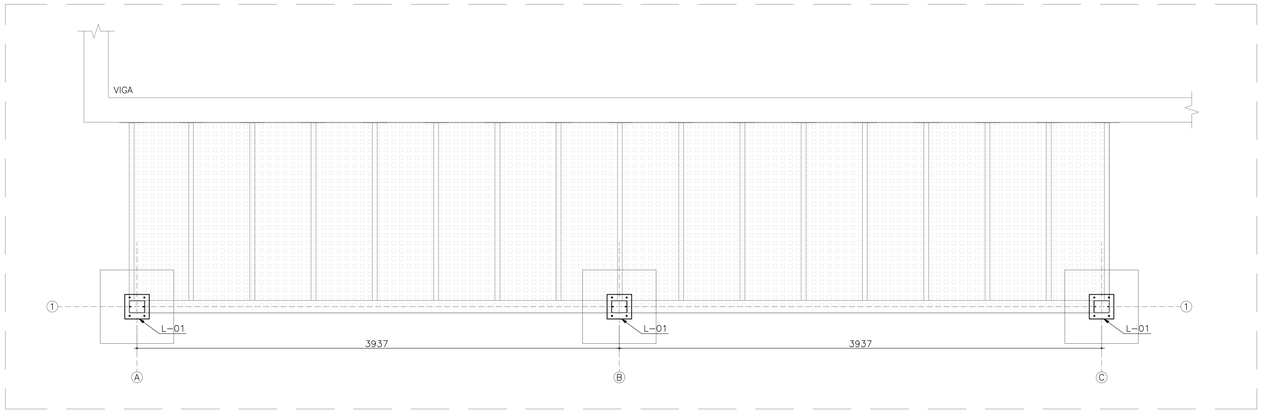
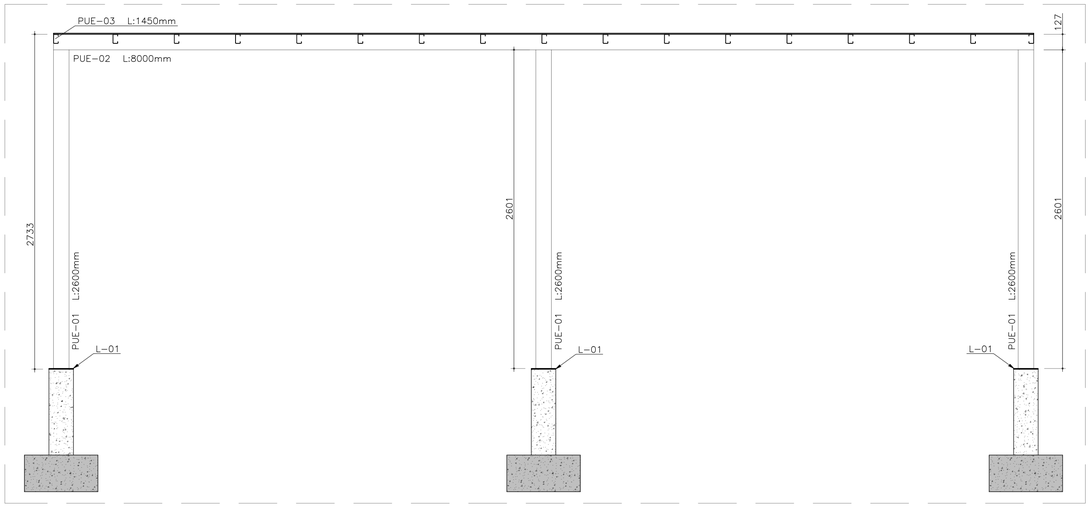
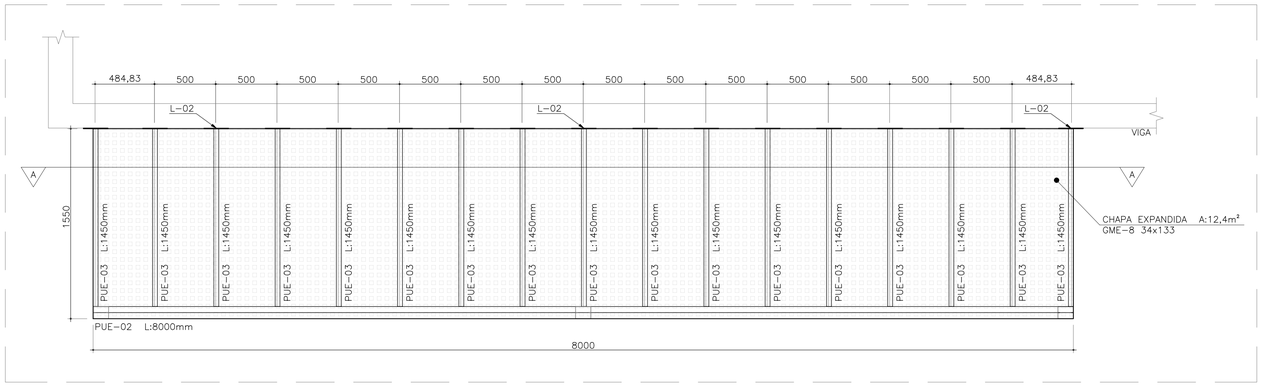


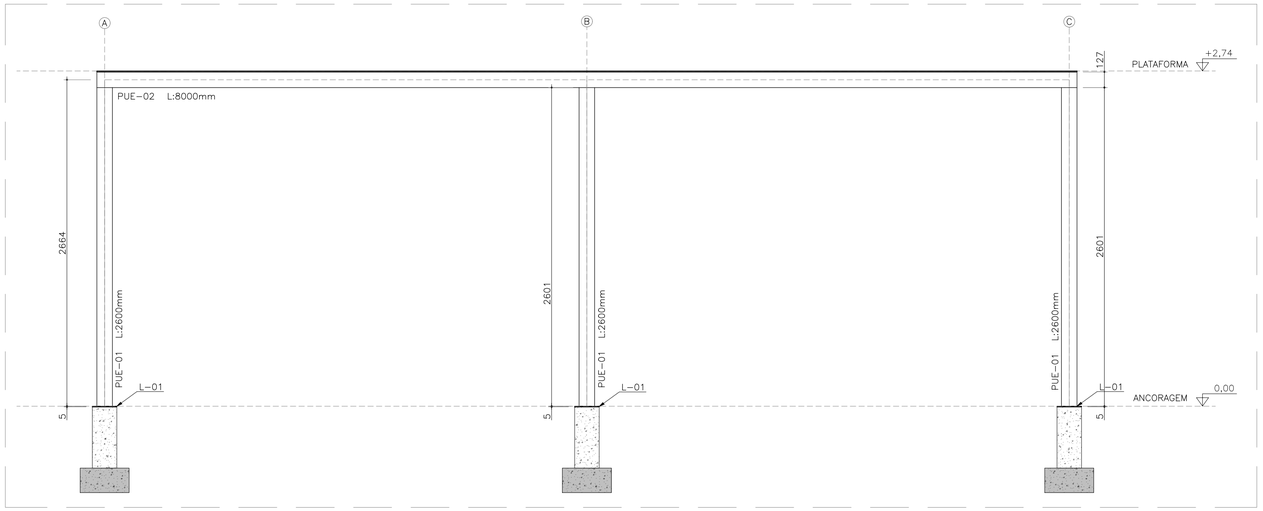
PLANTA DE LOCAÇÃO - ANCORAGEM - ÁREA TÉCNICA
ESC.: 1/25



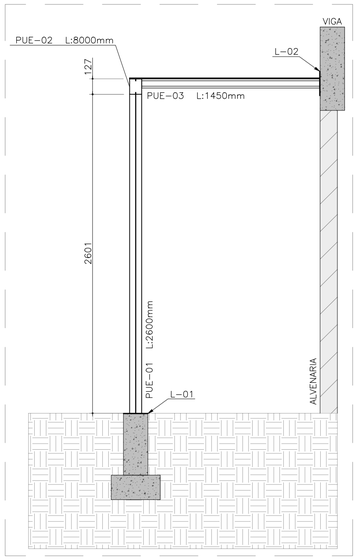
CORTE A-A - ÁREA TÉCNICA
ESC.: 1/25



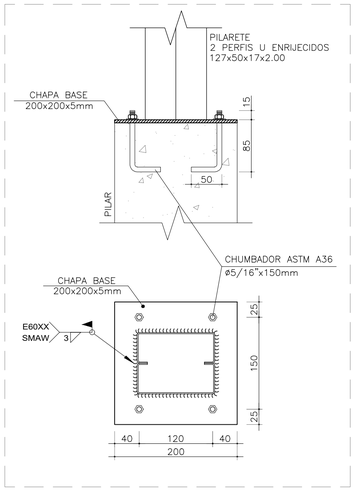
VISTA SUPERIOR - ÁREA TÉCNICA
ESC.: 1/25



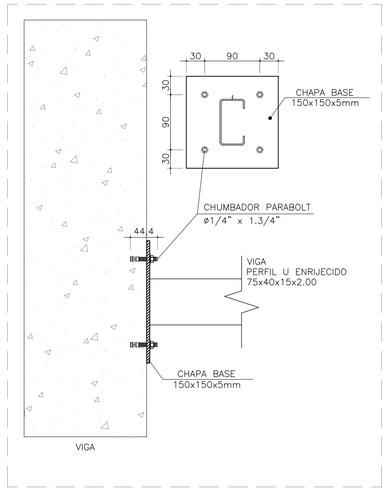
EIXO 1 - ÁREA TÉCNICA
ESC.: 1/25



EIXO B - ÁREA TÉCNICA
ESC.: 1/25



DETALHE L-01
ESC.: 1/5



DETALHE L-02
ESC.: 1/5

VISTA 3D
ESC.: S/E

ÁREA TÉCNICA						
Elemento	Descrição	Quantidade Total	Peso espec. (kg/m ou kg/m2)	Comp total (m)	Área Total (m²)	Peso Total (kg)
CHAPA	CH 5.00	20	40	0,00	0,50	20,10
CHAPA	GME-8 34x133	1	38,05	0,00	12,40	471,82
ACESSÓRIOS	PARABOLT 1/4"	68				
ACESSÓRIOS	PARAFUSO DE ANCORAGEM 5/16"	12	0	1,80	0,00	0,00
PERFIL	PUE 127x50x17x2.00	8	4	31,60	0,00	126,40
PERFIL	PUE 75x40x15x2.00	17	2,9	24,65	0,00	71,49

NOTAS:

REV.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	DATA
0					

REVISÕES

APROVAÇÃO:

OBRA:
NOVA SEDE DA PREFEITURA DE VILA VALÉRIO – ENGRADAMENTO METÁLICO

LOCAL:
Rua Daniel Comboni, 28 – Centro, Vila Valério – ES

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717 DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=PF, ou=AR RFB, ou=ICP-Brasil, cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717 Razão: Eu sou o autor deste documento Local: Data: 2024.05.24 17:09:00 -03'00'
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA
CAU-ES: 063305-4

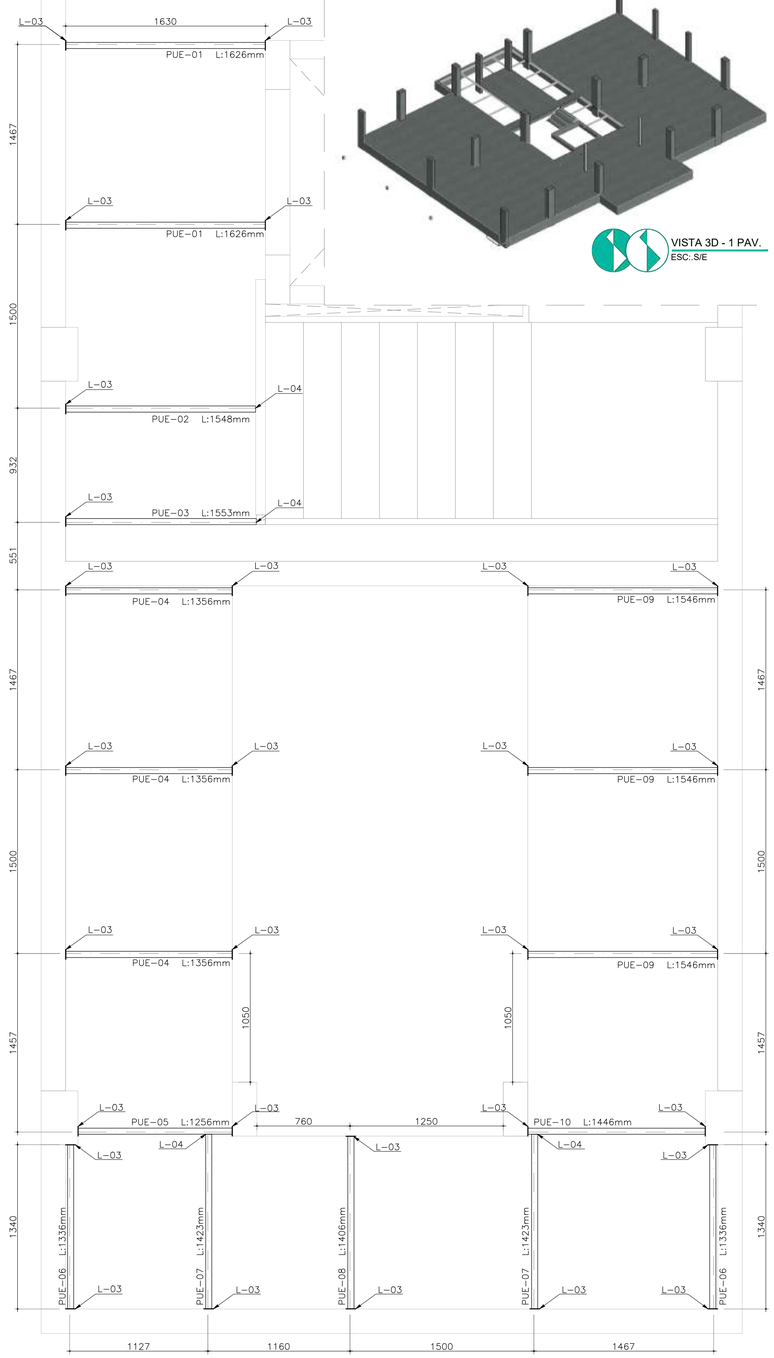
AMÉRICA LATINA ENGENHARIA

CONTEÚDO:
- PLANTA DE FÔRMA – ÁREA TÉCNICA EXTERNA;
- CORTE AA, EIXO 1, VISTA SUPERIOR – ÁREA TECNICA EXTERNA;
- DETALHE L-01, L-02 E VISTA 3D.

ESCALA:	DATA:	PRANCHA:	REV:
INDICADA	02/2024	01/07	REV-0

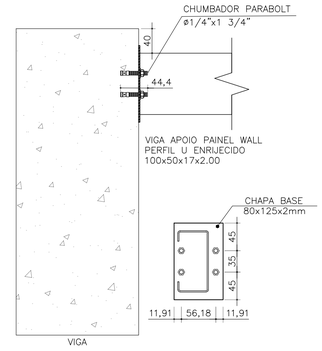
A1

ARQUIVO:SMT-VVAL-13_21-PE-01-01-240226

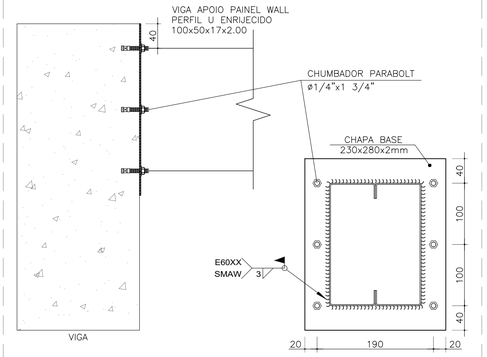


PERFIS DE SUPORTE PAINEL WALL - 1° PAVIMENTO
ESC.:1/25

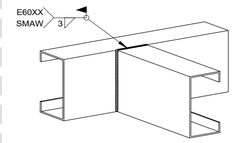
VISTA 3D - 1 PAV.
ESC.:S/E



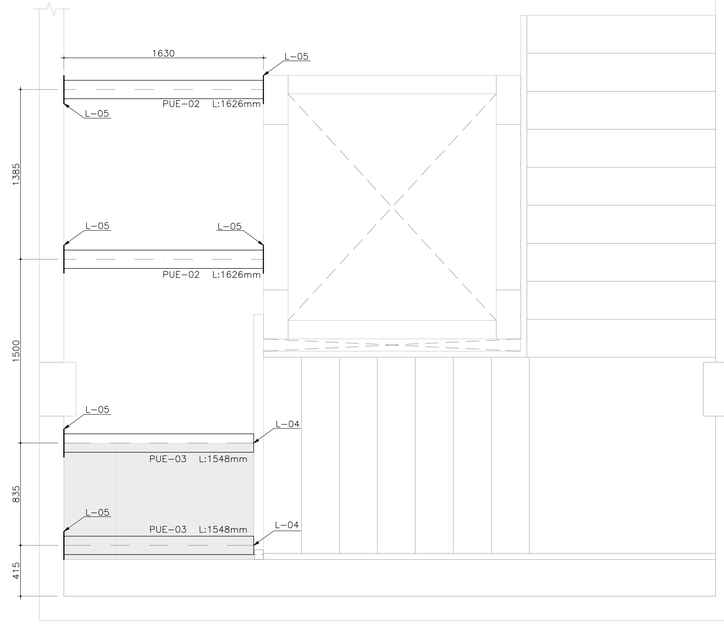
DETALHE L-03
ESC.:1/5



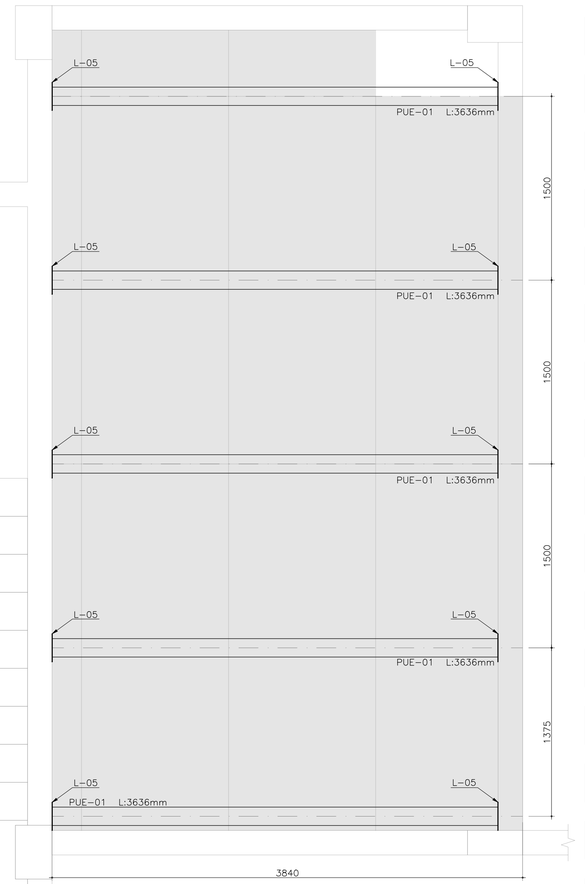
DETALHE L-05
ESC.:1/5

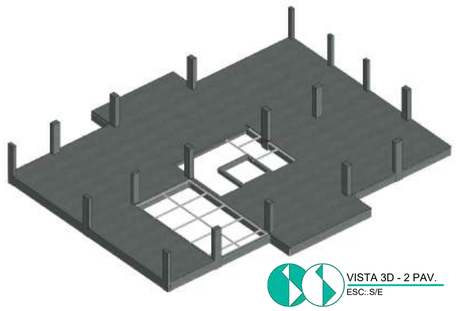


DETALHE L-04
ESC.:1/5



PERFIS DE SUPORTE PAINEL WALL - 2° PAVIMENTO
ESC.:1/25





VISTA 3D - 2 PAV.
ESC.:S/E

SUPORTE PAINEL WALL – 1° PAVIMENTO						
Elemento	Descrição	Quantidade Total	Peso espec. (kg/m ou kg/m2)	Comp total (m)	Área Total (m^2)	Peso Total (kg)
CHAPA	CH 2.00	30	16	0,00	0,30	4,80
ACESSÓRIOS	PARABOLT 1/4"	120				
PERFIL	PUE 100x50x17x2.00	17	3,47	24,69	0,00	85,66

SUPORTE PAINEL WALL – 2° PAVIMENTO						
Elemento	Descrição	Quantidade Total	Peso espec. (kg/m ou kg/m2)	Comp total (m)	Área Total (m^2)	Peso Total (kg)
CHAPA	CH 2.00	16	16	0,00	1,03	16,49
ACESSÓRIOS	PARABOLT 1/4"	96				
PERFIL	PUE 200x75x25x2.00	18	5,92	49,06	0,00	290,41

NOTAS:

REV.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	DATA
0					

REVISÕES

APROVAÇÃO:

OBRA:
NOVA SEDE DA PREFEITURA DE VILA VALÉRIO – ENGRADAMENTO METÁLICO

LOCAL:
Rua Daniel Comboni, 28 – Centro, Vila Valério – ES

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717 DN: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, CN=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA Date: 2024.08.26 17:27:56 -03'00'
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA
CAU–ES: 063305–4

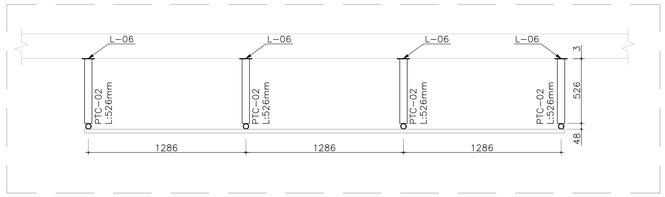
AMÉRICA LATINA ENGENHARIA

CONTEÚDO:
– PERFIS DE SUPORTE PAINEL WALL – 1° E 2° PAVIMENTO;
– DETALHE LIGAÇÕES L–03, L–04, L–05;
– VISTA 3D.

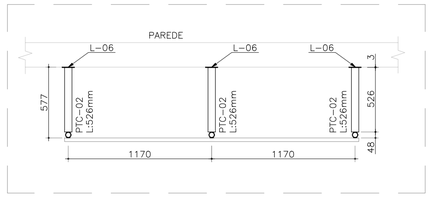
ESCALA:	DATA:	PRANCHA:	REV:
INDICADA	02/2024	02/07	REV–0

A1

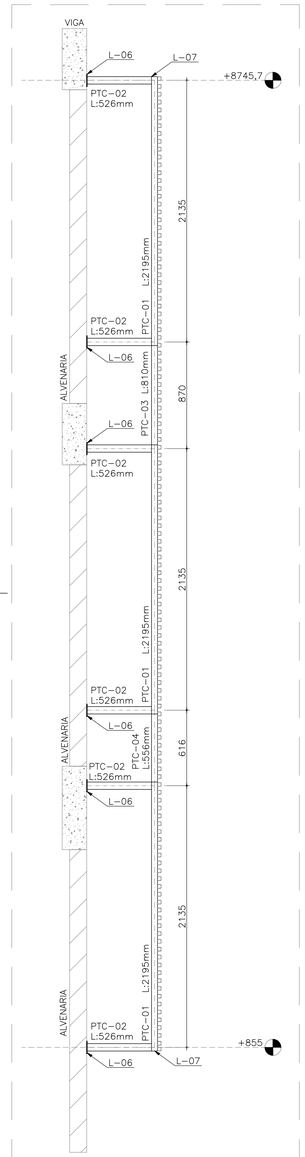
ARQUIVO:SMT–VVAL–13_21–PE–01–01–240226



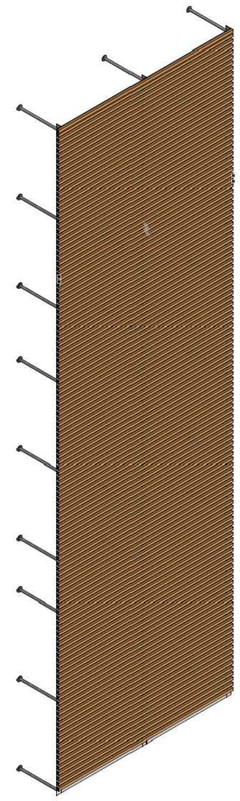
VISTA SUPERIOR - BRISE 01
ESC.:1/25



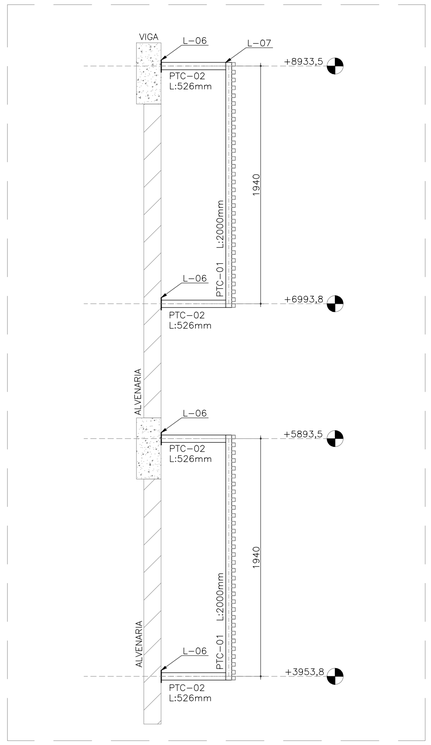
VISTA SUPERIOR - BRISE 02
ESC.:1/25



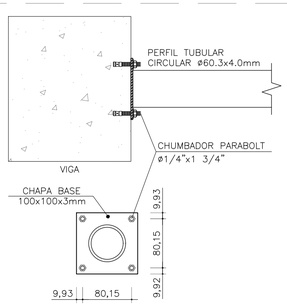
VISTA LATERAL - BRISE 01
ESC.:1/25



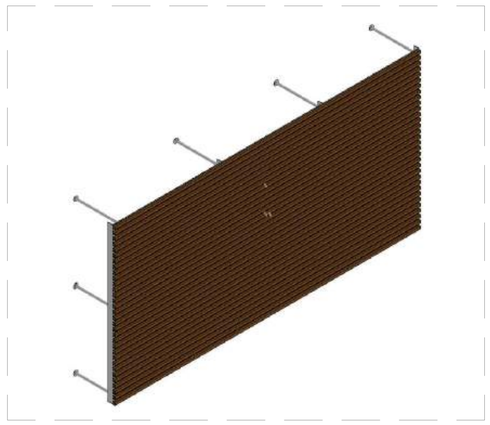
VISTA 3D - BRISE 01
ESC.:S/E



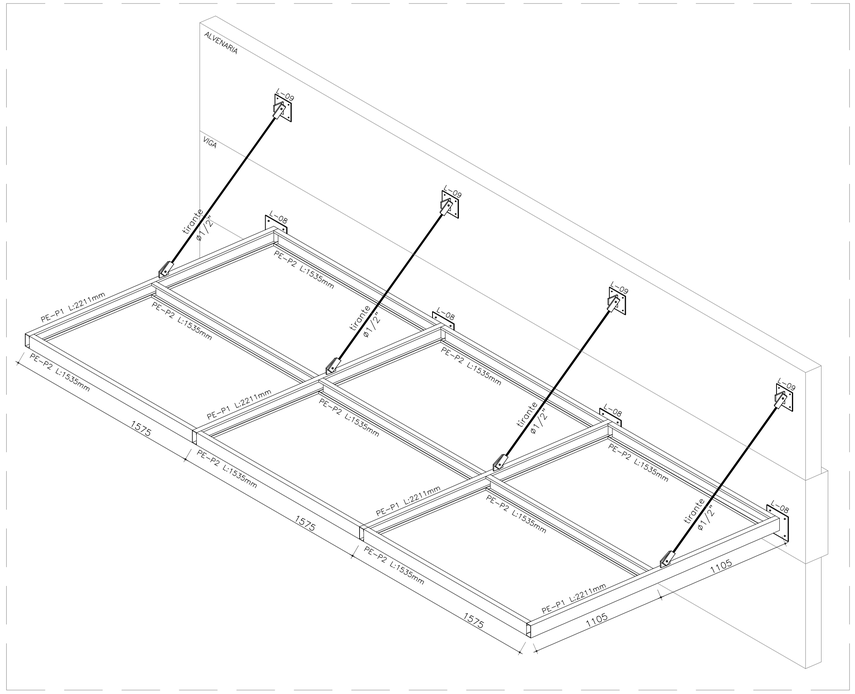
VISTA LATERAL - BRISE 02
ESC.:1/25



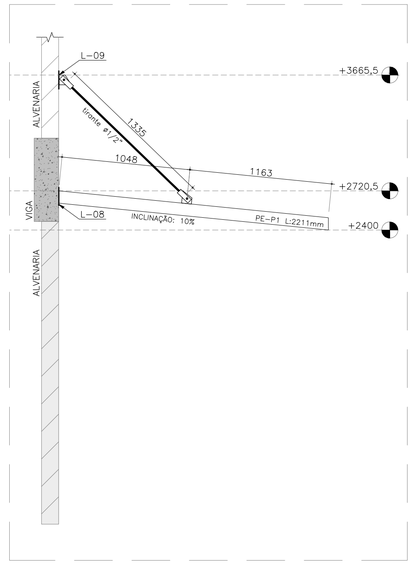
DET. LIG-06
ESC.:1/5



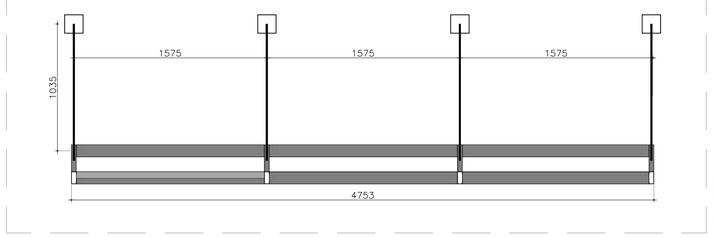
VISTA 3D - BRISE 02
ESC.:S/E



VISTA ISOMÉTRICA - COBERTURA ATIRANTADA
ESC.:1/25



VISTA LATERAL - COBERTURA ATIRANTADA
ESC.:1/25



VISTA FRONTAL - COBERTURA ATIRANTADA
ESC.:1/25

VISTA 3D - FACHADA COM OS BRISES
ESC.:S/E

BRISE 01						
Elemento	Descrição	Quantidade Total	Peso espec. (kg/m ou kg/m2)	Comp total (m)	Área Total (m^2)	Peso Total (kg)
CHAPA	CH 3.00	72	24	0,00	0,72	17,28
ACESSÓRIOS	PARABOLT 1/4"	288				
PERFIL	PTC 48.30x4.50	60	4,86	95,41	0,00	463,70
PERFIL	PTC 60.30x4.00	72	5,55	37,87	0,00	210,19

BRISE 02						
Elemento	Descrição	Quantidade Total	Peso espec. (kg/m ou kg/m2)	Comp total (m)	Área Total (m^2)	Peso Total (kg)
CHAPA	CH 3.00	16	24	0,00	0,16	3,84
ACESSÓRIOS	PARABOLT 1/4"	64				
PERFIL	PTC 48.30x4.50	8	4,86	16,00	0,00	77,76
PERFIL	PTC 60.30x4.00	16	5,55	8,42	0,00	46,71

NOTAS:

REV.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	DATA
0					

REVISÕES

APROVAÇÃO:

OBRA:
NOVA SEDE DA PREFEITURA DE VILA VALÉRIO – ENGRADAMENTO METÁLICO

LOCAL:
Rua Daniel Comboni, 28 – Centro, Vila Valério – ES

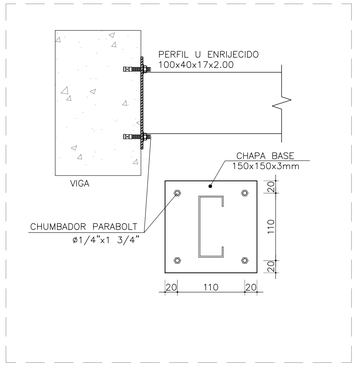
RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=financeiro@americalatina.eng.br
Data: 2024.06.26 17:29:22 -03'00'
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA
CAU–ES: 063305–4

AMÉRICA LATINA ENGENHARIA

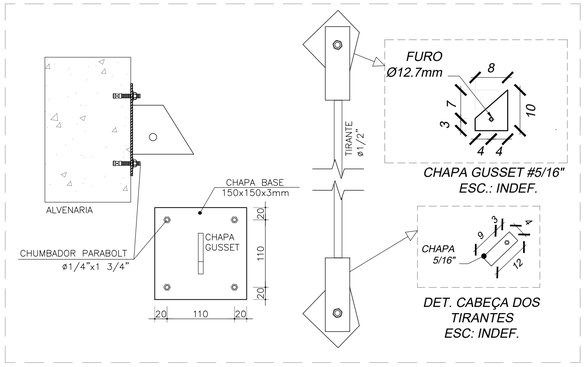
CONTEÚDO:
- DETALHAMENTO BRISE 01 E 02;
- DET. LIGAÇÃO L–06;
- DETALHAMENTO COBERTURA ATIRANTADA.

ESCALA:	DATA:	PRANCHA:	REV:
INDICADA	02/2024	03/07	REV–0

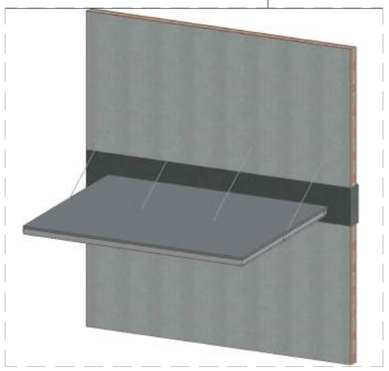
ARQUIVO:SMT–VVAL–13_21–PE–01–01–240226



DETALHE L-08
ESC.:1/5



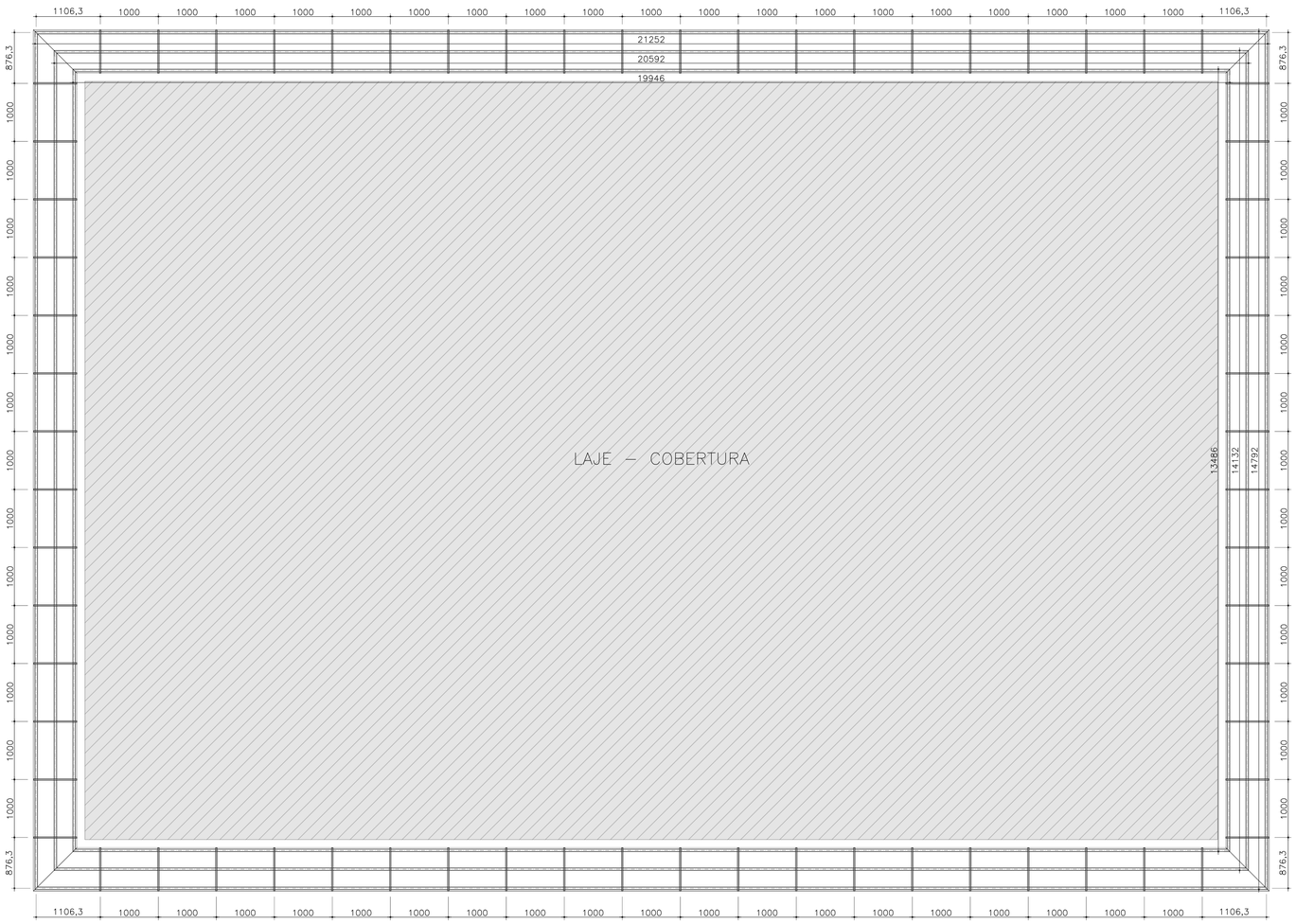
DETALHE L-09
ESC.:1/5



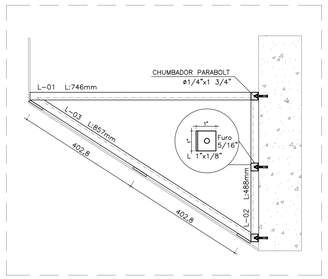
VISTA 3D - CORTINA ATIRANTADA
ESC.:S/E

COBERTURA ATIRANTADA 01						
Elemento	Descrição	Quantidade Total	Peso espec. (kg/m ou kg/m2)	Comp total (m)	Área Total (m²)	Peso Total (kg)
PERFIL	BC 1/2"	4	0,99	5,34	0,00	5,29
CHAPA	CH 2.00	8	16	0,00	0,18	2,88
CHAPA	CH 5/16"	8	62,25	0,00	0,04	2,49
ACESSÓRIOS	PARABOLT 1/4"	32				
PERFIL	PUE 100x40x17x2.00	13	3,25	22,66	0,00	73,64

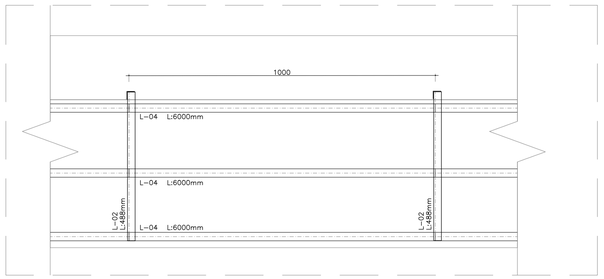
COBERTURA ATIRANTADA 02						
Elemento	Descrição	Quantidade Total	Peso espec. (kg/m ou kg/m2)	Comp total (m)	Área Total (m²)	Peso Total (kg)
PERFIL	BC 1/2"	4	0,99	5,34	0,00	5,29
CHAPA	CH 2.00	8	16	0,00	0,18	2,88
CHAPA	CH 5/16"	8	62,25	0,00	0,04	2,49
ACESSÓRIOS	PARABOLT 1/4"	32				
PERFIL	PUE 100x40x17x2.00	13	3,25	22,66	0,00	73,64



PLANTA DE COBERTURA - PERFIS SUPORTE CALHA
ESC.:1/50



PÓRTICO - PERFIS SUPORTE CALHA
ESC.:1/10



ESPAÇAMENTO DOS PÓRTICOS - PERFIS SUPORTE CALHA
ESC.:1/10

SUPORTE CALHA						
Elemento	Descrição	Quantidade Total	Peso espec. (kg/m ou kg/m2)	Comp total (m)	Área Total (m²)	Peso Total (kg)
PERFIL	BCH 2"x1/4"	12	2,53	208,40	0,00	527,25
PERFIL	L 1"x1"x1/8"	408	1,19	147,29	0,00	175,27
ACESSÓRIOS	PARABOLT 1/4"	204				

NOTAS:

REV.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	DATA
0					

REVISÕES

APROVAÇÃO:

OBRA:
NOVA SEDE DA PREFEITURA DE VILA VALÉRIO – ENGRADAMENTO METÁLICO

LOCAL:
Rua Daniel Comboni, 28 – Centro, Vila Valério – ES

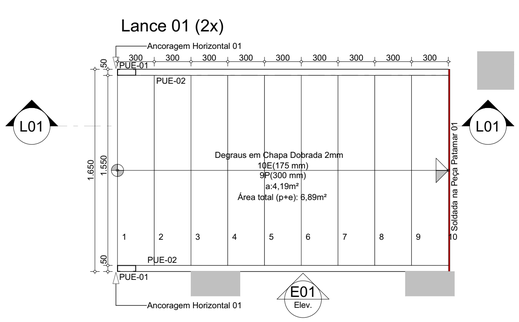
RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=financeiro@americalatina.eng.br
Data: 2024.06.25 17:39:58 -03'00'
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA
CAU-ES: 063305-4

AMÉRICA LATINA ENGENHARIA

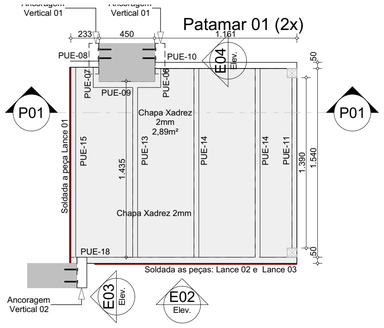
CONTEÚDO:
– DETALHAMENTO LIGAÇÕES L-08 E L-09;
– DETALHAMENTO PERFIS SUPORTE CALHA.

ESCALA:	DATA:	PRANCHA:	REV:
INDICADA	02/2024	04/07	REV-0

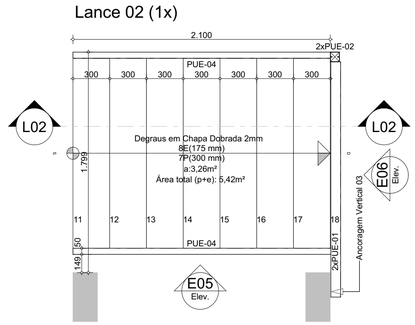
ARQUIVO:SMT-VVAL-13_21-PE-01-01-240226



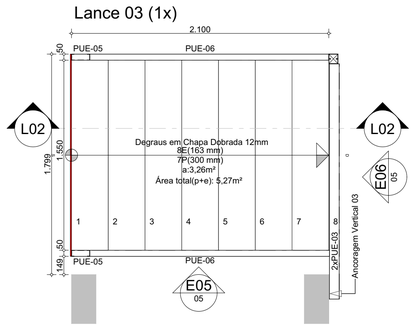
0. Lance 01
Escala: 1:25



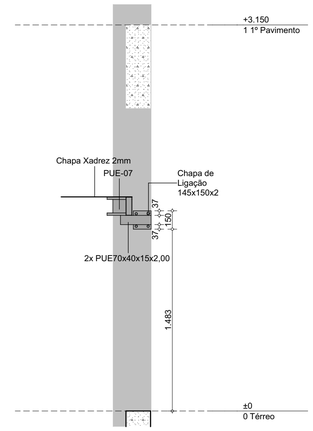
1. Patamar.
Escala: 1:25



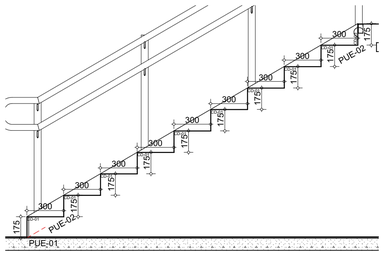
0. Lance 02
Escala: 1:25



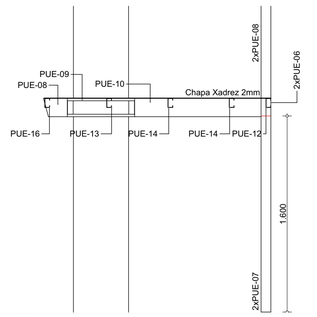
1. Lance 03
Escala: 1:25



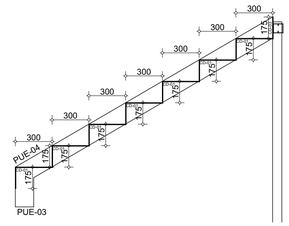
E04 Ancoragem 01
Escala: 1:25



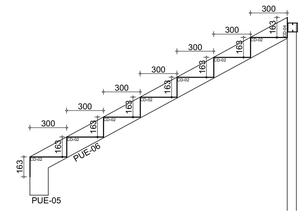
L01 Corte
Escala: 1:25



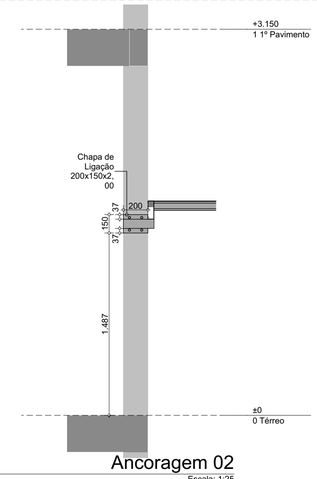
P01 Corte
Escala: 1:25



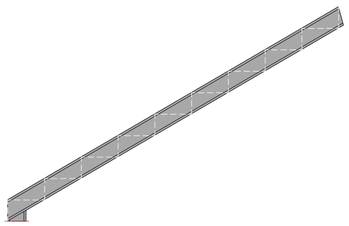
L02 Corte
Escala: 1:25



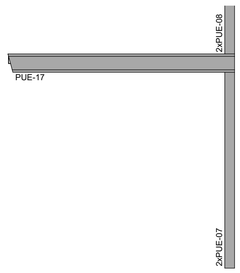
L03 Corte
Escala: 1:25



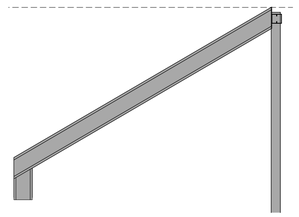
E03 Ancoragem 02
Escala: 1:25



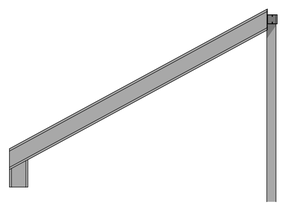
E01 Elevação
Escala: 1:25



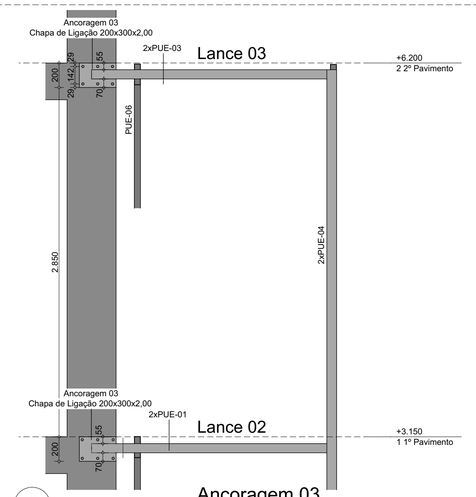
E02 Elevação
Escala: 1:25



E05 Elevação
Escala: 1:25

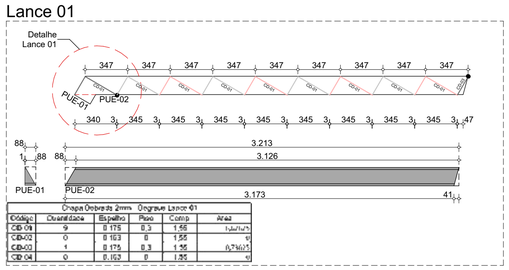


10 Elevação
Escala: 1:25



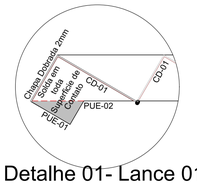
E06 Ancoragem 03
Escala: 1:25

Lance 01

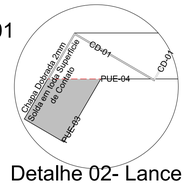


Chapa Dobrada 2mm - Degraus Lance 01					
Código	Quantidade	Espelho	Peso	Comp	Área
CD-01	9	0,175	0,3	1,55	[illegible]
CD-02	0	0,163	0	1,55	0
CD-03	1	0,175	0,3	1,55	0,2[illegible]
CD-04	0	0,163	0	1,55	0

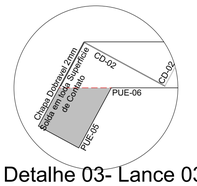
00 Detalhe Peças Metálicas
Escala: 1:25



Detalhe 01- Lance 01

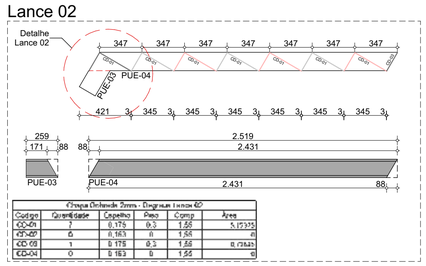


Detalhe 02- Lance 02



Detalhe 03- Lance 03

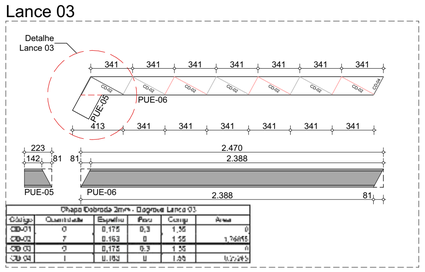
Lance 02



Chapa Dobrada 2mm - Degraus Lance 02					
Código	Quantidade	Espelho	Peso	Comp	Área
CD-01	7	0,175	0,3	1,55	5,17375
CD-02	6	0,163	0	1,55	0
CD-03	1	0,175	0,3	1,55	0,73925
CD-04	0	0,163	0	1,55	0

00 Detalhe Peças Metálicas
Escala: 1:25

Lance 03



Chapa Dobrada 2mm - Degraus Lance 03					
Código	Quantidade	Espelho	Peso	Comp	Área
CD-01	0	0,175	0,3	1,55	0
CD-02	7	0,163	0	1,55	1,76[illegible]
CD-03	0	0,175	0,3	1,55	0
CD-04	1	0,163	0	1,55	0,2[illegible]

00 Detalhe Peças Metálicas
Escala: 1:25

OBRA:
NOVA SEDE DA PREFEITURA DE VILA VALÉRIO

AMÉRICA LATINA ENGENHARIA

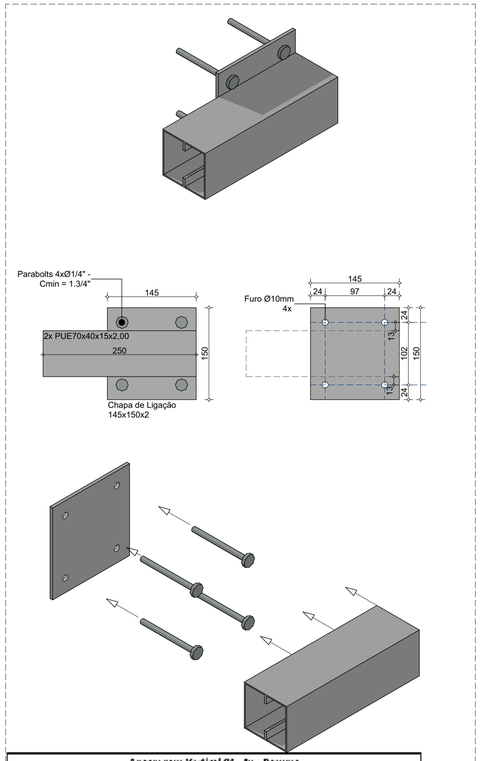
LOCAL:
Rua Daniel Comboni, 28 – Centro, Vila Valério – ES

CONTEÚDO:
Detalhamento Escada Metálica 1:

ÁREA:
CONTEÚDO

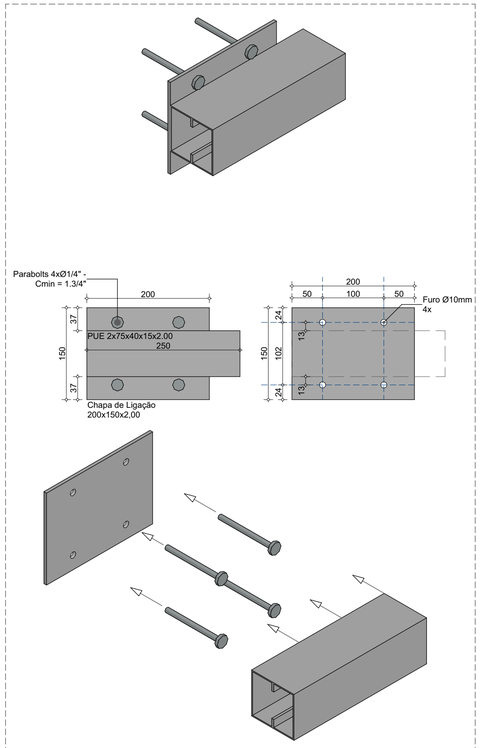
RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=thorrenzo@hotmail.com
Date: 2024.06.26 17:29:44 -03'00'
ALESSANDOR RODRIGUES BATISTA
CAU-ES: 063305-4

ESCALA: INDICADA
DATA: 02/2024
PRANCHA: 05/07
REV: REV-0



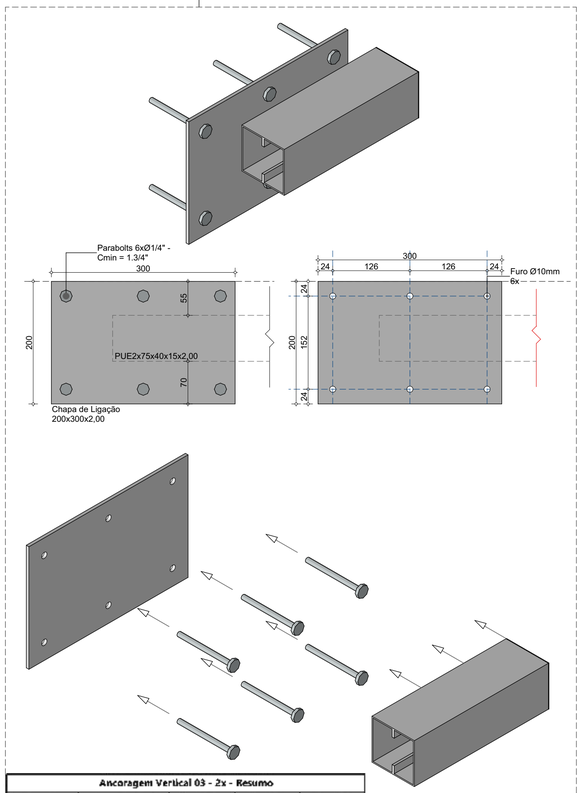
Ancoragem Vertical 01 - 4x - Resumo					
Elemento	Dimensões(mm)	Quantidade	Comp.(m)	Área(m²)	Peso(kg)
Chapa Metálica	145x150x2.00	4	-	0,02175	1,5659
Parabolt	Ø1/4" - Cmin= 1 /4"	16			
Furo 10mm	10mm	16	-	-	-
Perfil	75x40x15x2.00	4	1	-	4,8

Ancoragem Vertical 01



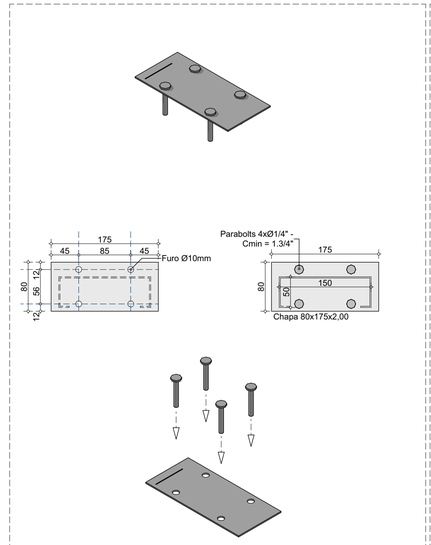
Ancoragem Vertical 02 - 2x - Resumo					
Elemento	Dimensões(mm)	Quantidade	Comp.(m)	Área(m²)	Peso(kg)
Chapa Metálica	200x150x2.00	2	-	0.03	0.942
Parabolt	Ø1/4" - Cmin= 1 /4"	8	-	-	-
Furo 10mm	10mm	8	-	-	-
Perfil	2x75x40x15x2.00	2	0,5	-	2,9

Ancoragem Vertical 02



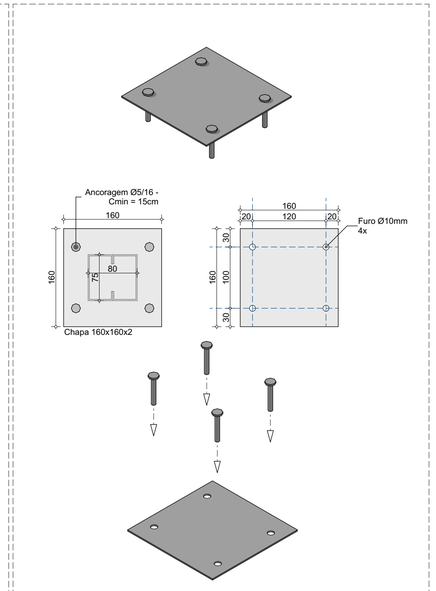
Ancoragem Vertical 03 - 2x - Resumo				
Elemento	Dimensões(mm)	Quantidade	Área(m²)	Peso(kg)
Chapa Metálica	200x300x2.00	4	0.06	5.768
Parabolt	Ø1/4" - Cmin= 1 /4"	8		
Furo 10mm	10mm	8	-	-

Ancoragem Vertical 03



Ancoragem Horizontal 01 - 4x - Resumo					
Elemento	Dimensões(mm)	Quantidade	Comp.(m)	Área(m²)	Peso(kg)
Chapa Metálica	80x175x2.00	2	-	0.014	0.8496
Parabolt	Ø1/4" - Cmin= 1 /4"	8	-	-	-
Furo 10mm	10mm	8	-	-	-

Ancoragem Horizontal 01



Ancoragem Horizontal 02 - 3x - Resumo					
Elemento	Dimensões(mm)	Quantidade	Comp.(m)	Área(m²)	Peso(kg)
Chapa Metálica	160x160x2.00	3	-	0.0768	1.2096
Parabolt	Ø1/4" - Cmin= 1 /4"	12	-	-	-
Furo 10mm	10mm	12	-	-	-

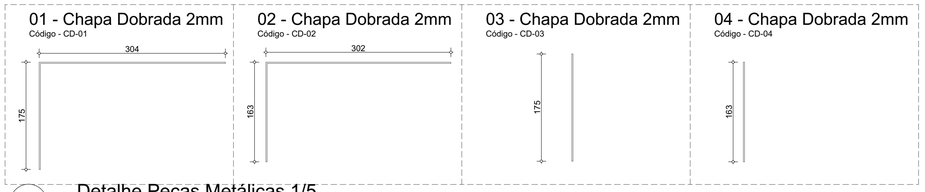
Ancoragem Horizontal 02

Quantitativo Perfil 150x50x17x2.00					
Perfil Complexo	ID do Elemento	Vegetal	Corte Transversal	Comprimento	Peso (kg)
Perfil 150x50x20x2.00					
	PUE-01	Lance 01		0,66	2,90
	PUE-02	Lance 01		12,83	55,57
	PUE-03	Lance 02		0,66	2,82
	PUE-04	Lance 02		5,04	21,82
	PUE-05	Lance 03		0,62	2,70
	PUE-06	Lance 03		4,94	21,39
	PUE-06	Patamar 01		0,17	0,71
	PUE-07	Patamar 01		0,64	2,74
	PUE-08	Patamar 01		0,48	2,09
	PUE-09	Patamar 01		1,10	4,76
	PUE-10	Patamar 01		2,32	10,06
	PUE-17	Patamar 01		1,85	8,01
	PUE-18	Patamar 01		1,86	8,04
				33,17 m	**143,61 kg**

Quantitativo Perfil 2x75x40x15x2.00					
Perfil Complexo	ID do Elemento	Vegetal	Corte Transversal	Comprimento	Peso(kg)
Perfil 2x75x40x15x2.00					
	2xPUE-01	Lance 02		1,92	11,14
	2xPUE-02	Lance 02		3,11	18,03
	2xPUE-03	Lance 03		1,92	11,14
	2xPUE-04	Lance 03		3,03	17,60
	2xPUE-05	Patamar 01		0,14	0,81
	2xPUE-05	Patamar 01		0,14	0,81
	2xPUE-06	Patamar 01		0,15	0,86
	2xPUE-06	Patamar 01		0,15	0,86
	2xPUE-07	Patamar 01		1,60	9,28
	2xPUE-07	Patamar 01		1,60	9,28
	2xPUE-08	Patamar 01		3,00	17,40
	2xPUE-08	Patamar 01		3,00	17,40
				19,76 m	**114,61 kg**

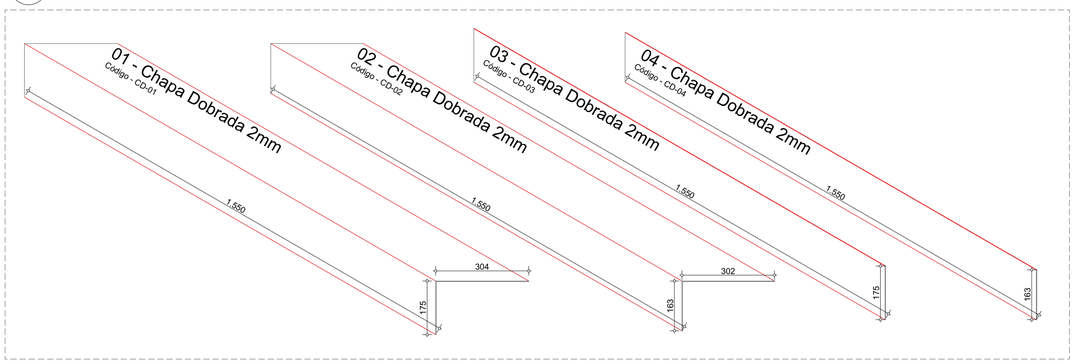
Quantitativo Chapa Xadrez - Patamares		
ID do Elemento	Área (m²)	Chapa Xadrez 2mm
Chapa Xadrez 2mm	2,86	43,13
Chapa Xadrez 2mm	2,89	43,60
		86,73 m²

Quuantitativos Perfil 75x40x15x2.00					
Perfil Complexo	ID do Elemento	Vegetal	Pré-visualização 2D Corte Transversal	Comprimento	Peso (kg)
Perfil 75x40x15x2.00					
	PUE-11	Patamar 01		1,39	4,03
	PUE-12	Patamar 01		1,40	4,05
	PUE-13	Patamar 01		2,86	8,32
	PUE-14	Patamar 01		6,20	17,96
	PUE-15	Patamar 01		1,60	4,65
	PUE-16	Patamar 01		1,53	4,44
				14,98 m	**43,45 kg**



00 Detalhe Peças Metálicas 1/5

Escala: 1:5



00 Detalhe Peças Metálicas 1/10

Escala: 1:10

OBRA:
NOVA SEDE DA PREFEITURA DE VILA VALÉRIO

AMÉRICA LATINA ENGENHARIA

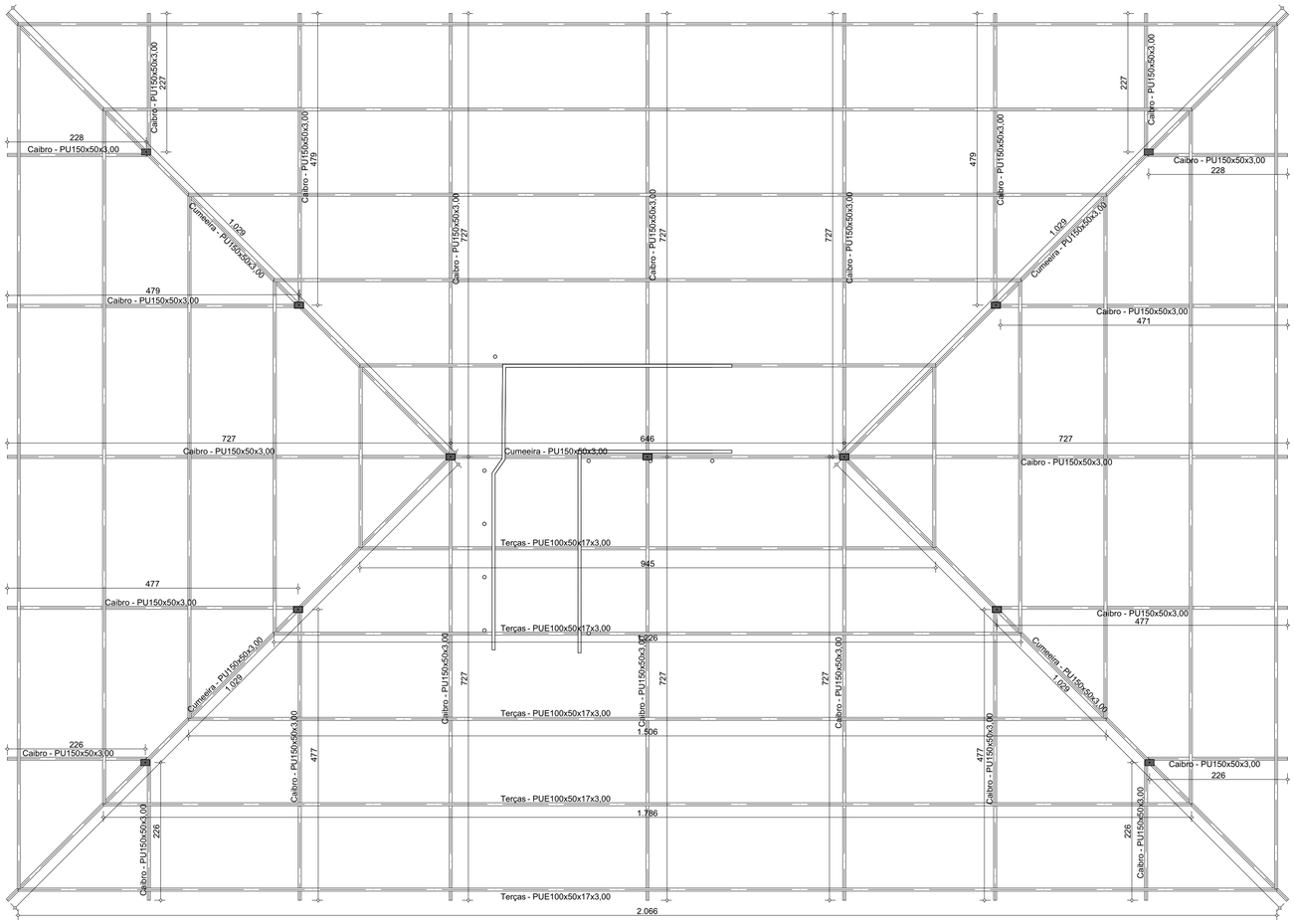
LOCAL:
Rua Daniel Comboni, 28 – Centro, Vila Valério – ES

CONTEÚDO:
Detalhamento Escada Metálica II:

ÁREA:
CONTEÚDO

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717 DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=finance@americalatina.eng.br Date: 2024.06.26 12:27:06 -03'00'
ALESSANDOR RODRIGUES BATISTA
CAU-ES: 063305-4

ESCALA: INDICADA
DATA: 02/2024
PRANCHA: 06/07
REV: REV-0

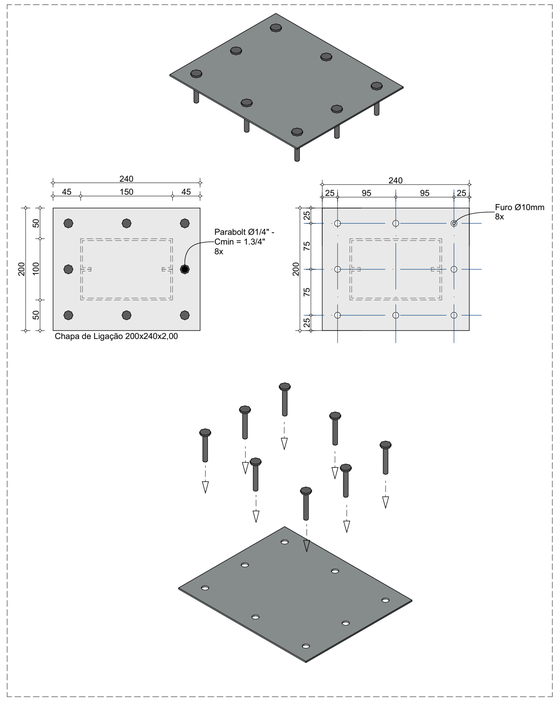


3. Cobertura
Escala: 1:50

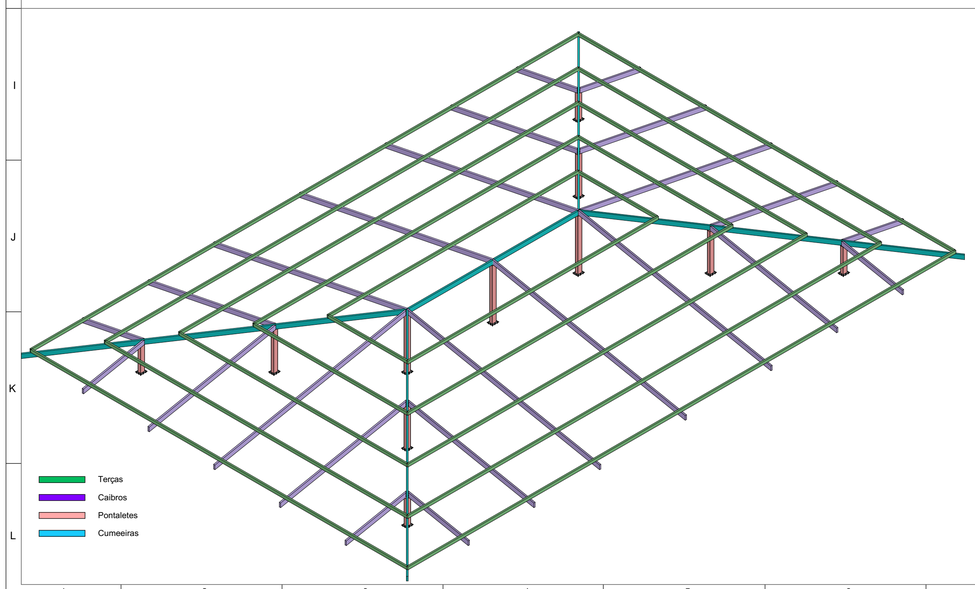
EST - Cobertura Metálica - Terças				
Objeto	**ID do Elemento**	**Quantidade**	**Comprimento (m)**	**Peso(kg)**
Terça				
	Terças - PUE100x50x17x3,00	2	2,96	31,12
	Terças - PUE100x50x17x3,00	2	5,78	60,66
	Terças - PUE100x50x17x3,00	2	8,57	90,04
	Terças - PUE100x50x17x3,00	2	9,45	99,22
	Terças - PUE100x50x17x3,00	2	11,37	119,44
	Terças - PUE100x50x17x3,00	2	12,26	128,74
	Terças - PUE100x50x17x3,00	2	14,17	148,84
	Terças - PUE100x50x17x3,00	2	15,06	158,16
	Terças - PUE100x50x17x3,00	2	17,86	187,54
	Terças - PUE100x50x17x3,00	2	20,66	216,94
			236,28 m	**1.240,70 kg**

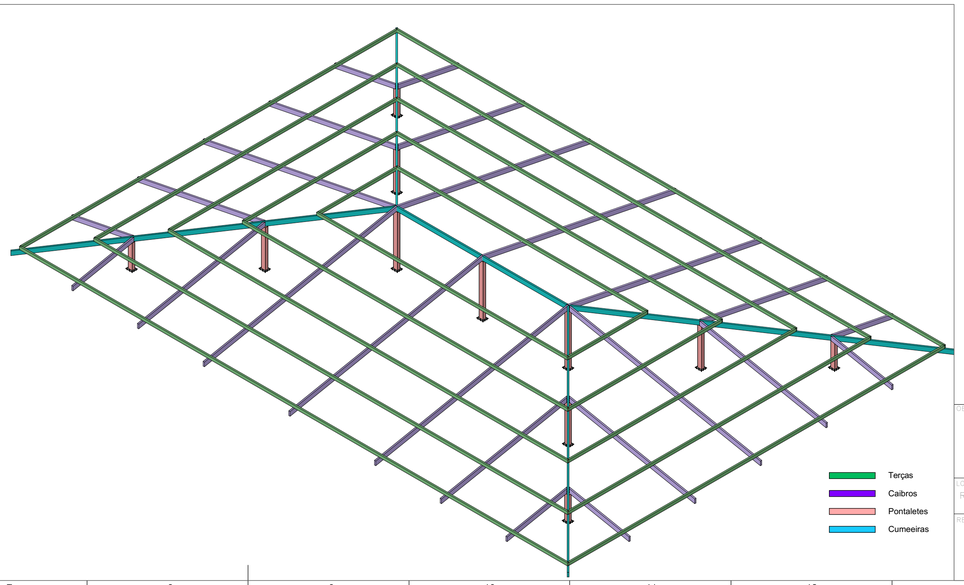
Cobertura Metálica				
Objeto	**ID do Elemento**	**Quantidade**	**Comprimento (m)**	**Peso (kg)**
Caibro				
	Caibro - PU150x50x3,00	2	7,22	82,04
	Caibro - PU150x50x3,00	6	7,27	247,92
	Caibro - PU150x50x3,00	8	2,29	104,24
	Caibro - PU150x50x3,00	8	4,77	216,80
			114,54 m	**651,00 kg**
Cumeeira				
	Cumeeira - PU150x50x3,00	1	6,42	36,47
	Cumeeira - PU150x50x3,00	4	10,29	233,76
			47,58 m	**270,23 kg**
			162,12 m	**921,23 kg**

EST - Pontaletes e Parafusação			
Objeto	**ID do Elemento**	**Altura**	**Quantidade**
Chapa de Ligação			
	Chapa de Ligação 200x240x2,00	---	11
Parabolt			
	Parabolt Ø1/4" - Cmin = 1.3/4"	0,05	88
Pontalete			
	Pontalete 2x150x50xx17x3,00	0,90	4
	Pontalete 2x150x50xx17x3,00	1,40	4
	Pontalete 2x150x50xx17x3,00	1,90	3



Ancoragem Cobertura





OBRA:
NOVA SEDE DA PREFEITURA DE VILA VALÉRIO

AMÉRICA LATINA ENGENHARIA

LOCAL:
Rua Daniel Comboni, 28 – Centro, Vila Valério – ES

CONTEÚDO:
Detalhamento Cobertura Metálica:

AREA: CONTEÚDO

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, ou=ICP-Brasil, o=ICP-Brasil, ou=PF, ou=AR VITAL, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=finance@americalatina.eng.br
Data: 2024.06.26 17:23:32 -03'00'
ALESSANDOR RODRIGUES BATISTA
CAU-ES: 063305-4

ESCALA:	DATA:	PRANCHA:	REV:
INDICADA	02/2024	07/07	REV-0

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ESTRUTURA METÁLICA –

NOVA SEDE PREFEITURA VILA VALÉRIO

VILA VALÉRIO – ES

Elaboração:

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

VILA VALÉRIO – ES

fevereiro/2024

Sumário

1. INTRODUÇÃO 3
2. CARACTERÍSTICAS DO PROJETO 3
3. ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS 6
4. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO 6
4.1. NORMAS 6
4.2. DESLOCAMENTOS LIMITES 7
5. DIMENSIONAMENTO 7
5.1. SOFTWARES UTILIZADOS 7
5.2. DETERMINAÇÃO DAS CARGAS 7
5.2.1. CARGA DE VENTO 7
5.2.2. SOBRECARGA NORMATIVA (CALHA E COBERTURA ATIRANTADA) 8
5.2.3. SOBRECARGA DE UTILIZAÇÃO 8
5.2.4. CARGA PERMANENTE 8
5.2.5. CARGA CONCENTRADA NÃO COMBINÁVEL (DEGRAU) 8
5.3. VERIFICAÇÕES (ELU e ELS) 9
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 9

1. INTRODUÇÃO

O presente memorial diz respeito a análise, dimensionamento e considerações da construção das estruturas metálicas na Nova Sede da Prefeitura de Vila Valério, localizada na Rua Daniel Comboni, n° 28, Centro, Vila Valério, ES.

2. CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

A estrutura metálica que compõe o projeto da Nova Sede da Prefeitura de Vila Valério é composta dos seguintes elementos:

a) Área técnica externa

Área técnica posicionada externamente na lateral da edificação destinada ao uso de máquinas e equipamentos de climatização. Tendo piso em chapa expandida sendo apoiada por perfis bi-apoiados intermediários, espaçados a cada 0,50m.

Figura 01 – Área Técnica Externa

b) Escada Metálica Interna.

A escada metálica interna se localiza no centro da edificação e circunda a torre do elevador de concreto, servindo de ligação entre os pavimentos. Tendo piso em chapa xadrez suportada por perfis de suporte e ancorados na estrutura de concreto.

Figura 02 – Escada Metálica Interna

c) Perfis Suporte Painel Wall.

Malha de perfis que servirão de apoio para as “lajes” de painel wall presentes no primeiro e segundo pavimentos, perfis esses, que serão fixados lateralmente nas vigas de concreto existentes.

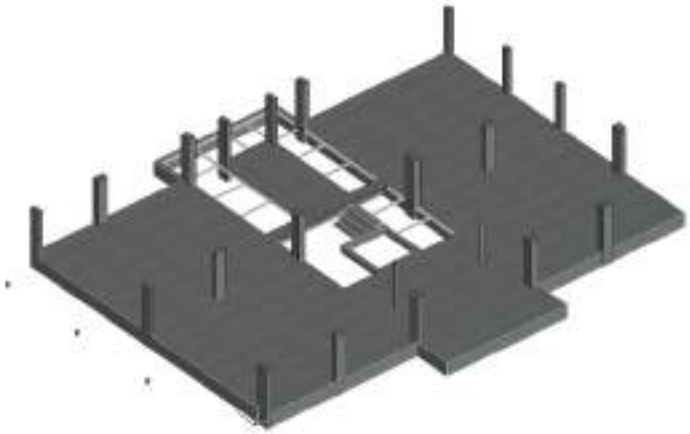


Figura 03 – Perfis Suporte Painel Wall – 01 Pavimento

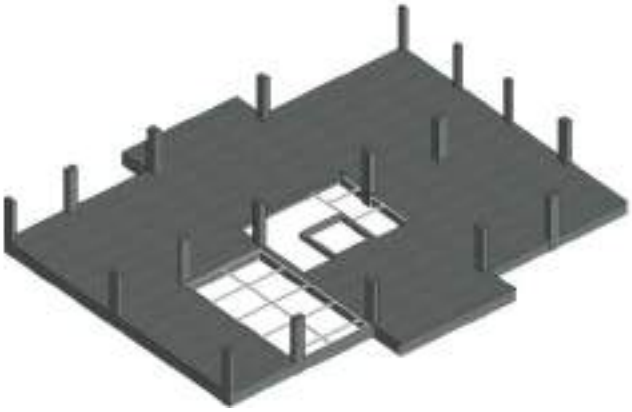


Figura 04 – Perfis Suporte Painel Wall – 02 Pavimento

d) Perfis Suporte Brise

Os perfis de suporte do brise serão os pórticos que apoiarão os perfis de fechamento do brise, considerando que esse fechamento não possui função estrutural, o pórtico de suporte será fixado horizontalmente na fachada da edificação.

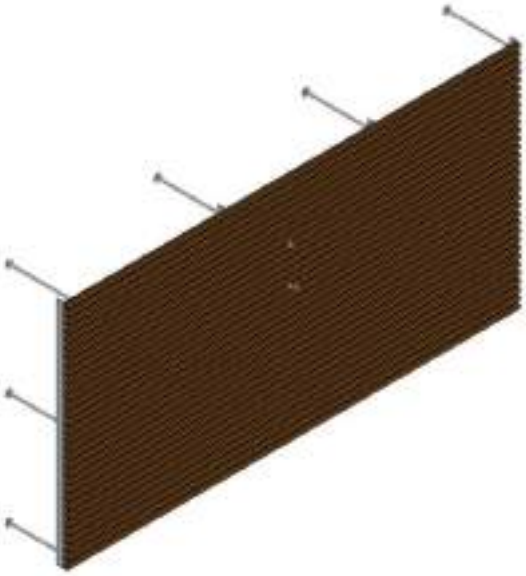


Figura 05 – Perfis Suporte Brise

e) Perfis Suporte Calha

Os perfis de suporte da calha serão compostos de mãos-francesas espaçadas a cada 1m apoiando barras chatas (que fixam os fechamentos da estrutura) e fixadas lateralmente na estrutura de concreto, sendo independente da estrutura da cobertura.

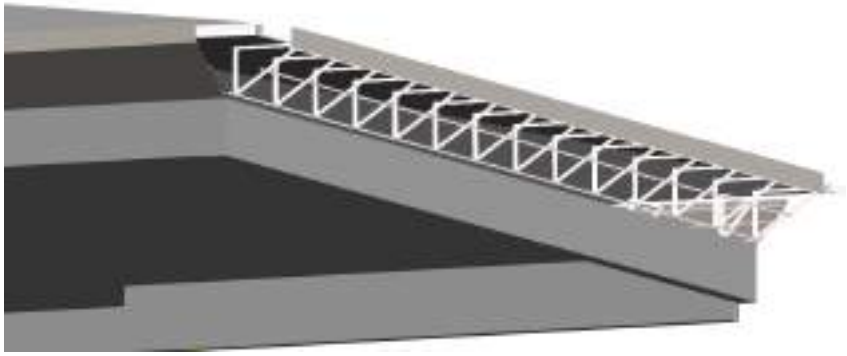


Figura 06 – Perfis Suporte Calha

3. ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

As características dos materiais utilizados no dimensionamento estrutural são:

- Chapa de aço ASTM A-36;
- Chumbador ASTM A-36;
- Perfil de Aço Laminado ASTM A-36;
- Perfil de Aço Dobrado ASTM A-36;
- Parabolt Walsywa.

4. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

4.1. NORMAS

As normas utilizadas para dimensionamento da estrutura descrita no item 2 deste memorial, foram:

- ABNT NBR 6123/2023 – Forças devidas ao vento em edificações;
- ABNT NBR 6120/2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- ABNT NBR 14762/2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio;

- ABNT NBR 8800/2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

4.2. DESLOCAMENTOS LIMITES

- Vigas de Cobertura: L/250;
- Vigas de Piso: L/350;
- Travessas de fechamento: L/180;
- Terças de cobertura: L/120.

5. DIMENSIONAMENTO

5.1. SOFTWARES UTILIZADOS

Para análise e dimensionamento das estruturas que compõe a edificação, foram utilizados os seguintes programas computacionais para cálculo estrutural:

- AUTOCAD 2024: para auxiliar na modelagem dos elementos que compõe a estrutura conforme os pressupostos da arquitetura e detalhamento final;
- CYPE 3D 2024: software para análise e dimensionamento das estruturas de concreto armado;
- MICROSOFT EXCEL: software utilizado para pré-dimensionamento da estrutura, dimensionamento das ligações de ancoragem e conferência dos resultados obtidos pelo software de dimensionamento estrutural.

5.2. DETERMINAÇÃO DAS CARGAS

5.2.1. CARGA DE VENTO

As cargas de vento foram aplicadas de acordo com a NBR 6123:2023, velocidade básica de vento de 35m/s, com combinações aplicadas em todas as faces da estrutura.

V0 = 35 m/s

S1 = 1,000

S2 = 0,940 (Categoria 3, Classe A, Z = 10,0)

S3 = 0,920

Vk = 30,27 m/s

q(pressão dinâmica) $= 0{,}613.V_k^2 = 0{,}056\ tf/m^2$

5.2.2. SOBRECARGA NORMATIVA (CALHA E COBERTURA ATIRANTADA)

Conforme item B.5.1 da NBR 8800:2008, considera-se uma sobrecarga característica mínima de 0,25 kN/m² em projeção horizontal. Englobando as cargas decorrentes de instalações elétricas e hidráulicas, de isolamento térmico e acústico e de pequenas peças eventualmente fixadas na cobertura.

5.2.3. SOBRECARGA DE UTILIZAÇÃO

Conforme tabela 10 da NBR 6120:2019, valores característicos nominais das cargas variáveis conforme local/utilização.

- Área técnica (sala de ar-condicionado): 0,40 tf/m²;
- Escadas e passarelas (com acesso público): 0,30 tf/m²;
- Água referente a drenagem na calha: 1,00 tf/m³.

5.2.4. CARGA PERMANENTE

Cargas referentes aos fechamentos e pisos:

- Painel wall (40mm): 28,89 kgf/m²;
- Peso VRF (máquina climatização): 299,24 kgf/m²;
- Chapa expandida (Gme-8 Malha 34x133mm): 38,05 kgf/m²;
- Revestimento escada e passarela: 100,00 kgf/m²;
- Chapa xadrez (3mm): 24,00 kgf/m²;
- Placa cimentícia (fechamento da calha): 10,23 kgf/m².

5.2.5. CARGA CONCENTRADA NÃO COMBINÁVEL (DEGRAU)

Conforme nota “t” da tabela 10 da NBR 6120:2019: “para degraus isolados em balanço ou biapoiados, calcular o degrau com carga concentrada de 2,5 kN aplicada na posição mais desfavorável”.

5.3. VERIFICAÇÕES (ELU e ELS)

A estrutura foi toda verificada par ao Estado Limite de Serviço e Estado Limite Último, conforme determina a NBR 8681/2003, e todas as verificações se encontram nos anexos listados abaixo:

1. ANEXO I – Verificações – Área Técnica Externa;
2. ANEXO II – Verificações – Escada Metálica Interna;
3. ANEXO III – Verificações – Perfis Suporte Painel Wall;
4. ANEXO IV – Verificações – Perfis Suporte Brise;
5. ANEXO V – Verificações – Perfis Suporte Calha.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os elementos de concreto componentes da estrutura foram verificados para as cargas que constam nesta memória de cálculo e seus anexos e, após a análise dos resultados obtidos, verificou-se que a estrutura se encontra dentro dos limites preconizados pelas normas enumeradas em 4.1.

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717

Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=financeiro@americalatina.eng.br
Data: 2024.06.26 17:29:34 -03'00'

Responsável Técnico
Alessandro Rodrigues Batista
Arquiteto e Urbanista – CAU: A63305-4

ANEXO I

VERIFICAÇÕES – ÁREA TÉCNICA EXTERNA

NOVA SEDE PREFEITURA VILA VALÉRIO

VILA VALÉRIO – ES

Elaboração:

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

VILA VALÉRIO – ES

fevereiro/2024

Sumário

1. CHAPA EXPANDIDA 3
2. PERFIS SUPORTE CHAPA EXPANDIDA 3
2.1. CARGAS NO PERFIL 3
2.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO 3
2.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL 4
2.4. VERIFICAÇÃO ELS 5
2.5. VERIFICAÇÃO ELU 6
3. PÓRTICO SUPORTE DOS PERFIS 10
3.1. VERIFICICAÇÃO ELS 10
3.2. VERIFICAÇÃO ELU – PILAR CRÍTICO 11
3.3. VERIFICAÇÃO ELU – SEÇÃO PÓRTICO CRÍTICA 18
4. LIGAÇÕES 24
4.1. ANCORAGEM PILARES (CHUMBADOR) 24
4.2. ANCORAGEM VIGAS (PARABOLT) 25
5. ESCADA 25
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 25

1. CHAPA EXPANDIDA

CHAPA EXPANDIDA					
Espessura:	8,00 mm	Sobrecarga:	0,400 tf/m²	Vão eq:	0,354 m
Menor vão:	0,500 m	Carga perm:	0,299 tf/m²	Carga total:	0,737 tf/m²
Maior vão:	1,450 m	Peso chapa:	38,05 kgf/m²	Md:	1,209 tfcm/m
				Mdr:	1,356 tfcm/m
				Flecha lim:	2 mm
% def:	27,33%	Larg cordão:	10,30 mm	EI:	1139,4 tfcm²
% resist:	89,15%	Espcm maior:	81,0 mm	Flecha real:	0,55 mm
Flexão eixo fraco		Espcm menor:	20,4 mm	Md2:	20,3 tfcm/m
				Mdr2:	5,4 tfcm/m
				Flecha lim2:	5,8 mm
				Flecha real:	38,94 mm

Figura 01 – Tabela de dimensionamento da chapa expandida

Chapa definida: CHAPA EXPANDIDA GME-8 MALHA 34x133mm

- Código: GME-8;
- A1: 20,4mm;
- B1: 81,0mm;
- Espessura: 8,0mm;
- Cordão: 10,3mm;
- Área aberta: 70%;
- Peso: 38,05kg/m².

2. PERFIS SUPORTE CHAPA EXPANDIDA

2.1. CARGAS NO PERFIL

CARGAS NO PERFIL			
Descrição	**Carga**		**Natureza**
Peso Próprio	2,90	kgf/m	CP
Painel Wall	38,05	kgf/m²	CP
Peso VRF	299,24	kgf/m²	CP
Sobrecarga Uti.	400	kgf/m²	SC

Tabela 01 – Cargas no perfil

2.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO

Foram consideradas apenas as principais combinações de cálculo para estruturas deste tipo. Essas combinações e seus valores estão descritos nas Tabelas 2 e 3, onde valores positivos representam cargas gravitacionais e negativos antigravitacionais.

ELS		
CP+SC	0,372	tf/m
CP+V	0,172	tf/m

Tabela 02 – Combinações ELS

ELU		
1,25CP+1,5SC	0,514	tf/m
CP+1,4V	0,172	tf/m
1,25CP+1,4V	0,214	tf/m
1,25CP+1,05SC+1,4V	0,424	tf/m

Tabela 03 – Combinações ELU

2.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL

DIMENSIONAMENTO		
ELS		
Flecha máxima:	0,414	cm
Carga atuante:	0,372	tf/m
E:	2050,000	tf/cm²
Ix:	25,181	cm^4
ELU		
Carga atuante:	0,514	tf/m
M+:	13,520	tfcm
M-:	0,000	tfcm
Wx:	5,949	cm^3

Tabela 04 – Cálculo do Perfil

RESULTADOS		
I nec	25,181	cm^4
W nec	5,949	cm^3

Tabela 05 – Cálculo do Perfil

Perfil definido: Perfil U Enrijecido 75x40x15 esp=2,00mm

- Peso específico: 2,90 kg/m
- Wx: 8,09 cm^3
- Ix: 30,33 cm^4

Reações nos perfis de suporte:

- CP = 0,124tF;
- PP = 0,145tF.

2.4. VERIFICAÇÃO ELS

Figura 02 – Cargas no Perfil

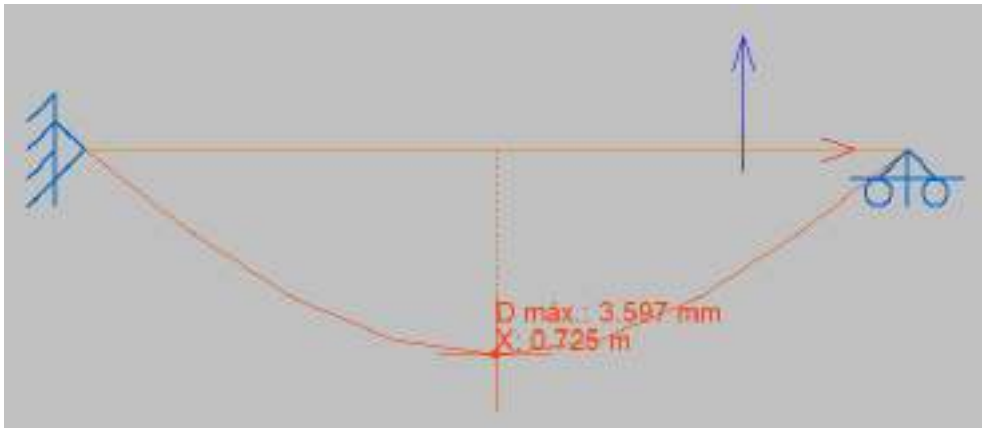
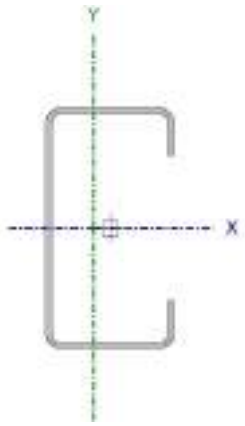


Figura 03 – Deformada máxima (3,597mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima (1,450m/350) apresentado de 4,14mm, o perfil é aprovado no ELS.

2.5. VERIFICAÇÃO ELU

Perfil: 75x40x15x2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N71	N72	1.450	3.40	29.75	7.72	0.05	-5.03	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.450	1.450	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N71/N72	x: 0.181 m (b_w/t) ≤ 500 (b_f/t) ≤ 60 Passa	λ_{xx} ≤ 300.0 λ_{yy} ≤ 300.0 Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	$N_{c,Sd}$ = 0.00 N.A.(2)	x: 0.725 m η = 74.5	M_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(4)	x: 0 m η = 20.6	x: 0.544 m η = 49.1	N.A.(5)	N.A.(6)	N.A.(7)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(8)	**PASSA** **η = 74.5**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(3) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(4) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(5) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(7) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(8) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

<u>Valores máximos da relação comprimento-espessura</u> (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

A relação comprimento-espessura desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância 0.181 m do nó N71.

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***33*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *65.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***15*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *30.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

λ_{xx} : ***49.0*** ✓

λ_{yy} : ***96.2*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. K_xL_x : *1.450* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. K_yL_y : *1.450* m

r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. r_x : *2.96* cm

r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. r_y : *1.51* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.745*** ✓

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{M_{Sd}}$ produz-se num ponto situado a uma distância de 0.725 m do nó N71, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.135* t·m

O momento fletor resistente de cálculo $\mathbf{M_{Rd}}$ deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c):

$\mathbf{M_{Rd}}$: *0.181* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

$\mathbf{M_{Rd}}$: *0.181* t·m

Onde:

$\mathbf{W_{ef}}$: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. $\mathbf{W_{ef}}$: *7.82* cm³

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção $\mathbf{K_tL_t}$ e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $\mathbf{K_yL_y^{pos}}$ e $\mathbf{K_yL_y^{neg}}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : **0.206** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N71, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.373* t

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por:

$^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *1.807* t

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *68.31*

para $\mathbf{h/t}$: *32.50*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** :	*2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h** :	*65.00*	mm
$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_y}$:	*2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	*2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	$\mathbf{K_V}$:	*5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ produzem-se num ponto situado a uma distância 0.544 m do nó N71, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : **0.491** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$:	*0.127*	t·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$:	*0.181*	t·m
$\mathbf{V_{Sd}}$: Força cortante solicitante de cálculo.	$\mathbf{V_{Sd}}$:	*0.093*	t
$\mathbf{V_{Rd}}$: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	$\mathbf{V_{Rd}}$:	*1.807*	t

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELS.

3. PÓRTICO SUPORTE DOS PERFIS

As reações do perfil de suporte do painel wall foram aplicados no pórtico de suporte dos perfis.

3.1. VERIFICICAÇÃO ELS

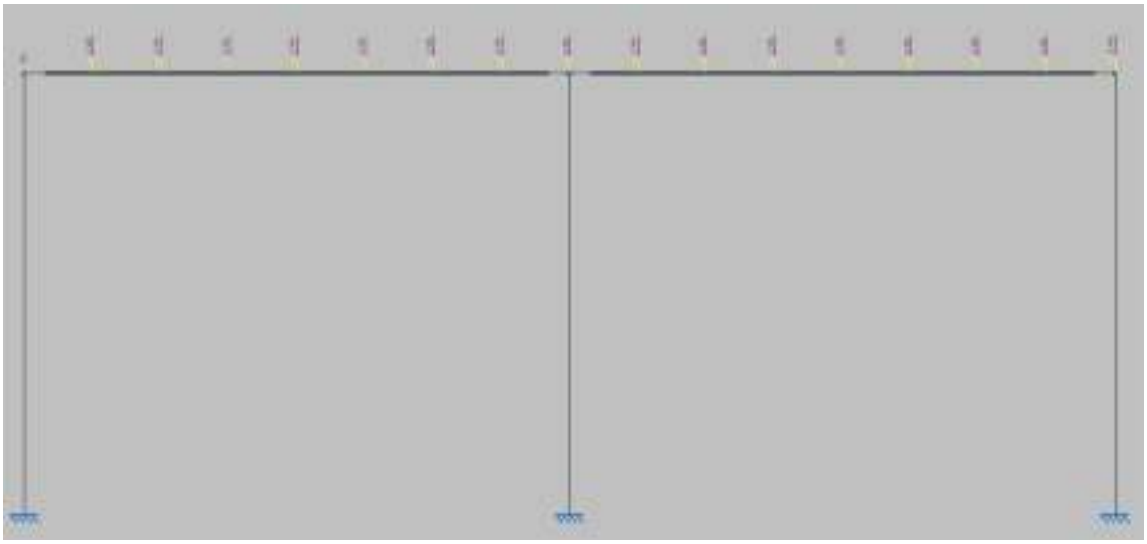


Figura 04 – Cargas no Pórtico

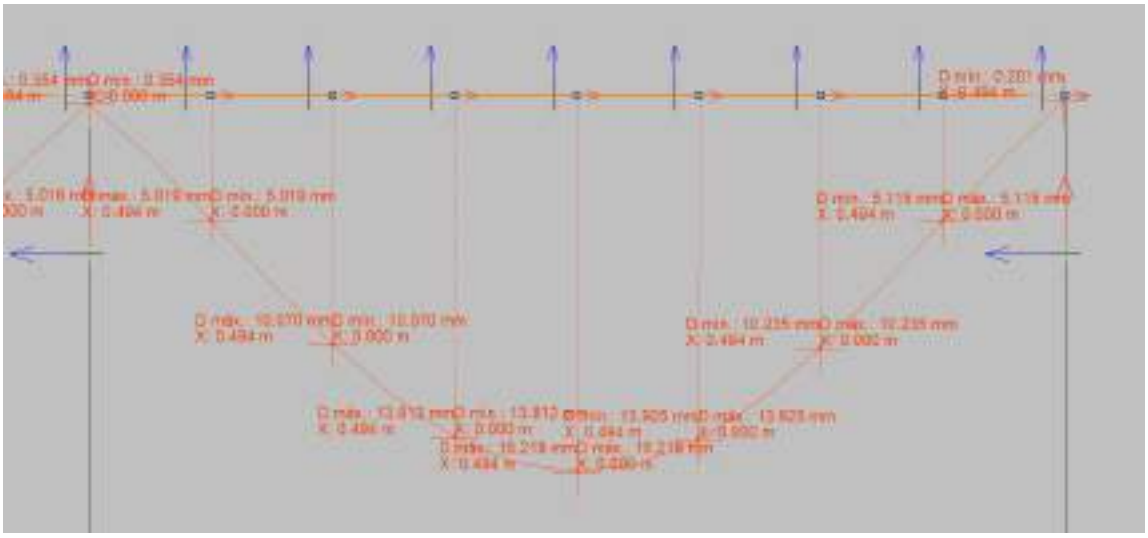


Figura 05 – Deformada máxima no Pórtico (15,218mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima (3,95m/250) de 15,8mm, o perfil é aprovado no ELS.

3.2. VERIFICAÇÃO ELU – PILAR CRÍTICO

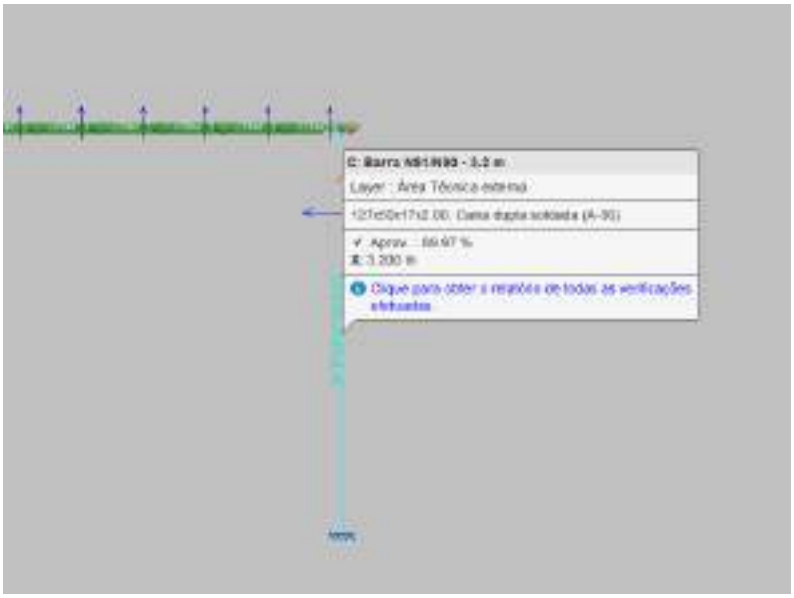
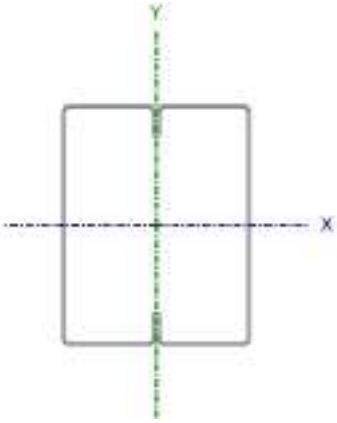


Figura 06 – Pilar Crítico

Perfil: 127x50x17x2.00, Caixa dupla soldada (Cordão descontínuo)
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N91	N90	3.200	9.84	242.16	147.96	0.13

Notas:
(1) *Inércia em relação ao eixo indicado*
(2) *Momento de inércia à torção uniforme*

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	3.200	3.200	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N91/N90	(b_w/t) ≤ 500 (b_f/t) ≤ 60 Passa	$\lambda_{xx,c}$ ≤ 200.0 $\lambda_{yy,c}$ ≤ 200.0 Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	x: 0 m η = 12.8	x: 3.2 m η = 76.8	M_{Sd} = 0.00 N.A.(2)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	η = 4.9	x: 3.2 m η = 59.2	N.A.(4)	x: 3.2 m η = 90.0	N.A.(5)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(6)	**PASSA** **η = 90.0**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(3) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(4) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(5) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Nota: A análise de peças compostas é realizada através da verificação de cada um dos perfis simples que as constituem. As verificações destes perfis são realizadas para os esforços calculados a partir daqueles que atuam sobre a peça composta, segundo as suas características mecânicas. Para as verificações de estabilidade, utiliza-se a esbeltez mecânica ideal, obtida em função da esbeltez da peça e uma esbeltez complementar que considera a distância das ligações entre os perfis simples.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***59*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *117.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***20*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *40.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez KL/r das barras comprimidas não deve exceder 200.

Para barras compostas comprimidas, isto é, aquelas constituídas por um ou mais perfis associados, além de atender ao disposto em 9.7.4, o índice de esbeltez de cada perfil componente da barra deve ser inferior:

a) à metade do índice de esbeltez máximo do conjunto, para o caso de presilhas (chapas separadoras);

$\lambda_{xx,c}$: ***64.5*** ✓

$\lambda_{yy,c}$: **82.5** ✓

Onde:

$K_xL_{x,c}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção composta, em relação ao eixo X. — $K_xL_{x,c}$: 3.200 m

$K_yL_{y,c}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção composta, em relação ao eixo Y. — $K_yL_{y,c}$: 3.200 m

$r_{x,c}$: Raio de giração da seção composta, em relação ao eixo principal X. — $r_{x,c}$: 4.96 cm

$r_{y,c}$: Raio de giração da seção composta, em relação ao eixo principal Y. — $r_{y,c}$: 3.88 cm

$K_xL_{x,s}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção simples, em relação ao eixo X. — $K_xL_{x,s}$: 3.200 m

$K_yL_{y,s}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção simples, em relação ao eixo Y. — $K_yL_{y,s}$: 0.000 m

$r_{x,s}$: Raio de giração da seção simples, em relação ao eixo principal X. — $r_{x,s}$: 4.96 cm

$r_{y,s}$: Raio de giração da seção simples, em relação ao eixo principal Y. — $r_{y,s}$: 1.85 cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : **0.128** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N91, para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SC.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. — $N_{c,Sd}$: 0.860 t

A resistência de cálculo à compressão **$N_{c,Rd}$** é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens: — $N_{c,Rd}$: 6.707 t

a) Inicio de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

$N_{c,Rd}$: 6.707 t

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. — A_{ef} : 4.53 cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, — χ : 0.70

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,ft}$: 0.93

Sendo:

N_e: Esforço axial crítico elástico de flambagem mínimo. N_e : 14.537 t

A: Área bruta da seção transversal da barra. A : 4.92 cm²

f_y: Tensão de escoamento. f_y : 2548.42 kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : 1.2

A tensão crítica elástica de flambagem σ_{cr} é o valor da menor das raízes da seguinte equação cúbica:

σ_{cr} : 2955.09 kgf/cm²

Onde:

$\sigma_{cr,x}$: Tensão crítica elástica de flambagem por flexão da seção composta, em torno do eixo X. $\sigma_{cr,x}$: 4836.38 kgf/cm²

$\sigma_{cr,y}$: Tensão crítica elástica de flambagem por flexão da seção composta, em torno do eixo Y. $\sigma_{cr,y}$: 2955.09 kgf/cm²

$\sigma_{cr,T}$: Tensão crítica elástica de flambagem por torção da seção composta. $\sigma_{cr,T}$: ∞

I_x: Momento de inércia da seção composta, em relação ao eixo X. I_x : 2416.16 cm4

I_y: Momento de inércia da seção composta, em relação ao eixo Y. I_y : 1479.96 cm4

I_t: Módulo de torção uniforme da seção composta. I_t : 0.13 cm4

C_w: Constante de empenamento da seção composta. C_w : 0.00 cm6

E: Módulo de elasticidade. E : 2038736 kgf/cm²

G: Módulo de elasticidade transversal. G : 784129 kgf/cm²

λ_x: Esbeltez mecânica da seção composta, em relação ao eixo X, calculada levando em conta o tipo de ligações e o espaçamento. λ_x : 64.50

λ_y: Esbeltez mecânica da seção composta, em relação ao eixo Y, calculada levando em conta o tipo de ligações e o espaçamento. λ_y : 82.52

K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção da seção composta. K_zL_z : 0.00 m

r_0: Raio de giração polar da seção composta, em relação ao centro de torção.

r_0 : 6.30 cm

Sendo:

r_x, r_y: Raios de giração da seção composta, em relação aos eixos principais de inércia X e Y.

r_x : 4.9 6 cm

r_y : 3.8 8 cm

x_0, y_0: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, relativas ao centro de gravidade da seção composta.

x_0 : 0.0 0 cm

y_0 : 0.0 0 cm

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.768*** ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{Sd} é obtido para o nó N90, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

M_{Sd} : *0.339* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c):

M_{Rd} : *0.442* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : *0.442* t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.

W_{ef} : *19.07* cm³

f_y: Tensão de escoamento.

f_y : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.049*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.158* t

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por:

$^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *3.253* t

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *68.31*

para $\mathbf{h/t}$: *58.50*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** :	*2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h** :	*117.00*	mm
$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_y}$:	*2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	*2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	$\mathbf{K_V}$:	*5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ são obtidos no nó N90, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.592*** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.339* t·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$: *0.442* t·m
$\mathbf{V_{Sd}}$: Força cortante solicitante de cálculo.	$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.158* t
$\mathbf{V_{Rd}}$: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	$\mathbf{V_{Rd}}$: *3.253* t

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N90, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

η : ***0.900*** ✓

Onde:

$\mathbf{N_{c,Sd}}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo.	$\mathbf{N_{c,Sd}}$: *0.844* t
$\mathbf{M_{x,Sd}}$, $\mathbf{M_{y,Sd}}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.	$\mathbf{M_{x,Sd}}$: *0.339* t·m $\mathbf{M_{y,Sd}}$: *0.000* t·m
$\mathbf{N_{c,Rd}}$: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7.	$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *6.407* t
$\mathbf{M_{x,Rd}}$, $\mathbf{M_{y,Rd}}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	$\mathbf{M_{x,Rd}}$: *0.442* t·m $\mathbf{M_{y,Rd}}$: *0.115* t·m

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELS.

3.3. VERIFICAÇÃO ELU – SEÇÃO PÓRTICO CRÍTICA

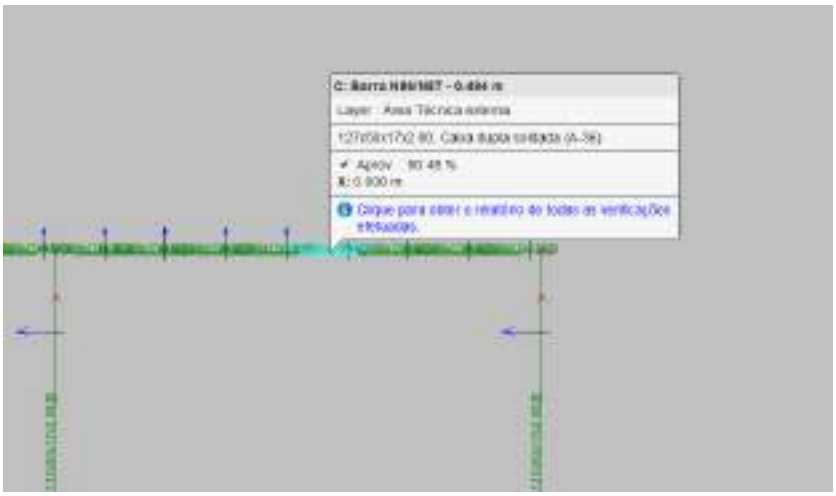
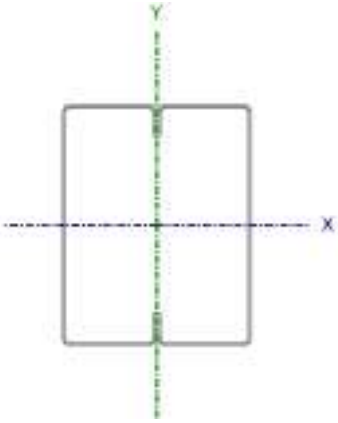


Figura 07 – Seção Pórtico Crítica

Perfil: 127x50x17x2.00, Caixa dupla soldada (Cordão descontínuo)
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N86	N87	0.494	9.84	242.16	147.96	0.13

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.494	0.494	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N86/N87	$(b_w/t) \leq 500$ $(b_f/t) \leq 60$ Passa	$\lambda_{xx,c} \leq 200.0$ $\lambda_{yy,c} \leq 200.0$ Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	η = 1.7	x: 0 m η = 88.0	M_{Sd} = 0.00 N.A.(2)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	x: 0.494 m η = 2.7	x: 0 m η = 77.5	N.A.(4)	x: 0 m η = 90.5	N.A.(5)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(6)	**PASSA** **η = 90.5**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(3) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(4) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(5) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Nota: A análise de peças compostas é realizada através da verificação de cada um dos perfis simples que as constituem. As verificações destes perfis são realizadas para os esforços calculados a partir daqueles que atuam sobre a peça composta, segundo as suas características mecânicas. Para as verificações de estabilidade, utiliza-se a esbeltez mecânica ideal, obtida em função da esbeltez da peça e uma esbeltez complementar que considera a distância das ligações entre os perfis simples.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***59*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *117.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***20*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *40.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez KL/r das barras comprimidas não deve exceder 200.

Para barras compostas comprimidas, isto é, aquelas constituídas por um ou mais perfis associados, além de atender ao disposto em 9.7.4, o índice de esbeltez de cada perfil componente da barra deve ser inferior:

a) à metade do índice de esbeltez máximo do conjunto, para o caso de presilhas (chapas separadoras);

$\lambda_{xx,c}$: ***10.0*** ✓

$\lambda_{yy,c}$: ***12.7*** ✓

Onde:

$K_xL_{x,c}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção composta, em relação ao eixo X. **$K_xL_{x,c}$** : *0.494* m

$K_yL_{y,c}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção composta, em relação ao eixo Y. **$K_yL_{y,c}$** : *0.494* m

$r_{x,c}$: Raio de giração da seção composta, em relação ao eixo principal X. **$r_{x,c}$** : *4.96* cm

$r_{y,c}$: Raio de giração da seção composta, em relação ao eixo principal Y. **$r_{y,c}$** : *3.88* cm

$K_xL_{x,s}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção simples, em relação ao eixo X. **$K_xL_{x,s}$** : *0.494* m

$K_yL_{y,s}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção simples, em relação ao eixo Y. **$K_yL_{y,s}$** : *0.000* m

$r_{x,s}$: Raio de giração da seção simples, em relação ao eixo principal X. **$r_{x,s}$** : *4.96* cm

$r_{y,s}$: Raio de giração da seção simples, em relação ao eixo principal Y. **$r_{y,s}$** : *1.85* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : ***0.017*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SC.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. **$N_{c,Sd}$** : *0.158* t

A resistência de cálculo à compressão **$N_{c,Rd}$** é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens: **$N_{c,Rd}$** : *9.054* t

a) Inicio de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

$N_{c,Rd}$: *9.054* t

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. **A_{ef}** : *4.30* cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ : *0.99*

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,ft}$: *0.14*

Sendo:

N_e: Esforço axial crítico elástico de flambagem mínimo.	N_e :	610.621	t
A: Área bruta da seção transversal da barra.	A :	4.92	cm²
f_y: Tensão de escoamento.	f_y :	2548.42	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	1.2	

A tensão crítica elástica de flambagem σ_{cr} é o valor da menor das raízes da seguinte equação cúbica:

σ_{cr} : 124124.23 kgf/cm²

Onde:

$\sigma_{cr,x}$: Tensão crítica elástica de flambagem por flexão da seção composta, em torno do eixo X.	$\sigma_{cr,x}$:	203145.19	kgf/cm²
$\sigma_{cr,y}$: Tensão crítica elástica de flambagem por flexão da seção composta, em torno do eixo Y.	$\sigma_{cr,y}$:	124124.23	kgf/cm²
$\sigma_{cr,T}$: Tensão crítica elástica de flambagem por torção da seção composta.	$\sigma_{cr,T}$:	∞	
I_x: Momento de inércia da seção composta, em relação ao eixo X.	I_x :	242.16	cm4
I_y: Momento de inércia da seção composta, em relação ao eixo Y.	I_y :	147.96	cm4
I_t: Módulo de torção uniforme da seção composta.	I_t :	0.13	cm4
C_w: Constante de empenamento da seção composta.	C_w :	0.00	cm6
E: Módulo de elasticidade.	E :	2038736	kgf/cm²
G: Módulo de elasticidade transversal.	G :	784129	kgf/cm²
λ_x: Esbeltez mecânica da seção composta, em relação ao eixo X, calculada levando em conta o tipo de ligações e o espaçamento.	λ_x :	9.95	
λ_y: Esbeltez mecânica da seção composta, em relação ao eixo Y, calculada levando em conta o tipo de ligações e o espaçamento.	λ_y :	12.73	
K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção da seção composta.	K_zL_z :	0.000	m
r_0: Raio de giração polar da seção composta, em relação ao centro de torção.	r_0 :	6.30	cm

Sendo:

r_x, r_y: Raios de giração da seção composta, em relação aos eixos principais de inércia X e Y.	r_x :	4.96	cm
	r_y :	3.88	cm
x_0, y_0: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, relativas ao centro de gravidade da seção composta.	x_0 :	0.00	cm
	y_0 :	0.00	cm

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : **0.880** ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo $\mathbf{M_{Sd}}$ é obtido para o nó N86, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. $\mathbf{M_{Sd}}$: *0.389* t·m

O momento fletor resistente de cálculo $\mathbf{M_{Rd}}$ deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c): $\mathbf{M_{Rd}}$: *0.442* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

$\mathbf{M_{Rd}}$: *0.442* t·m

Onde:

$\mathbf{W_{ef}}$: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. $\mathbf{W_{ef}}$: *19.07* cm³

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção $\mathbf{K_tL_t}$ e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $\mathbf{K_yL_y^{pos}}$ e $\mathbf{K_yL_y^{neg}}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.027*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N87, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. $\mathbf{V_{Sd}}$: *0.087* t

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por: $^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *3.253* t

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *68.31*

para $\mathbf{h/t}$: *58.50*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** :	*2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h** :	*117.00*	mm
$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_y}$:	*2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	*2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	$\mathbf{K_V}$:	*5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ são obtidos no nó N86, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.775*** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$:	*0.389*	t·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$:	*0.442*	t·m
$\mathbf{V_{Sd}}$: Força cortante solicitante de cálculo.	$\mathbf{V_{Sd}}$:	*0.084*	t
$\mathbf{V_{Rd}}$: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	$\mathbf{V_{Rd}}$:	*3.253*	t

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N86, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

η : ***0.905*** ✓

Onde:

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo.	**$N_{c,Sd}$** :	*0.158* t
$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.	**$M_{x,Sd}$** :	*0.389* t·m
	$M_{y,Sd}$:	*0.000* t·m
$N_{c,Rd}$: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7.	**$N_{c,Rd}$** :	*6.407* t
$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	**$M_{x,Rd}$** :	*0.442* t·m
	$M_{y,Rd}$:	*0.115* t·m

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELS.

4. LIGAÇÕES

4.1. ANCORAGEM PILARES (CHUMBADOR)

Hipótese:	1,25CP + 1,5SC		**CHUMBADORES ASTM A36**				
Tração:	0,000	tf	Abe tração:	0,000	cm²	6.3.3.1
Compressão:	3,084	tf	Ab cortante:	0,267	cm²	6.3.3.2
Cortante:	0,317	tf	Área chumbador:	0,495	cm²	
			lb:	9,525	cm	
b perfil:	10,000	cm	lh:	4,987	cm	
d perfil:	12,700	cm	Lt:	14,512	cm	
f:	15,000	cm				
			CHAPA DE BASE ASTM A36			
Ø Chumbador:	7,938		σc:	0,008	tf/cm²	
Qnt. Chubadores T:	0,000		σc,Rd:	0,102	tf/cm²	
Qnt. Chumbadores V:	1,000		n:	6,000	cm	
Tipo aço:	ASTM A36		m:	3,968	cm	
			t compressão:	4,965	mm	
			t tração:	0,000	mm	
CHAPA						
a concreto:	20,000	cm				
b concreto:	20,000	cm				
fck:	20,000	MPa				
a placa:	20,000	cm				
b placa:	20,000	cm				
Tipo aço:	ASTM A36					

Tabela 06 – Dimensionamento ancoragem pilares

4.2. ANCORAGEM VIGAS (PARABOLT)

DADOS PARABOLT			CALCULO PARABOLT		
Carga:	0,373	tf/m	Vd:	0,466	tf
Vão:	0,500	m	Qnt parabolts:	2,000	
Tipo de carga:	Variável				
Risco:	Alto risco		CALCULO CHAPA		
Resistência parabolt:	0,74	tf	fyd:	2,273	tf/cm²
Ø parabolt:	1/4	"	Vd:	0,131	tf
Parabolt Walsywa WB 1/4" C=1 3/4"			A contato:	0,057	cm²
-			t chapa:	0,452	mm
DADOS CHAPA					
Aço:	A36				
2 Parabolt Walsywa WB 1/4" C=1 3/4"					

Tabela 07 – Dimensionamento ancoragem vigas

5. ESCADA

A escada de acesso a área técnica externa será vertical e removível. Desta forma, foi considerado as cargas resultantes, mas não o dimensionamento da escada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que todos os elementos foram verificados e aprovados para as cargas que constam no memorial de cálculo e neste anexo.

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717

Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=financeiro@americalatina.eng.br
Data: 2024.06.26 17:28:46 -03'00'

ANEXO II

VERIFICAÇÕES – ESCADA METÁLICA INTERNA

NOVA SEDE PREFEITURA VILA VALÉRIO

VILA VALÉRIO – ES

Elaboração:

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

VILA VALÉRIO – ES

fevereiro/2024

Sumário

1. DEGRAU ESCADA INTERNA 3
1.1. CARGAS NO PERFIL 3
1.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO 3
1.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL 3
1.4. VERIFICAÇÃO ELS 4
1.5. VERIFICAÇÃO ELS – CARGA CONCENTRADA 4
1.6. VERIFICAÇÃO ELU 5
2. SEGUNDO LANCE DA ESCADA 12
2.1. VERIFICAÇÃO ELS 12
2.2. VERIFICAÇÃO ELU 13
3. PATAMAR DA ESCADA 19
3.1. CARGAS NO PERFIL 19
3.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO 19
3.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL 19
3.4. VERIFICAÇÃO ELS 20
3.5. VERIFICAÇÃO ELU 21
4. LANCE PRINCIPAL 25
4.1. VERIFICAÇÃO ELS 25
4.2. VERIFICAÇÃO ELU 27
5. LIGAÇÕES 33
5.1. ANCORAGEM PILARES (CHUMBADOR) 33
5.2. ANCORAGEM LONGARINAS TÉRREO (CHUMBADOR) 34
5.3. ANCORAGEM LONGARINAS SEGUNDO PAV. (PARABOLT) 34
5.4. ANCORAGEM PERFIS CHEGADA ESCADA (CHUMBADOR) 35
6. ESCADA 35
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS 35

1. DEGRAU ESCADA INTERNA

1.1. CARGAS NO PERFIL

CARGAS NO PERFIL			
Descrição	**Carga**		**Natureza**
Revestimento	100	kgf/m²	CP
Chapa Xadrez	24	kgf/m²	CP
Sobrecarga Uti.	300	kgf/m²	SC

Tabela 01 – Cargas no perfil

1.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO

Foram consideradas apenas as principais combinações de cálculo para estruturas deste tipo. Essas combinações e seus valores estão descritos nas Tabelas 2 e 3, nas quais os valores positivos representam cargas gravitacionais e negativos antigravitacionais.

ELS		
CP+SC	0,215	tf/m
CP+V	0,065	tf/m

Tabela 02 – Combinações ELS

ELU		
1,25CP+1,5SC	0,306	tf/m
CP+1,4V	0,065	tf/m
1,25CP+1,4V	0,081	tf/m
1,25CP+1,05SC+1,4V	0,239	tf/m

Tabela 03 – Combinações ELU

1.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL

DIMENSIONAMENTO		
ELS		
Flecha máxima:	0,443	cm
Carga atuante:	0,215	tf/m
E:	2050,000	tf/cm²
Ix:	17,790	cm^4
ELU		
Carga atuante:	0,306	tf/m
M+:	9,193	tfcm
M-:	0,000	tfcm
Wx:	4,045	cm^3

Tabela 04 – Cálculo do Perfil

RESULTADOS		
I nec	17,790	cm^4
W nec	4,045	cm^3

Tabela 05 – Cálculo do Perfil

Perfil definido: Perfil Z Dobrado 175x300x50 esp=2,00mm

- Peso específico: 8,12 kg/m

Reações do degrau nos perfis de suporte:

- PP = 0,03 tf;
- SC = 0,07 tf.

1.4. VERIFICAÇÃO ELS

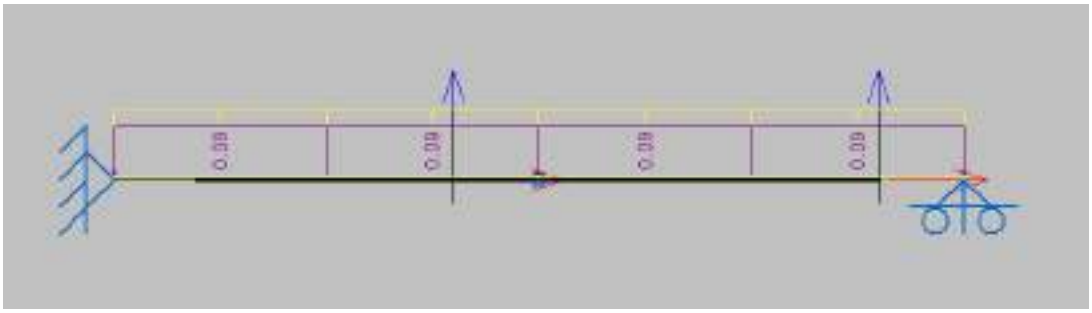


Figura 01 – Cargas no Perfil

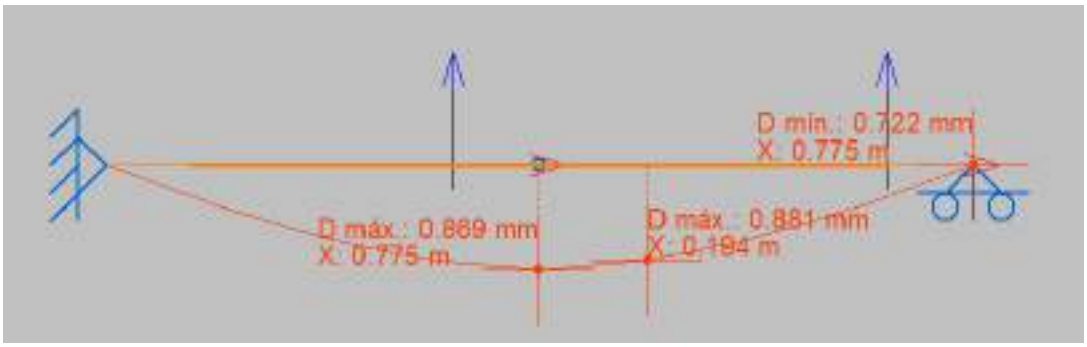


Figura 02 – Deformada máxima (0,881mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima (1,55m/350) apresentado de 4,43mm, o perfil é aprovado no ELS.

1.5. VERIFICAÇÃO ELS – CARGA CONCENTRADA

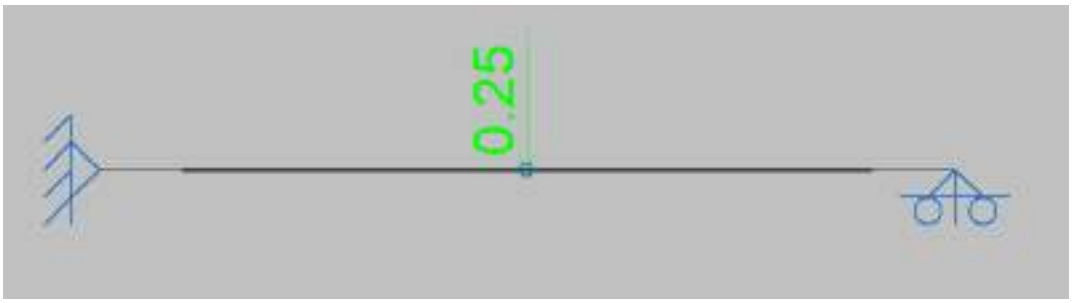


Figura 03 – Carga Concentrada no Perfil

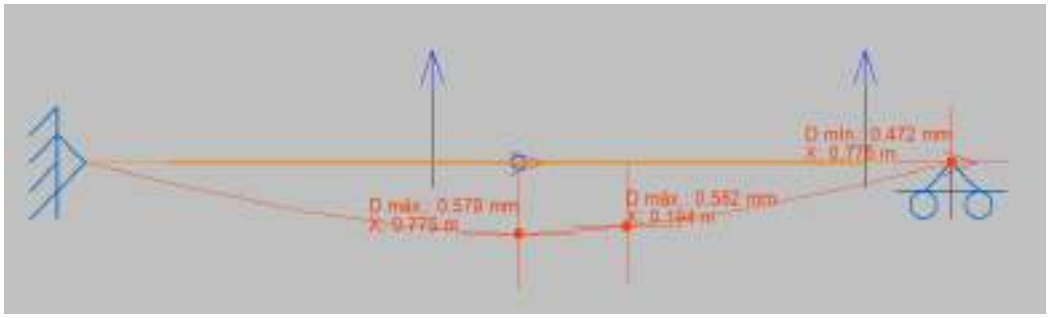
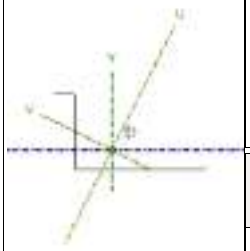


Figura 04 – Deformada máxima (0,579mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima (1,55m/350) apresentado de 4,43mm, o perfil é aprovado no ELS com a carga concentrada.

1.6. VERIFICAÇÃO ELU

Perfil: 175x300x50x2
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_{xy}(4) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_q(3) (mm)	y_q(3) (mm)	α(5) (graus)
N2	N4	0.775	10.35	420.98	1058.58	-430.57	0.14	-40.94	-41.79	63.3

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade
(4) Produto de inércia
(5) É o ângulo que forma o eixo principal de inércia U em relação ao eixo X, positivo no sentido anti-horário.

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.775	0.775	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_u	M_v	V_u	V_v	M_uV_v	M_vV_u	$N_cM_uM_v$	$N_tM_uM_v$	M_t	
N2/N4	$(b_w/t) \leq 200$ Passa	$\lambda_{uu} \leq 300.0$ $\lambda_{vv} \leq 300.0$ Passa	$N_{t,Sd} = 0.00$ N.A.(1)	$N_{c,Sd} = 0.00$ N.A.(2)	x: 0.775 m $\eta = 7.2$	x: 0.775 m $\eta = 29.3$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0.775 m $\eta = 0.7$	x: 0.775 m $\eta = 8.7$	N.A.(3)	x: 0.775 m $\eta = 36.5$	$M_{t,Sd} = 0.00$ N.A.(4)	**PASSA $\eta = 36.5$**

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_u	M_v	V_u	V_v	M_uV_v	M_vV_u	$N_cM_uM_v$	$N_tM_uM_v$	M_t	

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_u: Resistência à flexão eixo U
M_v: Resistência à flexão eixo V
V_u: Resistência ao esforço cortante U
V_v: Resistência ao esforço cortante V
M_uV_v: Resistência ao momento fletor U e esforço cortante V combinados
M_vV_u: Resistência ao momento fletor V e esforço cortante U combinados
$N_cM_uM_v$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_uM_v$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(3) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(4) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em almas de vigas sem enrijecedores transversais, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 200.

(b/t) : ***83*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *165.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

λ_{uu} : ***7.0*** ✓

λ_{vv} : ***17.5*** ✓

Onde:

K_uL_u: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo U. **K_uL_u** : *0.775* m

K_vL_v: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo V. **K_vL_v** : *0.775* m

r_u: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal U. **r_u** : *11.10* cm

r_v: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal V. **r_v** : *4.44* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo U (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.072*** ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo $\mathbf{M_{Sd}}$ é obtido para o nó N4, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.05·SC+1.4·V0.

$\mathbf{M_{Sd}^{pos}}$: *0.080* t·m
$\mathbf{M_{Sd}^{neg}}$: *0.000* t·m

O momento fletor resistente de cálculo $\mathbf{M_{Rd}}$ deve ser tomado como o menor valor calculado em a) y b):

$\mathbf{M_{Rd}^{pos}}$: *1.114* t·m
$\mathbf{M_{Rd}^{neg}}$: *0.004* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

$\mathbf{M_{Rd}^{pos}}$: *1.114* t·m
$\mathbf{M_{Rd}^{neg}}$: *0.004* t·m

Onde:

$\mathbf{W_{ef}}$: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.

$\mathbf{W_{ef}^{pos}}$: *48.07* cm³
$\mathbf{W_{ef}^{neg}}$: *0.18* cm³

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção $\mathbf{K_tL_t}$ e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $\mathbf{K_vL_v^{pos}}$ e $\mathbf{K_vL_v^{neg}}$ são nulos.

Resistência à flexão eixo V (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.293*** ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo $\mathbf{M_{Sd}}$ é obtido para o nó N4, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.05·SC+1.4·V0.

$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.159* t·m

O momento fletor resistente de cálculo $\mathbf{M_{Rd}}$ deve ser tomado como: $\mathbf{M_{Rd}}$: *0.544* t·m

Onde:

$\mathbf{W_{ef}}$: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. $\mathbf{W_{ef}}$: *23.48* cm³

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

Resistência ao esforço cortante U (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.064*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N2, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.05·SC+1.4·V0. $\mathbf{V_{Sd}}$: *0.2 55* t

A resistência de cálculo ao esforço cortante $\mathbf{V_{Rd}}$ é a menor das obtidas segundo os itens a) e b): $\mathbf{V_{Rd}}$: *3.9 93* t

a) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura da alma.

$\mathbf{V_{Rd}}$: *4.2 66* t

para $\mathbf{1.08(EK_v/f_y)^{0.5}}$: *68. 31*

para $\mathbf{h/t}$: *82. 50*

para $\mathbf{1.4(EK_v/f_y)^{0.5}}$: *88. 54*

Onde:

$\mathbf{t}$: Espessura da alma. $\mathbf{t}$: *2.0 0* mm

$\mathbf{h}$: Largura da alma. $\mathbf{h}$: *165 .00* mm

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *254 8.4 2* kgf/cm²

		9
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	203873.6 kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	1.1
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	**K_V** :	5.00

b) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura das mesas.

	V_{Rd} :	3.93 t

para	**$1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$** :	33.46
para	**h_1/t** :	22.50
	h_2/t :	147.50
para	**$1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$** :	43.38

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** :	2.00 mm
h: Largura da alma.	**h_1** :	45.00 mm
	h_2 :	295.00 mm
f_y: Tensão de escoamento.	**f_y** :	2548.42 kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	203873.6 kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	1.1
K_V: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	**K_V** :	1.20

Resistência ao esforço cortante V (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : **0.064** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável **V_{Sd}** produz-se no nó N2, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.05·SC+1.4·V0. **V_{Sd}** : 0.128 t

A resistência de cálculo ao esforço cortante **V_{Rd}** é a menor das obtidas segundo os itens a) e b): **V_{Rd}** : 2.012 t

a) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura da alma.

V_{Rd} : *8.466* t

para **$1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$** : *68.31*

para **h/t** : *82.50*

para **$1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$** : *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma. **t** : *2.00* mm

h: Largura da alma. **h** : *165.00* mm

f_y: Tensão de escoamento. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²

E: Módulo de elasticidade. **E** : *2038736* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. **γ** : *1.1*

K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por: **K_V** : *5.00*

b) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura das mesas.

V_{Rd} : *2.012* t

para **$1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$** : *33.46*

para **h_1/t** : *22.50*
h_2/t : *147.50*

para **$1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$** : *43.38*

Onde:

t: Espessura da alma. **t** : *2.00* mm

h: Largura da alma. **h_1** : *45.00* mm
h_2 : *295.00* mm

f_y: Tensão de escoamento. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²

E: Módulo de elasticidade. **E** : *2038736* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. **γ** : *1.1*

K_V: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por: **K_V** : *1.20*

Resistência ao momento fletor U e esforço cortante V combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ são obtidos no nó N4, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.05·SC+1.4·V0.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.007*** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.080* t·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$: *1.114* t·m
$\mathbf{V_{Sd}}$: Força cortante solicitante de cálculo.	$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.079* t
$\mathbf{V_{Rd}}$: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	$\mathbf{V_{Rd}}$: *2.012* t

Resistência ao momento fletor V e esforço cortante U combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ são obtidos no nó N4, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.05·SC+1.4·V0.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.087*** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.159* t·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$: *0.544* t·m
$\mathbf{V_{Sd}}$: Força cortante solicitante de cálculo.	$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.156* t
$\mathbf{V_{Rd}}$: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	$\mathbf{V_{Rd}}$: *3.993* t

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços desfavoráveis de cálculo são obtidos no nó N4, para a combinação 1.25·PP+1.05·SC+1.4·V0.

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

η : **0.365** ✓

Onde:

$N_{t,Sd}$: Força normal de tração solicitante de cálculo.	**$N_{t,Sd}$** : *0.000*	t
$M_{u,Sd}$, $M_{v,Sd}$: Momentos fletores de cálculo atuantes em torno dos eixos U e V, respectivamente.	**$M_{u,Sd}$** : *0.080*	t·m
	$M_{v,Sd}$: *0.159*	t·m
N_{Rd}: Força normal de tração resistente de cálculo conforme 9.6.	**N_{Rd}** : *23.978*	t
$M_{u,Rd}$, $M_{v,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos U e V, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	**$M_{u,Rd}$** : *1.114*	t·m
	$M_{v,Rd}$: *0.544*	t·m

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

2. SEGUNDO LANCE DA ESCADA

As reações dos degraus (item 1.3) foram aplicadas no centro de gravidade do perfil de suporte.

2.1. VERIFICAÇÃO ELS

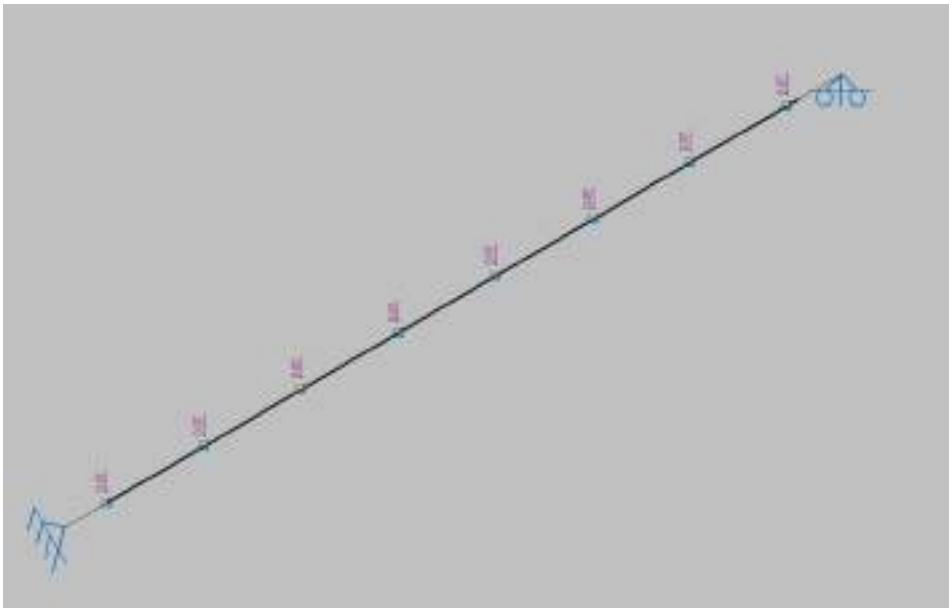


Figura 05 – Cargas no perfil do Segundo Lance

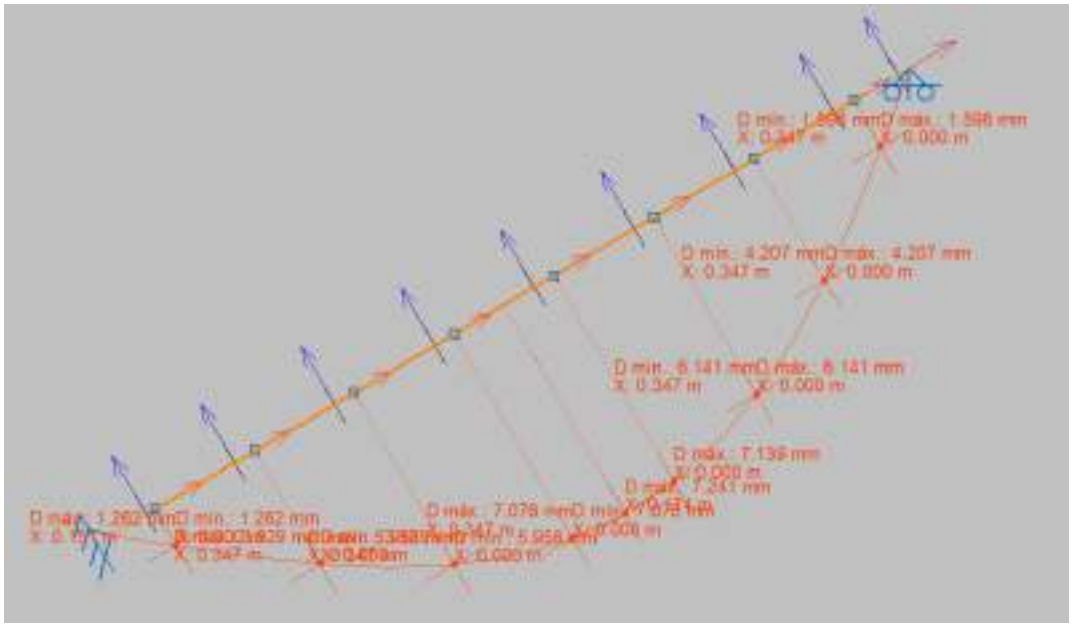


Figura 06 – Deformada máxima no Lance (7,241mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima (2,77m/350) de 7,92mm, o perfil é aprovado no ELS.

2.2. VERIFICAÇÃO ELU

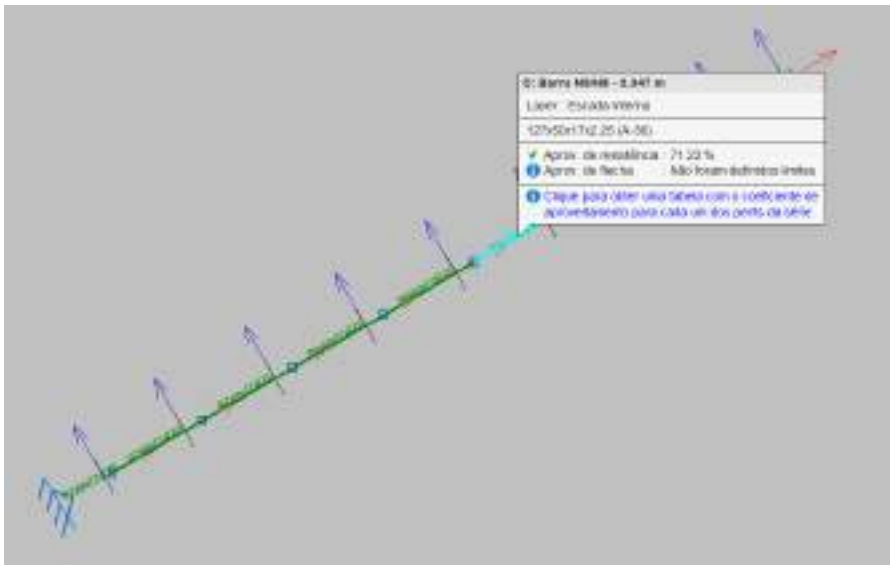


Figura 07 – Trecho Crítico Segundo Lance

Perfil: 127x50x17x2.25
Material: Aço (A-36)

Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_q(3) (mm)	y_q(3) (mm)
N9	N8	0.347	5.49	134.22	18.53	0.09	-9.10	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.347	0.347	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N9/N8	(b_w/t) ≤ 500 (b_f/t) ≤ 60 Passa	λ_{xx} ≤ 300.0 λ_{yy} ≤ 300.0 Passa	x: 0.347 m η = 0.5	$N_{c,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	x: 0 m η = 70.7	M_{Sd} = 0.00 N.A.(2)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	x: 0.347 m η = 3.3	x: 0 m η = 50.1	N.A.(4)	N.A.(5)	x: 0 m η = 71.2	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(6)	**PASSA η = 71.2**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(2) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(3) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(4) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(5) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

<u>Valores máximos da relação comprimento-espessura</u> (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***51*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *115.75* mm

t: A espessura. **t** : *2.25* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***17*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *38.75* mm

t: A espessura. **t** : *2.25* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

λ_{xx} : ***7.0*** ✓

λ_{yy} : ***18.9*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. K_xL_x : *0.347* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. K_yL_y : *0.347* m

r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. r_x : *4.94* cm

r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. r_y : *1.84* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

Deve satisfazer:

η : ***0.005*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N8, para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SC.

$N_{t,Sd}$: Asforço axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. $N_{t,Sd}$: *0.069* t

A força normal de tração resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ deve ser tomada como:

$N_{t,Rd}$: 12.724 t

Onde:

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : 5.49 cm²
f_y: Tensão de escoamento. f_y : 2548.42 kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : 1.1

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.707*** ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{Sd} é obtido para o nó N9, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. M_{Sd} : 0.346 t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c): M_{Rd} : 0.490 t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : 0.490 t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. W_{ef} : 21.14 cm³
f_y: Tensão de escoamento. f_y : 2548.42 kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : 1.1

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.033*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N8, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.118* t

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por:

$^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *3.620* t

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *68.31*

para $\mathbf{h/t}$: *51.44*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma. **t** : *2.25* mm

h: Largura da alma. **h** : *115.75* mm

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *2548.42* kgf/cm²

E: Módulo de elasticidade. **E** : *2038736* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por: $\mathbf{K_V}$: *5.00*

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ são obtidos no nó N9, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.501*** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.346*	t·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$: *0.490*	t·m
$\mathbf{V_{Sd}}$: Força cortante solicitante de cálculo.	$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.117*	t
$\mathbf{V_{Rd}}$: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	$\mathbf{V_{Rd}}$: *3.620*	t

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços desfavoráveis de cálculo são obtidos no nó N9, para a combinação 1.25·PP+1.5·SC.

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

η : ***0.712*** ✓

Onde:

$\mathbf{N_{t,Sd}}$: Força normal de tração solicitante de cálculo.	$\mathbf{N_{t,Sd}}$: *0.068*	t
$\mathbf{M_{x,Sd}}$, $\mathbf{M_{y,Sd}}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.	$\mathbf{M_{x,Sd}}$: *0.346*	t·m
	$\mathbf{M_{y,Sd}}$: *0.000*	t·m
$\mathbf{N_{Rd}}$: Força normal de tração resistente de cálculo conforme 9.6.	$\mathbf{N_{Rd}}$: *12.724*	t
$\mathbf{M_{x,Rd}}$, $\mathbf{M_{y,Rd}}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	$\mathbf{M_{x,Rd}}$: *0.490*	t·m
	$\mathbf{M_{y,Rd}}$: *0.126*	t·m

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

3. PATAMAR DA ESCADA

3.1. CARGAS NO PERFIL

CARGAS NO PERFIL			
Descrição	**Carga**		**Natureza**
Revestimento	100	kgf/m²	CP
Chapa Xadrez	24	kgf/m²	CP
Sobrecarga Uti.	300	kgf/m²	SC

Tabela 06 – Cargas no perfil

3.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO

Foram consideradas apenas as principais combinações de cálculo para estruturas deste tipo. Essas combinações e seus valores estão descritos nas Tabelas 7 e 8, nas quais os valores positivos representam cargas gravitacionais e negativos antigravitacionais.

ELS		
CP+SC	0,215	tf/m
CP+V	0,065	tf/m

Tabela 07 – Combinações ELS

ELU		
1,25CP+1,5SC	0,306	tf/m
CP+1,4V	0,065	tf/m
1,25CP+1,4V	0,081	tf/m
1,25CP+1,05SC+1,4V	0,239	tf/m

Tabela 08 – Combinações ELU

3.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL

DIMENSIONAMENTO		
ELS		
Flecha máxima:	0,443	cm
Carga atuante:	0,215	tf/m
E:	2050,000	tf/cm²
Ix:	17,790	cm^4
ELU		
Carga atuante:	0,306	tf/m
M+:	9,193	tfcm
M-:	0,000	tfcm
Wx:	4,045	cm^3

Tabela 09 – Cálculo do Perfil

RESULTADOS		
I nec	17,790	cm^4
W nec	4,045	cm^3

Tabela 10 – Cálculo do Perfil

Perfil definido: Perfil U Enrijecido 75x40x15 esp=2,00mm

- Peso específico: 2,90 kg/m
- Wx: 8,09 cm^3
- Ix: 30,33 cm^4

Reações do perfil:

- PP = 0,050 tf
- CP = 0,116 tf

3.4. VERIFICAÇÃO ELS

Figura 07 – Cargas no perfil do Patamar

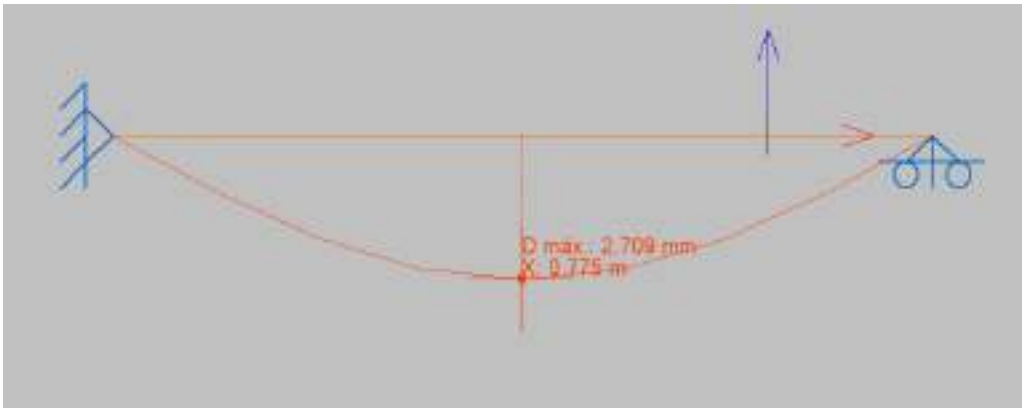
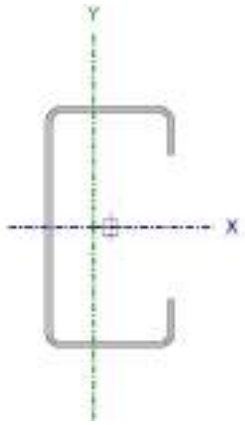


Figura 08 – Deformada máxima no Patamar (2,709mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima (1,55m/350) de 4,43mm, o perfil é aprovado no ELS.

3.5. VERIFICAÇÃO ELU

Perfil: 75x40x15x2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N33	N34	1.550	3.40	29.75	7.72	0.05	-5.03	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.550	1.550	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N33/N34	x: 0.194 m (b_w/t) ≤ 500 (b_f/t) ≤ 60 Passa	λ_{xx} ≤ 300.0 λ_{yy} ≤ 300.0 Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	$N_{c,Sd}$ = 0.00 N.A.(2)	x: 0.775 m η = 50.7	M_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(4)	x: 0 m η = 13.1	x: 0.581 m η = 22.7	N.A.(5)	N.A.(6)	N.A.(7)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(8)	**PASSA η = 50.7**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(3) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(4) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(5) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(7) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(8) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

A relação comprimento-espessura desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância 0.194 m do nó N33.

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***33*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *65.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***15*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *30.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

λ_{xx} : ***52.4*** ✓

λ_{yy} : ***102.9*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. K_xL_x : *1.550* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. K_yL_y : *1.550* m

r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. r_x : *2.96* cm

r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. r_y : *1.51* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.507*** ✓

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{M_{Sd}}$ produz-se num ponto situado a uma distância de 0.775 m do nó N33, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.092* t·m

O momento fletor resistente de cálculo $\mathbf{M_{Rd}}$ deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c):

$\mathbf{M_{Rd}}$: *0.181* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

$\mathbf{M_{Rd}}$: *0.181* t·m

Onde:

$\mathbf{W_{ef}}$: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. $\mathbf{W_{ef}}$: *7.82* cm³

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção $\mathbf{K_tL_t}$ e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $\mathbf{K_yL_y^{pos}}$ e $\mathbf{K_yL_y^{neg}}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

24

η : **0.131** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N33, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.237* t

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por:

$^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *1.807* t

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *68.31*

para $\mathbf{h/t}$: *32.50*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma. **t** : *2.00* mm

h: Largura da alma. **h** : *65.00* mm

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *2548.42* kgf/cm²

E: Módulo de elasticidade. **E** : *2038736* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por: $\mathbf{K_V}$: *5.00*

<u>Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados</u> (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ produzem-se num ponto situado a uma distância 0.581 m do nó N33, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : **0.227** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo. $\mathbf{M_{Sd}}$: *0.086* t·m

$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1. $\mathbf{M_{0,Rd}}$: *0.181* t·m

		25
V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.	**V_{Sd}** :	*0.059* t
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	**V_{Rd}** :	*1.807* t

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

4. LANCE PRINCIPAL

As reações dos degraus (item 1.3) e do patamar (item 3.3) foram aplicadas no centro de gravidade dos perfis do lance principal.

4.1. VERIFICAÇÃO ELS

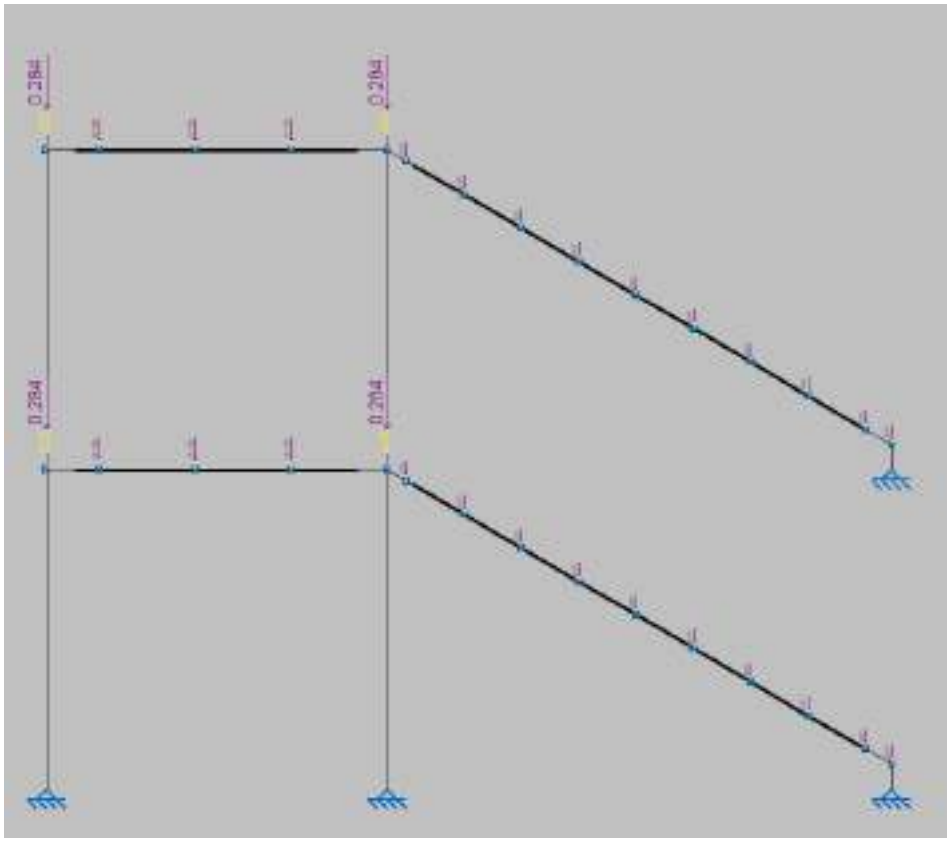


Figura 08 – Cargas aplicadas no lance principal

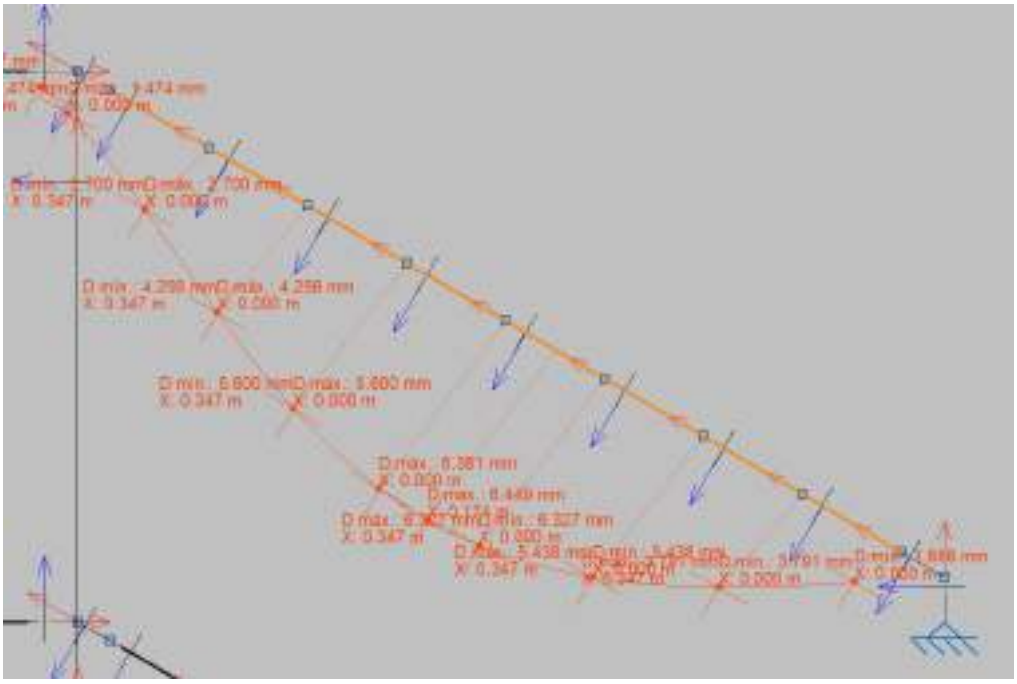


Figura 09 – Deformada máxima no Lance Principal (6,449mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima (3,04m/350) de 8,69mm, o perfil é aprovado no ELS.

4.2. VERIFICAÇÃO ELU

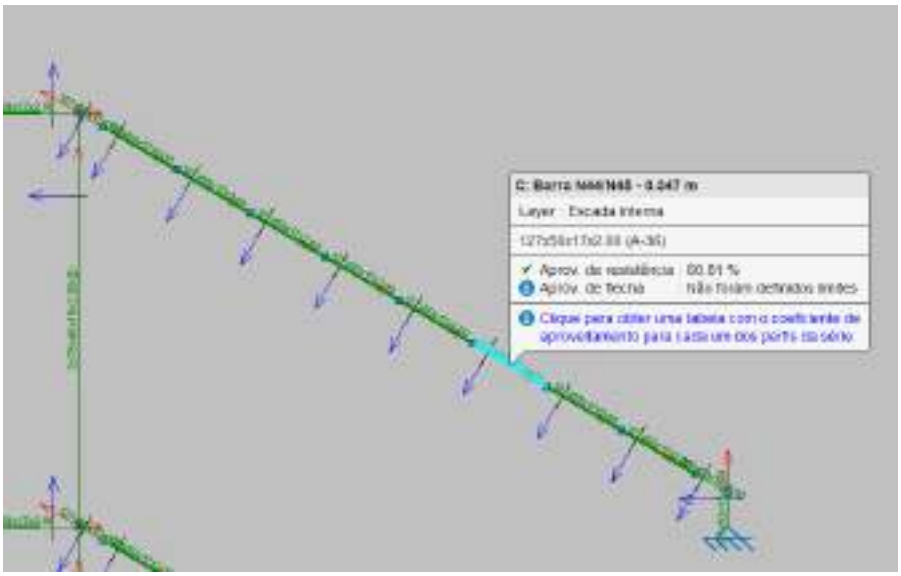


Figura 10 – Trecho Crítico Lance Principal

Perfil: 127x50x17x2.00
Material: Aço (A-36)

Nós		Compriment o (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_q(3) (mm)	y_q(3) (mm)
N44	N45	0.347	4.92	121.08	16.86	0.07	-9.07	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.347	0.347	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N44/N45	$(b_w/t) \leq 500$ $(b_f/t) \leq 60$ Passa	$\lambda_{xx} \leq 200.0$ $\lambda_{yy} \leq 200.0$ Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	x: 0 m η = 2.3	x: 0.347 m η = 57.6	M_{Sd} = 0.00 N.A.(2)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	x: 0 m η = 2.3	x: 0.347 m η = 33.2	N.A.(4)	x: 0.347 m η = 60.8	N.A.(5)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(6)	**PASSA** **η = 60.8**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	

(2) *A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.*
(3) *A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.*
(4) *Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.*
(5) *Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.*
(6) *A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.*

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***59*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *117.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***20*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *40.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

λ_{xx} : ***7.0*** ✓

λ_{yy} : ***18.7*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **K_xL_x** : *0.347* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **K_yL_y** : *0.347* m

r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. **r_x** : *4.96* cm

r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. **r_y** : *1.85* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : ***0.023*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N44, para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SC.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. **$N_{c,Sd}$** : *0.207* t

A resistência de cálculo à compressão **$N_{c,Rd}$** é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens: **$N_{c,Rd}$** : *8.977* t

a) Inicio de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

$N_{c,Rd}$: *8.977* t

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. **A_{ef}** : *4.31* cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ_{yy} : *0.98*, χ_{xz} : *1.00*

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,\,yy}$: *0.21*, $\lambda_{0,\,xz}$: *0.08*

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 9.7.2.

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : *4.92* cm²

f_y: Tensão de escoamento. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.2*

A força normal de flambagem elástica **N_e** é o menor valor entre os obtidos por a) e b): **N_e** : *281.824* t

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

N_{ey} : *281.824* t

b) Força normal de flambagem elástica por flexo-torção.

N_{exz} : *2023.377* t

Onde:

N_{ex} : *2023.377* t

N_{ez} : ∞

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.	I_x :	*121.08*	cm4
I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.	I_y :	*16.86*	cm4
I_t: Momento de inércia à torção uniforme.	I_t :	*0.07*	cm4
C_w: Constante de empenamento da seção.	C_w :	*577.26*	cm6
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	*2038736*	kgf/cm²
G: Módulo de elasticidade transversal.	**G** :	*784129*	kgf/cm²
K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.	K_xL_x :	*0.347*	m
K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.	K_yL_y :	*0.347*	m
K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção.	K_zL_z :	*0.000*	m
r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção.	r_0 :	*6.53*	cm

Sendo:

r_x, r_y: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente.	r_x :	*4.96*	cm
	r_y :	*1.85*	cm
x_0, y_0: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção.	x_0 :	*-38.29*	mm
	y_0 :	*0.00*	mm

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.576*** ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo $\mathbf{M_{Sd}}$ é obtido para o nó N45, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.254* t·m

O momento fletor resistente de cálculo $\mathbf{M_{Rd}}$ deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c):

$\mathbf{M_{Rd}}$: *0.442* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

$\mathbf{M_{Rd}}$: *0.442* t·m

Onde:

$\mathbf{W_{ef}}$: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. $\mathbf{W_{ef}}$: *19.07* cm³

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção $\mathbf{K_tL_t}$ e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $\mathbf{K_yL_y^{pos}}$ e $\mathbf{K_yL_y^{neg}}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.023*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N44, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.074* t

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por:

$^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *3.253* t

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *68.31*

para $\mathbf{h/t}$: *58.50*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** :	*2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h** :	*117.00*	mm
$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_y}$:	*2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	*2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	$\mathbf{K_V}$:	*5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ são obtidos no nó N45, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.332*** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$:	*0.254*	t·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$:	*0.442*	t·m

V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo. **V_{Sd}** : *0.073* t

V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3. **V_{Rd}** : *3.253* t

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N45, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

η : ***0.608*** ✓

Onde:

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. **$N_{c,Sd}$** : *0.206* t

$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente. **$M_{x,Sd}$** : *0.254* t·m **$M_{y,Sd}$** : *0.000* t·m

$N_{c,Rd}$: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7. **$N_{c,Rd}$** : *6.407* t

$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2. **$M_{x,Rd}$** : *0.442* t·m **$M_{y,Rd}$** : *0.115* t·m

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

5. LIGAÇÕES

5.1. ANCORAGEM PILARES (CHUMBADOR)

Hipótese:	1,25CP + 1,5SC		**CHUMBADORES ASTM A36**			
Tração:	0,000	tf	Abe tração:	0,000	cm²	6.3.3.1
Compressão:	3,821	tf	Ab cortante:	0,047	cm²	6.3.3.2
Cortante:	0,056	tf	Área chumbador:	0,495	cm²	
			lb:	9,525	cm	
b perfil:	8,000	cm	lh:	4,987	cm	
d perfil:	7,500	cm	Lt:	14,512	cm	
f:	12,000	cm				
			CHAPA DE BASE ASTM A36			
Ø Chumbador:	7,938	(5/16")	σc:	0,015	tf/cm²	
Qnt. Chubadores T:	0,000		σc,Rd:	0,102	tf/cm²	
Qnt. Chumbadores V:	1,000		n:	4,800	cm	
Tipo aço:	ASTM A36		m:	4,438	cm	
			t compressão:	5,526	mm	
			t tração:	0,000	mm	
CHAPA						
a concreto:	16,000	cm				
b concreto:	16,000	cm				

fck:	20,000	MPa
a placa:	16,000	cm
b placa:	16,000	cm
Tipo aço:	ASTM A36	

Tabela 11 – Dimensionamento ancoragem pilares

5.2. ANCORAGEM LONGARINAS TÉRREO (CHUMBADOR)

Hipótese:	1,25CP + 1,5SC		**CHUMBADORES ASTM A36**			
Tração:	0,000	tf	Abe tração:	0,000	cm²	6.3.3.1
Compressão:	0,590	tf	Ab cortante:	0,070	cm²	6.3.3.2
Cortante:	0,083	tf	Área chumbador:	0,317	cm²	
			lb:	7,620	cm	
b perfil:	5,000	cm	lh:	3,990	cm	
d perfil:	15,000	cm	Lt:	11,610	cm	
f:	5,618	cm				
			CHAPA DE BASE ASTM A36			
Ø Chumbador:	6,350	(1/4")	σc:	0,004	tf/cm²	
Qnt. Chubadores T:	0,000		σc,Rd:	0,102	tf/cm²	
Qnt. Chumbadores V:	1,000		n:	2,000	cm	
Tipo aço:	ASTM A36		m:	1,625	cm	
			t compressão:	1,224	mm	
			t tração:	0,000	mm	
CHAPA						
a concreto:	8,000	cm				
b concreto:	17,500	cm				
fck:	20,000	MPa				
a placa:	8,000	cm				
b placa:	17,500	cm				
Tipo aço:	ASTM A36					

Tabela 12 – Dimensionamento ancoragem longarinas térreo

5.3. ANCORAGEM LONGARINAS SEGUNDO PAV. (PARABOLT)

DADOS PARABOLT			**CÁLCULO PARABOLT**		
Carga:	0,743	tf/m	Vd:	1,858	tf
Vão:	1,000	m	Qnt parabolts:	4,000	
Tipo de carga:	Variável				
Risco:	Alto risco		**CÁLCULO CHAPA**		
Resistência parabolt:	0,74	tf	fyd:	2,273	tf/cm²
Ø parabolt:	1/4	"	Vd:	0,520	tf
Parabolt Walsywa WB 1/4" C=1 3/4"			A contato:	0,229	cm²
			t chapa:	0,901	mm
DADOS CHAPA					
Aço:	A36				
4 Parabolt Walsywa WB 1/4" C=1 3/4"					

Tabela 13 – Dimensionamento ancoragem longarinas segundo pav.

5.4. ANCORAGEM PERFIS CHEGADA ESCADA (CHUMBADOR)

Hipótese:	1,25CP + 1,5SC			**CHUMBADORES ASTM A36**			
Tração:	0,098	tf		Abe tração:	0,044	cm²	6.3.3.1
Compressão:	0,042	tf		Ab cortante:	0,693	cm²	6.3.3.2
Cortante:	0,821	tf		Ab tração+cortante:	1,751	cm²	
				Área chumbador:	0,495	cm²	
b perfil:	8,000	cm		lb:	9,525	cm	
d perfil:	7,500	cm		lh:	4,987	cm	
f:	12,000	cm		Lt:	14,512	cm	
Ø Chumbador:	7,938			**CHAPA DE BASE ASTM A36**			
Qnt. Chubadores T:	1,000			σc:	0,000	tf/cm²	
Qnt. Chumbadores V:	2,000			σc,Rd:	0,109	tf/cm²	
Qnt. Chumbadores T+V:	4,000			n:	4,300	cm	
Tipo aço:	ASTM A36			m:	3,938	cm	
				t compressão:	0,519	mm	
CHAPA				t tração:	1,453	mm	
a concreto:	16,000	cm					
b concreto:	16,000	cm					
fck:	20,000	MPa					
a placa:	15,000	cm					
b placa:	15,000	cm					
Tipo aço:	ASTM A36						

Tabela 14 – Dimensionamento ancoragem perfis chegada escada.

6. ESCADA

A escada de acesso a área técnica externa será vertical e removível. Desta forma, foi considerado as cargas resultantes, mas não o dimensionamento da escada.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que todos os elementos foram verificados e aprovados para as cargas que constam no memorial de cálculo e neste anexo.

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717

Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=financeiro@americalatina.eng.br
Data: 2024.06.26 17:28:07 -03'00'

ANEXO III

VERIFICAÇÕES – PERFIS SUPORTE PAINEL WALL

NOVA SEDE PREFEITURA VILA VALÉRIO

VILA VALÉRIO – ES

Elaboração:

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

VILA VALÉRIO – ES

fevereiro/2024

Sumário

1. PERFIS SUPORTE PAINEL WALL – SEGUNDO PAVIMENTO 3
1.1. CARGAS NO PERFIL 3
1.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO 3
1.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL 3
1.4. VERIFICAÇÃO ELS 4
1.5. VERIFICAÇÃO ELU 5
2. PERFIS SUPORTE PAINEL WALL – TERCEIRO PAVIMENTO 9
2.1. CARGAS NO PERFIL 9
2.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO 9
2.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL 9
2.4. VERIFICAÇÃO ELS 10
2.5. VERIFICAÇÃO ELU 11
3. LIGAÇÕES 15
3.1. ANCORAGEM PERFIS SEGUNDO PAVIMENTO (CHUMBADOR) 15
3.2. ANCORAGEM PERFIS TERCEIRO PAVIMENTO (CHUMBADOR) 16
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 16

1. PERFIS SUPORTE PAINEL WALL – SEGUNDO PAVIMENTO

1.1. CARGAS NO PERFIL

CARGAS NO PERFIL			
Descrição	**Carga**		**Natureza**
Peso Próprio Perfil	3,47	kgf/m	CP
Revestimento	100	kgf/m²	CP
Painel Wall	28,89	kgf/m²	CP
Sobrecarga Uti.	300	kgf/m²	SC

Tabela 01 – Cargas no perfil

1.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO

Foram consideradas apenas as principais combinações de cálculo para estruturas deste tipo. Essas combinações e seus valores estão descritos nas Tabelas 2 e 3, nas quais os valores positivos representam cargas gravitacionais e negativos antigravitacionais.

ELS		
CP+SC	0,647	tf/m
CP+V	0,197	tf/m

Tabela 02 – Combinações ELS

ELU		
1,25CP+1,5SC	0,921	tf/m
CP+1,4V	0,197	tf/m
1,25CP+1,4V	0,246	tf/m
1,25CP+1,05SC+1,4V	0,719	tf/m

Tabela 03 – Combinações ELU

1.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL

DIMENSIONAMENTO		
ELS		
Flecha máxima:	0,463	cm
Carga atuante:	0,647	tf/m
E:	2050,000	tf/cm²
Ix:	61,132	cm^4
ELU		
Carga atuante:	0,921	tf/m
M+:	30,214	tfcm
M-:	0,000	tfcm
Wx:	13,294	cm^3

Tabela 04 – Cálculo do Perfil

RESULTADOS		
I nec	61,132	cm^4
W nec	13,294	cm^3

Tabela 05 – Cálculo do Perfil

Perfil definido: Perfil U Enrijecido 100x50x17 esp=2,00mm

- Peso específico: 3,47 kg/m
- Wx: 14,05 cm^3
- Ix: 70,26 cm^4

Reações do degrau nos perfis de suporte:

- CP = 0,159 tf;
- SC = 0,365 tf.

1.4. VERIFICAÇÃO ELS

Figura 01 – Cargas no Perfil

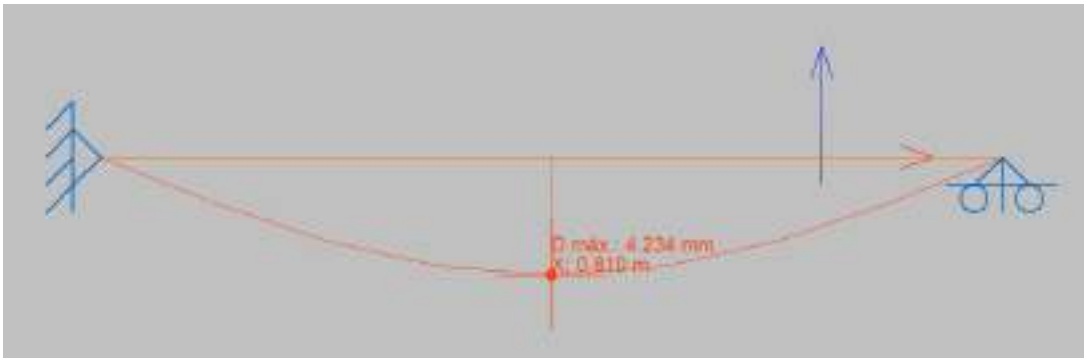
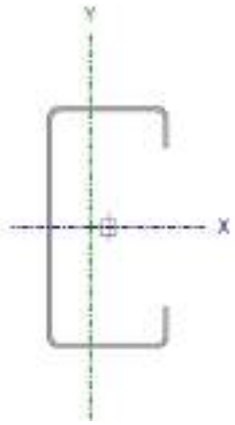


Figura 02 – Deformada máxima (4,234mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima (1,62m/350) apresentado de 4,63mm, o perfil é aprovado no ELS.

1.5. VERIFICAÇÃO ELU

Perfil: 100x50x17x2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N69	N70	1.620	4.38	69.21	15.51	0.06	-7.23	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.620	1.620	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N69/N70	x: 0.203 m (b_w/t) ≤ 500 (b_f/t) ≤ 60 Passa	λ_{xx} ≤ 300.0 λ_{yy} ≤ 300.0 Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	$N_{c,Sd}$ = 0.00 N.A.(2)	x: 0.81 m η = 94.2	M_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(4)	x: 0 m η = 29.8	x: 0.608 m η = 78.5	N.A.(5)	N.A.(6)	N.A.(7)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(8)	**PASSA** **η = 94.2**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(3) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(4) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(5) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(7) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(8) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

<u>Valores máximos da relação comprimento-espessura</u> (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

A relação comprimento-espessura desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância 0.203 m do nó N69.

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***45*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *90.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***20*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *40.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

λ_{xx} : ***40.8*** ✓

λ_{yy} : ***86.1*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. K_xL_x : *1.620* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. K_yL_y : *1.620* m

r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. r_x : *3.98* cm

r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. r_y : *1.88* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : **0.942** ✓

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{M_{Sd}}$ produz-se num ponto situado a uma distância de 0.810 m do nó N69, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.302* t·m

O momento fletor resistente de cálculo $\mathbf{M_{Rd}}$ deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c):

$\mathbf{M_{Rd}}$: *0.321* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

$\mathbf{M_{Rd}}$: *0.321* t·m

Onde:

$\mathbf{W_{ef}}$: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. $\mathbf{W_{ef}}$: *13.84* cm³

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção $\mathbf{K_tL_t}$ e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $\mathbf{K_yL_y^{pos}}$ e $\mathbf{K_yL_y^{neg}}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : **0.298** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N69, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.746* t

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por:

$^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *2.502* t

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *68.31*

para $\mathbf{h/t}$: *45.00*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** :	*2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h** :	*90.00*	mm
$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_y}$:	*2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	*2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	$\mathbf{K_V}$:	*5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ produzem-se num ponto situado a uma distância 0.608 m do nó N69, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.785*** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$:	*0.283*	t·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$:	*0.321*	t·m
$\mathbf{V_{Sd}}$: Força cortante solicitante de cálculo.	$\mathbf{V_{Sd}}$:	*0.186*	t
$\mathbf{V_{Rd}}$: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	$\mathbf{V_{Rd}}$:	*2.502*	t

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

2. PERFIS SUPORTE PAINEL WALL – TERCEIRO PAVIMENTO

2.1. CARGAS NO PERFIL

CARGAS NO PERFIL			
Descrição	**Carga**		**Natureza**
Peso Próprio Perfil	12,09	kgf/m	CP
Revestimento	100	kgf/m²	CP
Painel Wall	28,89	kgf/m²	CP
Sobrecarga Uti.	300	kgf/m²	SC

Tabela 06 – Cargas no perfil

2.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO

Foram consideradas apenas as principais combinações de cálculo para estruturas deste tipo. Essas combinações e seus valores estão descritos nas Tabelas 7 e 8, nas quais os valores positivos representam cargas gravitacionais e negativos antigravitacionais.

ELS		
CP+SC	0,655	tf/m
CP+V	0,205	tf/m

Tabela 07 – Combinações ELS

ELU		
1,25CP+1,5SC	0,932	tf/m
CP+1,4V	0,205	tf/m
1,25CP+1,4V	0,257	tf/m
1,25CP+1,05SC+1,4V	0,729	tf/m

Tabela 08 – Combinações ELU

2.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL

DIMENSIONAMENTO		
ELS		
Flecha máxima:	1,097	cm
Carga atuante:	0,655	tf/m
E:	2050,000	tf/cm²
Ix:	825,030	cm^4
ELU		
Carga atuante:	0,932	tf/m
M+:	171,746	tfcm
M-:	0,000	tfcm
Wx:	75,568	cm^3

Tabela 09 – Cálculo do Perfil

RESULTADOS	
I nec	825,030 cm^4
W nec	75,568 cm^3

Tabela 10 – Cálculo do Perfil

Perfil definido: Duplo Perfil U Enrijecido 200x75x25 esp=2,00mm

- Peso específico: 12,09 kg/m
- Ix: 963,945 cm^4
- $Wx = \frac{Ix}{c} = \frac{963{,}945}{10} = 96{,}39$ cm^3

```
Command: Specify opposite corner or [Fence/WPolygon/CPolygon]:
Command: MASSPROP
Select objects: Specify opposite corner: 2 found
Select objects:
 ----------------   REGIONS   ----------------
Area:                     15.5427
Perimeter:                156.2265
Bounding box:          X: -7.5000  --  7.5000
                       Y: -10.0000  --  10.0000
Centroid:              X: 0.0000
                       Y: 0.0000
Moments of inertia:    X: 963.9450
                       Y: 538.0549
Product of inertia:   XY: 0.0000
Radii of gyration:     X: 7.8752
                       Y: 5.8837
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                       I: 963.9450 along [1.0000 0.0000]
                       J: 538.0549 along [0.0000 1.0000]
```

Figura 03 – Propriedades da seção do perfil

Reações do perfil na estrutura de concreto:

- CP = 0,401 tf;
- SC = 0,864 tf.

2.4. VERIFICAÇÃO ELS

Figura 04 – Cargas no Perfil

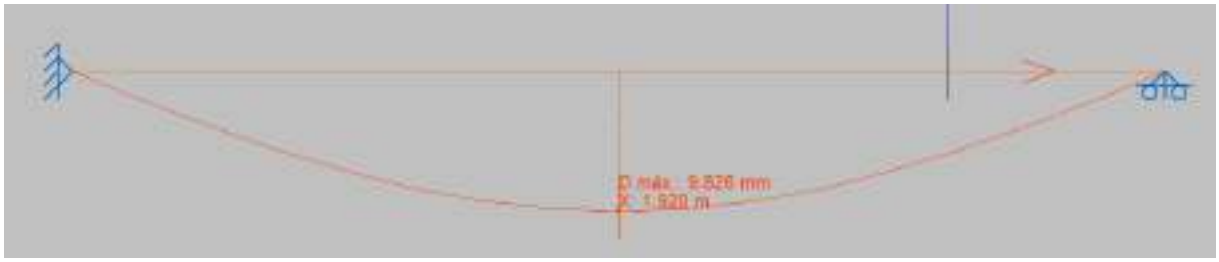
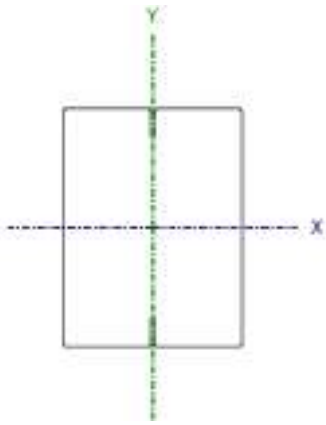


Figura 05 – Deformada máxima (9,826mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima (3,84m/350) apresentado de 10,97mm, o perfil é aprovado no ELS.

2.5. VERIFICAÇÃO ELU

Perfil: 200x75x25x2.00, Caixa dupla soldada (Cordão descontínuo)
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N67	N68	3.840	15.40	949.41	533.93	0.21

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	3.840	3.840	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N67/N68	x: 0.24 m (b_w/t) ≤ 500 (b_f/t) ≤ 60 Passa	$\lambda_{xx,c}$ ≤ 300.0 $\lambda_{yy,c}$ ≤ 300.0 Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	$N_{c,Sd}$ = 0.00 N.A.(2)	x: 1.92 m η = 78.4	M_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(4)	x: 0 m η = 25.4	x: 1.68 m η = 59.7	N.A.(5)	N.A.(6)	N.A.(7)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(8)	**PASSA** **η = 78.4**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(3) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(4) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	

(5) *Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.*
(6) *Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.*
(7) *Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.*
(8) *A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.*

Nota: A análise de peças compostas é realizada através da verificação de cada um dos perfis simples que as constituem. As verificações destes perfis são realizadas para os esforços calculados a partir daqueles que atuam sobre a peça composta, segundo as suas características mecânicas. Para as verificações de estabilidade, utiliza-se a esbeltez mecânica ideal, obtida em função da esbeltez da peça e uma esbeltez complementar que considera a distância das ligações entre os perfis simples.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

A relação comprimento-espessura desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância 0.240 m do nó N67.

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***95*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *190.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***33*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *65.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez KL/r das barras comprimidas não deve exceder 200.

Para barras compostas comprimidas, isto é, aquelas constituídas por um ou mais perfis associados, além de atender ao disposto em 9.7.4, o índice de esbeltez de cada perfil componente da barra deve ser inferior:

a) à metade do índice de esbeltez máximo do conjunto, para o caso de presilhas (chapas separadoras);

$\lambda_{xx,c}$: ***48.9*** ✓

$\lambda_{yy,c}$ < ***0.1*** ✓

Onde:

$K_xL_{x,c}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção composta, em relação ao eixo X. **$K_xL_{x,c}$** : *3.840* m

$K_yL_{y,c}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção composta, em relação ao eixo Y. **$K_yL_{y,c}$** : *0.000* m

$r_{x,c}$: Raio de giração da seção composta, em relação ao eixo principal X. **$r_{x,c}$** : *7.85* cm

$r_{y,c}$: Raio de giração da seção composta, em relação ao eixo principal Y. **$r_{y,c}$** : *5.89* cm

$K_xL_{x,s}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção simples, em relação ao eixo X. **$K_xL_{x,s}$** : *3.840* m

$K_yL_{y,s}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção simples, em relação ao eixo Y. **$K_yL_{y,s}$** : *0.000* m

$r_{x,s}$: Raio de giração da seção simples, em relação ao eixo principal X. **$r_{x,s}$** : *7.85* cm

$r_{y,s}$: Raio de giração da seção simples, em relação ao eixo principal Y. **$r_{y,s}$** : *2.81* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.784*** ✓

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável **M_{Sd}** produz-se num ponto situado a uma distância de 1.920 m do nó N67, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. **M_{Sd}** : *0.863* t·m

O momento fletor resistente de cálculo **M_{Rd}** deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c): **M_{Rd}** : *1.100* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : *1.100* t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. **W_{ef}** : *47.47* cm³

f_y: Tensão de escoamento. f_y : 2548.42 kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : 1.1

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.254*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se no nó N67, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. V_{Sd} : 0.899 t

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por: $^{(3)}V_{Rd}$: 3.531 t

para $1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$: 68.31

para h/t : 95.00

para $1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$: 88.54

Onde:

t: Espessura da alma. **t**: 2.00 mm

h: Largura da alma. **h**: 190.00 mm

f_y: Tensão de escoamento. f_y: 2548.42 kgf/cm²

E: Módulo de elasticidade. **E**: 2038736 kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ: 1.1

K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por: K_V: 5.00

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ produzem-se num ponto situado a uma distância 1.680 m do nó N67, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.597*** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.849*	t·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$: *1.100*	t·m
$\mathbf{V_{Sd}}$: Força cortante solicitante de cálculo.	$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.112*	t
$\mathbf{V_{Rd}}$: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	$\mathbf{V_{Rd}}$: *3.531*	t

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

3. LIGAÇÕES

3.1. ANCORAGEM PERFIS SEGUNDO PAVIMENTO (CHUMBADOR)

Hipótese:	1,25CP + 1,5SC		**CHUMBADORES ASTM A36**			
Tração:	0,000	tf	Abe tração:	0,000	cm²	6.3.3.1
Compressão:	0,000	tf	Ab cortante:	0,629	cm²	6.3.3.2
Cortante:	0,746	tf	Área chumbador:	0,317	cm²	
			lb:	7,620	cm	
b perfil:	5,000	cm	lh:	3,990	cm	
d perfil:	10,000	cm	Lt:	11,610	cm	
f:	5,618	cm				
			CHAPA DE BASE ASTM A36			
Ø Chumbador:	6,350		σc:	0,000	tf/cm²	
Qnt. Chubadores T:	0,000		σc,Rd:	0,102	tf/cm²	
Qnt. Chumbadores V:	2,000		n:	2,000	cm	
Tipo aço:	ASTM A36		m:	1,500	cm	
			t compressão:	0,000	mm	
			t tração:	0,000	mm	
CHAPA						
a concreto:	8,000	cm				
b concreto:	12,500	cm				
fck:	20,000	MPa				
a placa:	8,000	cm				
b placa:	12,500	cm				
Tipo aço:	ASTM A36					

Tabela 11 – Dimensionamento ancoragem perfis segundo pavimento

3.2. ANCORAGEM PERFIS TERCEIRO PAVIMENTO (CHUMBADOR)

Hipótese:	1,25CP + 1,5SC			**CHUMBADORES ASTM A36**			
Tração:	0,000	tf		Abe tração:	0,000	cm²	6.3.3.1
Compressão:	0,000	tf		Ab cortante:	1,516	cm²	6.3.3.2
Cortante:	1,797	tf		Área chumbador:	0,495	cm²	
				lb:	9,525	cm	
b perfil:	15,000	cm		lh:	4,987	cm	
d perfil:	20,000	cm		Lt:	14,512	cm	
f:	19,000	cm					
				CHAPA DE BASE ASTM A36			
Ø Chumbador:	7,938			σc:	0,000	tf/cm²	
Qnt. Chubadores T:	0,000			σc,Rd:	0,102	tf/cm²	
Qnt. Chumbadores V:	4,000			n:	5,500	cm	
Tipo aço:	ASTM A36			m:	4,500	cm	
				t compressão:	0,000	mm	
				t tração:	0,000	mm	
CHAPA							
a concreto:	23,000	cm					
b concreto:	28,000	cm					
fck:	20,000	MPa					
a placa:	23,000	cm					
b placa:	28,000	cm					
Tipo aço:	ASTM A36						

Tabela 12 – Dimensionamento ancoragem perfis terceiro pavimento

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que todos os elementos foram verificados e aprovados para as cargas que constam no memorial de cálculo e neste anexo.

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717

Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=financeiro@americalatina.eng.br
Data: 2024.06.26 17:28:35 -03'00'

ANEXO IV

VERIFICAÇÕES – PERFIS SUPORTE BRISE

NOVA SEDE PREFEITURA VILA VALÉRIO

VILA VALÉRIO – ES

Elaboração:

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

VILA VALÉRIO – ES

fevereiro/2024

Sumário

1. PERFIS BRISE 3
1.1. CARGAS - PESO PRÓPRIO 3
1.2. CARGAS - VENTO 3
1.3. REAÇÕES DO PERFIL 4
2. PERFIS SUPORTE BRISE 4
2.1. VERIFICAÇÃO ELS 5
2.2. VERIFICAÇÕES ELU 6
3. LIGAÇÕES 10
3.1. ANCORAGEM PÓRTICO SUPORTE (CHUMBADOR) 10
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 11

1. PERFIS BRISE

1.1. CARGAS - PESO PRÓPRIO

Os perfis do fechamento do Brise serão compostos de perfis U enrijecido de 1,17m de comprimento nas dimensões 32x30x6x2,00mm com área transversal de 0,0002m² e peso específico de 0,56kg/m conforme detalhe abaixo:

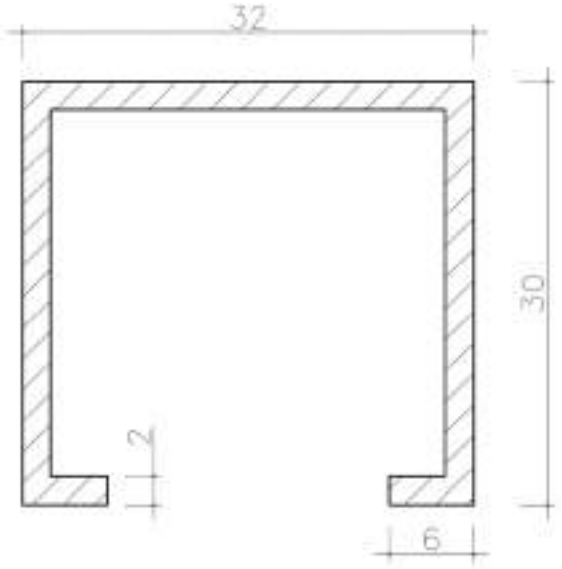


Figura 01 – Dimensões do perfil do Brise

1.2. CARGAS - VENTO

As cargas atuantes na estrutura são somente peso próprio e vento, não havendo sobrecarga nem carga permanente, uma vez que esse tipo de elemento não é projetado para utilização.

A carga de vento, por sua vez, é calculada conforme pressão dinâmica indicada no memorial de cálculo (q=0,056 tf/m²) e coeficiente de força indicado (Cx=2,05) para o caso, que se enquadra na Tabela 26 da NBR 6123:2023 no item de Perfis "U" com Cx a 0°.

q(vento) = q*Cx = 0,056*2,05*1000 = 114,8 kgF/m²

CARGAS NO PERFIL			
Descrição	**Carga**		**Natureza**
Peso Próprio Perfil	0,56	kgf/m	CP
Carga de Vento	114,8	kgf/m²	V

Tabela 01 – Cargas no perfil

1.3. REAÇÕES DO PERFIL

$$Reação(PP) = Q(kgf/m) * L(m)$$
$$Reação(PP) = 0{,}56 * 1{,}17$$
$$Reação(PP) = 0{,}655\ kgf$$
$$Reação(PP) = 0{,}0007\ tf$$

$$Reação(V) = Q(kgf/m^2)\ * (Largura\ perfil) * L(m)$$
$$Reação(V) = (114{,}8 * 0{,}32) * 1{,}17$$
$$Reação(V) = 4{,}31\ kgf$$
$$Reação(V) = 0{,}004\ tf$$

2. PERFIS SUPORTE BRISE

As reações do perfil do brise foram introduzidas nos pórticos que apoiarão esses perfis, conforme imagem abaixo:

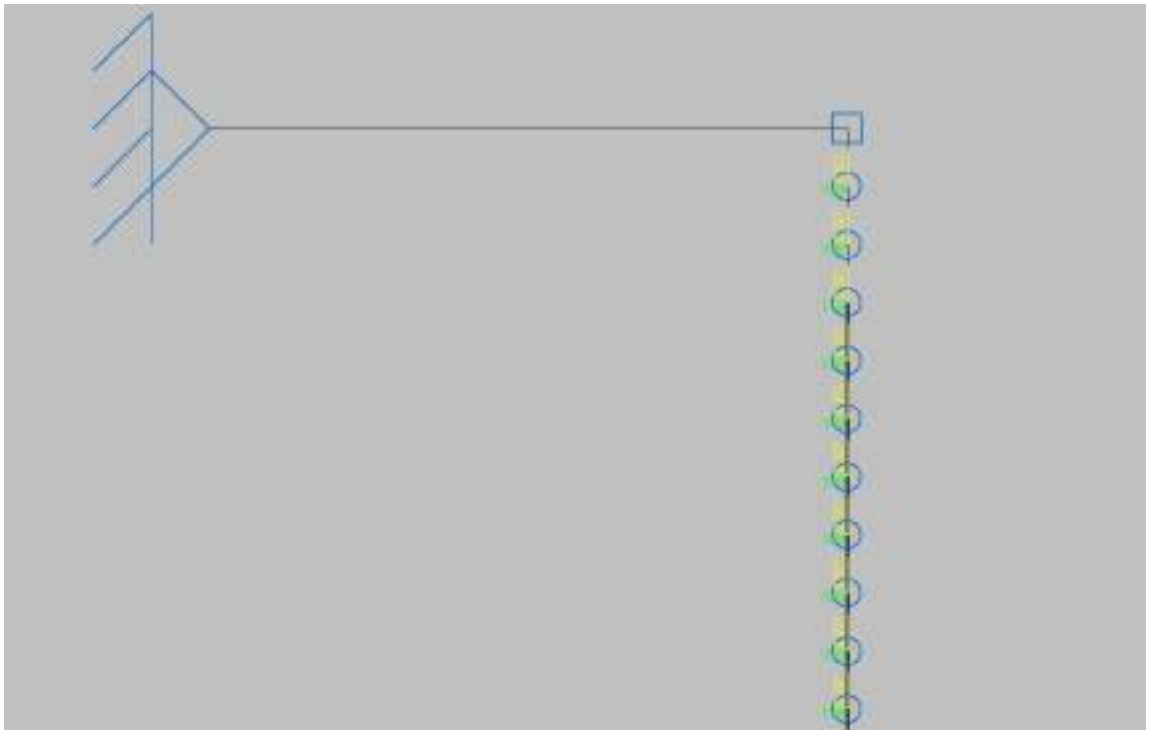


Figura 02 – Reações do perfil do Brise no suporte

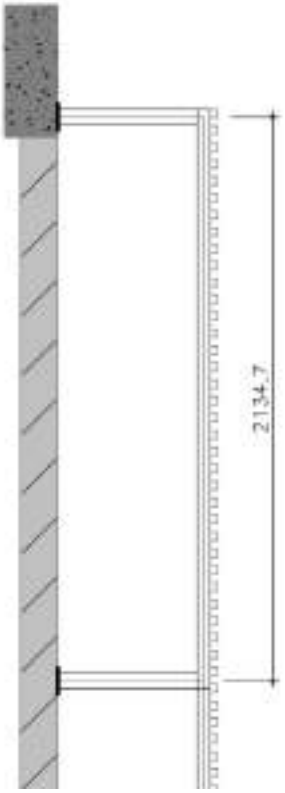


Figura 03 – Vista Lateral – pórtico crítico suporte do brise

2.1. VERIFICAÇÃO ELS

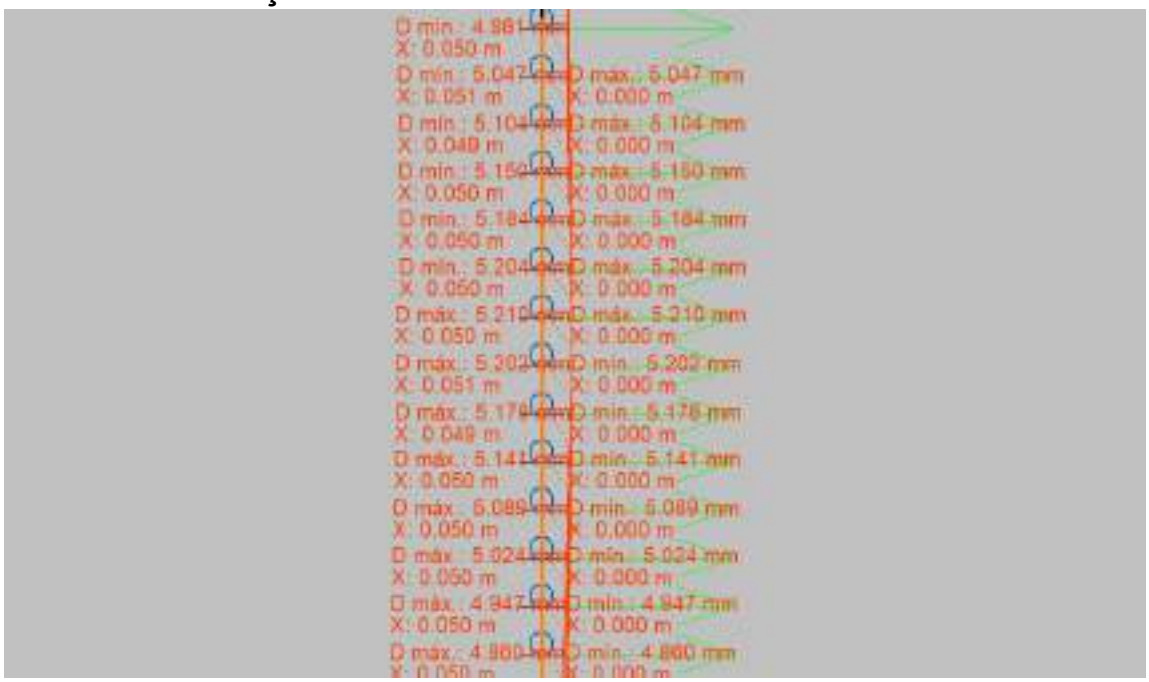


Figura 04 – Deformada máxima do pórtico crítico suporte do brise (5,210mm)

Levando em conta o comprimento do pórtico crítico de 2,135m e o deslocamento máximo descrito pela Tabela C.1 da NBR 8800:2008 de

travessas de fechamento para deslocamentos perpendiculares ao plano de fechamento de L/180, encontra-se:

Deslocamento limite = 2,135m/180 = 11,86mm

Deslocamento atuante = 5,21mm

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELS.

2.2. VERIFICAÇÕES ELU

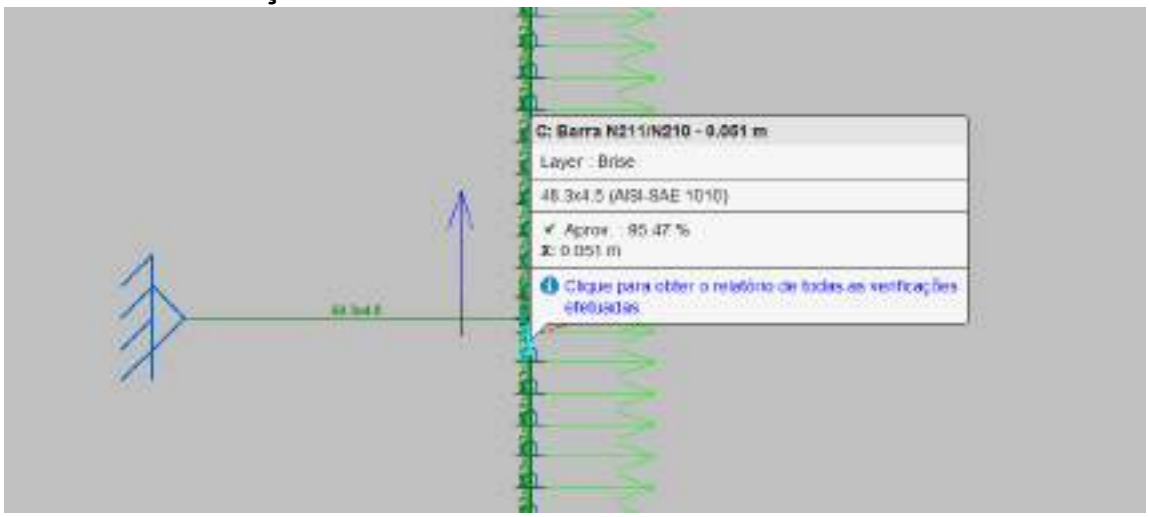
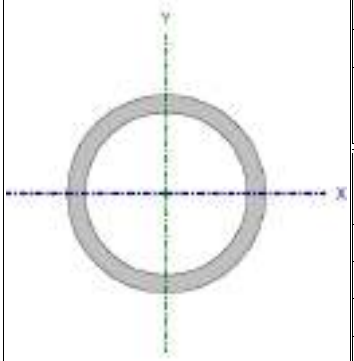


Figura 05 – Trecho crítico - pórtico suporte do brise

Perfil: 48.3x4.5
Material: Aço (AISI-SAE 1010)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N211	N210	0.051	6.19	15.01	15.01	30.01

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.051	0.051	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT	σ τ f	
N211/N210	N.A.(1)	x: 0.051 m η = 0.7	N.A.(2)	N.A.(3)	x: 0.051 m η = 95.1	η = 14.4	N.A.(4)	x: 0.051 m η = 95.5	N.A.(5)	N.A.(6)	N.A.(7)	**PASSA η = 95.5**

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT	$\sigma\ \tau$ f	

Notação:
- *λ: Limitação do índice de esbeltez*
- *N_t: Resistência à tração*
- *N_c: Resistência à compressão*
- *M_x: Resistência à flexão eixo X*
- *M_y: Resistência à flexão eixo Y*
- *V_x: Resistência ao esforço cortante X*
- *V_y: Resistência ao esforço cortante Y*
- *NM_xM_y: Resistência ao esforço axial e flexão combinados*
- *T: Resistência à torção*
- *NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante*
- *$\sigma\ \tau$ f: Resistência a interações de esforços e momento de torção*
- *x: Distância à origem da barra*
- *η: Coeficiente de aproveitamento (%)*
- *N.A.: Não aplicável*

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
- *(1) A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.*
- *(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.*
- *(3) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.*
- *(4) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.*
- *(5) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.*
- *(6) Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.*
- *(7) Não há interação entre o momento torsor, os dois momentos fletores e os dois esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.*

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.007*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N210, para a combinação de ações 1.25·PP+1.4·V0.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.069* t

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: *9.870* t

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. **A_g** : *6.19* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *1753.31* kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. **γ_{a1}** : *1.10*

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.951*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N210, para a combinação de ações 1.25·PP+1.4·V0.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **M_{Sd}^+** : *0.131* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *0.138* t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *0.149* t·m

Onde:

W_y: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_y** : *6.21* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *1753.31* kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-limite último de flambagem local da parede do tubo (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

10.73 ≤ **81.40**

M_{Rd} : *0.138* t·m

Onde:

λ : *10.73*

Sendo:

D: Diâmetro externo da seção transversal. **D** : *48.30* mm

t: Espessura. **t** : *4.50* mm

λ_p : *81.40*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *2038736* kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *1753.31* kgf/cm²

M_{pl} : *0.152* t

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. **Z_y** : *8.66* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *1753.31* kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.144*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.25·PP+1.4·V0.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. **V_{Sd}** : *0.427* t

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

V_{Rd} : *2.961* t

Onde:

τ_{cr}: Tensão crítica, igual ao maior dos seguintes valores: τ_{cr} : *1051.99* kgf/cm²

τ_{cr} : *1051.99* kgf/cm²

τ_{cr} : *1051.99* kgf/cm²

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *2038736* kgf/cm²

L_v: Distância entre os pontos de esforço cortante máximo e nulo, tomada, de forma conservadora, como o comprimento da viga. **L_v** : *7887.00* mm

D: Diâmetro externo da seção transversal. **D** : *48.30* mm

t_d: Espessura de cálculo da parede da seção transversal, tomada igual a 0.93 vezes a espessura nominal. **t_d** : *4.19* mm

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *1753.31* kgf/cm²

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. **A_g** : *6.19* cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.955*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N210, para a combinação de ações 1.25·PP+1.4·V0.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.	**$N_{t,Sd}$** :	*0.069* t
$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.	**$M_{x,Sd}^{-}$** :	*0.000* t·m
$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.	**$M_{y,Sd}^{+}$** :	*0.131* t·m

0.007 < **0.200**

η : *0.955*

Onde:

$N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2).	**$N_{t,Rd}$** :	*9.870* t
$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).	**$M_{x,Rd}$** :	*0.138* t·m
	$M_{y,Rd}$:	*0.138* t·m

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

3. LIGAÇÕES

3.1. ANCORAGEM PÓRTICO SUPORTE (CHUMBADOR)

Hipótese:	1,25CP + 1,5SC		**CHUMBADORES ASTM A36**				
Tração:	0,357	tf	Abe tração pura:	0,161	cm²	6.3.3.1
Compressão:	0,000	tf	Ab cortante pura:	0,249	cm²	6.3.3.2
Cortante:	0,295	tf	Ab tração+cortante:	0,748	cm²	
			Área chumbador:	0,317	cm²	
b perfil:	6,030	cm	lb:	7,620	cm	
d perfil:	6,030	cm	lh:	3,990	cm	
f:	8,015	cm	Lt:	11,610	cm	
Ø Chumbador:	6,350	(1/4")	**CHAPA DE BASE ASTM A36**			
Qnt. Chubadores T:	1,000		σc:	0,000	tf/cm²	
Qnt. Chumbadores V:	1,000		σc,Rd:	0,102	tf/cm²	
Qnt. Chumbadores T+V:	3,000		n:	2,588	cm	
Tipo aço:	ASTM A36		m:	2,136	cm	
			t compressão:	0,000	mm	
CHAPA			t tração:	2,641	mm	
a concreto:	10,000	cm				
b concreto:	10,000	cm				
fck:	20,000	MPa				
a placa:	10,000	cm				
b placa:	10,000	cm				
Tipo aço:	ASTM A36					

Tabela 02 – Dimensionamento ancoragem pórtico suporte

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que todos os elementos foram verificados e aprovados para as cargas que constam no memorial de cálculo e neste anexo.

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717

Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=financeiro@americalatina.eng.br
Data: 2024.06.26 17:28:17 -03'00'

ANEXO V

VERIFICAÇÕES – PERFIS SUPORTE CALHA

NOVA SEDE PREFEITURA VILA VALÉRIO

VILA VALÉRIO – ES

Elaboração:

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

VILA VALÉRIO – ES

fevereiro/2024

Sumário

1. TERÇAS – VEDAÇÃO CALHA 3
1.1. CARGAS NA TERÇA 3
1.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO 3
1.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL 3
1.4. VERIFICAÇÃO ELS 5
1.5. VERIFICAÇÃO ELU 5
2. MÃO FRANCESA – CALHA 8
2.1. VERIFICAÇÃO ELS 9
2.2. VERIFICAÇÃO ELU 9
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS 16

1. TERÇAS – VEDAÇÃO CALHA

1.1. CARGAS NA TERÇA

Não existe um cargo específico para carga de vento previsto da NBR 6123:2023, assim foi considerado um coeficiente de pressão de -1,5 para a carga de vento atuante na estrutura.

q(V) = q(pressão dinâmica) * Cp = 0,056 * -1,5 = -84,24 kg/m²

CARGAS NO PERFIL			
Descrição	**Carga**		**Natureza**
Peso Próprio Perfil	2,53	kgf/m	CP
Placa Cimentícia	10,23	kgf/m	CP
Carga de Vento	-84,24	kgf/m²	V
Sobrecarga Norm.	25	kgf/m²	SC

Tabela 01 – Cargas no perfil

1.2. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO

Foram consideradas apenas as principais combinações de cálculo para estruturas deste tipo. Essas combinações e seus valores estão descritos nas Tabelas 2 e 3, nas quais os valores positivos representam cargas gravitacionais e negativos antigravitacionais.

ELS		
CP+SC	0,020	tf/m
CP+V	-0,034	tf/m

Tabela 02 – Combinações ELS

ELU		
1,25CP+1,5SC	0,028	tf/m
CP+1,4V	-0,051	tf/m
1,25CP+1,4V	-0,049	tf/m
1,25CP+1,05SC+1,4V	-0,036	tf/m

Tabela 03 – Combinações ELU

1.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PERFIL

DIMENSIONAMENTO		
ELS		
Flecha máxima:	0,833	cm
Carga atuante:	-0,034	tf/m
E:	2050,000	tf/cm²
Ix:	0,109	cm^4
ELU		
Carga atuante:	-0,051	tf/m
M+:	-0,361	tfcm

M-:	0,642	tfcm
Wx:	0,282	cm^3

Tabela 04 – Cálculo do Perfil

RESULTADOS		
I nec	0,108	cm^4
W nec	0,282	cm^3

Tabela 05 – Cálculo do Perfil

Perfil definido: Barra chata 2”x1/4”

- Peso específico: 2,53 kg/m
- Ix: 0,108 cm^4
- Wx: (Ix/c) = 0,108/0,3175 = 0,341cm^3

```
Select objects: Specify opposite corner: 1 found
Select objects:
 ----------------   REGIONS   ----------------
Area:                     3.2258
Perimeter:                11.4300
Bounding box:          X: -2.5400  --  2.5400
                       Y: -0.3175  --  0.3175
Centroid:              X: 0.0000
                       Y: 0.0000
Moments of inertia:    X: 0.1084
                       Y: 6.9372
Product of inertia:   XY: 0.0000
Radii of gyration:     X: 0.1833
                       Y: 1.4665
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                       I: 0.1084 along [1.0000 0.0000]
                       J: 6.9372 along [0.0000 1.0000]
```

Figura 01 – Propriedades da seção do perfil

Reações do degrau nos perfis de suporte:

- CP = 0,005 tf;
- SC = 0,008 tf;
- V = -0,026 tf.

1.4. VERIFICAÇÃO ELS

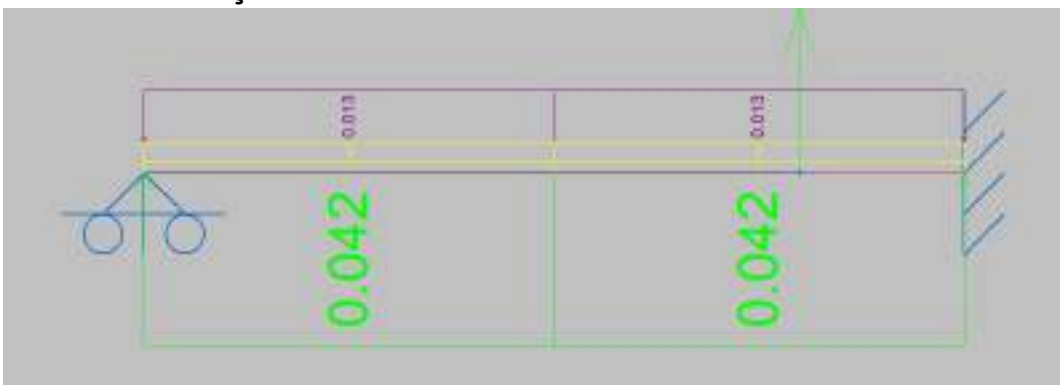


Figura 02 – Cargas no perfil

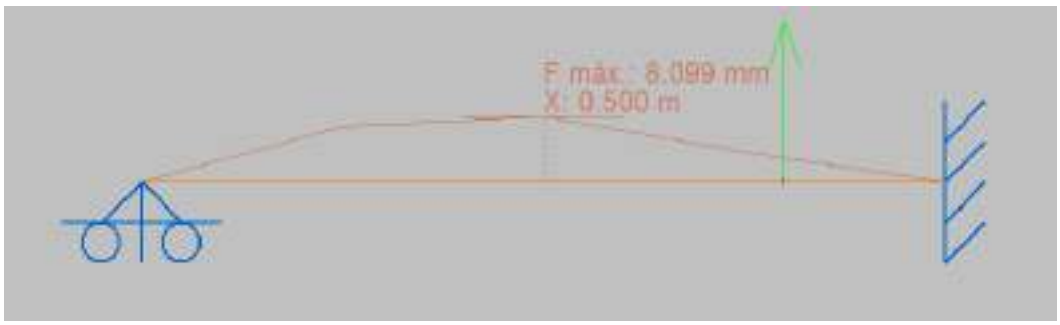


Figura 03 – Flecha máxima (8,099mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima (1,0m/120) apresentado de 8,33mm, o perfil é aprovado no ELS.

1.5. VERIFICAÇÃO ELU

Perfil: 50.80x6.35
Material: Aço (A-36 250Mpa)

Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N64	N65	1.000	3.23	6.94	0.11	0.40

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.000	1.000	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT	$\sigma\ \tau\ f$	
N64/N65	N.A.(1)	N.A.(2)	N.A.(3)	N.A.(4)	x: 1 m η = 53.9	x: 1 m η = 0.7	N.A.(5)	N.A.(6)	N.A.(7)	N.A.(8)	N.A.(9)	**PASSA η = 53.9**

Notação:
λ: Limitação do índice de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
NM_xM_y: Resistência ao esforço axial e flexão combinados
T: Resistência à torção
NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante
$\sigma\ \tau\ f$: Resistência a interações de esforços e momento de torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(3) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(4) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(5) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(6) Não existe interação entre o esforço axial e o momento fletor nem entre momentos fletores em ambas as direções para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.
(7) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.
(8) Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.
(9) Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.539*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N65, para a combinação de ações PP+1.4·V0.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **M_{Sd}^+** : *0.006* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *0.012* t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *0.012* t·m

Onde:

W_y: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_y** : *0.34* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-limite último de escoamento (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

M_{Rd} : *0.012* t·m

Onde:

M_{pl} : *0.013* t

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. **Z_y** : *0.51* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

<u>Resistência ao esforço cortante X</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.007*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N65, para a combinação de ações PP+1.4·V0.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. **V_{Sd}** : *0.032* t

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

V_{Rd} : *4.484* t

Onde:

V_{pl} : *4.932* t

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *3.23* cm²

Onde:

b: Largura total da seção transversal.	**b** : *50.80*	mm
h: Altura total da seção transversal.	**h** : *6.35*	mm
f_y: Resistência ao escoamento do aço.	f_y : *2548.42*	kgf/cm²
γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.	γ_{a1} : *1.10*	

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

2. MÃO FRANCESA – CALHA

As mãos francesas da calha são espaçadas a cada 1m e as reações da terça de vedação (indicados em 1.3) foram introduzidas na estrutura juntamente com a calha e sobrecarga causada por ela.

$$Sc(calha) = Peso\ água\ \left(\frac{tf}{m^3}\right) * Área\ de\ influência\ (m^2) * Vão\ (m)$$

$$Sc(calha) = 1\ \left(\frac{tf}{m^3}\right) * 0{,}14 * 0{,}1\ (m^2) * 1\ (m)$$

$$Sc(calha) = 0{,}014\ tf$$

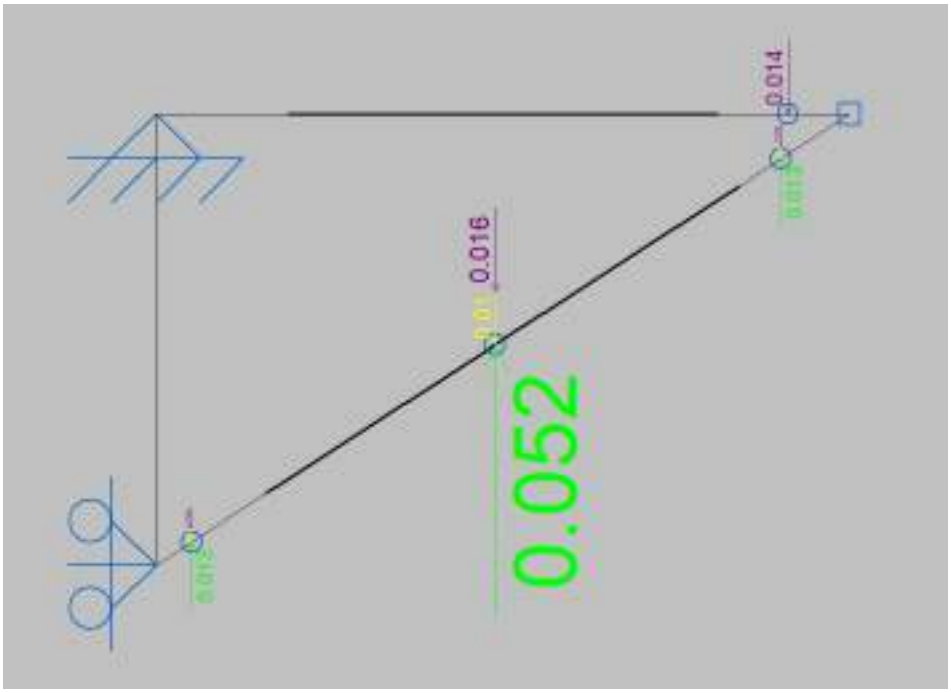


Figura 04 – Reações das terças e da calha na mão francesa

2.1. VERIFICAÇÃO ELS

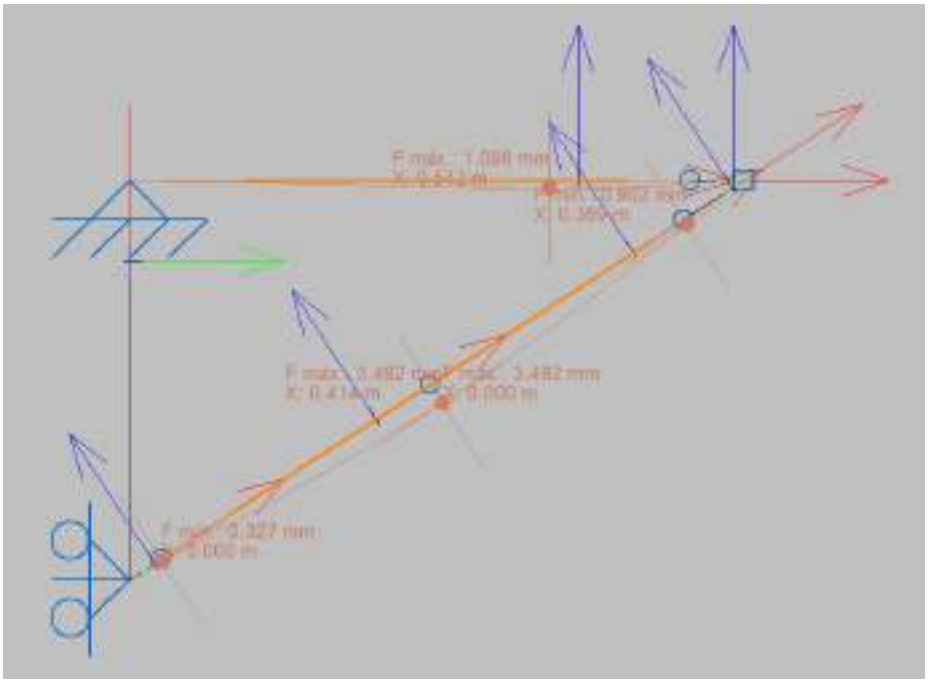


Figura 05 – Deformada máxima (3,492mm)

Dados os resultados demonstrados acima e o cálculo da flecha máxima de (0,994m/250) para vigas de cobertura de 3,976mm, o perfil é aprovado no ELS.

2.2. VERIFICAÇÃO ELU

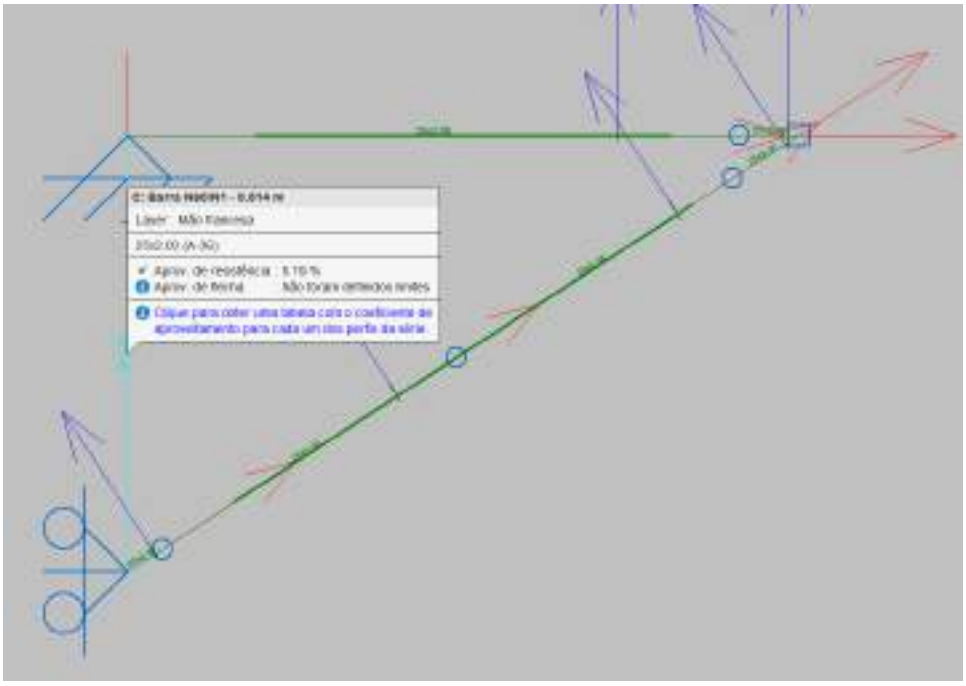
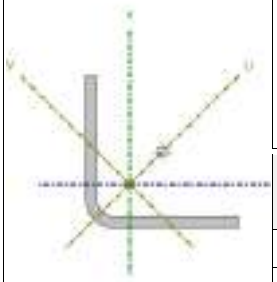


Figura 06 – Seção Crítica – Mão Francesa

Perfil: 25x2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_{xy}(4) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)	α(5) (graus)
N60	N1	0.514	0.92	0.56	0.56	-0.36	0.01	-5.24	-5.24	45.0

Notas:
(1) *Inércia em relação ao eixo indicado*
(2) *Momento de inércia à torção uniforme*
(3) *Coordenadas do centro de gravidade*
(4) *Produto de inércia*
(5) *É o ângulo que forma o eixo principal de inércia U em relação ao eixo X, positivo no sentido anti-horário.*

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.514	0.514	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_u	M_v	V_u	V_v	M_uV_v	M_vV_u	$N_cM_uM_v$	$N_tM_uM_v$	M_t	
N60/N1	$(b_f/t) \leq 200$ Passa	$\lambda_{uu} \leq 200.0$ $\lambda_{vv} \leq 200.0$ Passa	x: 0.514 m η = 3.3	x: 0 m η = 8.2	M_{Sd} = 0.00 N.A.(1)	M_{Sd} = 0.00 N.A.(1)	η = 1.4	η = 1.4	N.A.(2)	N.A.(2)	N.A.(3)	N.A.(4)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(5)	**PASSA η = 8.2**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_u: Resistência à flexão eixo U
M_v: Resistência à flexão eixo V
V_u: Resistência ao esforço cortante U
V_v: Resistência ao esforço cortante V
M_uV_v: Resistência ao momento fletor U e esforço cortante V combinados
M_vV_u: Resistência ao momento fletor V e esforço cortante U combinados
$N_cM_uM_v$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_uM_v$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) *A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.*
(2) *Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.*
(3) *Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.*
(4) *Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.*
(5) *A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.*

<u>Valores máximos da relação comprimento-espessura</u> (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Mesa

Em almas de vigas sem enrijecedores transversais, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 200.

(b/t) : ***10*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *20.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

λ_{uu} : ***51.5*** ✓

λ_{vv} : ***110.8*** ✓

Onde:

K_uL_u: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo U. K_uL_u : *0.514* m

K_vL_v: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo V. K_vL_v : *0.514* m

r_u: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal U. r_u : *1.00* cm

r_v: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal V. r_v : *0.46* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

Deve satisfazer:

η : ***0.033*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SC.

$N_{t,Sd}$: Asforço axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. $N_{t,Sd}$: *0.070* t

A força normal de tração resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ deve ser tomada como:

$N_{t,Rd}$: *2.143* t

Onde:

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : *0.92* cm²

f_y: Tensão de escoamento. f_y : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : ***0.082*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N60, para a combinação de ações PP+1.4·V0.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. **$N_{c,Sd}$** : *0.084* t

A força normal de compressão resistente de cálculo **$N_{c,Rd}$** deve ser tomada como:

$N_{c,Rd}$: *1.025* t

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. **A_{ef}** : *0.92* cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ_{vv} : *0.52*

χ_{xz} : *0.87*

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,\,vv}$: *1.25*

$\lambda_{0,\,xz}$: *0.58*

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 9.7.2.

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : *0.92* cm²

f_y: Tensão de escoamento. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.2*

A força normal de flambagem elástica **N_e** é o menor valor entre os obtidos por a) e b): **N_e** : *1.517* t

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo V.

N_{ev} : *1.517* t

b) Força normal de flambagem elástica por flexo-torção.

N_{exz} : 7.014 t

Onde:

N_{ex} : 7.014 t

N_{ez} : ∞

I_u: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo U.	I_u :	0.92	cm4
I_v: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo V.	I_v :	0.20	cm4
I_t: Momento de inércia à torção uniforme.	I_t :	0.01	cm4
C_w: Constante de empenamento da seção.	C_w :	0.00	cm6
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	2038736	kgf/cm²
G: Módulo de elasticidade transversal.	**G** :	784129	kgf/cm²
K_uL_u: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo U.	K_uL_u :	0.514	m
K_vL_v: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo V.	K_vL_v :	0.514	m
K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção.	K_zL_z :	0.000	m
r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção.	r_0 :	1.39	cm

Sendo:

r_u, r_v: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia U e V.	r_u :	1.00	cm
	r_v :	0.46	cm
u_0, v_0: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais U e V, respectivamente, em relação ao centróide da seção.	u_0 :	-8.52	mm
	v_0 :	0.00	mm

Resistência à flexão eixo U (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo V (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante U (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.014*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se para a combinação de hipóteses PP+1.4·V0.

$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.011* t

A resistência de cálculo ao esforço cortante $\mathbf{V_{Rd}}$ é a menor das obtidas segundo os itens a) e b):

$\mathbf{V_{Rd}}$: *0.786* t

a) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura da mesa vertical.

$\mathbf{V_{Rd}}$: *0.786* t

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: *33.46*

para $\mathbf{h/t}$: *10.00*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: *43.38*

Onde:

t: Espessura da alma. **t** : *2.00* mm

h: Largura da alma. **h** : *20.00* mm

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *2548.42* kgf/cm²

E: Módulo de elasticidade. **E** : *2038736* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por: $\mathbf{K_V}$: *1.20*

b) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura da mesa horizontal.

$\mathbf{V_{Rd}}$: *0.786* t

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: *33.46*

para $\mathbf{h/t}$: *10.00*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: *43.38*

Onde:

t: Espessura da alma. **t** : *2.00* mm

h: Largura da alma. **h** : *20.00* mm

f_y: Tensão de escoamento. f_y : 2548.42 kgf/cm²

E: Módulo de elasticidade. **E** : 2038736 kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : 1.1

K_v: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por: **K_v** : 1.20

Resistência ao esforço cortante V (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : **0.014** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável **V_{Sd}** produz-se para a combinação de hipóteses PP+1.4·V0. **V_{Sd}** : 0.011 t

A resistência de cálculo ao esforço cortante **V_{Rd}** é a menor das obtidas segundo os itens a) e b): **V_{Rd}** : 0.786 t

a) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura da mesa vertical.

V_{Rd} : 0.786 t

para **$1.08(EK_v/f_y)^{0.5}$** : 33.46

para **h/t** : 10.00

para **$1.4(EK_v/f_y)^{0.5}$** : 43.38

Onde:

t: Espessura da alma. **t** : 2.00 mm

h: Largura da alma. **h** : 20.00 mm

f_y: Tensão de escoamento. f_y : 2548.42 kgf/cm²

E: Módulo de elasticidade. **E** : 2038736 kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : 1.1

K_v: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por: **K_v** : 1.20

b) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura da mesa horizontal.

V_{Rd} : 0.786 t

para	$1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$:	*33.46*	
para	**h/t** :	*10.00*	
para	$1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$:	*43.38*	

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** :	*2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h** :	*20.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y :	*2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	*203873 6*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	K_V :	*1.20*	

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que todos os elementos foram verificados e aprovados para as cargas que constam no memorial de cálculo e neste anexo.

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717

Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=financeiro@americalatina.eng.br
Data: 2024.06.26 17:28:26 -03'00'

ANEXO VI

VERIFICAÇÕES – COBERTURA ATIRANTADA

NOVA SEDE PREFEITURA VILA VALÉRIO

VILA VALÉRIO – ES

Elaboração:

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

VILA VALÉRIO – ES

fevereiro/2024

Sumário

1. TERÇA – COBERTURA ATIRANTADA 3
1.1. CARGAS NA TERÇA 3
1.2. VERIFICAÇÃO ELS 4
1.3. VERIFICAÇÃO ELU 5
2. TIRANTE – COBERTURA ATIRANTADA 12
2.1. VERIFICAÇÃO ELU 12
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS 16

1. TERÇA – COBERTURA ATIRANTADA

1.1. CARGAS NA TERÇA

Tabela 17 - Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a uma água plana

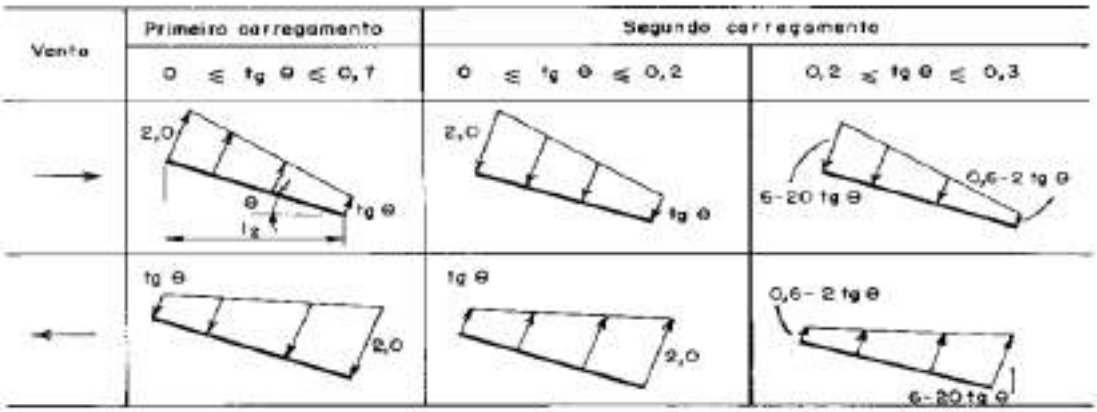


Figura 01 – Tabela 17 – NBR 6123:2023

tg(θ) = h/l
tg(θ) = 0,22/2,20
tg(θ) = 0,10

Primeiro Carregamento:
Ce máx = -2,00
Ce mín = -0,05

Segundo Carregamento:
Ce máx = 2,00
Ce mín = 0,05

Q(pressão dinâmica) = 0,056 tf/m² (conforme item 5.2.1 do memorial de cálculo)

$$Vb\ (barlavento) = q * Cpb$$

$$Vb(max) = 56{,}16 * -2{,}0 * 0{,}001$$

$$\boldsymbol{Vb(max) = -0{,}112\ tf/m^2(barlavento)}$$

$$V(min) = 56{,}16 * -0{,}05 * 0{,}001$$

$$\boldsymbol{Vb(max) = -0{,}003\ tf/m^2(barlavento)}$$

$$\boldsymbol{Vs(max) = 0{,}112\ tf/m^2(barlavento)}$$

$$\boldsymbol{Vs(min) = 0{,}003\ tf/m^2(barlavento)}$$

CARGAS NO PERFIL			
Descrição	**Carga**		**Natureza**
Peso Próprio Perfil	3,12	kgf/m	CP
Carga de Vento	±112,32	kgf/m²	V
Sobrecarga Norm.	25	kgf/m²	SC

Tabela 01 – Cargas no perfil

1.2. VERIFICAÇÃO ELS

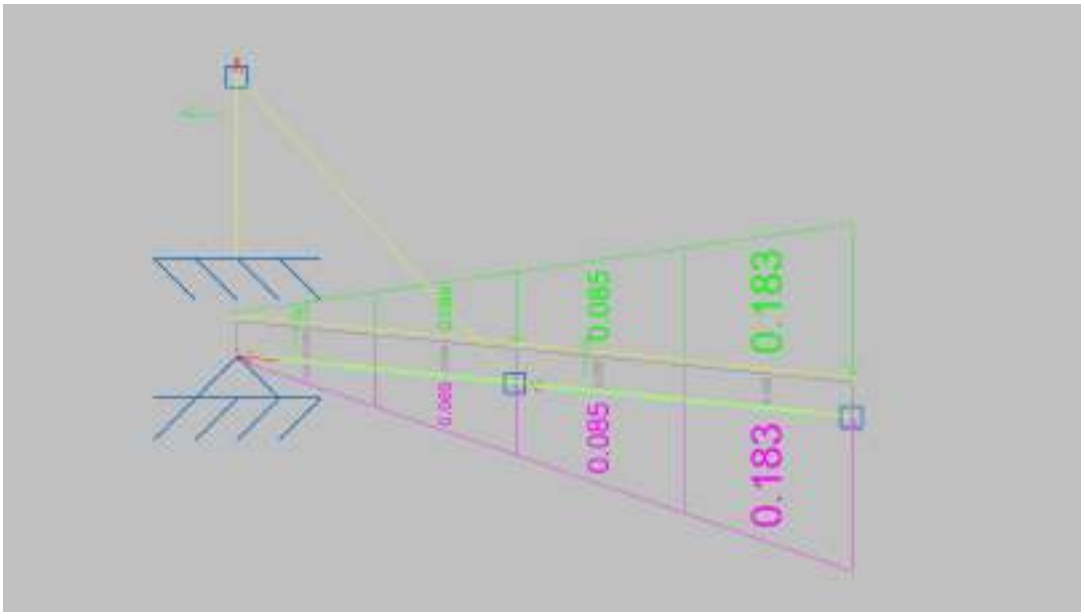


Figura 02 – Cargas no perfil

Figura 03 – Deformada máxima terça (15,708 mm)

- Deformação limite = 2,211m/120 (terça cobertura) = 18,42mm.

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELS.

1.3. VERIFICAÇÃO ELU

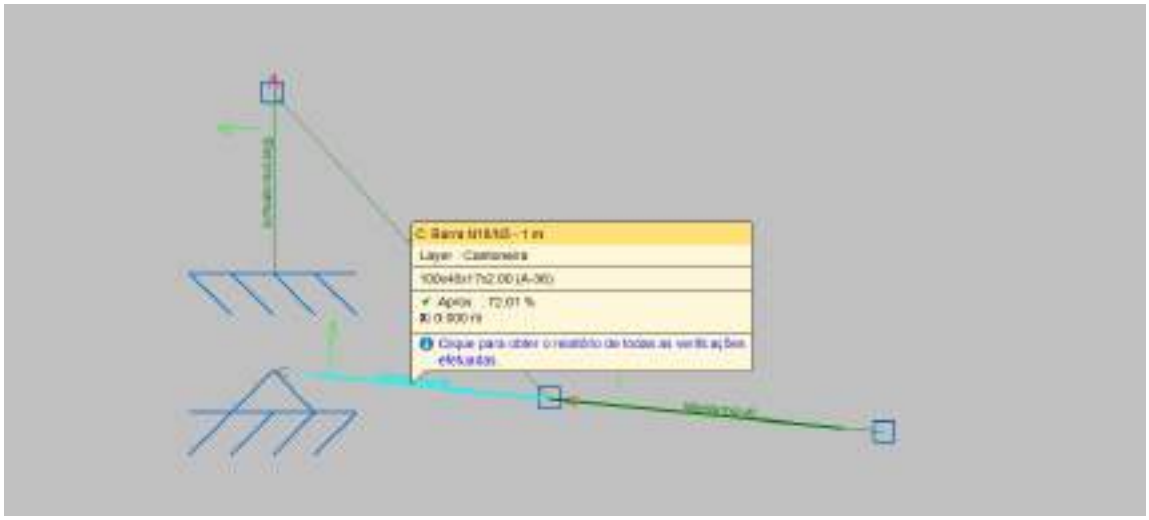
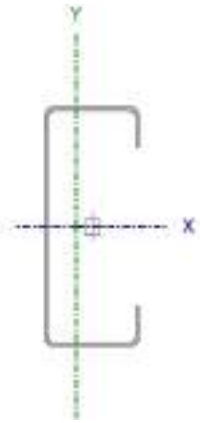


Figura 04 – Seção Crítica – Pórtico Cobertura Atirantada

Perfil: 100x40x17x2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N18	N3	1.000	3.98	59.60	9.09	0.05	-6.30	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.000	1.000	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N18/N3	$(b_w/t) \leq 500$ $(b_f/t) \leq 60$ Passa	$\lambda_{xx} \leq 200.0$ $\lambda_{yy} \leq 200.0$ Passa	x: 0 m η = 4.0	x: 0 m η = 8.7	x: 0 m η = 63.3	M_{Sd} = 0.00 N.P.(1)	V_{Sd} = 0.00 N.P.(2)	x: 0 m η = 9.7	x: 0 m η = 41.0	N.P.(3)	x: 0 m η = 72.0	x: 0 m η = 47.6	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.P.(4)	**PASSA** **η = 72.0**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.P.: Não procede

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(3) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(4) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***45*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *90.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***15*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *30.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

λ_{xx} : ***25.8*** ✓

λ_{yy} : ***66.2*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **K_xL_x** : *1.000* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **K_yL_y** : *1.000* m

r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. **r_x** : *3.87* cm

r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. **r_y** : *1.51* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

Deve satisfazer:

η : **0.040** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N18, para a combinação de ações PP+1.4·V90.

$N_{t,Sd}$: Asforço axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.365* t

A força normal de tração resistente de cálculo **$N_{t,Rd}$** deve ser tomada como:

$N_{t,Rd}$: *9.219* t

Onde:

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : *3.98* cm²
f_y: Tensão de escoamento. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : **0.087** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N18, para a combinação de ações 1.25·PP+1.05·SC2+1.4·V0.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. **$N_{c,Sd}$** : *0.549* t

A resistência de cálculo à compressão **$N_{c,Rd}$** é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens: **$N_{c,Rd}$** : *6.308* t

a) Inicio de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

$N_{c,Rd}$: *6.308* t

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. **A_{ef}** : *3.75* cm²
χ_{yy} : *0.79*

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ_{xz} : 0.97

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,yy}$: 0.74 $\lambda_{0,xz}$: 0.29

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 9.7.2.

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : 3.98 cm²

f_y: Tensão de escoamento. **f_y** : 2548.42 kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : 1.2

A força normal de flambagem elástica **N_e** é o menor valor entre os obtidos por a) e b): **N_e** : 18.289 t

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

N_{ey} : 18.289 t

b) Força normal de flambagem elástica por flexo-torção.

N_{exz} : 119.930 t

Onde:

N_{ex} : 119.930 t

N_{ez} : ∞

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X. **I_x** : 59.60 cm4

I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y. **I_y** : 9.09 cm4

I_t: Momento de inércia à torção uniforme. **I_t** : 0.05 cm4

C_w: Constante de empenamento da seção. **C_w** : 212.35 cm6

E: Módulo de elasticidade. **E** : 2038736 kgf/cm²

G: Módulo de elasticidade transversal. **G** : 784129 kgf/cm²

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **K_xL_x** : *1.000* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **K_yL_y** : *1.000* m

K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção. **K_zL_z** : *0.000* m

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção.

r_0 : *5.28* cm

Sendo:

r_x, r_y: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente. **r_x** : *3.87* cm **r_y** : *1.51* cm

x_0, y_0: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção. **x_0** : *-32.55* mm **y_0** : *0.00* mm

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.633*** ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo **M_{Sd}** é obtido para o nó N18, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.05·SC2+1.4·V0. **M_{Sd}** : *0.175* t·m

O momento fletor resistente de cálculo **M_{Rd}** deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c): **M_{Rd}** : *0.276* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : *0.276* t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. **W_{ef}** : *11.92* cm³

f_y: Tensão de escoamento. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.097*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se no nó N18, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.05·SC2+1.4·V0.

V_{Sd} : *0.243* t

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$^{(1)}V_{Rd}$: *2.502* t

para $1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$: *68.31*

para h/t : *45.00*

para $1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	t :	*2.00*	mm
h: Largura da alma.	h :	*90.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y :	*2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	E :	*2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	K_V :	*5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ são obtidos no nó N18, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.05·SC2+1.4·V0.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.410*** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$:	*0.175* t·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$:	*0.276* t·m
$\mathbf{V_{Sd}}$: Força cortante solicitante de cálculo.	$\mathbf{V_{Sd}}$:	*0.243* t
$\mathbf{V_{Rd}}$: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	$\mathbf{V_{Rd}}$:	*2.502* t

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N18, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.05·SC2+1.4·V0.

η : ***0.720*** ✓

Onde:

$\mathbf{N_{c,Sd}}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo.	$\mathbf{N_{c,Sd}}$:	*0.549* t
$\mathbf{M_{x,Sd}}$, $\mathbf{M_{y,Sd}}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.	$\mathbf{M_{x,Sd}}$:	*0.175* t·m
	$\mathbf{M_{y,Sd}}$:	*0.000* t·m
$\mathbf{N_{c,Rd}}$: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7.	$\mathbf{N_{c,Rd}}$:	*6.308* t
$\mathbf{M_{x,Rd}}$, $\mathbf{M_{y,Rd}}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	$\mathbf{M_{x,Rd}}$:	*0.276* t·m
	$\mathbf{M_{y,Rd}}$:	*0.080* t·m

Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços desfavoráveis de cálculo são obtidos no nó N18, para a combinação PP+1.4·V90.

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

η : ***0.476*** ✓

Onde:

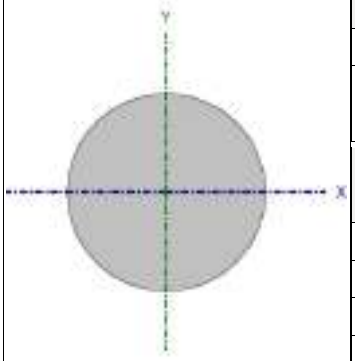
$N_{t,Sd}$: Força normal de tração solicitante de cálculo.	**$N_{t,Sd}$** :	*0.365* t
$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.	**$M_{x,Sd}$** :	*0.121* t·m
	$M_{y,Sd}$:	*0.000* t·m
N_{Rd}: Força normal de tração resistente de cálculo conforme 9.6.	**N_{Rd}** :	*9.219* t
$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	**$M_{x,Rd}$** :	*0.276* t·m
	$M_{y,Rd}$:	*0.080* t·m

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

2. TIRANTE – COBERTURA ATIRANTADA

2.1. VERIFICAÇÃO ELU

Perfil: 1/2"
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N18	N6	1.483	1.27	0.13	0.13	0.26

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	0.00	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT	$\sigma\ \tau$ f	
N18/N6	N.P.(1)	x: 1.483 m η = 27.0	x: 0 m η = 17.7	x: 0 m η = 8.7	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η = 34.6	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	**PASSA η = 34.6**

Notação:
λ: Limitação do índice de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
NM_xM_y: Resistência ao esforço axial e flexão combinados
T: Resistência à torção
NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante
$\sigma\ \tau$ f: Resistência a interações de esforços e momento de torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.P.: Não procede

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.):
(1) A verificação não procede, já que os comprimentos de flambagem por flexão são nulos.
(2) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(3) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(4) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.
(5) Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT	$\sigma\ \tau\ f$	
(6) Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.												

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

A verificação não procede, já que os comprimentos de flambagem por flexão são nulos.

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.270*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações 1.5·PP+1.05·SC2+1.4·V0.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.792* t

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: *2.935* t

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. **A_g** : *1.27* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. **γ_{a1}** : *1.10*

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.177*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N18, para a combinação de ações PP+1.4·V90.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{c,Sd}$** : *0.519* t

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{c,Rd}$: *2.935* t

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão. χ : 1.000

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. **Q** : 1.000

$\mathbf{A_g}$: Área bruta da seção transversal da barra. $\mathbf{A_g}$: 1.27 cm²

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 2548.42 kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

Não se aplica nenhuma redução, já que os comprimentos efetivos de flambagem são nulos.

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : **0.087** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N18, para a combinação de ações 1.5·PP+1.4·V0.

$\mathbf{M_{Sd}^-}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $\mathbf{M_{Sd}^-}$: 0.001 t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: $\mathbf{M_{Rd}}$: 0.007 t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$\mathbf{M_{Rd}}$: 0.007 t·m

Onde:

$\mathbf{W_x}$: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. $\mathbf{W_x}$: 0.20 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 2548.42 kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-limite último de escoamento (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$\mathbf{M_{Rd}}$: 0.008 t·m

Onde:

$\mathbf{M_{pl}}$: 0.009 t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. **Z_x** : *0.34* cm³
f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²
γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. **γ_{a1}** : *1.10*

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N18, para a combinação de ações 1.5·PP+1.4·V0.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. **V_{Sd}** : *0.001* t

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

V_{Rd} : *1.761* t

Onde:

V_{pl} : *1.937* t

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *1.27* cm²

Onde:

D: Diâmetro externo da seção transversal. **D** : *12.70* mm
f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *2548.42* kgf/cm²
γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. **γ_{a1}** : *1.10*

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.346*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N18, para a combinação de ações 1.5·PP+1.05·SC2+1.4·V0.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.	**$N_{t,Sd}$** : *0.790* t
$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.	**$M_{x,Sd}^{-}$** : *0.001* t·m
$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.	**$M_{y,Sd}^{-}$** : *0.000* t·m

0.269 ≥ **0.200**

η : *0.346*

Onde:

$N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2).	**$N_{t,Rd}$** : *2.935* t
$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).	**$M_{x,Rd}$** : *0.007* t·m **$M_{y,Rd}$** : *0.007* t·m

Dados os resultados demonstrados acima, o perfil é aprovado no ELU.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que todos os elementos foram verificados e aprovados para as cargas que constam no memorial de cálculo e neste anexo.

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717

Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA, email=financeiro@americalatina.eng.br
Data: 2024.06.26 17:27:43 -03'00'