



Publicação IPR – 748

**ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELAS
PARA PEDESTRES**

VOLUME 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

1ª Edição

**BRASÍLIA
ABRIL/2020**

**MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS**

MINISTRO DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA

Tarcísio Gomes de Freitas

DIRETOR GERAL – DNIT

Antônio Leite dos Santos Filho

DIRETOR DE PLANEJAMENTO E PESQUISA

Luiz Guilherme Rodrigues de Mello

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS

Nelson Wargha Filho

**ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELAS PARA
PEDESTRES**

VOLUME 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

1ª Edição

PRIMEIRA EDIÇÃO – Brasília, 2020

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA – DNIT – DIRETORIA GERAL

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS

COMISSÃO DE SUPERVISÃO:

Simoneli Fernandes Mendonça - DNIT/DPP/IPR/DNPT

Rogério Calazans Verly – DNIT/DIR/CGMRR/COMEC

COLABORADORES TÉCNICOS:

Arqº Pedro Guilherme Alves Chaves – Consórcio PROARTE

Engº Kairo Felipe – Consórcio PROARTE

Engº Miqueias Rodrigues de Sousa – Consórcio PROARTE

Engº Vicente Geraldo de Oliveira Junior – Consórcio PROARTE

Engº Welington Vital da Silva – Consórcio PROARTE

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de
Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa.
Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

Álbum de Projetos-Tipo de Passarelas de Pedestres.
– Brasília, 2020.

2v. (IPR., 748)

v.1: Desenhos.v.2: Memória de Cálculo

1. Rodovias - Passarelas - Projetos. I. Série. II. Título.

Reprodução permitida desde que citado o DNIT como fonte.

Impresso no Brasil / Printed in Brazil.

**MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE
TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS**

Publicação IPR 748

**ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELAS PARA
PEDESTRES**

VOLUME 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

1ª Edição

**BRASÍLIA
2020**

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS

Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A, Ed. Núcleo dos Transportes
CEP 70040-902, Brasília – DF
Telefone: (61) 3315-4831
E-mail: ipr@dnit.gov.br

TÍTULO: ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES

- Volume 1: Desenhos
- Volume 2: Memória de Cálculo

Primeira Edição: 2020

Elaboração: Consórcio PROARTE

Revisão: DNIT / Consórcio PROARTE

Contrato: DNIT / Consórcio PROARTE - 00951/2017- 00

Aprovado pela Diretoria Colegiada do DNIT em 13.01.2020 – SEI 4814130

Republicação da Primeira Edição aprovada em 14.04.2020 – SEI 2416436

Processo SEI nº 50600.016372/2019-85

APRESENTAÇÃO

O Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, oferece à comunidade rodoviária brasileira o **ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELAS PARA PEDESTRES** – 1ª edição, publicação IPR 748, Abril de 2020.

O Volume 1 da 1ª edição é composto dos seguintes capítulos:

- a) Capítulo 1 – Introdução
- b) Capítulo 2 – Conceção da Passarela
- c) Capítulo 3 – Orientações para a Escolha do Projeto Tipo
- d) Capítulo 4 – Passarela -Tipo 35 metros (PL35)
- e) Capítulo 5 – Passarela -Tipo 30 metros (PL30)
- f) Capítulo 6 – Passarela -Tipo 25 metros (PL25)
- g) Capítulo 7 – Passarela -Tipo 20 metros (PL25)
- h) Capítulo 8 – Passarela -Tipo 15 metros (PL25)
- i) Capítulo 9 – Acessos Modulares
- j) Capítulo 10 – Detalhes
- k) Capítulo 11 – Detalhamento da Armadura
- l) Capítulo 12 – Apoios Intermediários
- m) Capítulo 13 – Planta de Cargas
- n) Anexo A – Visualização 3D interativa
- o) Referências Bibliográficas

O Volume 2 da 1ª edição é composto pelos capítulos:

- a) Capítulo 1 – Dimensionamento das Estruturas Metálicas
- b) Capítulo 2 – Dimensionamento das Estruturas de Concreto Armado
- c) Capítulo 3 – Análise Dinâmica
- d) Atestados de Responsabilidade Técnica
- e) Referências Bibliográficas

Trata-se de 1ª Edição republicada, em virtude de correções realizadas em alguns desenhos do Volume 1 da versão anterior desta edição. O Volume 2 não foi alterado, porém este volume foi republicado por fazer parte da mesma Publicação IPR 748.

Solicita-se, a todos os usuários desta publicação, que colaborem na permanente atualização e aperfeiçoamento dos projetos, enviando críticas, sugestões e comentários no seguinte endereço: Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR – Setor de Autarquias Norte, Quadra 03 Lote A, Edifício Núcleo dos Transportes, Brasília – DF, CEP 70040-902, Telefone: (61) 3315-4831, e-mail: ipr@dnit.gov.br.

LUIZ GUILHERME RODRIGUES DE MELLO
Diretor de Planejamento e Pesquisa

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 – Modelo I – 35 metros.....	2
Figura 1-2 – Modelo II – 25 metros.....	3
Figura 1-3 – Modelo III -15 metros.	4
Figura 1-4 – Carga Móvel sobre a Laje.	5
Figura 1-5 – Isopletas do Brasil.....	6
Figura 1-6 –Vista em Elevação de um Módulo no Extremo da Passarela.....	7
Figura 1-7 – Carga de Vento (VY+) Aplicada no Modelo Estrutural.	8
Figura 1-8 – Carga de Vento (VY-) Aplicada no Modelo Estrutural.	8
Figura 1-9 – Alguns Casos da Carga Excepcional (CE).....	10
Figura 1-10 – Bielas do Modelo I.....	13
Figura 1-11 – Tirantes do Modelo I.....	15
Figura 1-12 – Diagonais do Modelo I.....	17
Figura 1-13 – Apoio do Steeldeck do Modelo I.....	20
Figura 1-14 – Montantes do Modelo I.....	22
Figura 1-15 – Travamento Superior do Modelo I.....	25
Figura 1-16 – Bielas do Modelo II.....	67
Figura 1-17 – Tirantes do Modelo II.....	69
Figura 1-18 – Diagonais do Modelo II.....	71
Figura 1-19 – Apoio do Steeldeck do Modelo II.....	74
Figura 1-20 – Montantes do Modelo II.....	76
Figura 1-21 – Travamento Superior do Modelo II.....	78
Figura 1-22 – Bielas do Modelo III.....	120
Figura 1-23 – Tirantes do Modelo III.....	122
Figura 1-24 – Diagonais do Modelo III.....	124
Figura 1-25 – Apoio do Steeldeck do Modelo III.....	127
Figura 1-26 – Montantes do Modelo III.....	130
Figura 1-27 – Travamento Superior do Modelo III.....	132
Figura 1-28 – Deslocamentos do Modelo I (em centímetros) – ELS-DEF.....	174
Figura 1-29 – Deslocamentos do Modelo II (em centímetros) – ELS-DEF.....	175
Figura 1-30 – Deslocamentos do Modelo III (em centímetros) – ELS-DEF.....	176
Figura 2-1 – Modelos Elaborados no SAP2000.....	180
Figura 2-2 – Configurações de Posicionamento da Viga Console. (Representação Parcial da estrutura).	181

Figura 2-3 – Convenção de Sinais para os Esforços.....	182
Figura 2-4 – Alternância de Carga Móvel nos Acessos.....	184
Figura 2-5 – Carga de Vento na Estrutura.....	185
Figura 2-6 – Cargas da Passarela PL35.	186
Figura 2-7 – Diagrama de Esforços das Rampas – Vista em Planta.....	191
Figura 2-8 – Diagrama de Esforços dos Patamares de Circulação – Vista em Planta. ...	193
Figura 2-9 – Diagrama de Esforços das Vigas do Eixo 6.	195
Figura 2-10 – Diagrama de Esforços das Vigas do Eixo 5.	196
Figura 2-11 – Diagrama de Esforços das Vigas Faixa dos Eixos A e C.	198
Figura 2-12 – Diagrama de Esforços das Vigas Faixa do Eixo 1 (patamar da escada)...201	
Figura 2-13 – Diagrama de Esforços das Vigas da Escada.	203
Figura 2-14 – Esforços Longitudinais da Escada.	205
Figura 2-15 – Diagrama de Esforços das Vigas Console.	207
Figura 2-16 – Diagrama de Esforços das Rampas – Vista em Planta.....	234
Figura 2-17 – Diagrama de Esforços dos Patamares de Circulação – Vista em Planta. .	236
Figura 2-18 – Diagrama de Esforços das Vigas do Eixo 6.	237
Figura 2-19 – Diagrama de Esforços das Vigas do Eixo 5.	237
Figura 2-20 – Diagrama de Esforços das Vigas Faixa dos Eixos A e C.	238
Figura 2-21 – Diagrama de Esforços das Vigas Faixa do Eixo 1.....	239
Figura 2-22 – Diagrama de Esforços das Vigas da Escada.	240
Figura 2-23 – Esforços Longitudinais da Escada.	241
Figura 2-24 – Diagrama de Esforços das Viga Console.....	242
Figura 2-25 – Deslocamento Vertical Máximo do Acesso (centímetros).	244
Figura 2-26 – Pilar Central P800.	247
Figura 2-27 – Modelo Estrutural dos Pilares Intermediários: (a) P800. (b) P640. (c) P480.	248
Figura 2-28 – Cargas Atuantes no Pilar.	249
Figura 2-29 – Parâmetros de Cálculo do Consolo Curto.	254

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Propriedades dos Materiais.....	1
Tabela 1.2 – Combinações Últimas Normais – Coeficiente de Ponderação. ($\psi_{0j} = 0,6$). ..	11
Tabela 1.3 – Combinações Últimas Excepcionais – Coeficiente de Ponderação. ($\psi_{0j,ef} = 0,3$).....	12
Tabela 1.4 – Combinação Quase Permanente – Coeficiente de Ponderação. ($\psi_{2j} = 0,3$).	12
Tabela 1.5 – Modelo I – Verificação das Bielas. Compressão Máxima.	14

Tabela 1.6 – Modelo I – Verificação dos Tirantes. Tração Máxima.	16
Tabela 1.7 – Modelo I – Verificação das Diagonais. Tração Máxima.	18
Tabela 1.8 – Modelo I – Verificação das Diagonais. Compressão Máxima.	19
Tabela 1.9 – Modelo I – Verificação do Apoio do Steeldeck. Momento X Máximo.	21
Tabela 1.10 – Modelo I – Verificação dos Montantes. Compressão Máxima.	23
Tabela 1.11 – Modelo I – Verificação dos Montantes. Momento Y Máximo.	24
Tabela 1.12 – Modelo I – Verificação do Travamento Superior Interno. Momento X Máximo.	26
Tabela 1.13 – Modelo I – Verificação do Travamento Superior Extremidade. Momento X Máximo.	27
Tabela 1.14 – Modelo II – Verificação das Bielas. Compressão Máxima.	68
Tabela 1.15 – Modelo II – Verificação dos Tirantes. Tração Máxima.	70
Tabela 1.16 – Modelo II – Verificação das Diagonais. Tração Máxima.	72
Tabela 1.17 – Modelo II – Verificação das Diagonais. Compressão Máxima.	73
Tabela 1.18 – Modelo II – Verificação do Apoio do Steeldeck. Momento X Máximo.	75
Tabela 1.19 – Modelo II – Verificação dos Montantes. Compressão Máxima.	77
Tabela 1.20 – Modelo II – Verificação do Travamento Superior Interno. Tração Máxima.	79
Tabela 1.21 – Modelo II – Verificação do Travamento Superior Extremidade. Momento X Máximo.	80
Tabela 1.22 – Modelo III – Verificação das Bielas. Compressão Máxima.	121
Tabela 1.23 – Modelo III – Verificação dos Tirantes. Tração Máxima.	123
Tabela 1.24 – Modelo III – Verificação das Diagonais. Tração Máxima.	125
Tabela 1.25 – Modelo III – Verificação das Diagonais. Compressão Máxima.	126
Tabela 1.26 – Modelo III – Verificação do Apoio do Steeldeck. (interno) Momento X Máximo.	128
Tabela 1.27 – Modelo III – Verificação do Apoio do Steeldeck. (externo) Momento X Máximo.	129
Tabela 1.28 – Modelo III – Verificação dos Montantes. Compressão Máxima.	131
Tabela 1.29 – Modelo III – Verificação do Travamento Superior Interno. Momento X Máximo.	133
Tabela 1.30 – Modelo II – Verificação do Travamento Superior Extremidade. Momento X Máximo.	134
Tabela 2.1 – Propriedades dos Materiais.	177
Tabela 2.2 – Cargas Provenientes das Passarelas.	187
Tabela 2.3 – Combinações Últimas Normais – Coeficiente de Ponderação. ($\psi_{0j} = 0,6$).	188
Tabela 2.4 – Combinação Quase Permanente – Coeficiente de Ponderação. ($\psi_{2j} = 0,3$).	189
Tabela 2.5 – Combinações Frequentes – Coeficiente de Ponderação ($\psi_{2j} = 0,3$).	189
Tabela 2.6 – Combinações para Cargas nas Fundações.	189

Tabela 2.7 – Cálculo do Parâmetro α – Acesso A800.....	190
Tabela 2.8 – Armaduras Calculadas e Adotadas para as Rampas.	192
Tabela 2.9 – Armaduras Calculadas e Adotadas para os Patamares de Circulação.	194
Tabela 2.10 – Cálculo das Armaduras das Vigas do Eixo 6.....	195
Tabela 2.11 – Cálculo das Armaduras das Vigas do Eixo 5.....	197
Tabela 2.12 – Cálculo das armaduras das Vigas Faixa dos Eixos A e C.	198
Tabela 2.13 – Cálculo das armaduras das Vigas Faixa do Eixo 1.....	202
Tabela 2.14 – Cálculo das Armaduras das Vigas da Escada.....	203
Tabela 2.15 – Armaduras Calculadas e Adotadas para as Rampas.	206
Tabela 2.16 – Cálculo das Armaduras das Vigas da Escada.....	207
Tabela 2.17 – Dimensionamento dos Pilares P1=P2=P6=P7 - A800.....	210
Tabela 2.18 – Dimensionamento dos Pilares P3=P8 - A800.....	212
Tabela 2.19 – Dimensionamento dos Pilares P5 - A800.	214
Tabela 2.20 – Dimensionamento dos Pilares P4 - A800.	216
Tabela 2.21 – Dimensionamento dos Pilares P1=P2=P6=P7 – A640.	218
Tabela 2.22 – Dimensionamento dos Pilares P3=P8 – A640.....	220
Tabela 2.23 – Dimensionamento dos Pilares P5 – A640.	222
Tabela 2.24 – Dimensionamento dos Pilares P4 – A640.	224
Tabela 2.25 – Dimensionamento dos Pilares P1=P2=P6=P7 – A480.	226
Tabela 2.26 – Dimensionamento dos Pilares P3=P8 – A480.....	228
Tabela 2.27 – Dimensionamento dos Pilares P5 – A480.	230
Tabela 2.28 – Dimensionamento dos Pilares P4 – A480.	232
Tabela 2.29 – Verificação das Rampas ao ELS-W.....	235
Tabela 2.30 – Verificação dos Patamares de Circulação ao ELS-W.....	236
Tabela 2.31 – Verificação das Vigas do Eixo 6.	237
Tabela 2.32 – Verificação das Vigas do Eixo 5.	237
Tabela 2.33 – Verificação das Vigas Faixa dos Eixos A e C.	238
Tabela 2.34 – Verificação das Vigas Faixa do Eixo 1.....	239
Tabela 2.35 – Verificação das Vigas da Escada.	240
Tabela 2.36 – Verificação das Escadas ao ELS-W.	242
Tabela 2.37 – Verificação da Viga Console.....	243
Tabela 3.1 – Modos e Frequências de Vibração da Passarela Metálica.	256

SUMÁRIO – VOLUME 02

1	DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS.....	1
1.1	CRITÉRIOS DE CÁLCULO	1
1.2	MATERIAS UTILIZADOS	1
1.3	MODELO NUMÉRICO.....	2
1.4	AÇÕES NA ESTRUTURA	5
1.4.1	Peso Próprio (PP)	5
1.4.2	Carga Móvel (CM).....	5
1.4.3	Forças devido ao Vento (VY+, VY-)	5
1.4.4	Carga Excepcional (CE).....	9
1.4.5	Temperatura (T)	10
1.5	COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTO	11
1.6	VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO – MODELO I	13
1.6.1	Verificação dos Perfis	13
1.6.2	Verificação das Conexões.....	28
1.7	VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO – MODELO II	67
1.7.1	Verificação dos Perfis	67
1.7.2	Verificação das Conexões.....	81
1.8	VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO – MODELO III	120
1.8.1	Verificação dos Perfis	120
1.8.2	Verificação das Conexões.....	135
1.9	VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO – MODELO I.....	174
1.10	VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO – MODELO II.....	175
1.11	VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO – MODELO III.....	176
2	DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	177
2.1	CRITÉRIOS DE CÁLCULO	177
2.2	MATERIAS E COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO	177
2.3	MODELO NUMÉRICO.....	178
2.3.1	Modelo SAP 2000	178
2.3.2	Convenção de sinais	182
2.4	AÇÕES NA ESTRUTURA	183
2.4.1	Peso Próprio (PP)	183
2.4.2	Carga Móvel (CM).....	183
2.4.3	Forças devido ao Vento	185
2.4.4	Reações da Passarela	186
2.5	COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTO	188

2.6	EFEITOS GLOBAIS DE SEGUNDA ORDEM	190
2.7	VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO.....	191
2.7.1	Dimensionamento das Rampas	191
2.7.2	Dimensionamento das Vigas do Eixo 6.....	195
2.7.3	Dimensionamento das Vigas do Eixo 5.....	196
2.7.4	Dimensionamento das Vigas Faixa dos Eixos A e C	197
2.7.5	Dimensionamento das Vigas Faixa do Eixo 01 (Patamar da Escada).....	201
2.7.6	Dimensionamento da Viga da Escada	203
2.7.7	Dimensionamento das Escadas.....	205
2.7.8	Dimensionamento da Viga Console	206
2.7.9	Dimensionamento dos Pilares.....	210
2.8	VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO – ELS-W.....	234
2.8.1	Verificação das Rampas	234
2.8.2	Verificação das Vigas do Eixo 6.....	236
2.8.3	Verificação das Vigas do Eixo 5.....	237
2.8.4	Verificação das Vigas Faixa dos Eixos A e C.....	238
2.8.5	Verificação das Vigas Faixa do Eixo 01 (Patamar da Escada)	238
2.8.6	Verificação da Viga da Escada	240
2.8.7	Verificação das Escadas.....	241
2.8.8	Verificação da Viga Console	242
2.9	VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO - ELS-DEF	244
2.10	DIMENSIONAMENTO DO PILAR CENTRAL.....	247
2.10.1	Carregamentos	249
2.10.2	Dimensionamento da armadura dos pilares.....	250
2.10.3	Dimensionamento da armadura dos consolos	254
3	ANÁLISE DINÂMICA.....	256
4	ATESTADOS DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA	257
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	259

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 1 de 259

1 DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

1.1 CRITÉRIOS DE CÁLCULO

As hipóteses de cálculo seguem as prescrições da NBR 8800:2008. O comportamento global da estrutura é considerado linear elástico para fins de obtenção dos esforços solicitantes internos e deslocamentos. A Classe de Agressividade adotada é a III (CAIII), pois abrange a maioria das regiões de implantação da passarela no país.

Em virtude da variação de comprimento das passarelas tipo e, conseqüentemente, a variação da magnitude dos esforços, foram elaborados 3 modelos estruturais: **Modelo I**, com 35 metros de comprimento; **Modelo II**, com 25 metros de comprimento; e o **Modelo III** com 15 metros de comprimento. Os perfis e conexões verificados no Modelo I serão utilizados nas passarelas PL35 e PL30. Os perfis e conexões verificados no Modelo II serão utilizados nas passarelas PL25 e PL20. E, finalmente, os elementos dimensionados a partir do Modelo III serão utilizados na passarela PL15. Essa estratégia também visa a otimização dos perfis metálicos, contribuindo para a economicidade do projeto.

1.2 MATERIAS UTILIZADOS

A Tabela 1.1 resume os materiais e respectivas propriedades.

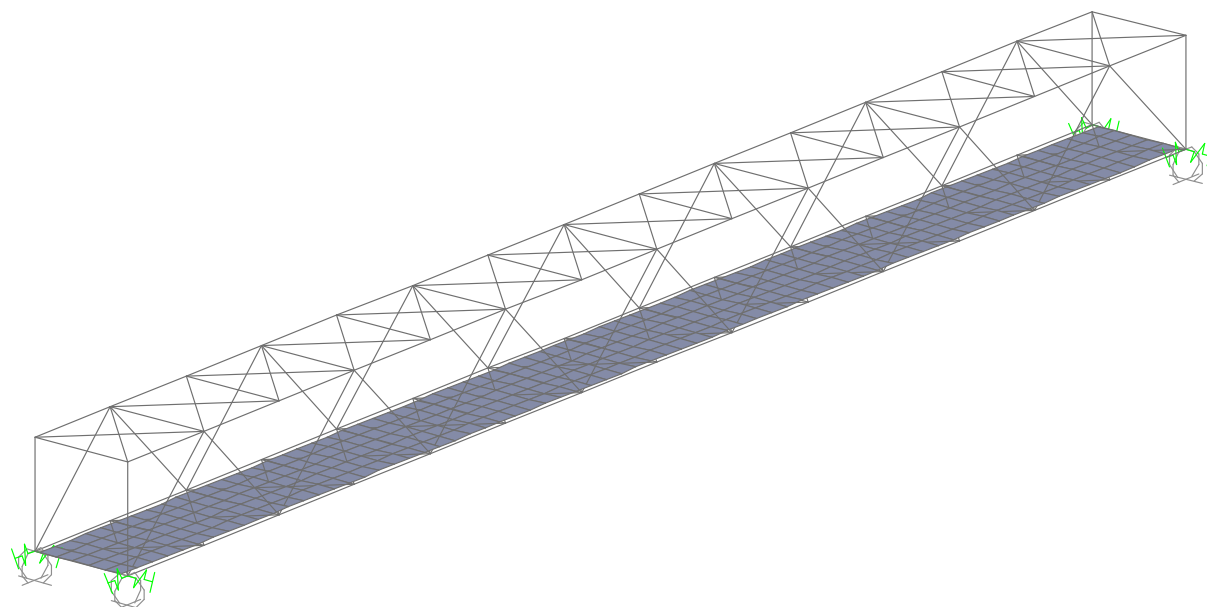
Tabela 1.1 – Propriedades dos Materiais.

Material	Propriedades	Coeficientes
Perfis Metálicos	- Aço ATSM A572 Grau 50 $f_y = 345 \text{ MPa}$ $f_u = 450 \text{ MPa}$	$\gamma_{a1} = 1,1$ $\gamma_{a2} = 1,35$
Chapas gusset	- Aço ATSM A572 Grau 50 $f_y = 345 \text{ MPa}$ $f_u = 450 \text{ MPa}$	
Parafusos	- ASTM A325M $f_y = 560 \text{ a } 635 \text{ MPa}$ $f_u = 725 \text{ a } 825 \text{ MPa}$	
Soldas	- E70XX $f_w = 485 \text{ MPa}$	$\gamma_{w2} = 1,35$

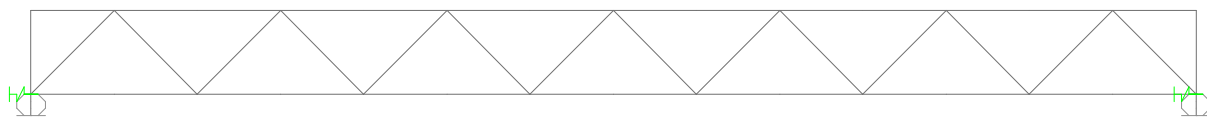
	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 2 de 259

1.3 MODELO NUMÉRICO

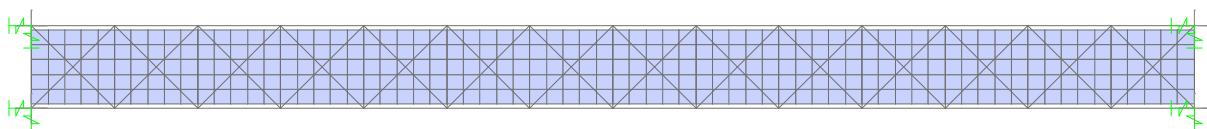
Para a determinação dos esforços internos e deslocamentos da estrutura foi elaborado um modelo estrutural segundo o Método dos Elementos Finitos (MEF) utilizando-se o programa SAP2000. Os perfis metálicos são representados por elementos de pórtico tridimensional (elemento *frame* do SAP2000) e a laje é representada por elementos de casca (elemento *thin shell* do SAP2000). A conexão da laje com a treliça espacial é feita exclusivamente pelos perfis transversais, ou seja, os contraventamentos não recebem carga da laje, conforme concepção adotada para a estrutura. A rotação nas extremidades das barras não foi liberada para se representar a configuração dos nós da estrutura. A Figura 1-1 ilustra o Modelo I.



(a) Vista Isométrica.



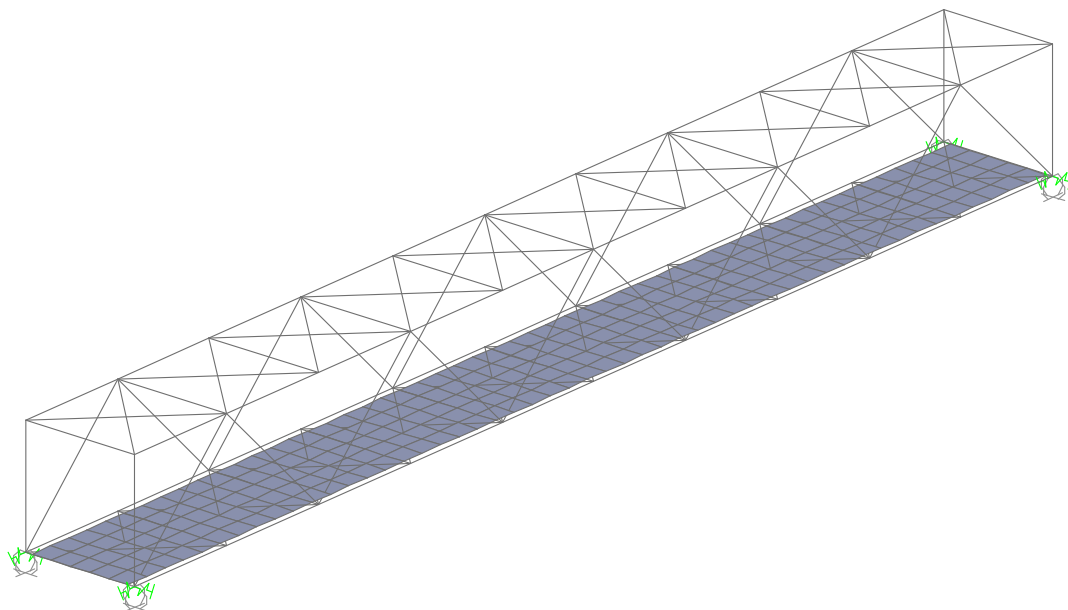
(b) Vista em Elevação.



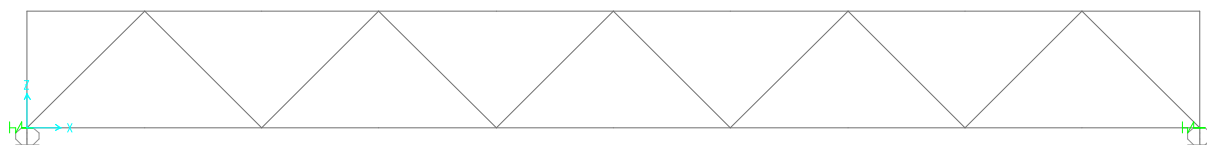
(c) Planta Superior

Figura 1-1 – Modelo I – 35 metros.

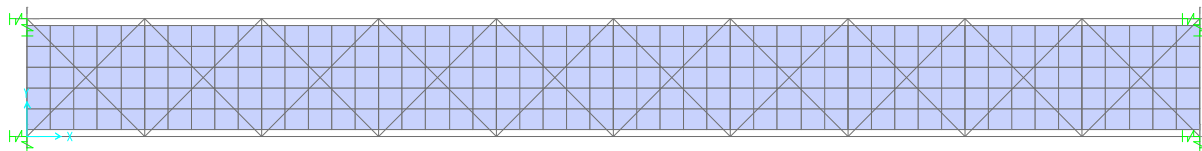
Na Figura 1-2 é mostrado o Modelo II.



(a) Vista Isométrica.



(b) Vista em Elevação.

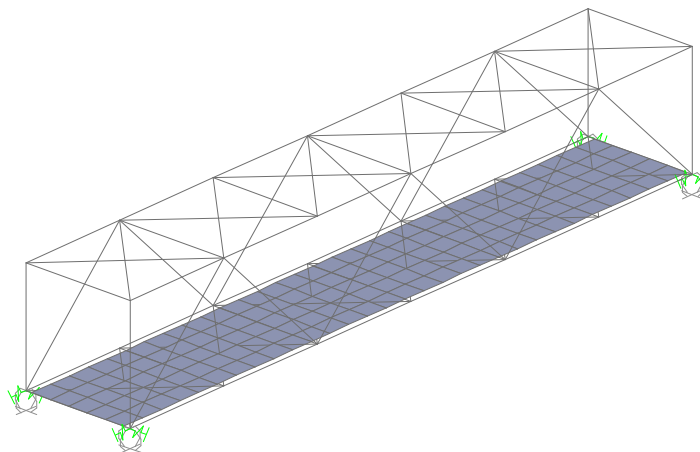


(c) Planta Superior

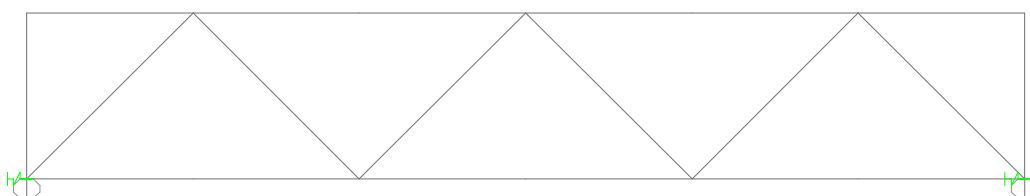
Figura 1-2 – Modelo II – 25 metros.

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 4 de 259

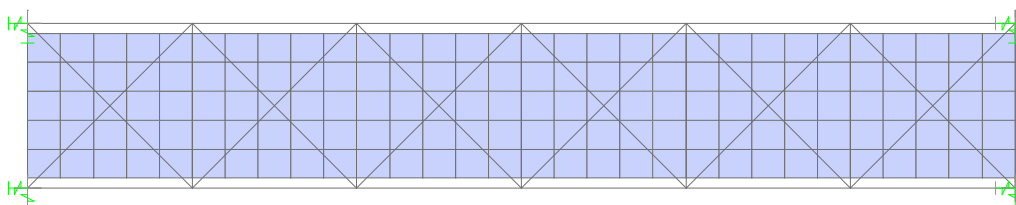
E, finalmente, o Modelo III é ilustrado a seguir, na Figura 1-3.



(a) Vista Isométrica.



(b) Vista em Elevação.



(c) Planta Superior

Figura 1-3 – Modelo III -15 metros.

O projeto das passarelas prevê a utilização de aparelhos de apoio em neoprene fretado. Esse tipo de aparelho de apoio apresenta flexibilidade lateral, o que propicia a absorção das deformações longitudinais devido ao efeito da temperatura. As condições de apoio da estrutura, no modelo estrutural, incorporam a presença do neoprene pela utilização de molas horizontais cuja rigidez é dada pela equação (1.1).

$$k = \frac{GA}{e} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 20}{4,8} = 833 \text{ kN/m} \quad (1.1)$$

Onde G é o módulo de elasticidade transversal do material, A é a área em planta e e é a espessura do aparelho de apoio.

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 5 de 259

1.4 AÇÕES NA ESTRUTURA

1.4.1 Peso Próprio (PP)

O peso próprio dos elementos estruturais é calculado automaticamente pelo programa SAP2000 a partir do peso específico dos materiais. O peso dos guarda-corpos é incluso nesse caso de carregamento.

1.4.2 Carga Móvel (CM)

Conforme Item 6.1 da ABNT NBR 7188:2013, a carga móvel atuante na passarela é 5 kN/m². O carregamento é aplicado diretamente nos elementos do piso. Como a estrutura é simplesmente apoiada, não é necessário fazer alternância de cargas para se determinar a posição crítica.

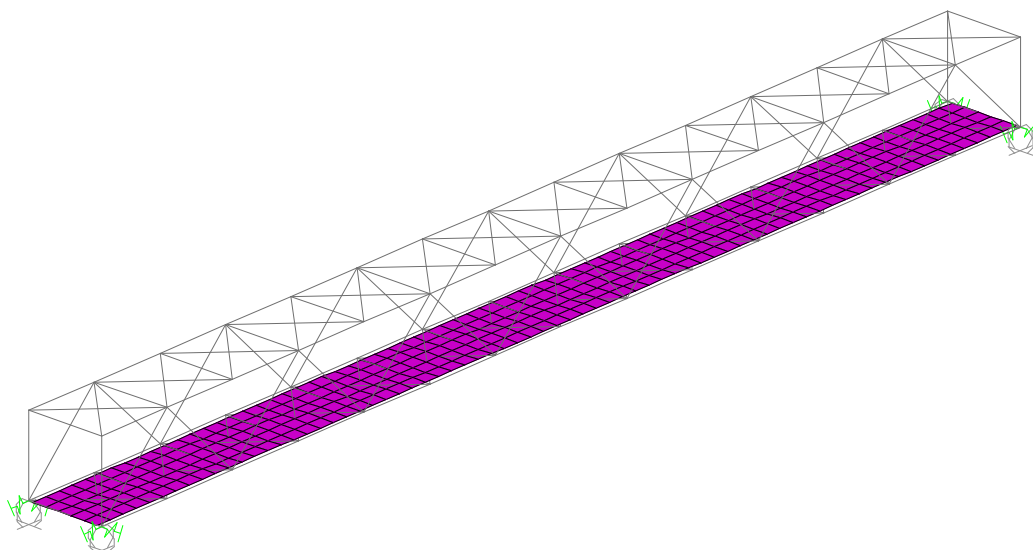


Figura 1-4 – Carga Móvel sobre a Laje.

1.4.3 Forças devido ao Vento (VY+, VY-)

O local preciso de implantação da passarela não é conhecido *a priori*, pois trata-se de um catálogo de aplicação geral. Como os parâmetros de cálculo de vento são dependentes das características da região onde a obra é locada, adota-se, neste trabalho, valores conservadores que representem casos típicos onde passarelas são usualmente implementadas. A força global do vento sobre a treliça é dada por:

$$F = C_f q A \quad (1.2)$$

Onde a C_f é o coeficiente de força e A é a área de referência. O coeficiente de força adotado neste projeto é igual a 2. A pressão dinâmica, q , é calculada conforme equação (1.3).

$$q = 0,613 V_k^2 \quad (1.3)$$

Onde V_k é dado por:

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3 \quad (1.4)$$

Para o fator topográfico adota-se $S_1 = 1,0$, considerando-se que o terreno da obra é plano ou fracamente acidentado. Para a determinação do fator S_2 , a obra é classificada como Categoria IV, Classe B e $z = 15$ metros. Dessa forma, de acordo com a Tabela 2 da NBR 6123:1988, tem-se $S_2 = 0,88$. Como o colapso da estrutura pode afetar a segurança ou a possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva, adota-se $S_3 = 1,1$. Finalmente, para o parâmetro V_0 , a velocidade básica do vento, toma-se o valor mais conservador do gráfico de isopletas (Figura 1-5), ou seja, 50 m/s.

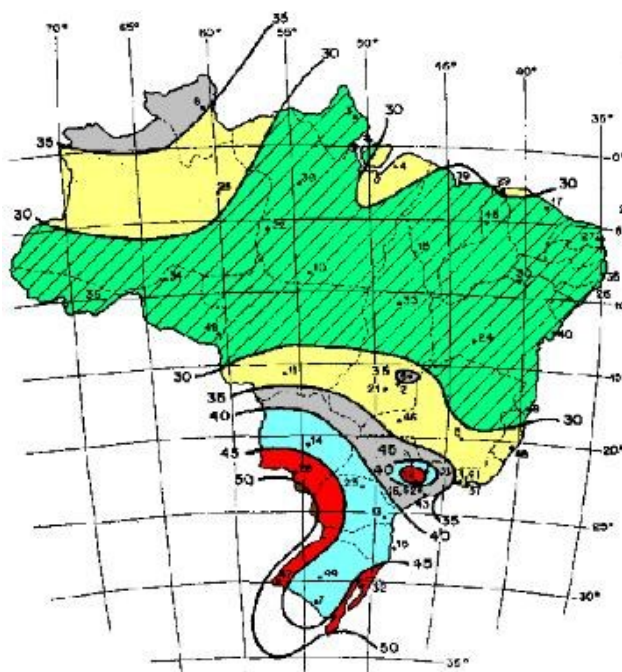


Figura 1-5 – Isopletas do Brasil.

Dessa forma, a velocidade característica do vento é:

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3 = 48,4 \text{ m/s} \quad (1.5)$$

E a correspondente pressão dinâmica resulta em:

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 7 de 259

$$q = 0,613 V_k^2 = 0,613(48,4^2) = 1436 \frac{N}{m^2} = 1,44 \frac{kN}{m^2} \quad (1.6)$$

A força do vento é aplicada no modelo estrutural diretamente nos nós da treliça. Calcula-se a área de influência de cada nó e, a partir da equação (1.2), determina-se a força atuante em cada nó exposto ao vento. A área de influência nodal é a região delimitada pelos segmentos de reta que ligam o baricentro dos triângulos, definidos pelas diagonais do perfis e o eixo vertical, e a mediana dos lados destes, conforme mostra a Figura 1-6. Pela simetria da estrutura, é apenas necessário calcular a força para dois nós, um inferior e outro superior. O nó que é contíguo à duas áreas recebe o dobro da força. Considera-se que toda a lateral da estrutura seja sujeita à pressão do vento, pois pode estar completamente carregada por pedestres ou tamponada temporariamente por alguma faixa, material de construção, placas etc.

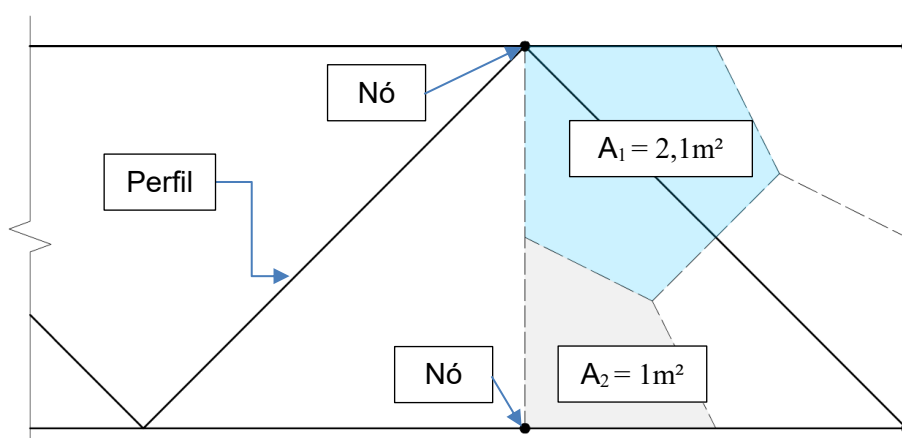


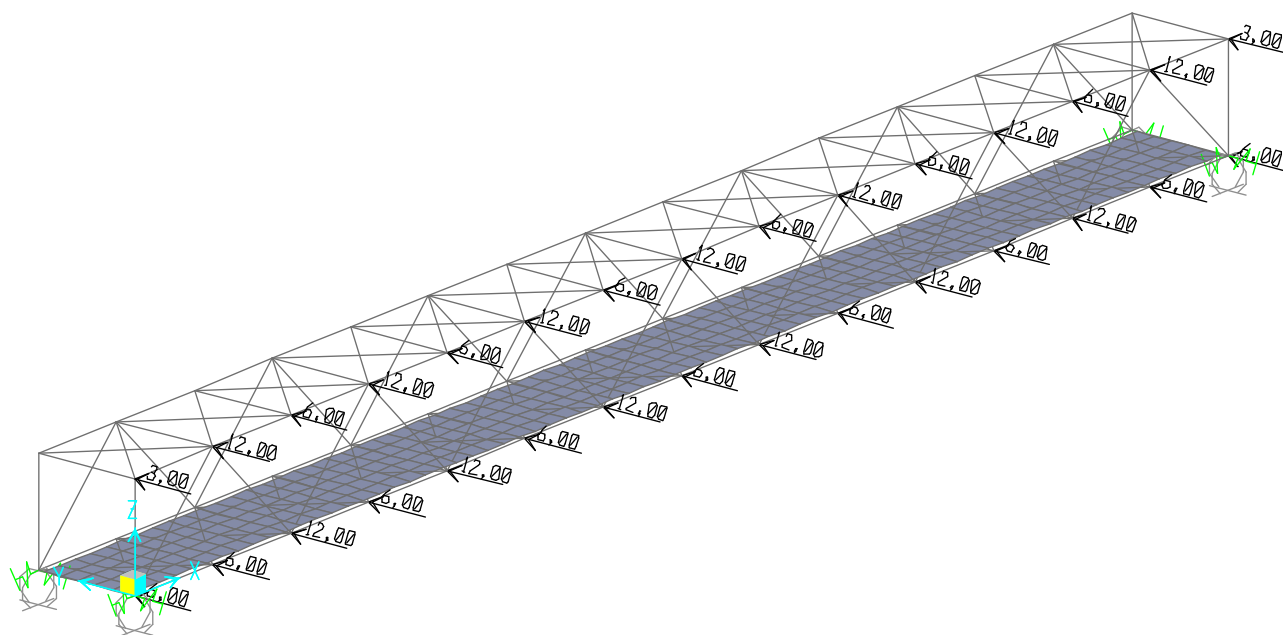
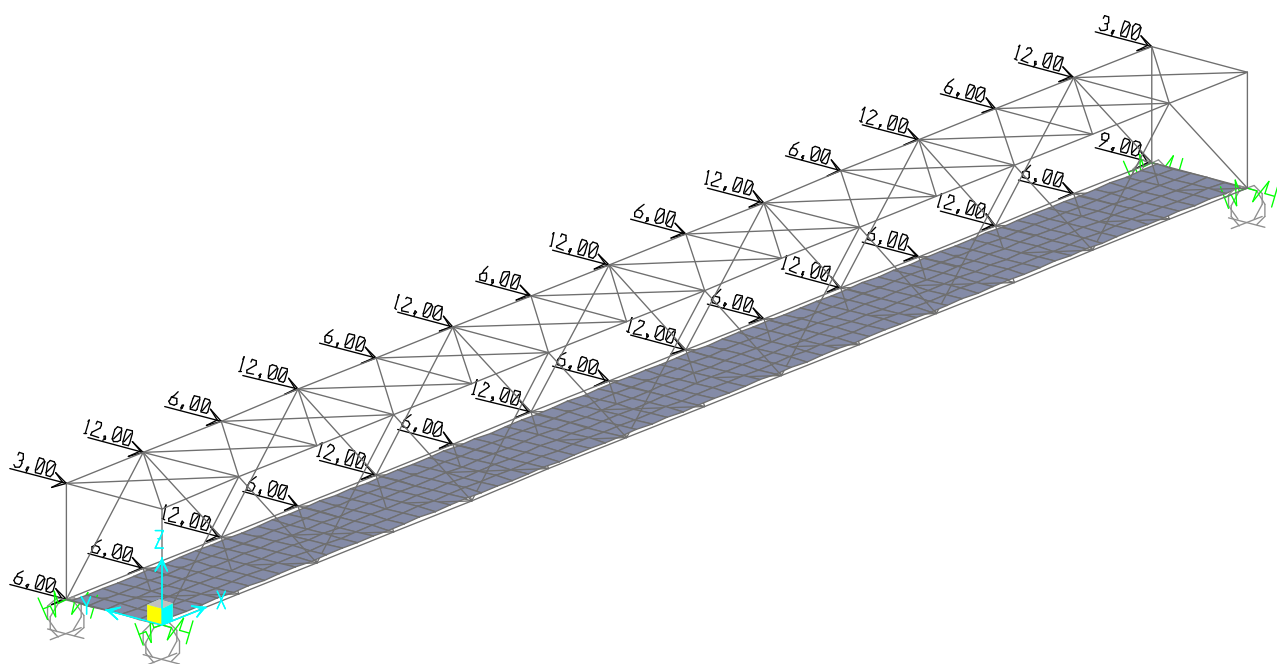
Figura 1-6 –Vista em Elevação de um Módulo no Extremo da Passarela.

A partir da equação (1.2), temos as forças atuantes nos nós 1 e 2:

$$F_1 = C_f q A_1 = 2 \cdot 1,44 \cdot 2,1 = 6 \text{ kN} \quad (1.7)$$

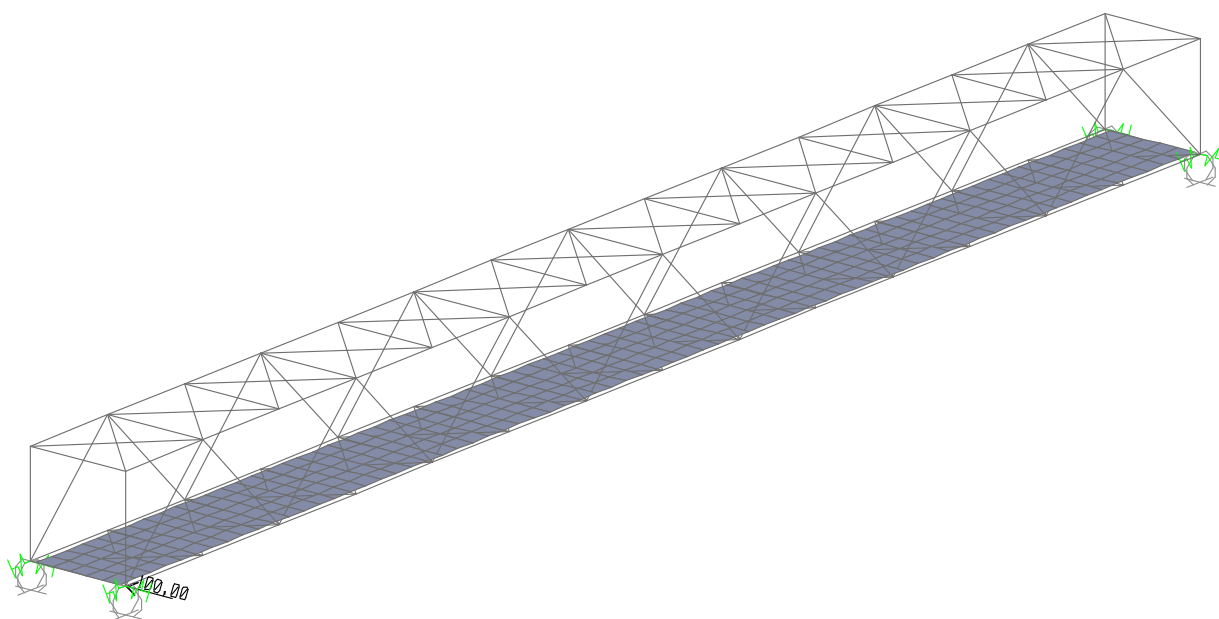
$$F_2 = C_f q A_2 = 2 \cdot 1,44 \cdot 1 = 3 \text{ kN}$$

As cargas aplicadas no modelo estrutural são mostradas na Figura 1-7, na direção +Y, e na Figura 1-8, na direção -Y. As Figuras mostram somente o Modelo I, porém as cargas foram aplicadas da mesma forma nos Modelos II e III.

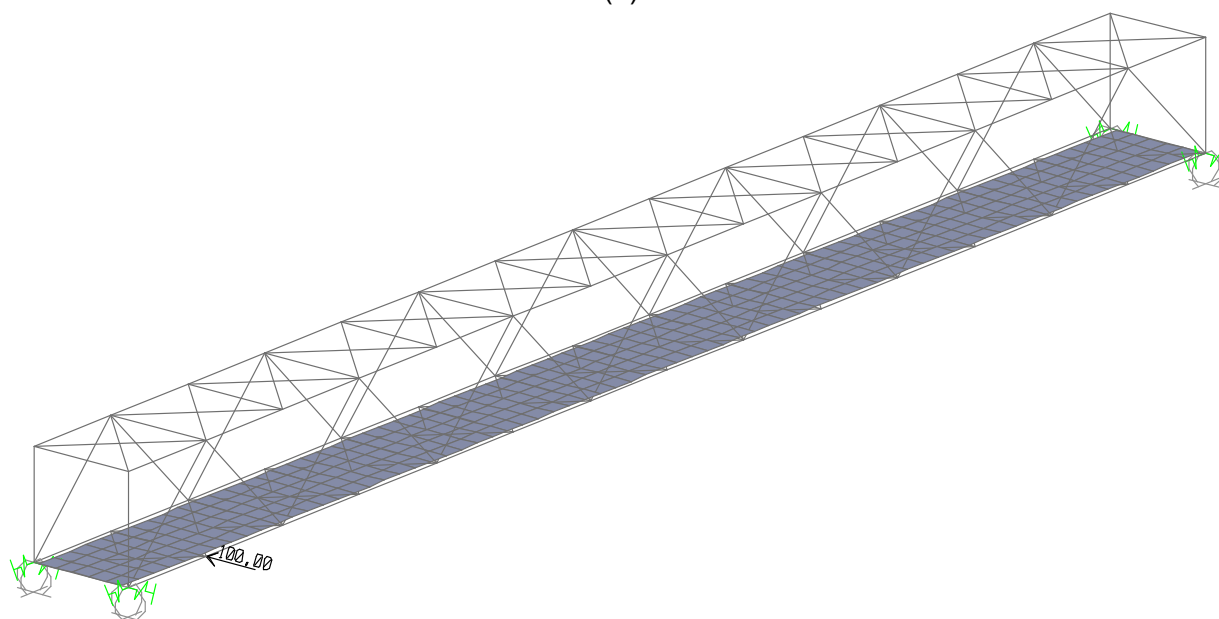

 Figura 1-7 – Carga de Vento (**VY+**) Aplicada no Modelo Estrutural.

 Figura 1-8 – Carga de Vento (**VY-**) Aplicada no Modelo Estrutural.

1.4.4 Carga Excepcional (CE)

Em consonância com o Item 6.2 da NBR 7188:2013, dever ser considerada uma carga pontual de 100 kN na direção do tráfego sob a passarela. Como não se sabe *a priori*, a posição crítica de atuação da carga, esta foi aplicada em cada nó do banzo inferior da treliça. Alguns casos são apresentados na Figura 1-9. O carregamento foi aplicado em ambos sentidos do tráfego.

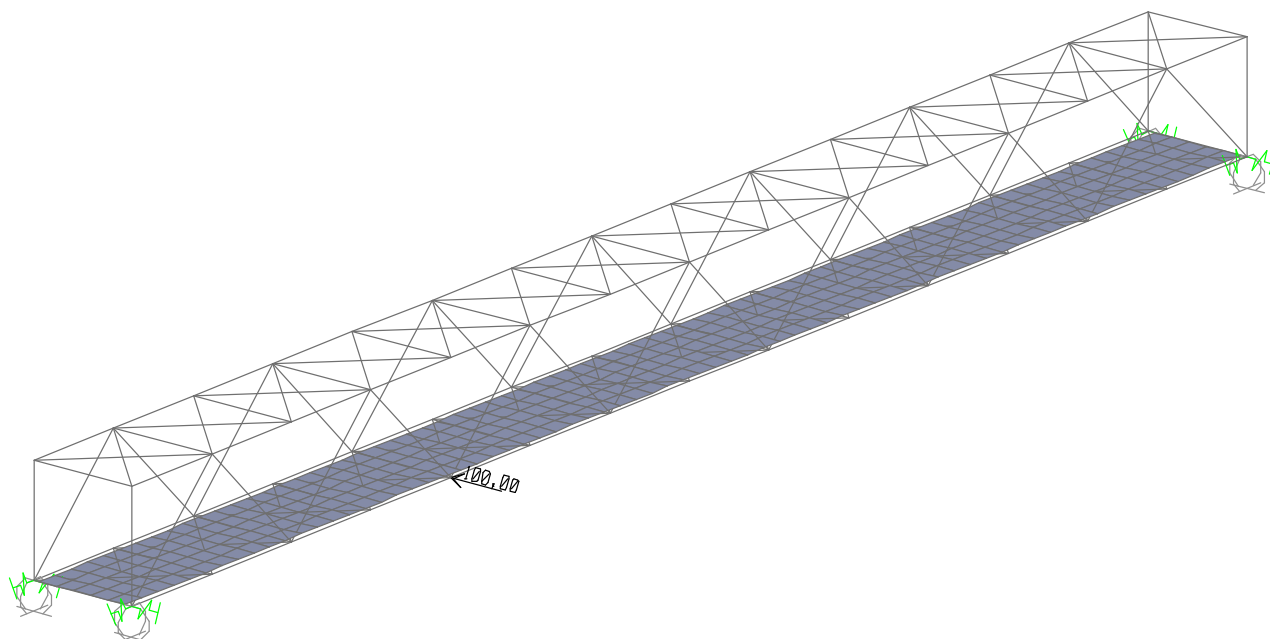


(a)



(b)

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 10 de 259



(c)

Figura 1-9 – Alguns Casos da Carga Excepcional (CE).

1.4.5 Temperatura (T)

Os efeitos de temperatura foram aplicados para de maneira uniforme nos elementos estruturais considerando $\Delta T = 15^\circ$. Como a estrutura não está rigidamente restringida nos apoios, os esforços devido à variação de temperatura não apresentam valores significativos. O caso, no entanto, é mantido neste documento para a verificação da deformação longitudinal nos aparelhos de apoio.

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 11 de 259

1.5 COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTO

As combinações de carregamento últimas normais, utilizadas para o dimensionamento dos elementos estruturais, são definidas pela equação abaixo.

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left(F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot F_{Qj,k} \right) \quad (1.8)$$

Os coeficientes de ponderação para cada caso de carregamento são apresentados na Tabela 1.2. As ações permanentes diretas são agrupadas no caso **PP**.

Tabela 1.2 – Combinações Últimas Normais – Coeficiente de Ponderação. ($\psi_{0j} = 0,6$).

Comb.	PP	CM	VY+	VY-
ELU-1	1,35	1,5	0,84	0,0
ELU-2	1,35	1,5	0,0	0,84
ELU-3	1,35	0,9	1,4	0,0
ELU-4	1,35	0,9	0,0	1,4
ELU-5	1,35	1,5	0,0	0,0
ELU-6	1,35	0,0	1,4	0,0
ELU-7	1,35	0,0	0,0	1,4
ELU-8	1,35	0,0	0,0	0,0
ELU-9	1,0	1,5	0,84	0,0
ELU-10	1,0	1,5	0,0	0,84
ELU-11	1,0	0,9	1,4	0,0
ELU-12	1,0	0,9	0,0	1,4
ELU-13	1,0	1,5	0,0	0,0
ELU-14	1,0	0,0	1,4	0,0
ELU-15	1,0	0,0	0,0	1,4
ELU-16	1,0	0,0	0,0	0,0

As combinações últimas excepcionais são definidas pela fórmula a seguir.

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + F_{Q,exc} + \gamma_q \sum_{j=2}^n \psi_{0j,ef} \cdot F_{Qj,k} \quad (1.9)$$

Os coeficientes de ponderação para cada caso de carregamento são apresentados na Tabela 1.3. Para cada linha desta tabela deve-se considerar todas as posições i da carga excepcional que, pelo bem da brevidade, não são mostradas uma por uma. As ações permanentes diretas são agrupadas no caso **PP**.

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 12 de 259

Tabela 1.3 – Combinações Últimas Excepcionais – Coeficiente de Ponderação. ($\psi_{0j,ef} = 0,3$).

Comb.	PP	CM	CE _i
ELU-17	1,15	0,3	1,0
ELU-18	1,15	0,0	1,0

Para a verificação ao ELS-DEF, utiliza-se a combinação quase permanente de serviço, dada pela equação abaixo.

$$F_d = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot F_{Qj,k} \quad (1.10)$$

Os coeficientes de ponderação para cada caso de carregamento são apresentados na Tabela 2.4. Como $\psi_{2j} = 0$ para a pressão dinâmica devido ao vento, esses casos são suprimidos.

Tabela 1.4 – Combinação Quase Permanente – Coeficiente de Ponderação. ($\psi_{2j} = 0,3$).

Comb.	PP	CM
ELS-1	1,0	0,3

1.6 VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO – MODELO I

A verificação dos perfis metálicos quanto ao estado limite último segue as diretrizes preconizadas pela NBR 8800:2008 e demais normas complementares. São apresentados somente os casos críticos de dimensionamento.

1.6.1 Verificação dos Perfis

Bielas – As bielas são marcadas na Figura 1-10.

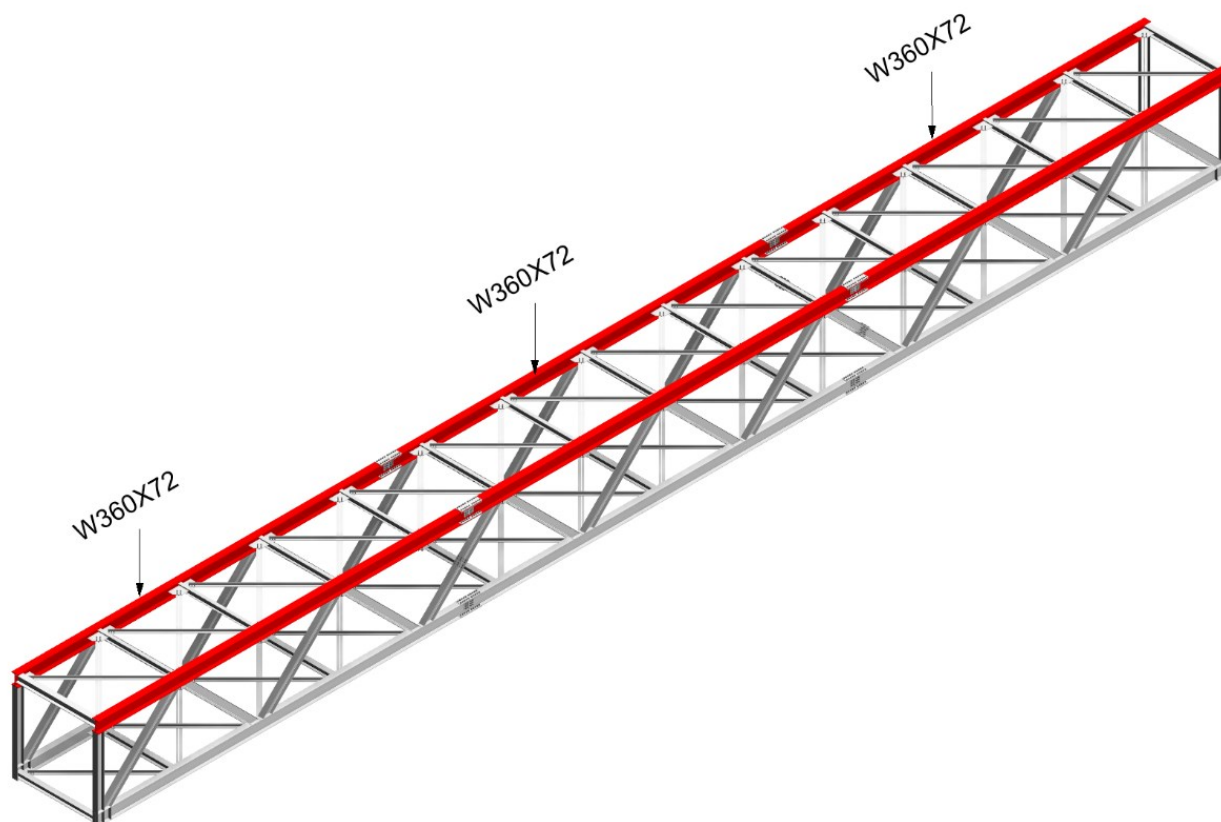
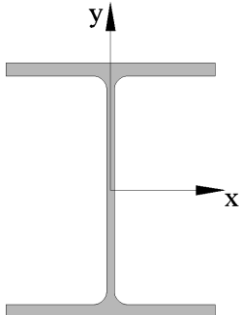


Figura 1-10 – Bielas do Modelo I.

Tabela 1.5 – Modelo I – Verificação das Bielas. Compressão Máxima.

Dados de Entrada		Verificações				
Caso de Compressão Máxima						
COMB ELU2						
Dados de Entrada						
Lx (mm)	5000					
Ly (mm)	2500					
N(kN)	-1327					
Vx(kN)	0,3					
Vy(kN)	3					
Mx(kN.cm)	2520					
My(kN.cm)	58					
kx	1					
ky	1					
d (mm)	2500					
Lb (mm)	2500					
Material						
ASTM A572GR50						
Fy (kN/cm²)	34,5					
Convenção de eixos locais:						
						
		1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Limite	Real	Status	%	25,8%
		200	34	OK	16,8%	λ_x
		200	52	OK	25,8%	λ_y
		2. Resistência à tração				
		Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		N.A	0	N.A	0,0%	1,1
		3. Resistência à Compressão				
		Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		2367	1327	OK	56,1%	1,1
		4. Resistência à Flexão eixo X-X				
		Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}
		38908	2520	OK	6,5%	1,1
		5. Resistência à Flexão eixo Y-Y				
		Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}
		6580	58	OK	0,9%	1,1
		6. Resistência ao esforço cortante eixo X				
		Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		1159	0,3	OK	0,0%	1,1
		7. Resistência ao esforço cortante eixo Y				
		Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		566	3	OK	0,5%	1,1
		8. Resistência aos esforços Combinados				
		Nsd/Nrd		0,561		
		Combinação	Limite	Resultado	Cálculo	
		N.Mx.My	100%	OK	62,6%	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 15 de 259

Tirantes – Os tirantes são marcados na Figura 1-11.

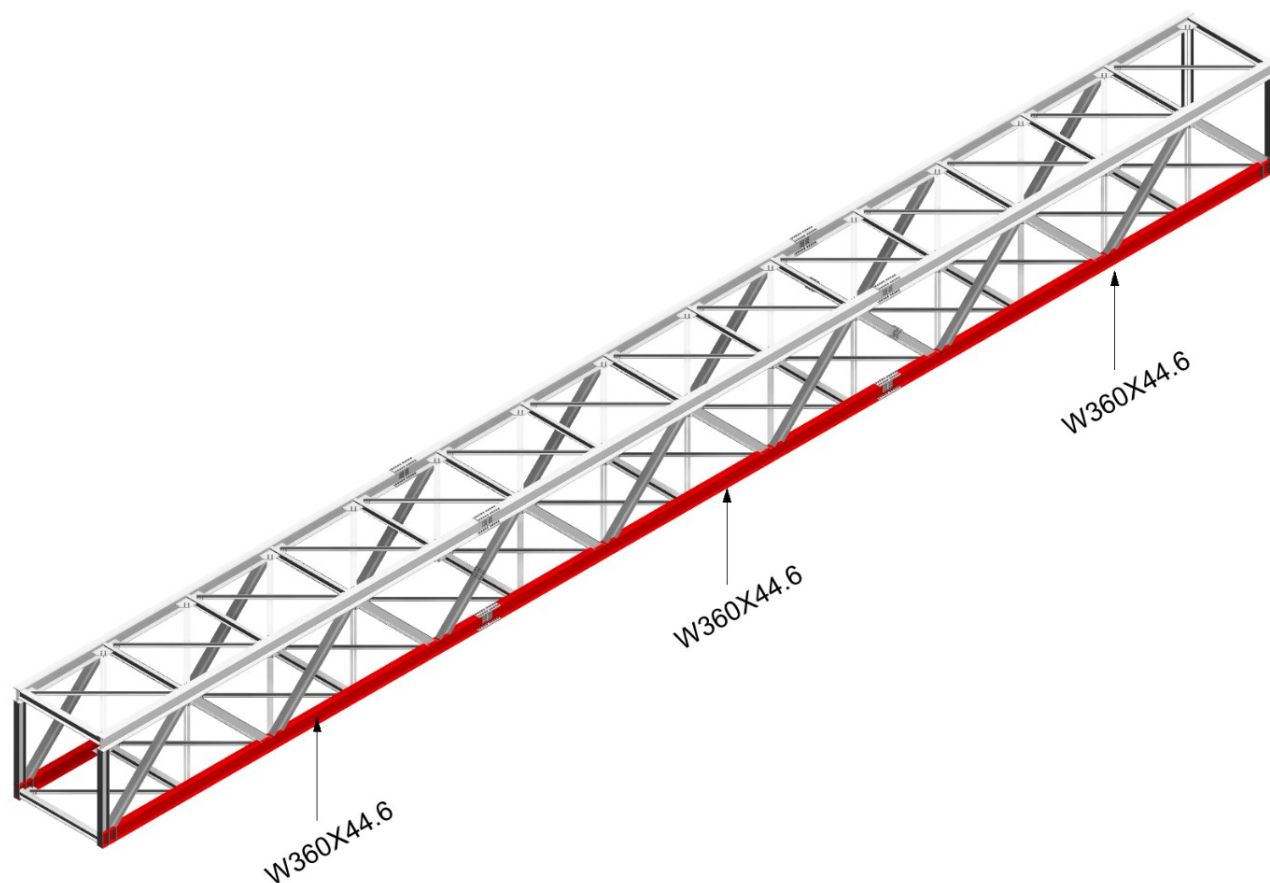
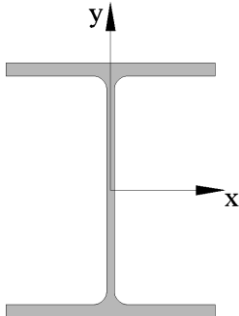


Figura 1-11 – Tirantes do Modelo I.

Tabela 1.6 – Modelo I – Verificação dos Tirantes. Tração Máxima.

Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Tração Máxima: COMB ELU2 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>5000</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>1295</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>17</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>3903</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>25</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	5000	Ly (mm)	2500	N(kN)	1295	Vx(kN)	0	Vy(kN)	17	Mx(kN.cm)	3903	My(kN.cm)	25	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	5000																																	
		Ly (mm)	2500																																	
		N(kN)	1295																																	
Vx(kN)	0																																			
Vy(kN)	17																																			
Mx(kN.cm)	3903																																			
My(kN.cm)	25																																			
kx	1																																			
ky	1																																			
d (mm)	2500																																			
Lb (mm)	2500																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%	22,1%																																
300	34	OK	11,4%	λ_x																																
300	66	OK	22,1%	λ_y																																
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
1810	1295	OK	71,6%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
21845	3903	OK	17,9%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
3002	25	OK	0,8%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
631	0	N.A	0,0%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
457	17	OK	3,7%	1,1																																
8. Resistência ao esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,716																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	88,2%																																	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 17 de 259

Diagonais – As diagonais são marcadas na Figura 1-12.

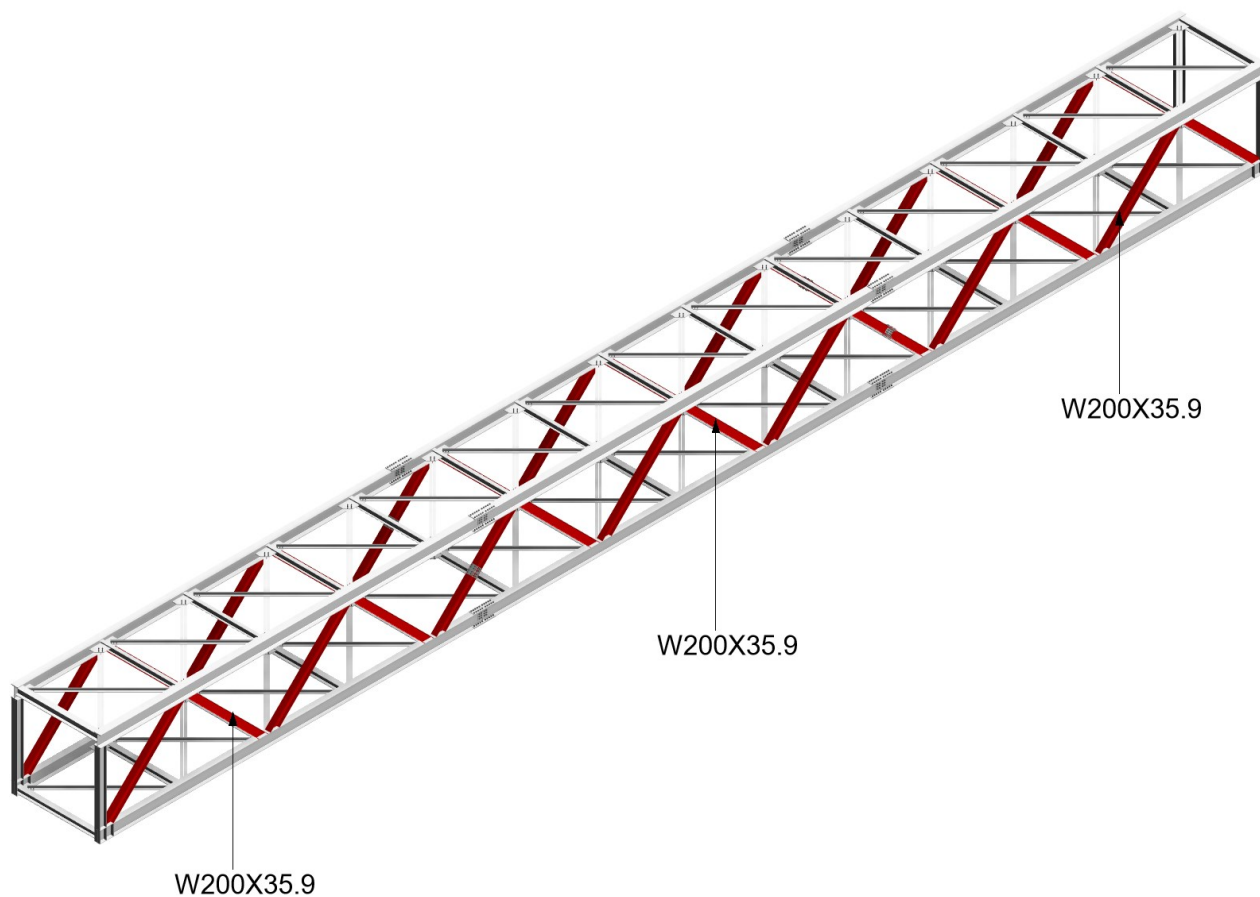


Figura 1-12 – Diagonais do Modelo I.

Tabela 1.7 – Modelo I – Verificação das Diagonais. Tração Máxima.

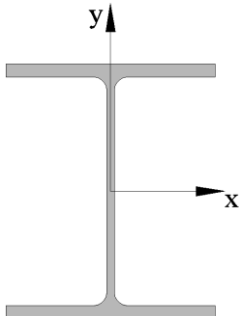
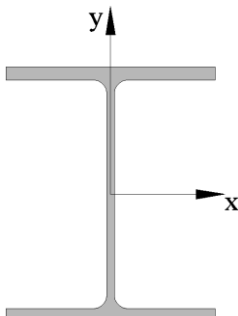
Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Tração Máxima: COMB ELU2 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>428</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>4</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>2</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>516</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>538</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	3535	Ly (mm)	3535	N(kN)	428	Vx(kN)	4	Vy(kN)	2	Mx(kN.cm)	516	My(kN.cm)	538	kx	1	ky	1	d (mm)	3535	Lb (mm)	3535	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	3535																																	
		Ly (mm)	3535																																	
		N(kN)	428																																	
		Vx(kN)	4																																	
		Vy(kN)	2																																	
		Mx(kN.cm)	516																																	
		My(kN.cm)	538																																	
		kx	1																																	
ky	1																																			
d (mm)	3535																																			
Lb (mm)	3535																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%	28,8%																																
300	41	OK	13,6%	λ_x																																
300	86	OK	28,8%	λ_y																																
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
1433	428	OK	29,9%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
10022	516	OK	5,1%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
3821	538	OK	14,1%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
633	4	OK	0,6%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
235	2	OK	0,9%	1,1																																
8. Resistência aos esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,299																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	47,0%																																	

Tabela 1.8 – Modelo I – Verificação das Diagonais. Compressão Máxima.

Dados de Entrada		Verificações																																
Caso de Compressão Máxima: COMB ELU2		1. Verificação da Esbeltez do perfil																																
		Limite	Real	Status	%	43,2%																												
Dados de Entrada <table><tr><td>Lx (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-436</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>4</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>3</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>577</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>678</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Lx (mm)	3535	Ly (mm)	3535	N(kN)	-436	Vx(kN)	4	Vy(kN)	3	Mx(kN.cm)	577	My(kN.cm)	678	kx	1	ky	1	d (mm)	3535	Lb (mm)	3535	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	200	41	OK	20,4%	λ_x
		Lx (mm)	3535																															
		Ly (mm)	3535																															
		N(kN)	-436																															
		Vx(kN)	4																															
		Vy(kN)	3																															
		Mx(kN.cm)	577																															
		My(kN.cm)	678																															
		kx	1																															
		ky	1																															
		d (mm)	3535																															
		Lb (mm)	3535																															
Material																																		
ASTM A572GR50																																		
Fy (kN/cm²)	34,5																																	
200	86	OK	43,2%	λ_y																														
2. Resistência à tração																																		
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																														
3. Resistência à Compressão																																		
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
841	436	OK	51,9%	1,1																														
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																		
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																														
10022	577	OK	5,8%	1,1																														
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																		
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																														
3821	678	OK	17,7%	1,1																														
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																		
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
633	4	OK	0,6%	1,1																														
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																		
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
235	3	OK	1,3%	1,1																														
8. Resistência ao esforços Combinados																																		
Nsd/Nrd		0,519																																
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																															
N.Mx.My	100%	OK	72,7%																															

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 20 de 259

Apoio do SteelDeck – Os perfis de apoio da laje steeldeck são marcadas na Figura 1-13.

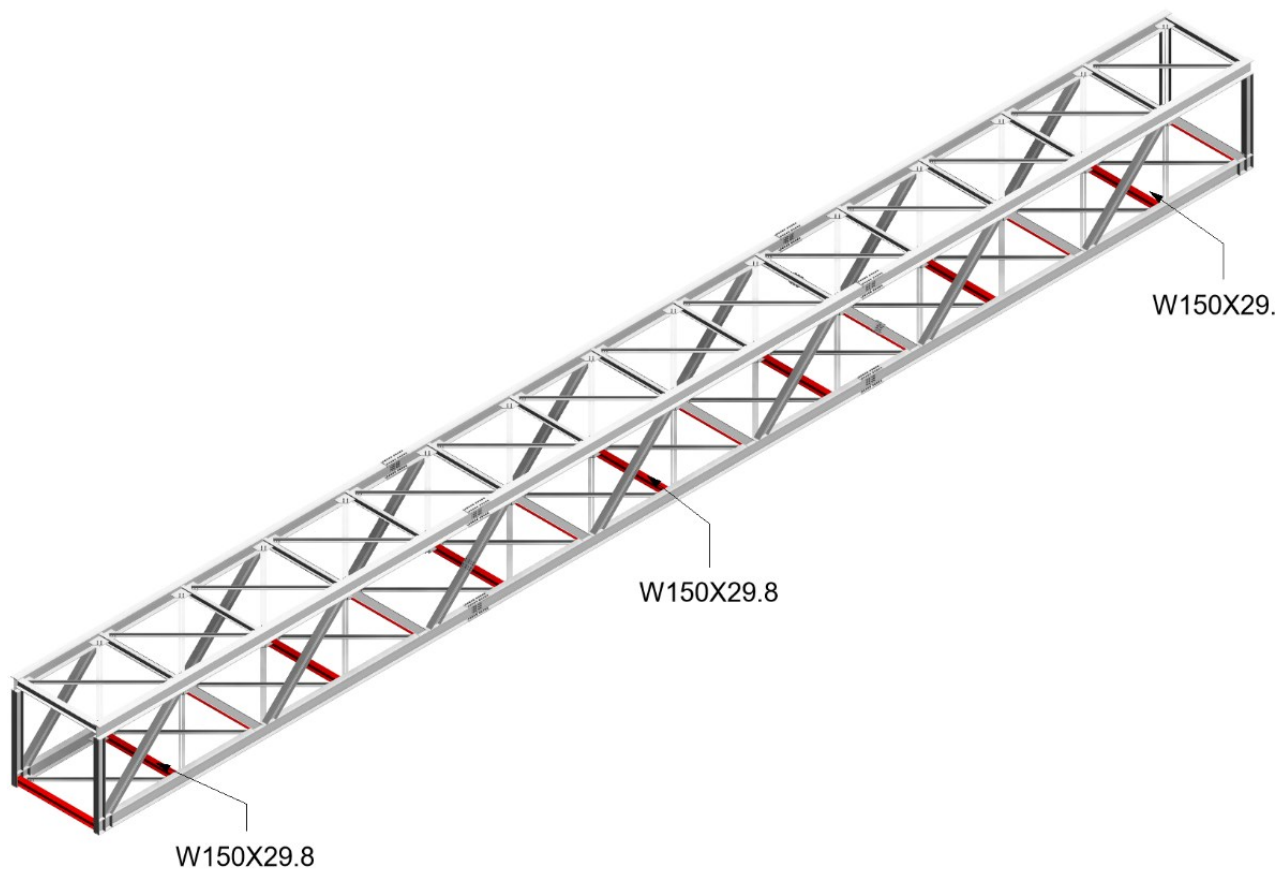
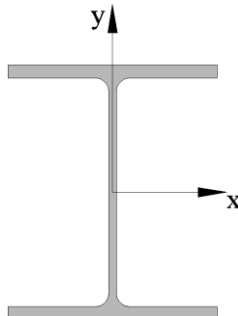


Figura 1-13 – Apoio do Steeldeck do Modelo I.

Tabela 1.9 – Modelo I – Verificação do Apoio do Steeldeck. Momento X Máximo.

Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Momento Máximo: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-32</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>5</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>63</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>4565</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>415</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	-32	Vx(kN)	5	Vy(kN)	63	Mx(kN.cm)	4565	My(kN.cm)	415	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	2500																																	
		Ly (mm)	2500																																	
N(kN)	-32																																			
Vx(kN)	5																																			
Vy(kN)	63																																			
Mx(kN.cm)	4565																																			
My(kN.cm)	415																																			
kx	1																																			
ky	1																																			
d (mm)	2500																																			
Lb (mm)	2500																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%	32,9%																																
200	37	OK	18,6%	λ_x																																
200	66	OK	32,9%	λ_y																																
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
887	32	OK	3,6%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
7226	4565	OK	63,2%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
3416	415	OK	12,2%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
536	5	OK	0,9%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
195	63	OK	32,3%	1,1																																
8. Resistência aos esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,036																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	77,1%																																	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 22 de 259

Montantes – Os montantes são marcados na Figura 1-14.

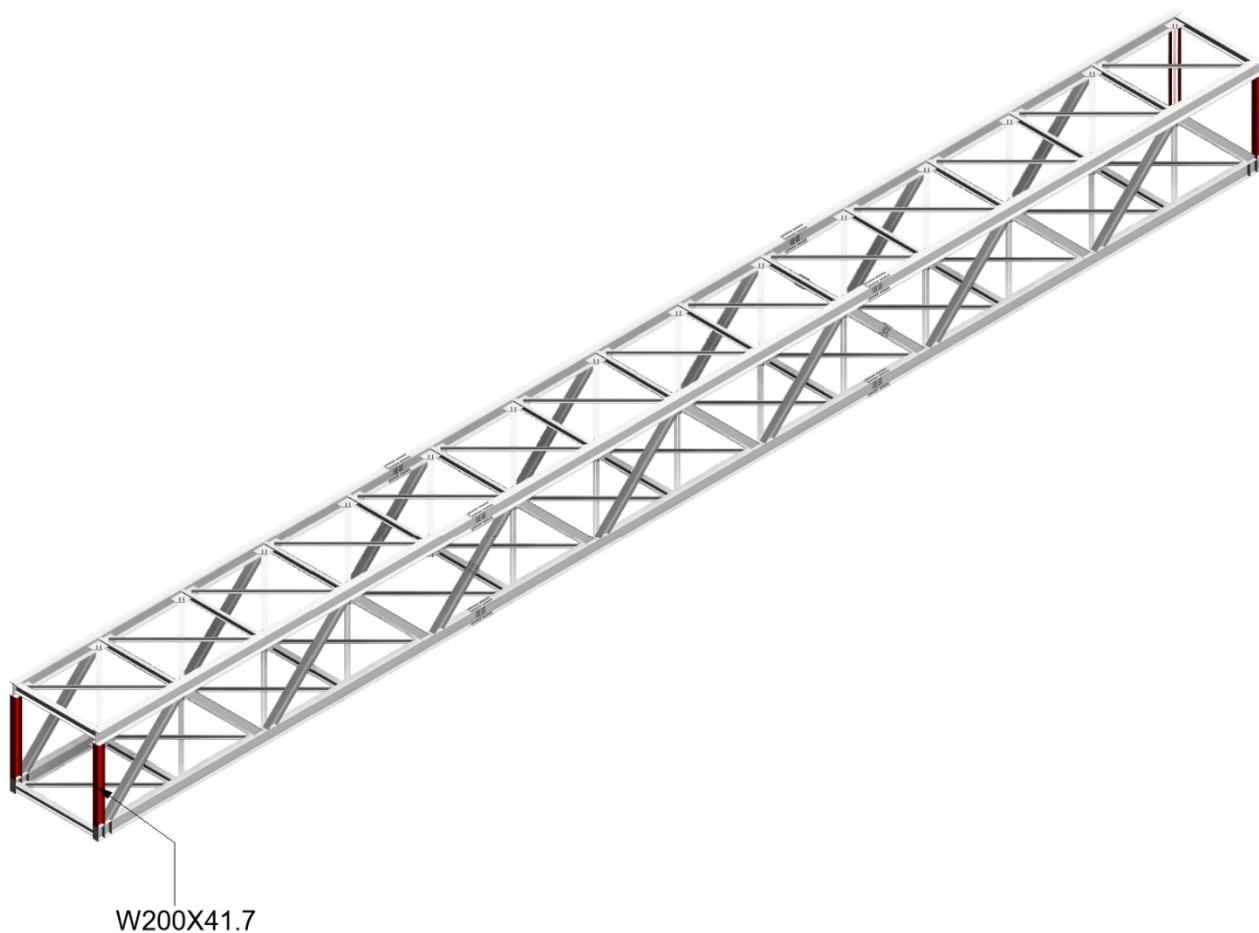


Figura 1-14 – Montantes do Modelo I.

Tabela 1.10 – Modelo I – Verificação dos Montantes. Compressão Máxima.

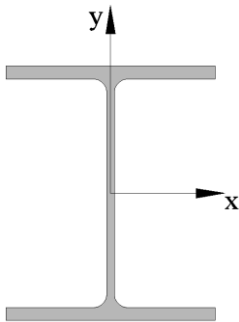
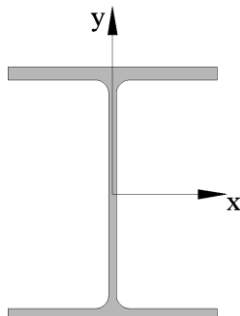
Dados de Entrada		Verificações																																																																																																																					
Caso de Compressão Máxima: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-45</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>32</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>12</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>1512</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>3858</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	-45	Vx(kN)	32	Vy(kN)	12	Mx(kN.cm)	1512	My(kN.cm)	3858	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil <table><tr><td>Limite</td><td>Real</td><td>Status</td><td>%</td><td></td></tr><tr><td>200</td><td>29</td><td>OK</td><td>14,3%</td><td>λ_x</td></tr><tr><td>200</td><td>61</td><td>OK</td><td>30,5%</td><td>λ_y</td></tr></table> 30,5% 2. Resistência à tração <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>Coef. S</td></tr><tr><td>N.A</td><td>0</td><td>N.A</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 3. Resistência à Compressão <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>Coef. S</td></tr><tr><td>1288</td><td>45</td><td>OK</td><td>3,5%</td><td>1,1</td></tr></table> 4. Resistência à Flexão eixo X-X <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>Coef. S</td></tr><tr><td>13261</td><td>1512</td><td>OK</td><td>11,4%</td><td>1,1</td></tr></table> 5. Resistência à Flexão eixo Y-Y <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>Coef. S</td></tr><tr><td>5104</td><td>3858</td><td>OK</td><td>75,6%</td><td>1,1</td></tr></table> 6. Resistência ao esforço cortante eixo X <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>Coef. S</td></tr><tr><td>737</td><td>32</td><td>OK</td><td>4,3%</td><td>1,1</td></tr></table> 7. Resistência ao esforço cortante eixo Y <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>Coef. S</td></tr><tr><td>278</td><td>12</td><td>OK</td><td>4,3%</td><td>1,1</td></tr></table> 8. Resistência aos esforços Combinados Nsd/Nrd 0,035 <table><tr><td>Combinação</td><td>Limite</td><td>Resultado</td><td>Cálculo</td></tr><tr><td>N.Mx.My</td><td>100%</td><td>OK</td><td>88,7%</td></tr></table>					Limite	Real	Status	%		200	29	OK	14,3%	λ_x	200	61	OK	30,5%	λ_y	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S	N.A	0	N.A	0,0%	1,1	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S	1288	45	OK	3,5%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S	13261	1512	OK	11,4%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S	5104	3858	OK	75,6%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S	737	32	OK	4,3%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S	278	12	OK	4,3%	1,1	Combinação	Limite	Resultado	Cálculo	N.Mx.My	100%	OK	88,7%
		Dados de Entrada																																																																																																																					
		Lx (mm)	2500																																																																																																																				
		Ly (mm)	2500																																																																																																																				
		N(kN)	-45																																																																																																																				
Vx(kN)	32																																																																																																																						
Vy(kN)	12																																																																																																																						
Mx(kN.cm)	1512																																																																																																																						
My(kN.cm)	3858																																																																																																																						
kx	1																																																																																																																						
ky	1																																																																																																																						
d (mm)	2500																																																																																																																						
Lb (mm)	2500																																																																																																																						
Material																																																																																																																							
ASTM A572GR50																																																																																																																							
Fy (kN/cm²)	34,5																																																																																																																						
Limite	Real	Status	%																																																																																																																				
200	29	OK	14,3%	λ_x																																																																																																																			
200	61	OK	30,5%	λ_y																																																																																																																			
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S																																																																																																																			
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																																																																																																			
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S																																																																																																																			
1288	45	OK	3,5%	1,1																																																																																																																			
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S																																																																																																																			
13261	1512	OK	11,4%	1,1																																																																																																																			
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S																																																																																																																			
5104	3858	OK	75,6%	1,1																																																																																																																			
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S																																																																																																																			
737	32	OK	4,3%	1,1																																																																																																																			
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S																																																																																																																			
278	12	OK	4,3%	1,1																																																																																																																			
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																																																																																																				
N.Mx.My	100%	OK	88,7%																																																																																																																				

Tabela 1.11 – Modelo I – Verificação dos Montantes. Momento Y Máximo.

Dados de Entrada	Verificações																																																																																																																	
Caso de Momento Y Máximo: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-44</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>32</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>12</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>1285</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>3935</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 	Dados de Entrada		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	-44	Vx(kN)	32	Vy(kN)	12	Mx(kN.cm)	1285	My(kN.cm)	3935	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil <table><tr><td>Limite</td><td>Real</td><td>Status</td><td>%</td><td>30,5%</td></tr><tr><td>200</td><td>29</td><td>OK</td><td>14,3%</td><td>λ_x</td></tr><tr><td>200</td><td>61</td><td>OK</td><td>30,5%</td><td>λ_y</td></tr></table> 2. Resistência à tração <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>N.A</td><td>0</td><td>N.A</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 3. Resistência à Compressão <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>1288</td><td>44</td><td>OK</td><td>3,4%</td><td>1,1</td></tr></table> 4. Resistência à Flexão eixo X-X <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>13261</td><td>1285</td><td>OK</td><td>9,7%</td><td>1,1</td></tr></table> 5. Resistência à Flexão eixo Y-Y <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>5104</td><td>3935</td><td>OK</td><td>77,1%</td><td>1,1</td></tr></table> 6. Resistência ao esforço cortante eixo X <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>737</td><td>32</td><td>OK</td><td>4,3%</td><td>1,1</td></tr></table> 7. Resistência ao esforço cortante eixo Y <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>278</td><td>12</td><td>OK</td><td>4,3%</td><td>1,1</td></tr></table> 8. Resistência aos esforços Combinados Nsd/Nrd 0,034 <table><tr><td>Combinação</td><td>Limite</td><td>Resultado</td><td>Cálculo</td></tr><tr><td>N.Mx.My</td><td>100%</td><td>OK</td><td>88,5%</td></tr></table>	Limite	Real	Status	%	30,5%	200	29	OK	14,3%	λ_x	200	61	OK	30,5%	λ_y	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	N.A	0	N.A	0,0%	1,1	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	1288	44	OK	3,4%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	13261	1285	OK	9,7%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	5104	3935	OK	77,1%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	737	32	OK	4,3%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	278	12	OK	4,3%	1,1	Combinação	Limite	Resultado	Cálculo	N.Mx.My	100%	OK	88,5%
Dados de Entrada																																																																																																																		
Lx (mm)	2500																																																																																																																	
Ly (mm)	2500																																																																																																																	
N(kN)	-44																																																																																																																	
Vx(kN)	32																																																																																																																	
Vy(kN)	12																																																																																																																	
Mx(kN.cm)	1285																																																																																																																	
My(kN.cm)	3935																																																																																																																	
kx	1																																																																																																																	
ky	1																																																																																																																	
d (mm)	2500																																																																																																																	
Lb (mm)	2500																																																																																																																	
Material																																																																																																																		
ASTM A572GR50																																																																																																																		
Fy (kN/cm²)	34,5																																																																																																																	
Limite	Real	Status	%	30,5%																																																																																																														
200	29	OK	14,3%	λ_x																																																																																																														
200	61	OK	30,5%	λ_y																																																																																																														
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																																																																																														
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
1288	44	OK	3,4%	1,1																																																																																																														
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
13261	1285	OK	9,7%	1,1																																																																																																														
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
5104	3935	OK	77,1%	1,1																																																																																																														
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
737	32	OK	4,3%	1,1																																																																																																														
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
278	12	OK	4,3%	1,1																																																																																																														
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																																																																																															
N.Mx.My	100%	OK	88,5%																																																																																																															

Travamento Superior – Os perfis do travamento superior são marcados na Figura 1-15.

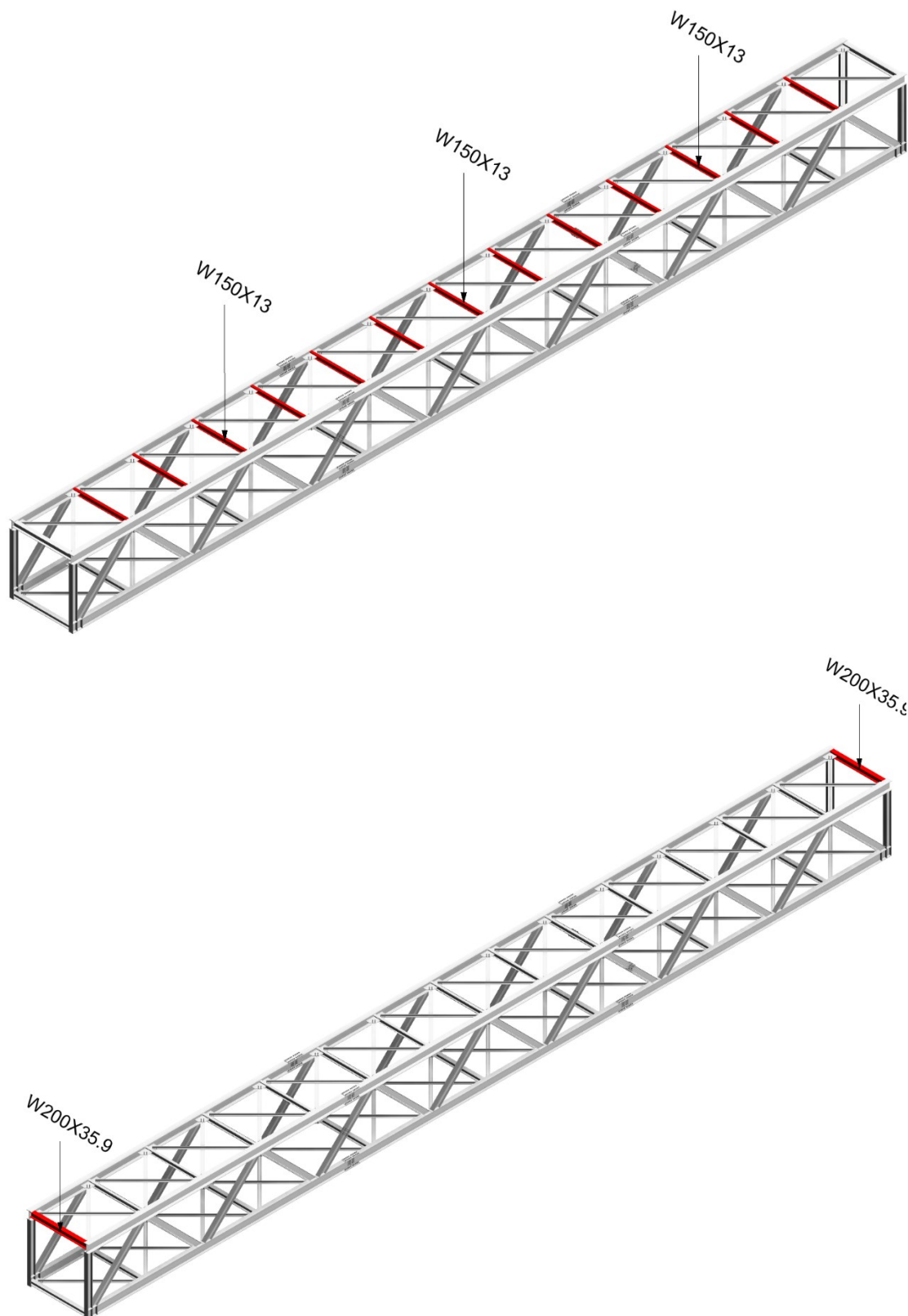


Figura 1-15 – Travamento Superior do Modelo I.

Tabela 1.12 – Modelo I – Verificação do Travamento Superior Interno. Momento X Máximo.

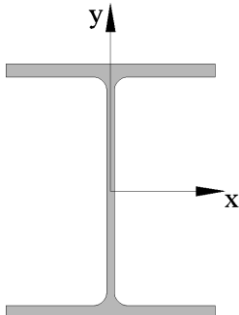
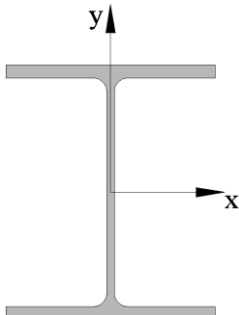
Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Momento X Máximo: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>17</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0,2</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>10</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>1212</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>15</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	17	Vx(kN)	0,2	Vy(kN)	10	Mx(kN.cm)	1212	My(kN.cm)	15	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	2500																																	
		Ly (mm)	2500																																	
		N(kN)	17																																	
		Vx(kN)	0,2																																	
		Vy(kN)	10																																	
		Mx(kN.cm)	1212																																	
		My(kN.cm)	15																																	
		kx	1																																	
ky	1																																			
d (mm)	2500																																			
Lb (mm)	2500																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%	37,5%																																
300	40	OK	13,5%	λ_x																																
300	113	OK	37,5%	λ_y																																
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
521	17	OK	3,3%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
2157	1212	OK	56,2%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
506	15	OK	3,0%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
184	0,2	OK	0,1%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
120	10	OK	8,4%	1,1																																
8. Resistência aos esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,033																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	60,8%																																	

Tabela 1.13 – Modelo I – Verificação do Travamento Superior Extremidade. Momento X Máximo.

Dados de Entrada	Verificações																																																																																																																	
Caso de Momento X Máximo: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Esforços e Distâncias</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-6</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0,2</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>32</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>3896</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>21</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><th colspan="2">Material</th></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 	Esforços e Distâncias		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	-6	Vx(kN)	0,2	Vy(kN)	32	Mx(kN.cm)	3896	My(kN.cm)	21	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil <table><tr><td>Limite</td><td>Real</td><td>Status</td><td>%</td><td>30,6%</td></tr><tr><td>200</td><td>29</td><td>OK</td><td>14,4%</td><td>λ_x</td></tr><tr><td>200</td><td>61</td><td>OK</td><td>30,6%</td><td>λ_y</td></tr></table> 2. Resistência à tração <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>N.A</td><td>0</td><td>N.A</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 3. Resistência à Compressão <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>1098</td><td>6</td><td>OK</td><td>0,5%</td><td>1,1</td></tr></table> 4. Resistência à Flexão eixo X-X <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>11110</td><td>3896</td><td>OK</td><td>35,1%</td><td>1,1</td></tr></table> 5. Resistência à Flexão eixo Y-Y <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>3821</td><td>21</td><td>OK</td><td>0,5%</td><td>1,1</td></tr></table> 6. Resistência ao esforço cortante eixo X <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>633</td><td>0,2</td><td>OK</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 7. Resistência ao esforço cortante eixo Y <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>235</td><td>32</td><td>OK</td><td>13,6%</td><td>1,1</td></tr></table> 8. Resistência ao esforços Combinados Nsd/Nrd 0,005 <table><tr><td>Combinação</td><td>Limite</td><td>Resultado</td><td>Cálculo</td></tr><tr><td>N.Mx.My</td><td>100%</td><td>OK</td><td>35,9%</td></tr></table>	Limite	Real	Status	%	30,6%	200	29	OK	14,4%	λ_x	200	61	OK	30,6%	λ_y	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	N.A	0	N.A	0,0%	1,1	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	1098	6	OK	0,5%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	11110	3896	OK	35,1%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	3821	21	OK	0,5%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	633	0,2	OK	0,0%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	235	32	OK	13,6%	1,1	Combinação	Limite	Resultado	Cálculo	N.Mx.My	100%	OK	35,9%
Esforços e Distâncias																																																																																																																		
Lx (mm)	2500																																																																																																																	
Ly (mm)	2500																																																																																																																	
N(kN)	-6																																																																																																																	
Vx(kN)	0,2																																																																																																																	
Vy(kN)	32																																																																																																																	
Mx(kN.cm)	3896																																																																																																																	
My(kN.cm)	21																																																																																																																	
kx	1																																																																																																																	
ky	1																																																																																																																	
d (mm)	2500																																																																																																																	
Lb (mm)	2500																																																																																																																	
Material																																																																																																																		
ASTM A572GR50																																																																																																																		
Fy (kN/cm²)	34,5																																																																																																																	
Limite	Real	Status	%	30,6%																																																																																																														
200	29	OK	14,4%	λ_x																																																																																																														
200	61	OK	30,6%	λ_y																																																																																																														
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																																																																																														
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
1098	6	OK	0,5%	1,1																																																																																																														
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
11110	3896	OK	35,1%	1,1																																																																																																														
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
3821	21	OK	0,5%	1,1																																																																																																														
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
633	0,2	OK	0,0%	1,1																																																																																																														
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
235	32	OK	13,6%	1,1																																																																																																														
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																																																																																															
N.Mx.My	100%	OK	35,9%																																																																																																															

1.6.2 Verificação das Conexões

Conexão 1 – Diagonal e Biela/Tirante – Seção no Apoio.

PL35/PL30 - Verificação da conexão entre diagonais e bielas/tirantes - Seção no Apoio

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

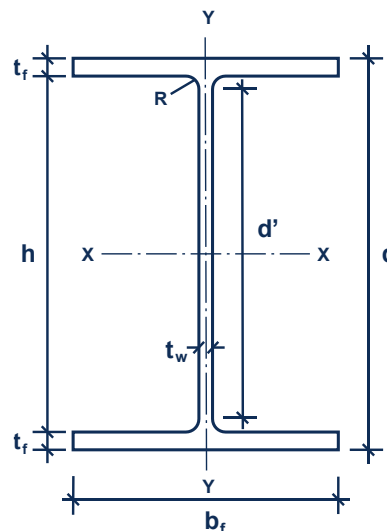
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

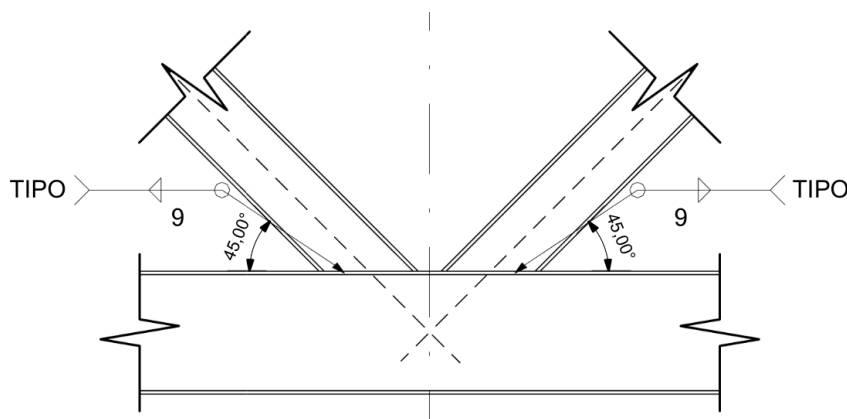
1.1.2 Perfil de apoio

Perfil	W 360 x 44,0	
d =	35,20	cm
bf =	17,10	cm
tw =	0,69	cm
tf =	0,98	cm
h =	33,20	cm
d' =	30,80	cm
R =	1,20	cm
A =	57,70	cm ²



1.1.3 Perfil da diagonal

Perfil	W 200 x 35,9 (H)	
d =	20,10	cm
bf =	16,50	cm
tw =	0,62	cm
tf =	1,02	cm
h =	18,10	cm
d' =	16,10	cm
R =	1,00	cm
A =	45,70	cm²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
b =	0,90	cm	: Perna da solda
t =	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$\theta =$	45,00	°	: Ângulo da diagonal em relação à diagonal
$N_{sd} =$	-436,00	kN	: Compressão

$$N_{sd,f} = -160,57 \text{ kN} : \text{Quinhão de carga da mesa}$$

$$N_{sd,w} = -115,25 \text{ kN} : \text{Quinhão de carga da alma}$$

$$\gamma_{a1} = 1,10$$

$$\gamma_{a2} = 1,35$$

$$\gamma_{w2} = 1,35$$

3. Verificação da solda

3.1 Verificação da tensão da solda

$$\tau_{Rd} = 21,56 \text{ kN/cm}^2 : \text{Tensão resistente da solda}$$

$$\tau_{sd,f} = 15,45 \text{ kN/cm}^2 : \text{Solda da mesa -> OK!}$$

$$\tau_{sd,w} = 11,36 \text{ kN/cm}^2 : \text{Solda da alma -> OK!}$$

3. Verificação da alma do perfil apoiado

OBS: Para as verificações a seguir tem-se como hipótese de cálculo que a força normal é transferida pelas mesas.

3.2 Verificação da Flexão local da mesa

$$R_{d,res} = 188,26 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 6.2.5}$$

$$R_{sd} = \text{N.A.} \text{ kN} : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \text{ Não há tração!}$$

3.3 Verificação do Escoamento local da alma

$$F_{Rd} = 164,08 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.3}$$

$$R_{sd} = 154,29 \text{ kN} : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \text{ Sem reforço de alma}$$

3.4 Verificação do Enrugamento da alma

$$l_n/d = 0,04$$

$$F_{Rd} = 151,66 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.4}$$

$$R_{sd} = 154,29 \text{ kN} : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \text{ Reforço necessário!}$$

3.3 Verificação da Flambagem lateral da alma

Obs: Como a alma é travada pelo perfil de apoio do steel deck, a verificação ao FLA não é necessária

Conexão 1 – Diagonal e Biela/Tirante – Seção @2,5m do apoio.

PL35/PL30 - Verificação da conexão entre diagonais, bielas e tirantes - @2,5m do apoio

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Perfil conectado

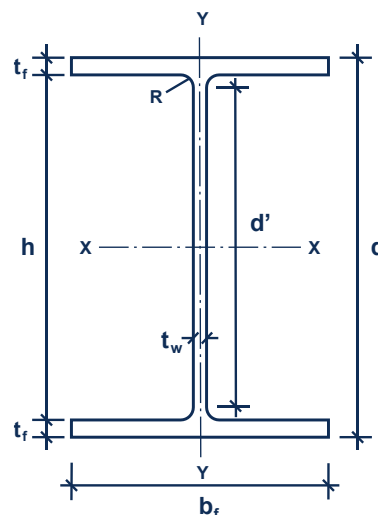
1.1.1 Material

 $f_y = 34,50 \text{ kN/cm}^2$: Aço ASTM A-572 grau 50

 $f_u = 45,00 \text{ kN/cm}^2$

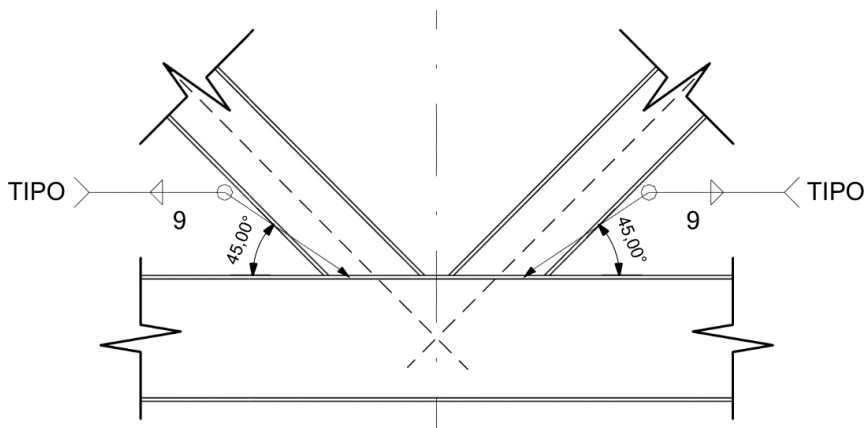
1.1.2 Perfil de apoio

Perfil	W 360 x 72,0
d =	35,00 cm
bf =	20,40 cm
tw =	0,86 cm
tf =	1,51 cm
h =	32,00 cm
d' =	28,80 cm
R =	1,60 cm
A =	91,30 cm ²



1.1.3 Perfil da diagonal

Perfil	W 200 x 35,9 (H)
d =	20,10 cm
bf =	16,50 cm
tw =	0,62 cm
tf =	1,02 cm
h =	18,10 cm
d' =	16,10 cm
R =	1,00 cm
A =	45,70 cm ²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
b =	0,90	cm	: Perna da solda
t =	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$\theta =$	45,00	°	: Ângulo da diagonal em relação à diagonal
$N_{sd} =$	-436,00	kN	: Compressão

$$N_{sd,f} = -160,57 \text{ kN} : \text{Quinhão de carga da mesa}$$

$$N_{sd,w} = -115,25 \text{ kN} : \text{Quinhão de carga da alma}$$

$$\gamma_{a1} = 1,10$$

$$\gamma_{a2} = 1,35$$

$$\gamma_{w2} = 1,35$$

3. Verificação da solda

3.1 Verificação da tensão da solda

$$\tau_{Rd} = 21,56 \text{ kN/cm}^2 : \text{Tensão resistente da solda}$$

$$\tau_{sd,f} = 15,45 \text{ kN/cm}^2 : \text{Solda da mesa} \rightarrow \text{OK!}$$

$$\tau_{sd,w} = 11,36 \text{ kN/cm}^2 : \text{Solda da alma} \rightarrow \text{OK!}$$

3. Verificação da alma do perfil apoiado

OBS: Para as verificações a seguir tem-se como hipótese de cálculo que a força normal é transferida pelas mesas.

3.2 Verificação da Flexão local da mesa

$$R_{d,res} = 446,95 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 6.2.5}$$

$$R_{sd} = \text{N.A.} \text{ kN} : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \text{ Não há tração!}$$

3.3 Verificação do Escoamento local da alma

$$F_{Rd} = 504,17 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.3}$$

$$R_{sd} = 154,29 \text{ kN} : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \text{ Sem reforço de alma}$$

3.4 Verificação do Enrugamento da alma

$$I_n/d = 0,04$$

$$F_{Rd} = 514,40 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.4}$$

$$R_{sd} = 154,29 \text{ kN} : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \text{ Sem reforço de alma}$$

3.3 Verificação da Flambagem lateral da alma

Obs: Como a alma é travada pelo perfil de apoio do steel deck, a verificação ao FLA não é necessária

Conexão 1 – Diagonal e Biela/Tirante – Seção @5m do apoio.

PL35/PL30 - Verificação da conexão entre diagonais, bielas e tirantes - @5m do apoio

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

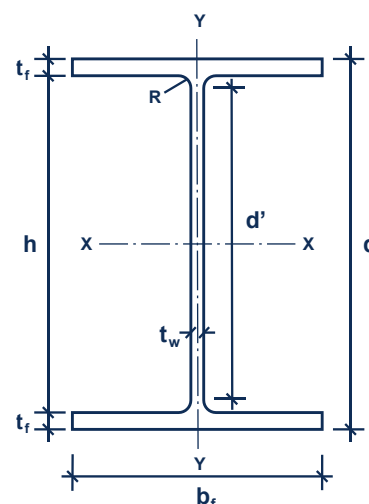
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

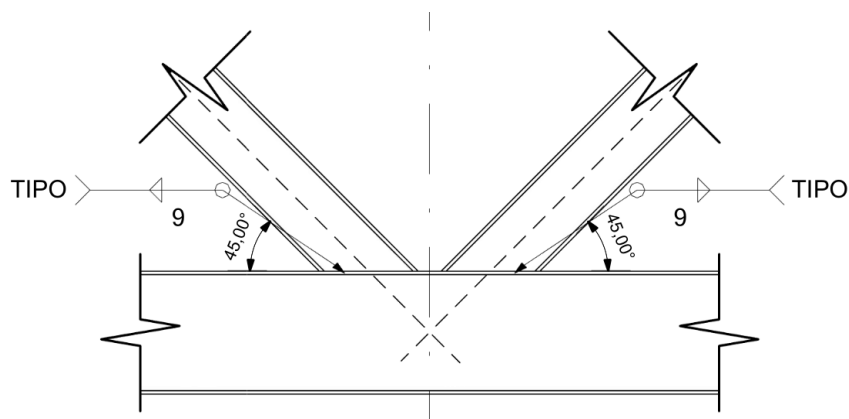
1.1.2 Perfil de apoio

2.2.2 Perfil de aço		
Perfil	W 360 x 44,0	
d =	35,20	cm
bf =	17,10	cm
tw =	0,69	cm
tf =	0,98	cm
h =	33,20	cm
d' =	30,80	cm
R =	1,20	cm
A =	57,70	cm ²



1.1.3 Perfil da diagonal

Perfil	W 200 x 35,9 (H)	
d =	20,10	cm
bf =	16,50	cm
tw =	0,62	cm
tf =	1,02	cm
h =	18,10	cm
d' =	16,10	cm
R =	1,00	cm
A =	45,70	cm²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
b =	0,90	cm	: Perna da solda
t =	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$\theta =$	45,00	°	: Ângulo da diagonal em relação à diagonal
$N_{sd} =$	428,00	kN	: Tração

$$N_{sd,f} = 157,62 \text{ kN} \quad : \text{Quinhão de carga da mesa}$$

$$N_{sd,w} = 113,14 \text{ kN} \quad : \text{Quinhão de carga da alma}$$

$$\gamma_{a1} = 1,10$$

$$\gamma_{a2} = 1,35$$

$$\gamma_{w2} = 1,35$$

3. Verificação da solda

3.1 Verificação da tensão da solda

$$\tau_{Rd} = 21,56 \text{ kN/cm}^2 \quad : \text{Tensão resistente da solda}$$

$$\tau_{sd,f} = 15,16 \text{ kN/cm}^2 \quad : \text{Solda da mesa} \rightarrow \text{OK!}$$

$$\tau_{sd,w} = 11,15 \text{ kN/cm}^2 \quad : \text{Solda da alma} \rightarrow \text{OK!}$$

3. Verificação da alma do perfil apoiado

Para as verificações a seguir tem-se como hipótese de cálculo que a força normal é transferida pelas mesas

3.2 Verificação da Flexão local da mesa

$$R_{d,res} = 188,26 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800:2008 item 6.2.5}$$

$$R_{sd} = 120,00 \text{ kN} \quad : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \quad \text{Sem reforço de alma}$$

3.3 Verificação do Escoamento local da alma

$$F_{Rd} = 293,81 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.3}$$

$$R_{sd} = 151,45 \text{ kN} \quad : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \quad \text{Sem reforço de alma}$$

3.4 Verificação do Enrugamento da alma

$$I_n/d = 0,04$$

$$F_{Rd} = 303,33 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.4}$$

$$R_{sd} = \text{N.A.} \text{ kN} \quad : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \quad \text{Não há compressão!}$$

3.3 Verificação da Flambagem lateral da alma

Obs: Como a alma é travada pelo perfil de apoio do steel deck, a verificação ao FLA não é necessária

Conexão 2 – Apoio do Steeldeck e Tirante – Cortante Máximo

PL25/PL20 - Verificação da conexão entre o apoio do steeldeck e tirante

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Perfil conectado

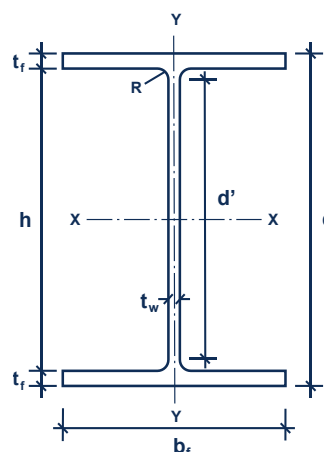
1.1.1 Material

 $f_y = 34,50 \text{ kN/cm}^2$: Aço ASTM A-572 grau 50

 $f_u = 45,00 \text{ kN/cm}^2$

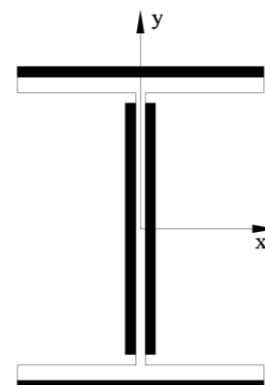
1.1.2 Apoio do steeldeck

Perfil	W 150 x 29,8 (H)
d =	15,70 cm
bf =	15,30 cm
tw =	0,66 cm
tf =	0,93 cm
h =	13,80 cm
d' =	11,80 cm
R =	1,00 cm
A =	38,50 cm ²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
b =	0,90	cm	: Perna da solda
t =	0,63	cm	: Espessura efetiva
$I_x =$	1458,37	cm ⁴	: Momento de inércia da solda em relação ao eixo x
$I_y =$	388,15	cm ⁴	: Momento de inércia da solda em relação ao eixo y
A =	34,15	cm ²	: Área da Solda



2. Esforços Solicitantes na Conexão e Coeficientes de Ponderação:

$N_{sd} =$	-30,00	kN	: Compressão
$V_{sd,y} =$	63,00	kN	: Cortante vertical
$V_{sd,z} =$	5,00	kN	: Cortante horizontal (transferência de tração do tirante para a laje)
$M_{sd,x} =$	4564,00	kN.cm	: Momento fletor em torno de x
$M_{sd,y} =$	415,00	kN.cm	: Momento fletor em torno de y
$\gamma_{a1} =$	1,10		
$\gamma_{a2} =$	1,35		
$\gamma_{w2} =$	1,35		

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 35 de 259

3. Verificação da solda

$\tau_{Rd} =$ kN/cm² : Tensão resistente da solda

3.1 Verificação ao cortante vertical (VSd,y)

$\tau_{Sd,v} =$ kN/cm² : Tensão devido ao cortante

$\tau_{Sd,m} =$ kN/cm² : Tensão devido ao momento

$\tau_{Sd} =$ kN/cm² : Esforço combinado

3.1 Verificação ao cortante horizontal (VSd,x)

$\tau_{Sd,v} =$ kN/cm² : Tensão devido ao cortante

$\tau_{Sd,m} =$ kN/cm² : Tensão devido ao momento

$\tau_{Sd} =$: Esforço combinado

Obs: Assume-se que os filetes da alma absorvem o cortante vertical e os horizontais o cortante horizontal

Conexão 3 – Contraventamentos – Tração Máxima

PL35/PL30 - LIGAÇÃO ENTRE CONTRAVENTAMENTO E GOUSSET

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Chapa gousset

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A572
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

1.1.2 Dados geométricos

$e =$	1,00	cm	: Espessura
$L =$	35,00	cm	: Lado

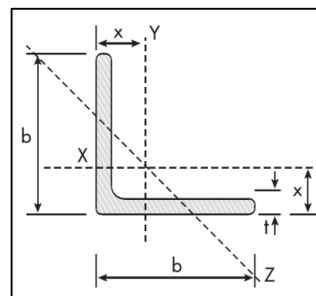
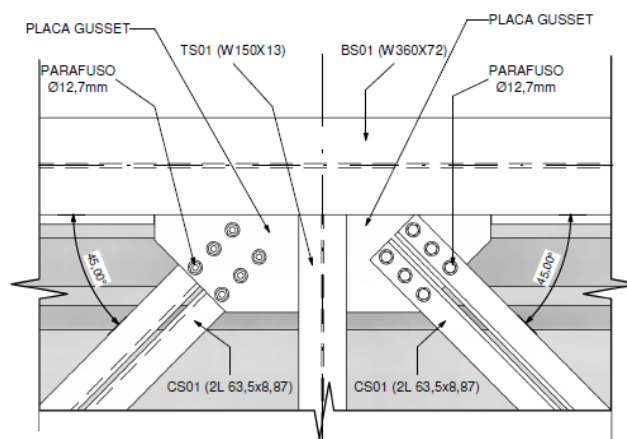
1.2 Perfil de contraventamento

1.2.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50

1.2.2 Dados geométricos

Perfil	L63,5X8,78		
$b =$	6,35	cm	
$t =$	0,95	cm	
$A =$	11,16	cm ²	
$dt =$	1,00	cm	: Distância entre chapas
I_x	41,00	cm ⁴	
I_y	41,00	cm ⁴	
x	1,93	cm	: centróide



1.3 Parafusos

1.3.1 Material

$f_y =$	63,50	kN/cm ²
$f_u =$	82,50	kN/cm ²

1.3.2 Geometria e resistência

$d_b =$	1,27	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,42	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	1,27	cm ²	
R_d	30,97	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_g f_u / 1,35$)

1.4 Solda de fixação da chapa gousset

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação: $N_{sd} =$ 157,00 kN : Tração $\gamma_{a1} =$ 1,10 $\gamma_{a2} =$ 1,35**3. Determinação da quantidade de parafusos ao cisalhamento****3.3 Quantidade de parafusos (1 linha em cada cantoneira)**

$n_{lc} =$ 1 un. : Número de linhas de parafuso na cantoneira
 $n =$ 3 un. : Número de parafusos por linha na cantoneira (≥ 2)

3.4 Layout dos furos

$d_b =$ 5,50 cm : Distância entre parafusos -> OK!
 $d_c =$ 2,00 cm : Distância entre parafuso e bordas -> OK!
 $d_{b,T} =$ 7,90 cm : Distância transversal entre furos
 $L =$ 15,00 cm : Comprimento do perfil dentro da chapa -> OK!

4. Verificação da chapa gousset**4.1 Verificação da pressão de contato**

$F_{sd} =$ 26,17 kN : Força atuante em cada parafuso
 $l_f =$ 1,29 cm

$F_{c,Rd} =$ 51,60 kN : Força resistente de cálculo -> OK!

4.2 Verificação à tração (verificação localizada para perfil conectado à chapa)

$l_{wt} =$ 12,70 cm : Comprimento da seção whitmore
 $A_{gt} =$ 12,70 cm² : Área bruta tracionada
 $A_{et} =$ 11,28 cm² : Área líquida tracionada

$F_{Rd,t} =$ 376,06 kN : Força resistente de cálculo -> OK!

4.3 Verificação ao rasgamento (bloco formado por todos os parafusos da chapa)

$A_{gv} =$	13,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	9,45	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	6,48	cm ²	: Área líquida tracionada

$F_{r,Rd} =$ 318,60 kN : Força resistente ->

OK!

4.4 Verificação ao cisalhamento

$F_{Sd} =$ 111,02 kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$	30,00	cm	: Comprimento da chapa na direção transversal
$L_L =$	35,00	cm	: Comprimento da chapa na direção longitudinal

$A_{gv, T} = A_{nv, T}$	30,00	cm ²	: Área cisalhada na direção transversal
$A_{gv, L} = A_{nv, L}$	35,00	cm ²	: Área cisalhada na direção longitudinal

$F_{Rd, T} =$ 564,55 kN : Resistente Transversal

$F_{Rd, L} =$ 658,64 kN : Resistente Longitudinal

OK!

OK!

4.5 Verificação à compressão

$l_{wt} =$	12,70	cm	: Comprimento da seção whitmore
$A_g =$	12,70	cm ²	: Área bruta
$I =$	1,06	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	20,00	cm	: Distância entre último furo e o canto da chapa, na seção de solda
$N_e =$	1236,30	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,60		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,86		: Fator de redução

$N_{c,Rd} =$ 343,45 kN : Normal resistente

$N_{c,Sd} =$ N.A. kN Não há compressão na seção

5. Verificação da Cantoneira
5.1 Verificação à pressão de contato

$F_{Sd} =$	26,17	kN	: Força atuante em cada parafuso
$l_f =$	1,29	cm	: Área líquida cisalhada

$F_{Rd} =$ 49,02 kN

: Força resistente de cálculo ->

OK!

5.2 Verificação ao rasgamento

 $F_{Sd} =$ 78,50 kN

: Força atuante em cada perfil

 $A_{gv} =$ 13,00 cm²

: Área bruta cisalhada

 $A_{nv} =$ 9,45 cm²

: Área líquida cisalhada

 $A_{nt} =$ 1,29 cm²

: Área líquida tracionada

 $F_{Rd} =$ 214,80 kN

: Força resistente de cálculo ->

OK!

5.3 Verificação à compressão

 $A_g =$ 22,32 cm²

: Área bruta

 $I_x =$ 82,00 cm⁴

: Momento de inércia

 $I_y =$ 213,80 cm⁴
 $K =$ 1,00

: Tabela E.1 NBR 8800

 $L =$ 354,00 cm

: Comprimento da barra

 $N_{e,x} =$ 129,16 kN

: Carga crítica em x, Anexo E NBR8800

 $N_{e,y} =$ 336,76 kN

: Carga crítica em y, Anexo E NBR8800

 $Q =$ 1,00

: Não há instabilidade local

 $\lambda_{0,x} =$ 2,90

: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)

 $\lambda_{0,y} =$ 1,79

 $\chi_x =$ 0,10

: Fator de redução em x

 $\chi_y =$ 0,27

: Fator de redução em y

 $N_{c,Rd} =$ 190,99 kN

: Normal resistente

 $N_{c,Sd} =$ N.A. kN

Não há compressão na seção

5.4 Verificação à tração

 $A_g =$ 22,32 cm²

: Área bruta

 $C_t =$ 0,82

: Coeficiente de redução da área líquida

 $A_n =$ 14,23 cm²
 $A_e =$ 11,73 cm²
 $N_{t,Rd} =$ 391,00 kN

: Esforço resistente

 $N_{c,Sd} =$ 157,00 kN

OK!

6. Verificação das Soldas

$F_{Sd} =$ kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$ cm : Comprimento da chapa na direção transversal

$L_L =$ cm : Comprimento da chapa na direção longitudinal

$\tau_{Rd} =$ kN/cm² : Tensão resistente

$\tau_{Sd} =$ kN/cm²

Conexão 3 – Contraventamentos – Compressão Máxima

PL35/PL30 - LIGAÇÃO ENTRE CONTRAVENTAMENTO E GOUSSET

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Chapa gousset

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A572
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

1.1.2 Dados geométricos

$e =$	1,00	cm	: Espessura
$L =$	35,00	cm	: Lado

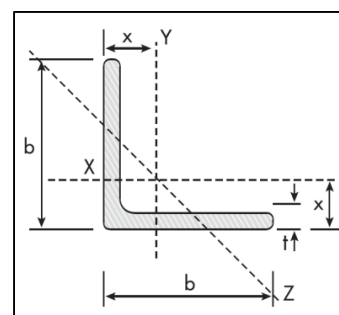
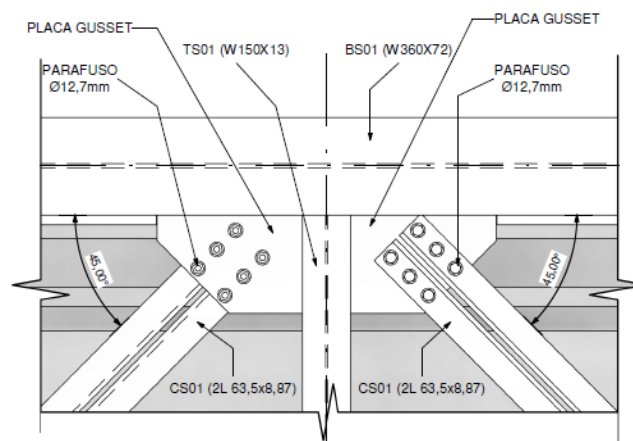
1.2 Perfil de contraventamento

1.2.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50

1.2.2 Dados geométricos

Perfil	L63,5X8,78		
$b =$	6,35	cm	
$t =$	0,95	cm	
$A =$	11,16	cm ²	
$dt =$	1,00	cm	: Distância entre chapas
I_x	41,00	cm ⁴	
I_y	41,00	cm ⁴	
x	1,93	cm	: centróide



1.3 Parafusos

1.3.1 Material

$f_y =$	63,50	kN/cm ²
$f_u =$	82,50	kN/cm ²

1.3.2 Geometria e resistência

$d_b =$	1,27	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,42	cm	: Diâmetro do furo padrão
$Ab =$	1,27	cm ²	
Rd	30,97	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_g f_u / 1,35$)

1.4 Solda de fixação da chapa gousset

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$N_{sd} =$ kN : COMPRESSÃO

$\gamma_{a1} =$

$\gamma_{a2} =$

3. Determinação da quantidade de parafusos ao cisalhamento**3.3 Quantidade de parafusos (1 linha em cada cantoneira)**

$n_{l,c} =$ un. : Número de linhas de parafuso na cantoneira
 $n =$ un. : Número de parafusos por linha na cantoneira (≥ 2)

3.4 Layout dos furos

$d_b =$ cm : Distância entre parafusos -> OK!
 $d_c =$ cm : Distância entre parafuso e bordas -> OK!
 $d_{b,T} =$ cm : Distância transversal entre furos
 $L =$ cm : Comprimento do perfil dentro da chapa -> OK!

4. Verificação da chapa gousset**4.1 Verificação da pressão de contato**

$F_{sd} =$ kN : Força atuante em cada parafuso
 $l_f =$ cm

$F_{c,Rd} =$ kN : Força resistente de cálculo ->

4.2 Verificação à tração (verificação localizada para perfil conectado à chapa)

$l_{wt} =$ cm : Comprimento da seção whitmore
 $A_{gt} =$ cm² : Área bruta tracionada
 $A_{et} =$ cm² : Área líquida tracionada

$F_{Rd,t} =$ kN : Força resistente de cálculo ->

4.3 Verificação ao rasgamento (bloco formado por todos os parafusos da chapa)

$A_{gv} =$	13,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	9,45	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	6,46	cm ²	: Área líquida tracionada

$F_{r,Rd} =$ 318,28 kN : Força resistente ->

OK!

4.4 Verificação ao cisalhamento

$F_{Sd} =$ 64,35 kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$	30,00	cm	: Comprimento da chapa na direção transversal
$L_L =$	35,00	cm	: Comprimento da chapa na direção longitudinal

$A_{gv,T} = A_{nv,T}$	30,00	cm ²	: Área cisalhada na direção transversal
$A_{gv,L} = A_{nv,L}$	35,00	cm ²	: Área cisalhada na direção longitudinal

$F_{Rd,T} =$ 564,55 kN : Resistente Transversal

OK!

$F_{Rd,L} =$ 658,64 kN : Resistente Longitudinal

OK!

4.5 Verificação à compressão

$l_{wt} =$	12,70	cm	: Comprimento da seção whitmore
$A_g =$	12,70	cm ²	: Área bruta
$I =$	1,06	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	20,00	cm	: Distância entre último furo e o canto da chapa, na seção de solda
$N_e =$	1236,30	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,60		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,86		: Fator de redução

$N_{c,Rd} =$ 343,45 kN : Normal resistente

$N_{c,Sd} =$ 91,00 kN

OK!

5. Verificação da Cantoneira
5.1 Verificação à pressão de contato

$F_{Sd} =$	15,17	kN	: Força atuante em cada parafuso
$l_f =$	1,29	cm	: Área líquida cisalhada

$F_{Rd} =$ kN

: Força resistente de cálculo ->

5.2 Verificação ao rasgamento

$F_{Sd} =$ kN

: Força atuante em cada perfil

$A_{gv} =$ cm²

: Área bruta cisalhada

$A_{nv} =$ cm²

: Área líquida cisalhada

$A_{nt} =$ cm²

: Área líquida tracionada

$F_{Rd} =$ kN

: Força resistente de cálculo ->

5.3 Verificação à compressão

$A_g =$ cm²

: Área bruta

$I_x =$ cm⁴

: Momento de inércia

$I_y =$ cm⁴

$K =$

: Tabela E.1 NBR 8800

$L =$ cm

: Comprimento da barra

$N_{e,x} =$ kN

: Carga crítica em x, Anexo E NBR880

$N_{e,y} =$ kN

: Carga crítica em y, Anexo E NBR880

$Q =$

: Não há instabilidade local

$\lambda_{0,x} =$

: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)

$\lambda_{0,y} =$

$\chi_x =$

: Fator de redução em x

$\chi_y =$

: Fator de redução em y

$N_{c,Rd} =$ kN

: Normal resistente

$N_{c,Sd} =$ kN

5.4 Verificação à tração

$A_g =$ cm²

: Área bruta

$C_t =$

: Coeficiente de redução da área líquida

$A_n =$ cm²

$A_e =$ cm²

$N_{t,Rd} =$ kN

: Esforço resistente

$N_{c,Sd} =$ kN

6. Verificação das Soldas

$F_{Sd} =$ kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$ cm : Comprimento da chapa na direção transversal

$L_L =$ cm : Comprimento da chapa na direção longitudinal

$\tau_{Rd} =$ kN/cm² : Tensão resistente

$\tau_{Sd} =$ kN/cm²

Conexão 4 – Ligação entre Módulos – Biela

PL35/PL30 - LIGAÇÃO ENTRE MÓDULOS - BIELA

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Perfil conectado

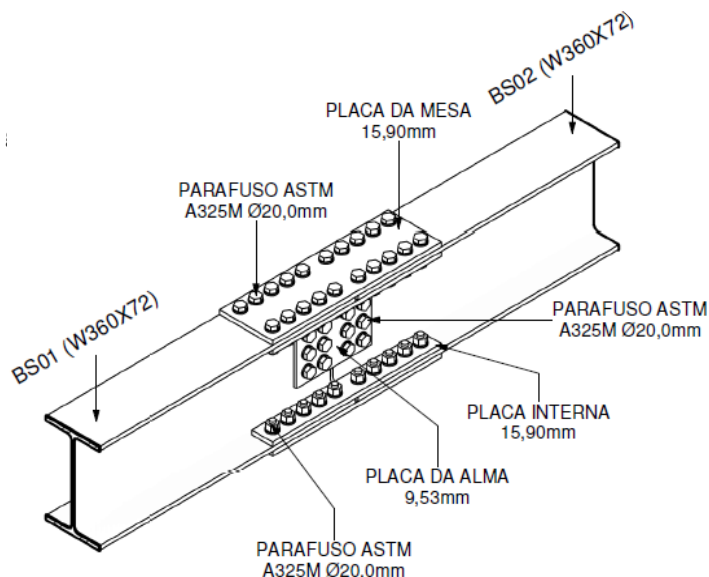
1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

 $f_y = 34,50 \text{ kN/cm}^2$: ASTM A-572

 $f_u = 45,00 \text{ kN/cm}^2$

1.1.2 Dados geométricos

Perfil W	W 360 x 72,0
d =	35,00 cm
bf =	20,40 cm
tw =	0,86 cm
tf =	1,51 cm
h =	32,00 cm
d' =	28,80 cm



1.2 Parafusos

$d_b =$	2,00 cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	2,15 cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	3,14 cm ²	
$f_y =$	63,50 kN/cm ²	
$f_u =$	82,50 kN/cm ²	
$R_d =$	76,79 kN	: Resistência ao corte ($0,40A_b f_u / 1,35$)

1.3 Talas de conexão:

$f_y =$	34,50 kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00 kN/cm ²	
$E =$	20000,00 kN/cm ²	: Módulo de elasticidade
$t_{f,tala} =$	1,60 cm	: Espessura das talas da mesa
$b_{f,tala\ ext} =$	20,40 cm	: Largura da chapa externa
$b_{f,tala\ int} =$	8,00 cm	: Largura da chapa interna
$A_m =$	58,24 cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa
$t_w =$	0,95 cm	: Espessura das talas da alma
$h_w =$	20,00 cm	: Altura da chapa interna (inicial)
$A_m =$	38,12 cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 47 de 259

$A_t =$ cm^2 : Área total das talas

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

	ELU-N-1		
$V_{sd,y} =$	0,20	kN	
$N_{sd} =$	-1106,00	kN	: COMPRESSÃO
$M_{sd,x} =$	2461,00	kN.cm	
$\gamma_{a1} =$	1,10		
$\gamma_{a2} =$	1,35		

3. Determinação do número de parafusos

3.1 Determinação do esforço na mesa e alma

3.1.1 Quinhão de carga devido à normal

$N_f =$	-416,65	kN	: Parcela da normal para as mesas
$N_w =$	-272,71	kN	: Parcela da normal para a alma (somente para verificar o atrito)

3.1.2 Quinhão de carga devido ao momento fletor

$N_{t,mi} =$	76,91	kN	: Tração na mesa inferior
$N_{t,ms} =$	-76,91	kN	: Compressão na mesa superior

3.1.2 Esforço total nas mesas

$N_{mi} =$	-476,09	kN	: Inferior
$N_{ms} =$	-629,91	kN	: Superior

3.2 Resistência ao deslizamento do parafuso (ELS)

$C_h =$	1,00		: Furos padrão
$\mu =$	0,35		: Superfície classe A
$F_{tb} =$	125,00	kN	: Força de protensão mínima por parafuso
$n_s =$	2,00		: Número de planos de corte
$F_{f,Rk} =$	70,00	kN	: Força resistente por atrito

3.3 Quantidade de parafusos (2 linhas nas mesas e alma)

$n_{l,f} =$	2	un.	: Número de linhas de parafuso nas mesas
$n_{l,w} =$	3	un.	: Número de linhas de parafuso na alma
$n_{mesa} =$	5	un.	: Número de parafusos por linha na mesa
$n_{alma} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na alma
$n_t =$	52	un.	: Número total de parafusos na conexão

Obs: Quantidade mínima de **3 linhas de dois parafusos na alma e 2 linhas de três parafusos nas mesas**

3.4 Layout da chapa

$d_b =$	6,00	cm	: Distância entre parafusos
$d_c =$	4,00	cm	: Distância entre parafuso e chapa
$d_t =$	1,00	cm	

4. Verificação da tala da mesa**4.1 Verificação da tala da mesa tracionada**

$A_g =$	32,64	cm ²	: Área bruta
$A_e =$	25,76	cm ²	: Área efetiva
$N_{t,Rd} =$	858,67	kN	$:\leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$
$N_{t,Sd} =$	N.A.	kN	Não há tração na seção!

4.2 Verificação do colapso por rasgamento da tala tracionada

$A_{gv} =$	89,60	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	58,64	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	9,36	cm ²	: Área líquida tracionada
$C_{ts} =$	1,00		: tração uniforme
$F_{Rd} =$	1484,80	kN	: NBR 8800 item 6.5.6
$N_{t,Sd} =$	N.A.	kN	há tração na seção!

4.3 Verificação da tala comprimida

$A_g =$	32,64	cm ²	: Área bruta
$I =$	6,96	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	9,00	cm	: Distância entre furos no centro da chapa
$N_e =$	40163,07	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,17		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,99		: Fator de redução
$N_{c,Rd} =$	1011,77	kN	
$N_{c,Sd} =$	-629,91	kN	OK!

5. Verificação da tala da alma**5.1 Verificação do cisalhamento da tala da alma da viga**

$$A_{gv} = 19,06 \text{ cm}^2 : \text{Área bruta cisalhada}$$

$$A_{nv} = 12,91 \text{ cm}^2 : \text{Área líquida cisalhada}$$

$$F_{Rd} = 258,26 \text{ kN} : \leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$$

$$F_{Sd} = 0,10 \text{ kN} : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.2 Verificação do rasgamento da tala da alma da viga**5.2.1 - 1ª Hipótese**

$$C_{ts} = 1,00 : \text{Tração uniforme}$$

$$A_{gv} = 15,25 \text{ cm}^2 : \text{Área bruta cisalhada}$$

$$A_{nv} = 10,13 \text{ cm}^2 : \text{Área líquida cisalhada}$$

$$A_{nt} = 6,46 \text{ cm}^2 : \text{Área líquida tracionada}$$

$$F_{Rd1} = 417,73 \text{ kN} : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.2 - 2ª Hipótese

$$C_{ts} = 1,00 : \text{Tração uniforme}$$

$$A_{gv} = 30,50 \text{ cm}^2 : \text{Área bruta cisalhada}$$

$$A_{nv} = 20,25 \text{ cm}^2 : \text{Área líquida cisalhada}$$

$$A_{nt} = 3,67 \text{ cm}^2 : \text{Área líquida tracionada}$$

$$F_{Rd2} = 527,33 \text{ kN} : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.3 - Verificação

$$F_{Rd} = 417,73 \text{ kN} : \text{Esforço resistente mínimo}$$

$$F_{Sd} = 0,10 \text{ kN} : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.3 Verificação da flexão na tala da alma

5.3.1 Flambagem lateral com torção

$L_b =$	9,00	cm	: Comprimento entre furos na seção central da conexão
$I_y =$	1,44	cm ⁴	
$A =$	19,06	cm ²	
$r_y =$	0,28	cm	
$\lambda =$	32,71		: Esbeltez da chapa
$J =$	5,77	cm ⁴	
$Z_x =$	95,30	cm ³	
$M_{pl} =$	3287,85	kN.cm	
$\lambda_p =$	8,29		
$W_x =$	63,53	cm ³	
$M_r =$	2191,90	kN.cm	
$\lambda_r =$	191,38		
$C_b =$	1,00		

$M_{Rd1} =$	2988,95	kN.cm	: M_{pl}/γ_{a1}
$M_{Rd2} =$	2856,06	kN.cm	: $(C_b/\gamma_{a2}) * (M_{pl} - (M_{pl} - M_r) * (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p))$

$$M_{Rd} = 2856,06 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 0,75 \text{ kN.cm} : \text{OK!}$$

5.3.2 Ruptura

$$Z_e = 70,71 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = 2357,09 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 0,75 \text{ kN.cm} : \text{OK!}$$

5.4 Verificação da flexão e do cisalhamento combinados

$$\sigma_x = -7,15 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau = 0,01 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Rd} = 31,36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Sd} = 7,15 \text{ kN/cm}^2 : \text{OK!}$$

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 51 de 259

6. Verificação dos parafusos

6.1 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas das mesas

$F_{v,Sd} =$ kN : Esforço solicitante máximo por parafuso

$F_{v,Rd} =$ kN :

6.2 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas da alma

$F_{x,Sd} =$ kN
 $F_{y,Sd} =$ kN
 $M_{z,Sd} =$ kN.cm
 $A =$ cm²

$I_x =$ cm⁴
 $I_y =$ cm⁴
 $I_z =$ cm⁴

$\tau_{x,Sd} =$ kN/cm²
 $\tau_{y,Sd} =$ kN/cm²
 $\tau_{Sd} =$ kN/cm²

$F_{v,Sd} =$ kN

$F_{v,Rd} =$ kN :

6.3 Verificação da pressão de contato nas talas das mesas

$l_f =$ cm
 $F_{c,Sd} =$ kN

$F_{c,Rd} =$ kN :

7. Verificação da flexão da viga com furos

$W_t =$ cm³

$A_{fg} =$ cm²
 $A_{fn} =$ cm²

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 52 de 259

$M_{Rd} =$ kN.cm

$M_{Sd} =$ kN.cm

OK!

Conexão 4 – Ligação entre Módulos – Diagonal

PL35/PL30 - LIGAÇÃO ENTRE MÓDULOS - DIAGONAL

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

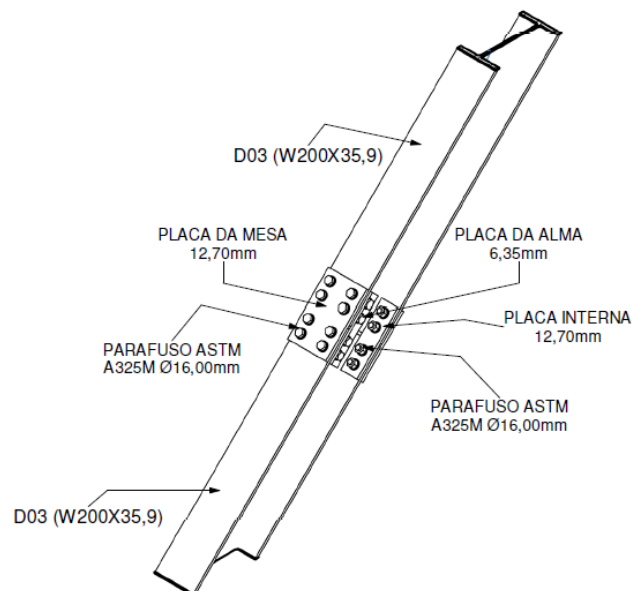
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

1.1.2 Dados geométricos

Perfil W	W 200 x 35,9 (H)	
d =	20,10	cm
bf =	16,50	cm
tw =	0,62	cm
tf =	1,02	cm
h =	18,10	cm
d' =	16,10	cm



1.2 Parafusos

$d_b =$	1,60	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,75	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	2,01	cm ²	
$f_y =$	63,50	kN/cm ²	
$f_u =$	82,50	kN/cm ²	
$R_d =$	49,15	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_gf_u/1,35$)

1.3 Talas de conexão:

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	
$E =$	20000,00	kN/cm ²	: Módulo de elasticidade
$t_{f,tala} =$	1,27	cm	: Espessura das talas da mesa
$b_{f,tala\ ext} =$	16,50	cm	: Largura da chapa externa
$b_{f,tala\ int} =$	7,00	cm	: Largura da chapa interna
$A_m =$	38,74	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa
$t_w =$	0,64	cm	: Espessura das talas da alma
$h_w =$	12,00	cm	: Altura da chapa interna (inicial)
$A_m =$	15,24	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa

$A_t =$ cm^2 : Área total das talas

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$V_{sd,y} =$ kN
 $N_{sd} =$ kN : COMPRESSÃO
 $M_{sd,x} =$ kN.cm

$\gamma_{a1} =$

$\gamma_{a2} =$

3. Determinação do número de parafusos**3.1 Determinação do esforço na mesa e alma****3.1.1 Quinhão de carga devido à normal**

$N_f =$ kN : Parcela da normal para as mesas
 $N_w =$ kN : Parcela da normal para a alma (somente para verificar o atrito)

3.1.2 Quinhão de carga devido ao momento fletor

$N_{t,mi} =$ kN : Tração na mesa inferior
 $N_{t,ms} =$ kN : Compressão na mesa superior

3.1.2 Esforço total nas mesas

$N_{mi} =$ kN : Inferior
 $N_{ms} =$ kN : Superior

3.2 Resistência ao deslizamento do parafuso (ELS)

$C_h =$: Furos padrão
 $\mu =$: Superfície classe A
 $F_{tb} =$ kN : Força de protensão mínima por parafuso
 $n_s =$: Número de planos de corte
 $F_{f,Rk} =$ kN : Força resistente por atrito

3.3 Quantidade de parafusos (2 linhas nas mesas e alma)

$n_{l,f} =$ un. : Número de linhas de parafuso nas mesas
 $n_{l,w} =$ un. : Número de linhas de parafuso na alma
 $n_{mesa} =$ un. : Número de parafusos por linha na mesa
 $n_{alma} =$ un. : Número de parafusos por linha na alma
 $n_t =$ un. : Número total de parafusos na conexão

Obs: Quantidade mínima de **3 linhas de dois parafusos na alma e 2 linhas de três parafusos nas mesas**

3.4 Layout da chapa

$d_b =$	5,00	cm	: Distância entre parafusos
$d_c =$	3,50	cm	: Distância entre parafuso e chapa
$d_t =$	1,00	cm	

4. Verificação da tala da mesa

4.1 Verificação da tala da mesa tracionada

$A_g =$	20,96	cm ²	: Área bruta
$A_e =$	16,51	cm ²	: Área efetiva
$N_{t,Rd} =$	550,33	kN	: $\leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$
$N_{t,Sd} =$	N.A.	kN	Não há tração na seção!

4.2 Verificação do colapso por rasgamento da tala tracionada

$A_{gv} =$	21,59	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	14,92	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	6,67	cm ²	: Área líquida tracionada
$C_{ts} =$	1,00		: tração uniforme
$F_{Rd} =$	520,70	kN	: NBR 8800 item 6.5.6
$N_{t,Sd} =$	N.A.	kN	há tração na seção!

4.3 Verificação da tala comprimida

$A_g =$	20,96	cm ²	: Área bruta
$I =$	2,82	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	8,00	cm	: Distância entre furos no centro da chapa
$N_e =$	20560,65	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,19		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,99		: Fator de redução
$N_{c,Rd} =$	647,62	kN	
$N_{c,Sd} =$	-99,37	kN	OK!

5. Verificação da tala da alma**5.1 Verificação do cisalhamento da tala da alma da viga**

$$A_{gv} = 7,62 \text{ cm}^2 \quad : \text{Área bruta cisalhada}$$

$$A_{nv} = 5,40 \text{ cm}^2 \quad : \text{Área líquida cisalhada}$$

$$F_{Rd} = 107,95 \text{ kN} \quad : \leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$$

$$F_{Sd} = 0,20 \text{ kN} \quad : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.2 Verificação do rasgamento da tala da alma da viga**5.2.1 - 1ª Hipótese**

$$C_{ts} = 1,00 \quad : \text{Tração uniforme}$$

$$A_{gv} = 5,40 \text{ cm}^2 \quad : \text{Área bruta cisalhada}$$

$$A_{nv} = 3,73 \text{ cm}^2 \quad : \text{Área líquida cisalhada}$$

$$A_{nt} = 3,73 \text{ cm}^2 \quad : \text{Área líquida tracionada}$$

$$F_{Rd1} = 198,97 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.2 - 2ª Hipótese

$$C_{ts} = 1,00 \quad : \text{Tração uniforme}$$

$$A_{gv} = 10,80 \text{ cm}^2 \quad : \text{Área bruta cisalhada}$$

$$A_{nv} = 7,46 \text{ cm}^2 \quad : \text{Área líquida cisalhada}$$

$$A_{nt} = 2,06 \text{ cm}^2 \quad : \text{Área líquida tracionada}$$

$$F_{Rd2} = 218,02 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.3 - Verificação

$$F_{Rd} = 198,97 \text{ kN} \quad : \text{Esforço resistente mínimo}$$

$$F_{Sd} = 0,20 \text{ kN} \quad : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.3 Verificação da flexão na tala da alma

5.3.1 Flambagem lateral com torção

$L_b =$	8,00	cm	: Comprimento entre furos na seção central da conexão
$I_y =$	0,26	cm ⁴	
$A =$	7,62	cm ²	
$r_y =$	0,18	cm	
$\lambda =$	43,64		: Esbeltez da chapa
$J =$	1,02	cm ⁴	
$Z_x =$	22,86	cm ³	
$M_{pl} =$	788,67	kN.cm	
$\lambda_p =$	9,21		
$W_x =$	15,24	cm ³	
$M_r =$	525,78	kN.cm	
$\lambda_r =$	212,53		
$C_b =$	1,00		

$M_{Rd1} =$	716,97	kN.cm	: M_{pl}/γ_{a1}
$M_{Rd2} =$	676,50	kN.cm	: $(C_b/\gamma_{a2}) * (M_{pl} - (M_{pl} - M_r) * (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p))$

$$M_{Rd} = 676,50 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 1,30 \text{ kN.cm} : \text{OK!}$$

5.3.2 Ruptura

$$Z_e = 17,30 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = 576,79 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 1,30 \text{ kN.cm} : \text{OK!}$$

5.4 Verificação da flexão e do cisalhamento combinados

$$\sigma_x = -1,58 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau = 0,03 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Rd} = 31,36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Sd} = 1,58 \text{ kN/cm}^2 : \text{OK!}$$

6. Verificação dos parafusos**6.1 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas das mesas** $F_{v,Sd} =$ kN : Esforço solicitante máximo por parafuso $F_{v,Rd} =$ kN : **6.2 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas da alma** $F_{x,Sd} =$ kN $F_{y,Sd} =$ kN $M_{z,Sd} =$ kN.cm $A =$ cm² $I_x =$ cm⁴ $I_y =$ cm⁴ $I_z =$ cm⁴ $\tau_{x,Sd} =$ kN/cm² $\tau_{y,Sd} =$ kN/cm² $\tau_{Sd} =$ kN/cm² $F_{v,Sd} =$ kN $F_{v,Rd} =$ kN : **6.3 Verificação da pressão de contato nas talas das mesas** $l_f =$ cm $F_{c,Sd} =$ kN $F_{c,Rd} =$ kN : **7. Verificação da flexão da viga com furos** $W_t =$ cm³ $A_{fg} =$ cm² $A_{fn} =$ cm²

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 59 de 259

$M_{Rd} =$ kN.cm

$M_{Sd} =$ kN.cm :

Conexão 4 – Ligação entre Módulos – Tirante

PL35/PL30 - LIGAÇÃO ENTRE MÓDULOS - TIRANTE

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

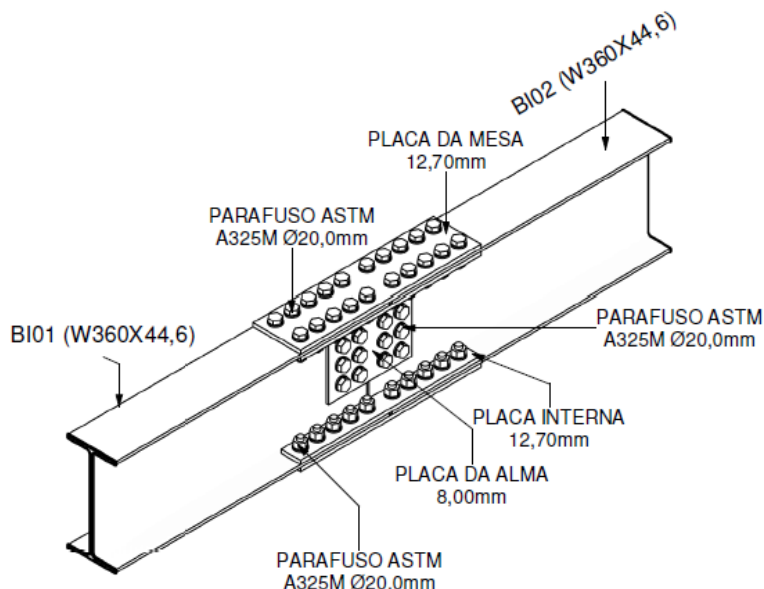
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

1.1.2 Dados geométricos

Perfil W	W 360 x 44,0	
d =	35,20	cm
bf =	17,10	cm
tw =	0,69	cm
tf =	0,98	cm
h =	33,20	cm
d' =	30,80	cm



1.2 Parafusos

$d_b =$	2,00	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	2,15	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	3,14	cm ²	
$f_y =$	63,50	kN/cm ²	
$f_u =$	82,50	kN/cm ²	
$R_d =$	76,79	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_gf_u/1,35$)

1.3 Talas de conexão:

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	
$E =$	20000,00	kN/cm ²	: Módulo de elasticidade
$t_{f,tala} =$	1,27	cm	: Espessura das talas da mesa
$b_{f,tala\ ext} =$	17,10	cm	: Largura da chapa externa
$b_{f,tala\ int} =$	7,00	cm	: Largura da chapa interna
$A_m =$	39,50	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa
$t_w =$	0,80	cm	: Espessura das talas da alma
$h_w =$	20,00	cm	: Altura da chapa interna (inicial)
$A_m =$	32,00	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa

$A_t =$ cm^2 : Área total das talas

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$V_{sd,y} =$ kN
 $N_{sd} =$ kN : Tração
 $M_{sd,x} =$ kN.cm

$\gamma_{a1} =$
 $\gamma_{a2} =$

3. Determinação do número de parafusos**3.1 Determinação do esforço na mesa e alma****3.1.1 Quinhão de carga devido à normal**

$N_f =$ kN : Parcela da normal para as mesas
 $N_w =$ kN : Parcela da normal para a alma (somente para verificar o atrito)

3.1.2 Quinhão de carga devido ao momento fletor

$N_{t,mi} =$ kN : Tração na mesa inferior
 $N_{t,ms} =$ kN : Compressão na mesa superior

3.1.2 Esforço total nas mesas

$N_{mi} =$ kN : Inferior
 $N_{ms} =$ kN : Superior

3.2 Resistência ao deslizamento do parafuso (ELS)

$C_h =$: Furos padrão
 $\mu =$: Superfície classe A
 $F_{tb} =$ kN : Força de protensão mínima por parafuso
 $n_s =$: Número de planos de corte
 $F_{f,Rk} =$ kN : Força resistente por atrito

3.3 Quantidade de parafusos (2 linhas nas mesas e alma)

$n_{l,f} =$ un. : Número de linhas de parafuso nas mesas
 $n_{l,w} =$ un. : Número de linhas de parafuso na alma
 $n_{mesa} =$ un. : Número de parafusos por linha na mesa
 $n_{alma} =$ un. : Número de parafusos por linha na alma
 $n_t =$ un. : Número total de parafusos na conexão

Obs: Quantidade mínima de **3 linhas de dois parafusos na alma e 2 linhas de três parafusos nas mesas**

3.4 Layout da chapa

$d_b =$	6,00	cm	: Distância entre parafusos
$d_c =$	4,00	cm	: Distância entre parafuso e chapa
$d_t =$	1,00	cm	

4. Verificação da tala da mesa

4.1 Verificação da tala da mesa tracionada

$A_g =$	21,72	cm ²	: Área bruta
$A_e =$	16,26	cm ²	: Área efetiva
$N_{t,Rd} =$	541,87	kN	: $\leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$
$N_{t,Sd} =$	653,51	kN	REDIMENSIONAR

4.2 Verificação do colapso por rasgamento da tala tracionada

$A_{gv} =$	71,12	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	46,55	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	7,43	cm ²	: Área líquida tracionada
$C_{ts} =$	1,00		: tração uniforme
$F_{Rd} =$	1178,56	kN	: NBR 8800 item 6.5.6
$N_{t,Sd} =$	653,51	kN	OK!

4.3 Verificação da tala comprimida

$A_g =$	21,72	cm ²	: Área bruta
$I =$	2,92	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	9,00	cm	: Distância entre furos no centro da chapa
$N_e =$	16836,20	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,21		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,98		: Fator de redução
$N_{c,Rd} =$	668,55	kN	
$N_{c,Sd} =$	N.A.	kN	Não há compressão na seção

5. Verificação da tala da alma**5.1 Verificação do cisalhamento da tala da alma da viga**

$$A_{gv} = 16,00 \text{ cm}^2 : \text{Área bruta cisalhada}$$

$$A_{nv} = 10,84 \text{ cm}^2 : \text{Área líquida cisalhada}$$

$$F_{Rd} = 216,80 \text{ kN} : \leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$$

$$F_{Sd} = 9,50 \text{ kN} : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.2 Verificação do rasgamento da tala da alma da viga5.2.1 - 1ª Hipótese

$$C_{ts} = 1,00 : \text{Tração uniforme}$$

$$A_{gv} = 12,80 \text{ cm}^2 : \text{Área bruta cisalhada}$$

$$A_{nv} = 8,50 \text{ cm}^2 : \text{Área líquida cisalhada}$$

$$A_{nt} = 5,42 \text{ cm}^2 : \text{Área líquida tracionada}$$

$$F_{Rd1} = 350,67 \text{ kN} : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.2 - 2ª Hipótese

$$C_{ts} = 1,00 : \text{Tração uniforme}$$

$$A_{gv} = 25,60 \text{ cm}^2 : \text{Área bruta cisalhada}$$

$$A_{nv} = 17,00 \text{ cm}^2 : \text{Área líquida cisalhada}$$

$$A_{nt} = 3,08 \text{ cm}^2 : \text{Área líquida tracionada}$$

$$F_{Rd2} = 442,67 \text{ kN} : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.3 - Verificação

$$F_{Rd} = 350,67 \text{ kN} : \text{Esforço resistente mínimo}$$

$$F_{Sd} = 9,50 \text{ kN} : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.3 Verificação da flexão na tala da alma

5.3.1 Flambagem lateral com torção

$L_b =$	9,00	cm	: Comprimento entre furos na seção central da conexão
$I_y =$	0,85	cm ⁴	
$A =$	16,00	cm ²	
$r_y =$	0,23	cm	
$\lambda =$	38,97		: Esbeltez da chapa
$J =$	3,41	cm ⁴	
$Z_x =$	80,00	cm ³	
$M_{pl} =$	2760,00	kN.cm	
$\lambda_p =$	6,96		
$W_x =$	53,33	cm ³	
$M_r =$	1840,00	kN.cm	
$\lambda_r =$	160,65		
$C_b =$	1,00		

$M_{Rd1} =$	2509,09	kN.cm	: M_{pl}/γ_{a1}
$M_{Rd2} =$	2334,90	kN.cm	: $(C_b/\gamma_{a2}) * (M_{pl} - (M_{pl} - M_r) * (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p))$
$M_{Rd} =$	2334,90	kN.cm	

$M_{Sd} =$	71,25	kN.cm	:	OK!
------------	-------	-------	---	-----

5.3.2 Ruptura

$Z_e =$	59,36	cm ³	
$M_{Rd} =$	1978,67	kN.cm	
$M_{Sd} =$	71,25	kN.cm	: OK!

5.4 Verificação da flexão e do cisalhamento combinados

$\sigma_x =$	11,58	kN/cm ²	
$\tau =$	0,59	kN/cm ²	
$\sigma_{Rd} =$	31,36	kN/cm ²	
$\sigma_{Sd} =$	11,62	kN/cm ²	:

OK!

6. Verificação dos parafusos**6.1 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas das mesas** $F_{v,Sd} =$ kN : Esforço solicitante máximo por parafuso $F_{v,Rd} =$ kN : **6.2 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas da alma** $F_{x,Sd} =$ kN $F_{y,Sd} =$ kN $M_{z,Sd} =$ kN.cm $A =$ cm² $I_x =$ cm⁴ $I_y =$ cm⁴ $I_z =$ cm⁴ $\tau_{x,Sd} =$ kN/cm² $\tau_{y,Sd} =$ kN/cm² $\tau_{Sd} =$ kN/cm² $F_{v,Sd} =$ kN $F_{v,Rd} =$ kN : **6.3 Verificação da pressão de contato nas talas das mesas** $l_f =$ cm $F_{c,Sd} =$ kN $F_{c,Rd} =$ kN : **7. Verificação da flexão da viga com furos** $W_t =$ cm³ $A_{fg} =$ cm² $A_{fn} =$ cm²

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 66 de 259

$M_{Rd} =$ kN.cm

$M_{Sd} =$ kN.cm :

1.7 VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO – MODELO II

A verificação dos perfis metálicos quanto ao estado limite último segue as diretrizes preconizadas pela NBR 8800:2008 e demais normas complementares. São apresentados somente os casos críticos de dimensionamento.

1.7.1 Verificação dos Perfis

Bielas – As bielas são marcadas na Figura 1-16.

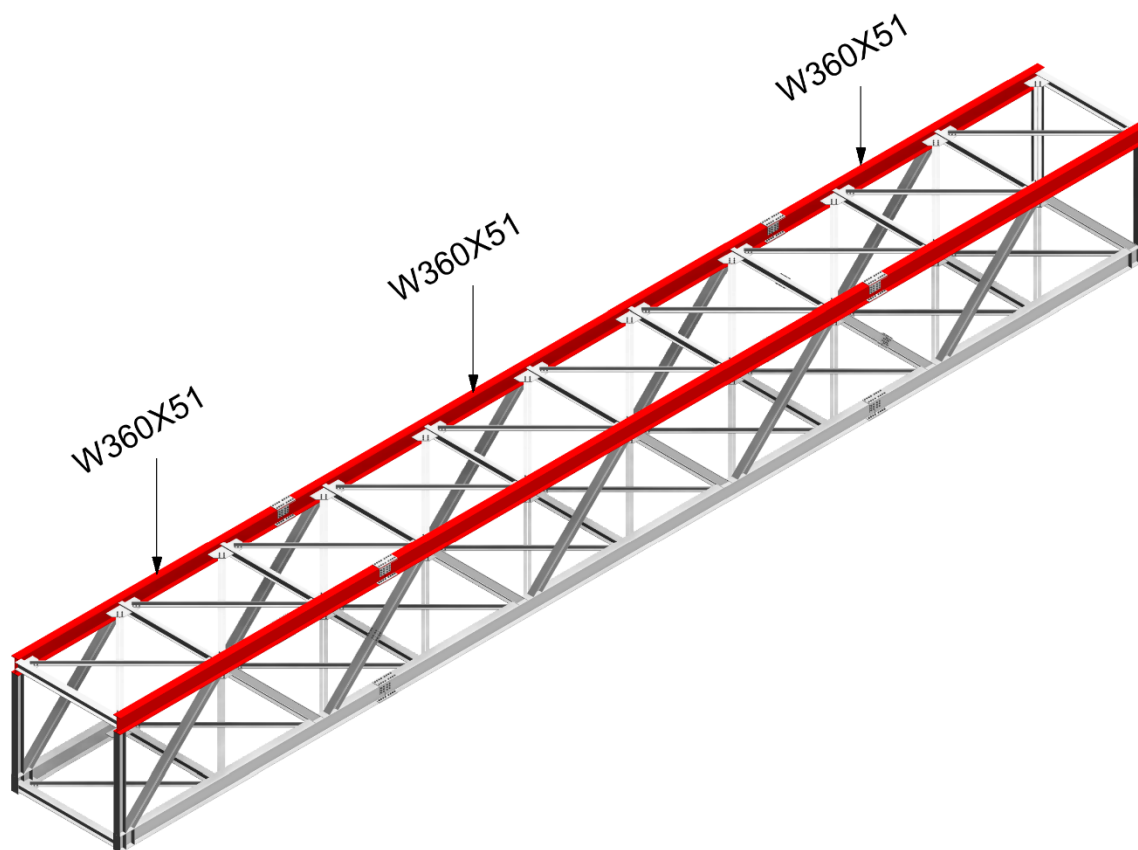
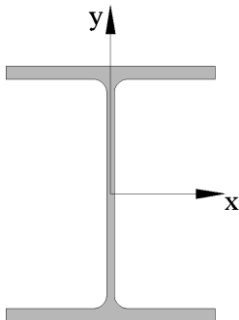


Figura 1-16 – Bielas do Modelo II.

Tabela 1.14 – Modelo II – Verificação das Bielas. Compressão Máxima.

Dados de Entrada		Verificações																																																																																																																					
Caso de Compressão Máxima COMB ELU1 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>5000</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-602</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0,1</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>0,2</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>1216</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>11</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	5000	Ly (mm)	2500	N(kN)	-602	Vx(kN)	0,1	Vy(kN)	0,2	Mx(kN.cm)	1216	My(kN.cm)	11	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil <table><tr><td>Limite</td><td>Real</td><td>Status</td><td>%</td><td></td></tr><tr><td>200</td><td>34</td><td>OK</td><td>16,9%</td><td>λ_x</td></tr><tr><td>200</td><td>65</td><td>OK</td><td>32,3%</td><td>λ_y</td></tr></table> 32,3% 2. Resistência à tração <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>N.A</td><td>0</td><td>N.A</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 3. Resistência à Compressão <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>1443</td><td>602</td><td>OK</td><td>41,7%</td><td>1,1</td></tr></table> 4. Resistência à Flexão eixo X-X <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>25390</td><td>1216</td><td>OK</td><td>4,8%</td><td>1,1</td></tr></table> 5. Resistência à Flexão eixo Y-Y <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>3554</td><td>11</td><td>OK</td><td>0,3%</td><td>1,1</td></tr></table> 6. Resistência ao esforço cortante eixo X <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>747</td><td>0,1</td><td>OK</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 7. Resistência ao esforço cortante eixo Y <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>481</td><td>0,2</td><td>OK</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 8. Resistência aos esforços Combinados Nsd/Nrd 0,417 <table><tr><td>Combinação</td><td>Limite</td><td>Resultado</td><td>Cálculo</td></tr><tr><td>N.Mx.My</td><td>100%</td><td>OK</td><td>46,3%</td></tr></table>					Limite	Real	Status	%		200	34	OK	16,9%	λ_x	200	65	OK	32,3%	λ_y	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	N.A	0	N.A	0,0%	1,1	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	1443	602	OK	41,7%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	25390	1216	OK	4,8%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	3554	11	OK	0,3%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	747	0,1	OK	0,0%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	481	0,2	OK	0,0%	1,1	Combinação	Limite	Resultado	Cálculo	N.Mx.My	100%	OK	46,3%
		Dados de Entrada																																																																																																																					
		Lx (mm)	5000																																																																																																																				
		Ly (mm)	2500																																																																																																																				
		N(kN)	-602																																																																																																																				
		Vx(kN)	0,1																																																																																																																				
		Vy(kN)	0,2																																																																																																																				
		Mx(kN.cm)	1216																																																																																																																				
		My(kN.cm)	11																																																																																																																				
		kx	1																																																																																																																				
ky	1																																																																																																																						
d (mm)	2500																																																																																																																						
Lb (mm)	2500																																																																																																																						
Material																																																																																																																							
ASTM A572GR50																																																																																																																							
Fy (kN/cm²)	34,5																																																																																																																						
Limite	Real	Status	%																																																																																																																				
200	34	OK	16,9%	λ_x																																																																																																																			
200	65	OK	32,3%	λ_y																																																																																																																			
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																																																																																																			
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
1443	602	OK	41,7%	1,1																																																																																																																			
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
25390	1216	OK	4,8%	1,1																																																																																																																			
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
3554	11	OK	0,3%	1,1																																																																																																																			
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
747	0,1	OK	0,0%	1,1																																																																																																																			
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
481	0,2	OK	0,0%	1,1																																																																																																																			
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																																																																																																				
N.Mx.My	100%	OK	46,3%																																																																																																																				

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 69 de 259

Tirantes – Os tirantes são marcados na Figura 1-17.

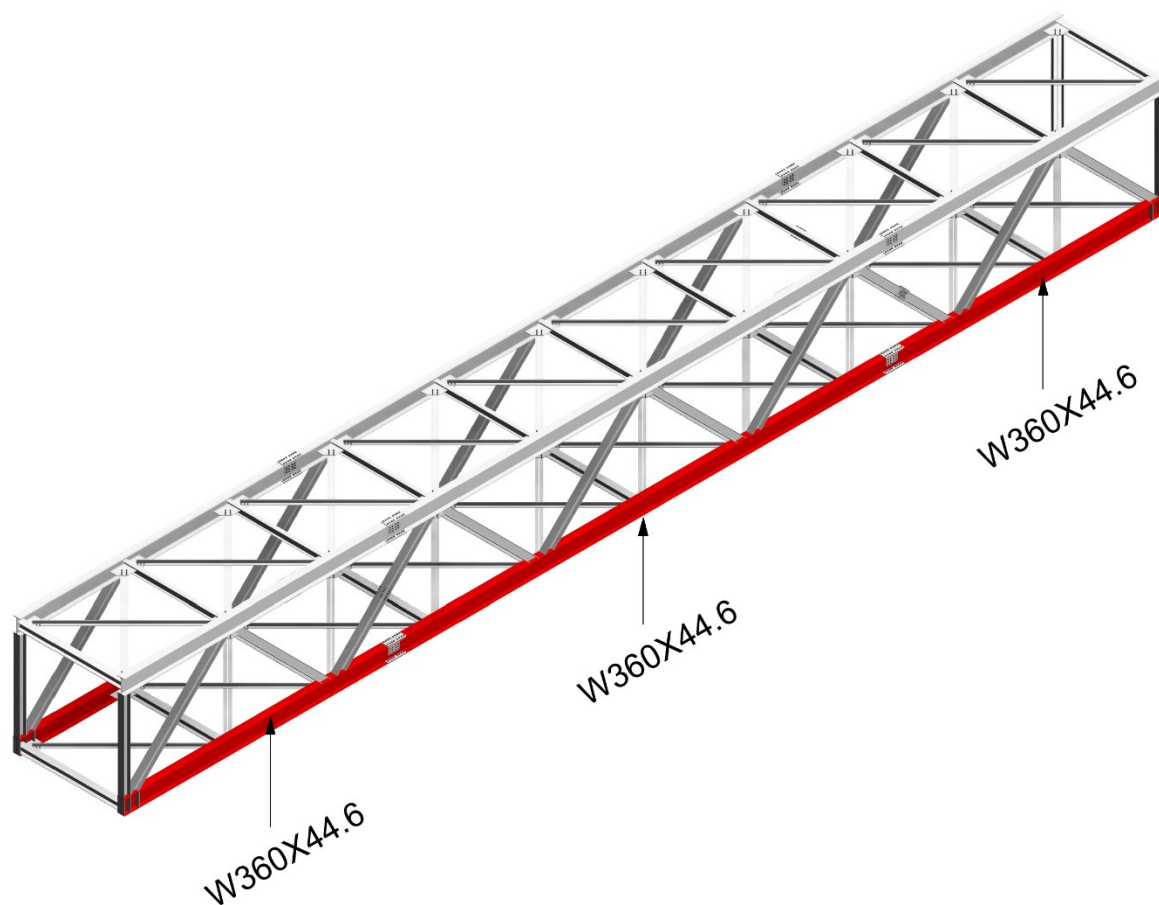
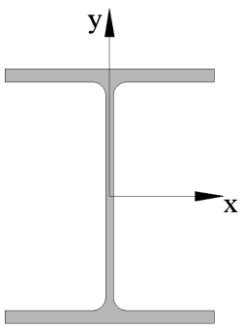


Figura 1-17 – Tirantes do Modelo II.

Tabela 1.15 – Modelo II – Verificação dos Tirantes. Tração Máxima.

Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Tração Máxima: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>5000</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>708</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0,1</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>15</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>673</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>20</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	5000	Ly (mm)	2500	N(kN)	708	Vx(kN)	0,1	Vy(kN)	15	Mx(kN.cm)	673	My(kN.cm)	20	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	5000																																	
		Ly (mm)	2500																																	
		N(kN)	708																																	
Vx(kN)	0,1																																			
Vy(kN)	15																																			
Mx(kN.cm)	673																																			
My(kN.cm)	20																																			
kx	1																																			
ky	1																																			
d (mm)	2500																																			
Lb (mm)	2500																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%	22,1%																																
300	34	OK	11,4%	λ_x																																
300	66	OK	22,1%	λ_y																																
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
1810	708	OK	39,1%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
21845	673	OK	3,1%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
3002	20	OK	0,7%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
631	0,1	OK	0,0%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
457	15	OK	3,3%	1,1																																
8. Resistência aos esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,391																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	42,5%																																	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 71 de 259

Diagonais – As diagonais são marcadas na Figura 1-12.

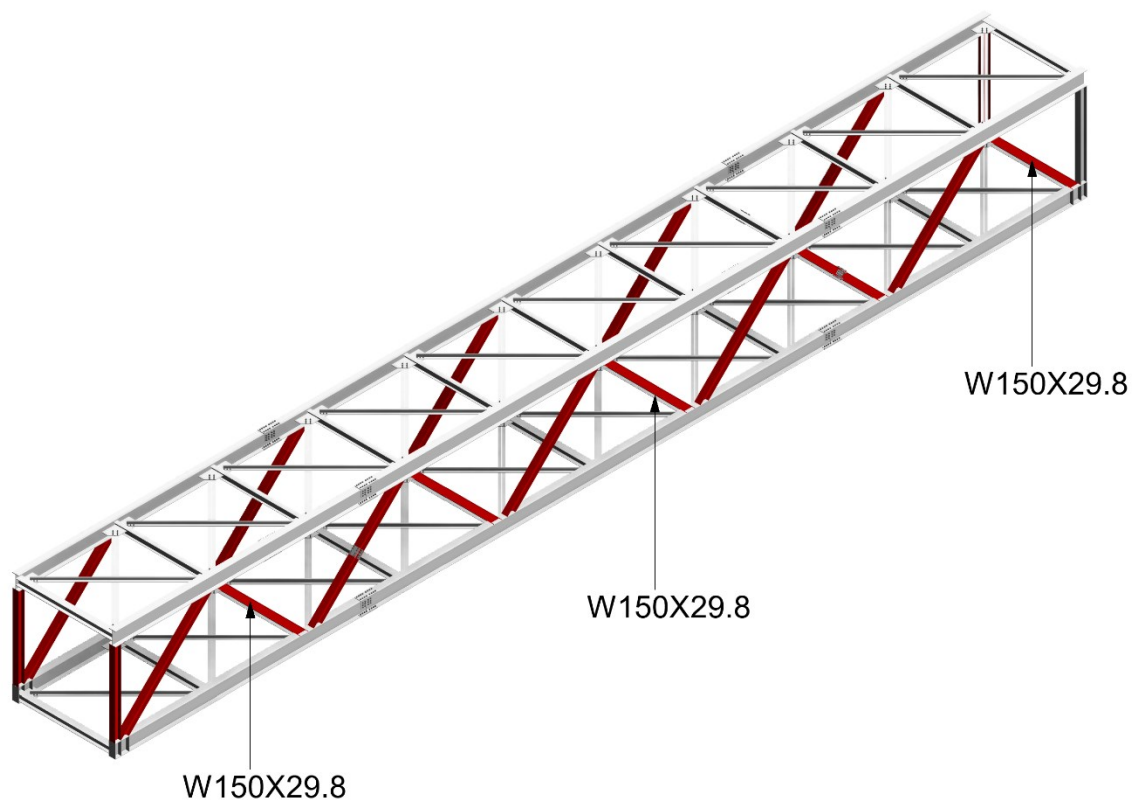


Figura 1-18 – Diagonais do Modelo II.

Tabela 1.16 – Modelo II – Verificação das Diagonais. Tração Máxima.

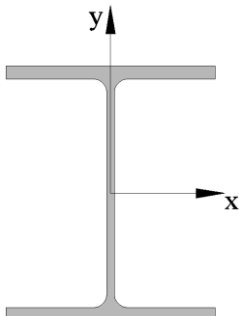
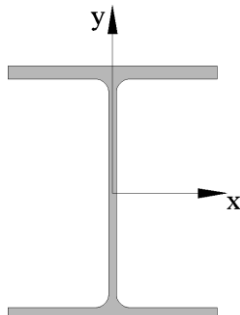
Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Tração Máxima: COMB ELU2 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>289</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>3</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>1</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>148</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>446</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	3535	Ly (mm)	3535	N(kN)	289	Vx(kN)	3	Vy(kN)	1	Mx(kN.cm)	148	My(kN.cm)	446	kx	1	ky	1	d (mm)	3535	Lb (mm)	3535	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	3535																																	
		Ly (mm)	3535																																	
		N(kN)	289																																	
		Vx(kN)	3																																	
		Vy(kN)	1																																	
		Mx(kN.cm)	148																																	
		My(kN.cm)	446																																	
		kx	1																																	
ky	1																																			
d (mm)	3535																																			
Lb (mm)	3535																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%	31,0%																																
300	53	OK	17,5%	λ_x																																
300	93	OK	31,0%	λ_y																																
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
1208	289	OK	23,9%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
6588	148	OK	2,2%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
3416	446	OK	13,1%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
536	3	OK	0,6%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
195	1	OK	0,5%	1,1																																
8. Resistência aos esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,239																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	37,5%																																	

Tabela 1.17 – Modelo II – Verificação das Diagonais. Compressão Máxima.

Dados de Entrada		Verificações																																
Caso de Compressão Máxima: COMB ELU2		1. Verificação da Esbeltez do perfil																																
		Limite	Real	Status	%	46,5%																												
		200	53	OK	26,3%	λ_x																												
		200	93	OK	46,5%	λ_y																												
Dados de Entrada <table><tr><td>Lx (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-299</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>3</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>2</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>452</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>527</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Lx (mm)	3535	Ly (mm)	3535	N(kN)	-299	Vx(kN)	3	Vy(kN)	2	Mx(kN.cm)	452	My(kN.cm)	527	kx	1	ky	1	d (mm)	3535	Lb (mm)	3535	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	2. Resistência à tração				
		Lx (mm)	3535																															
		Ly (mm)	3535																															
		N(kN)	-299																															
		Vx(kN)	3																															
		Vy(kN)	2																															
		Mx(kN.cm)	452																															
		My(kN.cm)	527																															
		kx	1																															
		ky	1																															
		d (mm)	3535																															
		Lb (mm)	3535																															
Material																																		
ASTM A572GR50																																		
Fy (kN/cm²)	34,5																																	
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																														
3. Resistência à Compressão																																		
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
651	299	OK	45,9%	1,1																														
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																		
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																														
6588	452	OK	6,9%	1,1																														
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																		
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																														
3416	527	OK	15,4%	1,1																														
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																		
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
536	3	OK	0,6%	1,1																														
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																		
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
195	2	OK	1,0%	1,1																														
8. Resistência aos esforços Combinados																																		
Nsd/Nrd		0,459																																
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																															
N.Mx.My	100%	OK	65,7%																															

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 74 de 259

Apoio do SteelDeck – Os perfis de apoio da laje steeldeck são marcadas na Figura 1-19.

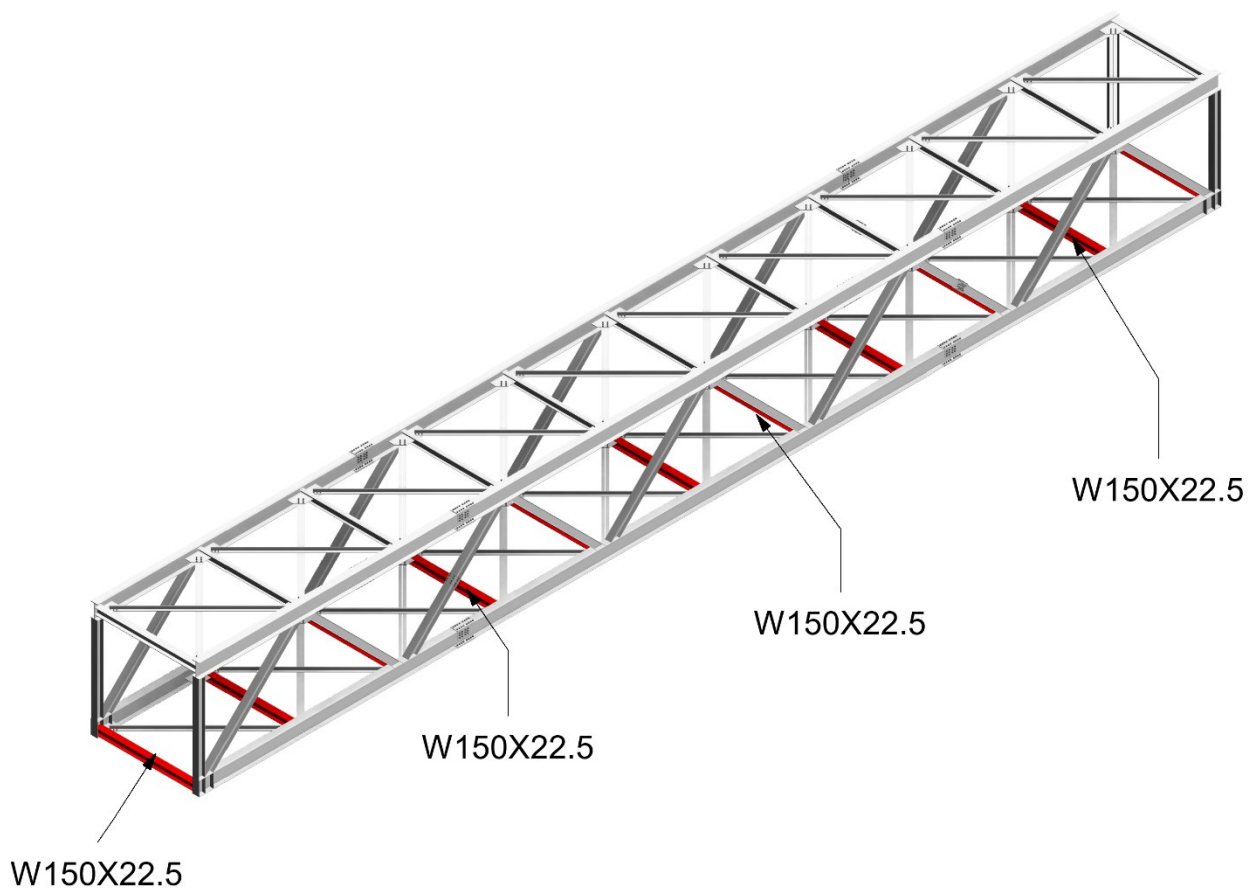
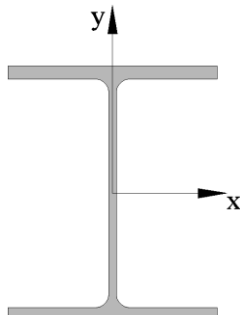


Figura 1-19 – Apoio do Steeldeck do Modelo II.

Tabela 1.18 – Modelo II – Verificação do Apoio do Steeldeck. Momento X Máximo.

Dados de Entrada		Verificações				
Caso de Momento Máximo: COMB ELU3		1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Limite	Real	Status	%	34,2%
		200	38	OK	19,2%	λ_x
		200	68	OK	34,2%	λ_y
Dados de Entrada		2. Resistência à tração				
		Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		N.A	0	N.A	0,0%	1,1
Lx (mm) 2500 Ly (mm) 2500 N(kN) -19 Vx(kN) 4 Vy(kN) 47 Mx(kN.cm) 2796 My(kN.cm) 280 kx 1 ky 1 d (mm) 2500 Lb (mm) 2500		3. Resistência à Compressão				
		Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		651	19	OK	2,9%	1,1
Material ASTM A572GR50 Fy (kN/cm²) 34,5		4. Resistência à Flexão eixo X-X				
		Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}
		5099	2796	OK	54,8%	1,1
Convenção de eixos locais:		5. Resistência à Flexão eixo Y-Y				
		Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}
		2243	280	OK	12,5%	1,1
		6. Resistência ao esforço cortante eixo X				
		Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		378	4	OK	1,1%	1,1
		7. Resistência ao esforço cortante eixo Y				
		Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		166	47	OK	28,3%	1,1
		8. Resistência aos esforços Combinados				
		Nsd/Nrd 0,029				
		Combinação	Limite	Resultado	Cálculo	
		N.Mx.My	100%	OK	68,8%	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 76 de 259

Montantes – Os montantes são marcados na Figura 1-20.

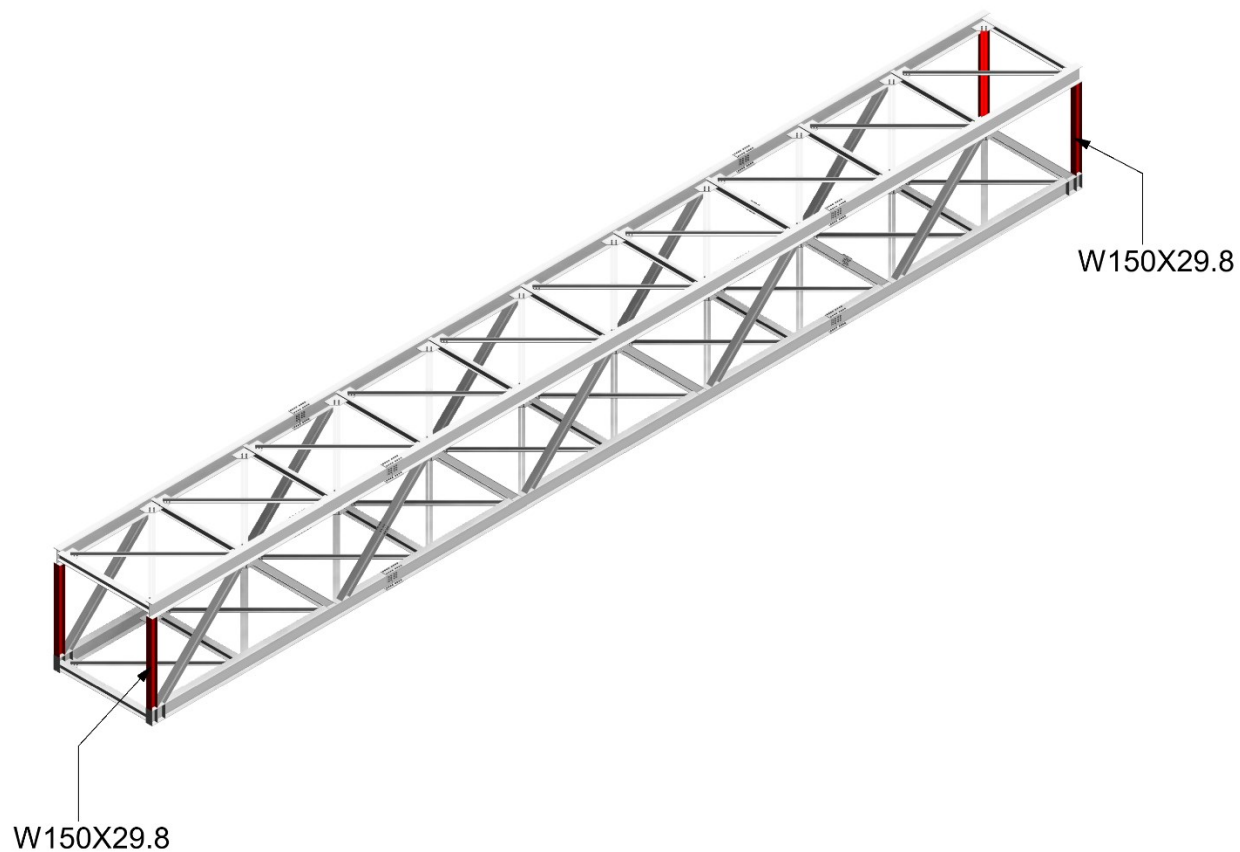
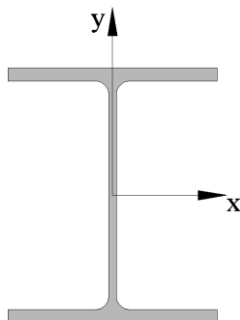


Figura 1-20 – Montantes do Modelo II.

Tabela 1.19 – Modelo II – Verificação dos Montantes. Compressão Máxima.

Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Compressão Máxima: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-26</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>18</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>6</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>817</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>2252</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	-26	Vx(kN)	18	Vy(kN)	6	Mx(kN.cm)	817	My(kN.cm)	2252	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	2500																																	
		Ly (mm)	2500																																	
		N(kN)	-26																																	
		Vx(kN)	18																																	
		Vy(kN)	6																																	
		Mx(kN.cm)	817																																	
		My(kN.cm)	2252																																	
		kx	1																																	
ky	1																																			
d (mm)	2500																																			
Lb (mm)	2500																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%	32,9%																																
200	37	OK	18,6%	λ_x																																
200	66	OK	32,9%	λ_y																																
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
887	26	OK	2,9%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
7226	817	OK	11,3%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
3416	2252	OK	65,9%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
536	18	OK	3,4%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
195	6	OK	3,1%	1,1																																
8. Resistência aos esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,029																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	78,7%																																	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 78 de 259

Travamento Superior – Os perfis do travamento superior são marcados na Figura 1-21.

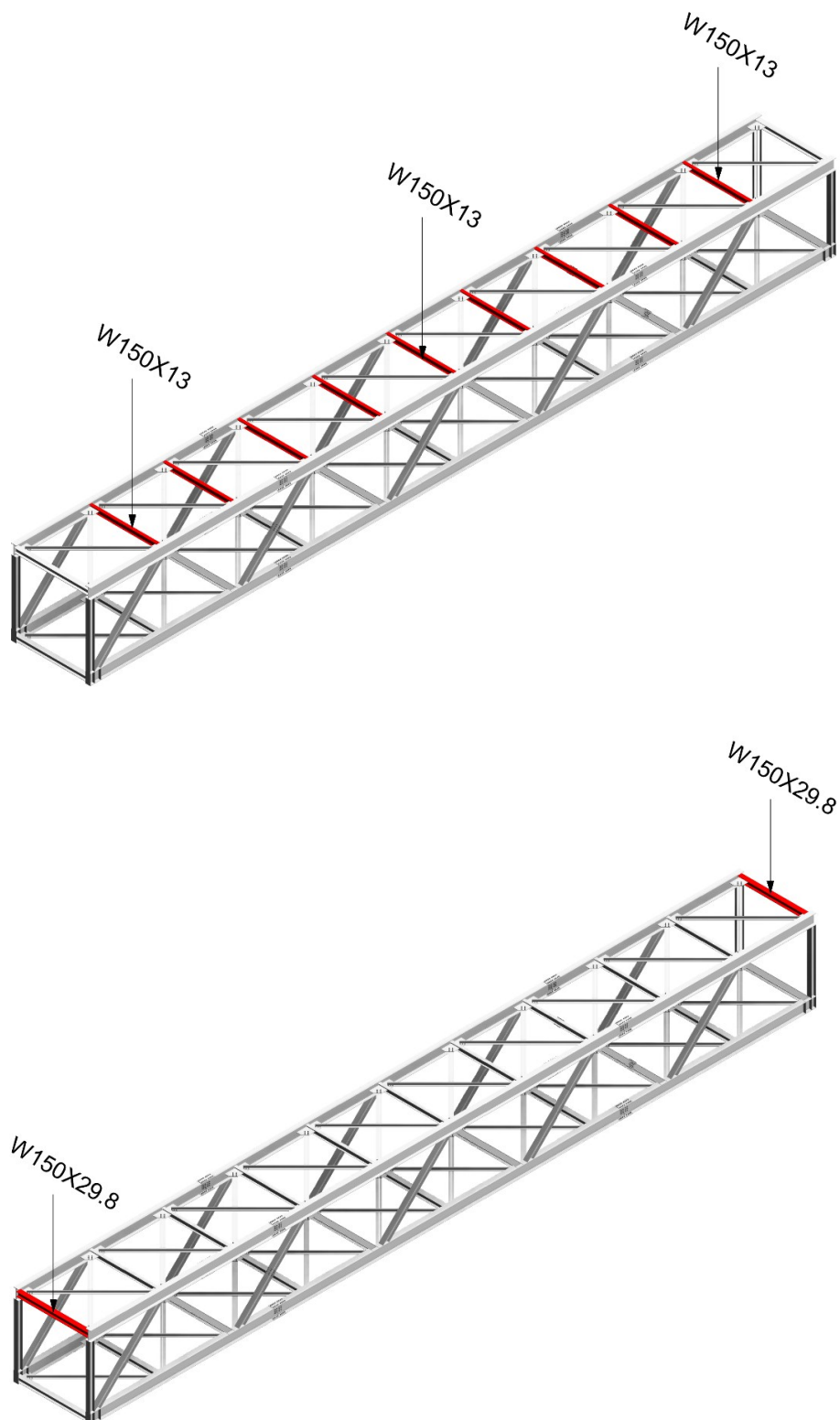


Figura 1-21 – Travamento Superior do Modelo II.

Tabela 1.20 – Modelo II – Verificação do Travamento Superior Interno. Tração Máxima.

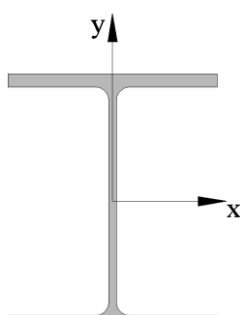
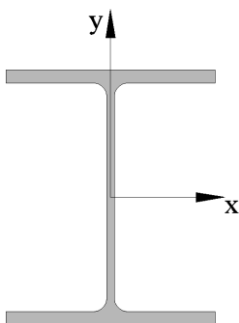
Dados de Entrada		Verificações																																																	
Caso de tração máxima: COMB ELU5 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>67</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>0,3</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>17</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>0,1</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><th colspan="2">Material</th></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	67	Vx(kN)	0	Vy(kN)	0,3	Mx(kN.cm)	17	My(kN.cm)	0,1	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil <table><tr><td>Limite</td><td>Real</td><td>Status</td><td>%</td><td></td></tr><tr><td>300</td><td>40</td><td>OK</td><td>13,5%</td><td>λ_x</td></tr><tr><td>300</td><td>113</td><td>OK</td><td>37,5%</td><td>λ_y</td></tr></table>					Limite	Real	Status	%		300	40	OK	13,5%	λ_x	300	113	OK	37,5%	λ_y
		Dados de Entrada																																																	
		Lx (mm)	2500																																																
		Ly (mm)	2500																																																
		N(kN)	67																																																
Vx(kN)	0																																																		
Vy(kN)	0,3																																																		
Mx(kN.cm)	17																																																		
My(kN.cm)	0,1																																																		
kx	1																																																		
ky	1																																																		
d (mm)	2500																																																		
Lb (mm)	2500																																																		
Material																																																			
ASTM A572GR50																																																			
Fy (kN/cm²)	34,5																																																		
Limite	Real	Status	%																																																
300	40	OK	13,5%	λ_x																																															
300	113	OK	37,5%	λ_y																																															
2. Resistência à tração <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>521</td><td>67</td><td>OK</td><td>12,9%</td><td>1,1</td></tr></table>					Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	521	67	OK	12,9%	1,1																																					
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																															
521	67	OK	12,9%	1,1																																															
3. Resistência à Compressão <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>N.A</td><td>0</td><td>N.A</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table>					Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																					
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																															
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																															
4. Resistência à Flexão eixo X-X <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>2157</td><td>17</td><td>OK</td><td>0,8%</td><td>1,1</td></tr></table>					Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	2157	17	OK	0,8%	1,1																																					
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																															
2157	17	OK	0,8%	1,1																																															
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>506</td><td>0,1</td><td>OK</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table>					Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	506	0,1	OK	0,0%	1,1																																					
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																															
506	0,1	OK	0,0%	1,1																																															
6. Resistência ao esforço cortante eixo X <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>184</td><td>0</td><td>N.A</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table>					Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	184	0	N.A	0,0%	1,1																																					
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																															
184	0	N.A	0,0%	1,1																																															
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>120</td><td>0,3</td><td>OK</td><td>0,3%</td><td>1,1</td></tr></table>					Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	120	0,3	OK	0,3%	1,1																																					
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																															
120	0,3	OK	0,3%	1,1																																															
8. Resistência aos esforços Combinados Nsd/Nrd 0,129 <table><tr><td>Combinação</td><td>Limite</td><td>Resultado</td><td>Cálculo</td></tr><tr><td>N.Mx.My</td><td>100%</td><td>OK</td><td>7,2%</td></tr></table>					Combinação	Limite	Resultado	Cálculo	N.Mx.My	100%	OK	7,2%																																							
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																																
N.Mx.My	100%	OK	7,2%																																																

Tabela 1.21 – Modelo II – Verificação do Travamento Superior Extremidade. Momento X Máximo.

Dados de Entrada		Verificações																																
Caso de Momento X Máximo: COMB ELU4		1. Verificação da Esbeltez do perfil																																
		Limite	Real	Status	%	32,9%																												
		200	37	OK	18,6%	λ_x																												
		200	66	OK	32,9%	λ_y																												
Dados de Entrada <table><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-5</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>18</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>2154</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>3</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table>		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	-5	Vx(kN)	0	Vy(kN)	18	Mx(kN.cm)	2154	My(kN.cm)	3	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	2. Resistência à tração				
		Lx (mm)	2500																															
		Ly (mm)	2500																															
		N(kN)	-5																															
		Vx(kN)	0																															
		Vy(kN)	18																															
		Mx(kN.cm)	2154																															
		My(kN.cm)	3																															
		kx	1																															
		ky	1																															
d (mm)	2500																																	
Lb (mm)	2500																																	
Material																																		
ASTM A572GR50																																		
Fy (kN/cm²)	34,5																																	
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																														
		3. Resistência à Compressão																																
		Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																												
		887	5	OK	0,6%	1,1																												
		4. Resistência à Flexão eixo X-X																																
		Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																												
		7226	2154	OK	29,8%	1,1																												
		5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																
		Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																												
		3416	3	OK	0,1%	1,1																												
		6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																
		Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																												
		536	0	N.A	0,0%	1,1																												
		7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																
		Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																												
		195	18	OK	9,2%	1,1																												
Convenção de eixos locais: 		8. Resistência aos esforços Combinados																																
		Nsd/Nrd 0,006																																
		Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																													
N.Mx.My	100%	OK	30,2%																															

1.7.2 Verificação das Conexões

Conexão 1 – Diagonal e Biela/Tirante – Seção no Apoio.

PL25/PL20 - Verificação da conexão entre diagonal e tirante

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

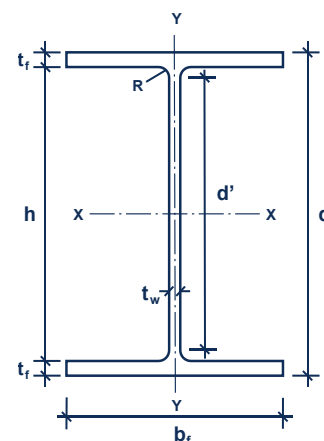
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

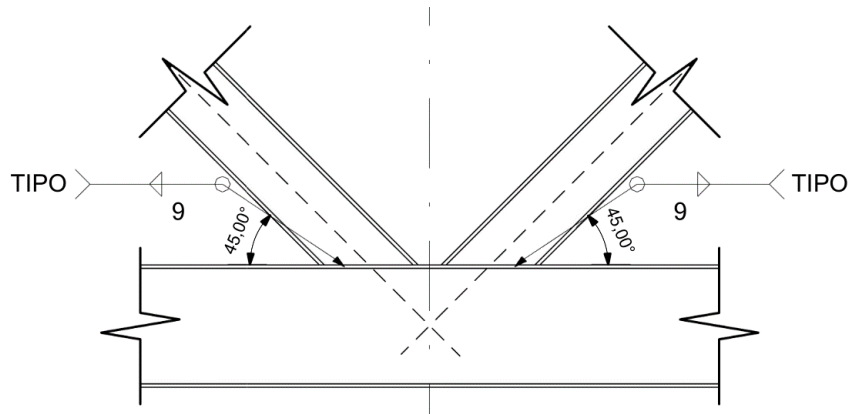
1.1.2 Perfil de apoio

Perfil	W 360 x 44,0
$d =$	35,20 cm
$b_f =$	17,10 cm
$t_w =$	0,69 cm
$t_f =$	0,98 cm
$h =$	33,20 cm
$d' =$	30,80 cm
$R =$	1,20 cm
$A =$	57,70 cm ²



1.1.3 Perfil da diagonal

Perfil	W 150 x 29,8 (H)
$d =$	15,70 cm
$b_f =$	15,30 cm
$t_w =$	0,66 cm
$t_f =$	0,93 cm
$h =$	13,80 cm
$d' =$	11,80 cm
$R =$	1,00 cm
$A =$	38,50 cm ²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$\theta =$	45,00	°	: Ângulo da diagonal em relação à diagonal
$N_{sd} =$	-299,00	kN	: Compressão

$$N_{sd,f} = -110,51 \text{ kN} : \text{Quinhão de carga da mesa}$$

$$N_{sd,w} = -77,40 \text{ kN} : \text{Quinhão de carga da alma}$$

$$\gamma_{a1} = 1,10$$

$$\gamma_{a2} = 1,35$$

$$\gamma_{w2} = 1,35$$

3. Verificação da solda**3.1 Verificação da tensão da solda**

$$\tau_{Rd} = 21,56 \text{ kN/cm}^2 : \text{Tensão resistente da solda}$$

$$\tau_{sd,f} = 11,46 \text{ kN/cm}^2 : \text{Solda da mesa} \rightarrow \text{OK!}$$

$$\tau_{sd,w} = 10,41 \text{ kN/cm}^2 : \text{Solda da alma} \rightarrow \text{OK!}$$

3. Verificação da alma do perfil apoiado

OBS: Para as verificações a seguir tem-se como hipótese de cálculo que a força normal é transferida pelas mesas.

3.2 Verificação da Flexão local da mesa

$$R_{d,res} = 188,26 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 6.2.5}$$

$$R_{sd} = \text{N.A.} \text{ kN} : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) \cdot \sin(\theta) \quad \text{Não há tração!}$$

3.3 Verificação do Escoamento local da alma

$$F_{Rd} = 161,05 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.3}$$

$$R_{sd} = 105,50 \text{ kN} : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) \cdot \sin(\theta) \quad \text{Sem reforço de alma}$$

3.4 Verificação do Enrugamento da alma

$$I_n/d = 0,04$$

$$F_{Rd} = 150,76 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.4}$$

$$R_{sd} = 105,50 \text{ kN} : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) \cdot \sin(\theta) \quad \text{Sem reforço de alma}$$

3.3 Verificação da Flambagem lateral da alma

Obs: Como a alma é travada pelo perfil de apoio do steel deck, a verificação ao FLA não é necessária

Conexão 1 – Diagonal e Biela/Tirante – Seção @2,5m do apoio.

PL25/PL20 - Verificação da conexão entre diagonal e tirante

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

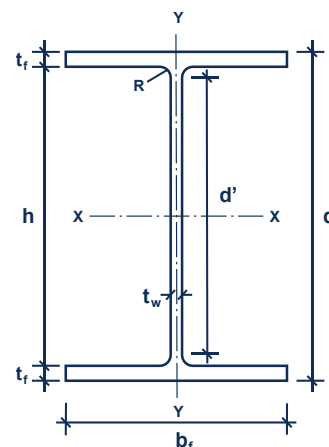
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

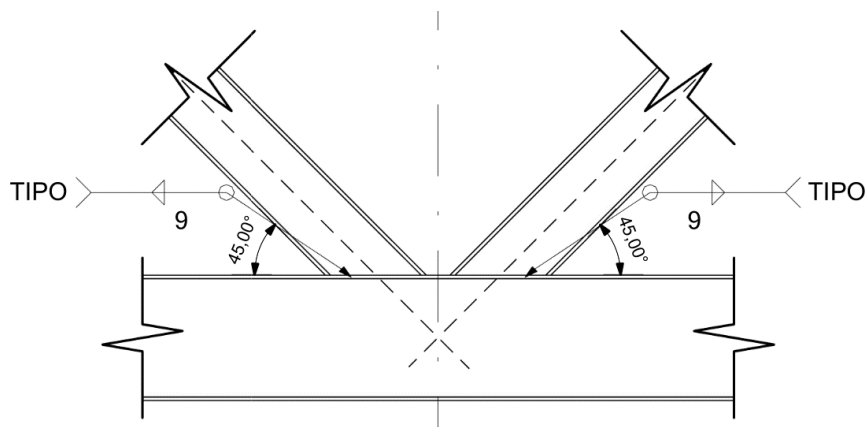
1.1.2 Perfil de apoio

Perfil	W 360 x 51,0
$d =$	35,50 cm
$b_f =$	17,10 cm
$t_w =$	0,72 cm
$t_f =$	1,16 cm
$h =$	33,20 cm
$d' =$	30,80 cm
$R =$	1,20 cm
$A =$	64,80 cm ²



1.1.3 Perfil da diagonal

Perfil	W 150 x 29,8 (H)
$d =$	15,70 cm
$b_f =$	15,30 cm
$t_w =$	0,66 cm
$t_f =$	0,93 cm
$h =$	13,80 cm
$d' =$	11,80 cm
$R =$	1,00 cm
$A =$	38,50 cm ²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$\theta =$	45,00	°	: Ângulo da diagonal em relação à diagonal
$N_{sd} =$	-299,00	kN	: Compressão

$N_{sd,f} =$ kN : Quinhão de carga da mesa

 $N_{sd,w} =$ kN : Quinhão de carga da alma

 $\gamma_{a1} =$
 $\gamma_{a2} =$
 $\gamma_{w2} =$

3. Verificação da solda

3.1 Verificação da tensão da solda

 $\tau_{Rd} =$ kN/cm² : Tensão resistente da solda

 $\tau_{sd,f} =$ kN/cm² : Solda da mesa ->
 $\tau_{sd,w} =$ kN/cm² : Solda da alma ->

3. Verificação da alma do perfil apoiado

OBS: Para as verificações a seguir tem-se como hipótese de cálculo que a força normal é transferida pelas mesas.

3.2 Verificação da Flexão local da mesa

 $R_{d,res} =$ kN : NBR 8800:2008 item 6.2.5

 $R_{sd} =$ kN : $(N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) \cdot \sin(\theta)$

3.3 Verificação do Escoamento local da alma

 $F_{Rd} =$ kN : NBR 8800:2008 item 5.7.3

 $R_{sd} =$ kN : $(N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) \cdot \sin(\theta)$

3.4 Verificação do Enrugamento da alma

 $I_n/d =$
 $F_{Rd} =$ kN : NBR 8800:2008 item 5.7.4

 $R_{sd} =$ kN : $(N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) \cdot \sin(\theta)$

3.3 Verificação da Flambagem lateral da alma

Obs: Como a alma é travada pelo perfil de apoio do steel deck, a verificação ao FLA não é necessária

Conexão 1 – Diagonal e Biela/Tirante – Seção @5m do apoio.

PL25/PL20 - Verificação da conexão entre diagonal e tirante

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

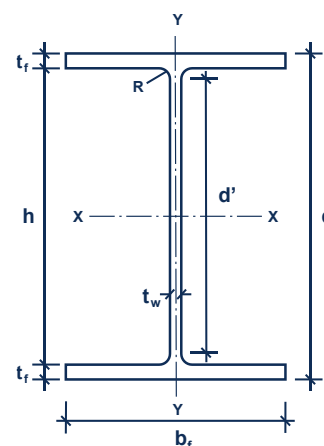
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

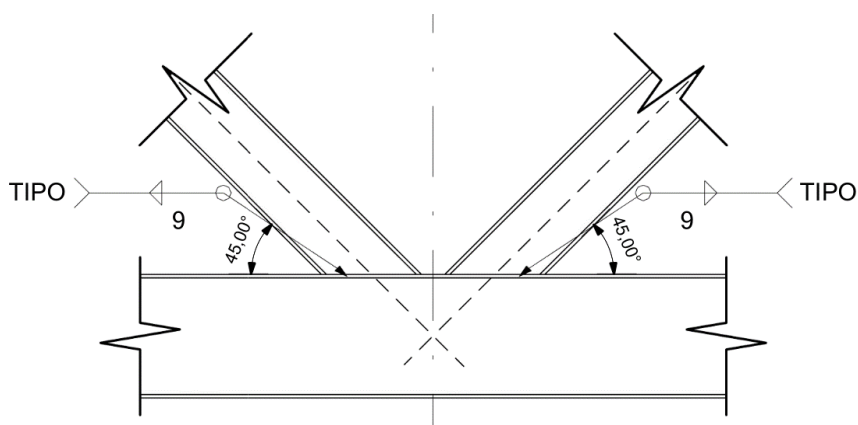
1.1.2 Perfil de apoio

Perfil	W 360 x 44,0
$d =$	35,20 cm
$b_f =$	17,10 cm
$t_w =$	0,69 cm
$t_f =$	0,98 cm
$h =$	33,20 cm
$d' =$	30,80 cm
$R =$	1,20 cm
$A =$	57,70 cm ²



1.1.3 Perfil da diagonal

Perfil	W 150 x 29,8 (H)
$d =$	15,70 cm
$b_f =$	15,30 cm
$t_w =$	0,66 cm
$t_f =$	0,93 cm
$h =$	13,80 cm
$d' =$	11,80 cm
$R =$	1,00 cm
$A =$	38,50 cm ²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$\theta =$	45,00	°	: Ângulo da diagonal em relação à diagonal
$N_{sd} =$	288,00	kN	: Tração

$$N_{sd,f} = 106,44 \text{ kN} \quad : \text{Quinhão de carga da mesa}$$

$$N_{sd,w} = 74,55 \text{ kN} \quad : \text{Quinhão de carga da alma}$$

$$\gamma_{a1} = 1,10$$

$$\gamma_{a2} = 1,35$$

$$\gamma_{w2} = 1,35$$

3. Verificação da solda

3.1 Verificação da tensão da solda

$$\tau_{Rd} = 21,56 \text{ kN/cm}^2 \quad : \text{Tensão resistente da solda}$$

$$\tau_{sd,f} = 11,04 \text{ kN/cm}^2 \quad : \text{Solda da mesa -> OK!}$$

$$\tau_{sd,w} = 10,03 \text{ kN/cm}^2 \quad : \text{Solda da alma -> OK!}$$

3. Verificação da alma do perfil apoiado

Para as verificações a seguir tem-se como hipótese de cálculo que a força normal é transferida pelas mesas

3.2 Verificação da Flexão local da mesa

$$R_{d,res} = 188,26 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800:2008 item 6.2.5}$$

$$R_{sd} = 79,08 \text{ kN} \quad : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \quad \text{Sem reforço de alma}$$

3.3 Verificação do Escoamento local da alma

$$F_{Rd} = 290,78 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.3}$$

$$R_{sd} = 101,62 \text{ kN} \quad : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \quad \text{Sem reforço de alma}$$

3.4 Verificação do Enrugamento da alma

$$I_n/d = 0,04$$

$$F_{Rd} = 301,52 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.4}$$

$$R_{sd} = \text{N.A.} \text{ kN} \quad : (N_{sd,f} + N_{sd,w}/2) * \sin(\theta) \quad \text{Não há compressão!}$$

3.3 Verificação da Flambagem lateral da alma

Obs: Como a alma é travada pelo perfil de apoio do steel deck, a verificação ao FLA não é necessária

Conexão 2 – Apoio do Steeldeck e Tirante – Cortante Máximo

PL25/PL20 - Verificação da conexão entre o apoio do steeldeck e tirante

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

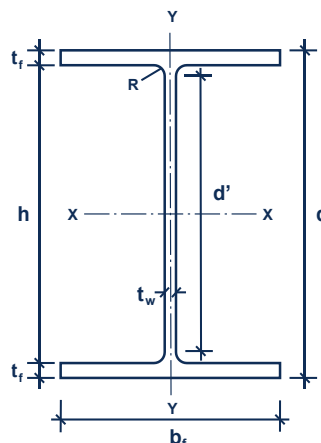
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

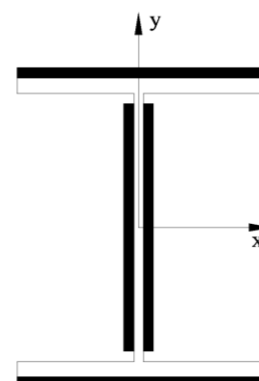
1.1.2 Apoio do steeldeck

Perfil	W 150 x 22,5 (H)	
d =	15,20	cm
bf =	15,20	cm
tw =	0,58	cm
tf =	0,66	cm
h =	13,90	cm
d' =	11,90	cm
R =	1,00	cm
A =	29,00	cm ²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva
$I_x =$	1377,39	cm ⁴	: Momento de inércia da solda em relação ao eixo x
$I_y =$	378,91	cm ⁴	: Momento de inércia da solda em relação ao eixo y
$A =$	34,15	cm ²	: Área da Solda



2. Esforços Solicitantes na Conexão e Coeficientes de Ponderação:

$N_{sd} =$	-56,00	kN	: Compressão
$V_{sd,y} =$	58,00	kN	: Cortante vertical
$V_{sd,z} =$	0,00	kN	: Cortante horizontal (transferência de tração do tirante para a laje)
$M_{sd,x} =$	729,00	kN.cm	: Momento fletor em torno de x
$M_{sd,y} =$	14,00	kN.cm	: Momento fletor em torno de y

$\gamma_{a1} =$	1,10
$\gamma_{a2} =$	1,35
$\gamma_{w2} =$	1,35

3. Verificação da solda $\tau_{Rd} =$ kN/cm^2 : Tensão resistente da solda**3.1 Verificação ao cortante vertical (VSd,y)** $\tau_{Sd,v} =$ kN/cm^2 : Tensão devido ao cortante $\tau_{Sd,m} =$ kN/cm^2 : Tensão devido ao momento $\tau_{Sd} =$ kN/cm^2 : Esforço combinado **3.1 Verificação ao cortante horizontal (VSd,x)** $\tau_{Sd,v} =$ kN/cm^2 : Tensão devido ao cortante $\tau_{Sd,m} =$ kN/cm^2 : Tensão devido ao momento $\tau_{Sd} =$: Esforço combinado

Obs: Assume-se que os filetes da alma absorvem o cortante vertical e os horizontais o cortante horizontal

Conexão 3 – Contraventamentos – Tração Máxima

PL25/PL20 - LIGAÇÃO ENTRE CONTRAVENTAMENTO E GOUSSET

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Chapa gousset

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A572
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

1.1.2 Dados geométricos

$e =$	1,00	cm	: Espessura
$L =$	35,00	cm	: Lado

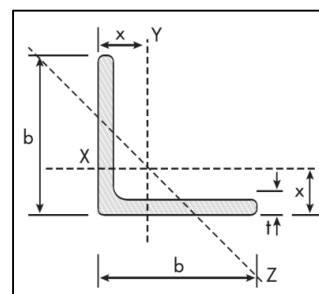
1.2 Perfil de contraventamento

1.2.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

1.2.2 Dados geométricos

Perfil	L63,5X7,44	
$b =$	6,35	cm
$t =$	0,79	cm
$A =$	9,48	cm ²
$dt =$	1,00	cm
I_x	35,00	cm ⁴
I_y	35,00	cm ⁴
x	1,88	cm
		: Distância entre chapas
		: centróide



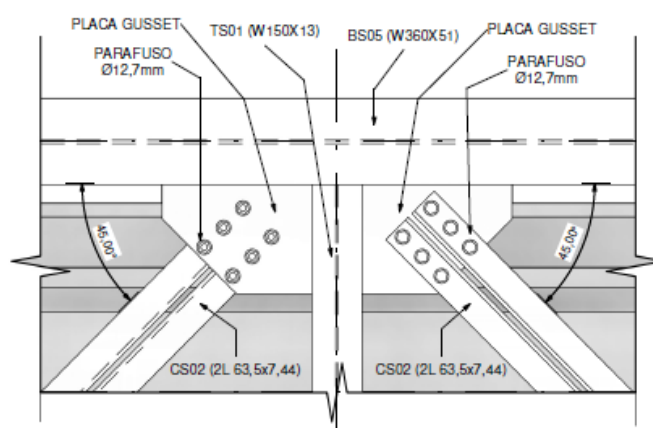
1.3 Parafusos

1.3.1 Material

$f_y =$	63,50	kN/cm ²
$f_u =$	82,50	kN/cm ²

1.3.2 Geometria e resistência

$d_b =$	1,27	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,42	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	1,27	cm ²	
R_d	30,97	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_gf_u/1,35$)



1.4 Solda de fixação da chapa gousset

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$N_{sd} =$ kN :Tração

$\gamma_{a1} =$

$\gamma_{a2} =$

3. Determinação da quantidade de parafusos ao cisalhamento

3.3 Quantidade de parafusos (1 linha em cada cantoneira)

$n_{lc} =$ un. : Número de linhas de parafuso na cantoneira
 $n =$ un. : Número de parafusos por linha na cantoneira (≥ 2)

3.4 Layout dos furos

$d_b =$ cm : Distância entre parafusos -> OK!
 $d_c =$ cm : Distância entre parafuso e bordas -> OK!
 $d_{b,T} =$ cm : Distância transversal entre furos
 $L =$ cm : Comprimento do perfil dentro da chapa -> OK!

4. Verificação da chapa gousset

4.1 Verificação da pressão de contato

$F_{sd} =$ kN : Força atuante em cada parafuso
 $l_f =$ cm

$F_{c,Rd} =$ kN : Força resistente de cálculo ->

4.2 Verificação à tração (verificação localizada para perfil conectado à chapa)

$l_{wt} =$ cm : Comprimento da seção whitmore
 $A_{gt} =$ cm² : Área bruta tracionada
 $A_{et} =$ cm² : Área líquida tracionada

$F_{Rd,t} =$ kN : Força resistente de cálculo ->

4.3 Verificação ao rasgamento (bloco formado por todos os parafusos da chapa)

$A_{gv} =$	13,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	9,45	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	6,46	cm ²	: Área líquida tracionada

$F_{r,Rd} =$ 318,28 kN : Força resistente ->

OK!

4.4 Verificação ao cisalhamento

$F_{Sd} =$ 51,62 kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$	30,00	cm	: Comprimento da chapa na direção transversal
$L_L =$	35,00	cm	: Comprimento da chapa na direção longitudinal

$A_{gv,T} = A_{nv,T}$	30,00	cm ²	: Área cisalhada na direção transversal
$A_{gv,L} = A_{nv,L}$	35,00	cm ²	: Área cisalhada na direção longitudinal

$F_{Rd,T} =$ 564,55 kN : Resistente Transversal

OK!

$F_{Rd,L} =$ 658,64 kN : Resistente Longitudinal

OK!

4.5 Verificação à compressão

$l_{wt} =$	12,70	cm	: Comprimento da seção whitmore
$A_g =$	12,70	cm ²	: Área bruta
$I =$	1,06	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	20,00	cm	: Distância entre último furo e o canto da chapa, na seção de solda
$N_e =$	1236,30	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,60		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,86		: Fator de redução

$N_{c,Rd} =$ 343,45 kN : Normal resistente

$N_{c,Sd} =$ N.A. kN Não há compressão na seção

5. Verificação da Cantoneira
5.1 Verificação à pressão de contato

$F_{Sd} =$	12,17	kN	: Força atuante em cada parafuso
$I_f =$	1,29	cm	: Área líquida cisalhada

$F_{Rd} =$ kN

: Força resistente de cálculo ->

OK!

5.2 Verificação ao rasgamento

$F_{Sd} =$ kN

: Força atuante em cada perfil

$A_{gv} =$ cm²

: Área bruta cisalhada

$A_{nv} =$ cm²

: Área líquida cisalhada

$A_{nt} =$ cm²

: Área líquida tracionada

$F_{Rd} =$ kN

: Força resistente de cálculo ->

OK!

5.3 Verificação à compressão

$A_g =$ cm²

: Área bruta

$I_x =$ cm⁴

: Momento de inércia

$I_y =$ cm⁴

$K =$

: Tabela E.1 NBR 8800

$L =$ cm

: Comprimento da barra

$N_{e,x} =$ kN

: Carga crítica em x, Anexo E NBR880

$N_{e,y} =$ kN

: Carga crítica em y, Anexo E NBR880

$Q =$

: Não há instabilidade local

$\lambda_{0,x} =$

: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)

$\lambda_{0,y} =$

$\chi_x =$

: Fator de redução em x

$\chi_y =$

: Fator de redução em y

$N_{c,Rd} =$ kN

: Normal resistente

$N_{c,Sd} =$ kN

Não há compressão na seção

5.4 Verificação à tração

$A_g =$ cm²

: Área bruta

$C_t =$

: Coeficiente de redução da área líquida

$A_n =$ cm²

$A_e =$ cm²

$N_{t,Rd} =$ kN

: Esforço resistente

$N_{c,Sd} =$ kN

OK!

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 93 de 259

6. Verificação das Soldas

$F_{Sd} =$ kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$ cm : Comprimento da chapa na direção transversal

$L_L =$ cm : Comprimento da chapa na direção longitudinal

$\tau_{Rd} =$ kN/cm² : Tensão resistente

$\tau_{Sd} =$ kN/cm²

Conexão 3 – Contraventamentos – Compressão Máxima

PL25/PL20 - LIGAÇÃO ENTRE CONTRAVENTAMENTO E GOUSSET

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Chapa gousset

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A572
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

1.1.2 Dados geométricos

$e =$	1,00	cm	: Espessura
$L =$	35,00	cm	: Lado

1.2 Perfil de contraventamento

1.2.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

1.2.2 Dados geométricos

Perfil	L63,5X7,44	
$b =$	6,35	cm
$t =$	0,79	cm
$A =$	9,48	cm ²
$dt =$	1,00	cm
		: Distância entre chapas
I_x	35,00	cm ⁴
I_y	35,00	cm ⁴
x	1,88	cm
		: centróide

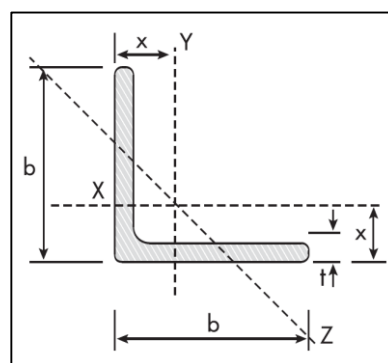
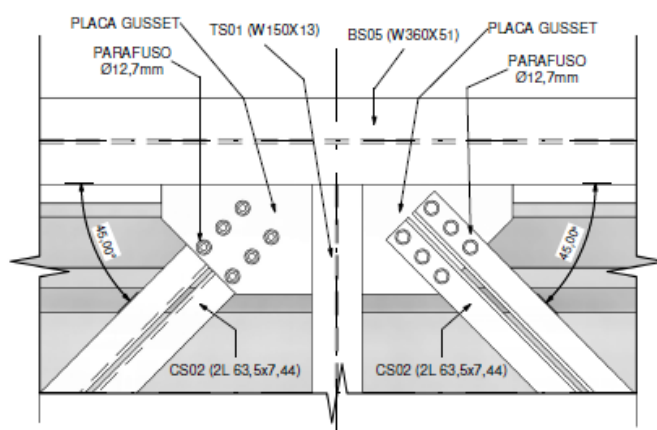
1.3 Parafusos

1.3.1 Material

$f_y =$	63,50	kN/cm ²
$f_u =$	82,50	kN/cm ²

1.3.2 Geometria e resistência

$d_b =$	1,27	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,42	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	1,27	cm ²	
R_d	30,97	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_gf_u/1,35$)



1.4 Solda de fixação da chapa gousset

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$N_{sd} =$ kN : COMPRESSÃO

$\gamma_{a1} =$

$\gamma_{a2} =$

3. Determinação da quantidade de parafusos ao cisalhamento

3.3 Quantidade de parafusos (1 linha em cada cantoneira)

$n_{lc} =$ un. : Número de linhas de parafuso na cantoneira
 $n =$ un. : Número de parafusos por linha na cantoneira (≥ 2)

3.4 Layout dos furos

$d_b =$ cm : Distância entre parafusos -> OK!
 $d_c =$ cm : Distância entre parafuso e bordas -> OK!
 $d_{b,T} =$ cm : Distância transversal entre furos
 $L =$ cm : Comprimento do perfil dentro da chapa -> OK!

4. Verificação da chapa gousset

4.1 Verificação da pressão de contato

$F_{sd} =$ kN : Força atuante em cada parafuso
 $l_f =$ cm

$F_{c,Rd} =$ kN : Força resistente de cálculo ->

4.2 Verificação à tração (verificação localizada para perfil conectado à chapa)

$l_{wt} =$ cm : Comprimento da seção whitmore
 $A_{gt} =$ cm² : Área bruta tracionada
 $A_{et} =$ cm² : Área líquida tracionada

$F_{Rd,t} =$ kN : Força resistente de cálculo ->

4.3 Verificação ao rasgamento (bloco formado por todos os parafusos da chapa)

$A_{gv} =$	13,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	9,45	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	6,46	cm ²	: Área líquida tracionada

$F_{r,Rd} =$ 318,28 kN : Força resistente ->

OK!

4.4 Verificação ao cisalhamento

$F_{Sd} =$ 39,60 kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$	30,00	cm	: Comprimento da chapa na direção transversal
$L_L =$	35,00	cm	: Comprimento da chapa na direção longitudinal

$A_{gv,T} = A_{nv,T}$	30,00	cm ²	: Área cisalhada na direção transversal
$A_{gv,L} = A_{nv,L}$	35,00	cm ²	: Área cisalhada na direção longitudinal

$F_{Rd,T} =$ 564,55 kN : Resistente Transversal

OK!

$F_{Rd,L} =$ 658,64 kN : Resistente Longitudinal

OK!

4.5 Verificação à compressão

$l_{wt} =$	12,70	cm	: Comprimento da seção whitmore
$A_g =$	12,70	cm ²	: Área bruta
$I =$	1,06	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	20,00	cm	: Distância entre último furo e o canto da chapa, na seção de solda
$N_e =$	1236,30	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,60		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,86		: Fator de redução

$N_{c,Rd} =$ 343,45 kN : Normal resistente

$N_{c,Sd} =$ 56,00 kN

OK!

5. Verificação da Cantoneira

5.1 Verificação à pressão de contato

$F_{Sd} =$	9,33	kN	: Força atuante em cada parafuso
$l_f =$	1,29	cm	: Área líquida cisalhada

$F_{Rd} =$

40,76

kN

: Força resistente de cálculo ->

OK!

5.2 Verificação ao rasgamento

 $F_{Sd} =$

28,00

kN

: Força atuante em cada perfil

 $A_{gv} =$

13,00

cm²

: Área bruta cisalhada

 $A_{nv} =$

9,45

cm²

: Área líquida cisalhada

 $A_{nt} =$

1,29

cm²

: Área líquida tracionada

 $F_{Rd} =$

214,80

kN

: Força resistente de cálculo ->

OK!

5.3 Verificação à compressão

 $A_g =$

18,96

cm²

: Área bruta

 $I_x =$

70,00

cm⁴

: Momento de inércia

 $I_y =$

177,40

cm⁴
 $K =$

1,00

: Tabela E.1 NBR 8800

 $L =$

354,00

cm

: Comprimento da barra

 $N_{e,x} =$

110,26

kN

: Carga crítica em x, Anexo E NBR880

 $N_{e,y} =$

279,43

kN

: Carga crítica em y, Anexo E NBR880

 $Q =$

1,00

: Não há instabilidade local

 $\lambda_{0,x} =$

2,89

: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)

 $\lambda_{0,y} =$

1,81

 $\chi_x =$

0,11

: Fator de redução em x

 $\chi_y =$

0,27

: Fator de redução em y

 $N_{c,Rd} =$

158,47

kN

: Normal resistente

 $N_{c,Sd} =$

56,00

kN

OK!

5.4 Verificação à tração

 $A_g =$

18,96

cm²

: Área bruta

 $C_t =$

0,83

: Coeficiente de redução da área líquida

 $A_n =$

12,23

cm²
 $A_e =$

10,14

cm²
 $N_{t,Rd} =$

337,97

kN

: Esforço resistente

 $N_{c,Sd} =$

N.A.

kN

Não há tração na seção

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 98 de 259

6. Verificação das Soldas

$F_{Sd} =$ kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$ cm : Comprimento da chapa na direção transversal

$L_L =$ cm : Comprimento da chapa na direção longitudinal

$\tau_{Rd} =$ kN/cm² : Tensão resistente

$\tau_{Sd} =$ kN/cm²

Conexão 4 – Ligação entre Módulos – Biela

PL25/PL20 - LIGAÇÃO ENTRE MÓDULOS - BIELA

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

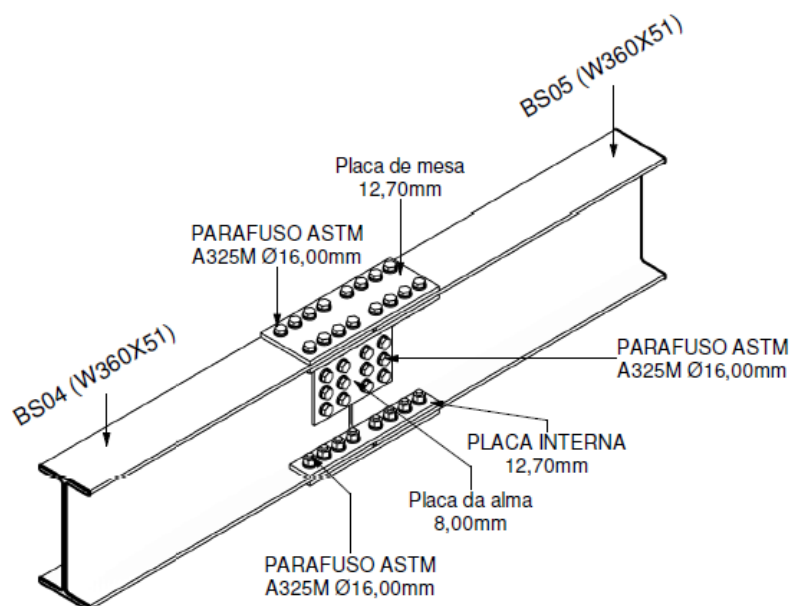
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

1.1.2 Dados geométricos

Perfil W	W 360 x 51,0	
d =	35,50	cm
bf =	17,10	cm
tw =	0,72	cm
tf =	1,16	cm
h =	33,20	cm
d' =	30,80	cm



1.2 Parafusos

$d_b =$	1,60	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,75	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	2,01	cm ²	
$f_y =$	63,50	kN/cm ²	
$f_u =$	82,50	kN/cm ²	
$R_d =$	49,15	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_gf_u/1,35$)

1.3 Talas de conexão:

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	
$E =$	20000,00	kN/cm ²	: Módulo de elasticidade

$t_{f,tala} =$	1,27	cm	: Espessura das talas da mesa
$b_{f,tala\ ext} =$	17,10	cm	: Largura da chapa externa
$b_{f,tala\ int} =$	7,00	cm	: Largura da chapa interna
$A_m =$	39,50	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa

$t_w =$	0,80	cm	: Espessura das talas da alma
$h_w =$	17,00	cm	: Altura da chapa interna (inicial)
$A_m =$	27,20	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa
$A_t =$	106,19	cm ²	: Área total das talas

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$V_{sd,y} =$	1,00	kN	
$N_{sd} =$	-410,00	kN	: COMPRESSÃO
$M_{sd,x} =$	906,00	kN.cm	
$\gamma_{a1} =$	1,10		
$\gamma_{a2} =$	1,35		

3. Determinação do número de parafusos**3.1 Determinação do esforço na mesa e alma****3.1.1 Quinhão de carga devido à normal**

$N_f =$	-152,49	kN	: Parcela da normal para as mesas
$N_w =$	-105,02	kN	: Parcela da normal para a alma (somente para verificar o atrito)

3.1.2 Quinhão de carga devido ao momento fletor

$N_{t,mi} =$	27,29	kN	: Tração na mesa inferior
$N_{t,ms} =$	-27,29	kN	: Compressão na mesa superior

3.1.2 Esforço total nas mesas

$N_{mi} =$	-177,71	kN	: Inferior
$N_{ms} =$	-232,29	kN	: Superior

3.2 Resistência ao deslizamento do parafuso (ELS)

$C_h =$	1,00		: Furos padrão
$\mu =$	0,35		: Superfície classe A
$F_{tb} =$	125,00	kN	: Força de protensão mínima por parafuso
$n_s =$	2,00		: Número de planos de corte
$F_{f,Rk} =$	70,00	kN	: Força resistente por atrito

3.3 Quantidade de parafusos (2 linhas nas mesas e alma)

$n_{l,f} =$	2	un.	:Número de linhas de parafuso nas mesas
$n_{l,w} =$	3	un.	:Número de linhas de parafuso na alma
$n_{\text{mesa}} =$	3	un.	: Número de parafusos por linha na mesa
$n_{\text{alma}} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na alma
$n_t =$	36	un.	: Número total de parafusos na conexão

Obs: Quantidade mínima de **3 linhas de dois parafusos na alma e 2 linhas de três parafusos nas mesas**

3.4 Layout da chapa

$d_b =$	5,00	cm	: Distância entre parafusos
$d_c =$	3,50	cm	: Distância entre parafuso e chapa
$d_t =$	1,00	cm	

4. Verificação da tala da mesa

4.1 Verificação da tala da mesa tracionada

$A_g =$	21,72	cm ²	: Área bruta
$A_e =$	17,27	cm ²	: Área efetiva
$N_{t,Rd} =$	575,73	kN	: $\leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$
$N_{t,Sd} =$	N.A.	kN	Não há tração na seção!

4.2 Verificação do colapso por rasgamento da tala tracionada

$A_{gv} =$	34,29	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	23,18	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	6,67	cm ²	: Área líquida tracionada
$C_{ts} =$	1,00		: tração uniforme
$F_{Rd} =$	685,80	kN	: NBR 8800 item 6.5.6
$N_{t,Sd} =$	N.A.	kN	Não há tração na seção!

4.3 Verificação da tala comprimida

$A_g =$	21,72	cm ²	: Área bruta
$I =$	2,92	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	8,00	cm	: Distância entre furos no centro da chapa
$N_e =$	21308,31	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,19		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,99		: Fator de redução

$$N_{c,Rd} = 671,17 \text{ kN}$$

$$N_{c,Sd} = -232,29 \text{ kN}$$

OK!

5. Verificação da tala da alma**5.1 Verificação do cisalhamento da tala da alma da viga**

$A_{gv} =$	13,60	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	9,40	cm ²	: Área líquida cisalhada

$$F_{Rd} = 188,00 \text{ kN} \quad : \leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$$

$$F_{Sd} = 0,50 \text{ kN} \quad : V_{Sd,y/2}$$

OK!

5.2 Verificação do rasgamento da tala da alma da viga5.1.1 - 1ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	10,80	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	7,30	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	4,70	cm ²	: Área líquida tracionada

$$F_{Rd1} = 302,67 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.1.2 - 2ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	21,60	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	14,60	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	2,60	cm ²	: Área líquida tracionada

$$F_{Rd2} = 378,67 \text{ kN} : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.1.2 - Verificação

$$F_{Rd} = 302,67 \text{ kN} : \text{Esforço resistente mínimo}$$

$$F_{Sd} = 0,50 \text{ kN} : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.3 Verificação da flexão na tala da alma

5.3.1 Flambagem lateral com torção

$$L_b = 8,00 \text{ cm} : \text{Comprimento entre furos na seção central da conexão}$$

$$I_y = 0,73 \text{ cm}^4$$

$$A = 13,60 \text{ cm}^2$$

$$r_y = 0,23 \text{ cm}$$

$$\lambda = 34,64 : \text{Esbeltez da chapa}$$

$$J = 2,90 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 57,80 \text{ cm}^3$$

$$M_{pl} = 1994,10 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_p = 8,19$$

$$W_x = 38,53 \text{ cm}^3$$

$$M_r = 1329,40 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_r = 189,00$$

$$C_b = 1,00$$

$$M_{Rd1} = 1812,82 \text{ kN.cm} : M_{pl}/\gamma_{a1}$$

$$M_{Rd2} = 1724,42 \text{ kN.cm} : (C_b/\gamma_{a2}) * (M_{pl} - (M_{pl} - M_r) * (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p))$$

$$M_{Rd} = 1724,42 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 3,25 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.3.2 Ruptura

$Z_e = 43,80 \text{ cm}^3$

$M_{Rd} = 1460,00 \text{ kN.cm}$

$M_{Sd} = 3,25 \text{ kN.cm} : \text{OK!}$

5.4 Verificação da flexão e do cisalhamento combinados

$\sigma_x = -3,80 \text{ kN/cm}^2$

$\tau = 0,04 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_{Rd} = 31,36 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_{Sd} = 3,81 \text{ kN/cm}^2 : \text{OK!}$

6. Verificação dos parafusos**6.1 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas das mesas**

$F_{v,Sd} = 38,71 \text{ kN} : \text{Esforço solicitante máximo por parafuso}$

$F_{v,Rd} = 49,15 \text{ kN} : \text{OK!}$

6.2 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas da alma

$F_{x,Sd} = 0,00 \text{ kN}$

$F_{y,Sd} = 0,50 \text{ kN}$

$M_{z,Sd} = 3,25 \text{ kN.cm}$

$A = 12,06 \text{ cm}^2$

$I_x = 201,06 \text{ cm}^4$

$I_y = 75,40 \text{ cm}^4$

$I_z = 276,46 \text{ cm}^4$

$\tau_{x,Sd} = 0,06 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_{y,Sd} = 0,07 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_{Sd} = 0,09 \text{ kN/cm}^2$

$F_{v,Sd} = 0,19 \text{ kN}$

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 105 de 259

$F_{v,Rd} =$
 kN
 :

6.3 Verificação da pressão de contato nas talas das mesas

$I_f =$
 cm

$F_{c,Sd} =$
 kN

$F_{c,Rd} =$
 kN
 :

7. Verificação da flexão da viga com furos

$W_t =$
 cm³

$A_{fg} =$
 cm²

$A_{fn} =$
 cm²

$M_{Rd} =$
 kN.cm

$M_{Sd} =$
 kN.cm
 :

Conexão 4 – Ligação entre Módulos – Diagonal

PL25/PL20 - LIGAÇÃO ENTRE MÓDULOS - DIAGONAL

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material: Aço ASTM A-572 grau 50

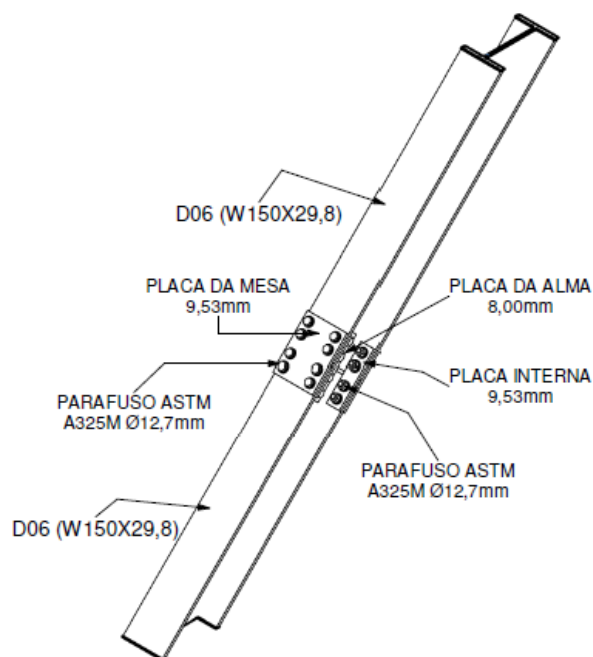
$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

1.1.2 Dados geométricos

2.1.2 Dados geométricos		
Perfil W	W 150 x 29,8 (H)	
d =	15,70	cm
bf =	15,30	cm
tw =	0,66	cm
tf =	0,93	cm
h =	13,80	cm
d' =	11,80	cm

1.2 Parafusos

$d_b =$	1,27	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,42	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	1,27	cm ²	
$f_y =$	63,50	kN/cm ²	
$f_u =$	82,50	kN/cm ²	
$R_d =$	30,97	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_b f_u / 1,35$)



1.3 Talas de conexão:

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	
$E =$	20000,00	kN/cm ²	: Módulo de elasticidade

$t_{f,tala} =$	0,95	cm	: Espessura das talas da mesa
$b_{f,tala\ ext} =$	15,30	cm	: Largura da chapa externa
$b_{f,tala\ int} =$	5,00	cm	: Largura da chapa interna
$A_m =$	24,11	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa

$t_w =$	0,80	cm	: Espessura das talas da alma
$h_w =$	9,00	cm	: Altura da chapa interna (inicial)
$A_m =$	14,40	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa
$A_t =$	62,62	cm ²	: Área total das talas

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$V_{sd,y} =$	0,30	kN	
$N_{sd} =$	65,00	kN	: Tração
$M_{sd,x} =$	94,00	kN.cm	
$\gamma_{a1} =$	1,10		
$\gamma_{a2} =$	1,35		

3. Determinação do número de parafusos**3.1 Determinação do esforço na mesa e alma****3.1.1 Quinhão de carga devido à normal**

$N_f =$	25,03	kN	: Parcela da normal para as mesas
$N_w =$	14,95	kN	: Parcela da normal para a alma (somente para verificar o atrito)

3.1.2 Quinhão de carga devido ao momento fletor

$N_{t,mi} =$	6,81	kN	: Tração na mesa inferior
$N_{t,ms} =$	-6,81	kN	: Compressão na mesa superior

3.1.2 Esforço total nas mesas

$N_{mi} =$	39,31	kN	: Inferior
$N_{ms} =$	25,69	kN	: Superior

3.2 Resistência ao deslizamento do parafuso (ELS)

$C_h =$	1,00		: Furos padrão
$\mu =$	0,35		: Superfície classe A
$F_{tb} =$	125,00	kN	: Força de protensão mínima por parafuso
$n_s =$	2,00		: Número de planos de corte
$F_{f,Rk} =$	70,00	kN	: Força resistente por atrito

	ÁLBUM DE PROJETOS—TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 108 de 259

3.3 Quantidade de parafusos (2 linhas nas mesas e alma)

$n_{l,f} =$	2	un.	: Número de linhas de parafuso nas mesas
$n_{l,w} =$	2	un.	: Número de linhas de parafuso na alma
$n_{mesa} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na mesa
$n_{alma} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na alma
$n_t =$	24	un.	: Número total de parafusos na conexão

Obs: Quantidade mínima de **3 linhas de dois parafusos na alma e 2 linhas de três parafusos nas mesas**

3.4 Layout da chapa

$d_b =$	4,00	cm	: Distância entre parafusos
$d_c =$	2,50	cm	: Distância entre parafuso e chapa
$d_t =$	1,00	cm	

4. Verificação da tala da mesa

4.1 Verificação da tala da mesa tracionada

$A_g =$	14,58	cm ²	: Área bruta
$A_e =$	11,87	cm ²	: Área efetiva
$N_{t,Rd} =$	395,81	kN	$\leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$
$N_{t,Sd} =$	39,31	kN	OK!

4.2 Verificação do colapso por rasgamento da tala tracionada

$A_{gv} =$	12,39	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	8,33	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	3,41	cm ²	: Área líquida tracionada
$C_{ts} =$	1,00		: tração uniforme
$F_{Rd} =$	280,31	kN	: NBR 8800 item 6.5.6
$N_{t,Sd} =$	39,31	kN	OK!

4.3 Verificação da tala comprimida

$A_g =$	14,58	cm ²	: Área bruta
$I =$	1,10	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	6,00	cm	: Distância entre furos no centro da chapa
$N_e =$	14321,53	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,19		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,99		: Fator de redução

$$N_{c,Rd} = 450,64 \text{ kN}$$

$$N_{c,Sd} = \text{N.A.} \text{ kN} \quad \text{Não há compressão na seção}$$

5. Verificação da tala da alma

5.1 Verificação do cisalhamento da tala da alma da viga

$A_{gv} =$	7,20	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	4,93	cm ²	: Área líquida cisalhada

$$F_{Rd} = 98,56 \text{ kN} \quad : \leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$$

$$F_{Sd} = 0,15 \text{ kN} \quad : V_{Sd,y/2} \quad \text{OK!}$$

5.2 Verificação do rasgamento da tala da alma da viga

5.2.1 - 1ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	5,20	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	3,50	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	3,50	cm ²	: Área líquida tracionada

$$F_{Rd1} = 186,45 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.2 - 2ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	10,40	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	6,99	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	2,06	cm ²	: Área líquida tracionada

$$F_{Rd2} = 208,64 \text{ kN} : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.3 - Verificação

$$F_{Rd} = 186,45 \text{ kN} : \text{Esforço resistente mínimo}$$

$$F_{Sd} = 0,15 \text{ kN} : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.3 Verificação da flexão na tala da alma

5.3.1 Flambagem lateral com torção

$$L_b = 6,00 \text{ cm} : \text{Comprimento entre furos na seção central da conexão}$$

$$I_y = 0,38 \text{ cm}^4$$

$$A = 7,20 \text{ cm}^2$$

$$r_y = 0,23 \text{ cm}$$

$$\lambda = 25,98 : \text{Esbeltez da chapa}$$

$$J = 1,54 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 16,20 \text{ cm}^3$$

$$M_{pl} = 558,90 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_{p} = 15,47$$

$$W_x = 10,80 \text{ cm}^3$$

$$M_r = 372,60 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_r = 357,01$$

$$C_b = 1,00$$

$$M_{Rd1} = 508,09 \text{ kN.cm} : M_{pl}/\gamma_{a1}$$

$$M_{Rd2} = 502,88 \text{ kN.cm} : (C_b/\gamma_{a2}) * (M_{pl} - (M_{pl} - M_r) * (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p))$$

$$M_{Rd} = 502,88 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 0,75 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.3.2 Ruptura

$$Z_e = 11,66 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = 388,53 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 0,75 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.4 Verificação da flexão e do cisalhamento combinados

$\sigma_x = 1,08 \text{ kN/cm}^2$

$\tau = 0,02 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_{Rd} = 31,36 \text{ kN/cm}^2$

$\text{Critério: } 1,08 \text{ kN/cm}^2 : \text{ OK!}$

6. Verificação dos parafusos**6.1 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas das mesas**

$F_{v,Sd} = 9,83 \text{ kN} : \text{ Esforço solicitante máximo por parafuso}$

$F_{v,Rd} = 30,97 \text{ kN} : \text{ OK!}$

6.2 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas da alma

$F_{x,Sd} = 0,00 \text{ kN}$

$F_{y,Sd} = 0,15 \text{ kN}$

$M_{z,Sd} = 0,75 \text{ kN.cm}$

$A = 5,07 \text{ cm}^2$

$I_x = 20,27 \text{ cm}^4$

$I_y = 20,27 \text{ cm}^4$

$I_z = 40,54 \text{ cm}^4$

$\tau_{x,Sd} = 0,07 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_{y,Sd} = 0,07 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_{Sd} = 0,10 \text{ kN/cm}^2$

$F_{v,Sd} = 0,13 \text{ kN}$

$F_{v,Rd} = 30,97 \text{ kN} : \text{ OK!}$

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 112 de 259

6.3 Verificação da pressão de contato nas talas das mesas

$I_f =$ cm
 $F_{c, Sd} =$ kN
 $F_{c, Rd} =$ kN :

7. Verificação da flexão da viga com furos

$W_t =$ cm³
 $A_{fg} =$ cm²
 $A_{fn} =$ cm²
 $M_{Rd} =$ kN.cm
 $M_{Sd} =$ kN.cm :

Conexão 4 – Ligação entre Módulos – Tirante

PL25/PL20 - LIGAÇÃO ENTRE MÓDULOS - TIRANTE

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

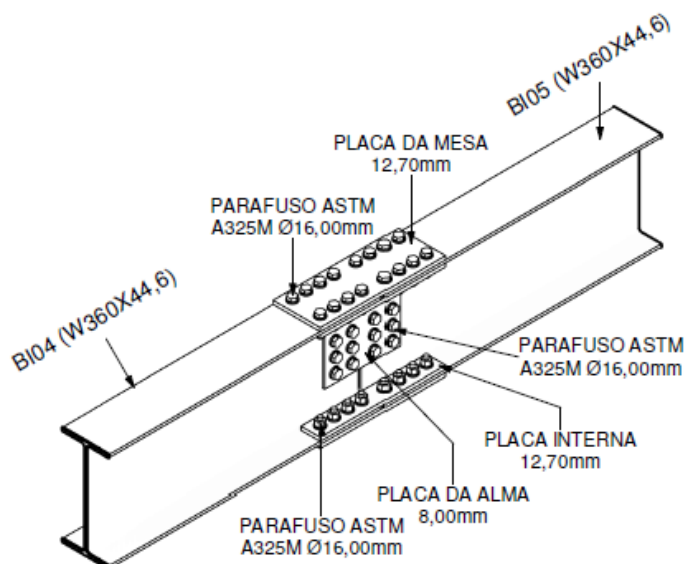
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

1.1.2 Dados geométricos

Perfil W	W 360 x 44,0	
d =	35,20	cm
bf =	17,10	cm
tw =	0,69	cm
tf =	0,98	cm
h =	33,20	cm
d' =	30,80	cm



1.2 Parafusos

$d_b =$	1,60	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,75	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	2,01	cm ²	
$f_y =$	63,50	kN/cm ²	
$f_u =$	82,50	kN/cm ²	
$R_d =$	49,15	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_gf_u/1,35$)

1.3 Talas de conexão:

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	
$E =$	20000,00	kN/cm ²	: Módulo de elasticidade
$t_{f,tala} =$	1,27	cm	: Espessura das talas da mesa
$b_{f,tala\ ext} =$	17,10	cm	: Largura da chapa externa
$b_{f,tala\ int} =$	7,00	cm	: Largura da chapa interna
$A_m =$	39,50	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 114 de 259

$t_w =$	0,80	cm	: Espessura das talas da alma
$h_w =$	17,00	cm	: Altura da chapa interna (inicial)
$A_m =$	27,20	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa
$A_t =$	106,19	cm ²	: Área total das talas

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$V_{sd,y} =$	15,00	kN	
$N_{sd} =$	581,00	kN	: Tração
$M_{sd,x} =$	1031,00	kN.cm	
$\gamma_{a1} =$	1,10		
$\gamma_{a2} =$	1,35		

3. Determinação do número de parafusos

3.1 Determinação do esforço na mesa e alma

3.1.1 Quinhão de carga devido à normal

$N_f =$	216,09	kN	: Parcela da normal para as mesas
$N_w =$	148,81	kN	: Parcela da normal para a alma (somente para verificar o atrito)

3.1.2 Quinhão de carga devido ao momento fletor

$N_{t,mi} =$	31,05	kN	: Tração na mesa inferior
$N_{t,ms} =$	-31,05	kN	: Compressão na mesa superior

3.1.2 Esforço total nas mesas

$N_{mi} =$	321,55	kN	: Inferior
$N_{ms} =$	259,45	kN	: Superior

3.2 Resistência ao deslizamento do parafuso (ELS)

$C_h =$	1,00		: Furos padrão
$\mu =$	0,35		: Superfície classe A
$F_{tb} =$	125,00	kN	: Força de protensão mínima por parafuso
$n_s =$	2,00		: Número de planos de corte
$F_{f,RK} =$	70,00	kN	: Força resistente por atrito

3.3 Quantidade de parafusos (2 linhas nas mesas e alma)

$n_{l,f} =$	2	un.	: Número de linhas de parafuso nas mesas
$n_{l,w} =$	3	un.	: Número de linhas de parafuso na alma
$n_{\text{mesa}} =$	4	un.	: Número de parafusos por linha na mesa
$n_{\text{alma}} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na alma
$n_t =$	44	un.	: Número total de parafusos na conexão

Obs: Quantidade mínima de **3 linhas de dois parafusos na alma e 2 linhas de três parafusos nas mesas**

3.4 Layout da chapa

$d_b =$	5,00	cm	: Distância entre parafusos
$d_c =$	3,50	cm	: Distância entre parafuso e chapa
$d_t =$	1,00	cm	

4. Verificação da tala da mesa**4.1 Verificação da tala da mesa tracionada**

$A_g =$	21,72	cm ²	: Área bruta
$A_e =$	17,27	cm ²	: Área efetiva
$N_{t,Rd} =$	575,73	kN	$:\leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$
$N_{t,Sd} =$	321,55	kN	OK!

4.2 Verificação do colapso por rasgamento da tala tracionada

$A_{gv} =$	46,99	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	31,43	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	6,67	cm ²	: Área líquida tracionada
$C_{ts} =$	1,00		: tração uniforme
$F_{Rd} =$	850,90	kN	: NBR 8800 item 6.5.6
$N_{t,Sd} =$	321,55	kN	OK!

4.3 Verificação da tala comprimida

$A_g =$	21,72	cm ²	: Área bruta
$I =$	2,92	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	8,00	cm	: Distância entre furos no centro da chapa
$N_e =$	21308,31	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,19		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,99		: Fator de redução
$N_{c,Rd} =$	671,17	kN	
$N_{c,Sd} =$	N.A.	kN	Não há compressão na seção

5. Verificação da tala da alma
5.1 Verificação do cisalhamento da tala da alma da viga

$A_{gv} =$	13,60	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	9,40	cm ²	: Área líquida cisalhada
$F_{Rd} =$	188,00	kN	: $\leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$
$F_{Sd} =$	7,50	kN	: $V_{Sd,y/2}$ OK!

5.2 Verificação do rasgamento da tala da alma da viga
5.2.1 - 1ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	10,80	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	7,30	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	4,70	cm ²	: Área líquida tracionada
$F_{Rd1} =$	302,67	kN	: NBR 8800 item 6.5.6

5.2.2 - 2ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	21,60	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	14,60	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	2,60	cm ²	: Área líquida tracionada

$$F_{Rd2} = 378,67 \text{ kN} : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.3 - Verificação

$$F_{Rd} = 302,67 \text{ kN} : \text{Esforço resistente mínimo}$$

$$F_{Sd} = 7,50 \text{ kN} : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.3 Verificação da flexão na tala da alma

5.3.1 Flambagem lateral com torção

$$L_b = 8,00 \text{ cm} : \text{Comprimento entre furos na seção central da conexão}$$

$$I_y = 0,73 \text{ cm}^4$$

$$A = 13,60 \text{ cm}^2$$

$$r_y = 0,23 \text{ cm}$$

$$\lambda = 34,64 : \text{Esbeltez da chapa}$$

$$J = 2,90 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 57,80 \text{ cm}^3$$

$$M_{pl} = 1994,10 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_p = 8,19$$

$$W_x = 38,53 \text{ cm}^3$$

$$M_r = 1329,40 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_r = 189,00$$

$$C_b = 1,00$$

$$M_{Rd1} = 1812,82 \text{ kN.cm} : M_{pl}/\gamma_{a1}$$

$$M_{Rd2} = 1724,42 \text{ kN.cm} : (C_b/\gamma_{a2}) * (M_{pl} - (M_{pl} - M_r) * (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p))$$

$$M_{Rd} = 1724,42 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 48,75 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.3.2 Ruptura

$$Z_e = 43,80 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = 1460,00 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 48,75 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.4 Verificação da flexão e do cisalhamento combinados

$$\sigma_x = 6,31 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau = 0,55 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Rd} = 31,36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Sd} = 6,39 \text{ kN/cm}^2 : \text{OK!}$$

6. Verificação dos parafusos**6.1 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas das mesas**

$$F_{v,Sd} = 40,19 \text{ kN} : \text{Esforço solicitante máximo por parafuso}$$

$$F_{v,Rd} = 49,15 \text{ kN} : \text{OK!}$$

6.2 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas da alma

$$F_{x,Sd} = 0,00 \text{ kN}$$

$$F_{y,Sd} = 7,50 \text{ kN}$$

$$M_{z,Sd} = 48,75 \text{ kN.cm}$$

$$A = 12,06 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 201,06 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 75,40 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 276,46 \text{ cm}^4$$

$$\tau_{x,Sd} = 0,88 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{y,Sd} = 1,06 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{Sd} = 1,38 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_{v,Sd} = 2,78 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 49,15 \text{ kN} : \text{OK!}$$

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 119 de 259

6.3 Verificação da pressão de contato nas talas das mesas

$$I_f = \boxed{2,63} \text{ cm}$$

$$F_{c,Sd} = \boxed{40,19} \text{ kN}$$

$$F_{c,Rd} = \boxed{133,35} \text{ kN} : \boxed{\text{OK!}}$$

7. Verificação da flexão da viga com furos

$$W_t = \boxed{696,50} \text{ cm}^3$$

$$A_{fg} = \boxed{16,76} \text{ cm}^2$$

$$A_{fn} = \boxed{13,33} \text{ cm}^2$$

$$M_{Rd} = \boxed{22661,24} \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = \boxed{1031,00} \text{ kN.cm} : \boxed{\text{OK!}}$$

1.8 VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO – MODELO III

A verificação dos perfis metálicos quanto ao estado limite último segue as diretrizes preconizadas pela NBR 8800:2008 e demais normas complementares. São apresentados somente os casos críticos de dimensionamento.

1.8.1 Verificação dos Perfis

Bielas – As bielas são marcadas na Figura 1-22.

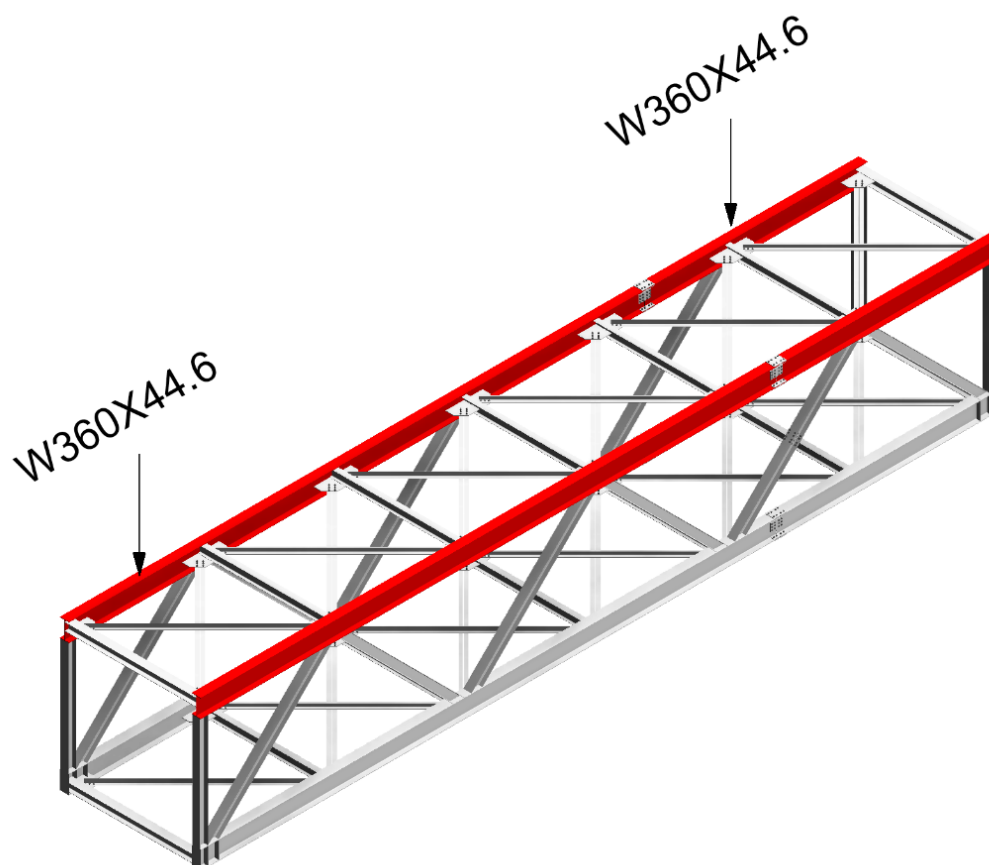
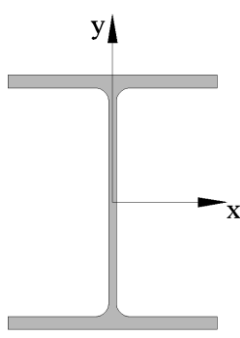


Figura 1-22 – Bielas do Modelo III.

Tabela 1.22 – Modelo III – Verificação das Bielas. Compressão Máxima.

Dados de Entrada	Verificações																																																																																																																	
Caso de Compressão Máxima COMB ELU1 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>5000</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-198</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0,1</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>0,1</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>570</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>8</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 	Dados de Entrada		Lx (mm)	5000	Ly (mm)	2500	N(kN)	-198	Vx(kN)	0,1	Vy(kN)	0,1	Mx(kN.cm)	570	My(kN.cm)	8	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil <table><tr><th>Limite</th><th>Real</th><th>Status</th><th>%</th><th></th></tr><tr><td>200</td><td>34</td><td>OK</td><td>17,1%</td><td>λ_x</td></tr><tr><td>200</td><td>66</td><td>OK</td><td>33,2%</td><td>λ_y</td></tr></table> 33,2% 2. Resistência à tração <table><tr><th>Nrd(kN)</th><th>Nsd(kN)</th><th>Status</th><th>%</th><th>γ_{a1}</th></tr><tr><td>N.A</td><td>0</td><td>N.A</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 3. Resistência à Compressão <table><tr><th>Nrd(kN)</th><th>Nsd(kN)</th><th>Status</th><th>%</th><th>γ_{a1}</th></tr><tr><td>1256</td><td>198</td><td>OK</td><td>15,8%</td><td>1,1</td></tr></table> 4. Resistência à Flexão eixo X-X <table><tr><th>Mrd(kN.cm)</th><th>Msd(kN.cm)</th><th>Status</th><th>%</th><th>γ_{a1}</th></tr><tr><td>21845</td><td>570</td><td>OK</td><td>2,6%</td><td>1,1</td></tr></table> 5. Resistência à Flexão eixo Y-Y <table><tr><th>Mrd(kN.cm)</th><th>Msd(kN.cm)</th><th>Status</th><th>%</th><th>γ_{a1}</th></tr><tr><td>3002</td><td>8</td><td>OK</td><td>0,3%</td><td>1,1</td></tr></table> 6. Resistência ao esforço cortante eixo X <table><tr><th>Vrd(kN)</th><th>Vsd(kN)</th><th>Status</th><th>%</th><th>γ_{a1}</th></tr><tr><td>631</td><td>0,1</td><td>OK</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 7. Resistência ao esforço cortante eixo Y <table><tr><th>Vrd(kN)</th><th>Vsd(kN)</th><th>Status</th><th>%</th><th>γ_{a1}</th></tr><tr><td>457</td><td>0,1</td><td>OK</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 8. Resistência aos esforços Combinados Nsd/Nrd 0,158 <table><tr><th>Combinação</th><th>Limite</th><th>Resultado</th><th>Cálculo</th></tr><tr><td>N.Mx.My</td><td>100%</td><td>OK</td><td>10,8%</td></tr></table>	Limite	Real	Status	%		200	34	OK	17,1%	λ_x	200	66	OK	33,2%	λ_y	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	N.A	0	N.A	0,0%	1,1	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	1256	198	OK	15,8%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	21845	570	OK	2,6%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	3002	8	OK	0,3%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	631	0,1	OK	0,0%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	457	0,1	OK	0,0%	1,1	Combinação	Limite	Resultado	Cálculo	N.Mx.My	100%	OK	10,8%
Dados de Entrada																																																																																																																		
Lx (mm)	5000																																																																																																																	
Ly (mm)	2500																																																																																																																	
N(kN)	-198																																																																																																																	
Vx(kN)	0,1																																																																																																																	
Vy(kN)	0,1																																																																																																																	
Mx(kN.cm)	570																																																																																																																	
My(kN.cm)	8																																																																																																																	
kx	1																																																																																																																	
ky	1																																																																																																																	
d (mm)	2500																																																																																																																	
Lb (mm)	2500																																																																																																																	
Material																																																																																																																		
ASTM A572GR50																																																																																																																		
Fy (kN/cm²)	34,5																																																																																																																	
Limite	Real	Status	%																																																																																																															
200	34	OK	17,1%	λ_x																																																																																																														
200	66	OK	33,2%	λ_y																																																																																																														
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																																																																																														
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
1256	198	OK	15,8%	1,1																																																																																																														
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
21845	570	OK	2,6%	1,1																																																																																																														
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
3002	8	OK	0,3%	1,1																																																																																																														
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
631	0,1	OK	0,0%	1,1																																																																																																														
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																														
457	0,1	OK	0,0%	1,1																																																																																																														
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																																																																																															
N.Mx.My	100%	OK	10,8%																																																																																																															

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 122 de 259

Tirantes – Os tirantes são marcados na Figura 1-23.

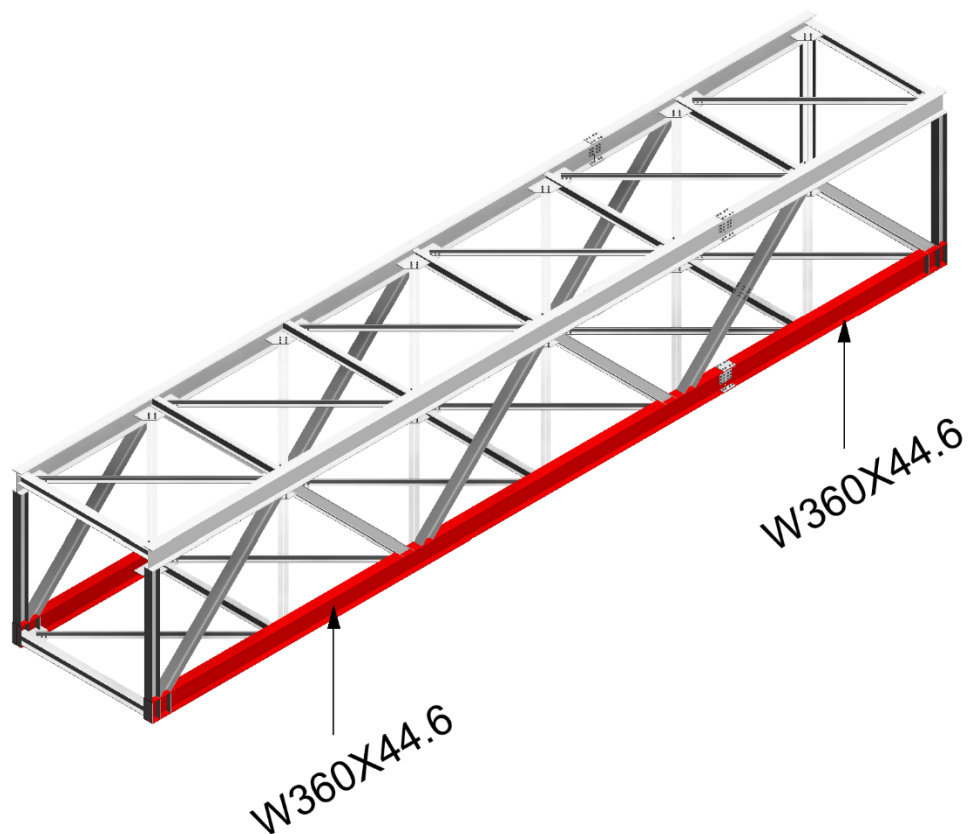
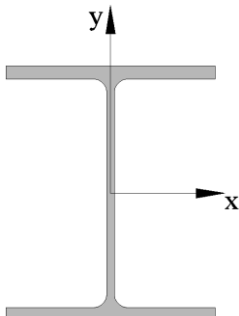


Figura 1-23 – Tirantes do Modelo III.

Tabela 1.23 – Modelo III – Verificação dos Tirantes. Tração Máxima.

Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Tração Máxima: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>5000</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>263</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0,4</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>15</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>1413</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>22</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><th colspan="2">Material</th></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	5000	Ly (mm)	2500	N(kN)	263	Vx(kN)	0,4	Vy(kN)	15	Mx(kN.cm)	1413	My(kN.cm)	22	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	5000																																	
		Ly (mm)	2500																																	
N(kN)	263																																			
Vx(kN)	0,4																																			
Vy(kN)	15																																			
Mx(kN.cm)	1413																																			
My(kN.cm)	22																																			
kx	1																																			
ky	1																																			
d (mm)	2500																																			
Lb (mm)	2500																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%	22,1%																																
300	34	OK	11,4%	λ_x																																
300	66	OK	22,1%	λ_y																																
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
1810	263	OK	14,5%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
21845	1413	OK	6,5%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
3002	22	OK	0,7%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
631	0,4	OK	0,1%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
457	15	OK	3,3%	1,1																																
8. Resistência ao esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,145																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	14,5%																																	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 124 de 259

Diagonais – As diagonais são marcadas na Figura 1-24.

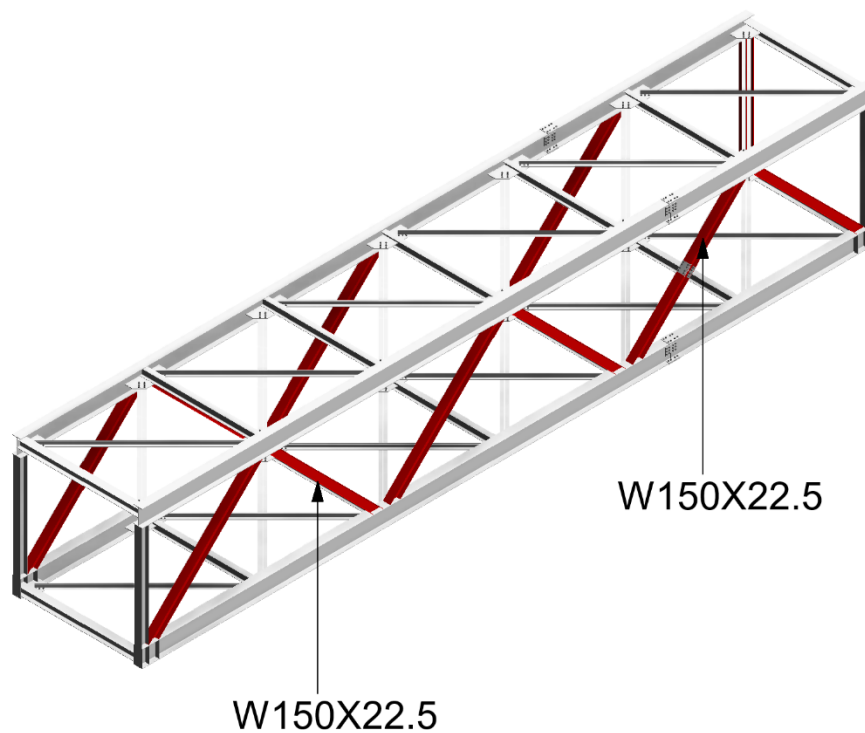


Figura 1-24 – Diagonais do Modelo III.

Tabela 1.24 – Modelo III – Verificação das Diagonais. Tração Máxima.

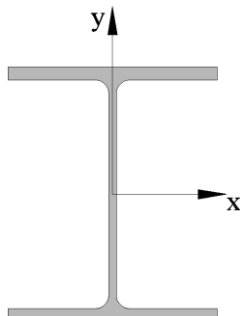
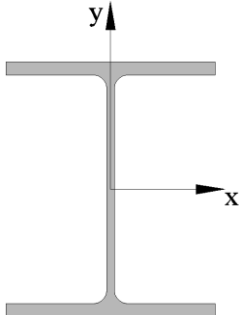
Dados de Entrada		Verificações																																
Caso de Tração Máxima: COMB ELU2		1. Verificação da Esbeltez do perfil																																
		Limite	Real	Status	%	32,3%																												
		300	54	OK	18,1%	λ_x																												
		300	97	OK	32,3%	λ_y																												
Dados de Entrada <table><tr><td>Lx (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>146</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>3</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>1</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>19</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>374</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Lx (mm)	3535	Ly (mm)	3535	N(kN)	146	Vx(kN)	3	Vy(kN)	1	Mx(kN.cm)	19	My(kN.cm)	374	kx	1	ky	1	d (mm)	3535	Lb (mm)	3535	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	2. Resistência à tração				
		Lx (mm)	3535																															
		Ly (mm)	3535																															
		N(kN)	146																															
		Vx(kN)	3																															
		Vy(kN)	1																															
		Mx(kN.cm)	19																															
		My(kN.cm)	374																															
		kx	1																															
		ky	1																															
		d (mm)	3535																															
		Lb (mm)	3535																															
		Material																																
ASTM A572GR50																																		
Fy (kN/cm²)	34,5																																	
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
910	146	OK	16,1%	1,1																														
3. Resistência à Compressão																																		
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																														
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																		
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																														
4508	19	OK	0,4%	1,1																														
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																		
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																														
2243	374	OK	16,7%	1,1																														
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																		
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
378	3	OK	0,8%	1,1																														
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																		
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																														
166	1	OK	0,6%	1,1																														
8. Resistência aos esforços Combinados																																		
Nsd/Nrd		0,161																																
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																															
N.Mx.My	100%	OK	25,1%																															

Tabela 1.25 – Modelo III – Verificação das Diagonais. Compressão Máxima.

Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Compressão Máxima: COMB ELU2 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-156</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>3</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>2</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>351</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>381</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>3535</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	3535	Ly (mm)	3535	N(kN)	-156	Vx(kN)	3	Vy(kN)	2	Mx(kN.cm)	351	My(kN.cm)	381	kx	1	ky	1	d (mm)	3535	Lb (mm)	3535	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	3535																																	
		Ly (mm)	3535																																	
		N(kN)	-156																																	
		Vx(kN)	3																																	
		Vy(kN)	2																																	
		Mx(kN.cm)	351																																	
		My(kN.cm)	381																																	
		kx	1																																	
ky	1																																			
d (mm)	3535																																			
Lb (mm)	3535																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%																																	
200	54	OK	27,2%	λ_x																																
200	97	OK	48,4%	λ_y																																
48,4%																																				
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
466	156	OK	33,5%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
4508	351	OK	7,8%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
2243	381	OK	17,0%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
378	3	OK	0,8%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
166	2	OK	1,2%	1,1																																
8. Resistência aos esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,335																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	55,5%																																	

Apoio do SteelDeck – Os perfis de apoio da laje steeldeck são marcadas na Figura 1-25.

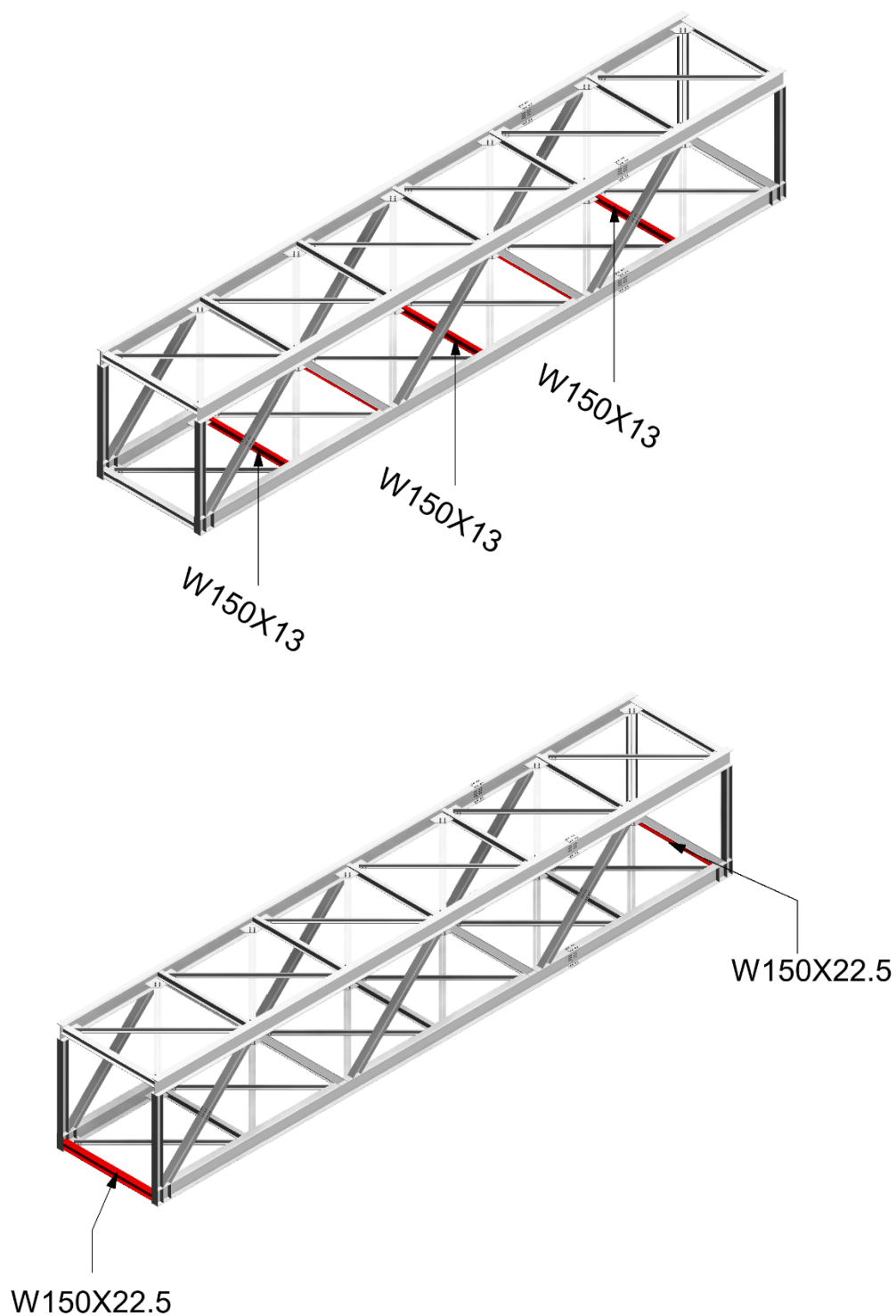


Figura 1-25 – Apoio do Steeldeck do Modelo III.

Tabela 1.26 – Modelo III – Verificação do Apoio do Steeldeck. (interno) Momento X Máximo.

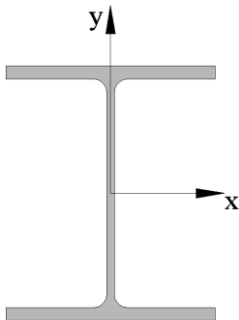
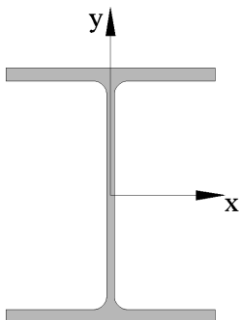
Dados de Entrada		Verificações																																																																																																																					
Caso de Momento Máximo: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-22</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>1</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>38</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>1169</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>6</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	-22	Vx(kN)	1	Vy(kN)	38	Mx(kN.cm)	1169	My(kN.cm)	6	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil <table><tr><td>Limite</td><td>Real</td><td>Status</td><td>%</td><td></td></tr><tr><td>200</td><td>40</td><td>OK</td><td>20,2%</td><td>λ_x</td></tr><tr><td>200</td><td>113</td><td>OK</td><td>56,3%</td><td>λ_y</td></tr></table> 56,3% 2. Resistência à tração <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>N.A</td><td>0</td><td>N.A</td><td>0,0%</td><td>1,1</td></tr></table> 3. Resistência à Compressão <table><tr><td>Nrd(kN)</td><td>Nsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>211</td><td>22</td><td>OK</td><td>10,4%</td><td>1,1</td></tr></table> 4. Resistência à Flexão eixo X-X <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>2157</td><td>1169</td><td>OK</td><td>54,2%</td><td>1,1</td></tr></table> 5. Resistência à Flexão eixo Y-Y <table><tr><td>Mrd(kN.cm)</td><td>Msd(kN.cm)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>506</td><td>6</td><td>OK</td><td>1,2%</td><td>1,1</td></tr></table> 6. Resistência ao esforço cortante eixo X <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>184</td><td>1</td><td>OK</td><td>0,5%</td><td>1,1</td></tr></table> 7. Resistência ao esforço cortante eixo Y <table><tr><td>Vrd(kN)</td><td>Vsd(kN)</td><td>Status</td><td>%</td><td>γ_{a1}</td></tr><tr><td>120</td><td>38</td><td>OK</td><td>31,7%</td><td>1,1</td></tr></table> 8. Resistência aos esforços Combinados Nsd/Nrd 0,104 <table><tr><td>Combinação</td><td>Limite</td><td>Resultado</td><td>Cálculo</td></tr><tr><td>N.Mx.My</td><td>100%</td><td>OK</td><td>60,6%</td></tr></table>					Limite	Real	Status	%		200	40	OK	20,2%	λ_x	200	113	OK	56,3%	λ_y	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	N.A	0	N.A	0,0%	1,1	Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	211	22	OK	10,4%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	2157	1169	OK	54,2%	1,1	Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}	506	6	OK	1,2%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	184	1	OK	0,5%	1,1	Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}	120	38	OK	31,7%	1,1	Combinação	Limite	Resultado	Cálculo	N.Mx.My	100%	OK	60,6%
		Dados de Entrada																																																																																																																					
		Lx (mm)	2500																																																																																																																				
		Ly (mm)	2500																																																																																																																				
N(kN)	-22																																																																																																																						
Vx(kN)	1																																																																																																																						
Vy(kN)	38																																																																																																																						
Mx(kN.cm)	1169																																																																																																																						
My(kN.cm)	6																																																																																																																						
kx	1																																																																																																																						
ky	1																																																																																																																						
d (mm)	2500																																																																																																																						
Lb (mm)	2500																																																																																																																						
Material																																																																																																																							
ASTM A572GR50																																																																																																																							
Fy (kN/cm²)	34,5																																																																																																																						
Limite	Real	Status	%																																																																																																																				
200	40	OK	20,2%	λ_x																																																																																																																			
200	113	OK	56,3%	λ_y																																																																																																																			
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																																																																																																			
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
211	22	OK	10,4%	1,1																																																																																																																			
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
2157	1169	OK	54,2%	1,1																																																																																																																			
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
506	6	OK	1,2%	1,1																																																																																																																			
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
184	1	OK	0,5%	1,1																																																																																																																			
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																																																																																																			
120	38	OK	31,7%	1,1																																																																																																																			
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																																																																																																				
N.Mx.My	100%	OK	60,6%																																																																																																																				

Tabela 1.27 – Modelo III – Verificação do Apoio do Steeldeck. (externo) Momento X Máximo.

Dados de Entrada		Verificações				
Caso de Momento Máximo: COMB ELU3		1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Limite	Real	Status	%	34,2%
		200	38	OK	19,2%	λ_x
		200	68	OK	34,2%	λ_y
		2. Resistência à tração				
		Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		N.A	0	N.A	0,0%	1,1
		3. Resistência à Compressão				
		Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		651	11	OK	1,7%	1,1
		4. Resistência à Flexão eixo X-X				
		Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}
		5099	1741	OK	34,1%	1,1
		5. Resistência à Flexão eixo Y-Y				
		Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}
		2243	194	OK	8,6%	1,1
		6. Resistência ao esforço cortante eixo X				
		Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		378	3	OK	0,8%	1,1
		7. Resistência ao esforço cortante eixo Y				
		Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}
		166	35	OK	21,1%	1,1
		8. Resistência aos esforços Combinados				
		Nsd/Nrd 0,017				
		Combinação	Limite	Resultado	Cálculo	
		N.Mx.My	100%	OK	43,6%	

Dados de Entrada	
Lx (mm)	2500
Ly (mm)	2500
N(kN)	-11
Vx(kN)	3
Vy(kN)	35
Mx(kN.cm)	1741
My(kN.cm)	194
kx	1
ky	1
d (mm)	2500
Lb (mm)	2500
Material	
ASTM A572GR50	
Fy (kN/cm²)	34,5

Convenção de eixos locais:



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 130 de 259

Montantes – Os montantes são marcados na Figura 1-26.

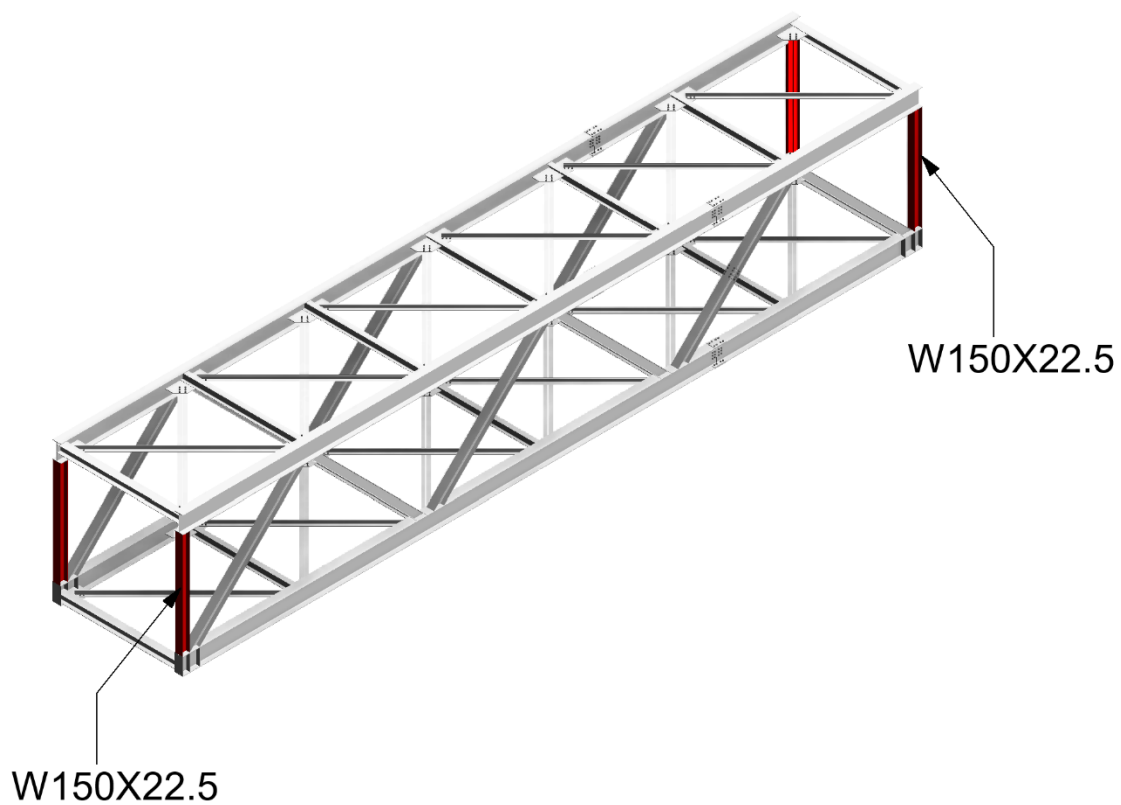
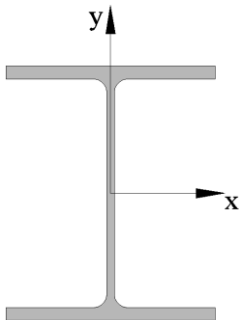


Figura 1-26 – Montantes do Modelo III.

Tabela 1.28 – Modelo III – Verificação dos Montantes. Compressão Máxima.

Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Compressão Máxima: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-16</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>11</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>4</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>561</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>1358</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><th colspan="2">Material</th></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	-16	Vx(kN)	11	Vy(kN)	4	Mx(kN.cm)	561	My(kN.cm)	1358	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	2500																																	
		Ly (mm)	2500																																	
		N(kN)	-16																																	
Vx(kN)	11																																			
Vy(kN)	4																																			
Mx(kN.cm)	561																																			
My(kN.cm)	1358																																			
kx	1																																			
ky	1																																			
d (mm)	2500																																			
Lb (mm)	2500																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%	34,2%																																
200	38	OK	19,2%	λ_x																																
200	68	OK	34,2%	λ_y																																
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
651	16	OK	2,5%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
5099	561	OK	11,0%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
2243	1358	OK	60,5%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
378	11	OK	2,9%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
166	4	OK	2,4%	1,1																																
8. Resistência aos esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,025																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	72,8%																																	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 132 de 259

Travamento Superior – Os perfis do travamento superior são marcados na Figura 1-27.

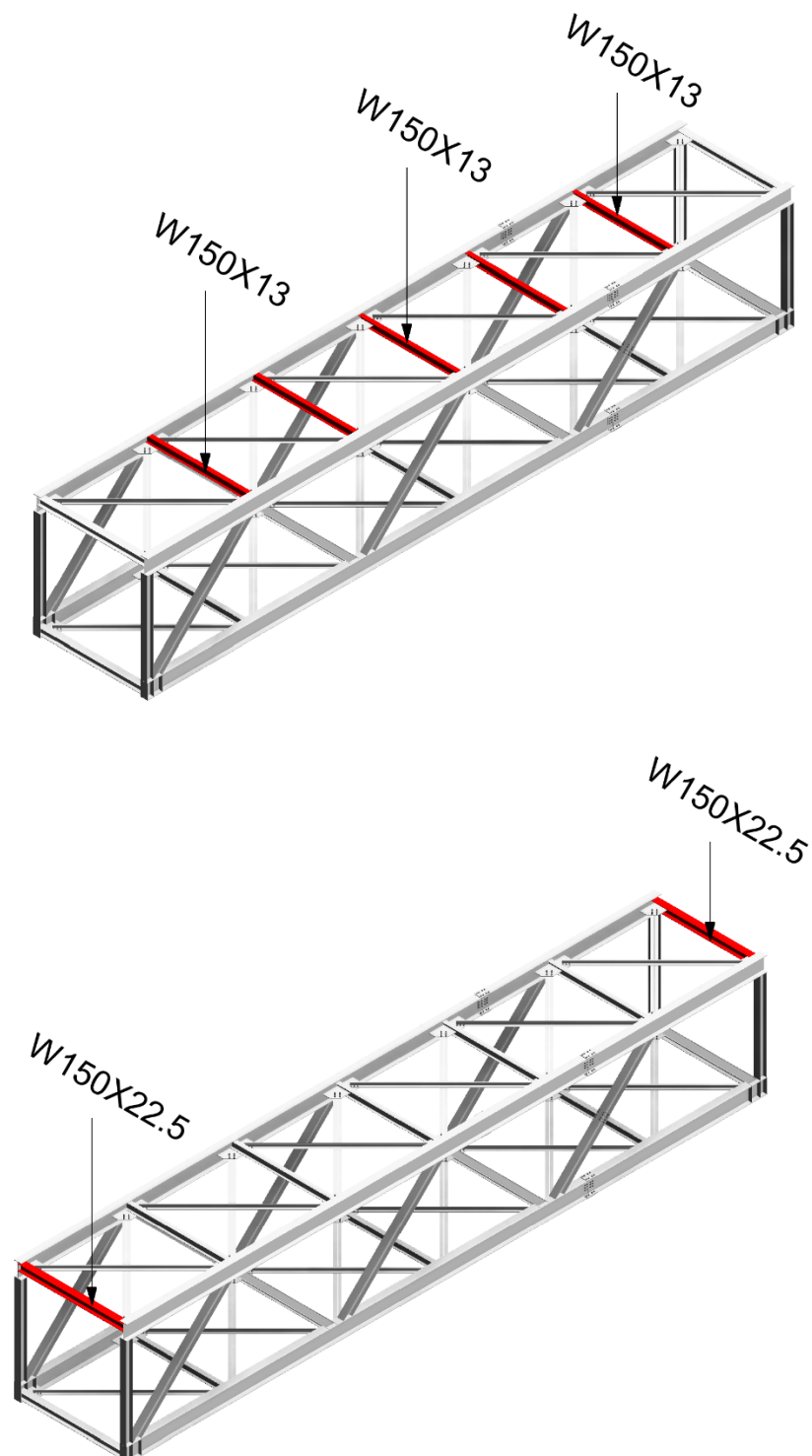


Figura 1-27 – Travamento Superior do Modelo III.

Tabela 1.29 – Modelo III – Verificação do Travamento Superior Interno. Momento X Máximo.

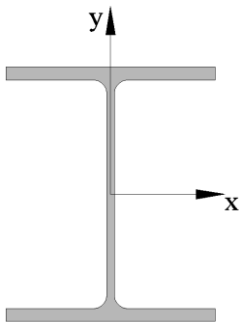
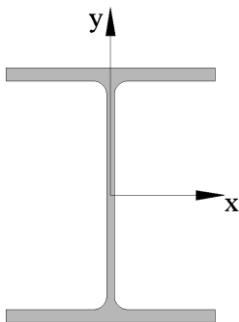
Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Momento X Máximo: COMB ELU14 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-1</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>6</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>710</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>4</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	-1	Vx(kN)	0	Vy(kN)	6	Mx(kN.cm)	710	My(kN.cm)	4	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	2500																																	
		Ly (mm)	2500																																	
		N(kN)	-1																																	
		Vx(kN)	0																																	
		Vy(kN)	6																																	
		Mx(kN.cm)	710																																	
		My(kN.cm)	4																																	
		kx	1																																	
ky	1																																			
d (mm)	2500																																			
Lb (mm)	2500																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%	56,3%																																
200	40	OK	20,2%	λ_x																																
200	113	OK	56,3%	λ_y																																
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
211	1	OK	0,5%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
2157	710	OK	32,9%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	γ_{a1}																																
506	4	OK	0,8%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
184	0	N.A	0,0%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	γ_{a1}																																
120	6	OK	5,0%	1,1																																
8. Resistência ao esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,005																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	33,9%																																	

Tabela 1.30 – Modelo II – Verificação do Travamento Superior Extremidade. Momento X Máximo.

Dados de Entrada		Verificações																																		
Caso de Momento X Máximo: COMB ELU4 <table><tr><th colspan="2">Dados de Entrada</th></tr><tr><td>Lx (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Ly (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>N(kN)</td><td>-3</td></tr><tr><td>Vx(kN)</td><td>0</td></tr><tr><td>Vy(kN)</td><td>11</td></tr><tr><td>Mx(kN.cm)</td><td>1238</td></tr><tr><td>My(kN.cm)</td><td>6</td></tr><tr><td>kx</td><td>1</td></tr><tr><td>ky</td><td>1</td></tr><tr><td>d (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td>Lb (mm)</td><td>2500</td></tr><tr><td colspan="2">Material</td></tr><tr><td colspan="2">ASTM A572GR50</td></tr><tr><td>Fy (kN/cm²)</td><td>34,5</td></tr></table> Convenção de eixos locais: 		Dados de Entrada		Lx (mm)	2500	Ly (mm)	2500	N(kN)	-3	Vx(kN)	0	Vy(kN)	11	Mx(kN.cm)	1238	My(kN.cm)	6	kx	1	ky	1	d (mm)	2500	Lb (mm)	2500	Material		ASTM A572GR50		Fy (kN/cm²)	34,5	1. Verificação da Esbeltez do perfil				
		Dados de Entrada																																		
		Lx (mm)	2500																																	
		Ly (mm)	2500																																	
		N(kN)	-3																																	
Vx(kN)	0																																			
Vy(kN)	11																																			
Mx(kN.cm)	1238																																			
My(kN.cm)	6																																			
kx	1																																			
ky	1																																			
d (mm)	2500																																			
Lb (mm)	2500																																			
Material																																				
ASTM A572GR50																																				
Fy (kN/cm²)	34,5																																			
Limite	Real	Status	%																																	
200	38	OK	19,2%	λ_x																																
200	68	OK	34,2%	λ_y																																
34,2%																																				
2. Resistência à tração																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S																																
N.A	0	N.A	0,0%	1,1																																
3. Resistência à Compressão																																				
Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S																																
651	3	OK	0,5%	1,1																																
4. Resistência à Flexão eixo X-X																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S																																
5099	1238	OK	24,3%	1,1																																
5. Resistência à Flexão eixo Y-Y																																				
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S																																
2243	6	OK	0,3%	1,1																																
6. Resistência ao esforço cortante eixo X																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S																																
378	0	N.A	0,0%	1,1																																
7. Resistência ao esforço cortante eixo Y																																				
Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S																																
166	11	OK	6,6%	1,1																																
8. Resistência aos esforços Combinados																																				
Nsd/Nrd		0,005																																		
Combinação	Limite	Resultado	Cálculo																																	
N.Mx.My	100%	OK	24,8%																																	

1.8.2 Verificação das Conexões

Conexão 1 – Diagonal e Biela/Tirante – Seção no Apoio.

PL15 - Verificação da conexão entre diagonal e tirante

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

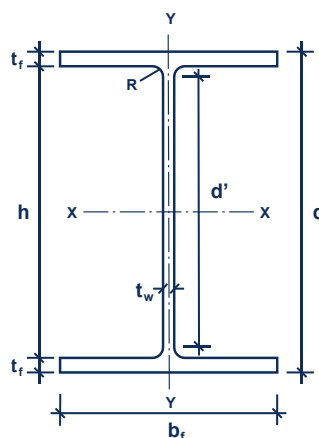
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

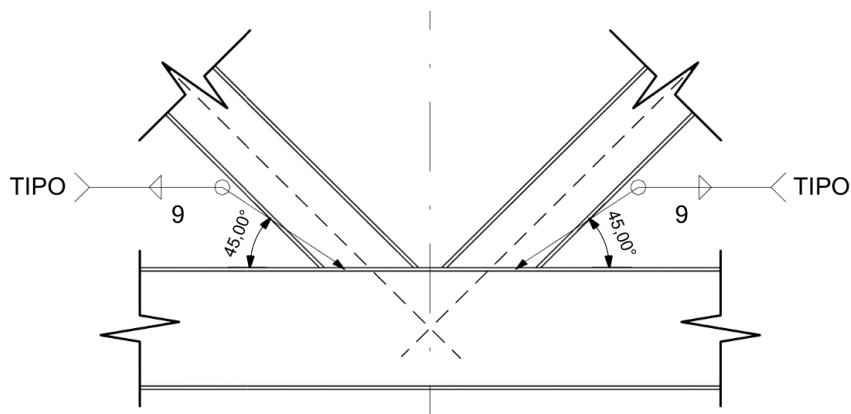
1.1.2 Perfil de apoio

Perfil	W 360 x 44,0	
d =	35,20	cm
bf =	17,10	cm
tw =	0,69	cm
tf =	0,98	cm
h =	33,20	cm
d' =	30,80	cm
R =	1,20	cm
A =	57,70	cm ²



1.1.3 Perfil da diagonal

Perfil	W 150 x 22,5 (H)	
d =	15,20	cm
bf =	15,20	cm
tw =	0,58	cm
tf =	0,66	cm
h =	13,90	cm
d' =	11,90	cm
R =	1,00	cm
A =	29,00	cm ²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
b =	0,90	cm	: Perna da solda
t =	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$\theta =$	45,00	°	: Ângulo da diagonal em relação à diagonal
$N_{sd} =$	-156,00	kN	: Compressão

$N_{Sd,f} =$ kN : Quinhão de carga da mesa

 $N_{Sd,w} =$ kN : Quinhão de carga da alma

 $\gamma_{a1} =$
 $\gamma_{a2} =$
 $\gamma_{w2} =$

3. Verificação da solda

3.1 Verificação da tensão da solda

 $\tau_{Rd} =$ kN/cm² : Tensão resistente da solda

 $\tau_{Sd,f} =$ kN/cm² : Solda da mesa ->
 $\tau_{Sd,w} =$ kN/cm² : Solda da alma ->

4. Verificação da alma do perfil apoiado

OBS: Para as verificações a seguir tem-se como hipótese de cálculo que a força normal é transferida pelas mesas.

4.1 Verificação da Flexão local da mesa

 $R_{d,res} =$ kN : NBR 8800:2008 item 6.2.5

 $R_{Sd} =$ kN : $(N_{Sd,f} + N_{Sd,w}/2) \cdot \sin(\theta)$

4.2 Verificação do Escoamento local da alma

 $F_{Rd} =$ kN : NBR 8800:2008 item 5.7.3

 $R_{Sd} =$ kN : $(N_{Sd,f} + N_{Sd,w}/2) \cdot \sin(\theta)$

4.3 Verificação do Enrugamento da alma

 $I_n/d =$
 $F_{Rd} =$ kN : NBR 8800:2008 item 5.7.4

 $R_{Sd} =$ kN : $(N_{Sd,f} + N_{Sd,w}/2) \cdot \sin(\theta)$

4.4 Verificação da Flambagem lateral da alma

Obs: Como a alma é travada pelo perfil de apoio do steel deck, a verificação ao FLA não é necessária

Conexão 1 – Diagonal e Biela/Tirante – Seção @2,5m do apoio.

PL15 - Verificação da conexão entre diagonal e tirante

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Perfil conectado

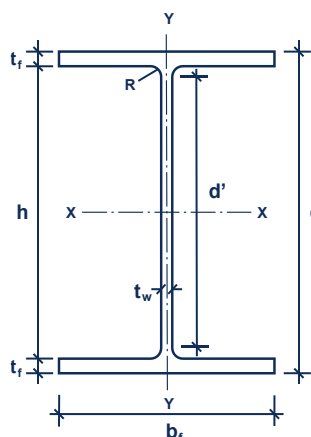
1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

$f_y =$ 34,50 kN/cm²

$f_u =$ 45,00 kN/cm²

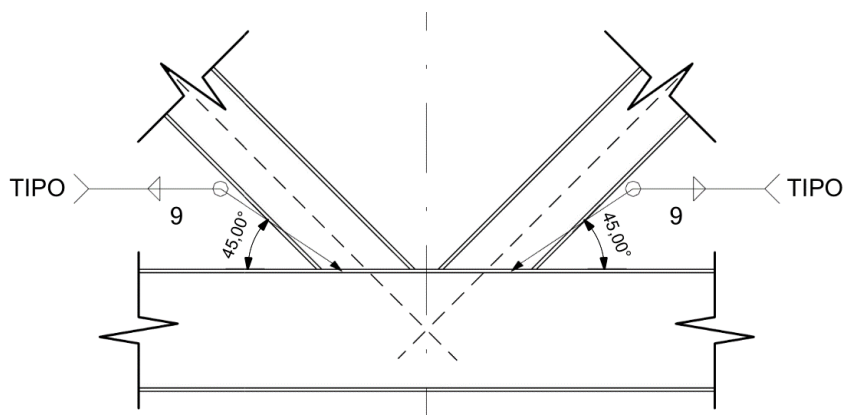
1.1.2 Perfil de apoio

Perfil	W 360 x 44,0
d =	35,20 cm
bf =	17,10 cm
tw =	0,69 cm
tf =	0,98 cm
h =	33,20 cm
d' =	30,80 cm
R =	1,20 cm
A =	57,70 cm ²



1.1.3 Perfil da diagonal

Perfil	W 150 x 22,5 (H)
d =	15,20 cm
bf =	15,20 cm
tw =	0,58 cm
tf =	0,66 cm
h =	13,90 cm
d' =	11,90 cm
R =	1,00 cm
A =	29,00 cm ²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
b =	0,90	cm	: Perna da solda
t =	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$\theta =$	45,00	°	: Ângulo da diagonal em relação à diagonal
$N_{sd} =$	-156,00	kN	: Compressão

$N_{Sd,f} =$ kN : Quinhão de carga da mesa

 $N_{Sd,w} =$ kN : Quinhão de carga da alma

 $\gamma_{a1} =$
 $\gamma_{a2} =$
 $\gamma_{w2} =$

3. Verificação da solda

3.1 Verificação da tensão da solda

 $\tau_{Rd} =$ kN/cm² : Tensão resistente da solda

 $\tau_{Sd,f} =$ kN/cm² : Solda da mesa ->
 $\tau_{Sd,w} =$ kN/cm² : Solda da alma ->

4. Verificação da alma do perfil apoiado

OBS: Para as verificações a seguir tem-se como hipótese de cálculo que a força normal é transferida pelas mesas.

4.1 Verificação da Flexão local da mesa

 $R_{d,res} =$ kN : NBR 8800:2008 item 6.2.5

 $R_{Sd} =$ kN : $(N_{Sd,f} + N_{Sd,w}/2) \cdot \sin(\theta)$

4.2 Verificação do Escoamento local da alma

 $F_{Rd} =$ kN : NBR 8800:2008 item 5.7.3

 $R_{Sd} =$ kN : $(N_{Sd,f} + N_{Sd,w}/2) \cdot \sin(\theta)$

4.3 Verificação do Enrugamento da alma

 $I_n/d =$
 $F_{Rd} =$ kN : NBR 8800:2008 item 5.7.4

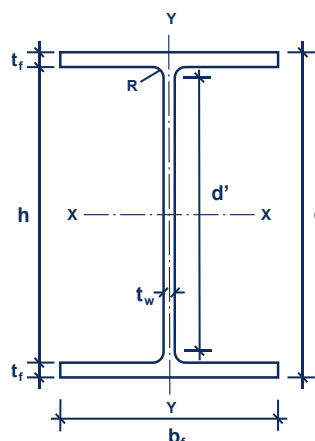
 $R_{Sd} =$ kN : $(N_{Sd,f} + N_{Sd,w}/2) \cdot \sin(\theta)$

4.4 Verificação da Flambagem lateral da alma

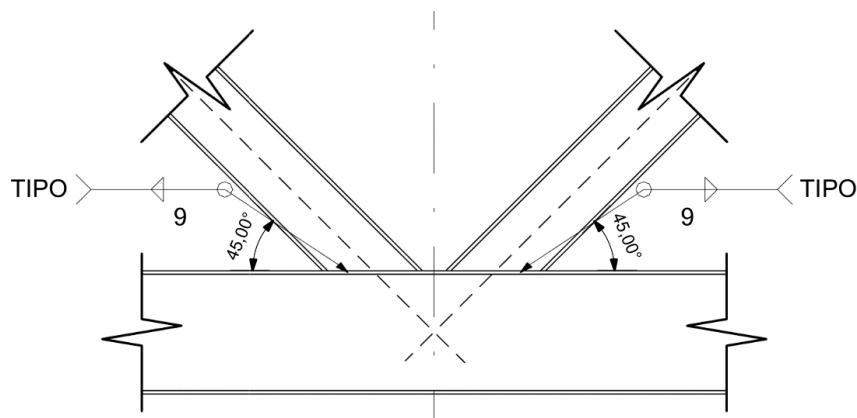
Obs: Como a alma é travada pelo perfil de apoio do steel deck, a verificação ao FLA não é necessária

Conexão 1 – Diagonal e Biela/Tirante – Seção @5m do apoio.
PL15 - Verificação da conexão entre diagonal e tirante
1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:
1.1 Perfil conectado
1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50
 $f_y = 34,50 \text{ kN/cm}^2$
 $f_u = 45,00 \text{ kN/cm}^2$
1.1.2 Perfil de apoio

Perfil	W 360 x 44,0
d =	35,20 cm
bf =	17,10 cm
tw =	0,69 cm
tf =	0,98 cm
h =	33,20 cm
d' =	30,80 cm
R =	1,20 cm
A =	57,70 cm ²


1.1.3 Perfil da diagonal

Perfil	W 150 x 22,5 (H)
d =	15,20 cm
bf =	15,20 cm
tw =	0,58 cm
tf =	0,66 cm
h =	13,90 cm
d' =	11,90 cm
R =	1,00 cm
A =	29,00 cm ²


1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
b =	0,90	cm	: Perna da solda
t =	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$\theta =$	45,00	°	: Ângulo da diagonal em relação à diagonal
$N_{sd} =$	146,00	kN	: Tração

$$N_{Sd,f} = 50,51 \text{ kN} : \text{Quinhão de carga da mesa}$$

$$N_{Sd,w} = 44,91 \text{ kN} : \text{Quinhão de carga da alma}$$

$$\gamma_{a1} = 1,10$$

$$\gamma_{a2} = 1,35$$

$$\gamma_{w2} = 1,35$$

3. Verificação da solda

3.1 Verificação da tensão da solda

$$\tau_{Rd} = 21,56 \text{ kN/cm}^2 : \text{Tensão resistente da solda}$$

$$\tau_{Sd,f} = 5,27 \text{ kN/cm}^2 : \text{Solda da mesa} \rightarrow \text{OK!}$$

$$\tau_{Sd,w} = 5,99 \text{ kN/cm}^2 : \text{Solda da alma} \rightarrow \text{OK!}$$

4. Verificação da alma do perfil apoiado

Para as verificações a seguir tem-se como hipótese de cálculo que a força normal é transferida pelas mesas

4.1 Verificação da Flexão local da mesa

$$R_{d,res} = 188,26 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 6.2.5}$$

$$R_{Sd} = 47,63 \text{ kN} : (N_{Sd,f} + N_{Sd,w}/2) \cdot \sin(\theta) \rightarrow \text{Sem reforço de alma}$$

4.2 Verificação do Escoamento local da alma

$$F_{Rd} = 281,69 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.3}$$

$$R_{Sd} = 51,59 \text{ kN} : (N_{Sd,f} + N_{Sd,w}/2) \cdot \sin(\theta) \rightarrow \text{Sem reforço de alma}$$

4.3 Verificação do Enrugamento da alma

$$I_n/d = 0,03$$

$$F_{Rd} = 296,08 \text{ kN} : \text{NBR 8800:2008 item 5.7.4}$$

$$R_{Sd} = \text{N.A.} \text{ kN} : (N_{Sd,f} + N_{Sd,w}/2) \cdot \sin(\theta) \rightarrow \text{Não há compressão!}$$

4.4 Verificação da Flambagem lateral da alma

Obs: Como a alma é travada pelo perfil de apoio do steel deck, a verificação ao FLA não é necessária

Conexão 2 – Apoio do Steeldeck e Tirante – Cortante Máximo

PL15 - Verificação da conexão entre o apoio do steeldeck e tirante

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

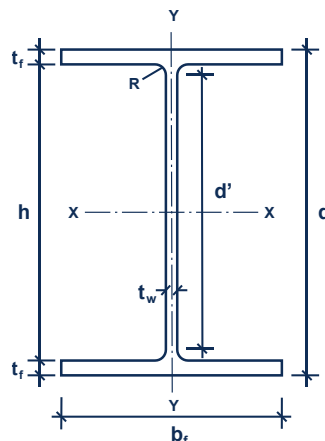
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	

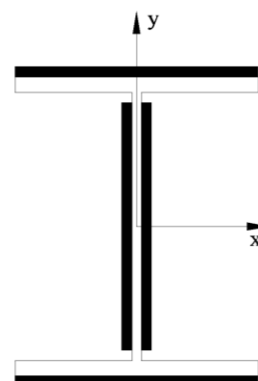
1.1.2 Apoio do steeldeck

Perfil	W 150 x 13,0
$d =$	14,80 cm
$b_f =$	10,00 cm
$t_w =$	0,43 cm
$t_f =$	0,49 cm
$h =$	13,80 cm
$d' =$	11,80 cm
$R =$	1,00 cm
$A =$	16,60 cm ²



1.2 Soldas

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva
$I_x =$	922,90	cm ⁴	: Momento de inércia da solda em relação ao eixo x
$I_y =$	113,82	cm ⁴	: Momento de inércia da solda em relação ao eixo y
$A =$	27,47	cm ²	: Área da Solda



2. Esforços Solicitantes na Conexão e Coeficientes de Ponderação:

$N_{sd} =$	-22,00	kN	: Compressão
$V_{sd,y} =$	58,00	kN	: Cortante vertical
$V_{sd,z} =$	0,00	kN	: Cortante horizontal (transferência de tração do tirante para a laje)
$M_{sd,x} =$	624,00	kN.cm	: Momento fletor em torno de x
$M_{sd,y} =$	0,40	kN.cm	: Momento fletor em torno de y
$\gamma_{a1} =$	1,10		
$\gamma_{a2} =$	1,35		
$\gamma_{w2} =$	1,35		

3. Verificação da solda $\tau_{Rd} =$ kN/cm^2 : Tensão resistente da solda**3.1 Verificação ao cortante vertical (VSd,y)** $\tau_{Sd,v} =$ kN/cm^2 : Tensão devido ao cortante $\tau_{Sd,m} =$ kN/cm^2 : Tensão devido ao momento $\tau_{Sd} =$ kN/cm^2 : Esforço combinado **3.1 Verificação ao cortante horizontal (VSd,x)** $\tau_{Sd,v} =$ kN/cm^2 : Tensão devido ao cortante $\tau_{Sd,m} =$ kN/cm^2 : Tensão devido ao momento $\tau_{Sd} =$: Esforço combinado

Obs: Assume-se que os filetes da alma absorvem o cortante vertical e os horizontais o cortante horizontal

Conexão 3 – Contraventamentos – Tração Máxima

PL15 - LIGAÇÃO ENTRE CONTRAVENTAMENTO E GOUSSET

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Chapa gousset

1.1.1 Material: Aço ASTM A36

 $f_y = 34,50 \text{ kN/cm}^2$
 $f_u = 45,00 \text{ kN/cm}^2$

1.1.2 Dados geométricos

 $e = 1,00 \text{ cm}$
 $L = 35,00 \text{ cm}$

: Espessura

: Lado

1.2 Perfil de contraventamento

1.2.1 Material: Aço ASTM A-572 grau 50

 $f_y = 34,50 \text{ kN/cm}^2$
 $f_u = 45,00 \text{ kN/cm}^2$

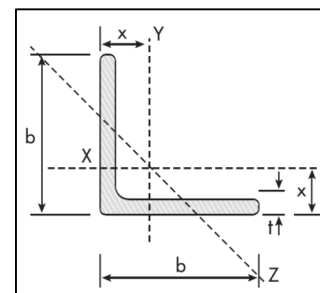
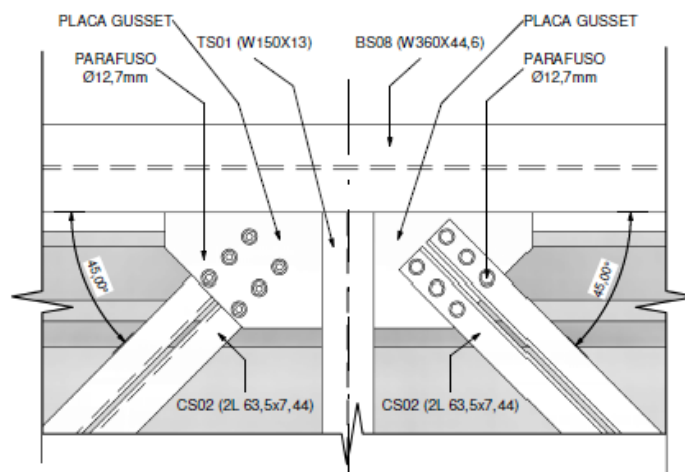
1.2.2 Dados geométricos

Perfil L63,5X7,44

 $b = 6,35 \text{ cm}$
 $t = 0,79 \text{ cm}$
 $A = 9,48 \text{ cm}^2$
 $dt = 1,00 \text{ cm}$
 $I_x = 35,00 \text{ cm}^4$
 $I_y = 35,00 \text{ cm}^4$
 $x = 1,88 \text{ cm}$

: Distância entre chapas

: centróide



1.3 Parafusos

1.3.1 Material

 $f_y = 63,50 \text{ kN/cm}^2$
 $f_u = 82,50 \text{ kN/cm}^2$

1.3.2 Geometria e resistência

 $d_b = 1,27 \text{ cm}$
 $d_f = 1,42 \text{ cm}$
 $Ab = 1,27 \text{ cm}^2$
 $Rd = 30,97 \text{ kN}$

: Diâmetro do parafuso

: Diâmetro do furo padrão

: Resistência ao corte ($0,40A_g f_u / 1,35$)

1.4 Solda de fixação da chapa gousset

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação: $N_{sd} =$ kN : Tração $\gamma_{a1} =$ $\gamma_{a2} =$ **3. Determinação da quantidade de parafusos ao cisalhamento****3.3 Quantidade de parafusos (1 linha em cada cantoneira)** $n_{lc} =$ un. : Número de linhas de parafuso na cantoneira
 $n =$ un. : Número de parafusos por linha na cantoneira (≥ 2)**3.4 Layout dos furos** $d_b =$ cm : Distância entre parafusos -> OK!
 $d_c =$ cm : Distância entre parafuso e bordas -> OK!
 $d_{b,T} =$ cm : Distância transversal entre furos
 $L =$ cm : Comprimento do perfil dentro da chapa -> OK!**4. Verificação da chapa gousset****4.1 Verificação da pressão de contato** $F_{sd} =$ kN : Força atuante em cada parafuso
 $l_f =$ cm $F_{c,Rd} =$ kN : Força resistente de cálculo -> **4.2 Verificação à tração (verificação localizada para perfil conectado à chapa)** $l_{wt} =$ cm : Comprimento da seção whitmore
 $A_{gt} =$ cm² : Área bruta tracionada
 $A_{et} =$ cm² : Área líquida tracionada $F_{Rd,t} =$ kN : Força resistente de cálculo ->

4.3 Verificação ao rasgamento (bloco formado por todos os parafusos da chapa)

$A_{gv} =$	13,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	9,45	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	6,46	cm ²	: Área líquida tracionada

$F_{r,Rd} =$ 318,28 kN : Força resistente ->

OK!

4.4 Verificação ao cisalhamento

$F_{Sd} =$ 37,48 kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$	30,00	cm	: Comprimento da chapa na direção transversal
$L_L =$	35,00	cm	: Comprimento da chapa na direção longitudinal

$A_{gv,T} = A_{nv,T}$	30,00	cm ²	: Área cisalhada na direção transversal
$A_{gv,L} = A_{nv,L}$	35,00	cm ²	: Área cisalhada na direção longitudinal

$F_{Rd,T} =$ 564,55 kN : Resistente Transversal

OK!

$F_{Rd,L} =$ 658,64 kN : Resistente Longitudinal

OK!

4.5 Verificação à compressão

$l_{wt} =$	12,70	cm	: Comprimento da seção whitmore
$A_g =$	12,70	cm ²	: Área bruta
$I =$	1,06	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	20,00	cm	: Distância entre último furo e o canto da chapa, na seção de solda
$N_e =$	1236,30	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,60		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,86		: Fator de redução

$N_{c,Rd} =$ 343,45 kN : Normal resistente

$N_{c,Sd} =$ N.A. kN Não há compressão na seção

5. Verificação da Cantoneira
5.1 Verificação à pressão de contato

$F_{Sd} =$	8,83	kN	: Força atuante em cada parafuso
$l_f =$	1,29	cm	: Área líquida cisalhada

$F_{Rd} =$ 40,76 kN

: Força resistente de cálculo -> OK!

5.2 Verificação ao rasgamento

 $F_{Sd} =$ 26,50 kN

: Força atuante em cada perfil

 $A_{gv} =$ 13,00 cm²

: Área bruta cisalhada

 $A_{nv} =$ 9,45 cm²

: Área líquida cisalhada

 $A_{nt} =$ 1,29 cm²

: Área líquida tracionada

 $F_{Rd} =$ 214,80 kN

: Força resistente de cálculo -> OK!

5.3 Verificação à compressão

 $A_g =$ 18,96 cm²

: Área bruta

 $I_x =$ 70,00 cm⁴

: Momento de inércia

 $I_y =$ 177,40 cm⁴
 $K =$ 1,00

: Tabela E.1 NBR 8800

 $L =$ 354,00 cm

: Comprimento da barra

 $N_{e,x} =$ 110,26 kN

: Carga crítica em x, Anexo E NBR880

 $N_{e,y} =$ 279,43 kN

: Carga crítica em y, Anexo E NBR880

 $Q =$ 1,00

: Não há instabilidade local

 $\lambda_{0,x} =$ 2,89

: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)

 $\lambda_{0,y} =$ 1,81

 $\chi_x =$ 0,11

: Fator de redução em x

 $\chi_y =$ 0,27

: Fator de redução em y

 $N_{c,Rd} =$ 158,47 kN

: Normal resistente

 $N_{c,Sd} =$ N.A. kN

Não há compressão na seção

5.4 Verificação à tração

 $A_g =$ 18,96 cm²

: Área bruta

 $C_t =$ 0,83

: Coeficiente de redução da área líquida

 $A_n =$ 12,23 cm²
 $A_e =$ 10,14 cm²
 $N_{t,Rd} =$ 337,97 kN

: Esforço resistente

 $N_{c,Sd} =$ 53,00 kN

OK!

6. Verificação das Soldas

$F_{Sd} =$ kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$ cm : Comprimento da chapa na direção transversal

$L_L =$ cm : Comprimento da chapa na direção longitudinal

$\tau_{Rd} =$ kN/cm² : Tensão resistente

$\tau_{Sd} =$ kN/cm²

Conexão 3 – Contraventamentos – Compressão Máxima

P15 - LIGAÇÃO ENTRE CONTRAVENTAMENTO E GUSSET

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Chapa gusset

1.1.1 Material : Aço ASTM A36

 $f_y = 34,50 \text{ kN/cm}^2$
 $f_u = 45,00 \text{ kN/cm}^2$

1.1.2 Dados geométricos

 $e = 1,00 \text{ cm}$
 $L = 35,00 \text{ cm}$

: Espessura

: Lado

1.2 Perfil de contraventamento

1.2.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

 $f_y = 34,50 \text{ kN/cm}^2$
 $f_u = 45,00 \text{ kN/cm}^2$

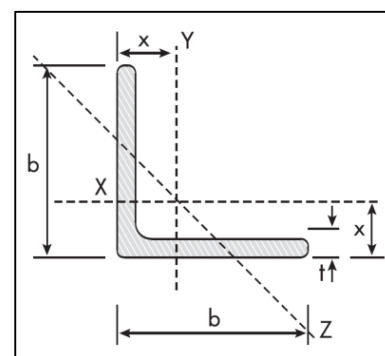
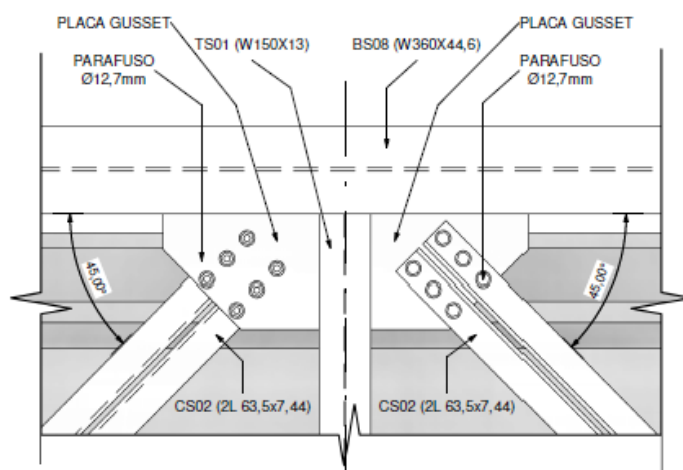
1.2.2 Dados geométricos

Perfil L63,5X7,44

 $b = 6,35 \text{ cm}$
 $t = 0,79 \text{ cm}$
 $A = 9,48 \text{ cm}^2$
 $dt = 1,00 \text{ cm}$
 $I_x = 35,00 \text{ cm}^4$
 $I_y = 35,00 \text{ cm}^4$
 $x = 1,88 \text{ cm}$

: Distância entre chapas

: centróide



1.3 Parafusos

1.3.1 Material

 $f_y = 63,50 \text{ kN/cm}^2$
 $f_u = 82,50 \text{ kN/cm}^2$

1.3.2 Geometria e resistência

 $d_b = 1,27 \text{ cm}$
 $d_f = 1,42 \text{ cm}$
 $Ab = 1,27 \text{ cm}^2$
 $Rd = 30,97 \text{ kN}$

: Diâmetro do parafuso

: Diâmetro do furo padrão

: Resistência ao corte ($0,40A_g f_u / 1,35$)

1.4 Solda de fixação da chapa gousset

Tipo	E70	cm	: Diâmetro do parafuso
$f_w =$	48,50	kN/cm ²	: Tensão admissível
$b =$	0,90	cm	: Perna da solda
$t =$	0,63	cm	: Espessura efetiva

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação: $N_{Sd} =$ kN : COMPRESSÃO $\gamma_{a1} =$ $\gamma_{a2} =$ **3. Determinação da quantidade de parafusos ao cisalhamento****3.3 Quantidade de parafusos (1 linha em cada cantoneira)** $n_{lc} =$ un. : Número de linhas de parafuso na cantoneira
 $n =$ un. : Número de parafusos por linha na cantoneira (≥ 2)**3.4 Layout dos furos** $d_b =$ cm : Distância entre parafusos -> OK!
 $d_c =$ cm : Distância entre parafuso e bordas -> OK!
 $d_{b,T} =$ cm : Distância transversal entre furos
 $L =$ cm : Comprimento do perfil dentro da chapa -> OK!**4. Verificação da chapa gousset****4.1 Verificação da pressão de contato** $F_{Sd} =$ kN : Força atuante em cada parafuso
 $l_f =$ cm $F_{c,Rd} =$ kN : Força resistente de cálculo -> **4.2 Verificação à tração (verificação localizada para perfil conectado à chapa)** $l_{wt} =$ cm : Comprimento da seção whitmore
 $A_{gt} =$ cm² : Área bruta tracionada
 $A_{et} =$ cm² : Área líquida tracionada $F_{Rd,t} =$ kN : Força resistente de cálculo ->

4.3 Verificação ao rasgamento (bloco formado por todos os parafusos da chapa)

$A_{gv} =$	13,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	9,45	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	6,46	cm ²	: Área líquida tracionada

$F_{r,Rd} =$ 318,28 kN : Força resistente ->

OK!

4.4 Verificação ao cisalhamento

$F_{Sd} =$ 41,72 kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$)

$L_T =$	30,00	cm	: Comprimento da chapa na direção transversal
$L_L =$	35,00	cm	: Comprimento da chapa na direção longitudinal

$A_{gv,T} = A_{nv,T}$	30,00	cm ²	: Área cisalhada na direção transversal
$A_{gv,L} = A_{nv,L}$	35,00	cm ²	: Área cisalhada na direção longitudinal

$F_{Rd,T} =$ 564,55 kN : Resistente Transversal

OK!

$F_{Rd,L} =$ 658,64 kN : Resistente Longitudinal

OK!

4.5 Verificação à compressão

$l_{wt} =$	12,70	cm	: Comprimento da seção whitmore
$A_g =$	12,70	cm ²	: Área bruta
$I =$	1,06	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	20,00	cm	: Distância entre último furo e o canto da chapa, na seção de solda
$N_e =$	1236,30	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,60		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,86		: Fator de redução

$N_{c,Rd} =$ 343,45 kN : Normal resistente

$N_{c,Sd} =$ 59,00 kN

OK!

5. Verificação da Cantoneira
5.1 Verificação à pressão de contato

$F_{Sd} =$	9,83	kN	: Força atuante em cada parafuso
$l_f =$	1,29	cm	: Área líquida cisalhada

$F_{Rd} =$

40,76

kN

: Força resistente de cálculo ->

OK!

5.2 Verificação ao rasgamento

 $F_{Sd} =$

29,50

kN

: Força atuante em cada perfil

 $A_{gv} =$

13,00

cm²

: Área bruta cisalhada

 $A_{nv} =$

9,45

cm²

: Área líquida cisalhada

 $A_{nt} =$

1,29

cm²

: Área líquida tracionada

 $F_{Rd} =$

214,80

kN

: Força resistente de cálculo ->

OK!

5.3 Verificação à compressão

 $A_g =$

18,96

cm²

: Área bruta

 $I_x =$

70,00

cm⁴

: Momento de inércia

 $I_y =$

177,40

cm⁴
 $K =$

1,00

: Tabela E.1 NBR 8800

 $L =$

354,00

cm

: Comprimento da barra

 $N_{e,x} =$

110,26

kN

: Carga crítica em x, Anexo E NBR880

 $N_{e,y} =$

279,43

kN

: Carga crítica em y, Anexo E NBR880

 $Q =$

1,00

: Não há instabilidade local

 $\lambda_{0,x} =$

2,89

: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)

 $\lambda_{0,y} =$

1,81

 $\chi_x =$

0,11

: Fator de redução em x

 $\chi_y =$

0,27

: Fator de redução em y

 $N_{c,Rd} =$

158,47

kN

: Normal resistente

 $N_{c,Sd} =$

59,00

kN

OK!

5.4 Verificação à tração

 $A_g =$

18,96

cm²

: Área bruta

 $C_t =$

0,83

: Coeficiente de redução da área líquida

 $A_n =$

12,23

cm²
 $A_e =$

10,14

cm²
 $N_{t,Rd} =$

337,97

kN

: Esforço resistente

 $N_{c,Sd} =$

N.A.

kN

Não há tração na seção

6. Verificação das Soldas $F_{Sd} =$ kN : Componente da força no contraventamento ($F_x=F_y$, pois $\theta=45^\circ$) $L_T =$ cm : Comprimento da chapa na direção transversal $L_L =$ cm : Comprimento da chapa na direção longitudinal $\tau_{Rd} =$ kN/cm² : Tensão resistente $\tau_{Sd} =$ kN/cm²

Conexão 4 – Ligação entre Módulos – Biela

PL15- LIGAÇÃO ENTRE MÓDULOS - BIELA

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

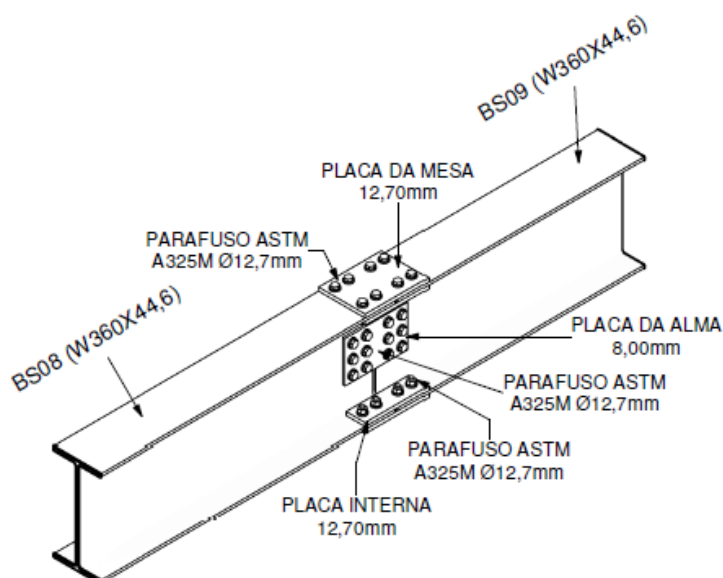
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

1.1.2 Dados geométricos

TABELA Dados Geométricos		
Perfil W	W 360 x 44,0	
d =	35,20	cm
bf =	17,10	cm
tw =	0,69	cm
tf =	0,98	cm
h =	33,20	cm
d' =	30,80	cm



1.2 Parafusos

$d_b =$	1,27	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,42	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	1,27	cm ²	
$f_y =$	63,50	kN/cm ²	
$f_u =$	82,50	kN/cm ²	
$R_d =$	30,97	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_b f_u / 1,35$)

1.3 Talas de conexão:

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	
$E =$	20000,00	kN/cm ²	: Módulo de elasticidade
$t_{f,tala} =$	1,27	cm	: Espessura das talas da mesa
$b_{f,tala\ ext} =$	17,10	cm	: Largura da chapa externa
$b_{f,tala\ int} =$	7,00	cm	: Largura da chapa interna
$A_m =$	39,50	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa

$t_w =$	0,80	cm	: Espessura das talas da alma
$h_w =$	15,00	cm	: Altura da chapa interna (inicial)
$A_m =$	24,00	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa
$A_t =$	102,99	cm ²	: Área total das talas

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$V_{sd,y} =$	2,00	kN	
$N_{sd} =$	-192,00	kN	: COMPRESSÃO
$M_{sd,x} =$	366,00	kN.cm	
$\gamma_{a1} =$	1,10		
$\gamma_{a2} =$	1,35		

3. Determinação do número de parafusos**3.1 Determinação do esforço na mesa e alma****3.1.1 Quinhão de carga devido à normal**

$N_f =$	-73,63	kN	: Parcela da normal para as mesas
$N_w =$	-44,74	kN	: Parcela da normal para a alma (somente para verificar o atrito)

3.1.2 Quinhão de carga devido ao momento fletor

$N_{t,mi} =$	11,02	kN	: Tração na mesa inferior
$N_{t,ms} =$	-11,02	kN	: Compressão na mesa superior

3.1.2 Esforço total nas mesas

$N_{mi} =$	-84,98	kN	: Inferior
$N_{ms} =$	-107,02	kN	: Superior

3.2 Resistência ao deslizamento do parafuso (ELS)

$C_h =$	1,00		: Furos padrão
$\mu =$	0,35		: Superfície classe A
$F_{tb} =$	125,00	kN	: Força de protensão mínima por parafuso
$n_s =$	2,00		: Número de planos de corte
$F_{f,Rk} =$	70,00	kN	: Força resistente por atrito

3.3 Quantidade de parafusos (2 linhas nas mesas e alma)

$n_{l,f} =$	2	un.	: Número de linhas de parafuso nas mesas
$n_{l,w} =$	3	un.	: Número de linhas de parafuso na alma
$n_{\text{mesa}} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na mesa
$n_{\text{alma}} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na alma
$n_t =$	28	un.	: Número total de parafusos na conexão

Obs: Quantidade mínima de **3 linhas de dois parafusos na alma e 2 linhas de três parafusos nas mesas**

3.4 Layout da chapa

$d_b =$	5,00	cm	: Distância entre parafusos
$d_c =$	2,50	cm	: Distância entre parafuso e chapa
$d_t =$	1,00	cm	

4. Verificação da tala da mesa

4.1 Verificação da tala da mesa tracionada

$A_g =$	21,72	cm ²	: Área bruta
$A_e =$	18,11	cm ²	: Área efetiva
$N_{t,Rd} =$	603,67	kN	: $\leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$
$N_{t,Sd} =$	N.A.	kN	Não há tração na seção!

4.2 Verificação do colapso por rasgamento da tala tracionada

$A_{gv} =$	19,05	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	13,64	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	4,55	cm ²	: Área líquida tracionada
$C_{ts} =$	1,00		: tração uniforme
$F_{Rd} =$	424,35	kN	: NBR 8800 item 6.5.6
$N_{t,Sd} =$	N.A.	kN	Não há tração na seção!

4.3 Verificação da tala comprimida

$A_g =$	21,72	cm ²	: Área bruta
$I =$	2,92	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	6,00	cm	: Distância entre furos no centro da chapa
$N_e =$	37881,45	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,14		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,99		: Fator de redução

$$N_{c,Rd} = 675,51 \text{ kN}$$

$$N_{c,Sd} = -107,02 \text{ kN}$$

OK!

5. Verificação da tala da alma

5.1 Verificação do cisalhamento da tala da alma da viga

$A_{gv} =$	12,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	8,59	cm ²	: Área líquida cisalhada

$$F_{Rd} = 171,84 \text{ kN} \quad : \leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$$

$$F_{Sd} = 1,00 \text{ kN} \quad : V_{Sd,y/2}$$

OK!

5.2 Verificação do rasgamento da tala da alma da viga

5.2.1 - 1ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	10,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	7,16	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	4,30	cm ²	: Área líquida tracionada

$$F_{Rd1} = 286,40 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.2 - 2ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	20,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	14,32	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	2,86	cm ²	: Área líquida tracionada

$$F_{Rd2} = 381,87 \text{ kN} : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.3 - Verificação

$$F_{Rd} = 286,40 \text{ kN} : \text{Esforço resistente mínimo}$$

$$F_{Sd} = 1,00 \text{ kN} : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.3 Verificação da flexão na tala da alma

5.3.1 Flambagem lateral com torção

$$L_b = 6,00 \text{ cm} : \text{Comprimento entre furos na seção central da conexão}$$

$$I_y = 0,64 \text{ cm}^4$$

$$A = 12,00 \text{ cm}^2$$

$$r_y = 0,23 \text{ cm}$$

$$\lambda = 25,98 : \text{Esbeltez da chapa}$$

$$J = 2,56 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 45,00 \text{ cm}^3$$

$$M_{pl} = 1552,50 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_p = 9,28$$

$$W_x = 30,00 \text{ cm}^3$$

$$M_r = 1035,00 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_r = 214,21$$

$$C_b = 1,00$$

$$M_{Rd1} = 1411,36 \text{ kN.cm} : M_{pl}/\gamma_{a1}$$

$$M_{Rd2} = 1373,03 \text{ kN.cm} : (C_b/\gamma_{a2}) * (M_{pl} - (M_{pl} - M_r) * (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p))$$

$$M_{Rd} = 1373,03 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 5,50 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.3.2 Ruptura

$$Z_e = 33,64 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = 1121,33 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 5,50 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.4 Verificação da flexão e do cisalhamento combinados

$\sigma_x =$

-1,74

 kN/cm²

$\tau =$

0,08

 kN/cm²

$\sigma_{Rd} =$

31,36

 kN/cm²

$\sigma_{Sd} =$

1,75

 kN/cm² :

OK!

6. Verificação dos parafusos**6.1 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas das mesas**

$F_{v,Sd} =$

26,76

 kN : Esforço solicitante máximo por parafuso

$F_{v,Rd} =$

30,97

 kN :

OK!

6.2 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas da alma

$F_{x,Sd} =$

0,00

 kN

$F_{y,Sd} =$

1,00

 kN

$M_{z,Sd} =$

5,50

 kN.cm

$A =$

7,60

 cm²

$I_x =$

126,68

 cm⁴

$I_y =$

47,50

 cm⁴

$I_z =$

174,18

 cm⁴

$\tau_{x,Sd} =$

0,16

 kN/cm²

$\tau_{y,Sd} =$

0,21

 kN/cm²

$\tau_{Sd} =$

0,26

 kN/cm²

$F_{v,Sd} =$

0,33

 kN

$F_{v,Rd} =$

30,97

 kN :

OK!

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 159 de 259

6.3 Verificação da pressão de contato nas talas das mesas

$$I_f = \boxed{1,79} \text{ cm}$$

$$F_{c, Sd} = \boxed{26,76} \text{ kN}$$

$$F_{c, Rd} = \boxed{90,93} \text{ kN} \quad : \quad \boxed{\text{OK!}}$$

7. Verificação da flexão da viga com furos

$$W_t = \boxed{696,50} \text{ cm}^3$$

$$A_{fg} = \boxed{16,76} \text{ cm}^2$$

$$A_{fn} = \boxed{13,97} \text{ cm}^2$$

$$M_{Rd} = \boxed{23760,98} \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = \boxed{366,00} \text{ kN.cm} \quad : \quad \boxed{\text{OK!}}$$

Conexão 4 – Ligação entre Módulos – Diagonal

PL15 - LIGAÇÃO ENTRE MÓDULOS - DIAGONAL

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

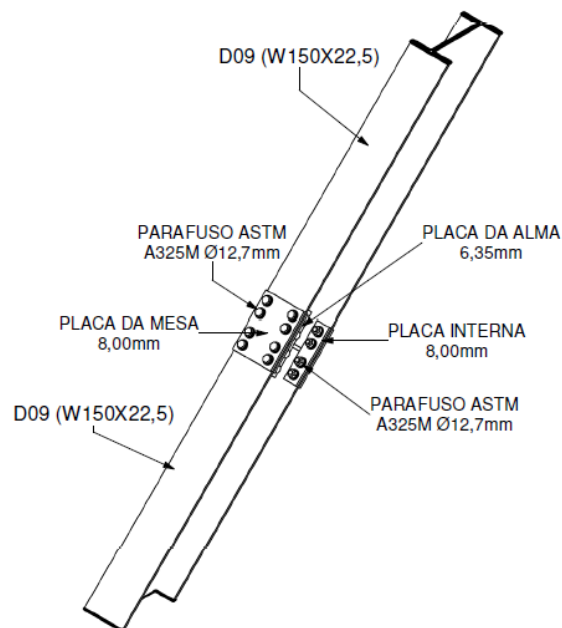
$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

1.1.2 Dados geométricos

Perfil W	W 150 x 22,5 (H)	
d =	15,20	cm
bf =	15,20	cm
tw =	0,58	cm
tf =	0,66	cm
h =	13,90	cm
d' =	11,90	cm

1.2 Parafusos

$d_b =$	1,27	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,42	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	1,27	cm ²	
$f_y =$	63,50	kN/cm ²	
$f_u =$	82,50	kN/cm ²	
$R_d =$	30,97	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_g f_u / 1,35$)



1.3 Talas de conexão:

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	
$E =$	20000,00	kN/cm ²	: Módulo de elasticidade
$t_{f, \text{tala}} =$	0,80	cm	: Espessura das talas da mesa
$b_{f, \text{tala ext}} =$	15,20	cm	: Largura da chapa externa
$b_{f, \text{tala int}} =$	5,00	cm	: Largura da chapa interna
$A_m =$	20,16	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa

$t_w =$	0,64	cm	: Espessura das talas da alma
$h_w =$	9,00	cm	: Altura da chapa interna (inicial)
$A_m =$	11,43	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa
$A_t =$	51,75	cm ²	: Área total das talas

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$V_{Sd,y} =$	0,20	kN	
$N_{Sd} =$	146,00	kN	: Tração
$M_{Sd,x} =$	69,00	kN.cm	
$\gamma_{a1} =$	1,10		
$\gamma_{a2} =$	1,35		

3. Determinação do número de parafusos**3.1 Determinação do esforço na mesa e alma****3.1.1 Quinhão de carga devido à normal**

$N_f =$	56,88	kN	: Parcela da normal para as mesas
$N_w =$	32,25	kN	: Parcela da normal para a alma (somente para verificar o atrito)

3.1.2 Quinhão de carga devido ao momento fletor

$N_{t,mi} =$	4,96	kN	: Tração na mesa inferior
$N_{t,ms} =$	-4,96	kN	: Compressão na mesa superior

3.1.2 Esforço total nas mesas

$N_{mi} =$	77,96	kN	: Inferior
$N_{ms} =$	68,04	kN	: Superior

3.2 Resistência ao deslizamento do parafuso (ELS)

$C_h =$	1,00		: Furos padrão
$\mu =$	0,35		: Superfície classe A
$F_{tb} =$	125,00	kN	: Força de protensão mínima por parafuso
$n_s =$	2,00		: Número de planos de corte
$F_{f,Rk} =$	70,00	kN	: Força resistente por atrito

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 162 de 259

3.3 Quantidade de parafusos (2 linhas nas mesas e alma)

$n_{l,f} =$	2	un.	: Número de linhas de parafuso nas mesas
$n_{l,w} =$	2	un.	: Número de linhas de parafuso na alma
$n_{mesa} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na mesa
$n_{alma} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na alma
$n_t =$	24	un.	: Número total de parafusos na conexão

Obs: Quantidade mínima de **3 linhas de dois parafusos na alma e 2 linhas de três parafusos nas mesas**

3.4 Layout da chapa

$d_b =$	4,00	cm	: Distância entre parafusos
$d_c =$	2,50	cm	: Distância entre parafuso e chapa
$d_t =$	1,00	cm	

4. Verificação da tala da mesa

4.1 Verificação da tala da mesa tracionada

$A_g =$	12,16	cm ²	: Área bruta
$A_e =$	9,89	cm ²	: Área efetiva
$N_{t,Rd} =$	329,60	kN	$\leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$
$N_{t,Sd} =$	77,96	kN	OK!

4.2 Verificação do colapso por rasgamento da tala tracionada

$A_{gv} =$	10,40	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	6,99	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	2,86	cm ²	: Área líquida tracionada
$C_{ts} =$	1,00		: tração uniforme
$F_{Rd} =$	235,31	kN	: NBR 8800 item 6.5.6
$N_{t,Sd} =$	77,96	kN	OK!

4.3 Verificação da tala comprimida

$A_g =$	12,16	cm ²	: Área bruta
$I =$	0,65	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	6,00	cm	: Distância entre furos no centro da chapa
$N_e =$	8416,53	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,22		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,98		: Fator de redução

$$N_{c,Rd} = 373,51 \text{ kN}$$

$$N_{c,Sd} = \text{N.A.} \text{ kN} \quad \text{Não há compressão na seção}$$

5. Verificação da tala da alma

5.1 Verificação do cisalhamento da tala da alma da viga

$A_{gv} =$	5,72	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	3,91	cm ²	: Área líquida cisalhada

$$F_{Rd} = 78,23 \text{ kN} \quad : \leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$$

$$F_{Sd} = 0,10 \text{ kN} \quad : V_{Sd,y}/2 \quad \text{OK!}$$

5.2 Verificação do rasgamento da tala da alma da viga

5.2.1 - 1ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	4,13	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	2,77	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	2,77	cm ²	: Área líquida tracionada

$$F_{Rd1} = 148,00 \text{ kN} \quad : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.2 - 2ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	8,26	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	5,55	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	1,64	cm ²	: Área líquida tracionada

$$F_{Rd2} = 165,61 \text{ kN} : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.3 - Verificação

$$F_{Rd} = 148,00 \text{ kN} : \text{Esforço resistente mínimo}$$

$$F_{Sd} = 0,10 \text{ kN} : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.3 Verificação da flexão na tala da alma

5.3.1 Flambagem lateral com torção

$$L_b = 6,00 \text{ cm} : \text{Comprimento entre furos na seção central da conexão}$$

$$I_y = 0,19 \text{ cm}^4$$

$$A = 5,72 \text{ cm}^2$$

$$r_y = 0,18 \text{ cm}$$

$$\lambda = 32,73 : \text{Esbeltez da chapa}$$

$$J = 0,77 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 12,86 \text{ cm}^3$$

$$M_{pl} = 443,63 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_{cp} = 12,28$$

$$W_x = 8,57 \text{ cm}^3$$

$$M_r = 295,75 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_r = 283,38$$

$$C_b = 1,00$$

$$M_{Rd1} = 403,30 \text{ kN.cm} : M_{pl}/\gamma_{a1}$$

$$M_{Rd2} = 393,16 \text{ kN.cm} : (C_b/\gamma_{a2}) * (M_{pl} - (M_{pl} - M_r) * (\lambda - \lambda_{cp}) / (\lambda_r - \lambda_{cp}))$$

$$M_{Rd} = 393,16 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 0,50 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.3.2 Ruptura

$$Z_e = 9,25 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = 308,40 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 0,50 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.4 Verificação da flexão e do cisalhamento combinados

$\sigma_x = 2,86 \text{ kN/cm}^2$

$\tau = 0,02 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_{Rd} = 31,36 \text{ kN/cm}^2$

$\text{Critério: } 2,86 \text{ kN/cm}^2 : \text{OK!}$

6. Verificação dos parafusos**6.1 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas das mesas**

$F_{v,Sd} = 19,49 \text{ kN} : \text{Esforço solicitante máximo por parafuso}$

$F_{v,Rd} = 30,97 \text{ kN} : \text{OK!}$

6.2 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas da alma

$F_{x,Sd} = 0,00 \text{ kN}$

$F_{y,Sd} = 0,10 \text{ kN}$

$M_{z,Sd} = 0,50 \text{ kN.cm}$

$A = 5,07 \text{ cm}^2$

$I_x = 20,27 \text{ cm}^4$

$I_y = 20,27 \text{ cm}^4$

$I_z = 40,54 \text{ cm}^4$

$\tau_{x,Sd} = 0,05 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_{y,Sd} = 0,04 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_{Sd} = 0,07 \text{ kN/cm}^2$

$F_{v,Sd} = 0,08 \text{ kN}$

$F_{v,Rd} = 30,97 \text{ kN} : \text{OK!}$

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 166 de 259

6.3 Verificação da pressão de contato nas talas das mesas

$$I_f = \boxed{1,79} \text{ cm}$$

$$F_{c,Sd} = \boxed{19,49} \text{ kN}$$

$$F_{c,Rd} = \boxed{57,28} \text{ kN} \quad : \quad \boxed{\text{OK!}}$$

7. Verificação da flexão da viga com furos

$$W_t = \boxed{161,70} \text{ cm}^3$$

$$A_{fg} = \boxed{10,03} \text{ cm}^2$$

$$A_{fn} = \boxed{8,16} \text{ cm}^2$$

$$M_{Rd} = \boxed{5379,04} \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = \boxed{69,00} \text{ kN.cm} \quad : \quad \boxed{\text{OK!}}$$

Conexão 4 – Ligação entre Módulos – Tirante

PL15 - LIGAÇÃO ENTRE MÓDULOS - TIRANTE

1. Propriedades Mecânicas e Geométricas:

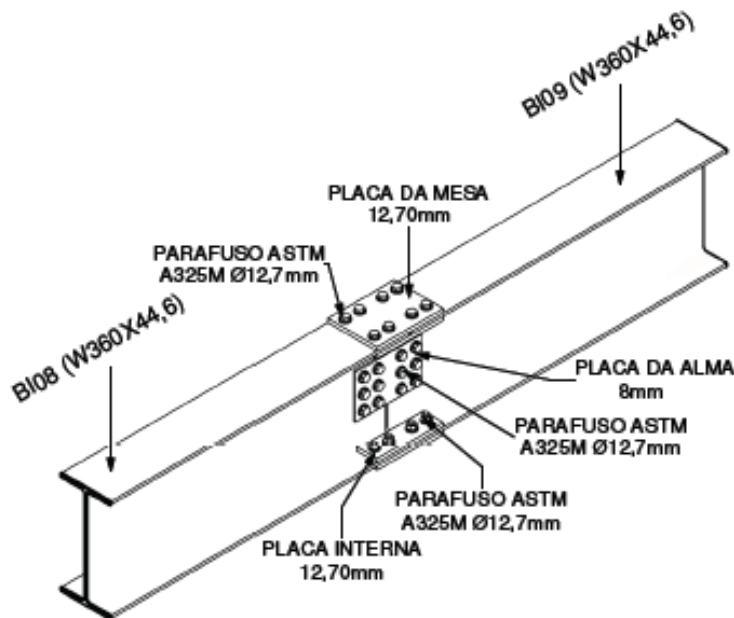
1.1 Perfil conectado

1.1.1 Material : Aço ASTM A-572 grau 50

$f_y =$	34,50	kN/cm ²
$f_u =$	45,00	kN/cm ²

1.1.2 Dados geométricos

Perfil W	W 360 x 44,0	
d =	35,20	cm
bf =	17,10	cm
tw =	0,69	cm
tf =	0,98	cm
h =	33,20	cm
d' =	30,80	cm



1.2 Parafusos

$d_b =$	1,27	cm	: Diâmetro do parafuso
$d_f =$	1,42	cm	: Diâmetro do furo padrão
$A_b =$	1,27	cm ²	
$f_y =$	63,50	kN/cm ²	
$f_u =$	82,50	kN/cm ²	
$R_d =$	30,97	kN	: Resistência ao corte ($0,40A_g f_u / 1,35$)

1.3 Talas de conexão:

$f_y =$	34,50	kN/cm ²	: Aço ASTM A-572 grau 50
$f_u =$	45,00	kN/cm ²	
$E =$	20000,00	kN/cm ²	: Módulo de elasticidade
$t_{f,tala} =$	1,27	cm	: Espessura das talas da mesa
$b_{f,tala\ ext} =$	17,10	cm	: Largura da chapa externa
$b_{f,tala\ int} =$	7,00	cm	: Largura da chapa interna
$A_m =$	39,50	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa

$t_w =$	0,80	cm	: Espessura das talas da alma
$h_w =$	15,00	cm	: Altura da chapa interna (inicial)
$A_m =$	24,00	cm ²	: Área bruta da seção transversal das talas de cada mesa
$A_t =$	102,99	cm ²	: Área total das talas

2. Esforços Solicitantes e Coeficientes de Ponderação:

$V_{Sd,y} =$	12,00	kN	
$N_{Sd} =$	160,00	kN	: Tração
$M_{Sd,x} =$	750,00	kN.cm	
$\gamma_{a1} =$	1,10		
$\gamma_{a2} =$	1,35		

3. Determinação do número de parafusos**3.1 Determinação do esforço na mesa e alma****3.1.1 Quinhão de carga devido à normal**

$N_f =$	61,36	kN	: Parcela da normal para as mesas
$N_w =$	37,28	kN	: Parcela da normal para a alma (somente para verificar o atrito)

3.1.2 Quinhão de carga devido ao momento fletor

$N_{t,mi} =$	22,59	kN	: Tração na mesa inferior
$N_{t,ms} =$	-22,59	kN	: Compressão na mesa superior

3.1.2 Esforço total nas mesas

$N_{mi} =$	102,59	kN	: Inferior
$N_{ms} =$	57,41	kN	: Superior

3.2 Resistência ao deslizamento do parafuso (ELS)

$C_h =$	1,00		: Furos padrão
$\mu =$	0,35		: Superfície classe A
$F_{tb} =$	125,00	kN	: Força de protensão mínima por parafuso
$n_s =$	2,00		: Número de planos de corte
$F_{f,Rk} =$	70,00	kN	: Força resistente por atrito

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 169 de 259

3.3 Quantidade de parafusos (2 linhas nas mesas e alma)

$n_{l,f} =$	2	un.	: Número de linhas de parafuso nas mesas
$n_{l,w} =$	3	un.	: Número de linhas de parafuso na alma
$n_{mesa} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na mesa
$n_{alma} =$	2	un.	: Número de parafusos por linha na alma
$n_t =$	28	un.	: Número total de parafusos na conexão

Obs: Quantidade mínima de **3 linhas de dois parafusos na alma e 2 linhas de três parafusos nas mesas**

3.4 Layout da chapa

$d_b =$	5,00	cm	: Distância entre parafusos
$d_c =$	2,50	cm	: Distância entre parafuso e chapa
$d_t =$	1,00	cm	

4. Verificação da tala da mesa

4.1 Verificação da tala da mesa tracionada

$A_g =$	21,72	cm ²	: Área bruta
$A_e =$	18,11	cm ²	: Área efetiva
$N_{t,Rd} =$	603,67	kN	$\leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$
$N_{t,Sd} =$	102,59	kN	OK!

4.2 Verificação do colapso por rasgamento da tala tracionada

$A_{gv} =$	19,05	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	13,64	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	4,55	cm ²	: Área líquida tracionada
$C_{ts} =$	1,00		: tração uniforme
$F_{Rd} =$	424,35	kN	: NBR 8800 item 6.5.6
$N_{t,Sd} =$	102,59	kN	OK!

4.3 Verificação da tala comprimida

$A_g =$	21,72	cm ²	: Área bruta
$I =$	2,92	cm ⁴	: Momento de inércia
$K =$	0,65		: Tabela E.1 NBR 8800
$L =$	6,00	cm	: Distância entre furos no centro da chapa
$N_e =$	37881,45	kN	: Carga crítica Anexo E NBR880
$Q =$	1,00		: Não há instabilidade local
$\lambda_0 =$	0,14		: Índice de esbeltez reduzido (NBR8800 5.3.3.2)
$\chi =$	0,99		: Fator de redução

$$N_{c,Rd} = 675,51 \text{ kN}$$

$$N_{c,Sd} = \text{N.A.} \text{ kN} \quad \text{Não há compressão na seção}$$

5. Verificação da tala da alma**5.1 Verificação do cisalhamento da tala da alma da viga**

$A_{gv} =$	12,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	8,59	cm ²	: Área líquida cisalhada

$$F_{Rd} = 171,84 \text{ kN} \quad : \leq (A_g f_y / \gamma_{a1}; A_e f_u / \gamma_{a2})$$

$$F_{Sd} = 6,00 \text{ kN} \quad : V_{Sd,y/2} \quad \text{OK!}$$

5.2 Verificação do rasgamento da tala da alma da viga**5.2.1 - 1ª Hipótese**

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	10,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	7,16	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	4,30	cm ²	: Área líquida tracionada
$F_{Rd1} =$	286,40	kN	: NBR 8800 item 6.5.6

5.2.2 - 2ª Hipótese

$C_{ts} =$	1,00		: Tração uniforme
$A_{gv} =$	20,00	cm ²	: Área bruta cisalhada
$A_{nv} =$	14,32	cm ²	: Área líquida cisalhada
$A_{nt} =$	2,86	cm ²	: Área líquida tracionada

$$F_{Rd2} = 381,87 \text{ kN} : \text{NBR 8800 item 6.5.6}$$

5.2.3 - Verificação

$$F_{Rd} = 286,40 \text{ kN} : \text{Esforço resistente mínimo}$$

$$F_{Sd} = 6,00 \text{ kN} : V_{Sd,y}/2$$

OK!

5.3 Verificação da flexão na tala da alma

5.3.1 Flambagem lateral com torção

$$L_b = 6,00 \text{ cm} : \text{Comprimento entre furos na seção central da conexão}$$

$$I_y = 0,64 \text{ cm}^4$$

$$A = 12,00 \text{ cm}^2$$

$$r_y = 0,23 \text{ cm}$$

$$\lambda = 25,98 : \text{Esbeltez da chapa}$$

$$J = 2,56 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 45,00 \text{ cm}^3$$

$$M_{pl} = 1552,50 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_p = 9,28$$

$$W_x = 30,00 \text{ cm}^3$$

$$M_r = 1035,00 \text{ kN.cm}$$

$$\lambda_r = 214,21$$

$$C_b = 1,00$$

$$M_{Rd1} = 1411,36 \text{ kN.cm} : M_{pl}/\gamma_{a1}$$

$$M_{Rd2} = 1373,03 \text{ kN.cm} : (C_b/\gamma_{a2}) * (M_{pl} - (M_{pl} - M_r) * (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p))$$

$$M_{Rd} = 1373,03 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 33,00 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.3.2 Ruptura

$$Z_e = 33,64 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = 1121,33 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Sd} = 33,00 \text{ kN.cm} :$$

OK!

5.4 Verificação da flexão e do cisalhamento combinados

$\sigma_x = 2,29 \text{ kN/cm}^2$

$\tau = 0,50 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_{Rd} = 31,36 \text{ kN/cm}^2$

$\text{Critério: } 2,45 \text{ kN/cm}^2 : \text{OK!}$

6. Verificação dos parafusos**6.1 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas das mesas**

$F_{v,Sd} = 25,65 \text{ kN} : \text{Esforço solicitante máximo por parafuso}$

$F_{v,Rd} = 30,97 \text{ kN} : \text{OK!}$

6.2 Verificação do cisalhamento nos parafusos nas talas da alma

$F_{x,Sd} = 0,00 \text{ kN}$

$F_{y,Sd} = 6,00 \text{ kN}$

$M_{z,Sd} = 33,00 \text{ kN.cm}$

$A = 7,60 \text{ cm}^2$

$I_x = 126,68 \text{ cm}^4$

$I_y = 47,50 \text{ cm}^4$

$I_z = 174,18 \text{ cm}^4$

$\tau_{x,Sd} = 0,95 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_{y,Sd} = 1,26 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_{Sd} = 1,58 \text{ kN/cm}^2$

$F_{v,Sd} = 2,00 \text{ kN}$

$F_{v,Rd} = 30,97 \text{ kN} : \text{OK!}$

6.3 Verificação da pressão de contato nas talas das mesas

$l_f = 1,79 \text{ cm}$

$F_{c,Sd} = 25,65 \text{ kN}$

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 173 de 259

$F_{c,Rd} =$
 kN
 :

7. Verificação da flexão da viga com furos

$W_t =$
 cm³

$A_{fg} =$
 cm²

$A_{fn} =$
 cm²

$M_{Rd} =$
 kN.cm

$M_{Sd} =$
 kN.cm
 :

1.9 VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO – MODELO I

A Figura 1-28 mostra o estado de deslocamento da estrutura, assim como seu valor máximo, para a combinação quase permanente de serviço (ver Tabela 1.4).

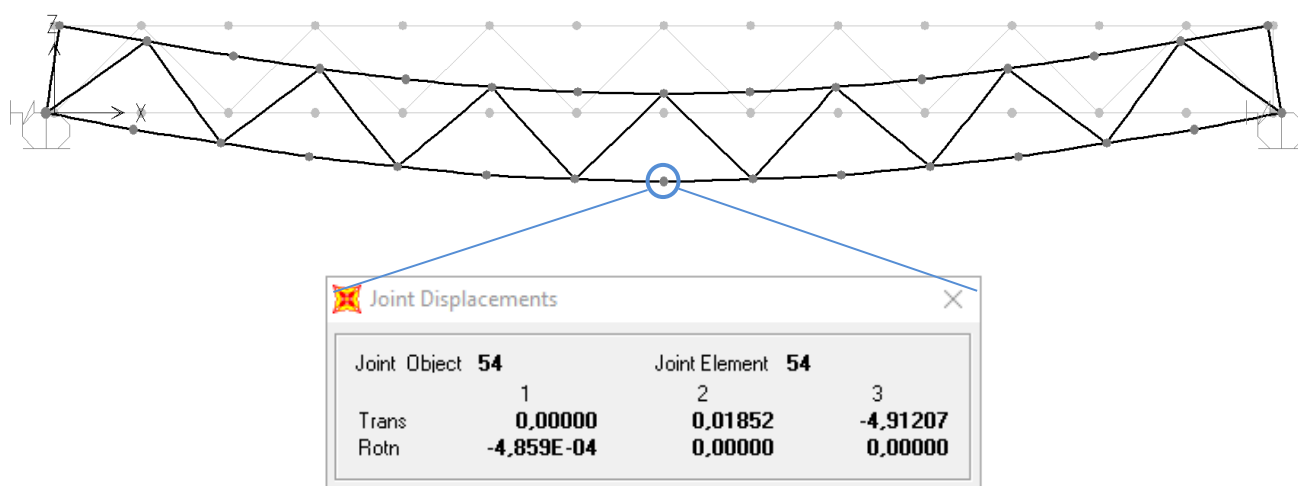


Figura 1-28 – Deslocamentos do Modelo I (em centímetros) – ELS-DEF

Adota-se como deslocamento máximo o valor abaixo (NBR8800:2008, Tabela C.1).

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{L}{350} = 10cm \quad (1.11)$$

Como o deslocamento máximo da superestrutura metálica é 4,91cm, conclui-se que o projeto atende satisfatoriamente o ELS-DEF.

1.10 VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO – MODELO II

A Figura 1-29 mostra o estado de deslocamento da estrutura, assim como seu valor máximo, para a combinação quase permanente de serviço (ver Tabela 1.4).

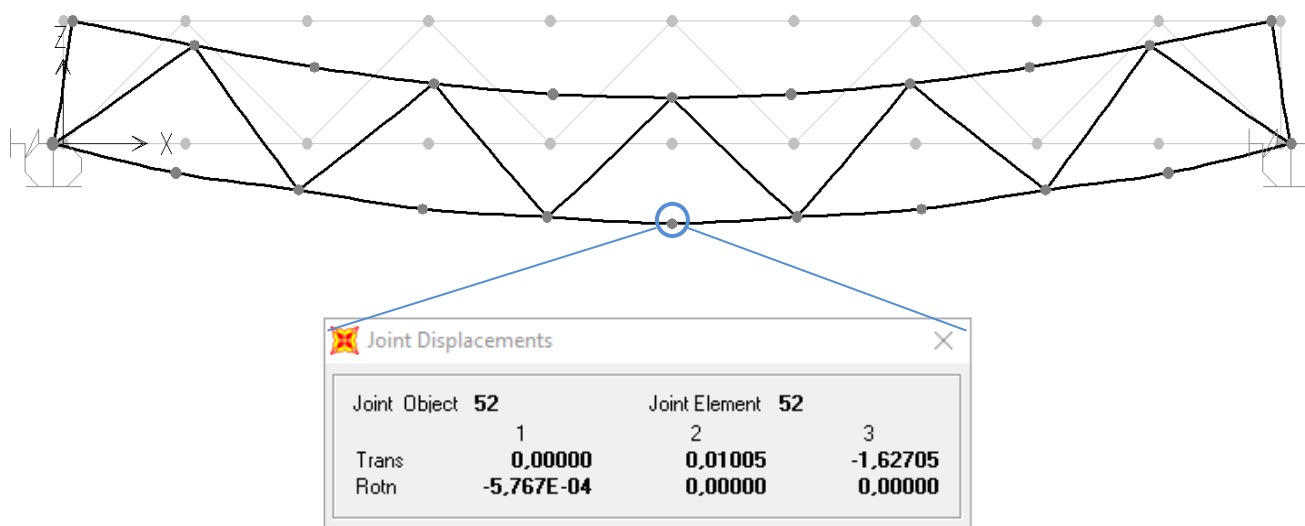


Figura 1-29 – Deslocamentos do Modelo II (em centímetros) – ELS-DEF

Adota-se como deslocamento máximo o valor abaixo (NBR8800:2008, Tabela C.1).

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{L}{350} = 7 \text{ cm} \quad (1.12)$$

Como o deslocamento máximo da superestrutura metálica é 1,63 cm, conclui-se que o projeto atende satisfatoriamente o ELS-DEF.

1.11 VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO – MODELO III

A Figura 1-30 mostra o estado de deslocamento da estrutura, assim como seu valor máximo, para a combinação quase permanente de serviço (ver Tabela 1.4).

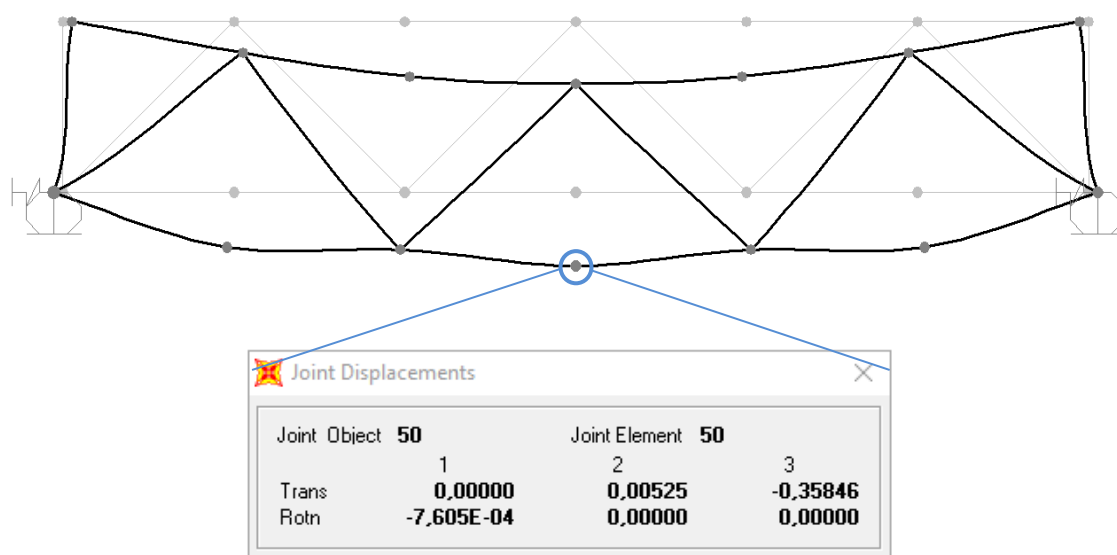


Figura 1-30 – Deslocamentos do Modelo III (em centímetros) – ELS-DEF.

Adota-se como deslocamento máximo o valor abaixo (NBR8800:2008, Tabela C.1).

$$\delta_{\max} = \frac{L}{350} = 4\text{cm} \quad (1.13)$$

Como o deslocamento máximo da superestrutura metálica é 0,36 cm conclui-se que o projeto atende satisfatoriamente o ELS-DEF.

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 177 de 259

2 DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

2.1 CRITÉRIOS DE CÁLCULO

As hipóteses de cálculo seguem as prescrições da NBR 6118:2014. O comportamento global da estrutura é considerado linear elástico para fins de obtenção dos esforços solicitantes internos e deslocamentos. A Classe de Agressividade adotada é a III (CAIII), pois caracteriza a maioria das regiões de implantação da passarela.

A análise estrutural é feita via o Método dos Elementos Finitos (MEF), elaborando-se modelos numéricos para todas as configurações dos acessos. Os dimensionamentos são calculados por programas específicos para cada tipo de detalhamento de armadura.

A verificação ao ELU e ao ELS das rampas, vigas, lajes e escadas são feitas a partir dos esforços críticos provenientes do modelo numérico do acesso A800, tendo em vista a pouca variação de esforços nesses elementos quando comparados aos outros acessos. Quanto ao dimensionamento dos pilares, serão analisados os pilares do acesso A800, A640 e A480. A armadura dos pilares dos demais acessos será a mesma a no acesso imediatamente superior.

2.2 MATERIAS E COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO

A Tabela 2.1 organiza as propriedades e coeficientes de ponderação das resistências dos materiais utilizados neste projeto.

Tabela 2.1 – Propriedades dos Materiais.

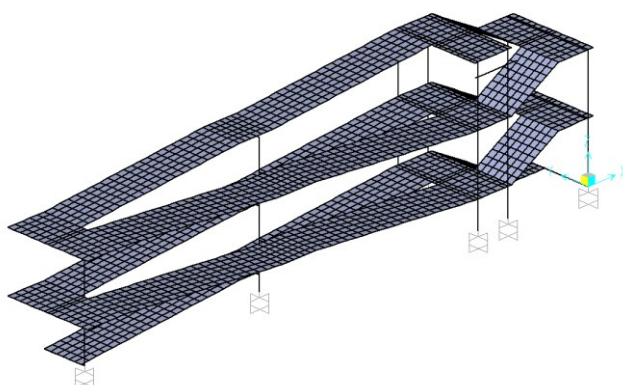
Material	Propriedades	Coeficientes
Concreto	• $f_{ck} = 30\text{MPa}$ • $E_{cs} = 27\text{ GPa}$ (tabela 8.1 NBR 6118:2014) • $\rho_c = 2500\text{ kg/m}^3$	$\gamma_c = 1,4$
Armadura	• Aço CA-50 • $f_{yk} = 500\text{ MPa}$ • $E_s = 210\text{ GPa}$	$\gamma_s = 1,15$

2.3 MODELO NUMÉRICO

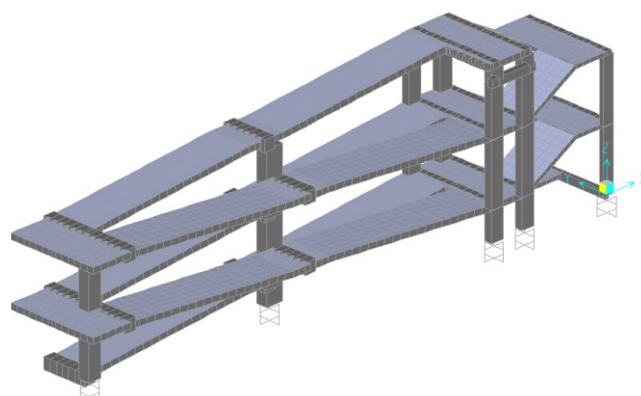
2.3.1 Modelo SAP 2000

O modelo numérico elaborado no programa SAP2000 é ilustrado na Figura 2-1. Foram utilizados elementos de pórtico tridimensional (*frame*) para representar as vigas e pilares e elementos de casca (*thin shell*) para representar as rampas e lajes. A excentricidade da viga console foi considerada pelo posicionamento de eixo conforme a planta de formas e seus nós de extremidade foram engastados aos nós dos pilares, na mesma elevação, por meio da aplicação de *constraints* tipo *body*. Os pilares são engastados nas bases. A Figura 2-1 ilustra os modelos elaborados para análise dos acessos.

A800

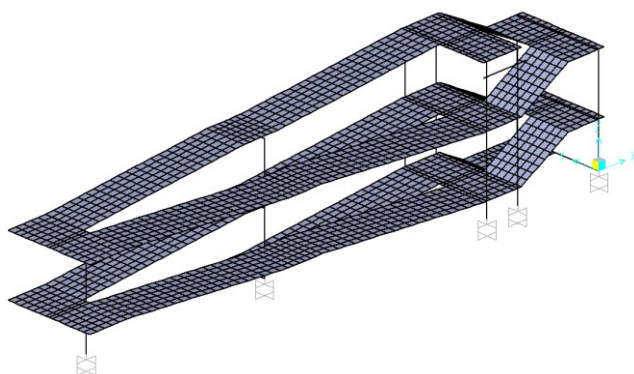


Vista Isométrica.

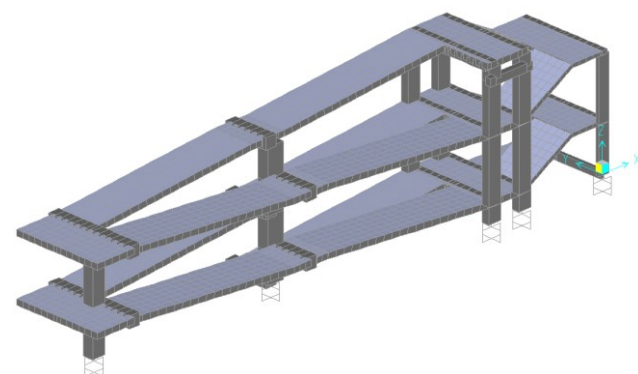


Vista Isométrica Extrudada.

A720

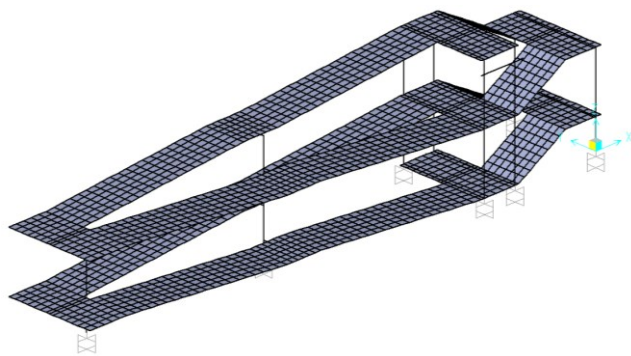


Vista Isométrica.

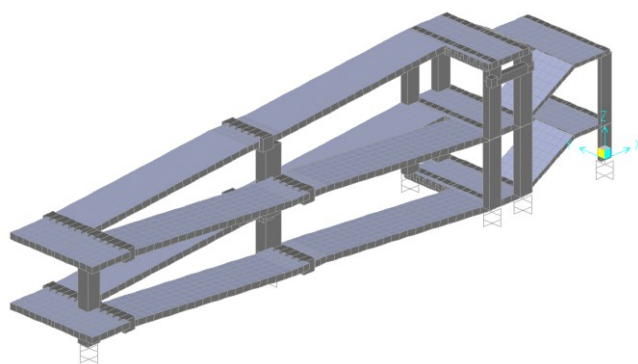


Vista Isométrica Extrudada.

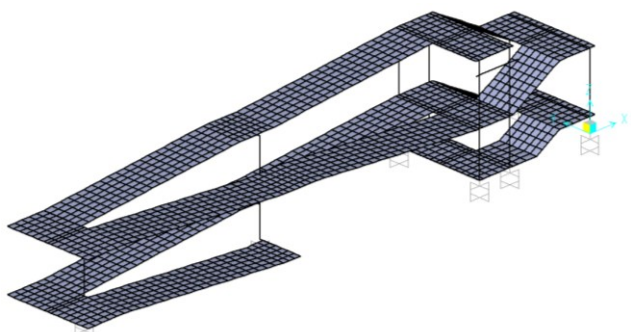
A640



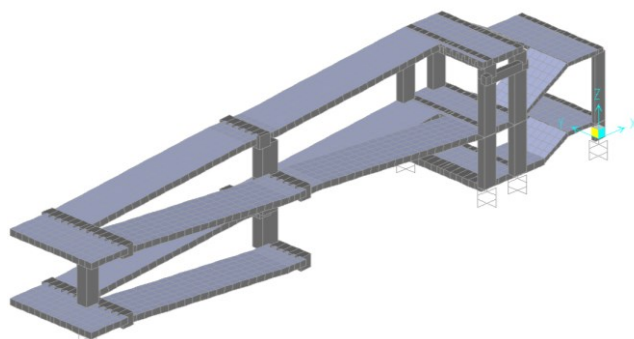
Vista Isométrica.



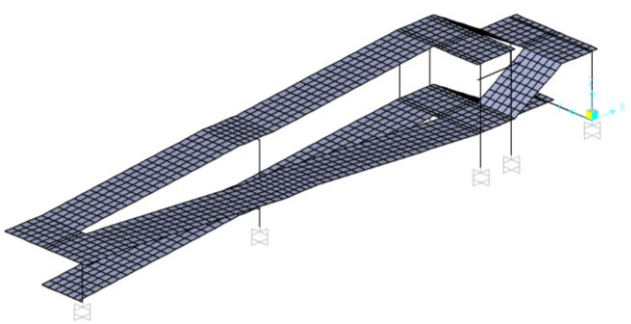
Vista Isométrica Extrudada.

A560

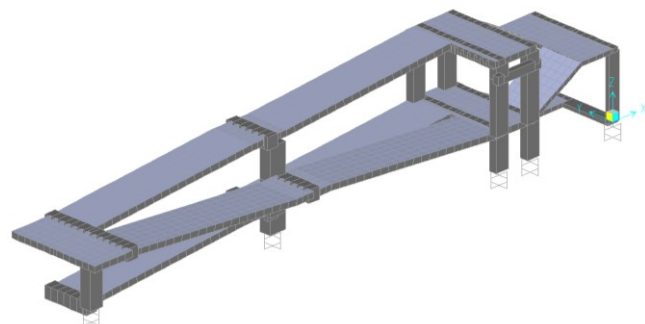
Vista Isométrica.



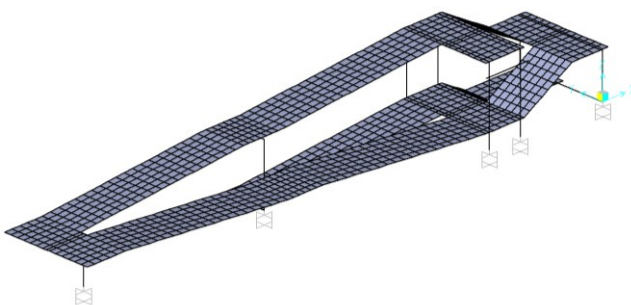
Vista Isométrica Extrudada.

A480

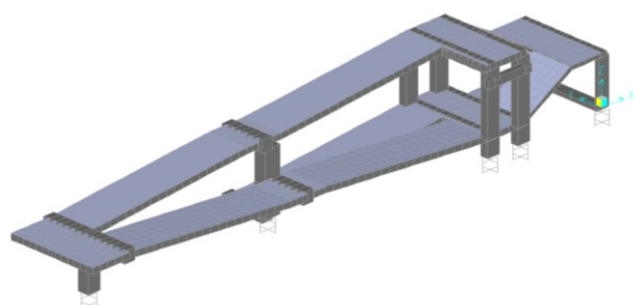
Vista Isométrica.



Vista Isométrica Extrudada.

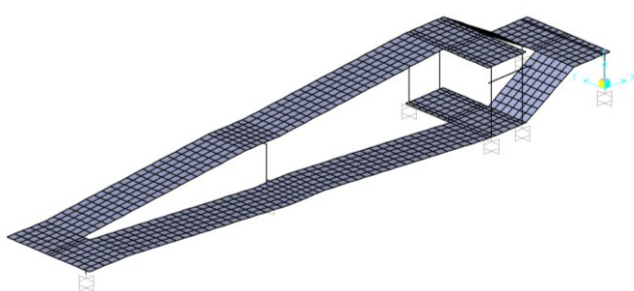
A400

Vista Isométrica.

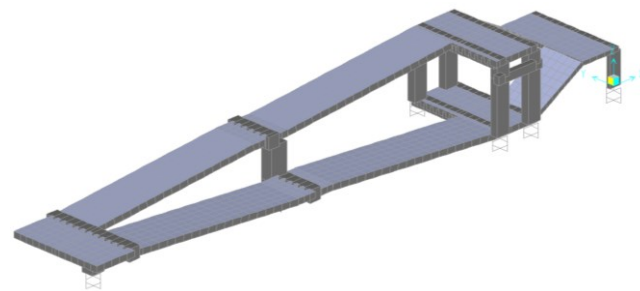


Vista Isométrica Extrudada.

A320



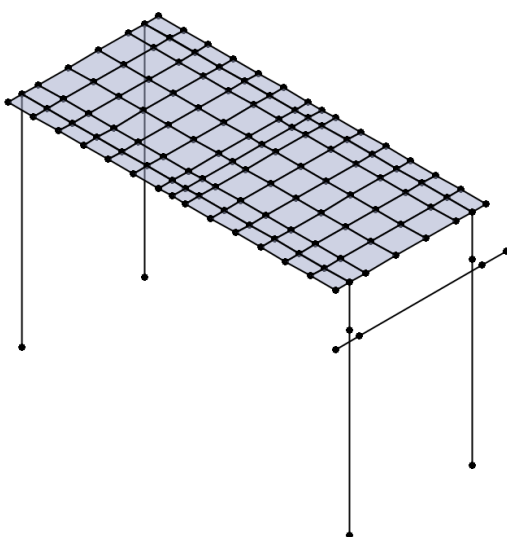
Vista Isométrica.



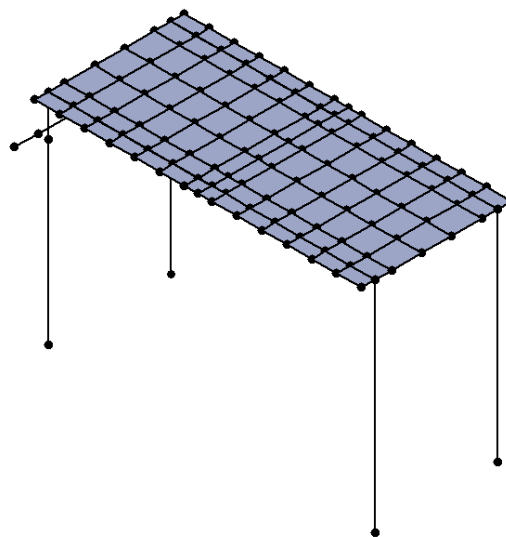
Vista Isométrica Extrudada.

Figura 2-1 – Modelos Elaborados no SAP2000.

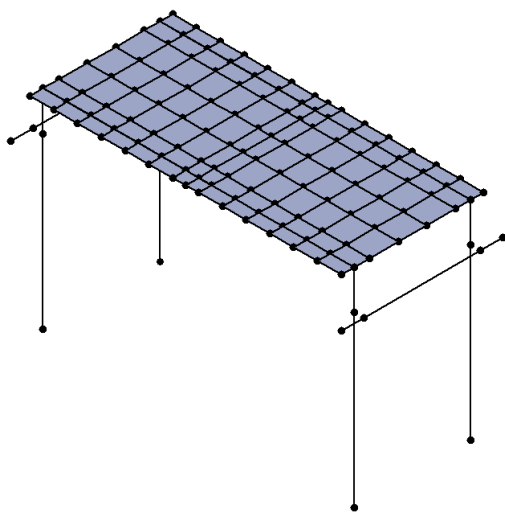
Para cada acesso foram elaborados três modelos adicionais para representar as diferentes configurações do posicionamento da viga console, conforme pode ser observado na Figura 2-2.



(a) Posição Eixo C.



(b) Posição Eixo A.

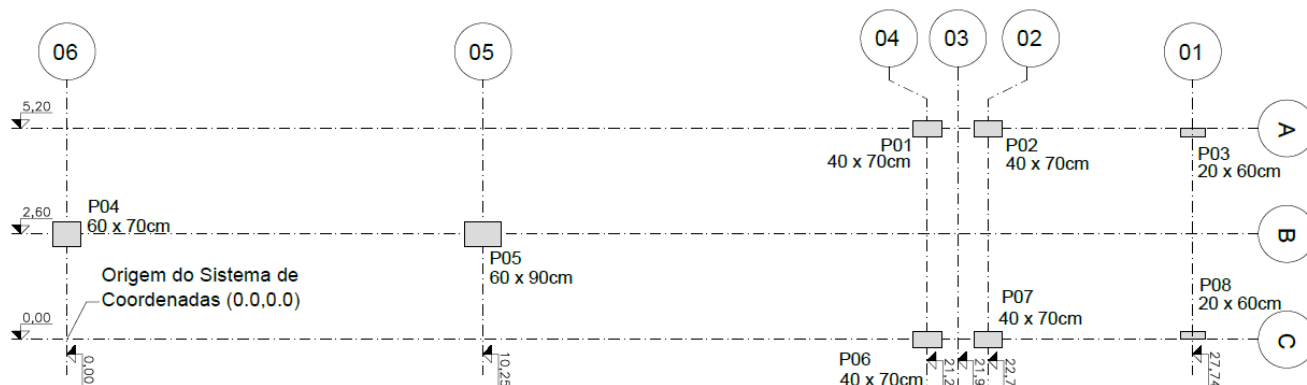


(c) Posição eixo A e C.

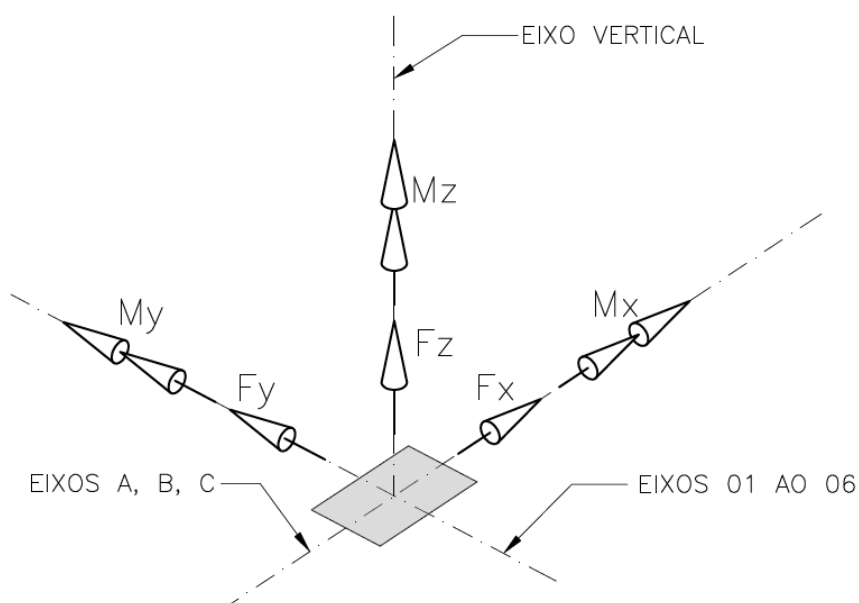
Figura 2-2 – Configurações de Posicionamento da Viga Console. (Representação Parcial da estrutura).

2.3.2 Convenção de sinais

A convenção de sinais adotada para os esforços nas fundações é apresentada na Figura 2-3. Os eixos locais dos pilares seguem a mesma convenção indicada.



(a) Locação dos Pilares e Sistema de Coordenadas.



(b) Convenção Positiva dos Esforços.

Figura 2-3 – Convenção de Sinais para os Esforços.

2.4 AÇÕES NA ESTRUTURA

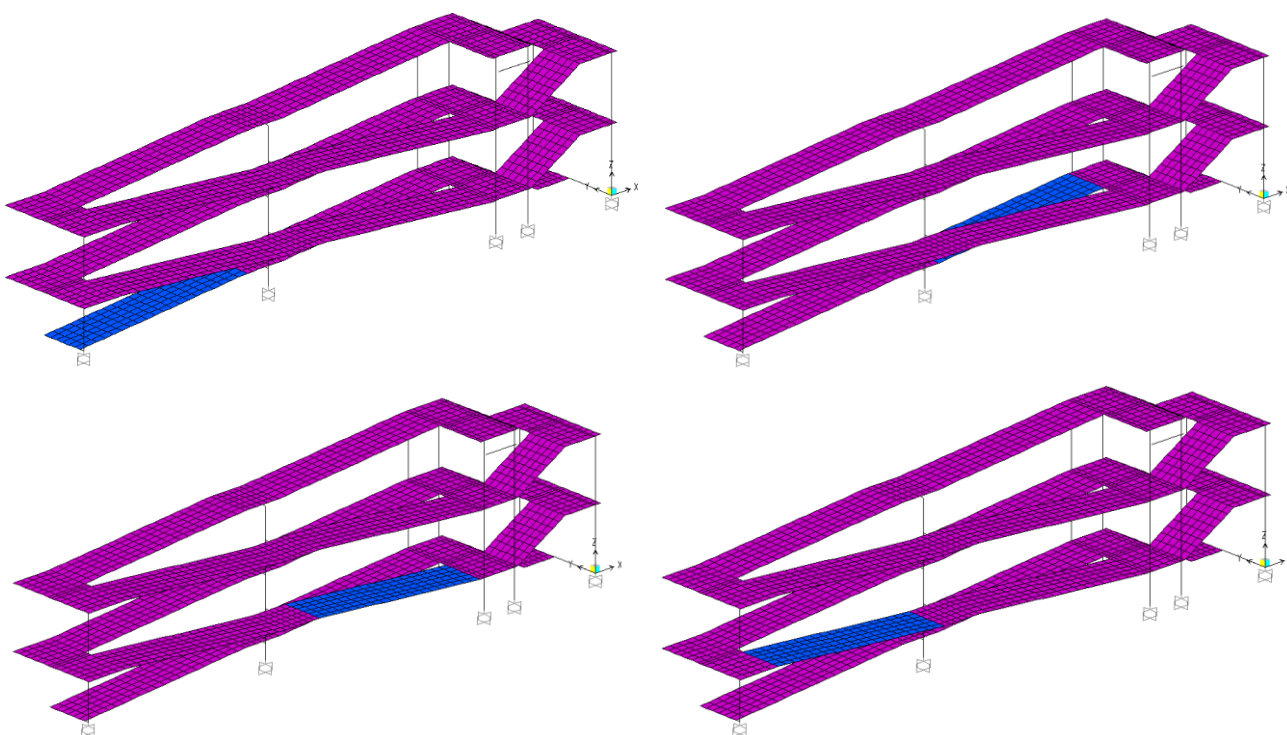
Com o objetivo de ilustrar os carregamentos considerados na análise estrutural assim como sua aplicação nos modelos numéricos apresenta-se nesta seção somente o acesso A800. As ações mencionadas também foram aplicadas nos demais modelos dos acessos.

2.4.1 Peso Próprio (PP)

O peso próprio dos elementos estruturais é calculado automaticamente pelo programa SAP2000 a partir do peso específico dos materiais. O peso dos guarda-corpos é incluso nesse caso de carregamento.

2.4.2 Carga Móvel (CM)

Adota-se o mesmo valor da carga móvel aplicada às passarelas, ou seja, 5 kN/m^2 . A carga é aplicada em várias configurações de maneira a abarcar todas as configurações de carregamentos que podem ocorrer nos acessos às passarelas. A Figura 2-4 ilustra algumas das configurações adotadas neste anteprojeto. O caso de carregamento **CM** representa a envoltória de todas as alternâncias de cargas.



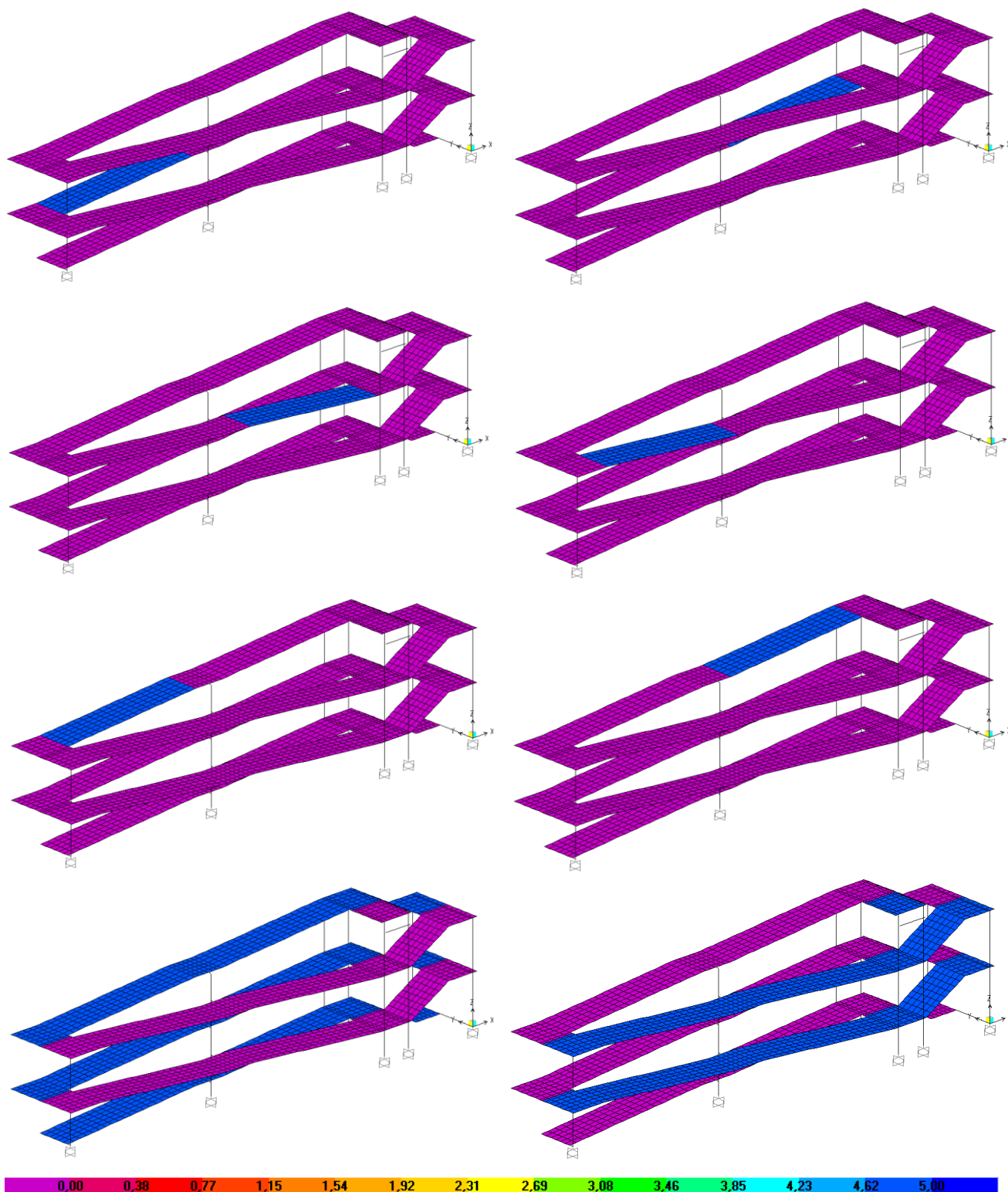


Figura 2-4 – Alternância de Carga Móvel nos Acessos.

2.4.3 Forças devido ao Vento

Adota-se o mesmo valor para a pressão dinâmica do vento, já calculada na seção 1.4.3. Como a estrutura não é vedada, considera-se que a carga devido ao vento só atua quando o acesso está carregado com pedestres. O coeficiente de arrasto adotado é 1,3, obtido por extrapolação do ábaco constante na Figura 4 da NBR 6123:1988. O carregamento é aplicado na lateral das rampas e área de contato considerada é de 1,70 metro (altura média da multidão) acima do nível da rampa. Portanto, a carga linear a ser aplicada na lateral é igual a $F_v = (1,7 + 0,3) \cdot 1,44 \cdot 1,3 = 3,75 \text{ kN/m}$. Adota-se o mesmo coeficiente de arrasto em ambas as direções, a favor da segurança. A força é aplicada nos nós da estrutura e é igual a carga linear multiplicada pela distância nodal local.

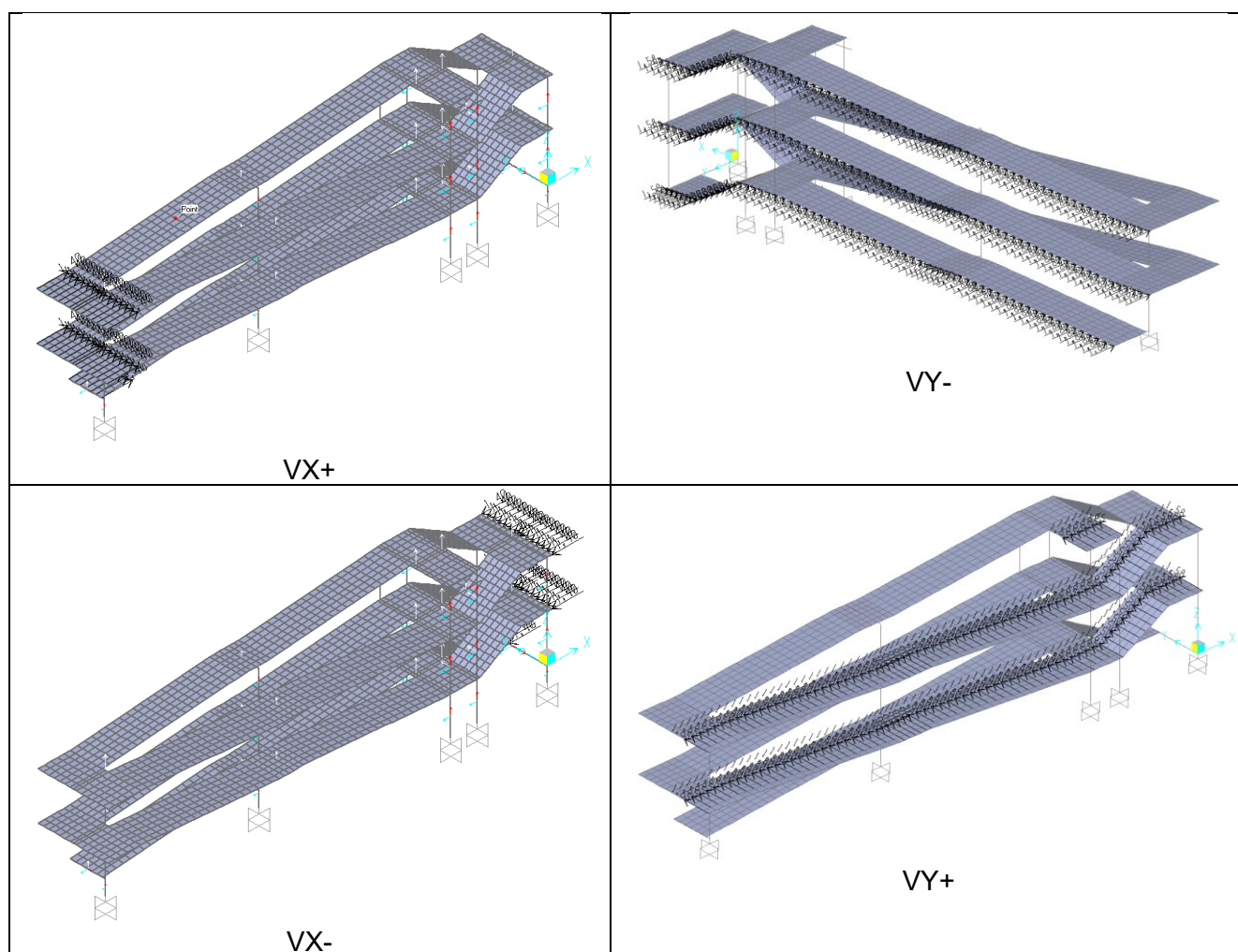
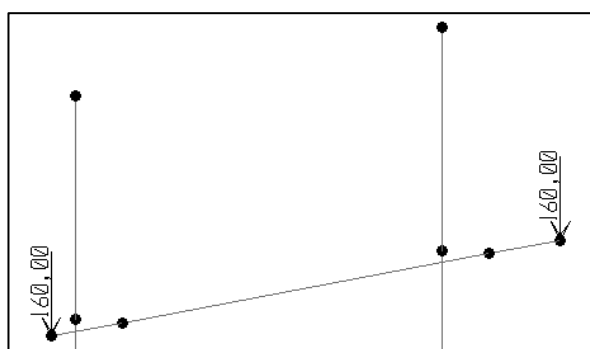


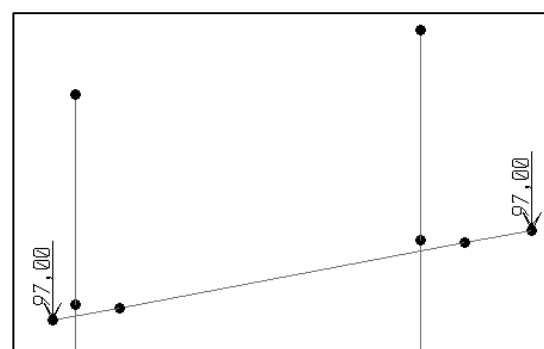
Figura 2-5 – Carga de Vento na Estrutura.

2.4.4 Reações da Passarela

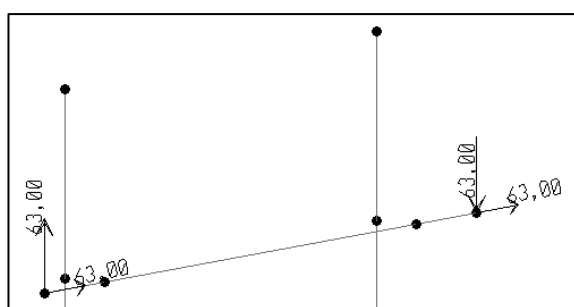
As reações das passarelas são aplicadas diretamente nos nós da viga console. A Figura 2-6 mostra as cargas da passarela. Esses valores correspondem às reações da PL35.



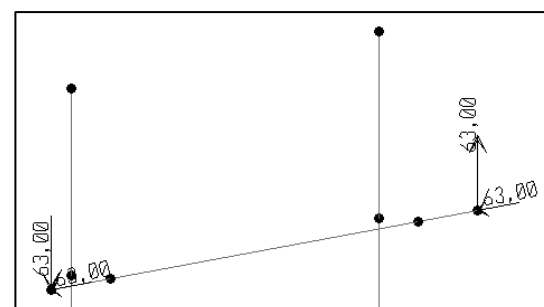
(a) Peso Próprio da PL (PP)



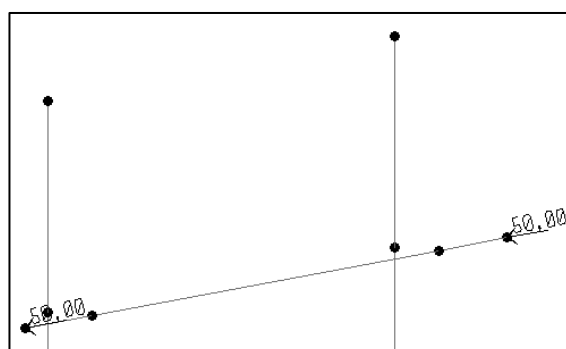
(b) Carga Móvel (CM)



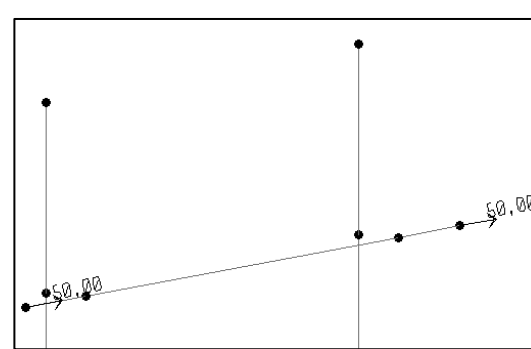
(c) Vento **VX+**



(d) Vento **VX-**



(e) Carga Excepcional X-



(f) Carga Excepcional X+

Figura 2-6 – Cargas da Passarela PL35.

As reações das demais passarelas-tipo também foram adicionadas aos modelos seguindo a mesma metodologia apresentada na Figura 2-6. A Tabela 2.2 mostra os valores das reações de apoio de todas as passarelas-tipo.

Tabela 2.2 – Cargas Provenientes das Passarelas.

		PL30					PL25		
		AÇÃO	Vertical	Direção do tráfego			AÇÃO	Vertical	Direção do tráfego
			F _z (kN)	F _x (kN)				F _z (kN)	F _x (kN)
P1/P6		PP	140	-	P1/P6		PP	109	-
		CM	83	-			CM	69	-
		VENTO +X	54	54			VENTO +X	45	45
		VENTO -X	-54	-54			VENTO -X	-45	-45
		CE +X	-	50			CE +X	-	50
		CE -X	-	-50			CE -X	-	-50
P2/P7		PP	140	-	P2/P7		PP	109	-
		CM	83	-			CM	69	-
		VENTO +X	-54	54			VENTO +X	-45	45
		VENTO -X	54	-54			VENTO -X	45	-45
		CE +X		50			CE +X		50
		CE -X	-	-50			CE -X	-	-50
		PL20					PL15		
		AÇÃO	Vertical	Direção do tráfego			AÇÃO	Vertical	Direção do tráfego
			F _z (kN)	F _x (kN)				F _z (kN)	F _x (kN)
P1/P6		PP	87	-	P1/P6		PP	63	-
		CM	55	-			CM	42	-
		VENTO +X	36	36			VENTO +X	27	27
		VENTO -X	-36	-36			VENTO -X	-27	-27
		CE +X	-	50			CE +X	-	50
		CE -X	-	-50			CE -X	-	-50
P2/P7		PP	87	-	P2/P7		PP	63	-
		CM	55	-			CM	42	-
		VENTO +X	-36	36			VENTO +X	-27	27
		VENTO -X	36	-36			VENTO -X	27	-27
		CE +X		50			CE +X		50
		CE -X	-	-50			CE -X	-	-50

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 188 de 259

2.5 COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTO

As combinações de carregamento últimas normais, utilizadas para o dimensionamento dos elementos estruturais, são calculadas a partir da equação abaixo.

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left(F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot F_{Qj,k} \right) \quad (2.1)$$

Os coeficientes de ponderação para cada caso de carregamento são apresentados na Tabela 2.3. As ações permanentes diretas são agrupadas no caso **PP**.

Tabela 2.3 – Combinações Últimas Normais – Coeficiente de Ponderação. ($\psi_{0j} = 0,6$).

Comb.	PP	CM	VY+	VY-	VX+ (PL)	VX- (PL)
ELU-1	1,4	1,5	0,9	0,0	0,0	0,0
ELU-2	1,4	1,5	0,0	0,9	0,0	0,0
ELU-3	1,4	1,5	0,0	0,0	0,9	0,0
ELU-4	1,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,9
ELU-5	1,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
ELU-6	1,4	0,9	1,5	0,0	0,0	0,0
ELU-7	1,4	0,9	0,0	1,5	0,0	0,0
ELU-8	1,4	0,9	0,0	0,0	1,5	0,0
ELU-9	1,4	0,9	0,0	0,0	0,0	1,5
ELU-10	1,0	1,5	0,9	0,0	0,0	0,0
ELU-11	1,0	1,5	0,0	0,9	0,0	0,0
ELU-12	1,0	1,5	0,0	0,0	0,9	0,0
ELU-13	1,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,9
ELU-14	1,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
ELU-15	1,0	0,9	1,5	0,0	0,0	0,0
ELU-16	1,0	0,9	0,0	1,5	0,0	0,0
ELU-17	1,0	0,9	0,0	0,0	1,5	0,0
ELU-18	1,0	0,9	0,0	0,0	0,0	1,5

Para a verificação ao ELS-DEF, utiliza-se a combinação quase permanente de serviço, dada pela equação abaixo.

$$F_d = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot F_{Qj,k} \quad (2.2)$$

Os coeficientes de ponderação para cada caso de carregamento são apresentados na Tabela 2.4. Como $\psi_{2j} = 0$ para a pressão dinâmica devido ao vento, esses casos são suprimidos.

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 189 de 259

Tabela 2.4 – Combinação Quase Permanente – Coeficiente de Ponderação. ($\psi_{2j} = 0,3$).

Comb.	PP	CM
ELS-1	1,0	0,3

Para a verificação ao ELS-W, utiliza-se a combinação frequente de serviço, dada pela equação abaixo.

$$F_d = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{2j} \cdot F_{Qj,k} \quad (2.3)$$

Os coeficientes de ponderação para cada caso de carregamento são apresentados na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Combinações Frequentes – Coeficiente de Ponderação ($\psi_{2j} = 0,3$).

Comb.	PP	CM	VY+	VY-	VX+ (PL)	VX- (PL)
ELS-1	1,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
ELS-2	1,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0
ELS-3	1,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0
ELS-4	1,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0
ELS-5	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3

E, finalmente, prescreve-se as combinações listadas na Tabela 2.6 para a obtenção das cargas nas fundações. Essas combinações visam fornecer ao projetista geotécnico esforços característicos.

Tabela 2.6 – Combinações para Cargas nas Fundações.

Comb.	PP	CM	VY+	VY-	VX+ (PL)	VX- (PL)
FUND-1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FUND-2	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FUND-3	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
FUND-4	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0
FUND-5	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0
FUND-6	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 190 de 259

2.6 EFEITOS GLOBAIS DE SEGUNDA ORDEM

A NBR 6118:2014, em seu Item 15.5, permite a dispensa da consideração dos esforços globais de segunda ordem a partir de métodos aproximados. O referido item ainda permite a majoração do módulo de deformação secante em 10%. Calcula-se o parâmetro α , para as duas direções ,definido na equação abaixo.

$$\alpha = H_{tot} \sqrt{\frac{N_k}{E_{cs} I_c}} \quad (2.4)$$

Os parâmetros de cálculo, resumidos na Tabela 2.7, são apresentados apenas para o acesso A800, pois é o caso crítico quanto à verificação da estabilidade global. Como a estrutura tem altura variável toma-se como a altura total a média das alturas dos pilares.

Tabela 2.7 – Cálculo do Parâmetro α – Acesso A800.

	hx (m)	hy (m)	Ic,x (m ⁴)	Ic,y (m ⁴)	N _k (kN)
P1	0,4	0,7	0,00373	0,01143	908
P2	0,4	0,7	0,00373	0,01143	495
P3	0,2	0,6	0,00040	0,00360	163
P4	0,6	0,7	0,01260	0,01715	1145
P5	0,6	0,9	0,01620	0,03645	1932
P6	0,4	0,7	0,00373	0,01143	778
P7	0,4	0,7	0,00373	0,01143	424
P8	0,2	0,6	0,00040	0,00360	140
Σ			0,04453	0,10653	5985

α_x	α_y
0,491	0,317

Conclui-se, portanto, que a estrutura pode ser analisada dispensando-se os efeitos globais de segunda ordem.

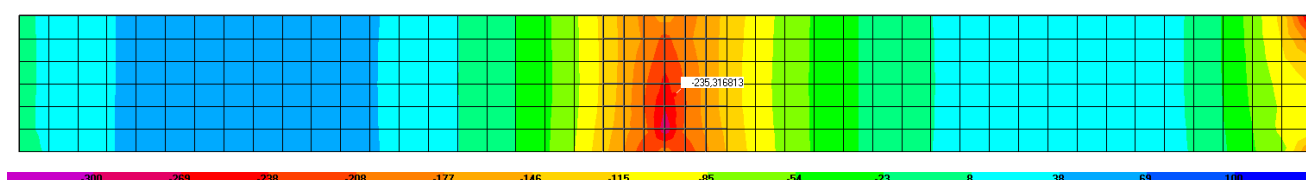
	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 191 de 259

2.7 VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO

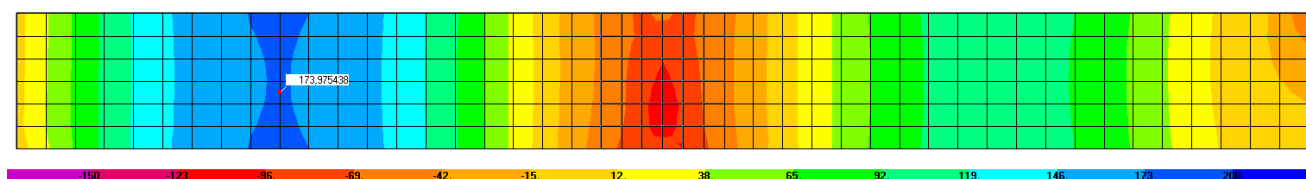
Os diagramas de esforços solicitantes a seguir representam as envoltórias máximas e mínimas das combinações últimas definidas na Tabela 2.3.

2.7.1 Dimensionamento das Rampas

O diagrama de esforços críticos das rampas, entre eixos 4 e 6, são apresentados na Figura 2-7, a seguir (vista em planta). Como as rampas são apoiadas somente pelas vigas, somente serão apresentados os esforços longitudinais.



(a) Momento fletor – Envoltória mínima – $M_{sd} = -236 \text{ kNm}$.



(b) Momento fletor – Envoltória máxima. $M_{sd} = 174 \text{ kNm}$.

Figura 2-7 – Diagrama de Esforços das Rampas – Vista em Planta.

A Tabela 2.8 resume as armaduras calculadas e adotadas para as rampas.

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 192 de 259

Tabela 2.8 – Armaduras Calculadas e Adotadas para as Rampas.

	Direção Longitudinal	Direção Transversal (armadura de distribuição)
Armadura Negativa	$M_d := 236 \text{ kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 100 \text{ cm}$ Base $h := 30 \text{ cm}$ Altura total $c := 4.8 \text{ cm}$ Cobrimento	Armadura adotada: $\phi 12,5$ cada 15cm
	$KMD = 0.173$ $A_{smin} = 4.5 \cdot \text{cm}^2$	
	$KX = 0.288$ $A_s = 24.347 \cdot \text{cm}^2$	
	$KZ = 0.885$ SITUAÇÃO = "OK"	
	Armadura adotada: $\phi 16$ cada 8cm	
Armadura Positiva	$M_d := 174 \text{ kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 100 \text{ cm}$ Base $h := 30 \text{ cm}$ Altura total $c := 4.8 \text{ cm}$ Cobrimento	Armadura adotada: $\phi 12,5$ cada 15cm
	$KMD = 0.128$ $A_{smin} = 4.5 \cdot \text{cm}^2$	
	$KX = 0.205$ $A_s = 17.298 \cdot \text{cm}^2$	
	$KZ = 0.918$ SITUAÇÃO = "OK"	
	Armadura adotada: $\phi 16$ cada 12.5cm	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 193 de 259

O diagrama de esforços dos patamares de circulação, entre Eixos 2 e 4, são apresentados na Figura 2-8, a seguir (vista em planta).

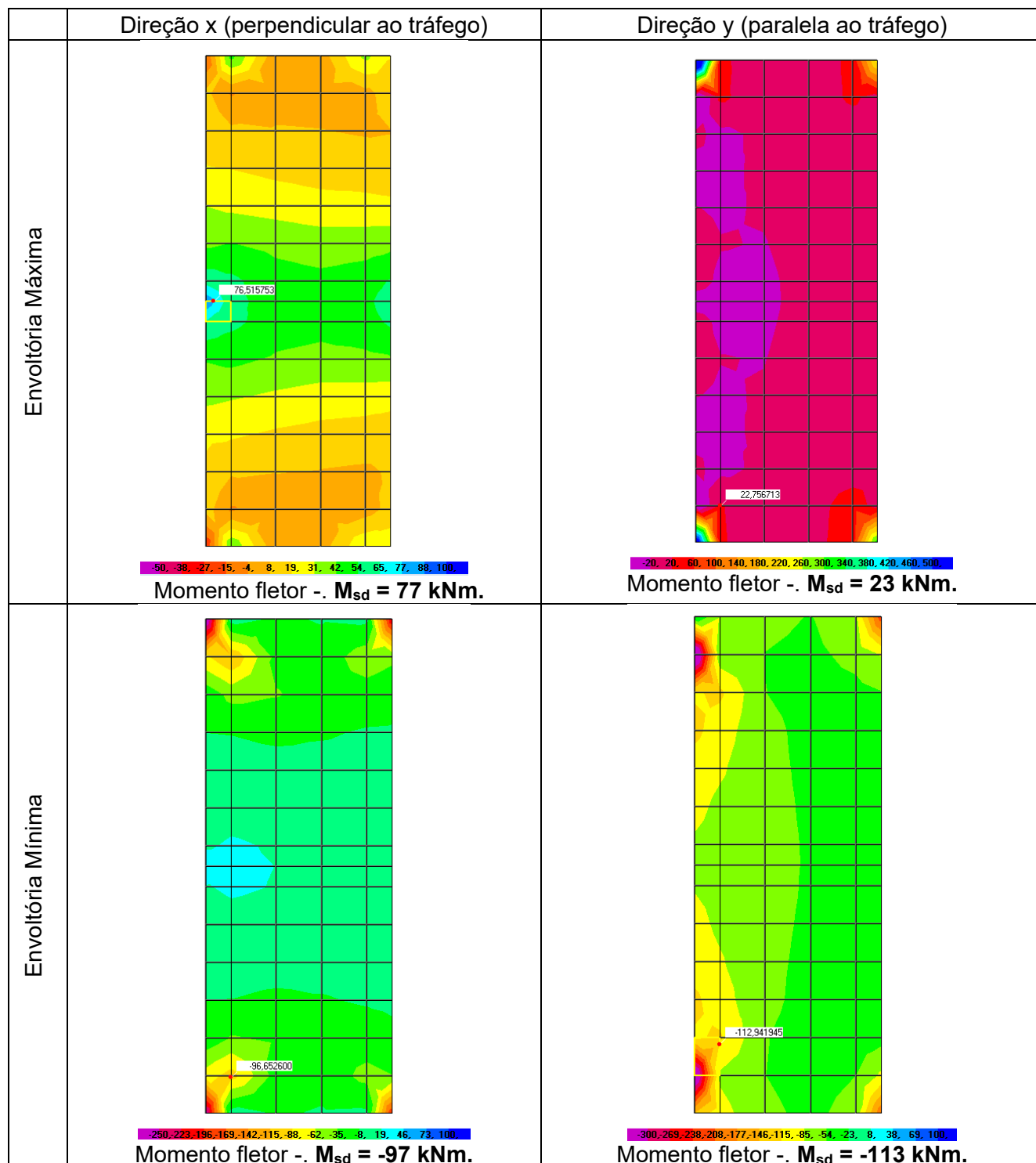


Figura 2-8 – Diagrama de Esforços dos Patamares de Circulação – Vista em Planta.

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 194 de 259

A Tabela 2.9 resume as armaduras calculadas e adotadas para os patamares de circulação.

Tabela 2.9 – Armaduras Calculadas e Adotadas para os Patamares de Circulação.

	Direção Transversal (perpendicular ao tráfego)	Direção Transversal (paralela ao tráfego)
Armadura Positiva	$M_d := 77\text{kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 100\text{cm}$ Base $h := 30\text{cm}$ Altura total $c := 4.7\text{cm}$ Cobrimento	$M_d := 23\text{kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 100\text{cm}$ Base $h := 30\text{cm}$ Altura total $c := 4.7\text{cm}$ Cobrimento
	$KMD = 0.056$ $A_{smin} = 4.5\cdot\text{cm}^2$ $KX = 0.085$ $A_s = 7.248\cdot\text{cm}^2$ $KZ = 0.966$ SITUAÇÃO = "OK"	$KMD = 0.033$ $A_{smin} = 4.5\cdot\text{cm}^2$ $KX = 0.049$ $A_s = 4.191\cdot\text{cm}^2$ $KZ = 0.98$ SITUAÇÃO = "OK"
	Armadura adotada: $\phi 12,5$ cada 15cm	Armadura adotada: $\phi 12,5$ cada 15cm
Armadura negativa	$M_d := 97\text{kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 100\text{cm}$ Base $h := 30\text{cm}$ Altura total $c := 4.7\text{cm}$ Cobrimento	$M_d := 113\text{kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 100\text{cm}$ Base $h := 30\text{cm}$ Altura total $c := 4.7\text{cm}$ Cobrimento
	$KMD = 0.071$ $A_{smin} = 4.5\cdot\text{cm}^2$ $KX = 0.109$ $A_s = 9.219\cdot\text{cm}^2$ $KZ = 0.957$ SITUAÇÃO = "OK"	$KMD = 0.082$ $A_{smin} = 4.5\cdot\text{cm}^2$ $KX = 0.128$ $A_s = 10.826\cdot\text{cm}^2$ $KZ = 0.949$ SITUAÇÃO = "OK"
	Armadura adotada: $\phi 12,5$ cada 12,5cm	Armadura adotada: $\phi 12,5$ cada 10cm

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 195 de 259

2.7.2 Dimensionamento das Vigas do Eixo 6

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-9.

A armadura calculada para este elemento deve ser adotada nas demais vigas.

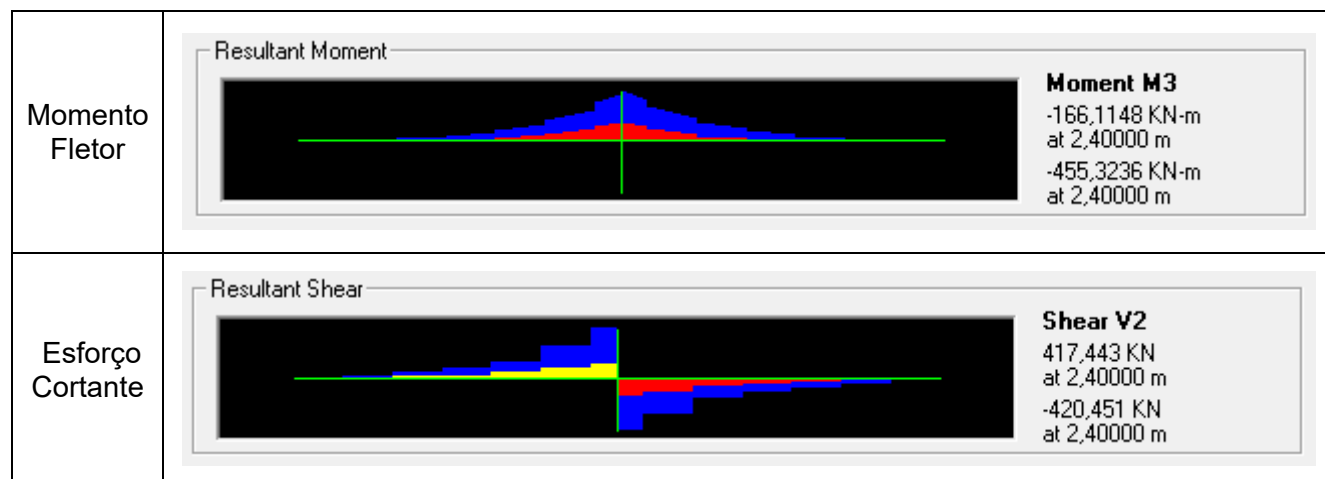


Figura 2-9 – Diagrama de Esforços das Vigas do Eixo 6.

As amaduras calculadas e adotadas são apresentadas na Tabela 2.10.

Tabela 2.10 – Cálculo das Armaduras das Vigas do Eixo 6.

	Armadura Calculada	Armadura Adotada
Armadura Positiva	Não há positivo na viga.	7 ϕ 16
Armadura negativa	$M_d := 456 \text{ kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 60 \text{ cm}$ Base $h := 60 \text{ cm}$ Altura total $c := 5 \text{ cm}$ Cobrimento	Adotar 9 ϕ 20
	$KMD = 0.117$ $A_{smin} = 5.4 \cdot \text{cm}^2$	
	$KX = 0.186$ $A_s = 20.605 \cdot \text{cm}^2$	
	$KZ = 0.925$ SITUAÇÃO = "OK"	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 196 de 259

Cortante	Vsd := 421kN	Número de Ramos: NR := 4	$\phi 8$ cada 15cm (4 pernas)
	fywk := 500MPa	Bitola: ϕ := 8mm	
	bw := 60cm	h := 60cm	
	fck := 30MPa		
	c := 5cm	α := 90	
	VRd2 = 1680.17 ·kN Situação = "OK!"		
	Asw = 7.52 ·cm ²	Aswmin = 6.95 ·cm ²	
	e = 26.73 ·cm	espaçamento máximo	

2.7.3 Dimensionamento das Vigas do Eixo 5

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-10. A armadura calculada para este elemento deve ser adotada nas demais vigas.

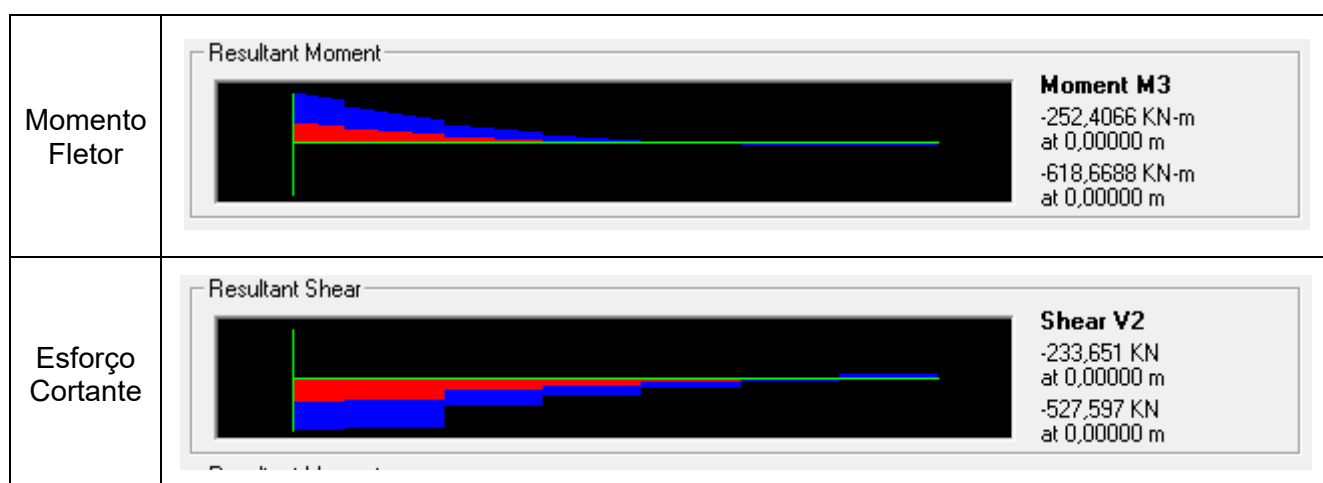


Figura 2-10 – Diagrama de Esforços das Vigas do Eixo 5.

As amaduras calculadas e adotadas são apresentadas na Tabela 2.11.

DNIT	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 197 de 259

Tabela 2.11 – Cálculo das Armaduras das Vigas do Eixo 5.

	Armadura Calculada	Armadura Adotada
Armadura Positiva	Não há positivo na viga.	7 ϕ 16
Armadura negativa	$M_d := 619 \text{ kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 60 \text{ cm}$ Base $h := 60 \text{ cm}$ Altura total $c := 5 \text{ cm}$ Cobrimento $KMD = 0.159$ $A_{smin} = 5.4 \cdot \text{cm}^2$ $KX = 0.261$ $A_s = 28.908 \cdot \text{cm}^2$ $KZ = 0.895$ SITUAÇÃO = "OK"	Adotar 7 ϕ 20 (1ª cam.) + 5 ϕ 20 (2ª cam.)
Cortante	$V_{sd} := 528 \text{ kN}$ Número de Ramos: NR := 4 $f_{ywk} := 500 \text{ MPa}$ Bitola: $\phi := 8 \text{ mm}$ $b_w := 60 \text{ cm}$ $h := 60 \text{ cm}$ $f_{ck} := 30 \text{ MPa}$ $c := 5 \text{ cm}$ $\alpha := 90$ $VRd2 = 1680.17 \cdot \text{kN}$ Situação = "OK!" $A_{sw} = 13.52 \cdot \text{cm}^2$ $A_{swmin} = 6.95 \cdot \text{cm}^2$ $e = 14.88 \cdot \text{cm}$ espaçamento máximo	ϕ 8 cada 10cm (4 pernas)

2.7.4 Dimensionamento das Vigas Faixa dos Eixos A e C

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-11. A armadura calculada para este elemento deve ser adotada nas demais vigas.

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 198 de 259

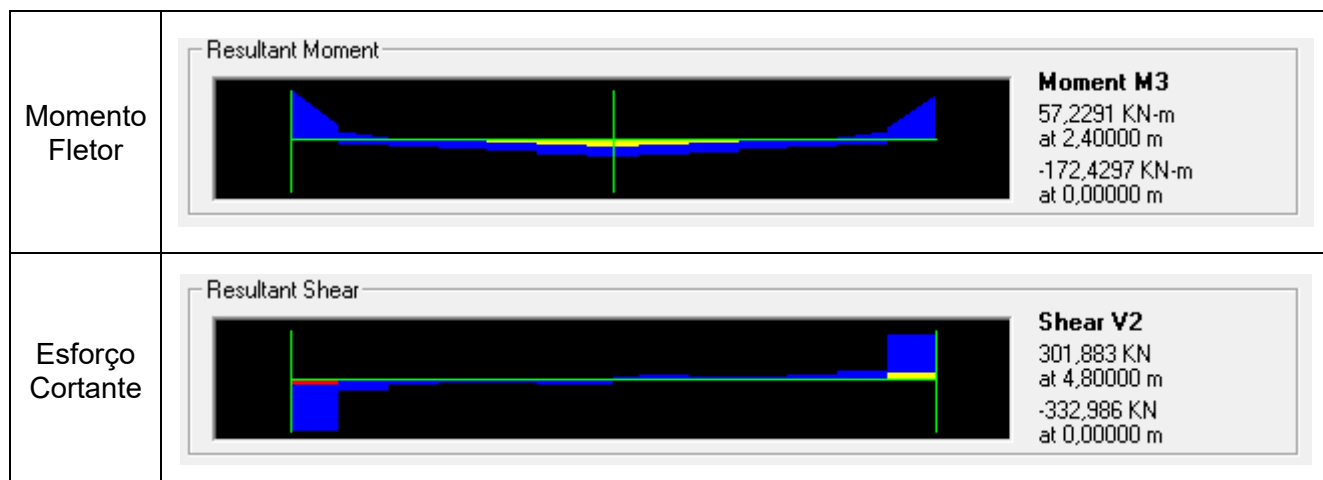


Figura 2-11 – Diagrama de Esforços das Vigas Faixa dos Eixos A e C.

As amaduras calculadas e adotadas são apresentadas na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 – Cálculo das armaduras das Vigas Faixa dos Eixos A e C.

	Armadura Calculada	Armadura Adotada
Armadura Positiva	$M_d := 58 \text{ kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 70 \text{ cm}$ Base $h := 30 \text{ cm}$ Altura total $c := 6.4 \text{ cm}$ Cobrimento	Adotar 8 $\phi 12,5$
	$KMD = 0.069$ $A_{smin} = 3.15 \cdot \text{cm}^2$	
	$KX = 0.107$ $A_s = 5.904 \cdot \text{cm}^2$	
	$KZ = 0.957$ SITUAÇÃO = "OK"	

Armadura negativa	$M_d := 173 \text{ kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 70 \text{ cm}$ Base $h := 30 \text{ cm}$ Altura total $c := 6.4 \text{ cm}$ Cobrimento $KMD = 0.207$ $A_{smin} = 3.15 \cdot \text{cm}^2$ $KX = 0.355$ $A_s = 19.65 \cdot \text{cm}^2$ $KZ = 0.858$ SITUAÇÃO = "OK"	Adotar 10 $\phi 16$
Cortante	Até 1 metro do apoio: $V_{sd} := 332 \text{ kN}$ Número de Ramos: $NR := 4$ $f_{yw} := 500 \text{ MPa}$ Bitola: $\phi := 10 \text{ mm}$ $b_w := 70 \text{ cm}$ $h := 30 \text{ cm}$ $f_{ck} := 30 \text{ MPa}$ $c := 6.4 \text{ cm}$ $\alpha := 90$ $VRd2 = 841.1 \cdot \text{kN}$ Situação = "OK!" $A_{sw} = 24.61 \cdot \text{cm}^2$ $A_{swmin} = 8.11 \cdot \text{cm}^2$ $e = 12.77 \cdot \text{cm}$ espaçamento máximo Região central:	Região do apoio: $\phi 10$ cada 10cm (4 pernas) Região central: $\phi 10$ cada 15cm (4 pernas)

$V_{sd} := 70 \text{ kN}$ Número de Ramos: $NR := 4$ $f_{ywk} := 500 \text{ MPa}$ Bitola: $\phi := 10 \text{ mm}$ $b_w := 70 \text{ cm}$ $h := 30 \text{ cm}$ $f_{ck} := 30 \text{ MPa}$ $c := 6.4 \text{ cm}$ $\alpha := 90$ $VR_{d2} = 841.1 \cdot \text{kN}$

Situação = "OK!"

 $A_{sw} = 7.58 \cdot \text{cm}^2$ $A_{swmin} = 8.11 \cdot \text{cm}^2$ $e = 38.74 \cdot \text{cm}$

espaçamento máximo

DNIT	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 201 de 259

2.7.5 Dimensionamento das Vigas Faixa do Eixo 01 (Patamar da Escada)

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-12. A armadura calculada para este elemento deve ser adotada nas demais vigas.

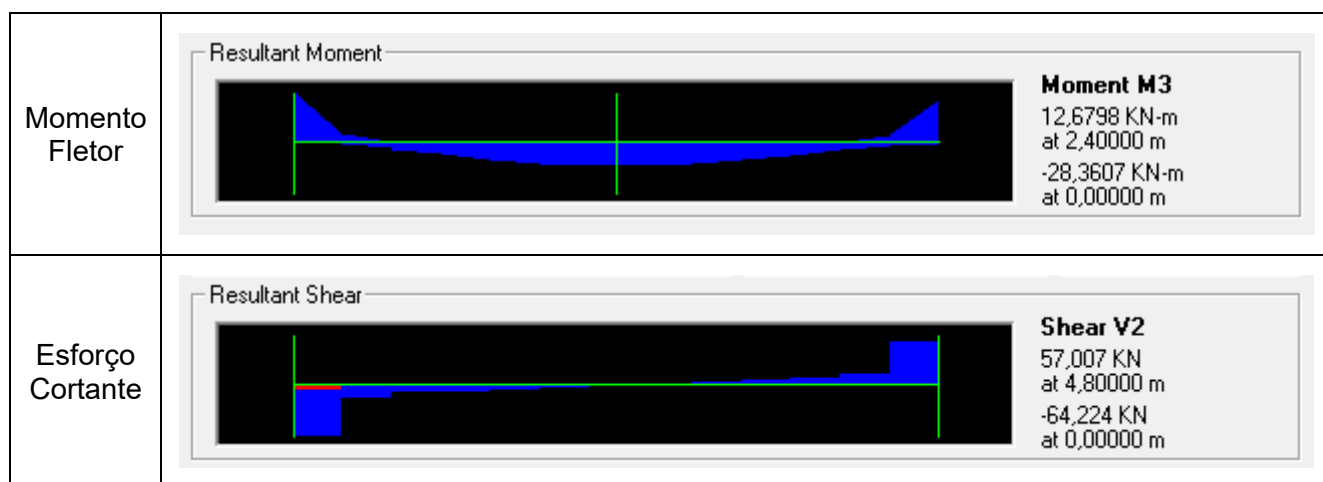


Figura 2-12 – Diagrama de Esforços das Vigas Faixa do Eixo 1 (patamar da escada).

As amaduras calculadas e adotadas são apresentadas na Tabela 2.13.

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 202 de 259

Tabela 2.13 – Cálculo das armaduras das Vigas Faixa do Eixo 1.

	Armadura Calculada	Armadura Adotada
Armadura Positiva	$M_d := 13\text{kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 60\text{cm}$ Base $h := 20\text{cm}$ Altura total $c := 4.7\text{cm}$ Cobrimento $KMD = 0.043$ $A_{smin} = 1.8\cdot\text{cm}^2$ $KX = 0.065$ $A_s = 2.007\cdot\text{cm}^2$ $KZ = 0.974$ SITUAÇÃO = "OK"	Adotar 7 $\phi 8$
Armadura negativa	$M_d := 28\text{kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 60\text{cm}$ Base $h := 20\text{cm}$ Altura total $c := 4.7\text{cm}$ Cobrimento $KMD = 0.093$ $A_{smin} = 1.8\cdot\text{cm}^2$ $KX = 0.145$ $A_s = 4.469\cdot\text{cm}^2$ $KZ = 0.942$ SITUAÇÃO = "OK"	Adotar 7 $\phi 10$
Cortante	$V_{sd} := 64\text{kN}$ Número de Ramos: $NR := 4$ $f_{yw} := 500\text{MPa}$ Bitola: $\phi := 8\text{mm}$ $b_w := 60\text{cm}$ $h := 20\text{cm}$ $f_{ck} := 30\text{MPa}$ $c := 4.7\text{cm}$ $\alpha := 90$ $VR_{d2} = 467.39\cdot\text{kN}$ Situação = "OK!" $A_{sw} = 10.69\cdot\text{cm}^2$ $A_{swmin} = 6.95\cdot\text{cm}^2$ $e = 18.81\cdot\text{cm}$ espaçamento máximo	$\phi 8$ cada 15cm (4 pernas)

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 203 de 259

2.7.6 Dimensionamento da Viga da Escada

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-13.

A armadura calculada para este elemento deve ser adotada nas demais vigas.

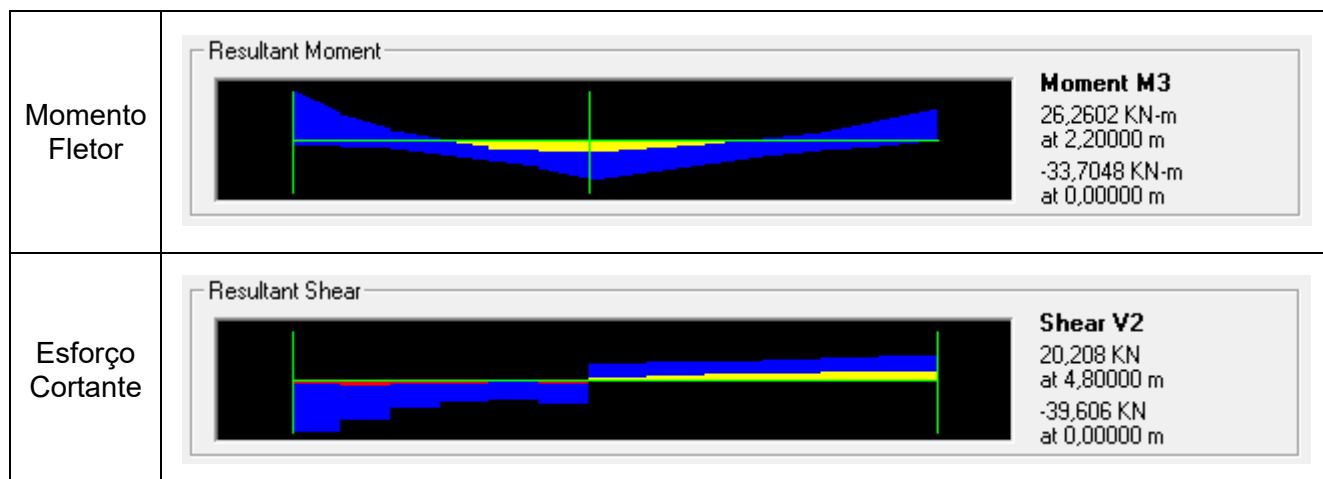


Figura 2-13 – Diagrama de Esforços das Vigas da Escada.

As amaduras calculadas e adotadas são apresentadas na Tabela 2.14.

Tabela 2.14 – Cálculo das Armaduras das Vigas da Escada.

	Armadura Calculada		Armadura Adotada
Armadura Positiva	$M_d := 27 \text{ kN} \cdot \text{m}$	Momento de Cálculo	Adotar 4 $\phi 10$
	$b_w := 20 \text{ cm}$	Base	
	$h := 40 \text{ cm}$	Altura total	
	$c := 4.5 \text{ cm}$	Cobrimento	
	$KMD = 0.05$	$A_{smin} = 1.2 \cdot \text{cm}^2$	
	$KX = 0.076$	$A_s = 1.804 \cdot \text{cm}^2$	
	$KZ = 0.97$	SITUAÇÃO = "OK"	

Armadura negativa	Md := 34kN·m Momento de Cálculo bw := 20cm Base h := 40cm Altura total c := 4.5cm Cobrimento KMD = 0.063 Asmin = 1.2·cm² KX = 0.096 As = 2.291·cm² KZ = 0.961 SITUAÇÃO = "OK"	Adotar 3 ϕ12,5
Cortante	Vsd := 40kN Número de Ramos: NR := 2 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 6.3mm bw := 20cm h := 40cm fck := 30MPa c := 4.5cm α := 90 VRd2 = 361.49·kN Situação = "OK!" Asw = 2.88·cm² Aswmin = 2.32·cm² e = 21.65·cm espaçamento máximo	ϕ6,3 cada 20cm (2 pernas)

 $VR_{d2} = 361.49\cdot\text{kN}$

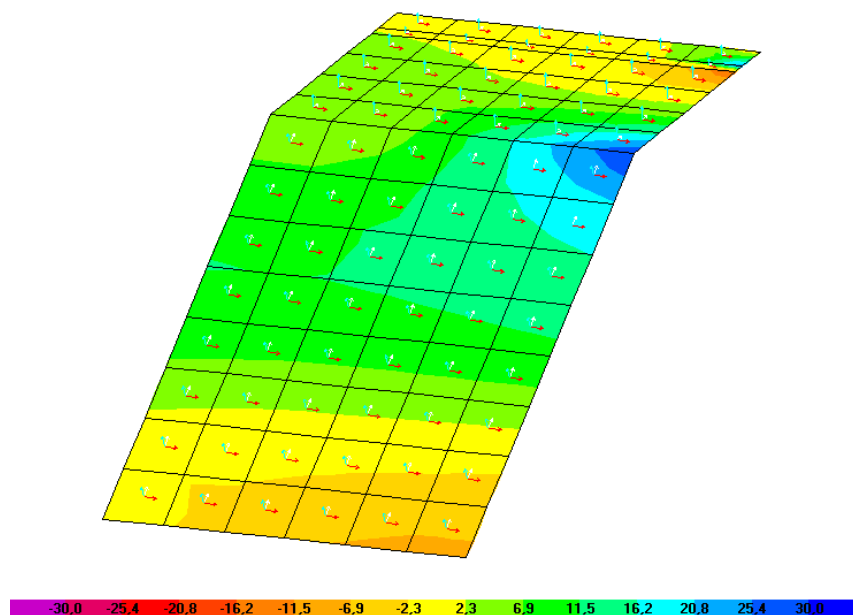
Situação = "OK!"

 $As_w = 2.88\cdot\text{cm}^2$
 $As_{wmin} = 2.32\cdot\text{cm}^2$
 $e = 21.65\cdot\text{cm}$

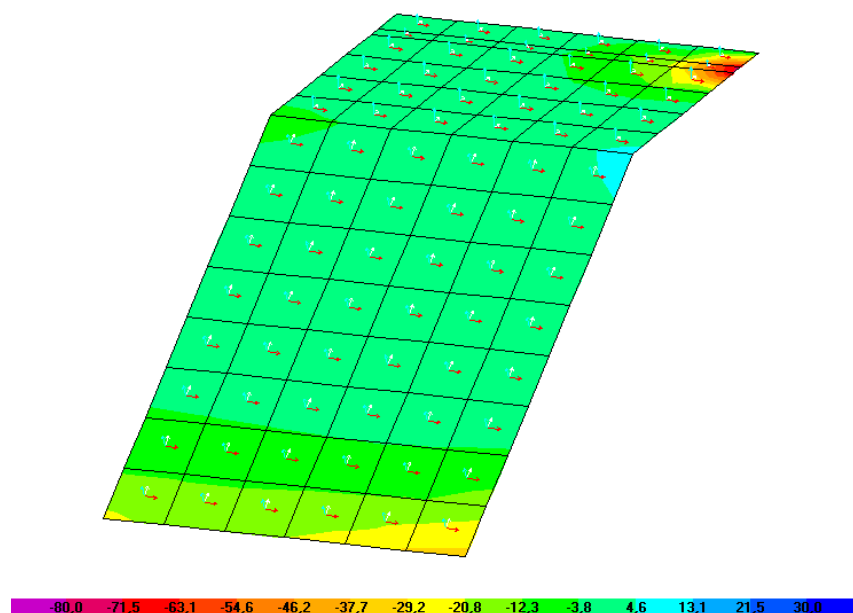
espaçamento máximo

2.7.7 Dimensionamento das Escadas

Os diagramas de esforços das escadas são apresentados na Figura 2-14, a seguir (vista isométrica). Como as escadas trabalham somente em uma direção, são apresentados somente os esforços longitudinais.



(a) Momento fletor – Envoltória máxima – **Msd = 30 kNm**.



(b) Momento fletor – Envoltória mínima – **Msd = -40 kNm**.

Figura 2-14 – Esforços Longitudinais da Escada.

DNIT	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 206 de 259

A Tabela 2.16 resume as armaduras calculadas e adotadas para as escadas.

Tabela 2.15 – Armaduras Calculadas e Adotadas para as Rampas.

	Direção Longitudinal	Direção Transversal (armadura de distribuição)
Armadura Negativa	$M_d := 40\text{kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 100\text{cm}$ Base $h := 20\text{cm}$ Altura total $c := 4.7\text{cm}$ Cobrimento	Armadura adotada: $\phi 6,3$ cada 10cm

	$KMD = 0.08$ $A_{smin} = 3 \cdot \text{cm}^2$ $KX = 0.123$ $A_s = 6.325 \cdot \text{cm}^2$ $KZ = 0.951$ SITUAÇÃO = "OK" Armadura adotada $\phi 12,5$ cada 15cm.	
Armadura Positiva	$M_d := 30\text{kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 100\text{cm}$ Base $h := 20\text{cm}$ Altura total $c := 3\text{cm}$ Cobrimento	Armadura adotada: $\phi 6,3$ cada 10cm

	$KMD = 0.048$ $A_{smin} = 3 \cdot \text{cm}^2$ $KX = 0.073$ $A_s = 4.182 \cdot \text{cm}^2$ $KZ = 0.971$ SITUAÇÃO = "OK" Armadura adotada $\phi 12,5$ cada 15cm.	

2.7.8 Dimensionamento da Viga Console

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-15. A armadura calculada para este elemento deve ser adotada nas demais vigas console.

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 207 de 259

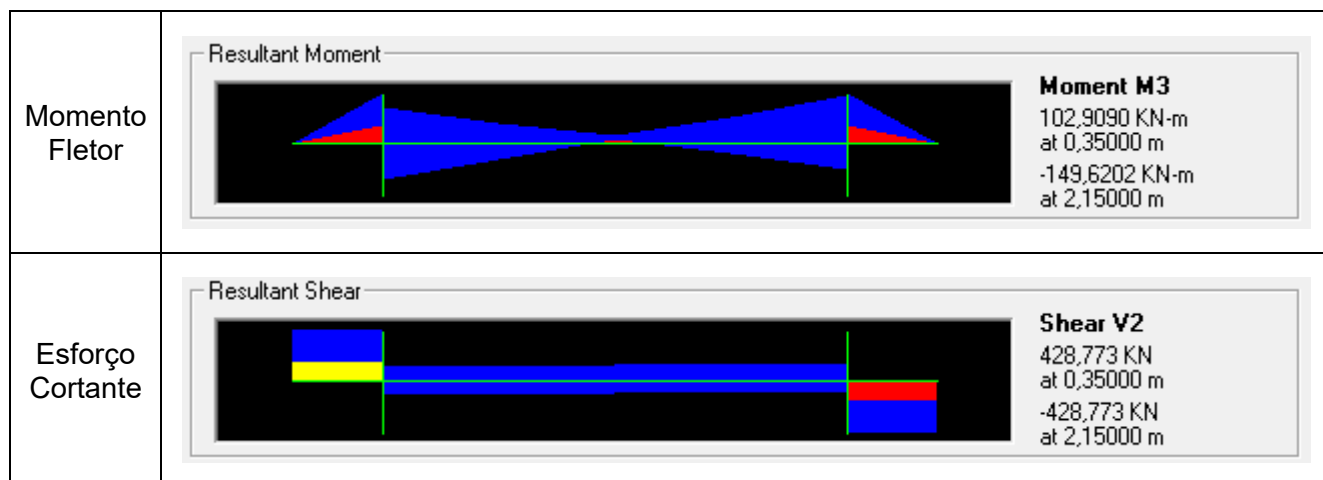


Figura 2-15 – Diagrama de Esforços das Vigas Console.

As amaduras calculadas e adotadas são apresentadas na Tabela 2.16.

Tabela 2.16 – Cálculo das Armaduras das Vigas da Escada.

	Armadura Calculada	Armadura Adotada
Armadura Positiva	$M_d := 103 \text{ kN} \cdot \text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 35 \text{ cm}$ Base $h := 60 \text{ cm}$ Altura total $c := 4.7 \text{ cm}$ Cobrimento	Adotar 4 $\phi 12,5$
	$KMD = 0.045$ $A_{smin} = 3.15 \cdot \text{cm}^2$ $KX = 0.068$ $A_s = 4.403 \cdot \text{cm}^2$ $KZ = 0.973$ SITUAÇÃO = "OK"	

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 208 de 259

Armadura negativa	$M_d := 150 \text{ kN}\cdot\text{m}$ Momento de Cálculo $b_w := 35 \text{ cm}$ Base $h := 60 \text{ cm}$ Altura total $c := 8 \text{ cm}$ Cobrimento $KMD = 0.074$ $A_{smin} = 3.15 \cdot \text{cm}^2$ $KX = 0.114$ $A_s = 6.952 \cdot \text{cm}^2$ $KZ = 0.954$ SITUAÇÃO = "OK"	Adotar 4 $\phi 16$
Cortante	$V_{sd} := 429 \text{ kN}$ Número de Ramos: NR := 4 $f_{ywk} := 500 \text{ MPa}$ Bitola: $\phi := 8 \text{ mm}$ $b_w := 35 \text{ cm}$ $h := 60 \text{ cm}$ $f_{ck} := 30 \text{ MPa}$ $c := 8 \text{ cm}$ $\alpha := 90$ $VRd2 = 926.64 \cdot \text{kN}$ Situação = "OK!" $A_{sw} = 16.05 \cdot \text{cm}^2$ $A_{swmin} = 4.06 \cdot \text{cm}^2$ $e = 12.53 \cdot \text{cm}$ espaçamento máximo	$\phi 8$ cada 10cm (4 pernas)

A ligação entre o pilar e a viga consolo é calculada como consolo com carga indireta. A marcha de cálculo é descrita no quadro a seguir.

Dados	
$a := 15 \text{ cm}$	Distância entre o centro da força à face do pilar
$d := 55 \text{ cm}$	Altura útil
$b := 70 \text{ cm}$	Largura do consolo
$f_{ck} := 30 \text{ MPa}$	Concreto classe C30
$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$	CA-50
$\mu := 1.4$	Concreto lançado monoliticamente

$$V_d := 450 \text{ kN}$$

$$H_d := 0.16 \cdot V_d = 72 \text{ kN}$$

Esforços de cálculo

Resultados

$$\frac{a}{d} = 0.27$$

Consolo muito curto (NBR 6118:2014 ite, 22.5.1.1)

$$A_{\text{scurto}} := \left(\frac{1}{f_{yd}} \right) \cdot \left(H_d + 0.8 \cdot \frac{V_d}{\mu} \right) = 7.57 \text{ cm}^2$$

Armadura do tirante.

$$\tau_{wu1} := 3 \text{ MPa} + 0.9 \cdot \rho \cdot f_{yd} = 4.23 \text{ MPa}$$

Tensão de cisalhamento máxima (NBR 9062:2017 item 7.3.4.2)

$$\tau_{wd\text{curto}} := \frac{V_d}{b \cdot d} = 1.17 \text{ MPa}$$

Tensão cisalhante atuante. < τ_{wu1} OK!

$$\omega := \rho \cdot \frac{f_{yk}}{f_{ck}} = 0.05222$$

Taxa mecânica da armadura > 0,04 -> OK!

$$A_{sh} := 0.5 \cdot A_{stir} = 6.03 \text{ cm}^2$$

Armadura de costura

$$A_{sus} := \frac{V_d}{f_{yd}} = 10.34 \text{ cm}^2$$

Armadura de suspensão devido à carga indireta

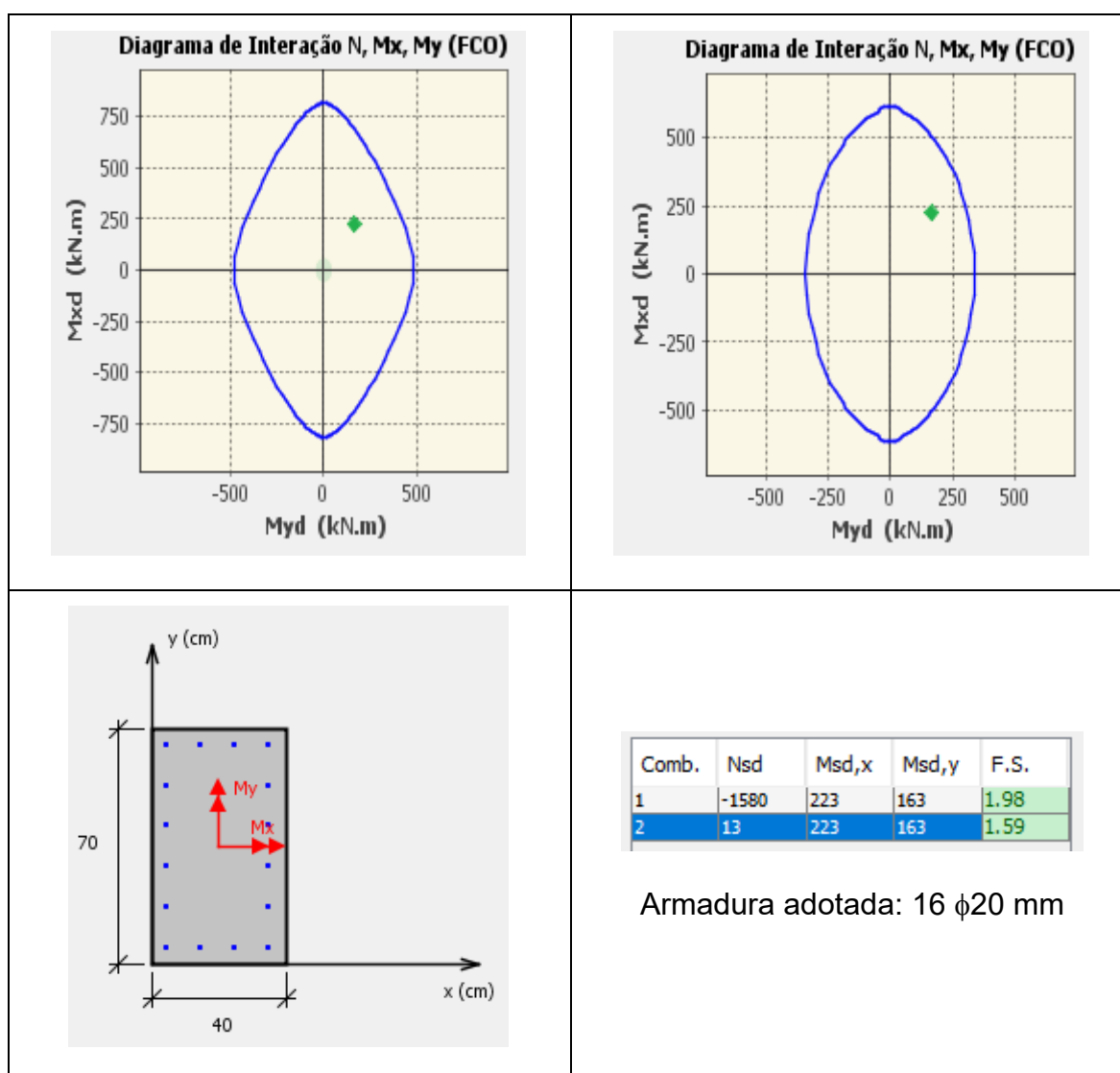
2.7.9 Dimensionamento dos Pilares

Os pilares são dimensionados a partir das envoltórias máximas e mínimas, combinando-se as normais máximas e mínimas com os momentos máximos atuantes nas seções, a favor da segurança.

(a) Acesso A800 – Pilar P1=P2=P6=P7

(a.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.17 – Dimensionamento dos Pilares P1=P2=P6=P7 - A800.



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 211 de 259

(a.2) Armadura Transversal

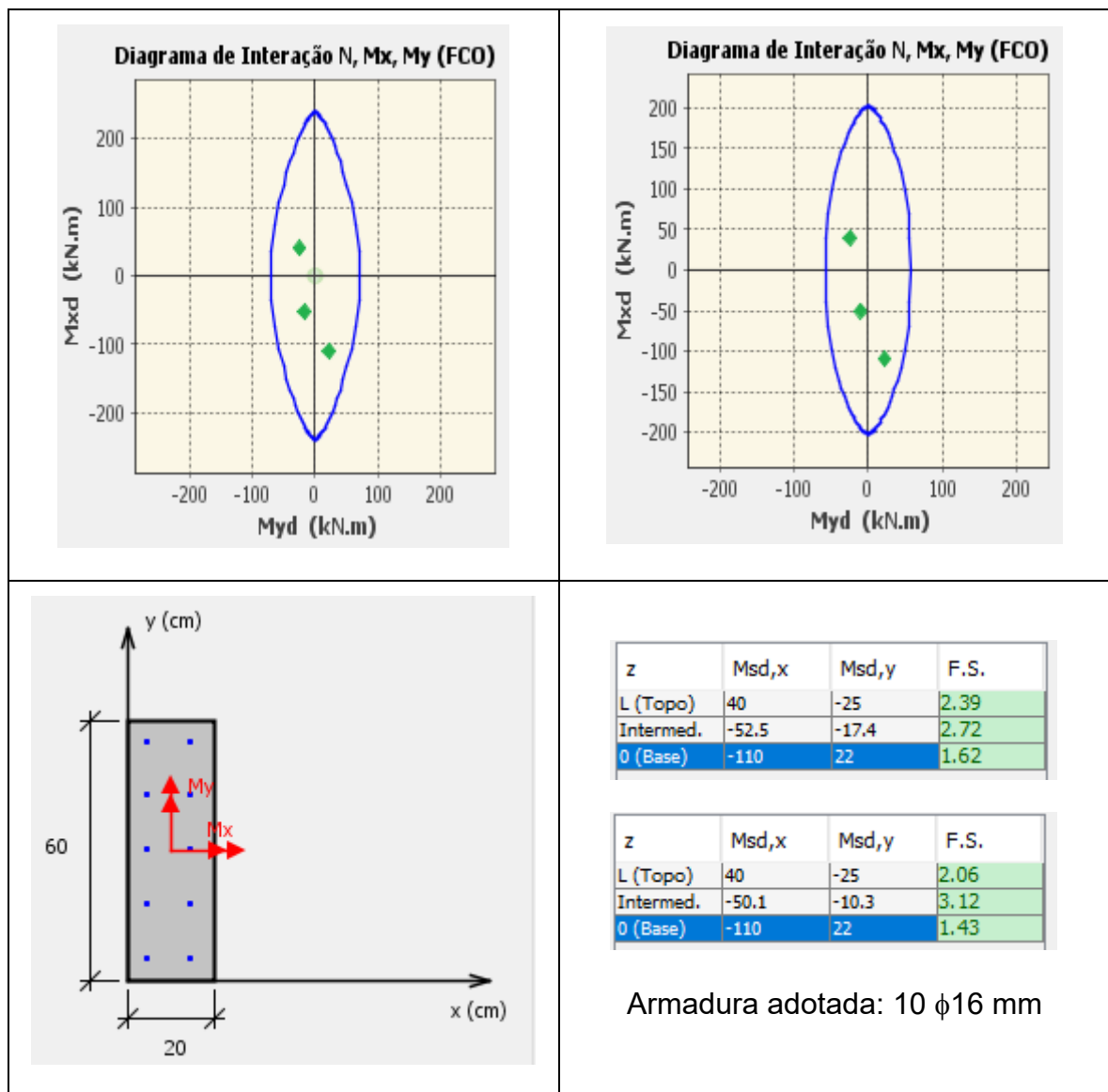
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 87kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 70cm h := 40cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90  Resultado VRd2 = 1283.04 · kN Situação = "OK!" Asw = 6.18 · cm² Aswmin = 8.11 cm² e = 24.79 · cm espaçamento máximo
Direção y	Dados de Entrada Vsd := 250kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 40cm h := 70cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90  Resultado VRd2 = 1344.14 · kN Situação = "OK!" Asw = 9.68 · cm² Aswmin = 4.63 cm² e = 20.77 · cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto $\phi 8$ mm c. 15 cm.

(b) Acesso A800 – Pilar P3=P8

(b.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.18 – Dimensionamento dos Pilares P3=P8 - A800.



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 213 de 259

(b.2) Armadura Transversal

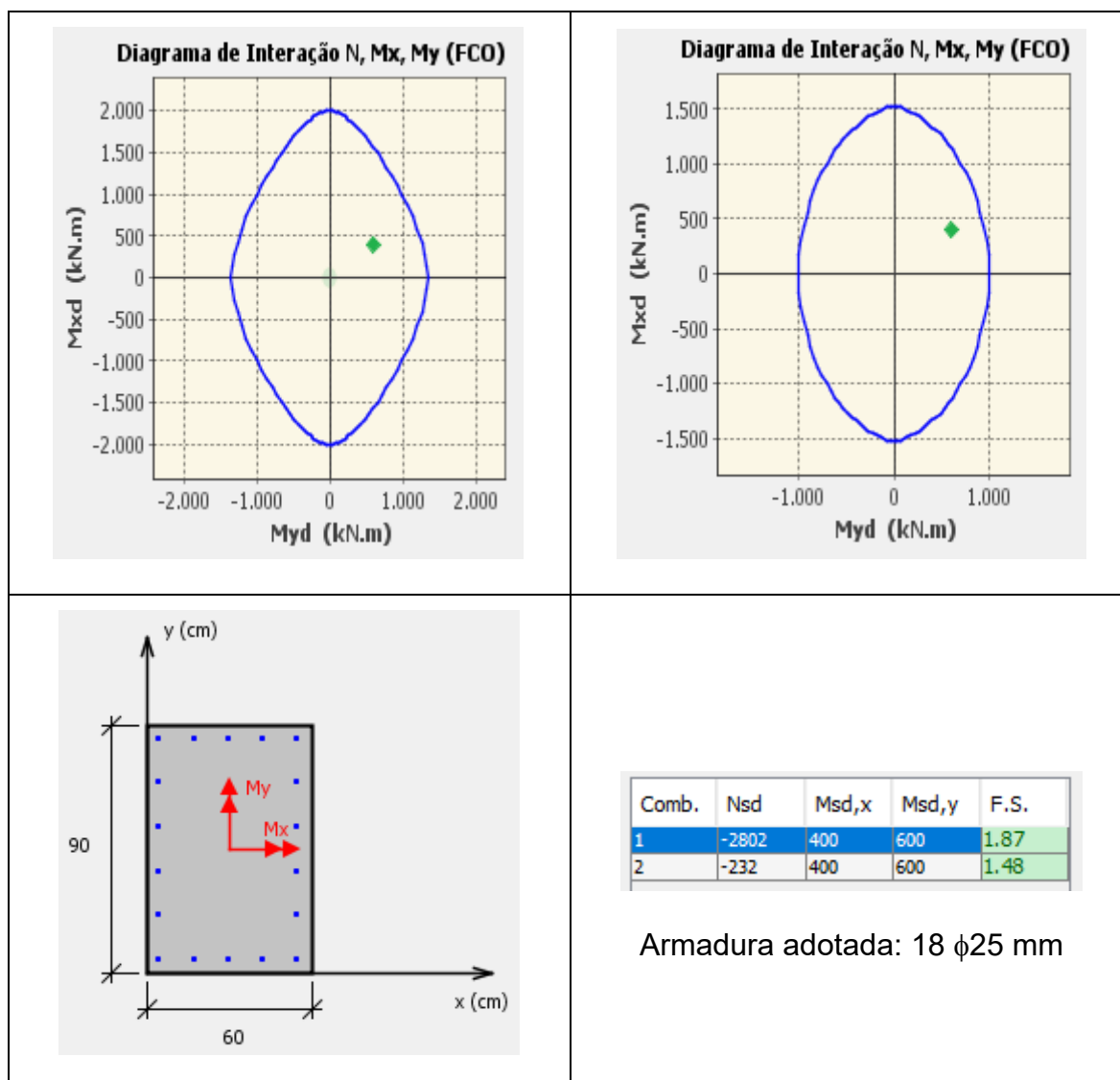
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 45kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 6.3mm bw := 60cm h := 20cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 488.78·kN Situação = "OK!" Asw = 7.19·cm² Aswmin = 6.95cm² e = 17.35·cm espaçamento máximo
	Dados de Entrada Vsd := 110kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 6.3mm bw := 20cm h := 60cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 570.24·kN Situação = "OK!" Asw = 5.02·cm² Aswmin = 2.32cm² e = 24.84·cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto $\phi 6,3$ mm c. 15 cm.

(c) Acesso A800 – Pilar P5

(c.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.19 – Dimensionamento dos Pilares P5 - A800.



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 215 de 259

(c.2) Armadura Transversal

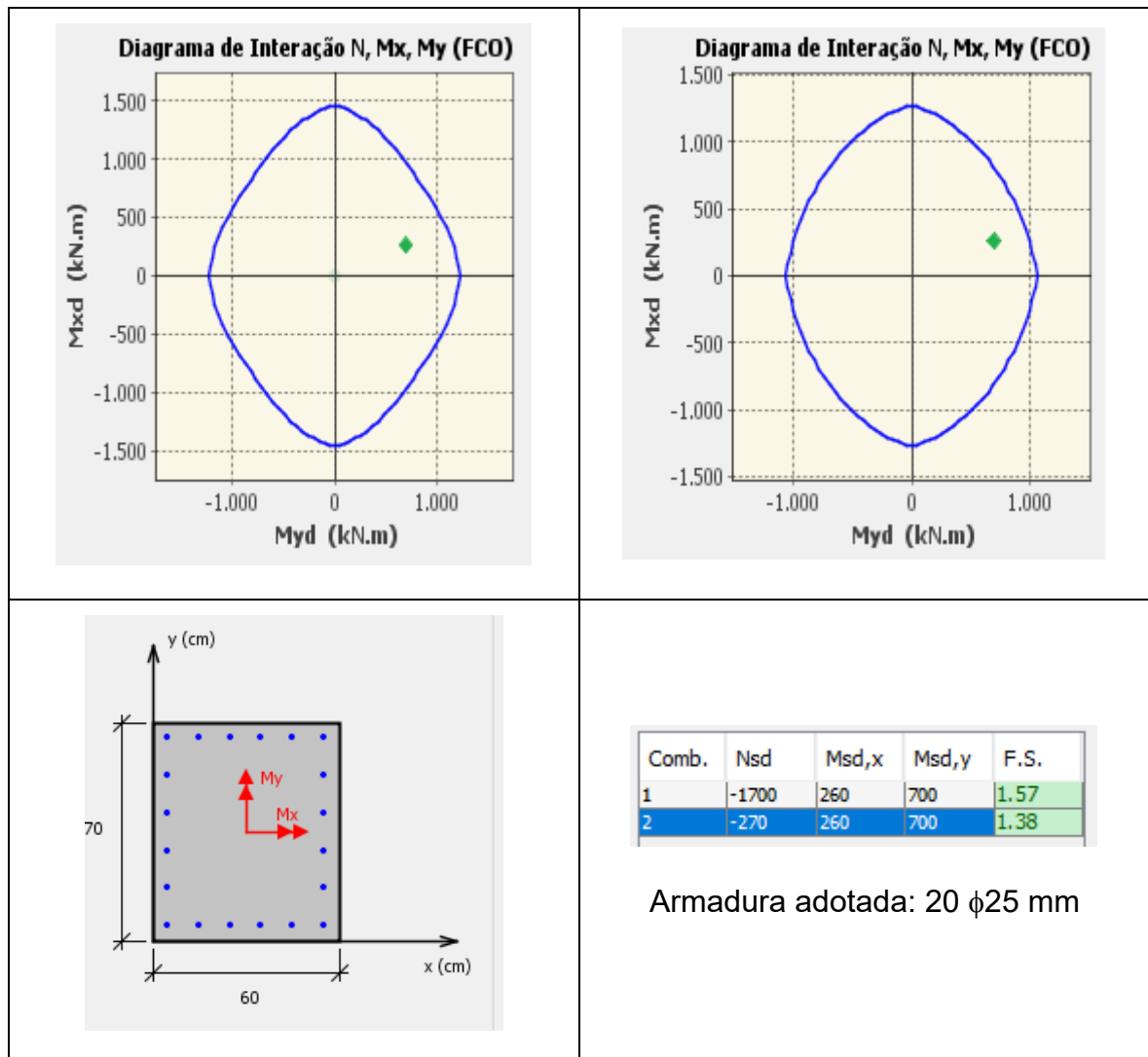
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 195kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 90cm h := 60cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 2566.08·kN Situação = "OK!" Asw = 8.9·cm² Aswmin = 10.43 cm² e = 19.28·cm espaçamento máximo
	Dados de Entrada Vsd := 130kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 60cm h := 90cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 2627.18·kN Situação = "OK!" Asw = 3.86·cm² Aswmin = 6.95 cm² e = 28.92·cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto ϕ 8mm c. 15 cm.

(d) Acesso A800 – Pilar P4

(d.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.20 – Dimensionamento dos Pilares P4 - A800.



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 217 de 259

(d.2) Armadura Transversal

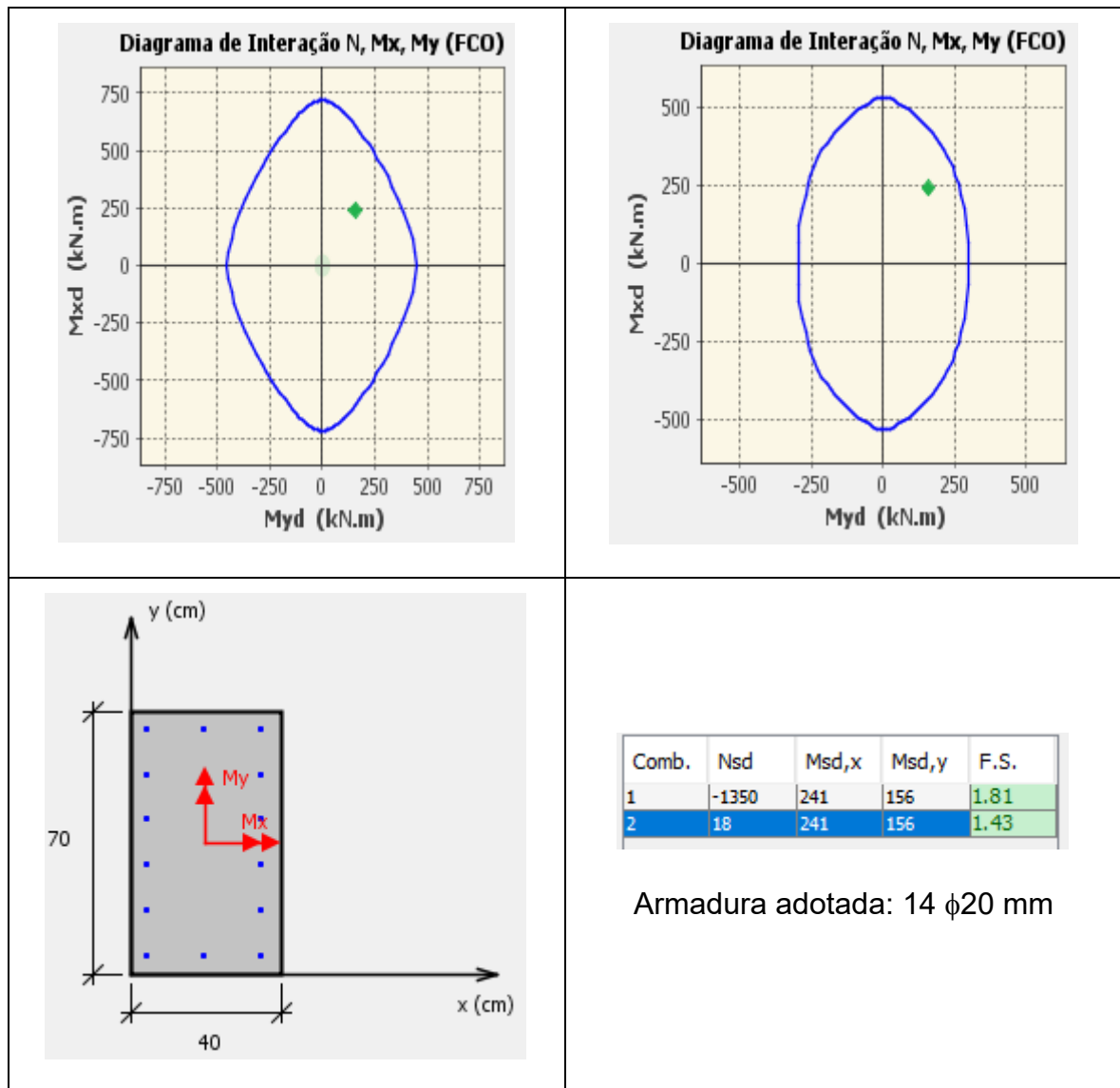
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 123kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 70cm h := 60cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 1995.84 · kN Situação = "OK!" Asw = 5.61 · cm² Aswmin = 8.11 cm² e = 24.79 · cm espaçamento máximo
	Dados de Entrada Vsd := 232kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 60cm h := 70cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 2016.21 · kN Situação = "OK!" Asw = 8.98 · cm² Aswmin = 6.95 cm² e = 22.38 · cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto $\phi 8\text{mm}$ c. 20 cm.

(e) Acesso A640 – Pilar P1=P2=P6=P7

(e.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.21 – Dimensionamento dos Pilares P1=P2=P6=P7 – A640.



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 219 de 259

(e.2) Armadura Transversal

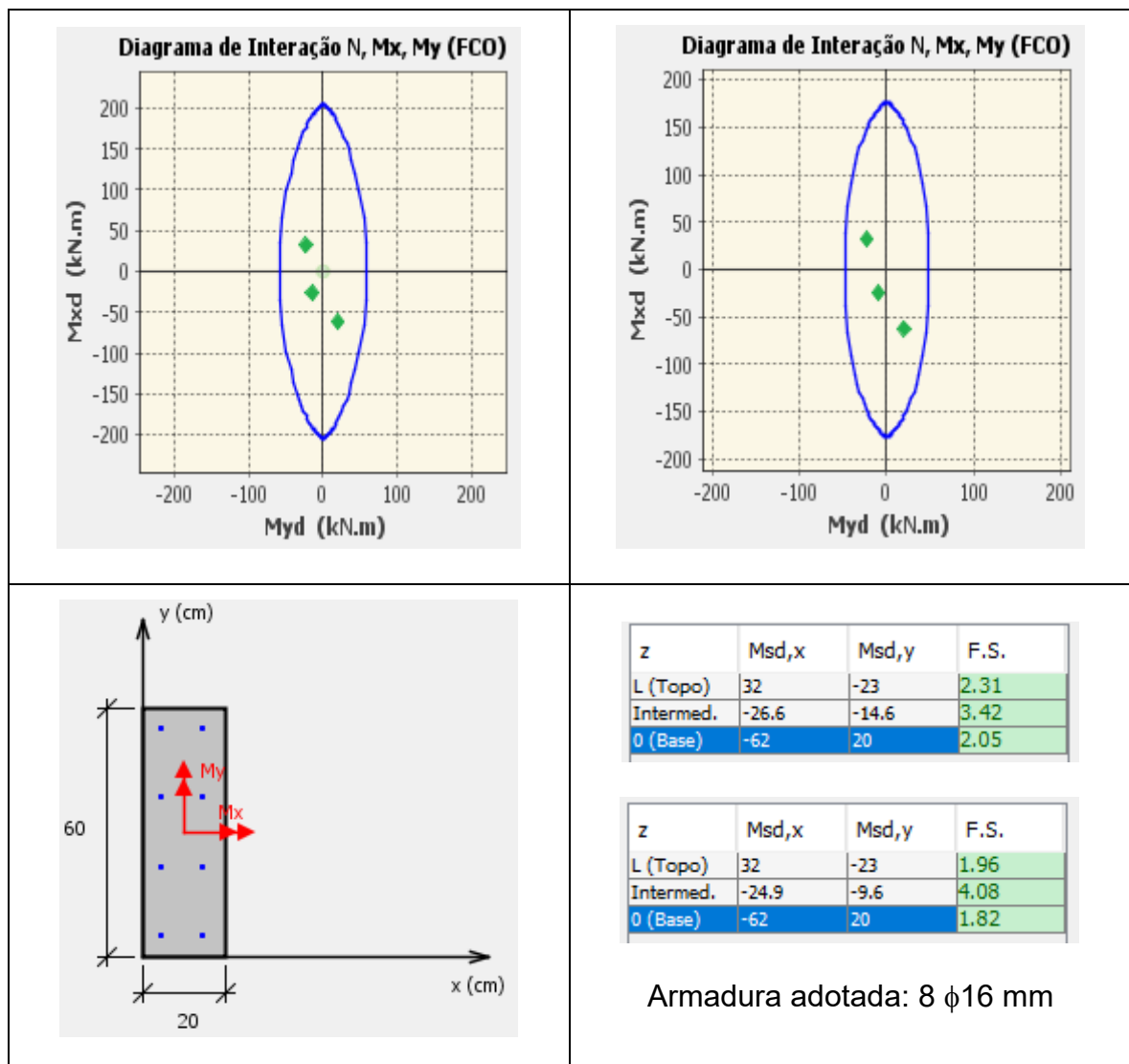
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 147kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 70cm h := 40cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 1283.04·kN Situação = "OK!" Asw = 10.44·cm² Aswmin = 8.11 cm² e = 19.27·cm espaçamento máximo
Direção y	Dados de Entrada Vsd := 250kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 40cm h := 70cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 1344.14·kN Situação = "OK!" Asw = 9.68·cm² Aswmin = 4.63 cm² e = 20.77·cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto ϕ 8mm c. 15 cm.

(f) Acesso A640 – Pilar P3=P8

(f.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.22 – Dimensionamento dos Pilares P3=P8 – A640.



DNIT	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 221 de 259

(f.2) Armadura Transversal

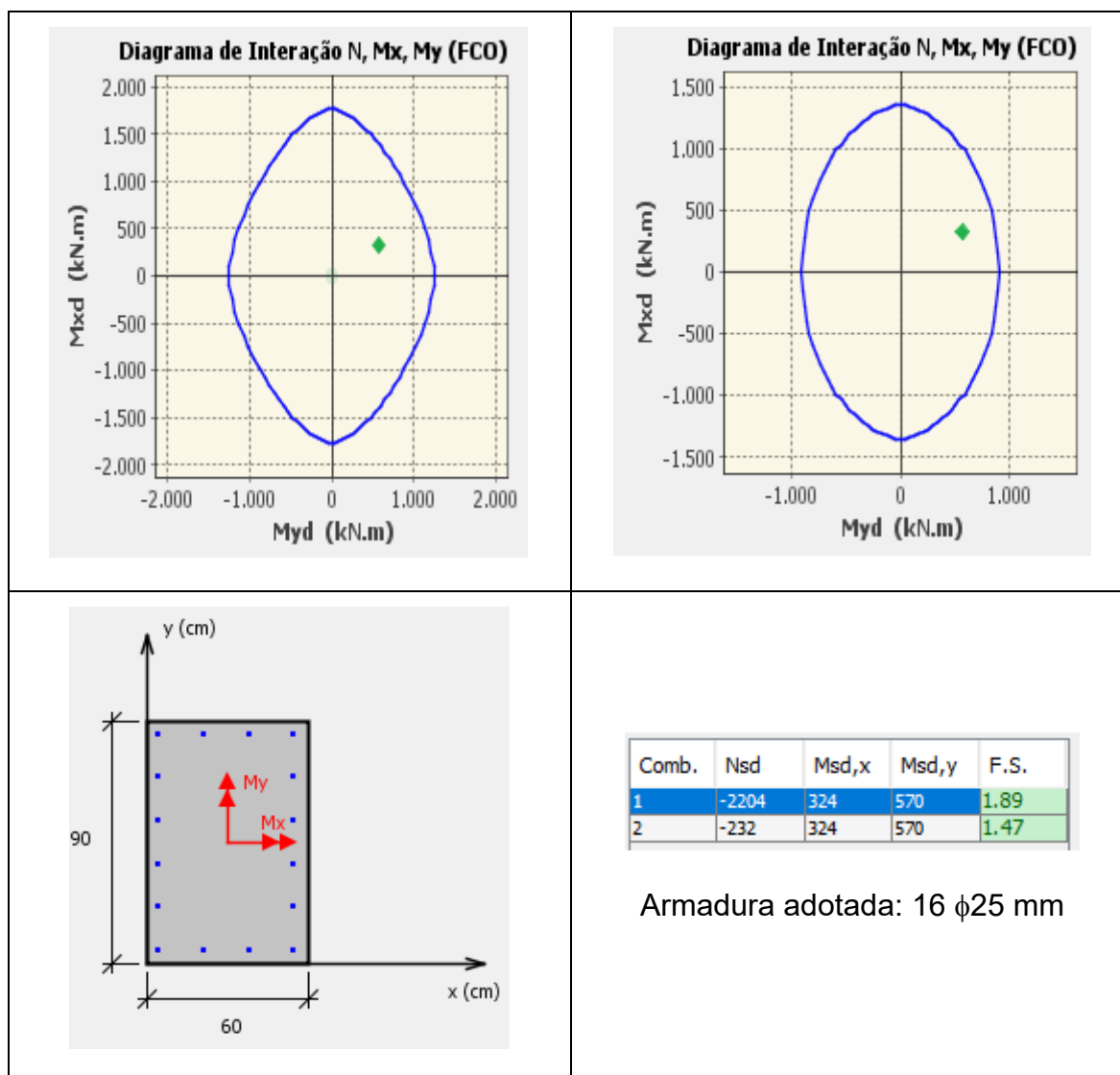
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 16kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 6.3mm bw := 60cm h := 20cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90  _____ Resultado VRd2 = 488.78·kN Situação = "OK!" Asw = 2.56·cm² Aswmin = 6.95·cm² e = 17.94·cm espaçamento máximo
Direção y	Dados de Entrada Vsd := 32kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 6.3mm bw := 20cm h := 60cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90  _____ Resultado VRd2 = 570.24·kN Situação = "OK!" Asw = 1.46·cm² Aswmin = 2.32·cm² e = 53.81·cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto $\phi 6,3$ mm c. 15 cm.

(g) Acesso A640 – Pilar P5

(g.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.23 – Dimensionamento dos Pilares P5 – A640.



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 223 de 259

(g.2) Armadura Transversal

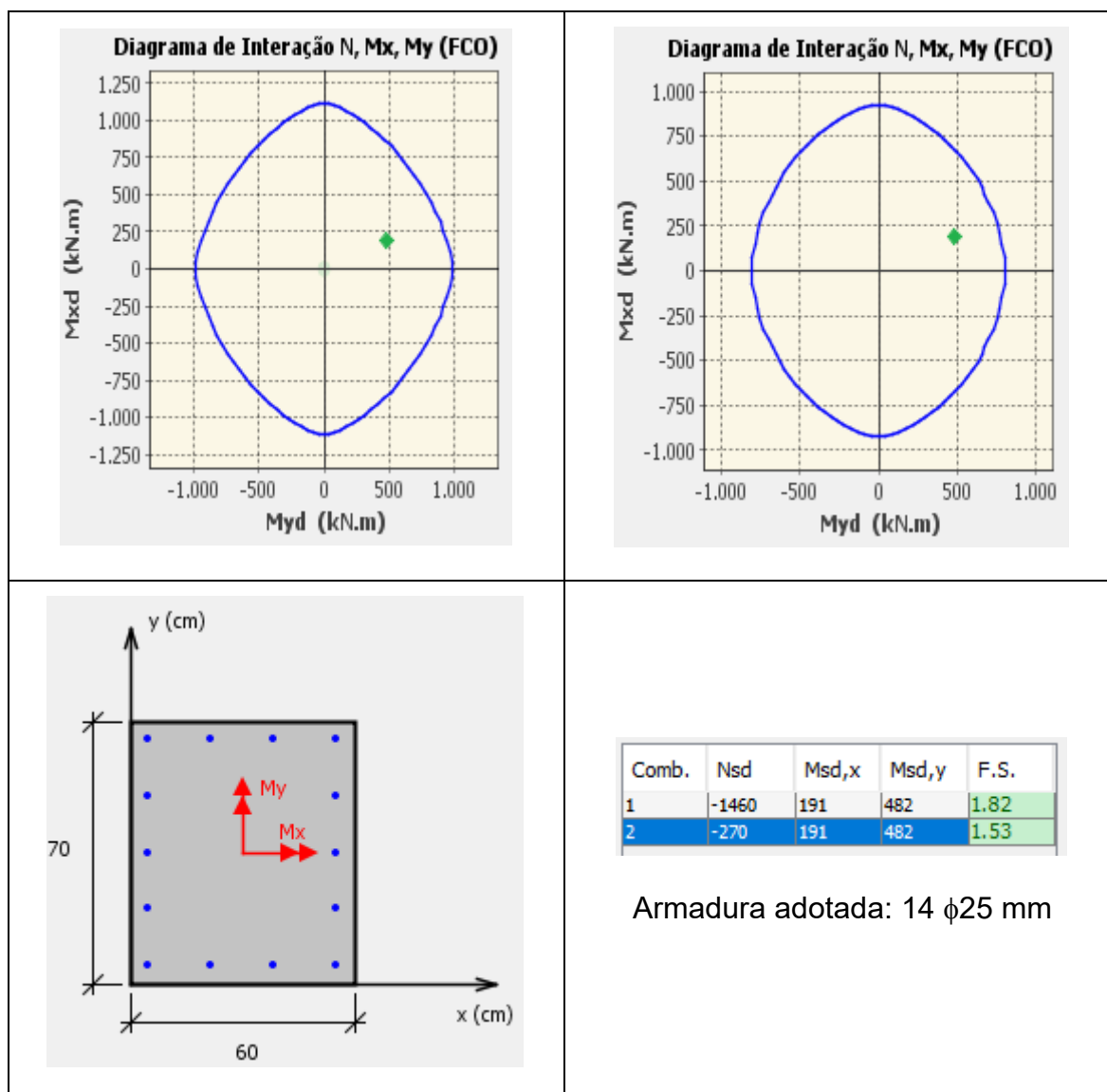
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 166kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 90cm h := 60cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 2566.08·kN Situação = "OK!" Asw = 7.58·cm² Aswmin = 10.43 cm² e = 19.28·cm espaçamento máximo
Direção y	Vsd := 134kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 60cm h := 90cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 2627.18·kN Situação = "OK!" Asw = 3.98·cm² Aswmin = 6.95 cm² e = 28.92·cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto ϕ 8mm c. 15 cm.

(h) Acesso A640 – Pilar P4

(h.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.24 – Dimensionamento dos Pilares P4 – A640.



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 225 de 259

(h.2) Armadura Transversal

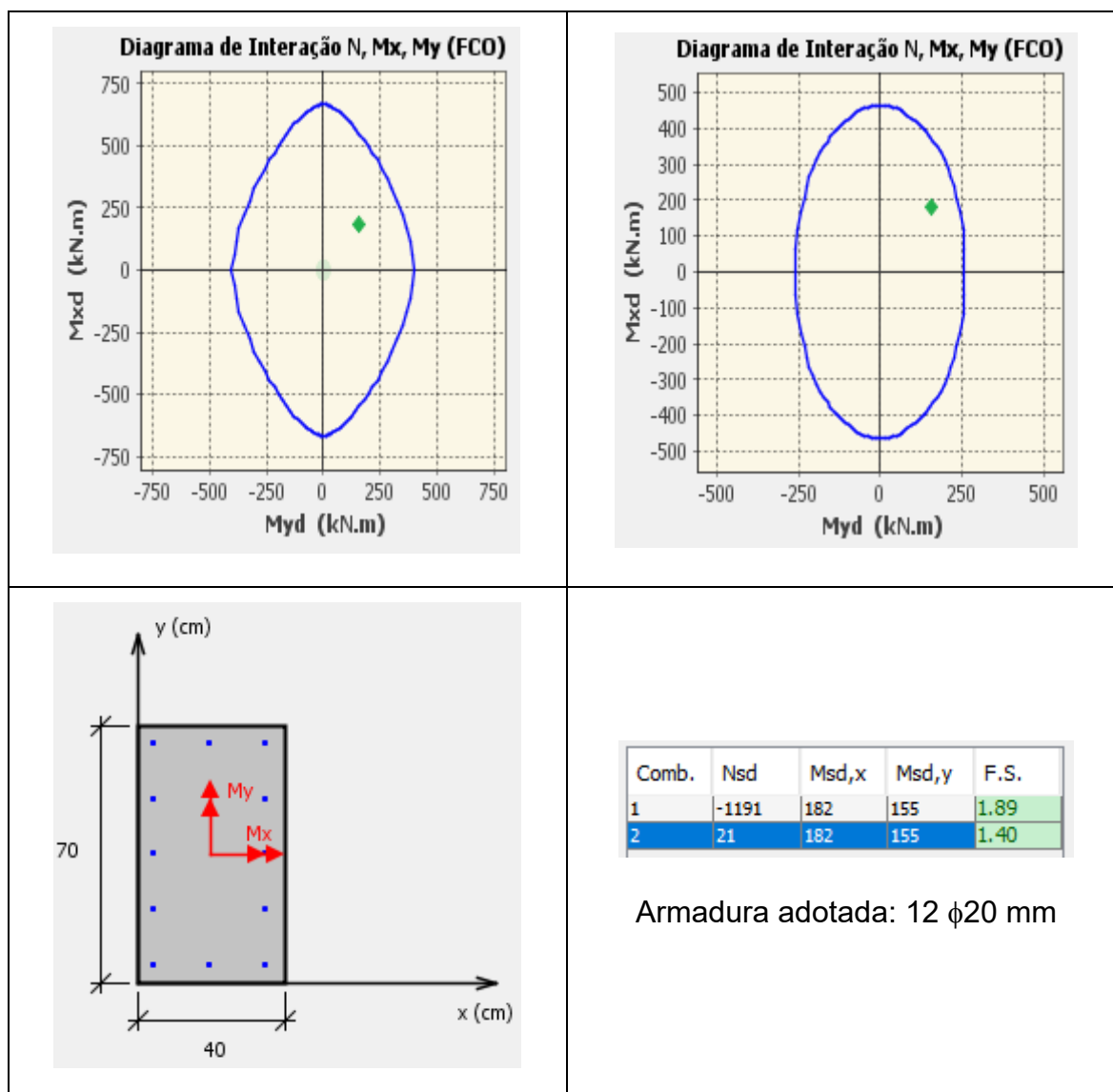
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 112kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 70cm h := 60cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90  _____ Resultado VRd2 = 1995.84·kN Situação = "OK!" Asw = 5.11·cm² Aswmin = 8.11 cm² e = 24.79·cm espaçamento máximo
	Dados de Entrada Vsd := 96kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 60cm h := 70cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90  _____ Resultado VRd2 = 2016.21·kN Situação = "OK!" Asw = 3.72·cm² Aswmin = 6.95 cm² e = 28.92·cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto $\phi 8\text{mm}$ c. 20 cm.

(i) Acesso A480 – Pilar P1=P2=P6=P7

(i.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.25 – Dimensionamento dos Pilares P1=P2=P6=P7 – A480.



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 227 de 259

(i.2) Armadura Transversal

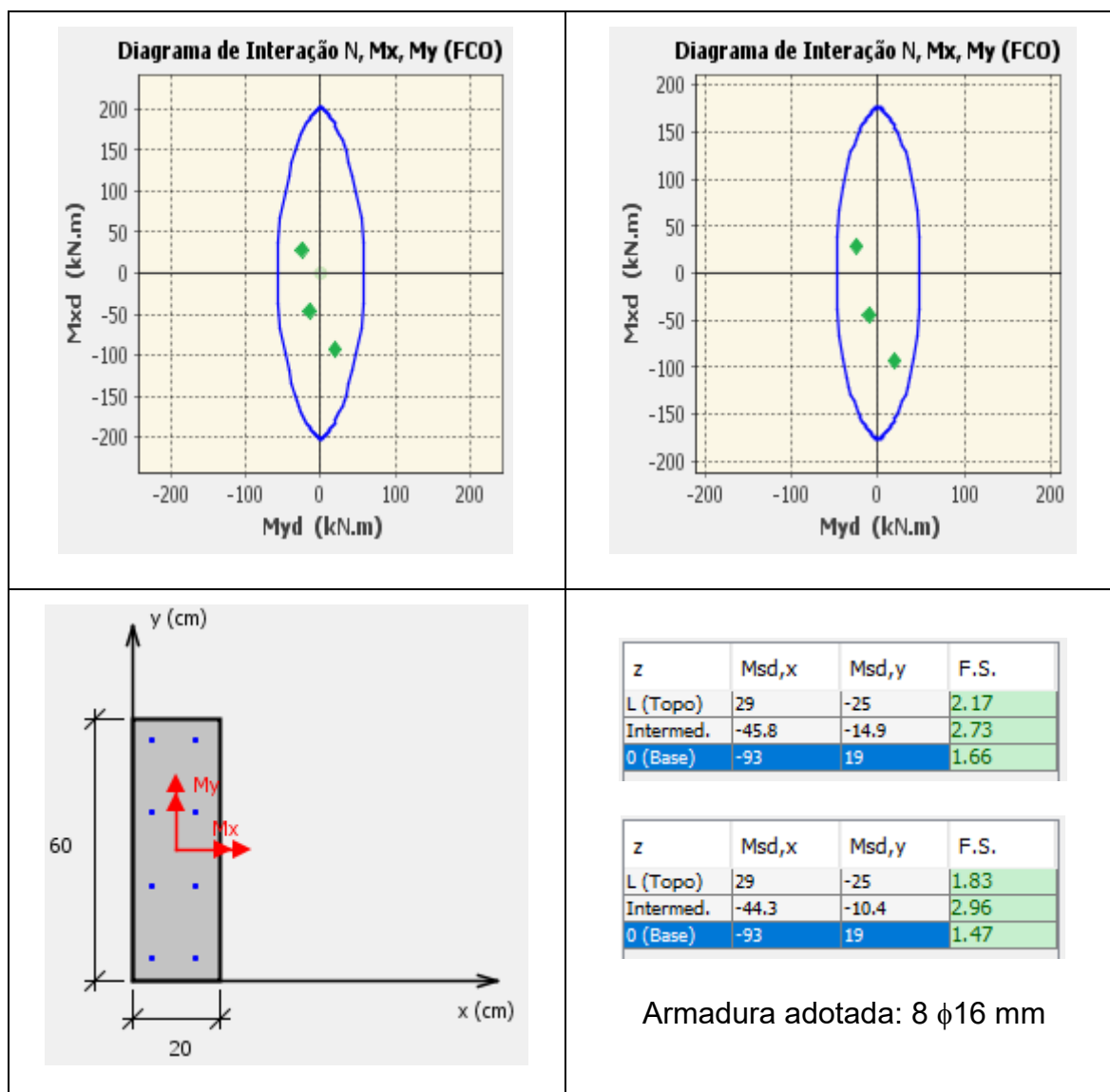
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 72kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 70cm h := 40cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 1283.04·kN Situação = "OK!" Asw = 5.11·cm² Aswmin = 8.11 cm² e = 24.79·cm espaçamento máximo
Direção y	Dados de Entrada Vsd := 228kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 40cm h := 70cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 1344.14·kN Situação = "OK!" Asw = 8.83·cm² Aswmin = 4.63 cm² e = 22.77·cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto ϕ 8mm c. 20 cm.

(j) Acesso A480 – Pilar P3=P8

(j.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.26 – Dimensionamento dos Pilares P3=P8 – A480.



DNIT	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 229 de 259

(j.2) Armadura Transversal

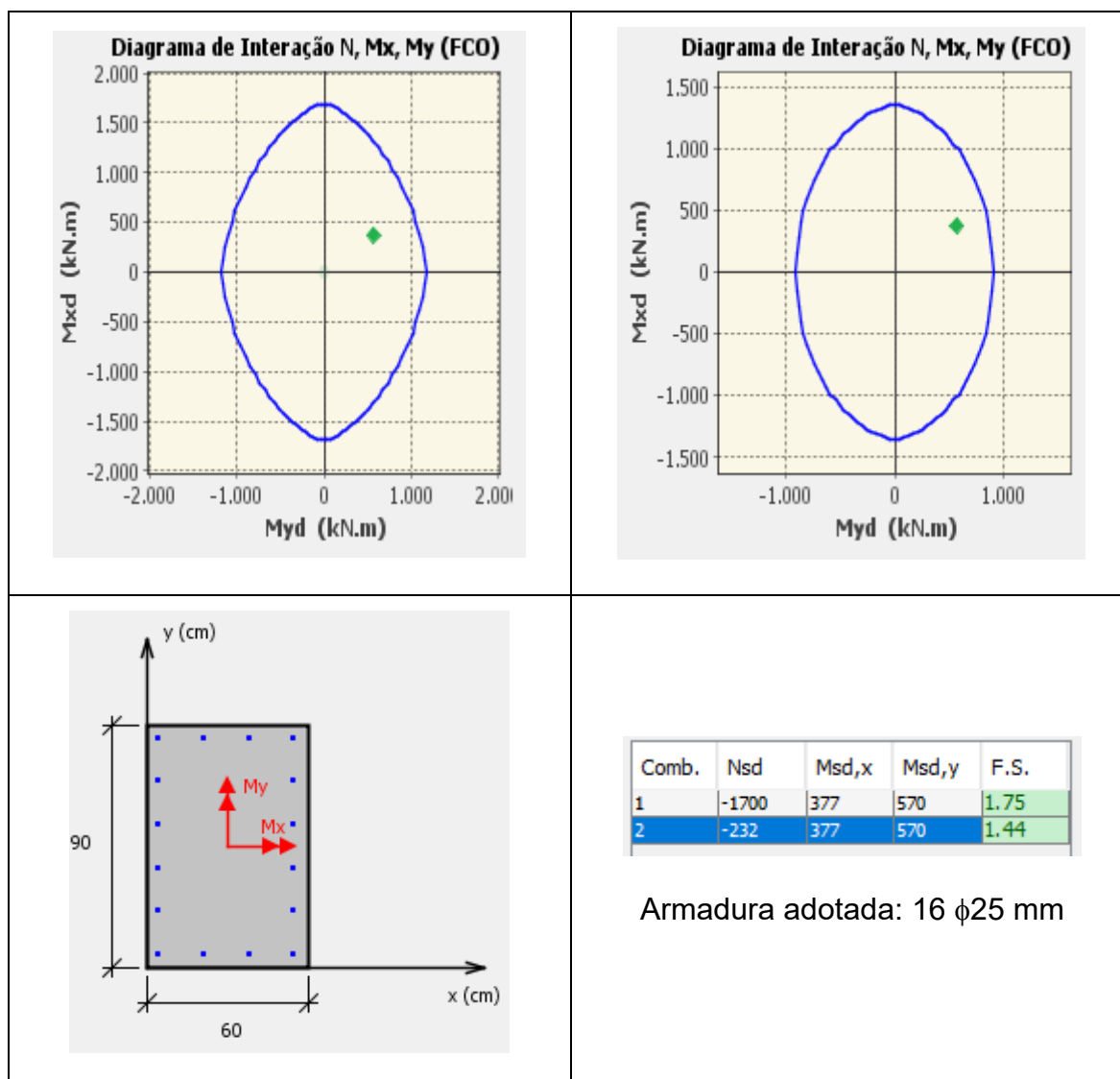
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 42kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 6.3mm bw := 60cm h := 20cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90  _____ Resultado VRd2 = 488.78·kN Situação = "OK!" Asw = 6.71·cm² Aswmin = 6.95cm² e = 17.94·cm espaçamento máximo
	Dados de Entrada Vsd := 97kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 6.3mm bw := 20cm h := 60cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90  _____ Resultado VRd2 = 570.24·kN Situação = "OK!" Asw = 4.43·cm² Aswmin = 2.32cm² e = 28.17·cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto $\phi 6,3$ mm c. 15 cm.

(k) Acesso A480 – Pilar P5

(k.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.27 – Dimensionamento dos Pilares P5 – A480.



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 231 de 259

(k.2) Armadura Transversal

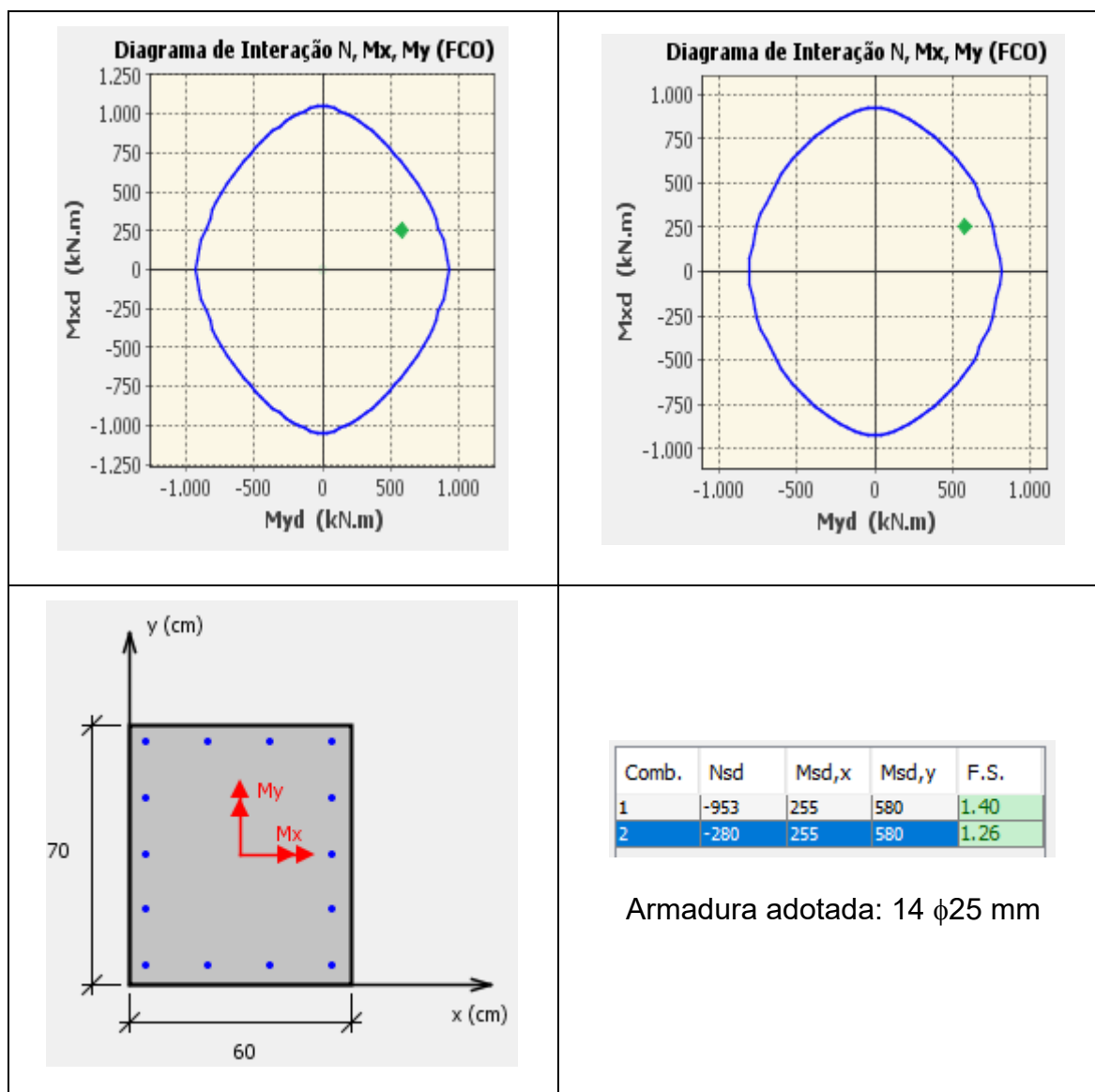
Direção x	Dados de Entrada Vsd := 163kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 90cm h := 60cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 2566.08·kN Situação = "OK!" Asw = 7.44·cm² Aswmin = 10.43 cm² e = 19.28·cm espaçamento máximo
Direção y	Dados de Entrada Vsd := 156kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 60cm h := 90cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 2627.18·kN Situação = "OK!" Asw = 4.64·cm² Aswmin = 6.95 cm² e = 28.92·cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto ϕ 8mm c. 15 cm.

(I) Acesso A480 – Pilar P4

(I.1) Armadura Longitudinal

Tabela 2.28 – Dimensionamento dos Pilares P4 – A480.



	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 233 de 259

(I.2) Armadura Transversal

Direção x	Dados de Entrada Vsd := 72kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 70cm h := 60cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 1995.84·kN Situação = "OK!" Asw = 3.29·cm² Aswmin = 8.11 cm² e = 24.79·cm espaçamento máximo
	Dados de Entrada Vsd := 231kN Número de Ramos: NR := 4 fywk := 500MPa Bitola: ϕ := 8mm bw := 60cm h := 70cm fck := 30MPa c := 4cm α := 90 Resultado VRd2 = 2016.21·kN Situação = "OK!" Asw = 8.94·cm² Aswmin = 6.95 cm² e = 22.48·cm espaçamento máximo

Adota-se, portanto ϕ 8mm c. 20 cm.

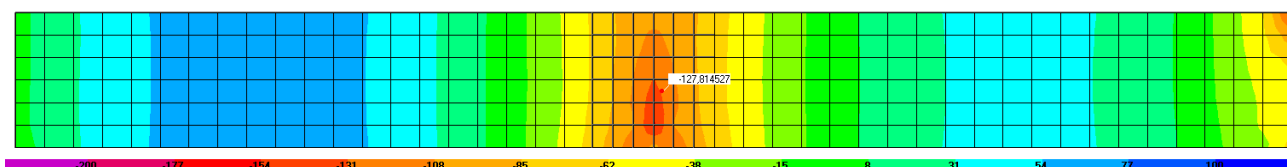
	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 234 de 259

2.8 VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO – ELS-W

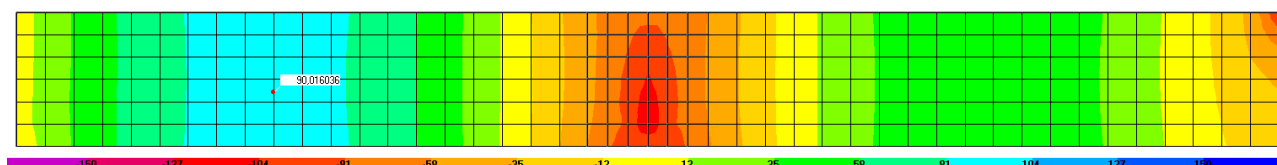
Os diagramas de esforços solicitantes, apresentados a seguir, representam as envoltórias máximas e mínimas das combinações de serviço definidas na Tabela 2.5 para a verificação do estado limite de abertura de fissuras.

2.8.1 Verificação das Rampas

O diagrama de esforços das rampas, entre eixos 4 e 6, são apresentados na Figura 2-16, a seguir (vista em planta). Como as rampas são apoiadas somente pelas vigas, somente serão apresentados os esforços longitudinais.



(a) Momento fletor – Envoltória mínima – $M_{sk} = -128 \text{ kNm}$.



(b) Momento fletor – Envoltória máxima. $M_{sk} = 91 \text{ kNm}$.

Figura 2-16 – Diagrama de Esforços das Rampas – Vista em Planta.

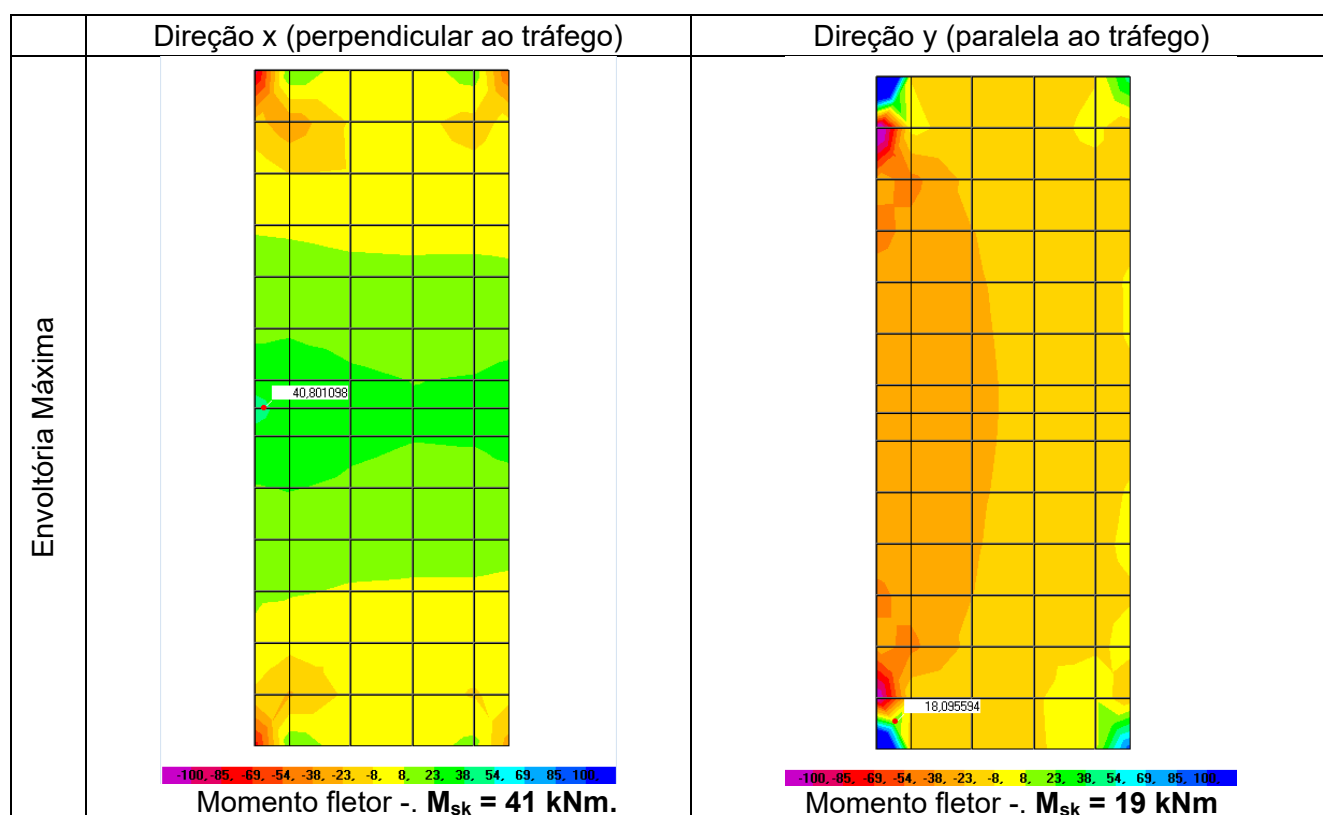
A Tabela 2.29 resume as verificações das rampas.

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 235 de 259

Tabela 2.29 – Verificação das Rampas ao ELS-W.

	Abertura de Fissuras	Situação
Armadura Negativa	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.16 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.2 \cdot \text{mm}$	OK
Armadura Positiva	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.15 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.27 \cdot \text{mm}$	OK

O diagrama de esforços dos patamares de circulação, entre Eixos 2 e 4, são apresentados na Figura 2-17, a seguir (vista em planta).



	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 236 de 259

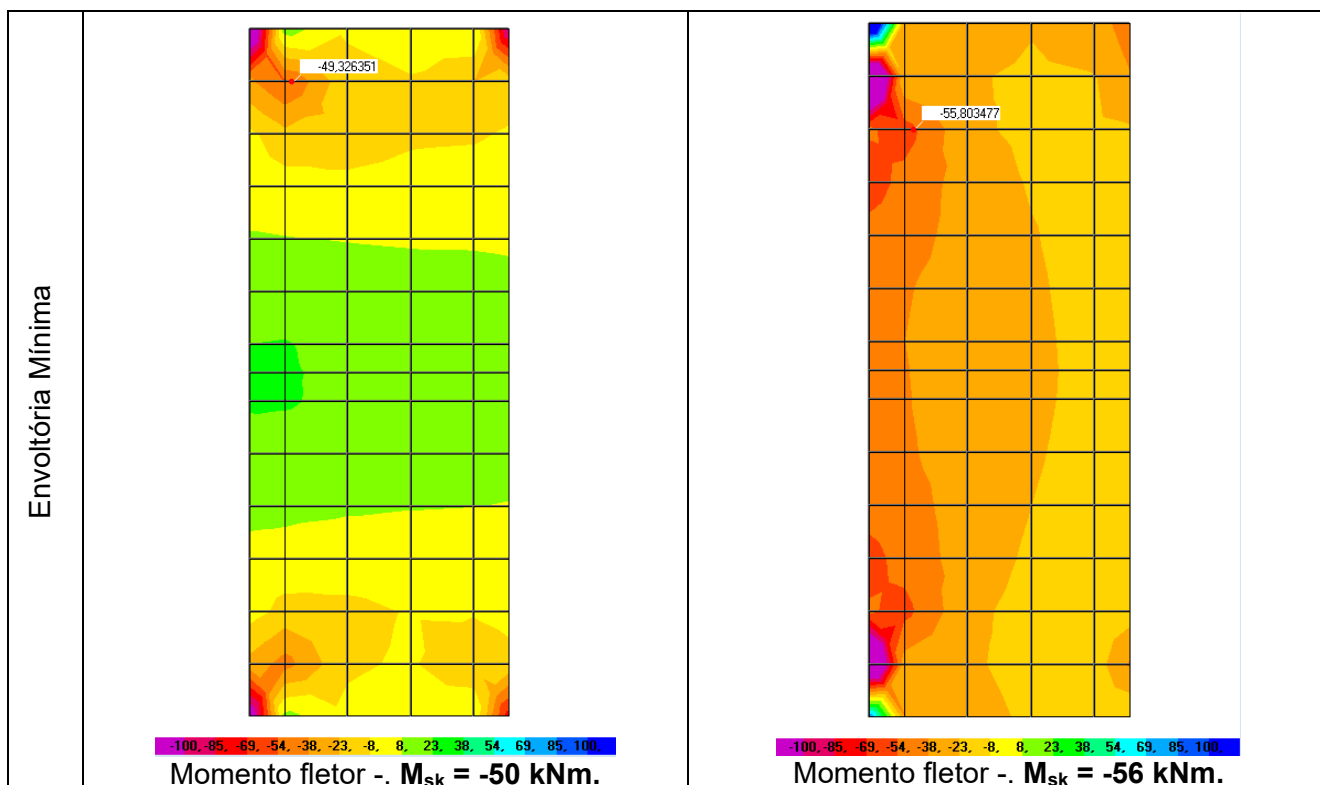


Figura 2-17 – Diagrama de Esforços dos Patamares de Circulação – Vista em Planta.

A Tabela 2.30 resume as verificações dos patamares de circulação para os momentos máximos em cada direção.

Tabela 2.30 – Verificação dos Patamares de Circulação ao ELS-W.

Direção Transversal (perpendicular ao tráfego)	Direção Transversal (paralela ao tráfego)
$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.12 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.32 \cdot \text{mmr}$ OK	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.09 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.21 \cdot \text{mmr}$ OK

2.8.2 Verificação das Vigas do Eixo 6

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-18.

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 237 de 259

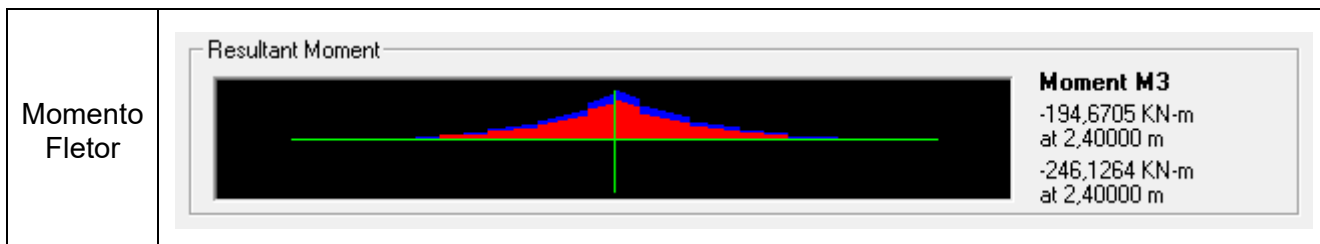


Figura 2-18 – Diagrama de Esforços das Vigas do Eixo 6.

A verificação da abertura de fissuras é apresentada na Tabela 2.31.

Tabela 2.31 – Verificação das Vigas do Eixo 6.

	Abertura de Fissuras	Situação
Armadura negativa	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.19 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.21 \cdot \text{mm}$	OK

2.8.3 Verificação das Vigas do Eixo 5

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-19.

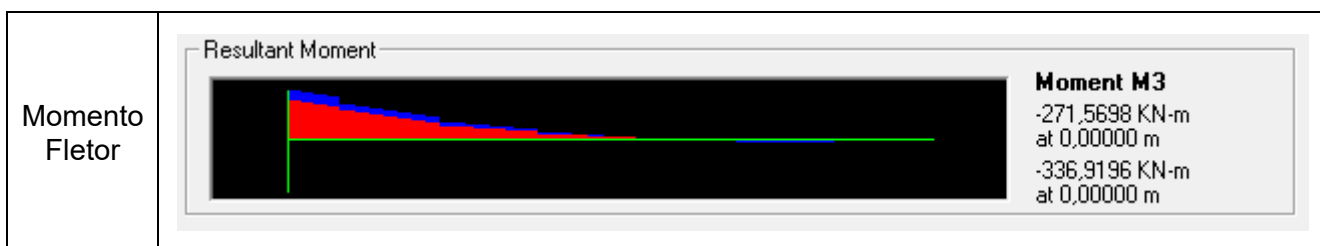


Figura 2-19 – Diagrama de Esforços das Vigas do Eixo 5.

A verificação da abertura de fissuras é apresentada na Tabela 2.32.

Tabela 2.32 – Verificação das Vigas do Eixo 5.

	Abertura de Fissuras	Situação
Armadura negativa	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.2 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.16 \cdot \text{mm}$	OK

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 238 de 259

2.8.4 Verificação das Vigas Faixa dos Eixos A e C

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-20.

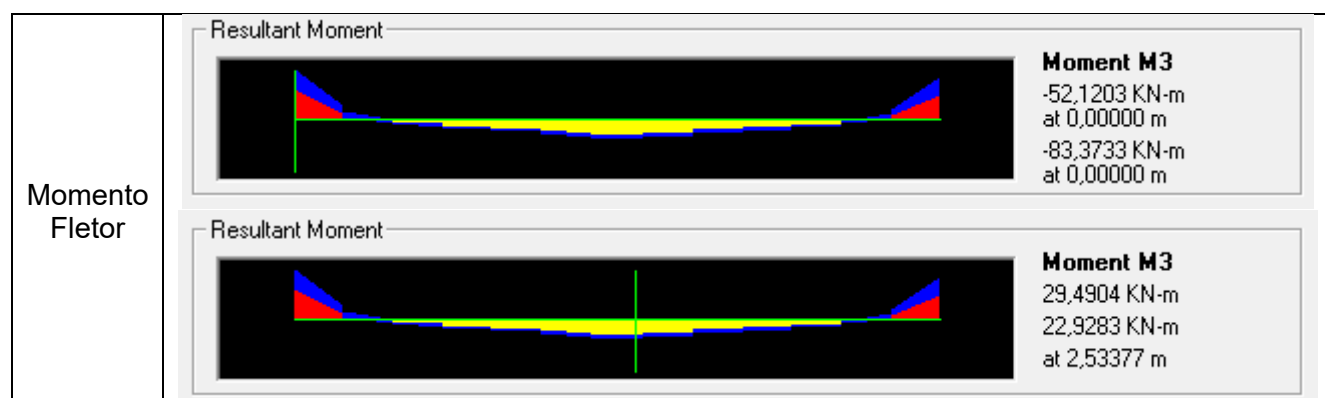


Figura 2-20 – Diagrama de Esforços das Vigas Faixa dos Eixos A e C.

As verificações ao ELS-W são apresentadas na Tabela 2.33.

Tabela 2.33 – Verificação das Vigas Faixa dos Eixos A e C.

	Abertura de Fissuras	Situação
Armadura Positiva	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.11 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.28 \cdot \text{mm}$	OK
Armadura negativa	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.11 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.16 \cdot \text{mm}$	OK

2.8.5 Verificação das Vigas Faixa do Eixo 01 (Patamar da Escada)

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-21.

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 239 de 259

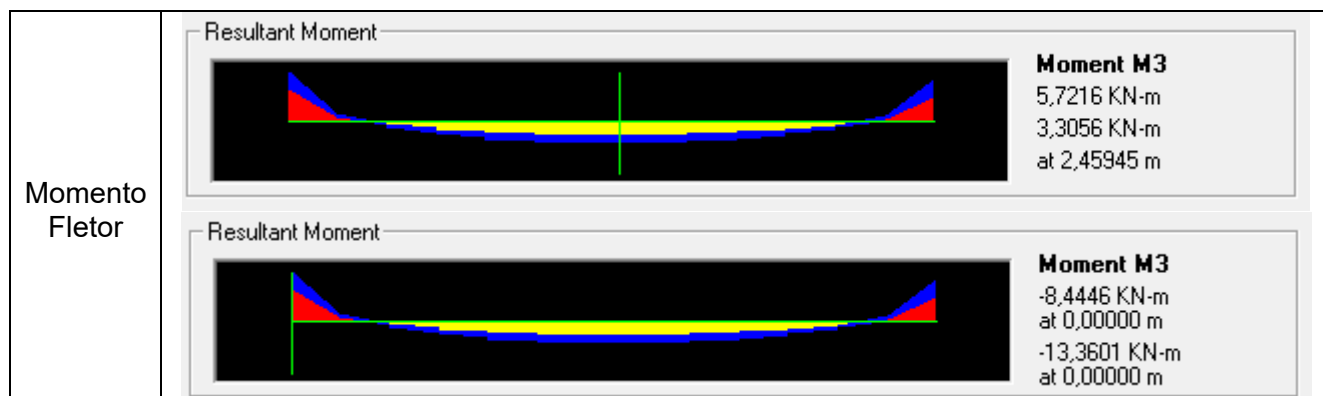


Figura 2-21 – Diagrama de Esforços das Vigas Faixa do Eixo 1.

As verificações ao ELS-W são apresentadas na Tabela 2.34.

Tabela 2.34 – Verificação das Vigas Faixa do Eixo 1.

	Abertura de Fissuras	Situação
Armadura Positiva	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.02 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.14 \cdot \text{mm}$	OK
Armadura negativa	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.07 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.21 \cdot \text{mm}$	OK

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 240 de 259

2.8.6 Verificação da Viga da Escada

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-22.

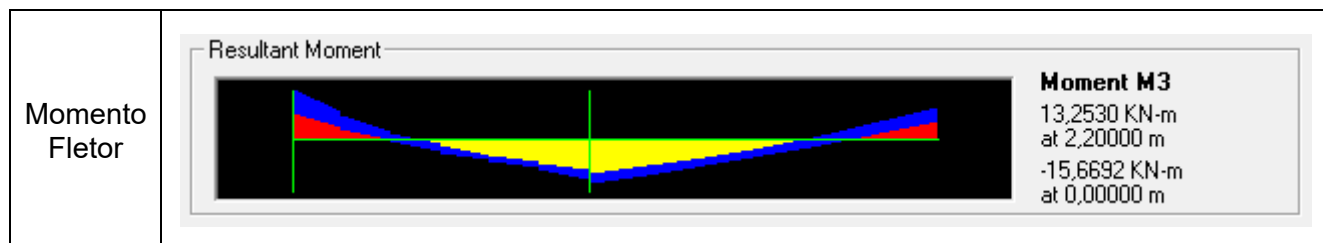


Figura 2-22 – Diagrama de Esforços das Vigas da Escada.

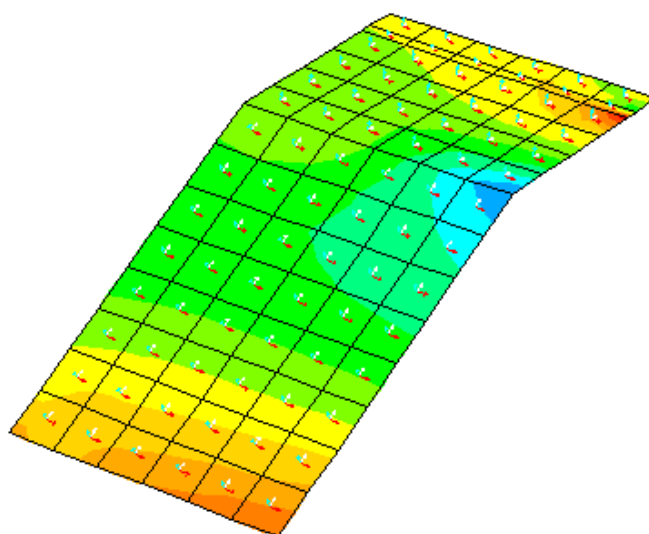
As verificações ao ELS-W são apresentadas na Tabela 2.35.

Tabela 2.35 – Verificação das Vigas da Escada.

	Abertura de Fissuras	Situação
Armadura Positiva	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.04 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.09 \cdot \text{mm}$	OK
Armadura negativa	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.06 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.14 \cdot \text{mm}$	OK

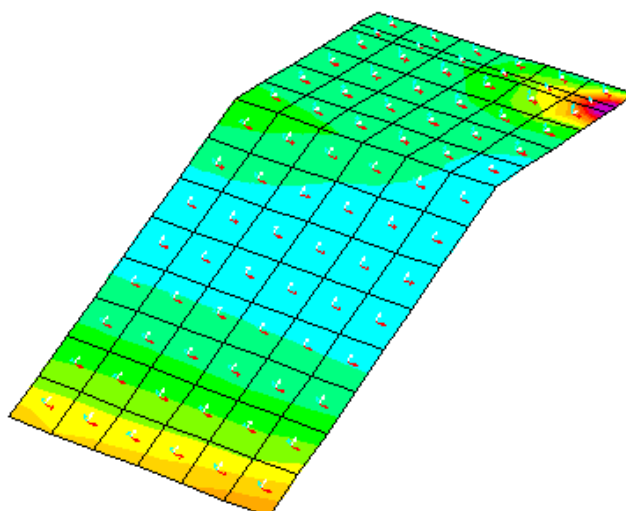
2.8.7 Verificação das Escadas

Os diagramas de esforços das escadas são apresentados na Figura 2-23, a seguir (vista isométrica). Como as escadas trabalham somente em uma direção, são apresentados somente os esforços longitudinais.



-15,0 -12,7 -10,4 -8,1 -5,8 -3,5 -1,2 1,2 3,5 5,8 8,1 10,4 12,7 15,0

(a) Momento fletor – Envoltória máxima – **Msk = 13 kNm**.



-25,0 -22,3 -19,6 -16,9 -14,2 -11,5 -8,8 -6,2 -3,5 -0,8 1,9 4,6 7,3 10,0

(b) Momento fletor – Envoltória mínima – **Msk = -14 kNm**.

Figura 2-23 – Esforços Longitudinais da Escada.

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 242 de 259

A Tabela 2.29 resume a verificação das escadas ao ELS-W.

Tabela 2.36 – Verificação das Escadas ao ELS-W.

	Abertura de Fissuras	Situação
Armadura Negativa	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.02 \text{ mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.13 \text{ mm}$	OK
Armadura Positiva	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.02 \text{ mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.12 \text{ mm}$	OK

2.8.8 Verificação da Viga Console

A envoltória dos diagramas de esforços da viga mais solicitada é apresentada na Figura 2-24.

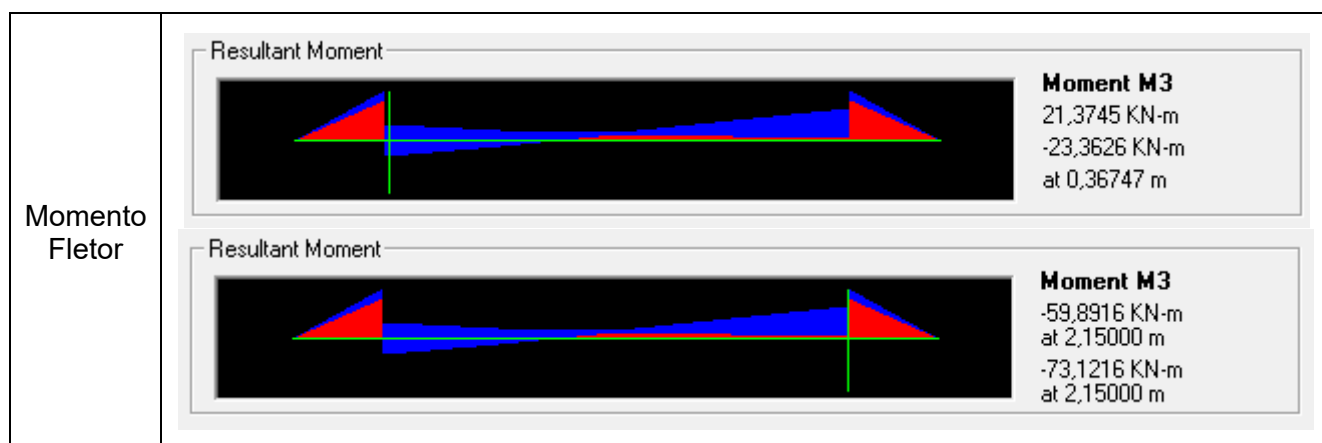


Figura 2-24 – Diagrama de Esforços das Viga Console.

As verificações ao ELS-W são apresentadas na Tabela 2.37.

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 243 de 259

Tabela 2.37 – Verificação da Viga Console.

	Abertura de Fissuras Calculada	Situação
Armadura Positiva	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.02 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.08 \cdot \text{mm}$	Ok
Armadura Negativa	$w1 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \cdot \sigma_s}{f_{ctm}} = 0.07 \cdot \text{mm}$ $w2 := \frac{\phi}{12.5\eta} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left(\frac{4}{\rho_{cri}} + 45 \right) = 0.16 \cdot \text{mm}$	OK

2.9 VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO - ELS-DEF

O estado limite de serviço é verificado a partir da combinação quase permanente de esforços. Para a obtenção da flecha imediata da estrutura, adota-se o procedimento indicado no Item 17.3.2.1.1 da NBR 6118:2014, onde calcula-se a rigidez equivalente pela fórmula de Branson. A seção crítica para o deslocamento das rampas pode ser verificada na Figura 2-25 onde apresenta-se a configuração deformada da estrutura para a combinação quase permanente.

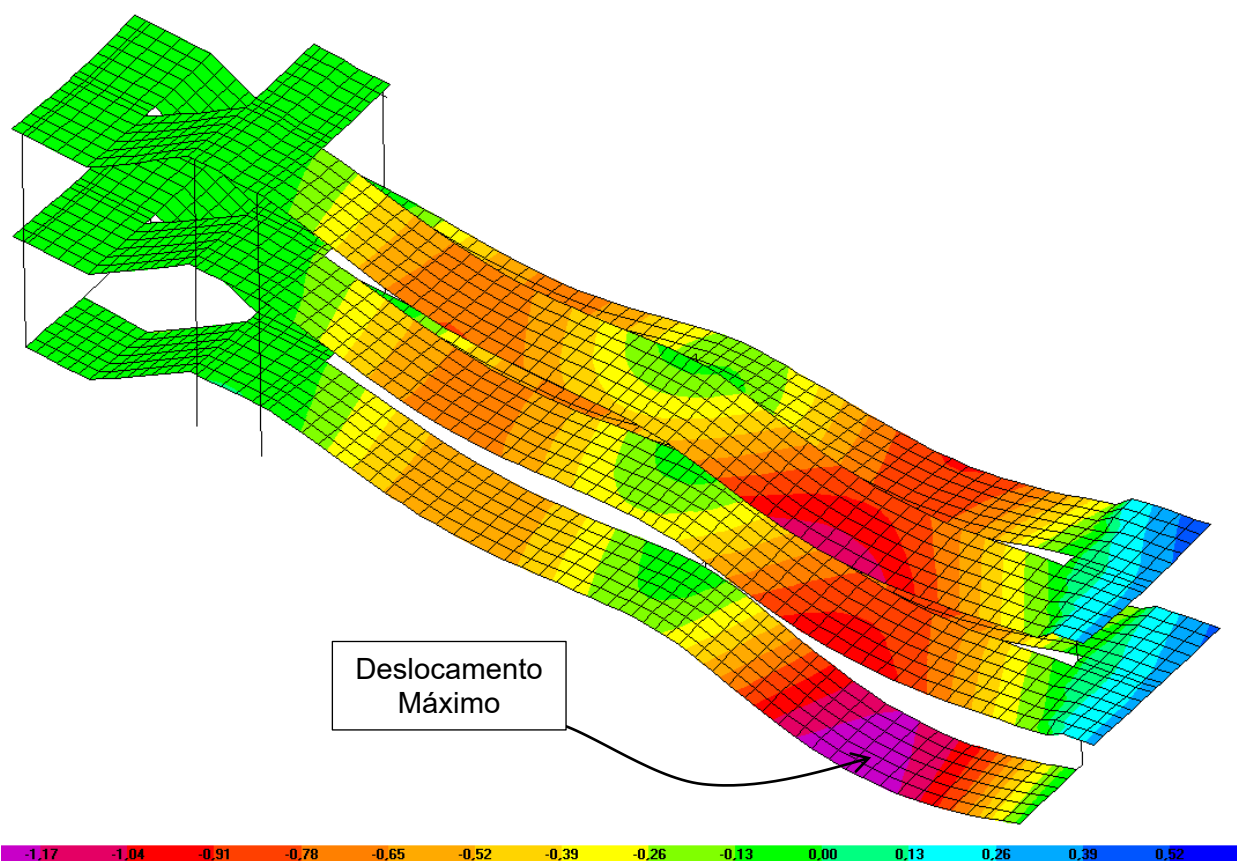


Figura 2-25 – Deslocamento Vertical Máximo do Acesso (centímetros).

Portanto, calcula-se a inércia equivalente considerando os esforços do vão indicado na Figura 2-25. A marcha de cálculo é apresentada no quadro abaixo.

Dados	
$b := 220 \text{ cm}$	Largura da rampa
$h := 30 \text{ cm}$	Altura da rampa
$d := h - 4 \text{ cm}$	Altura útil

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 245 de 259

$M_a := 183 \text{ kN} \cdot \text{m}$	Momento total atuando na seção crítica do vão
$f_{ck} := 30 \text{ MPa}$	Resistência à compressão do concreto
$E_{cs} := 27 \text{ GPa}$	Módulo de elasticidade secante
$E_s := 210 \text{ GPa}$	Módulo de Elasticidade do Aço CA-50
$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cs}}$	Relação entre módulos de elasticidade para homogeneização da seção
$f_{ct} := 0.3 \left(\frac{f_{ck}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \text{MPa}$	Resistência a tração ($f_{ct,m}$)
$A_s := 17 \cdot A_\phi = 20.862 \cdot \text{cm}^2$	Seção de aço
$I_c := \frac{b \cdot h^3}{12} = 4.95 \times 10^5 \text{ cm}^4$	Momento de inércia da seção bruta de concreto
Resultados	
$M_r := \frac{\alpha \cdot f_{ct} \cdot I_c}{y_t} = 143.375 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$	Momento de fissuração
$x_{II} := \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{\alpha_e \cdot \rho_d}} \right) = 5.499 \cdot \text{cm}$	Profundidade da linha neutra no Estádio II
$I_{eq} := \left(\frac{M_r}{M_a} \right)^3 \cdot I_c + \left[1 - \left(\frac{M_r}{M_a} \right)^3 \right] \cdot I_{II} = 2.798 \times 10^5 \cdot \text{cm}^4$	Momento de inércia equivalente.

Para incluir a redução da inércia devido à fissuração no modelo numérico em elementos finitos implementou-se um redutor de inércia nos elementos tipo *shell* com valor igual à razão entre a inércia equivalente e a inércia da seção bruta, conforme indicado abaixo.

$$\frac{I_{eq}}{I_c} = 0.57 \quad (2.5)$$

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 246 de 259

O modelo foi resolvido novamente e as flechas no vão crítico, separadas em permanente e variável, são apresentadas a seguir.

$$\delta_g := 1.94 \text{ cm} \quad (2.6)$$

$$\delta_q := 0.44 \text{ cm}$$

A flecha diferida é obtida pela multiplicação da flecha referente às cargas permanentes pelo fator α_f considerando que toda a estrutura deverá ficar escorada por, no mínimo, 1 mês. Calcula-se, portanto, a flecha total.

$$\alpha_f := 2 - 0.68 = 1.32$$

$$\delta_{dif} := \delta_g \cdot \alpha_f = 2.561 \cdot \text{cm} \quad (2.7)$$

$$\delta_t := \delta_g + \delta_q + \delta_{dif} = 4.94 \cdot \text{cm}$$

Considerando o vão total como a distância entre os eixos 05 e 06 tem-se que a flecha máxima permitida é $1025/250 = 4,1 \text{ cm}$. Como a flecha total é maior que a máxima permitida pela NBR 6118:2014, faz-se necessário a adoção de contra flecha de acordo com a fórmula abaixo.

$$c_f := \delta_g + \frac{\delta_{dif}}{2} = 3.22 \cdot \text{cm} \quad (2.8)$$

A contra flecha máxima a ser adotada é de $L/350 = 2,9 \text{ cm}$. Adota-se, portanto, uma contra flecha de $2,0 \text{ cm}$, o suficiente para anular a flecha permanente sem causar efeitos estéticos deletérios à estrutura.

É importante destacar que os outros vãos apresentam deslocamentos máximos dentro do limite da NBR 6118:2014 e, portanto, não precisam de contra flecha. Esta somente deve ser aplicada nas formas do vão crítico, indicado na Figura 2-25. Conclui-se, portanto, a verificação ao ELS-DEF.

2.10 DIMENSIONAMENTO DO PILAR CENTRAL

Prevendo-se a transposição de vão maiores que 35 metros, concebeu-se pilares intermediários para a conexão entre passarelas tipo. Com vista a fornecer soluções para diferentes configurações de topografia, foram estabelecidos pilares com alturas variando de 3,2 a 8,0 metros com incrementos de 0,8 metros (P800 a P320), similarmemente aos acessos. O cálice que recebe as cargas é idêntico para todos pilares. A geometria do pilar P800 é mostrada na Figura 2-26.

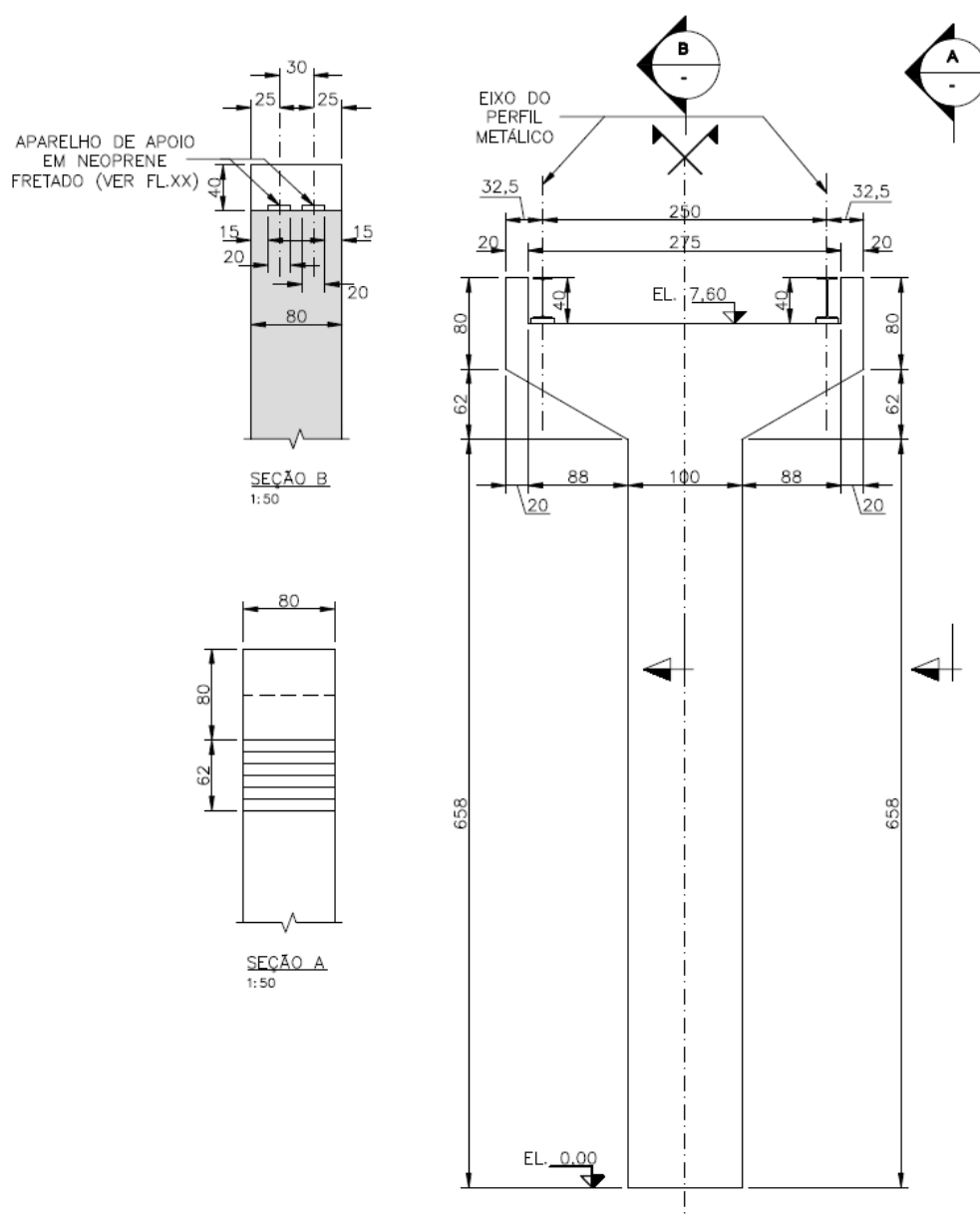


Figura 2-26 – Pilar Central P800.

Para fins de dimensionamento dos pilares, foram elaborados três modelos numéricos no programa SAP2000 correspondendo aos pilares P800, P640 e P480. Para os pilares P720, P560, P400 e P320 adota-se as armaduras calculadas para os pilares de altura imediatamente acima. A única diferença entre os modelos é altura do pilar. Os consolos foram representados como elementos tipo pórtico espacial para a transferência de cargas até os pilares. A excentricidade foi modelada com *constraints* tipo *body* entre os nós do console e o nó que recebe as cargas provenientes da passarela.

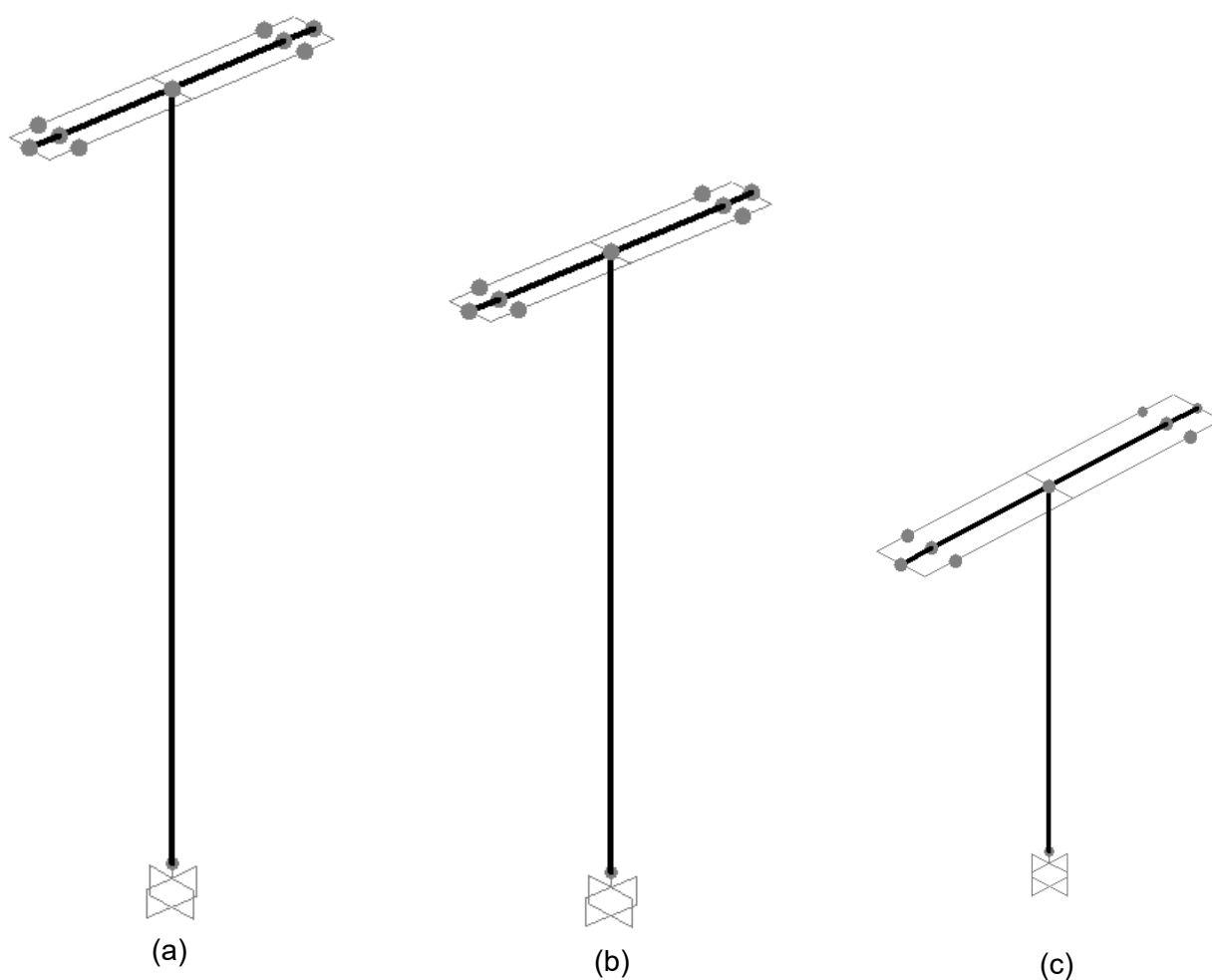
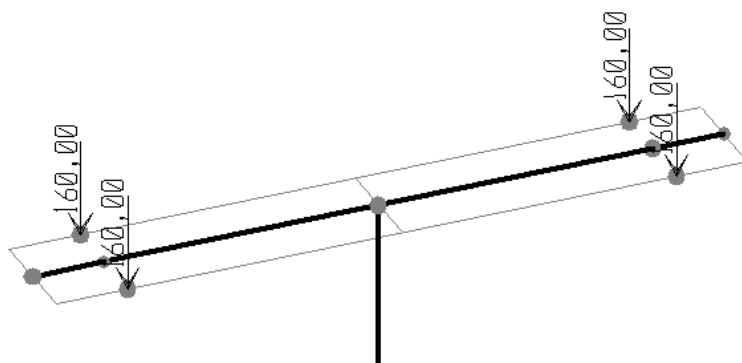


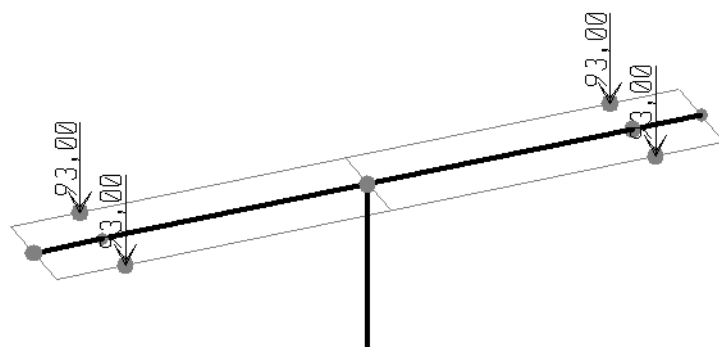
Figura 2-27 – Modelo Estrutural dos Pilares Intermediários: (a) P800. (b) P640. (c) P480.

2.10.1 Carregamentos

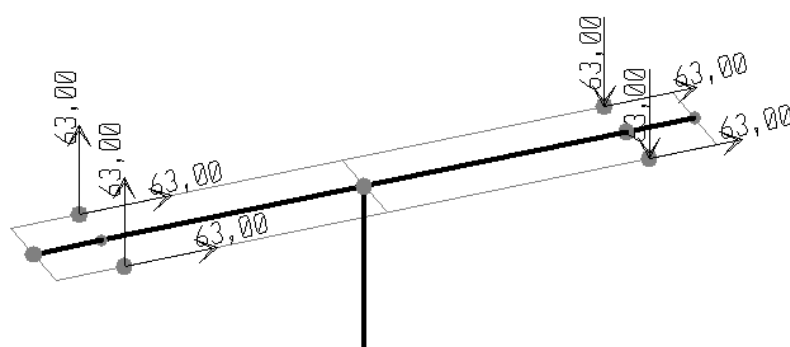
Considerou-se como pior caso, a favor da segurança, as cargas provenientes de duas passarelas PL35 apoiadas no pilar. As cargas, aplicadas ao modelo estrutural, são representadas na Figura 2-28.



(a) Peso próprio da estrutura metálica.



(b) Carga móvel.



(c) Vento.

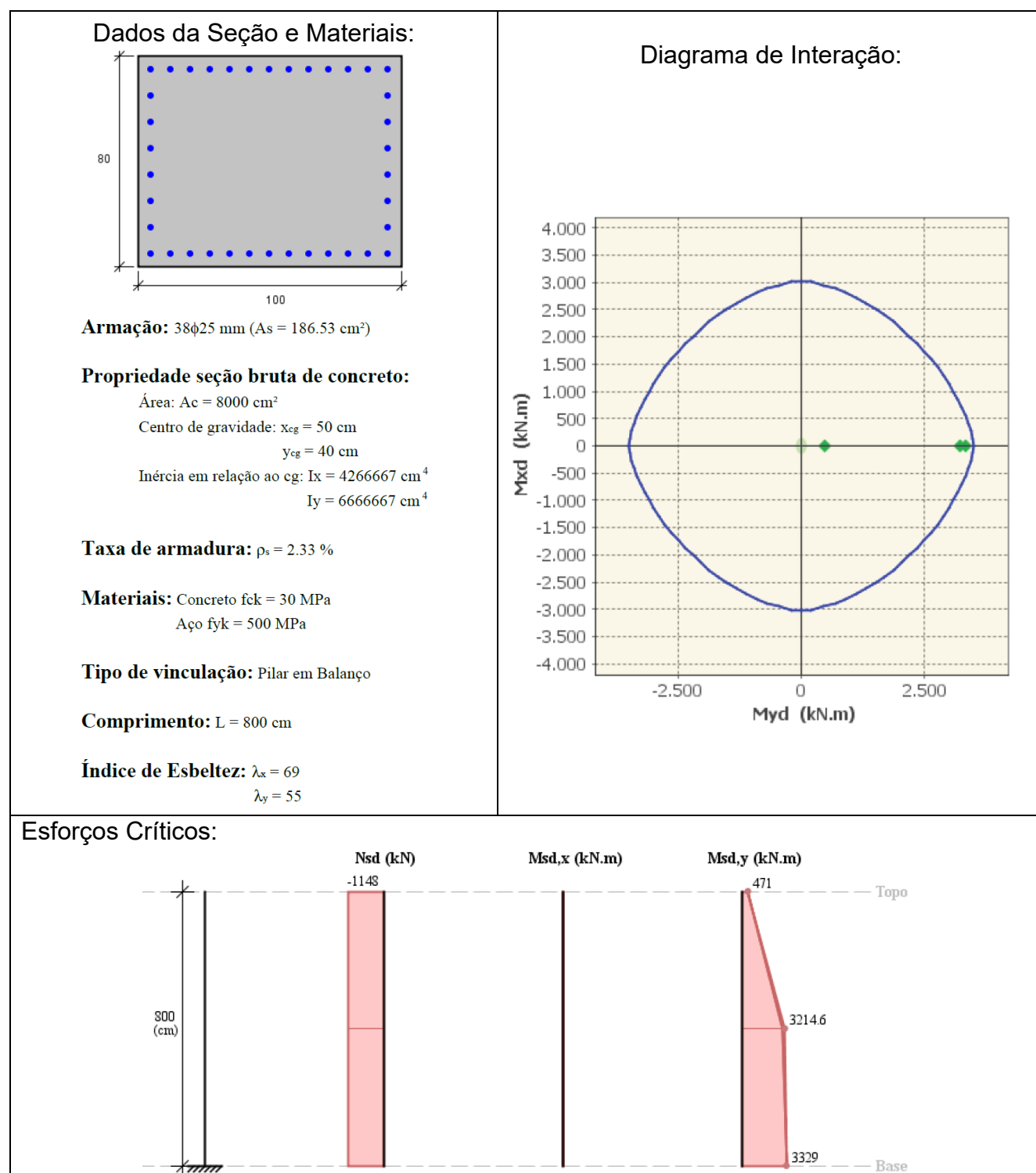
Figura 2-28 – Cargas Atuantes no Pilar.

Verificou-se que a combinação última crítica é a que considera o vento como ação variável principal. Dessa forma, os esforços internos apresentados nas seções subsequentes referem-se à esta combinação.

2.10.2 Dimensionamento da armadura dos pilares

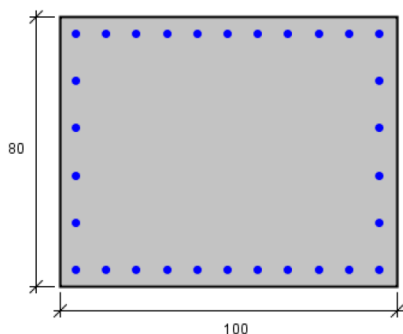
A seguir são apresentados os casos críticos de dimensionamento dos pilares.

• P800/P720



• P640/P560

Dados da Seção e Materiais:



Armação: 30 ϕ 25 mm ($A_s = 147.26 \text{ cm}^2$)

Propriedade seção bruta de concreto:

Área: $A_c = 8000 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade: $x_{cg} = 50 \text{ cm}$

$y_{cg} = 40 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg: $I_x = 4266667 \text{ cm}^4$

$I_y = 6666667 \text{ cm}^4$

Taxa de armadura: $\rho_s = 1.84 \%$

Materiais: Concreto $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Aço $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

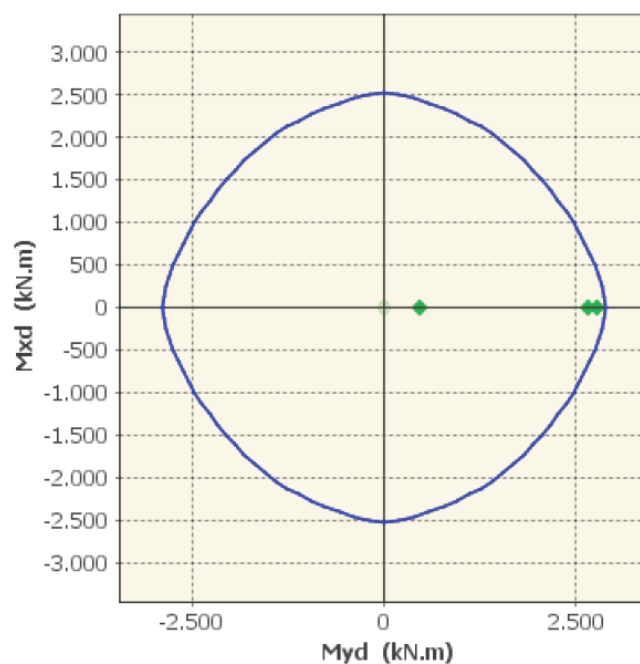
Tipo de vinculação: Pilar em Balanço

Comprimento: $L = 640 \text{ cm}$

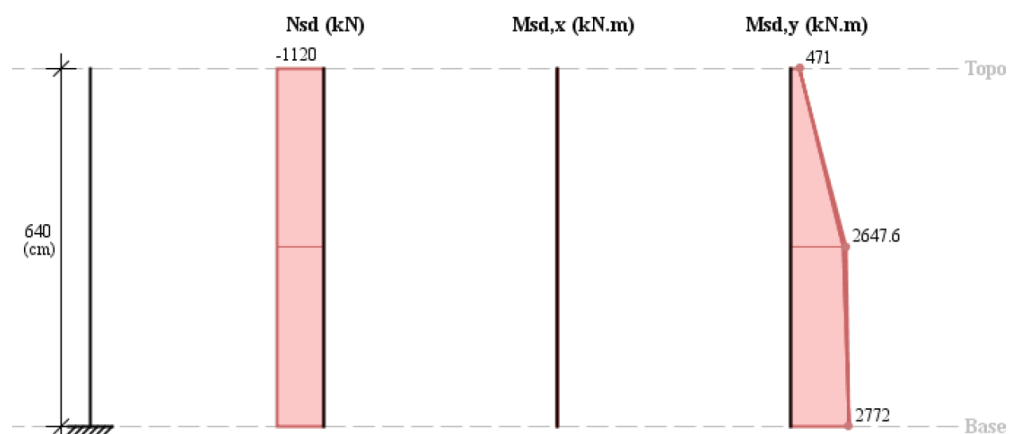
Índice de Esbeltez: $\lambda_x = 55$

$\lambda_y = 44$

Diagrama de Interação:

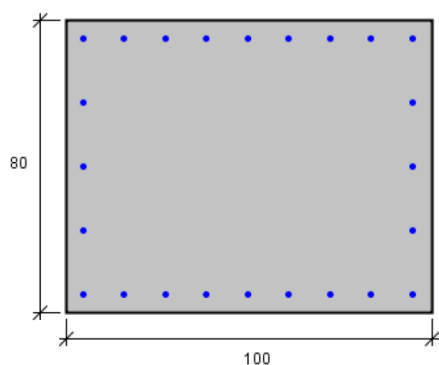


Esforços Críticos:



P480/P400/P320

Dados da Seção e Materiais:



Armação: 24 ϕ 20 mm ($A_s = 75.40 \text{ cm}^2$)

Propriedade seção bruta de concreto:

Área: $A_c = 8000 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade: $x_{cg} = 50 \text{ cm}$

$y_{cg} = 40 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg: $I_x = 4266667 \text{ cm}^4$

$I_y = 6666667 \text{ cm}^4$

Taxa de armadura: $\rho_s = 0.94 \%$

Materiais: Concreto $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Aço $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

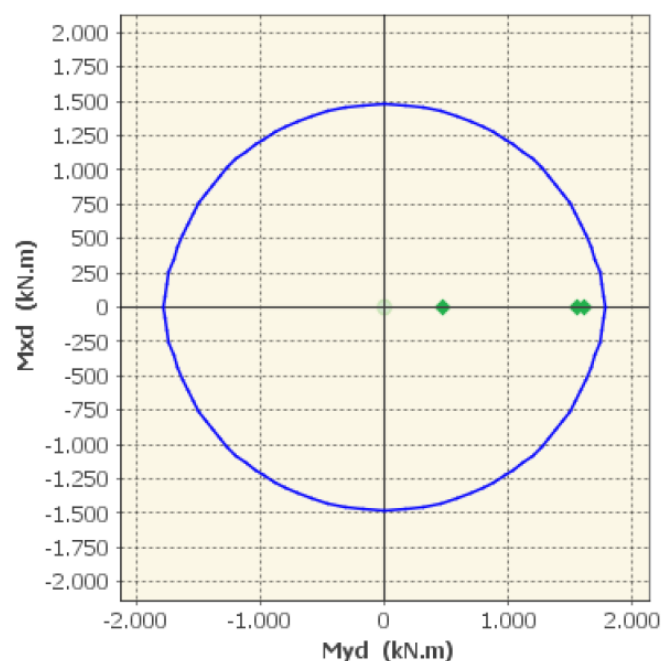
Tipo de vinculação: Pilar em Balanço

Comprimento: $L = 480 \text{ cm}$

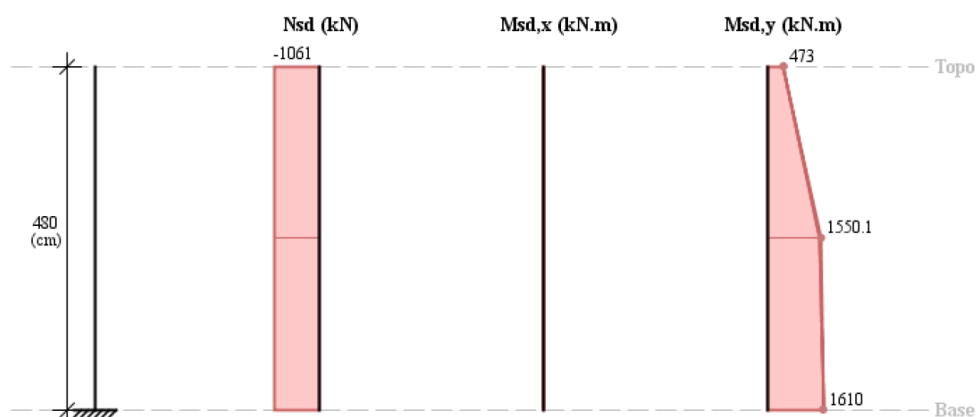
Índice de Esbeltez: $\lambda_x = 42$

$\lambda_y = 33$

Diagrama de Interação:



Esforços Críticos:



	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 253 de 259

Finaliza-se, portanto, o dimensionamento dos pilares intermediários.

2.10.3 Dimensionamento da armadura dos consolos

O modelo estrutural adotado para o dimensionamento da armadura do cálice que recebe as cargas das passarelas é o de consolo segundo a norma NBR 9062:2017.

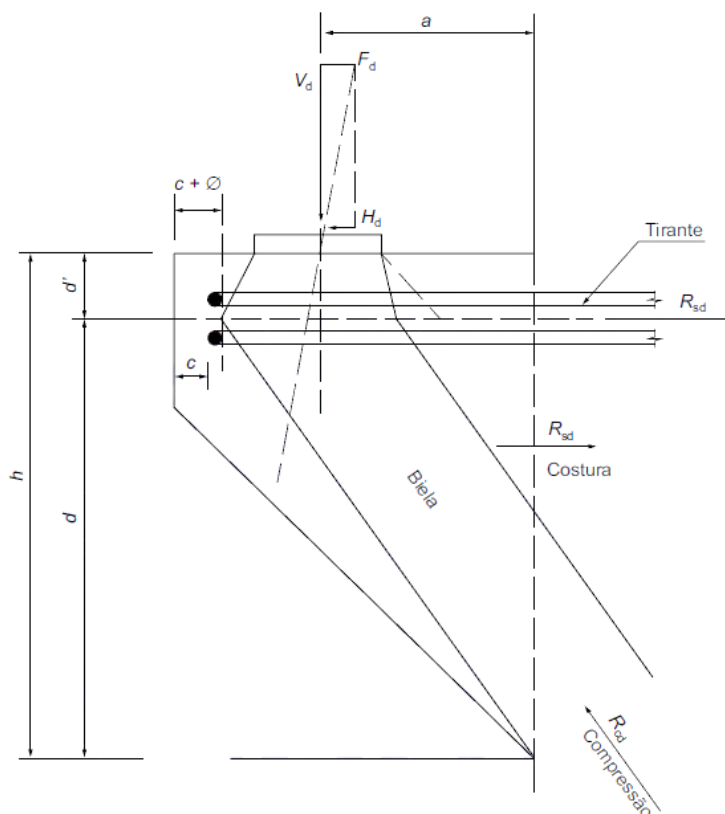


Figura 2-29 – Parâmetros de Cálculo do Consolo Curto.

Verificação da biela comprimida:

$H_d := \text{if}(H_k < 0.2 \cdot V_d, 1.2 \cdot V_d, H_k)$	$H_d = 1.01 \times 10^3 \cdot \text{kN}$
	$V_d = 841 \cdot \text{kN}$
$abie = \frac{0.9 \cdot d \cdot a}{\left[(0.9 \cdot d)^2 + a^2 \right]^{0.5}}$	$abie = 56.89 \cdot \text{cm}$
$hbie := 0.2 \cdot d$	$hbie = 19.4 \cdot \text{cm}$
$R_c := \frac{V_d \cdot a + H_d \cdot d_h}{abie}$	$R_c = 1250.66 \cdot \text{kN}$
$\sigma_c := \frac{R_c}{0.2 \cdot b \cdot d}$	$\sigma_c = 8.06 \cdot \text{MPa}$

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 255 de 259

Armadura do tirante:

$$A_{\text{tir}} := \frac{H_d}{f_{yd}} + \left(0.1 + \frac{a}{d} \right) \cdot \frac{V_d}{f_{yd}} \quad A_{\text{tir}} = 40.08 \cdot \text{cm}^2$$

Adota-se duas camadas de 7 ϕ 20.

Armadura de Costura:

$$A_{\text{sh}} := 0.4 \cdot A_{\text{tir}} \quad A_{\text{sh}} = 16.03 \cdot \text{cm}^2$$

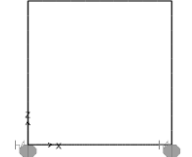
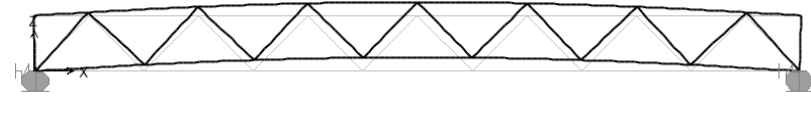
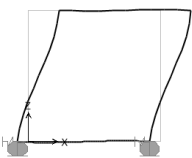
Adota-se ϕ 8 cada 5cm na região próxima à introdução das cargas para absorver os esforços de fendilhamento e ϕ 8 cada 10cm nas regiões de largura variável.

	ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 256 de 259

3 ANÁLISE DINÂMICA

A verificação das passarelas quanto ao carregamento dinâmico restringe-se à análise da treliça metálica, pois estes são os elementos mais suscetíveis a vibrações dinâmicas. Apresenta-se somente os resultados referentes à passarela PL35, pois possui o maior vão. A Tabela 3.1 apresenta as duas primeiras frequências de flexão, e respectivos modos de vibração.

Tabela 3.1 – Modos e Frequências de Vibração da Passarela Metálica.

Tipo	Vista em Elevação	Seção Transversal
Flexão Vertical	 $f = 3,21 \text{ Hz}$	 $f = 3,21 \text{ Hz}$
Flexão Transversal	 $f = 5,58 \text{ Hz}$	 $f = 5,58 \text{ Hz}$

Pode-se observar que as frequências de vibração da passarela não estão contidas na faixa crítica de valores preconizadas pelo Eurocode 1 (2003), a saber, entre 1 e 3 Hz para vibrações verticais e 0,5 a 1,5 Hz para vibrações laterais. Conclui-se, portanto, que as passarelas têm um comportamento dinâmico adequado.

4 ATESTADOS DE RESPONSABILIDADE TÉCNICAAnotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**CREA-DF****ART Obra ou serviço**
0720190080450

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Distrito Federal

Coeutor à 0720190048577

1. Responsável Técnico**VICENTE GERALDO DE OLIVEIRA JUNIOR**

Título profissional: Engenheiro Civil

RNP: 0708110827
Registro: 17391/D-DF

Empresa contratada: IGUATEMI - CONSULTORIA E SERVICOS DE ENGENHARIA LTDA Registro: 13953-DF

2. Dados do Contrato

Contratante: DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES-DNIT CPF/CNPJ: 04.892.707/0001-00

SAUN Quadra 3 Bloco A

Número: 00

Bairro: Asa Norte

CEP: 70040-902

Cidade: Brasília

UF: DF

Complemento:

E-Mail: cgmrr@dnit.gov.br

Fone: (61) 33154319

Contrato: DNIT/TT951/2017-00

Celebrado em: 28/12/2017

Valor Obra/Serviço R\$:
15.056.834,98

Vinculada a ART:

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público

Ação institucional: Nenhuma/Não Aplicável

3. Dados da Obra/Serviço

SAUN Quadra 3 Bloco A

Número: 00

Bairro: Asa Norte

CEP: 70040-902

Cidade: Brasília

UF: DF

Complemento:

Data de início: 28/12/2017

Previsão término: 28/03/2021

Coordenadas Geográficas: ,

Finalidade: Cadastral

Código/Obra pública:

Proprietário: DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES-DNIT

CPF/CNPJ: 04.892.707/0001-00

E-Mail: cgmrr@dnit.gov.br

Fone: (61) 33154319

4. Atividade Técnica

Consultoria

Quantidade Unidade

Projeto Executivo ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELAS

608,1800 metros quadrados

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

CONSULTORIA PARA SERVIÇOS ESPECIALIZADOS DE APOIO E ACESSORAMENTO TÉCNICO À DIR/DNIT, NO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DA EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS ELABORAÇÃO DE PLANOS DE TRABALHO DE MANUTENÇÃO (CONSERVAÇÃO/RECUPERAÇÃO) DE OAEs NO AMBITO DO CONTRATO PROARTE.

6. Declarações

Acessibilidade: Sim: Declaro atendimento às regras de acessibilidade, previstas nas normas técnicas da ABNT e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe

NENHUMA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BRASILIA, 18 de NOVEMBRO de 2019

Local

Data

Vicente Geraldo de Oliveira Junior
VICENTE GERALDO DE OLIVEIRA JUNIOR CPF: 019.210.861-99DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE
TRANSPORTES-DNIT - CPF/CNPJ: 04.892.707/0001-00

Eng. Rogério Calazans Verly

Coordenador de Manutenção de
Estruturas e Contingências CCMN/DNIT**9. Informações**- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante de pagamento ou conferência no site do Crea.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site: www.creadf.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creadf.org.br
informacao@creadf.org.br
Tel: (61) 3961-2800 Fax: (61) 3223-4819**CREA-DF**
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Distrito Federal

Valor da ART: R\$ 85,96 Valor Pago: R\$ 85,96 Nosso Número/Baixa: 0119065790

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**CREA-DF****ART Obra ou serviço**
0720190080517

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Distrito Federal

Coeautor à 0720190048577

1. Responsável Técnico

WELINGTON VITAL DA SILVA

Título profissional: Engenheiro Civil

RNP: 0712343415

Registro: 20770/D-DF

Empresa contratada: **IGUATEMI - CONSULTORIA E SERVICOS DE ENGENHARIA LTDA** Registro: **13953-DF**

2. Dados do Contrato

Contratante: **DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES-DNIT** CPF/CNPJ: **04.892.707/0001-00**

SAUN Quadra 3 Bloco A

Número: 00

Bairro: Asa Norte

CEP: 70040-902

Cidade: Brasília

UF: DF

Complemento:

E-Mail: cgmmr@dnit.gov.br

Fone: (61) 33154319

Contrato: DNIT/TT951/2017-00

Celebrado em: 28/12/2017

Valor Obra/Serviço R\$: 15.056.834,98

Vinculada a ART:

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público

Ação institucional: Nenhuma/Não Aplicável

3. Dados da Obra/Serviço

SAUN Quadra 3 Bloco A

Número: 00

Bairro: Asa Norte

CEP: 70040-902

Cidade: Brasília

UF: DF

Complemento:

Data de Início: 28/12/2017

Previsão término: 28/03/2021

Coordenadas Geográficas: ,

Finalidade: Cadastral

Código/Obra pública:

Proprietário: **DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES-DNIT**CPF/CNPJ: **04.892.707/0001-00**E-Mail: cgmmr@dnit.gov.br

Fone: (61) 33154319

4. Atividade Técnica

Consultoria

Quantidade Unidade

Projeto Executivo ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE PASSARELAS

506,1600 metros quadrados

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

CONSULTORIA PARA SERVIÇOS ESPECIALIZADOS DE APOIO E ASSESSORAMENTO TÉCNICO À DIR/DNIT, NO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DA EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS ELABORAÇÃO DE PLANOS DE TRABALHO DE MANUTENÇÃO (CONSERVAÇÃO/RECUPERAÇÃO) DE OAEs NO AMBITO DO CONTRATO PROARTE.

6. Declarações

Acessibilidade: Sim: Declaro atendimento às regras de acessibilidade, previstas nas normas técnicas da ABNT e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe

NENHUMA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brasília, 20 de novembro de 2019

WELINGTON VITAL DA SILVA - CPF: 017.398.311-10

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES-DNIT - CPF/CNPJ: 04.892.707/0001-00

Eng. Rogério Calazans Vergy

Coordenador de Manutenção de Estruturas e Contêineres

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante de pagamento ou conferência no site do Crea.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site: www.creadf.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.



www.creadf.org.br
informacao@creadf.org.br
Tel: (61) 3961-2800 Fax: (61) 3223-4619



Valor da ART: R\$ 85,96 Registrada em: 2019/11/20 CGMRR/DNIT Valor Pago: R\$ 85,96 Nosso Número/Baixa: 0119065854

	ÁLBUM DE PROJETOS–TIPO DE PASSARELA DE PEDESTRES	
	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	FOLHA: 259 de 259

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. (1988). *NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações*. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2008). *NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios*. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2013). *NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas*. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2014). *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2015). *NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2017). *NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado*. Rio de Janeiro.
- Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges*. (2003). EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION.