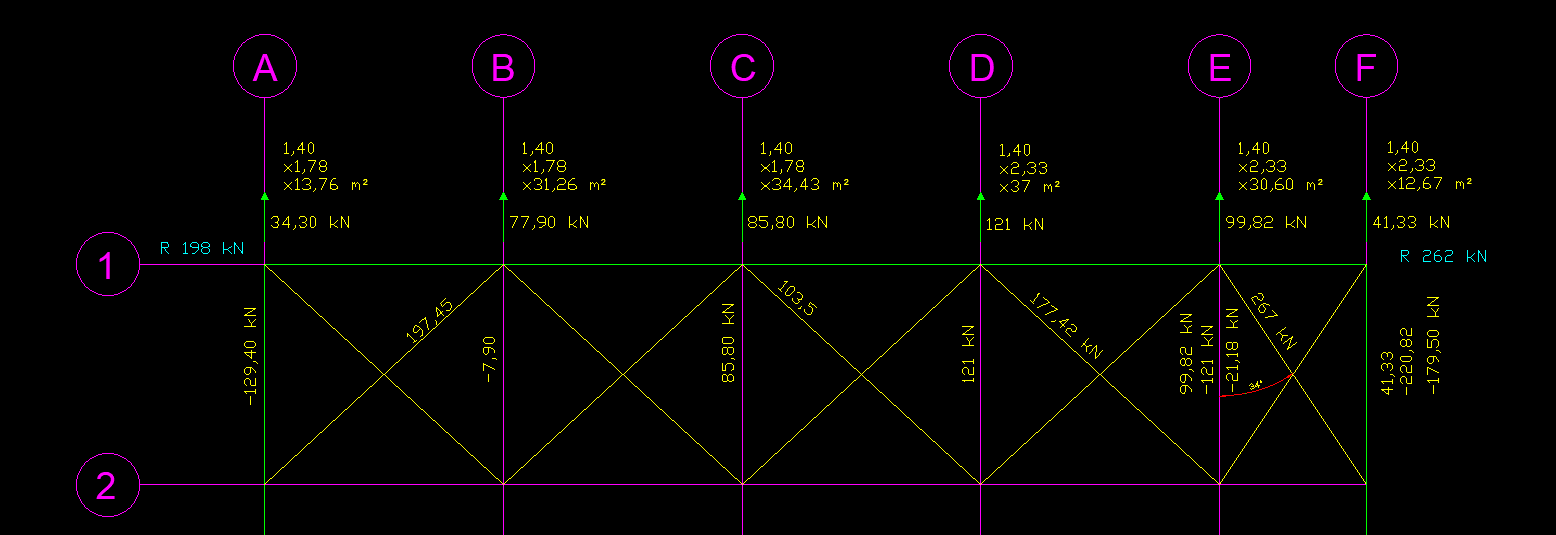


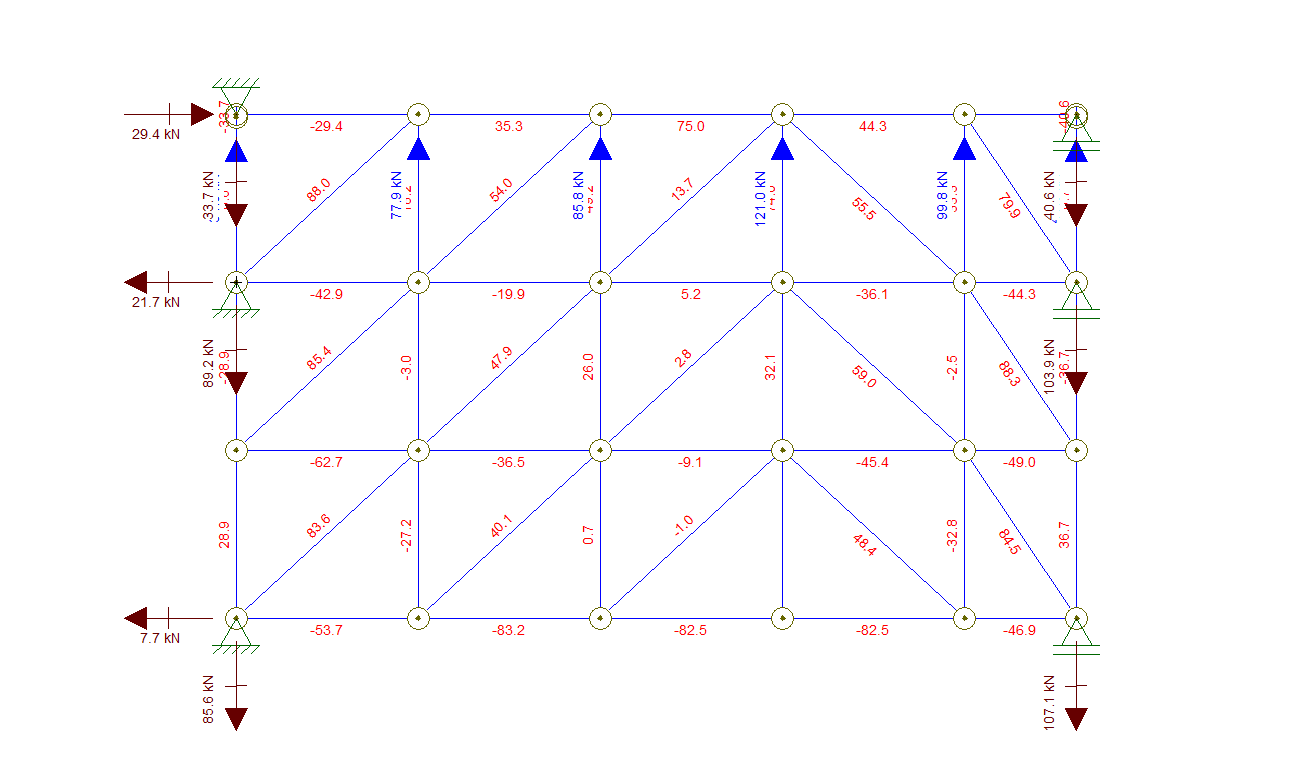
Figura 10:Correntes rígidas da cobertura e fechamentos laterais e frontais

# Dimensionamento dos contraventamentos de cobertura



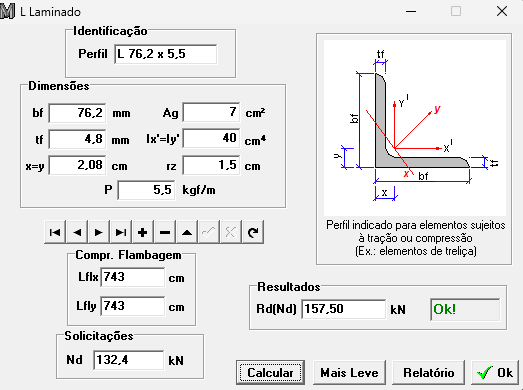
Maior tração nos contraventamentos: 267 kN

Inviável, vamos adotar outra concepção



## DIMENSIONAMENTO DOS CONTRAVENTAMENTOS VERTICAIS

Tsd = 107,1 kN / cos36 = 132,4 kN



Adotaremos cantoneira L76,2X 4,76mm

## Dimensionamento das colunas de oitão

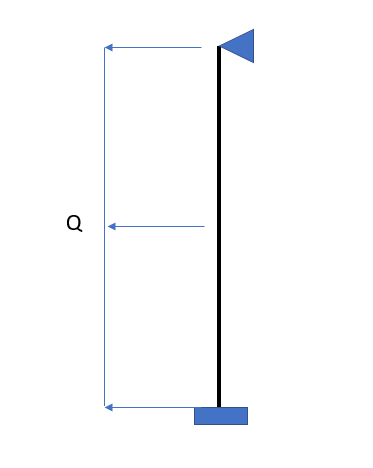
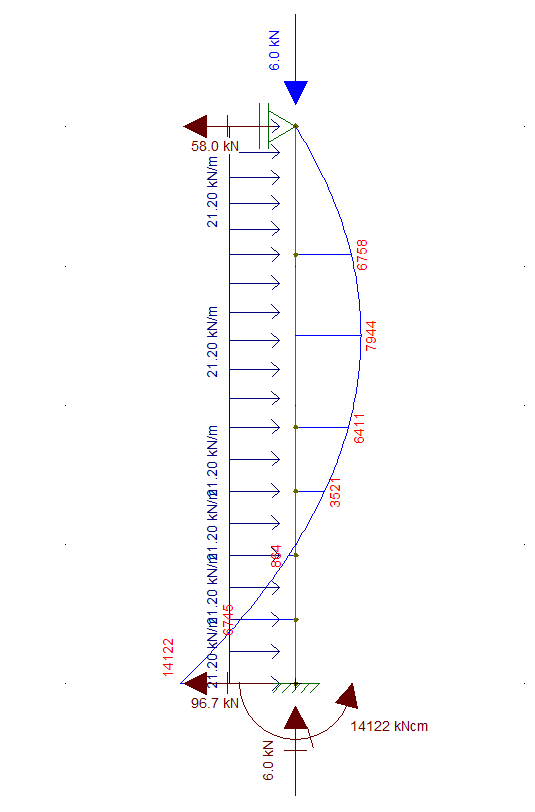


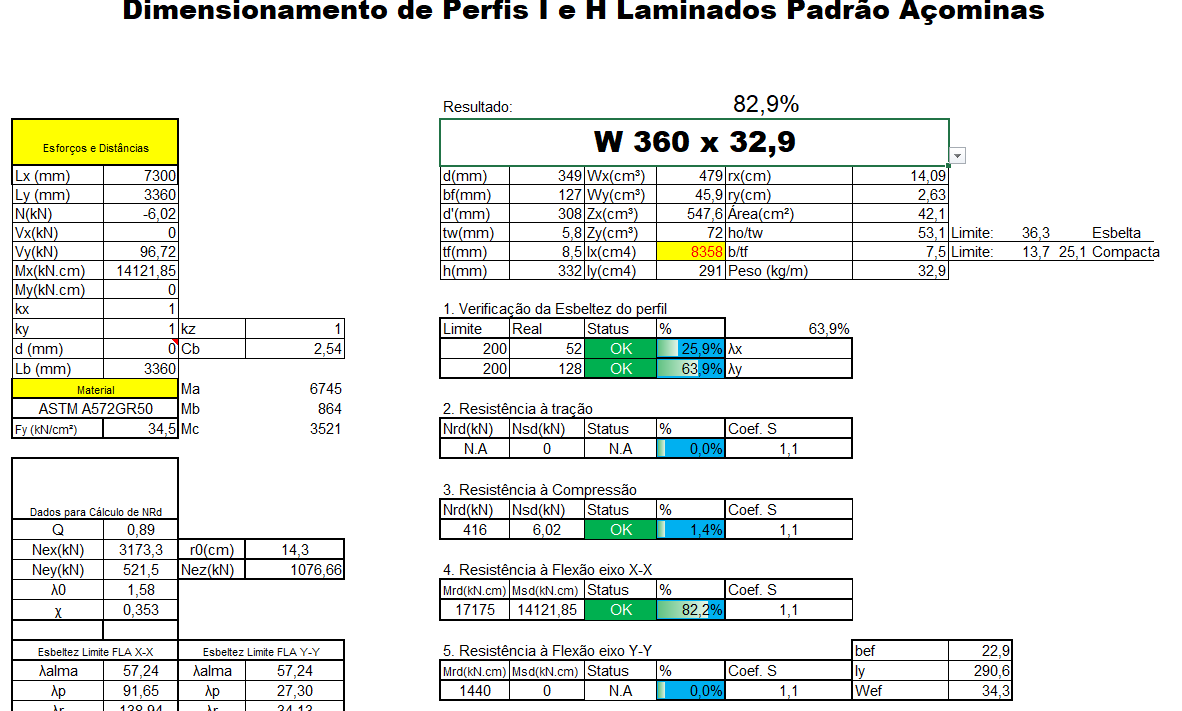
Figura 11:Diagrama de corpo livre da coluna de oitão

ELU – V90 (CPI +0,8)

Carga Horizontal: 2,33 x 1,40 x 6,50 = 21,20 kN/m

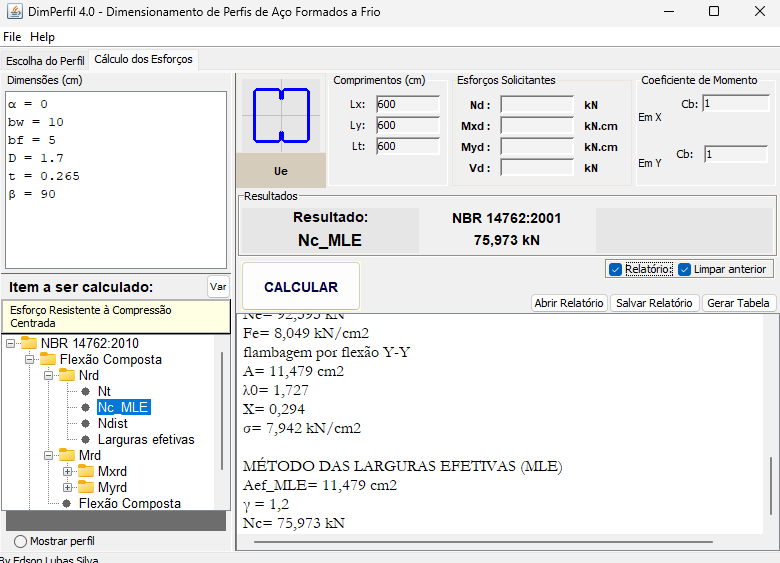
Carga Vertical: 1,25 x (0,12 + 0,06) x 6,50 + 1,25 x 0,50 x 7,30m = 6,02 kN





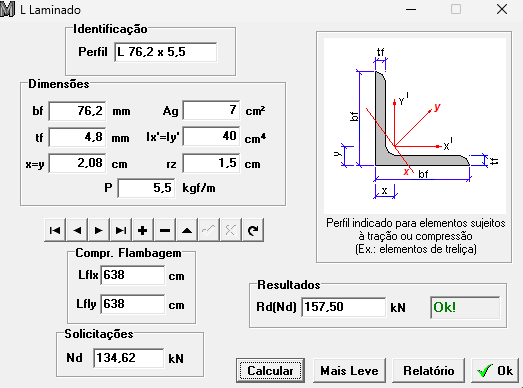
## Verificação Da Barra de Travamento e contraventamento vertical entre treliças

Ncsd = 58,03 kN



Carga no contraventamento:

121 / cos 26 = 134,62 kN



# DIMENSONAMENTO DA ESTRUTURA PRINCIPAL

Máxima carga para baixo

ELS – (COMBINAÇÃO FREQUENTE DE SERVIÇO)

Q(CFS) = CP + ѱ1.Q1 + ѱ2.Q2

\*Hipótese 1 – CP + 0,7 x SC + 0 x V (0 CPI -0,3)

**No eixo Local Y**

Q = [(0,12+0,10+ 0,06) + 0,7 x 0,25 + 0 x 0,25] x 6= 2,73 kN/m

\*Hipótese 2 – CP + 0,3 x V + 0,6 x SC

Q = [(0,28) + 0,3 x 0,25 + 0,6 x 0,25] x 6= **3,03 kN/m**

**P/ paredes:** 0,6 x 0,25x 6m = 0,9 kN/m

**ELU:**

Máxima Carga Vertical para baixo

Q(ELU) = γCP + γQ1 + γ.ѱ0.Q2

\*Hipótese 1 – γCP + 1,5 x SC + 1,4 x 0,6 x V0 (CPI -0,3)

**No eixo Local Y**

Q = [(1,25 . 0,12 + 1,40 . 0,10+ 1,25 . 0,06) + 1,50 x 0,25 + 1,4 x 0,6 x 0,25] x 6 = 5,70 kN/m

\*Hipótese 2 – γCP + 1,4 x V + 1,5 x 0,8 x SC

Q = [(1,25 . 0,12 + 1,40 . 0,10+ 1,25 . 0,06) + 1,4 x 0,25 + 1,5 x 0,8 x 0,25] x 6= **6,09 kN/m**

**P/ paredes:** 1,4 x 0,25 x 6m = 2,1 kN/m

**--------**

Máxima carga para cima (V0 CPI +0,8)

ELS – (COMBINAÇÃO FREQUENTE DE SERVIÇO)

Q(CFS) = CP + ѱ1.Q1

**No eixo Local Y**

\*Hipótese 1 – CP + 0,3 x V

Q = [(0,28) - 0,3 x 1,04] x 6= **0,19 kN/m**

**P/ paredes:** 0,3 x 0,93x 6m = 1,67 kN/m

**ELU:**

Máxima Carga Vertical para cima

Q(ELU) = CP + γQ1

\*Hipótese 1 – CP + 1,4 x V0(CPI +0,8)

**No eixo Local Y**

Q = [(0,12 + 0,06) - 1,40 x 1,04] x 6 = **-7,65** kN/m

**P/ paredes:** 1,4 x 1,04 x 6m = 8,73kN/m

Máxima carga para cima (V90 CPI 0,00)

ELS – (COMBINAÇÃO FREQUENTE DE SERVIÇO)

Q(CFS) = CP + ѱ1.Q1

**Parte alta da cobertura**

\*Hipótese 1 – CP + 0,3 x V

Q = [(0,28) - 0,3 x 1,37] x 6= -**0,79 kN/m**

**Parte Baixa da Cobertura:**

Q = [(0,28) - 0,3 x 0,69] x 6= **+0,07 kN/m**

**Parede baixa:** 0,3 x 0,69x 6m = 1,24 kN/m

**Parede Alta:** 0,3 x 0,96x 6m = 1,73 kN/m

**ELU:**

Máxima Carga Vertical para cima (V90 CPI 0,00)

Q(ELU) = CP + γQ1

\*Hipótese 1 – CP + 1,4 x V0(CPI +0,8)

**Parte alta da cobertura**

Q = [(0,12 + 0,06) - 1,40 x 1,37] x 6 = **-10,42** kN/m

**Parte baixa da cobertura**

Q = [(0,12 + 0,06) - 1,40 x 0,69] x 6 = **-4,72** kN/m

**Parede Baixa:** 1,4 x 0,69 x 6m = 5,80kN/m

**Parede Alta:** 1,4 x 0,96 x 6m = 8,06kN/m

Máxima carga para baixo (V90 CPI -0,90)

ELS – (COMBINAÇÃO FREQUENTE DE SERVIÇO)

Q(CFS) = CP + ѱ1.Q1+ ѱ2.Q2

**Parte alta da cobertura**

\*Hipótese 1 – CP + 0,3 x V + 0,6.SC

Q = [(0,28) - 0,3 x 0,14 + 0,6 x 0,25] x 6= +**2,33 kN/m**

**Parte Baixa da Cobertura:**

Q = [(0,28) + 0,3 x 0,55 + 0,6 x 0,25] x 6= **+3,57 kN/m**

**Parede baixa:** 0,3 x 0,55x 6m = 0,99 kN/m

**Parede Alta:** 0,3 x 2,20x 6m = 3,96 kN/m

**ELU:**

Máxima Carga Vertical para baixo (V90 CPI -0,90)

Q(ELU) = γCP + γQ1 + γ. Ѱ0.Q2

\*Hipótese 1 – γCP + 1,4 x V90(CPI -0,90) + 1,5 x 0,8

**Parte alta da cobertura**

Q = [(1,25 x 0,12 + 1,40 x 0,10+ 1,25 x 0,06) - 1,40 x 0,14 + 1,5 x 0,8 x 0,25] x 6 = **-2,81** kN/m

**Parte baixa da cobertura**

Q = [(1,25 x 0,12 + 1,40 x 0,10+ 1,25 x 0,06) + 1,40 x 0,55 + 1,5 x 0,8 x 0,25] x 6 = **-8,61** kN/m

**Parede Baixa:** 1,4 x 0,55 x 6m = 4,62kN/m

**Parede Alta:** 1,4 x 2,20 x 6m = 18,48kN/m

Máxima carga para cima (V90 CPI +0,80)

ELS – (COMBINAÇÃO FREQUENTE DE SERVIÇO)

Q(CFS) = CP + ѱ1.Q1

**Parte alta da cobertura**

\*Hipótese 1 – CP + 0,3 x V

Q = [(0,28) - 0,3 x 2,47] x 6= -**2,78 kN/m**

**Parte Baixa da Cobertura:**

Q = [(0,28) - 0,3 x 1,78] x 6= **-1,52 kN/m**

**Parede baixa:** 0,3 x 1,78 x 6m = 3,20 kN/m

**Parede Alta:** 0,3 x 0,14x 6m = 0,25 kN/m

**ELU:**

Máxima Carga Vertical para cima (V90 CPI +0,80)

Q(ELU) = CP + γQ1

\*Hipótese 1 – CP + 1,4 x V90(CPI +0,8)

**Parte alta da cobertura**

Q = [(0,12 + 0,06) - 1,40 x 2,47] x 6 = **-19,67** kN/m

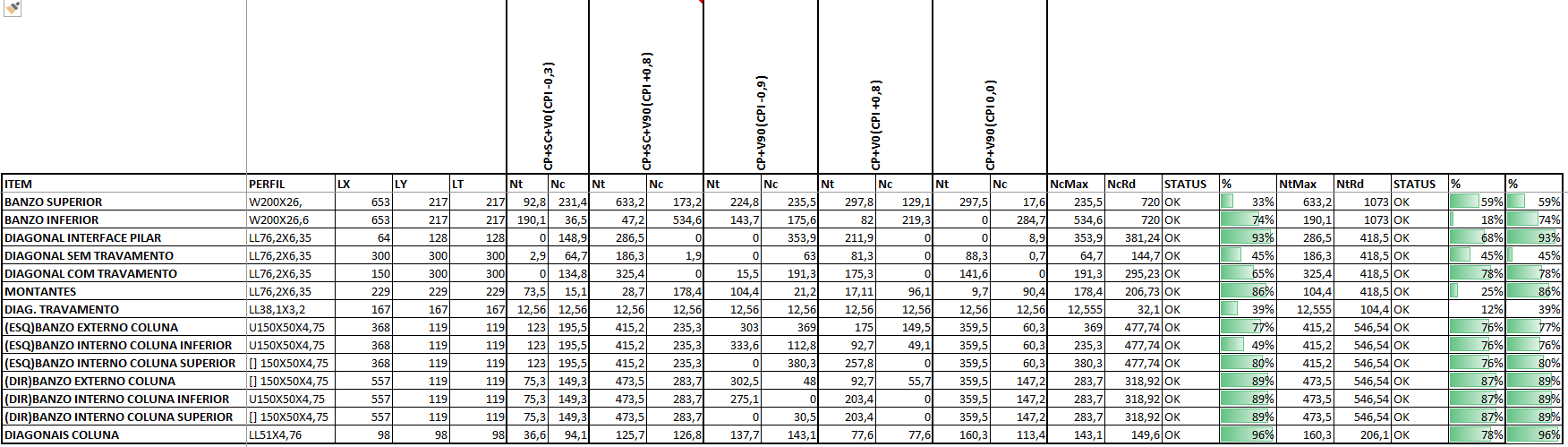
**Parte baixa da cobertura**

Q = [(0,12 + 0,06) - 1,40 x 1,78] x 6 = **-13,87** kN/m

**Parede Baixa:** 1,4 x 1,78 x 6m = 14,95kN/m

**Parede Alta:** 1,4 x 0,14 x 6m = 1,18kN/m

**QUADRO DE VERIFICAÇÕES ELU PARA CADA COMBINAÇÃO**



# 8 – Conclusão

Eu, Felipe Jacob Moraes Pereira, Lavro esse memorial de Cálculo para que possa servir de documentação técnica ao proprietário do imóvel e a quem mais possa interessar.

São José dos Campos, 19 de dezembro de 2023