



CONSTRUÇÕES EM AÇO

**MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURAL**Nº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
1/71**Índice de Revisões**

Disciplina	Revisão	Data	Descrição / Comentários	Status	Elaboração	Aprovação
EM — Estruturas Metálicas	00	27/04/26	Emissão inicial do memorial de cálculo da estrutura metálica do galpão.	Emissão para análise	CODEME	STB

	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6
DATA	27/04/26						
EXECUÇÃO	Cassius						
VERIFICAÇÃO	Cassius						
APROVAÇÃO	Juliano						

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

 CONSTRUÇÕES EM AÇO		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC
				Revisão: REV00
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL	Data:
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa			27/04/26
Cálculo:	Cassius Moraes			Folha:
Aprovação:	Juliano Lanza			2/71

Elaboração da Memória de Cálculo

Cassius Moraes

Data: 27/04/26

NOME DO CALCULISTA
Eng.º Calculista

Verificação da Memória de Cálculo

Cassius Moraes

Data: 27/04/26

NOME DO CALCULISTA
Eng.º Coordenador do Projeto

Análise Crítica

Os documentos acima verificados estão de acordo com os dados de entrada validados para o projeto e atendem aos requisitos aplicáveis a sua elaboração.

Juliano Lanza

Data: 27/04/26

NOME DO GERENTE DE ENGENHARIA
Gerente de Engenharia

Aprovação da Memória de Cálculo:

Data: 27/04/26

Roberval Pimenta
Diretor Técnico

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

 CONSTRUÇÕES EM AÇO		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC	
				Revisão: REV00	
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL	Data:	
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa			27/04/26	
Cálculo:	Cassius Moraes			Folha:	
Aprovação:	Juliano Lanza			3/71	
Índice					
1		GENERALIDADES		4	
1.1		Descrição da Obra.....		4	
1.2		Normas e Bibliografias Técnicas Utilizadas		6	
1.3		Materiais Utilizados		6	
2		DESENHOS DE REFERÊNCIA.....		7	
3		AÇÕES		7	
3.1		Ações Gravitacionais.....		7	
3.1.1		Cargas Permanentes		7	
3.1.2		Sobrecargas		8	
3.2		Ações Horizontais		9	
3.2.1		Cargas de Vento.....		9	
3.2.2		Forças Nocionais (CN)		12	
3.2.3		Impactos Transversal e Longitudinal da Ponte Rolante		12	
4		COMBINAÇÕES DAS AÇÕES		13	
5		DESLOCAMENTOS MÁXIMOS ADMISSÍVEIS		13	
6		ANÁLISE ESTRUTURAL E DIMENSIONAMENTO		14	
6.1		Estruturas de Estabilidade		14	
6.2		Elementos Secundários		14	
6.3		Bases de Pilares		14	
6.4		Vigas de Rolamento		15	
6.5		Terças e Travessas		15	
7		LISTAGEM DOS PROJETOS EMITIDOS		15	
8		ANEXOS:.....		16	
		ANEXO A - Dimensionamento das Estruturas de Estabilidade		16	
		ANEXO B - Dimensionamento dos Elementos Secundários.....		31	
		ANEXO C - Dimensionamento das Bases de Pilares.....		34	
		ANEXO D – Dimensionamento das Vigas de Rolamento		59	
		ANEXO E – Dimensionamento de Terças e Travessas.....		65	
Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.				IT-GE-002/A	
				Rev.02 – 17/11/2017	

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
4/71

1 Generalidades

1.1 Descrição da Obra

Essa edificação consiste em um galpão de aproximadamente 870 m² (1 nave com 21,65 m de largura por 40 m de comprimento – medidas entre eixos de pilares) a ser construído na cidade de Araxá – MG. Sua estrutura não tem interface ou interferência com outras edificações e há previsão de expansão somente no sentido do seu comprimento.

Na nave da edificação foi solicitada a circulação de 1 ponte rolante com capacidades de 5 ton, onde o topo das vigas de rolamento estará a 10 m de altura em relação ao piso acabado do galpão.

A estabilidade transversal se dá por meio de pórticos (tesouras e pilares em perfis “I”). Esses pórticos têm espaçamento de 10m entre eles, a inclinação da cobertura é de 10° e as vigas de rolamento têm vãos de 10 m.

Já a estabilidade longitudinal se dá por meio de contraventamentos horizontais de cobertura e verticais.

O fck do concreto da fundação foi considerado com 30 Mpa.

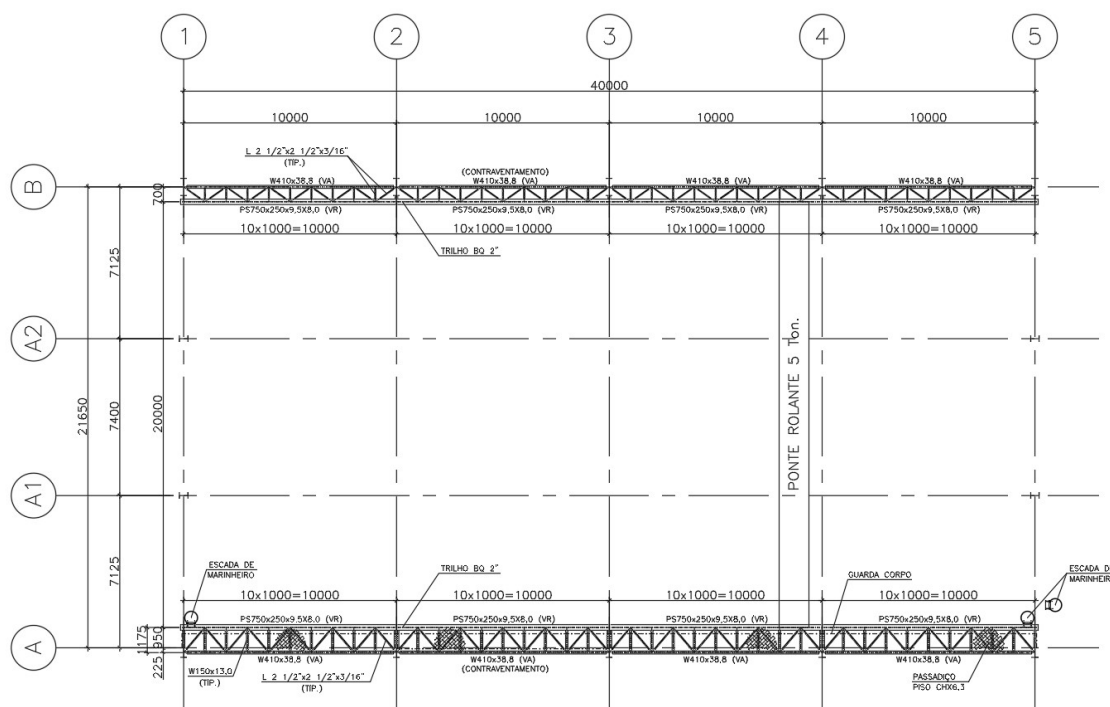


Figura 1 – Planta baixa do caminho de rolamento

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

 CONSTRUÇÕES EM AÇO		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC
				Revisão: REV00
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL	Data: 27/04/26
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa			
Cálculo:	Cassius Moraes			Folha: 6/71
Aprovação:	Juliano Lanza			
Figura 3 – Elevação longitudinal				
1.2 Normas e Bibliografias Técnicas Utilizadas ABNT NBR 6120:2019 – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. ABNT NBR 6123:2023 – Forças Devidas ao Vento em Edificações. ABNT NBR 8800:2024 – Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios. ABNT NBR 6118:2023 – Projeto de Estruturas de Concreto Armado. ANSI/AISC 360-10 – Specification for Structural Steel Buildings. AWS (American Welding Society) – D1.1 – 2004 – Structural Welding Code – Steel. BCSA (British Construction Steelwork Association Limited) - Joints in Steel Construction: Moment Connections. AIST13 – Guide for the Design and Construction of Mill Buildings ABNT NBR 14762:2010 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. NBR 6355 PB 347 - Perfis estruturais de aço formados a frio. SDI_AISI_S100_2024_Specification_for_the_Design_of_Cold_Formed_steel.				
1.3 Materiais Utilizados Perfis "I" soldados e chapas de ligação: Aço ASTM A572 Grau 50 (fy = 345 MPa e fu = 450 MPa) Perfis "I" laminados: Aço ASTM A572 Grau 50 (fy = 345 MPa e fu = 450 MPa). Perfis tubulares: Aço ASTM A572 Grau 50 ou VMB350 (fy = 345 MPa e fu = 450 MPa). Demais perfis laminados: Aço ASTM A36 (fy = 250 MPa e fu = 400 MPa). Perfis formados a frio: Aço ASTM A36 (fy = 250 MPa e fu = 400 MPa). Outros perfis não mencionados:				
Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.				IT-GE-002/A Rev.02 – 17/11/2017

 CONSTRUÇÕES EM AÇO		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC
				Revisão: REV00
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL	Data:
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa			27/04/26
Cálculo:	Cassius Moraes			Folha:
Aprovação:	Juliano Lanza			7/71

fy mínimo = 250 MPa e fu mínimo = 400 MPa.

- Soldas: Eletrodo AWS E70XX (fu = 485 MPa).
- Parafusos: ASTM A325 (fu = 825 MPa).

2 Desenhos de Referência

A estrutura ora dimensionada está baseada nos desenhos de referência contratuais:

 PPI 044 WG_1-2_Bases e Vigamento_Rev03
 PPI 044 WG_2-2_Elev e Fechamento_Rev03

3 Ações

3.1 Ações Gravitacionais

3.1.1 Cargas Permanentes

Adota-se para memória de cálculo e projetos a seguinte nomenclatura para as cargas permanentes:

CP = Carga permanente com os seguintes valores:

- Peso próprio da estrutura (considerado automaticamente pelo programa): pilares, tesouras, contraventamentos verticais e horizontais, vigas de rolamento.
- Telhas termoacústicas: 11,0 kgf/m²;
- Terças e travessas: 8,0 kgf/m²;
- Miscelâneas: 2,0 kgf/m²;

Total = 21,00 kgf/m²

- Peso próprio das chapas xadrez do passadiço: 51,0 kgf/m²;

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.	IT-GE-002/A Rev.02 – 17/11/2017
--	--

		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC
CONSTRUÇÕES EM AÇO				Revisão: REV00
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL	Data:
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa			27/04/26
Cálculo:	Cassius Moraes			Folha:
Aprovação:	Juliano Lanza			8/71

- Peso próprio de guarda corpos =50,0 kgf/m;

SCutil (sobrecarga permanente de utilidades) = 25,0 kgf/m². (considerada somente quando crítica).

3.1.2 Sobrecargas

Adota-se para memória de cálculo e projetos a seguinte nomenclatura para as sobrecargas:

SCC = Sobrecarga de cobertura igual a 25,0 kgf/m²;

SC (passadiço)= 300 kgf/m²;

PR = reações verticais das vigas de rolamento nos pilares dos pórticos transversais do galpão considerando o seguinte trem tipo da ponte rolante:

- Duas rodas por cabeceira com uma distância entre elas de 4100 mm, onde foram consideradas

$R_{máx/roda} = 5900 \text{ kgf}$

$R_{mín/roda} = 3425 \text{ kgf}$

FT = Impacto transversal das vigas de rolamento nos pilares dos pórticos transversais do galpão.

FL = Impacto longitudinal das vigas de rolamento nos pilares dos pórticos transversais do galpão.

A ponte rolante foi combinada da seguinte forma:

- Uma ponte com 100% do impacto vertical (1,10), 100% do impacto transversal (10% do peso do trolley + carga içada) e 100% do impacto longitudinal (10% da soma das cargas máximas por roda).

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.	IT-GE-002/A Rev.02 – 17/11/2017
--	--

		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC		
CONSTRUÇÕES EM AÇO				Revisão: REV00		
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL	Data: 27/04/26		
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa					
Cálculo:	Cassius Moraes					
Aprovação:	Juliano Lanza				Folha: 9/71	

3.2 Ações Horizontais

3.2.1 Cargas de Vento

Considerando de acordo a ABNT NBT 6123:2023:

$$V_0 = 33,0 \text{ m/s}$$

$$S_1 = 1,0$$

Categoria III/IV

Classe B

$$S_3 = 1,0$$

O fator S_2 fica estabelecido em função da altura da edificação.

Baseado nas geometrias da edificação, suas aberturas e permeabilidades foram adotados os coeficientes de pressão interna (C_{pi}) de +0,2 e -0,3.

Forças Devidas ao Vento em Galpões com Cobertura em 2 Águas com Inclinação Até 60° e Relação Altura/Largura Menor que 6, de Acordo com a NBR 6123 de 2023 - Versão 1.02

Comprimento	=	40,00 m	Velocidade Básica do Vento (V_0)	=	33,00 m/s
Largura	=	20,00 m	Altura Média Sobre o Terreno (Z):		
Pé-Direito	=	13,00 m	Fechamento:	14,50 m	
Inclinação da Cobertura	=	17,63 %	Cobertura:	16,30 m	
	=	10,00 °	Distância Entre Tesouras / Pórticos	=	10,00 m

Fator Topográfico (S_1)		=	1,00
Fator (S_2)			
Rugosidade do terreno	Dimensões da Edificação		
Categoria III/IV	Classe B		
b = 0,90	$F_r = 0,98$	p = 0,115	
Fechamento: 0,92	Cobertura: 0,93		
Fator (S_3)			
Grupo 3	$S_3 =$	1,00	

Vento Característico (V_k):

Fechamento:	30,21 m/s
Cobertura:	30,62 m/s

Pressão Dinâmica do Vento (q):

Fechamento:	559 N/m ²	=	57,02 kgf/m ²
Cobertura:	575 N/m ²	=	58,58 kgf/m ²

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

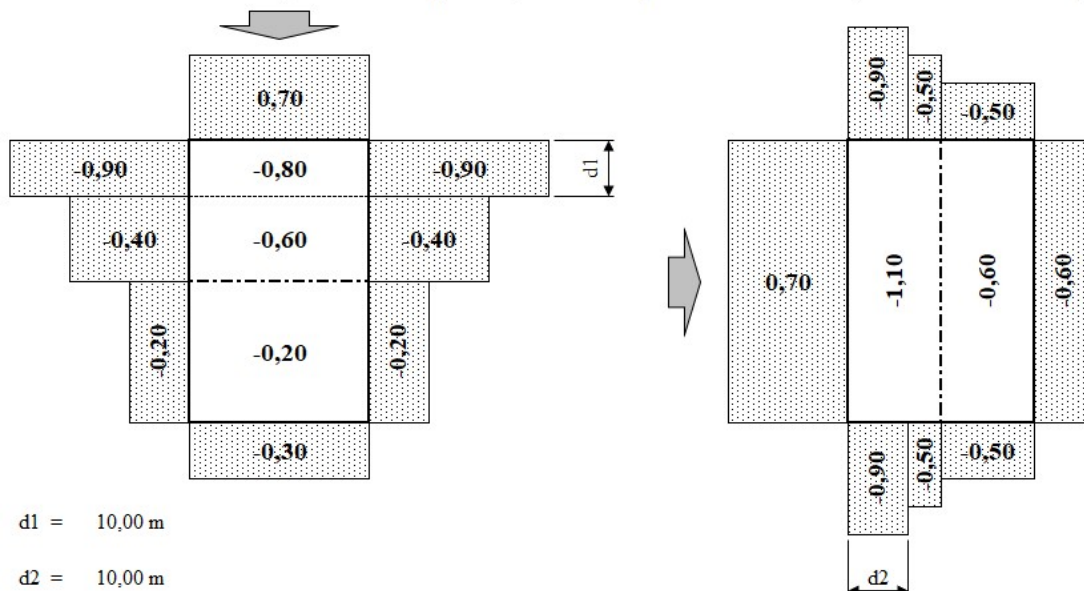
Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
10/71

Coeficiente de Pressão Externo (C_e)

Vento Paralelo à Cumeeira ($0^\circ / 180^\circ$ ou Longitudinal) Vento Perpendicular à Cumeeira ($90^\circ / 270^\circ$ ou Transversal)



Coeficiente de Pressão Interno (C_i)

- ☐ Duas Faces Opostas Igualmente permeáveis e as outras faces impermeáveis.
- ☐ Quatro Faces Igualmente Permeáveis.
- ☐ Abertura Dominante em Uma Face e as Outras Faces de Igual Permeabilidade.
- ☒ Adotar os Seguintes Valores para o Coeficiente de Pressão Interno:

0,20 ou -0,30

$C_{pi} = 0,20$
ou $-0,30$

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

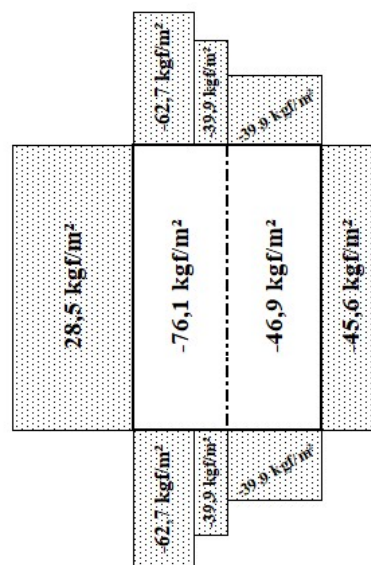
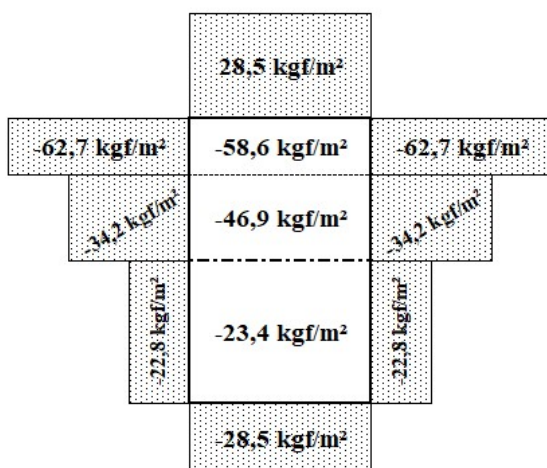
Data:
27/04/26

Folha:
11/71

$$\text{Pressão Efetiva } (\Delta P) = (C_{pe} - C_{pi}) \cdot q$$

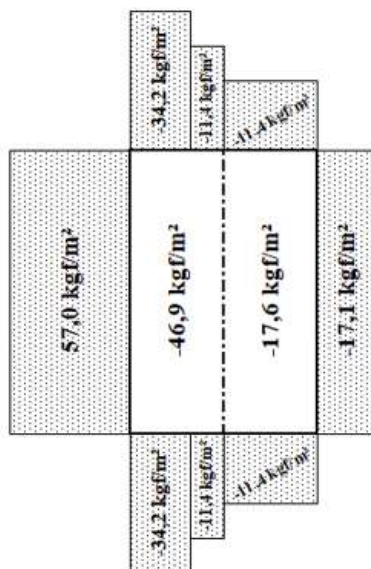
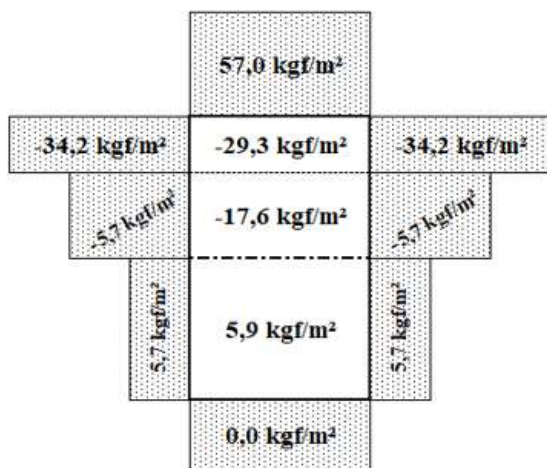
Vento Paralelo à Cumeeira com $C_{pi} = 0,20$

Vento Perpendicular à Cumeeira com $C_{pi} = 0,20$



Vento Paralelo à Cumeeira com $C_{pi} = -0,30$

Vento Perpendicular à Cumeeira com $C_{pi} = -0,30$



Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
12/71

Força de Atrito Longitudinal (0° / 180°)

Para l_2 / h ou l_2 / l_1 maior do que 4:

$$F' = \underbrace{C_f \cdot q_{cob} \cdot l_1 \cdot (l_2 - 4 \cdot h)}_{\text{COBERTURA}} + \underbrace{C_f \cdot q_{fec} \cdot 2 \cdot h \cdot (l_2 - 4 \cdot h)}_{\text{FECHAMENTO LATERAL}} \quad \text{para } h \leq l_1$$

$$F' = \underbrace{C_f \cdot q_{cob} \cdot l_1 \cdot (l_2 - 4 \cdot h)}_{\text{COBERTURA}} + \underbrace{C_f \cdot q_{fec} \cdot 2 \cdot h \cdot (l_2 - 4 \cdot l_1)}_{\text{FECHAMENTO LATERAL}} \quad \text{para } h > l_1$$

$$l_1 = 20,00 \text{ m}$$

$$l_2 = 40,00 \text{ m}$$

$$h = 14,50 \text{ m}$$

$$\frac{l_2}{h} = 2,76$$

$$\frac{l_2}{l_1} = 2,00$$

$$C_f = 0,04$$

$$q_{cob} = 58,58 \text{ kgf/m}^2$$

$$q_{fec} = 57,02 \text{ kgf/m}^2$$

$$F'_{cob} = \text{N\textcircled{A} Aplicável}$$

$$F'_{fec} = \text{N\textcircled{A} Aplicável}$$

3.2.2 Forças Nocionais (CN)

De acordo com a ABNT NBR 8800:2024, as imperfeições geométricas iniciais devem ser consideradas por meio da aplicação de uma força horizontal equivalente denominada força nocional, igual a 0,3% do valor das cargas gravitacionais de cálculo aplicadas em todos os pilares e outros elementos resistentes a cargas verticais. Foi feita a avaliação das mesmas, mas não foram utilizadas, por serem consideradas desprezíveis, diante do vento e dos impactos horizontais da ponte rolante.

3.2.3 Impactos Transversal e Longitudinal da Ponte Rolante

Os impactos transversal e longitudinal foram considerados conforme citado no item 3.1.2 e seus valores estão apresentados a seguir.

Capacidade de carga da ponte rolante = 5000 kgf

Peso do troller = 500 kgf

$R_{\text{máx/roda}} = 5900 \text{ kgf}$

$FT = 0,10 \cdot (5000 + 500) = 550 \text{ kgf/roda}$ (a ser aplicado em cada lado da ponte rolante)

$FL = 0,10 \cdot 2 \cdot 5900 = 1180 \text{ kgf}$ (a ser aplicado em cada lado da ponte rolante)

O valor do impacto no batente como não é combinado com vento, torna-se não significativo.

 CONSTRUÇÕES EM AÇO		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC
Revisão: REV00				
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL	Data: 27/04/26
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa			
Cálculo:	Cassius Moraes			Folha: 13/71
Aprovação:	Juliano Lanza			

4 Combinações das Ações

As combinações adotadas para o dimensionamento foram as seguintes:

1,35CP+1,35SCutil+1,5SCC
 1,35CP+1,35SCutil+1,5SCC+0,84CV
 1,35CP+1,35SCutil+1,2SCC+1,4CV
 1,35CP+1,5SCC+0,84CV
 1,35CP+1,2SCC+1,4CV
 1,0CP+1,4CV
 1,35CP+1,35SCutil+1,5SCC+1,05PR+1,05FT+1,05*FL
 1,35CP+1,35SCutil+1,5SCC+1,05PR+1,05FT+1,05*FL+0,84CV
 1,35CP+1,35SCutil+1,2SCC+1,5PR+1,5FT+1,5*FL
 1,35CP+1,35SCutil+1,2SCC+1,5PR+1,5FT+1,5*FL+0,84CV
 1,35CP+1,35SCutil+1,2SCC+1,05PR+1,05FT+1,05*FL+1,4CV
 1,35CP+1,2SCC+1,05PR+1,05FT+1,05*FL+1,4CV

5 Deslocamentos Máximos Admissíveis

Os valores máximos requeridos para os deslocamentos verticais e horizontais da estrutura são apresentados a seguir:

- Travessas de fechamento

L/180 para o deslocamento paralelo ao plano do fechamento;

L/120 para o deslocamento perpendicular ao plano de fechamento (considerar apenas as ações variáveis perpendiculares ao plano de fechamento com seu valor característico).

- Terças de cobertura

L/180 (considerar combinações raras de serviço, utilizando-se as ações variáveis de mesmo sentido que o da ação permanente);

L/120 (considerar apenas as ações variáveis de sentido oposto ao da ação permanente - vento de sucção - com seu valor característico).

- Vigas de cobertura = L/250
- Vigas de rolamento

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

 CONSTRUÇÕES EM AÇO		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC	
				Revisão: REV00	
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL		Data:
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa				27/04/26
Cálculo:	Cassius Moraes				Folha:
Aprovação:	Juliano Lanza				14/71

L/750 (deslocamento vertical com carregamento não majorado pelo coeficiente de impacto vertical);

L/750 (deslocamento horizontal).

- Vigas passadiço = L/350;
- Deslocamento horizontal do topo dos pilares do galpão em relação à base = H/300.
- Deslocamento horizontal dos pilares no nível de topo das vigas de rolamento em relação à base = H/500 limitado a 40 mm.
- Deslocamento horizontal diferencial entre dois pilares de um mesmo caminho de rolamento no nível de topo das vigas de rolamento = 15 mm para uma ponte sem impacto vertical e com as forças horizontais.

6 Análise Estrutural e Dimensionamento

6.1 Estruturas de Estabilidade

Para análises e dimensionamentos das estruturas de estabilidade utilizou-se o software de análise estrutural Robot Structural Analysis 2023, da Autodesk. Esses dimensionamentos estão mostrados no Anexo A, onde as estruturas foram classificadas como de pequena deslocabilidade.

Os deslocamentos obtidos para cada estrutura também constam do Anexo A.

6.2 Elementos Secundários

As análises e dimensionamentos dos elementos secundários estão mostrados no Anexo B.

6.3 Bases de Pilares

No quadro de cargas (ver documento “226802-QC1_Quadro de Cargas”), foram apresentados os valores de cargas para cada carregamento isolado.

Para dimensionamento das bases de pilares, ver Anexo C.

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.	IT-GE-002/A Rev.02 – 17/11/2017
--	--



Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL
-------	--------	----------	-------------------

Data:
27/04/26

Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa
-------	---------------------------------------

Cálculo:	Cassius Moraes
----------	----------------

Folha:
15/71

Aprovação:	Juliano Lanza
------------	---------------

Para análises e dimensionamento das vigas de rolamento, ver Anexo D.

Para dimensionamentos das terças de cobertura e travessas de fechamento, ver Anexo E.

Até a conclusão desta memória de cálculo, foram produzidos os desenhos básicos de engenharia listados abaixo:

226802-01 - LOCAÇÃO E DETALHES DAS BASES - rev01

226802-10 - PLANO COBERTURA E CAMINHO DE ROLAMENTO - rev00

226802-11 - ELEVAÇÕES - rev00

226802-12 - FECHAMENTOS - rev00

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:

27/04/26

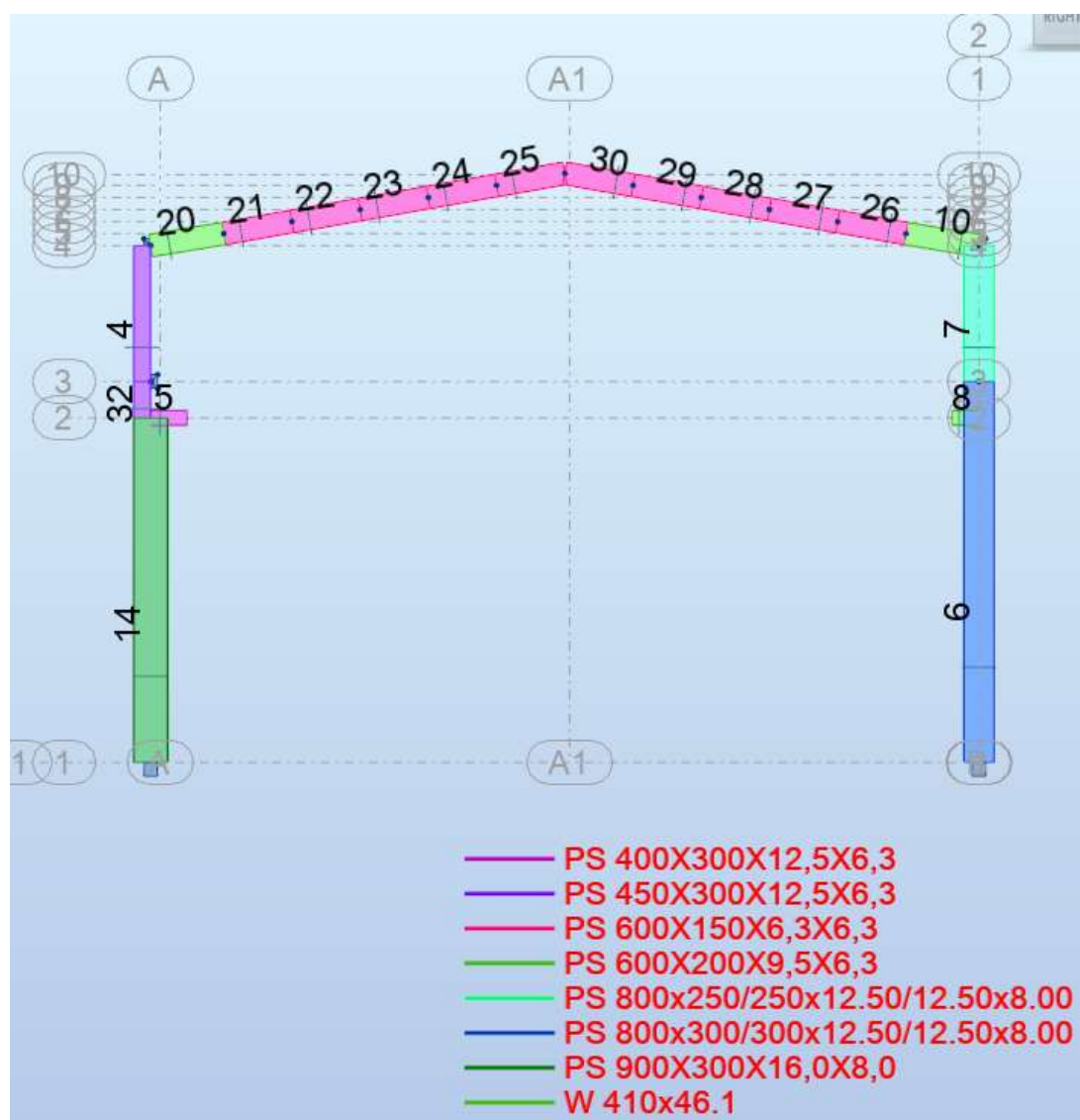
Folha:

16/71

8 Anexos:

ANEXO A - Dimensionamento das Estruturas de Estabilidade

A) Pórticos Transversais



MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
17/71

- Dimensionamento:

Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
10	PS 600X200X9,5X6,3	STEEL A572-50	48.0987	46.9151	0.9520	57 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR1+1,05FT+1,05*FL+0,84CVx2
26	PS 600X150X6,3X6,3	STEEL A572-50	49.1719	71.8014	0.8689	57 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR1+1,05FT+1,05*FL+0,84CVx2
6	PS 800X300/300x12.50/12.50x8.00	STEEL A572-50	41.1681	155.2367	0.8521	90 1,35CP+1,35SCuttl+1,2SCC+1,5PR2+1,5FT+1,5*FL+Cny
14	PS 900X300X16,0X8,0	STEEL A572-50	36.1152	150.7875	0.7824	119 1,35CP+1,35SCuttl+1,2SCC+1,5PR2+1,5FT+1,5*FL+0,84CVy4
20	PS 600X200X9,5X6,3	STEEL A572-50	48.0987	46.9151	0.7058	75 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR2+1,05FT+1,05*FL+0,84CVx2
4	PS 450X300X12,5X6,3	STEEL A572-50	68.1573	47.7478	0.7049	75 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR2+1,05FT+1,05*FL+0,84CVx2
25	PS 600X150X6,3X6,3	STEEL A572-50	49.1719	71.8014	0.6920	23 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+0,84CVx2
24	PS 600X150X6,3X6,3	STEEL A572-50	49.1719	71.8014	0.6741	57 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR1+1,05FT+1,05*FL+0,84CVx2
30	PS 600X150X6,3X6,3	STEEL A572-50	49.1719	71.8014	0.6562	23 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+0,84CVx2
32	PS 450X300X12,5X6,3	STEEL A572-50	68.1573	133.8284	0.6331	20 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,0Cny
29	PS 600X150X6,3X6,3	STEEL A572-50	49.1719	71.8014	0.6040	23 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+0,84CVx2
23	PS 600X150X6,3X6,3	STEEL A572-50	49.1719	71.8014	0.5968	57 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR1+1,05FT+1,05*FL+0,84CVx2
21	PS 600X150X6,3X6,3	STEEL A572-50	49.1719	71.8014	0.5334	75 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR2+1,05FT+1,05*FL+0,84CVx2
28	PS 600X150X6,3X6,3	STEEL A572-50	49.1719	71.8014	0.4678	75 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR2+1,05FT+1,05*FL+0,84CVx2
7	PS 800X250/250x12.50/12.50x8.00	STEEL A572-50	42.1129	69.3910	0.4555	57 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR1+1,05FT+1,05*FL+0,84CVx2
8	W 410x46.1	STEEL A572-50	4.3013	23.7680	0.4184	111 1,35CP+1,35SCuttl+1,2SCC+1,5PR2+1,5FT+1,5*FL+0,84CVy2
5	PS 400X300X12,5X6,3	STEEL A572-50	5.3642	12.5784	0.4117	99 1,35CP+1,35SCuttl+1,2SCC+1,5PR1+1,5FT+1,5*FL+0,84CVy2
22	PS 600X150X6,3X6,3	STEEL A572-50	49.1719	71.8014	0.4018	57 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR1+1,05FT+1,05*FL+0,84CVx2
27	PS 600X150X6,3X6,3	STEEL A572-50	49.1719	71.8014	0.3493	82 1,35CP+1,35SCuttl+1,2SCC+1,5PR1+1,5FT+1,5*FL+Cny

RESULTS - Code - ANSI/AISC 360-16



Auto

Member: 10

Point / Coordinate: 1 / x = 0.00 L = 0.000 m

Load case: 57 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR1+1,05FT+1,05*FL+0,84CV

PS 600X200X9,5X6,3

Section OK

Simplified results

Detailed results

MEMBER PARAMETERS



Ly = 11.604 m



Lcy = 11.604 m



Lcy/ry = 48.0987



Lz = 1.934 m



Lcz = 1.934 m



Lcz/rz = 46.9151



Lb = 1.934 m



Cb = 1.2364

INTERNAL FORCES:

Pr = 8483 kgf

Mry = -44796 kgf*m

Virz = 11629 kgf

DESIGN STRENGTHS

Fic*Pn = 149502 kgf

Fib*Mny = 48501 kgf*m

Fiv*Vnz = 47175 kgf

SAFETY FACTORS

Fic = 0.9000

Fib = 0.9000

Fiv = 0.9000

SECTION ELEMENTS

Flange = Slender

Web = Slender

RESULTS

Pr/(2*Fic*Pn) + Mry/(Fib*Mny) = 0.9520 < 1.0000 LRFD (H1-1b)

Virz/(Fiv*Vnz) = 0.2465 < 1.0000 LRFD (G)

Lcy/ry = 48.0987 < (Lc/r),max = 200.0000 Lcz/rz = 46.9151 < (Lc/r),max = 200.0000 STABLE

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

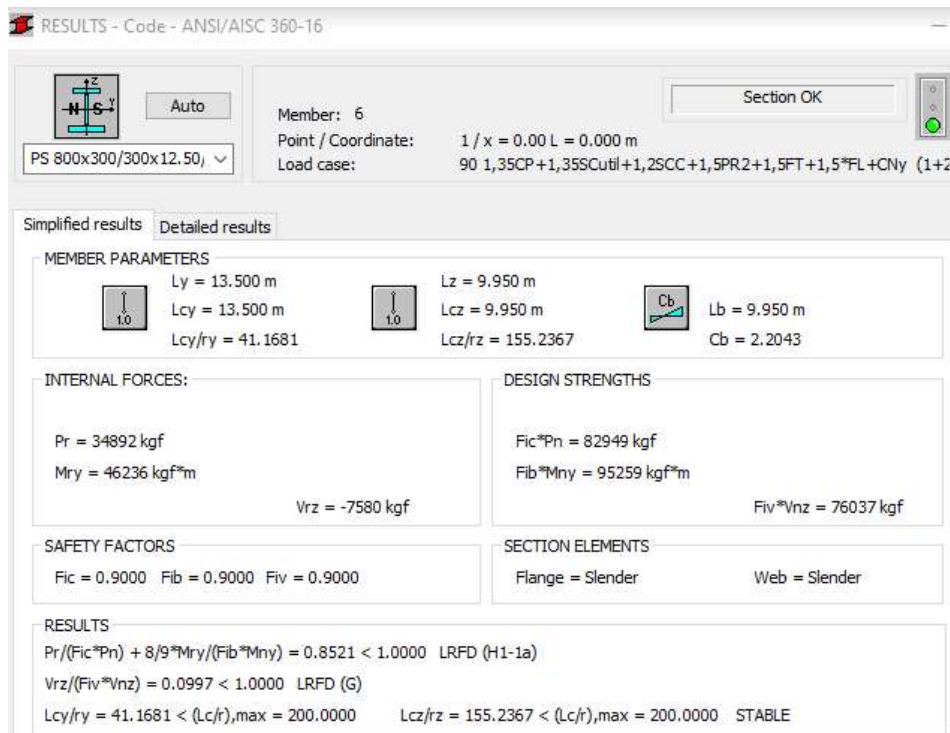
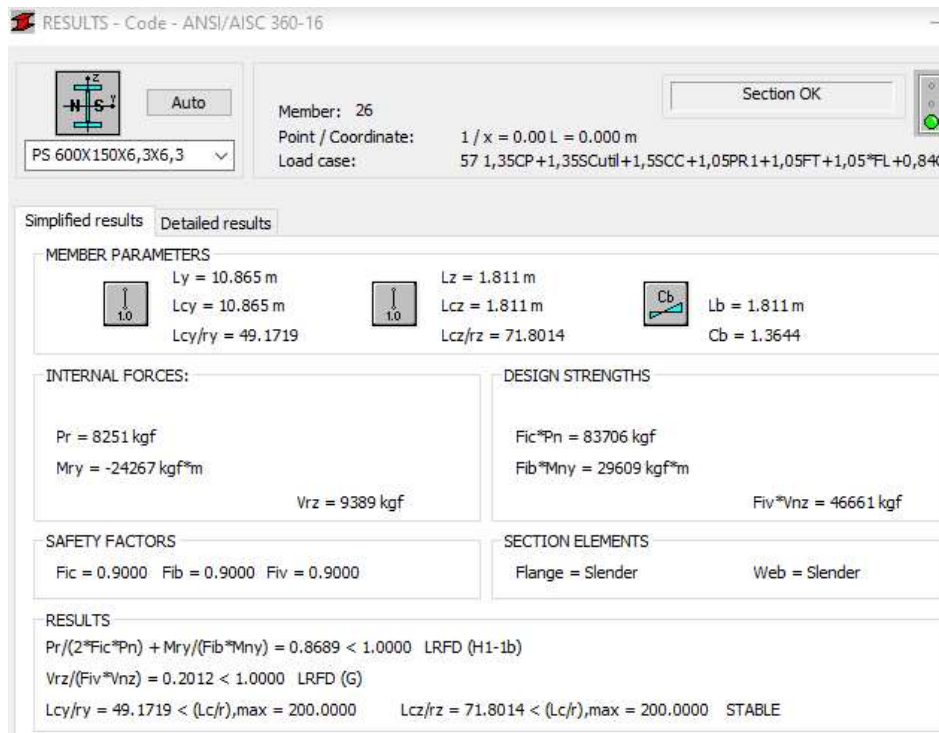
Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
18/71



Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
19/71

RESULTS - Code - ANSI/AISC 360-16

Section OK

Member: 14
Point / Coordinate: 1 / x = 0.00 L = 0.000 m
Load case: 119 1,35CP+1,35SCuttl+1,2SCC+1,5PR2-1,5*FL+0,84CVy4

PS 900X300X16,0X8,0

Simplified results **Detailed results**

MEMBER PARAMETERS

Ly = 13.500 m
Lcy = 13.500 m
Lcy/ry = 36.1152

Lz = 9.950 m
Lcz = 9.950 m
Lcz/rz = 150.7875

Lb = 9.954 m
Cb = 1.8951

INTERNAL FORCES:

Pr = 30529 kgf
Mry = -64816 kgf*m
Vrz = 8732 kgf

DESIGN STRENGTHS

Fic*Pn = 102374 kgf
Fib*Mny = 118987 kgf*m
Fiv*Vnz = 76376 kgf

SAFETY FACTORS

Fic = 0.9000 Fib = 0.9000 Fiv = 0.9000

SECTION ELEMENTS

Flange = Non-compact Web = Slender

RESULTS

$Pr/(Fic*Pn) + 8/9*Mry/(Fib*Mny) = 0.7824 < 1.0000$ LRFD (H1-1a)
 $Vrz/(Fiv*Vnz) = 0.1143 < 1.0000$ LRFD (G)
 $Lcy/ry = 36.1152 < (Lc/r),max = 200.0000$ $Lcz/rz = 150.7875 < (Lc/r),max = 200.0000$ STABLE

RESULTS - Code - ANSI/AISC 360-16

Section OK

Member: 4
Point / Coordinate: 50 / x = 1.00 L = 3.550 m
Load case: 75 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR2-1,05*FL+0,84CVy4

PS 450X300X12,5X6,3

Simplified results **Detailed results**

MEMBER PARAMETERS

Ly = 13.500 m
Lcy = 13.500 m
Lcy/ry = 68.1573

Lz = 3.550 m
Lcz = 3.550 m
Lcz/rz = 47.7478

Lb = 3.550 m
Cb = 1.3484

INTERNAL FORCES:

Pr = 15607 kgf
Mry = 36360 kgf*m
Vrz = 6698 kgf

DESIGN STRENGTHS

Fic*Pn = 209744 kgf
Fib*Mny = 54458 kgf*m
Fiv*Vnz = 48368 kgf

SAFETY FACTORS

Fic = 0.9000 Fib = 0.9000 Fiv = 0.9000

SECTION ELEMENTS

Flange = Slender Web = Slender

RESULTS

$Pr/(2*Fic*Pn) + Mry/(Fib*Mny) = 0.7049 < 1.0000$ LRFD (H1-1b)
 $Vrz/(Fiv*Vnz) = 0.1385 < 1.0000$ LRFD (G)
 $Lcy/ry = 68.1573 < (Lc/r),max = 200.0000$ $Lcz/rz = 47.7478 < (Lc/r),max = 200.0000$ STABLE

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
20/71

RESULTS - Code - ANSI/AISC 360-16

Member: 7
Point / Coordinate: 50 / x = 1.00 L = 3.550 m
Load case: 57 1,35CP+1,35SCuttl+1,5SCC+1,05PR1+1,05FT+1,05*FL+0,84C

Section OK

Simplified results Detailed results

MEMBER PARAMETERS

Ly = 13.500 m
Lcy = 13.500 m
Lcy/ry = 42.1129

Lz = 3.550 m
Lcz = 3.550 m
Lcz/rz = 69.3910

Lb = 3.550 m
Cb = 1.2572

INTERNAL FORCES:

Pr = 16681 kgf
Mry = -44796 kgf*m
Vrz = -6479 kgf

DESIGN STRENGTHS

Fic*Pn = 208737 kgf
Fib*Mny = 107789 kgf*m
Fiv*Vnz = 76037 kgf

SAFETY FACTORS

Fic = 0.9000 Fib = 0.9000 Fiv = 0.9000

SECTION ELEMENTS

Flange = Slender Web = Slender

RESULTS

$Pr / (2 * Fic * Pn) + Mry / (Fib * Mny) = 0.4555 < 1.0000$ LRFD (H1-1b)
 $Vrz / (Fiv * Vnz) = 0.0852 < 1.0000$ LRFD (G)
 $Lcy/ry = 42.1129 < (Lc/r),max = 200.0000$ $Lcz/rz = 69.3910 < (Lc/r),max = 200.0000$ STABLE

RESULTS - Code - ANSI/AISC 360-16

Member: 8
Point / Coordinate: 50 / x = 1.00 L = 0.700 m
Load case: 111 1,35CP+1,35SCuttl+1,2SCC+1,5PR2+1,5FT+1,5*FL+0,84CVy

Section OK

Simplified results Detailed results

MEMBER PARAMETERS

Ly = 0.700 m
Lcy = 0.700 m
Lcy/ry = 4.3013

Lz = 0.700 m
Lcz = 0.700 m
Lcz/rz = 23.7680

Lb = 0.700 m
Cb = 1.6673

INTERNAL FORCES:

Mry = -11795 kgf*m
Vrz = -16872 kgf

DESIGN STRENGTHS

Fib*Mny = 28190 kgf*m
Fiv*Vnz = 59501 kgf

SAFETY FACTORS

Fib = 0.9000 Fiv = 1.0000

SECTION ELEMENTS

Flange = Compact Web = Compact

RESULTS

$Mry / (Fib * Mny) = 0.4184 < 1.0000$ LRFD (H1-1b)
 $Vrz / (Fiv * Vnz) = 0.2836 < 1.0000$ LRFD (G)

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

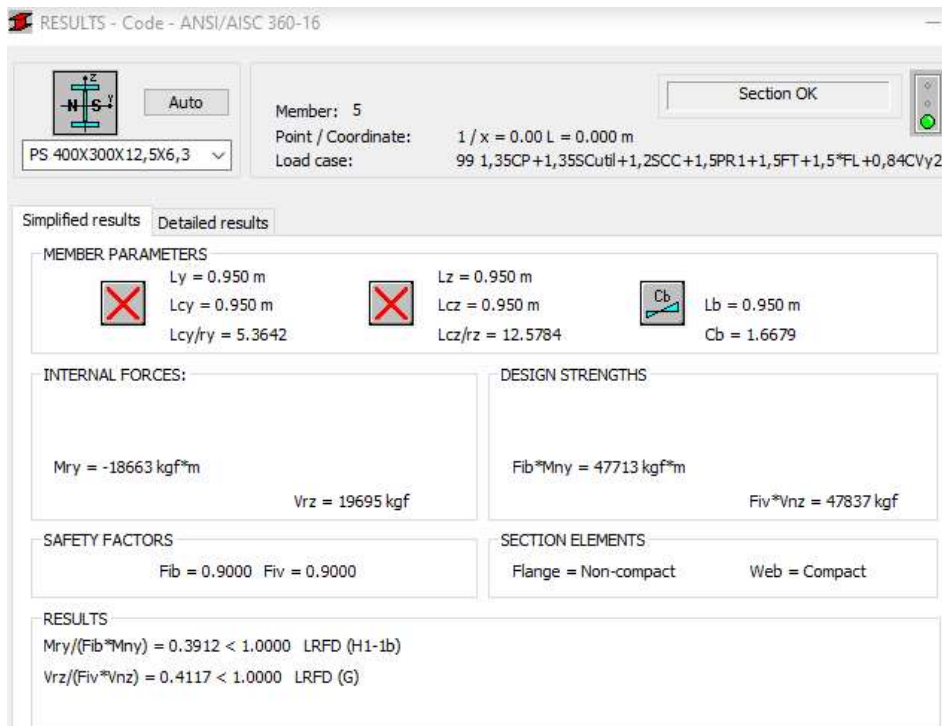
O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

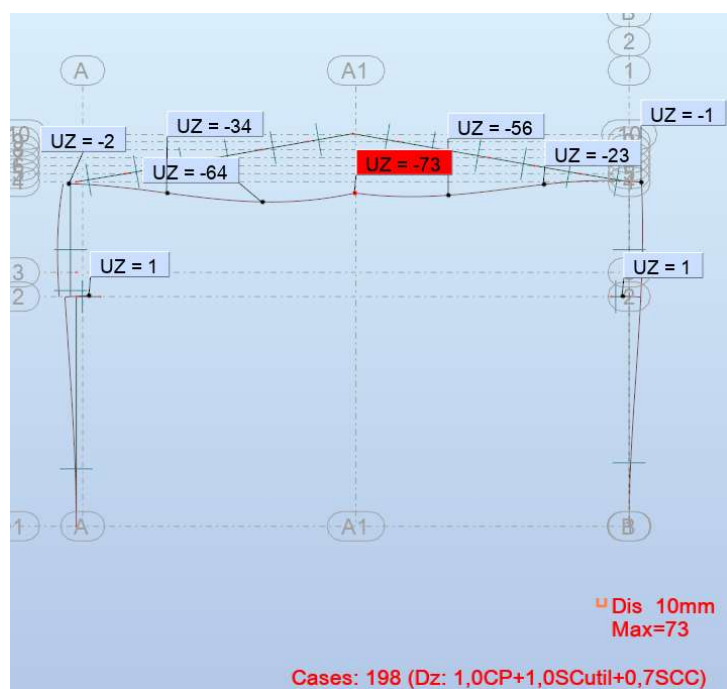
Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
21/71


- Deslocamentos das tesouras:



Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

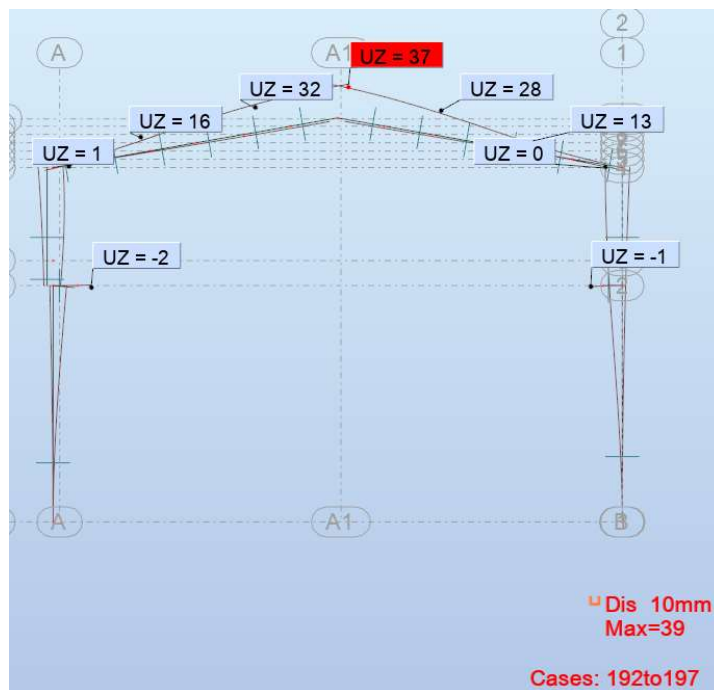
Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
22/71



$$\delta v_{\max} = 73,0 \text{ mm} < L/250 = 21650/250 = 86,6 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!}$$

- Deslocamentos nos topos dos pilares:



$$\delta h_{\max} = 20,0 \text{ mm} < H/300 = 13500/300 = 45,0 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!}$$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

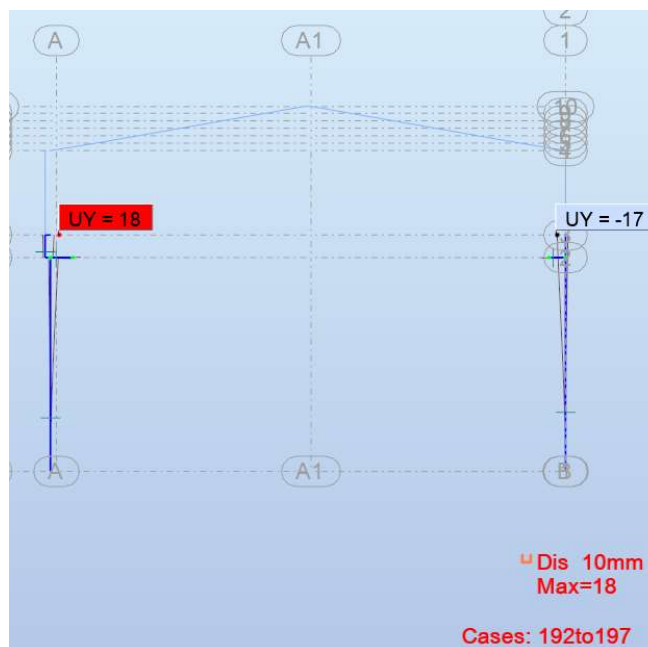
Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

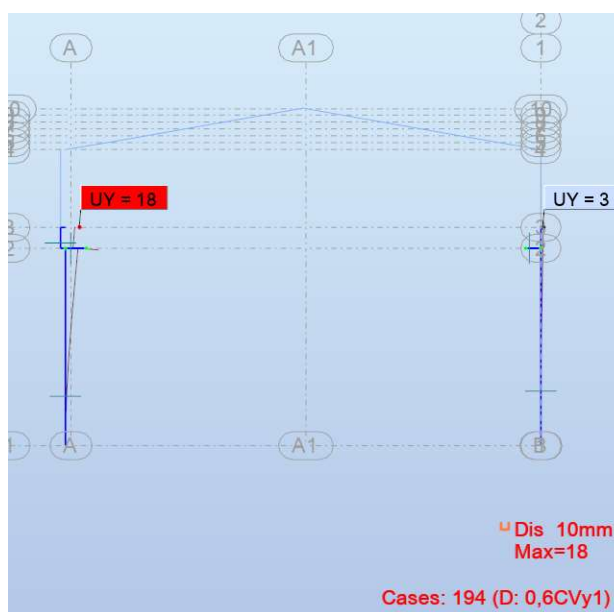
Folha:
23/71

- Deslocamentos dos pilares no nível do topo das vigas de rolamento:



$$\delta h_{\text{máx}} = 18,0 \text{ mm} < H/500 = 9950/500 = 19,9 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!}$$

- Deslocamento horizontal diferencial entre pilares no nível do topo das vigas de rolamento:



$$\delta h_{\text{diferencial}} = 18,0 - 3,0 = 15,0 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!}$$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

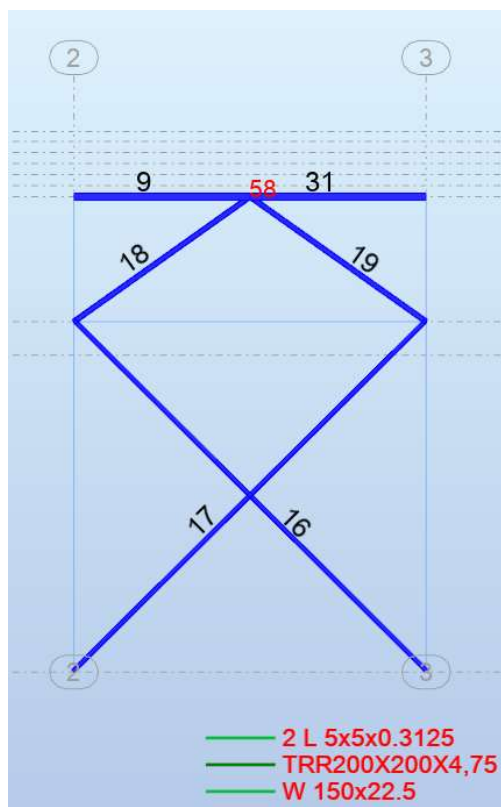
Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
24/71

B) Contraventamentos Verticais



- Dimensionamento:

Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
19	☒ W 150x22.5	STEEL A572-50	94.1493	167.8322	0.2130	156 1,35CP+1,2SCC+1,05PR2+1,05FT+1,05*FL+1,4CVx1
18	☒ W 150x22.5	STEEL A572-50	94.1493	167.8322	0.2130	163 1,35CP+1,2SCC+1,05PR2-1,05FT-1,05*FL+1,4CVx2
9	☒ TRR200X200X4,75	STEEL A572-50	62.7085	125.4169	0.1319	132 1,35CP+1,35SCutil+1,2SCC+1,05PR2+1,05FT+1,05*FL+1,4CVx1
31	☒ TRR200X200X4,75	STEEL A572-50	62.7085	125.4169	0.1319	139 1,35CP+1,35SCutil+1,2SCC+1,05PR2-1,05FT-1,05*FL+1,4CVx2

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
25/71

RESULTS - Code - ANSI/AISC 360-16

W 150x22.5

Auto

Member: 19
Point / Coordinate: 1 / x = 0.00 L = 0.000 m
Load case: 156 1,35CP+1,2SCC+1,05PR2+1,05FT+1,05*FL+1,4CVx1 1*1.35

Section OK

Simplified results Detailed results

MEMBER PARAMETERS

Ly = 6.132 m Lz = 6.132 m
Lcy = 6.132 m Lcz = 6.132 m
Lcy/ry = 94.1493 Lcz/rz = 167.8322

INTERNAL FORCES:

Pr = 3413 kgf

DESIGN STRENGTHS

Fic*Pn = 16026 kgf

SAFETY FACTORS

Fic = 0.9000

SECTION ELEMENTS

Flange = Nonslender Web = Nonslender

RESULTS

Pr/(Fic*Pn) = 0.2130 < 1.0000 LRFD (H1-1a)

Lcy/ry = 94.1493 < (Lc/r),max = 200.0000 Lcz/rz = 167.8322 < (Lc/r),max = 200.0000 STABLE

RESULTS - Code - ANSI/AISC 360-16

TRR200X200X4,75

Auto

Member: 9
Point / Coordinate: 1 / x = 0.00 L = 0.000 m
Load case: 132 1,35CP+1,35SCutl+1,2SCC+1,05PR2+1,05FT+1,05*FL+1,4C'

Section OK

Simplified results Detailed results

MEMBER PARAMETERS

Ly = 5.000 m Lz = 10.000 m
Lcy = 5.000 m Lcz = 10.000 m
Lcy/ry = 62.7085 Lcz/rz = 125.4169

INTERNAL FORCES:

Pr = 4848 kgf
Vrz = 70 kgf

DESIGN STRENGTHS

Fic*Pn = 36746 kgf
Fiv*Vnz = 33498 kgf

SAFETY FACTORS

Fic = 0.9000 Fiv = 0.9000

SECTION ELEMENTS

Flange = Slender Web = Slender

RESULTS

Pr/(Fic*Pn) = 0.1319 < 1.0000 LRFD (H1-1a)

Vrz/(Fiv*Vnz) = 0.0021 < 1.0000 LRFD (G)

Lcy/ry = 62.7085 < (Lc/r),max = 200.0000 Lcz/rz = 125.4169 < (Lc/r),max = 200.0000 STABLE

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
26/71

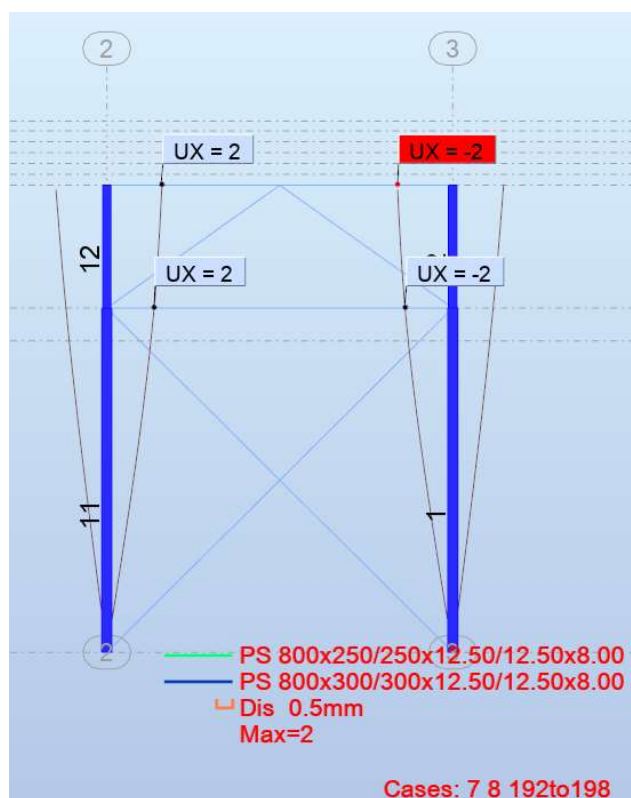
Barras 16 e 17 (2L 5"x5"x5/16"):

$N_{t,Sd} = 13041 \text{ kgf (tração)}$

$N_{t,Rd} = 2 \cdot 19,5 \cdot 2500 / 1,1 = 88636 \text{ kgf} > N_{t,Sd} \rightarrow \text{OK!}$

$N_{t,Rd} = 0,7 \cdot 2 \cdot [19,5 - (2,1 \cdot 0,8)] \cdot 4100 / 1,35 = 75768 \text{ kgf} > N_{t,Sd} \rightarrow \text{OK!}$

- Deslocamentos nos topos dos pilares:



$\delta h_{\text{máx}} = 2,0 \text{ mm} < H/300 = 13500/300 = 45,0 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!}$

- Deslocamentos dos pilares no nível do topo das vigas de rolamento:

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

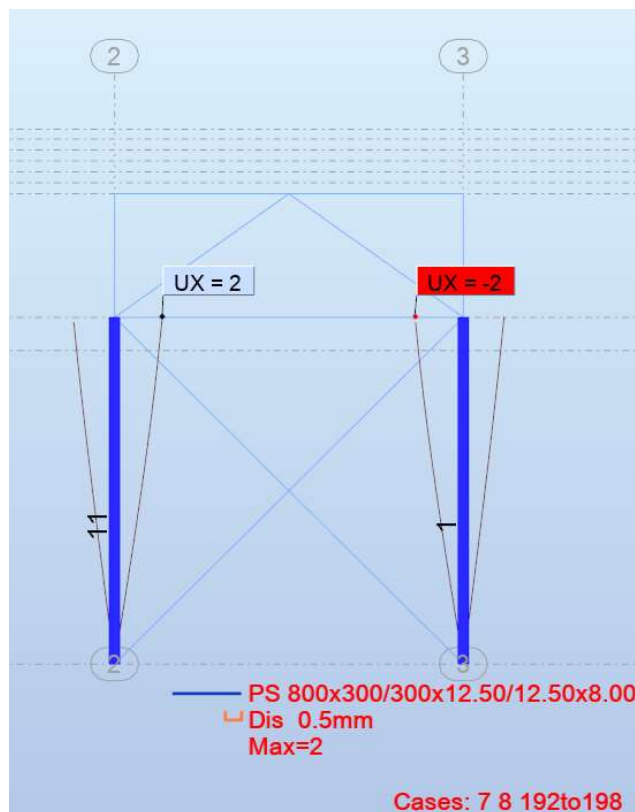
Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
27/71



$$\delta h_{\max} = 2,0 \text{ mm} < H/500 = 9950/500 = 19,9 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!}$$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

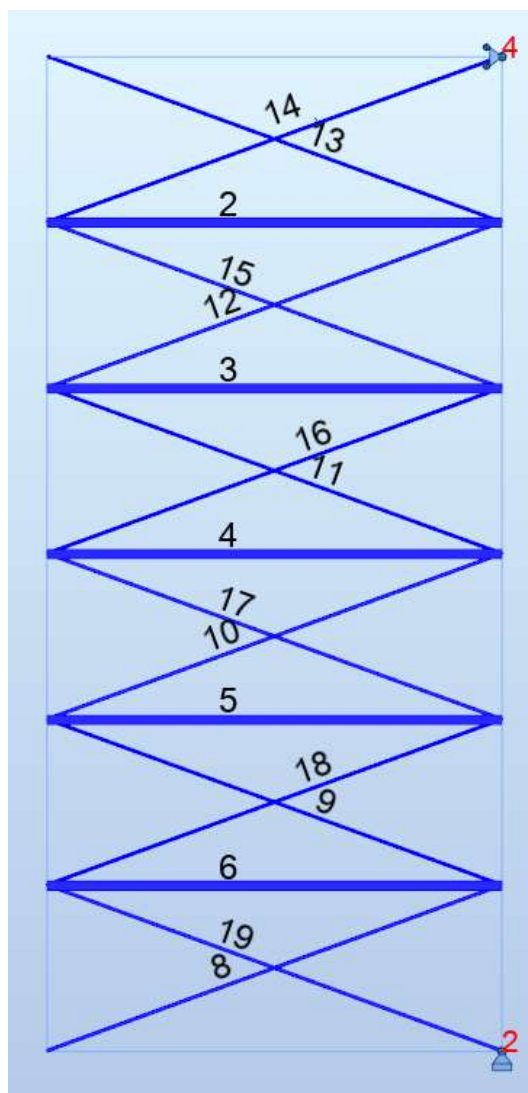
Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
28/71

C) Contraventamentos Horizontais de Cobertura



- Barras 8to19 (L 2 1/2"x2 1/2"x3/16"):

$$N_{t,Sd} = 3807 \text{ kgf (tração)}$$

$$N_{t,Rd} = 5,8 \cdot 2500 / 1,1 = 13182 \text{ kgf} > N_{t,Sd} \rightarrow \text{OK!}$$

$$N_{t,Rd} = 0,7 \cdot [5,8 - (1,8 \cdot 0,475)] \cdot 4100 / 1,35 = 10513 \text{ kgf} > N_{t,Sd} \rightarrow \text{OK!}$$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

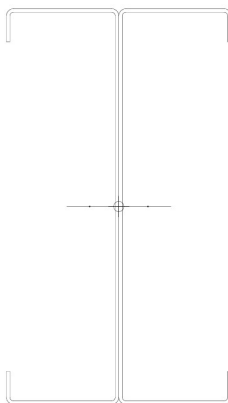
Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
29/71

- Barras 2to6 (Terças 2UE 300x85x25x2,65):



Section Inputs

Material: A36

No strength increase from cold work of forming.

Modulus of Elasticity, E 203400 MPa

Yield Strength, Fy 248,21 MPa

Tensile Strength, Fu 399,9 MPa

Warping Constant Override, Cw 8,1859e10 mm⁶Torsion Constant Override, J 0 mm⁴

Connector Spacing 0 mm

Right Channel, Thickness 2,65 mm

Placement of Part from Origin:

X to left edge 0 mm

Y to center of gravity 0 mm

Outside dimensions, Open shape

	Length (mm)	Angle (deg)	Radius (mm)	Web	k Coef.	Hole Size (mm)	Distance (mm)
1	25,00	270,000	2,6500	None	0,000	0,00	12,50
2	85,00	180,000	2,6500	Single	0,000	0,00	42,50
3	300,00	90,000	2,6500	Double	0,000	0,00	150,00
4	85,00	0,000	2,6500	Single	0,000	0,00	42,50
5	25,00	-90,000	2,6500	None	0,000	0,00	12,50

Left Channel, Thickness 2,65 mm

Placement of Part from Origin:

X to right edge 0 mm

Y to center of gravity 0 mm

Outside dimensions, Open shape

	Length (mm)	Angle (deg)	Radius (mm)	Web	k Coef.	Hole Size (mm)	Distance (mm)
1	25,00	-90,000	2,6500	None	0,000	0,00	12,50
2	85,00	0,000	2,6500	Single	0,000	0,00	42,50
3	300,00	90,000	2,6500	Double	0,000	0,00	150,00
4	85,00	180,000	2,6500	Single	0,000	0,00	42,50
5	25,00	270,000	2,6500	None	0,000	0,00	12,50

Full Section Properties

Area	2663,7 mm ²	Wt.	20,890 kgf/m	Width	1005,2 mm
Ix	34815180 mm ⁴	rx	114,33 mm	Ixy	0 mm ⁴
Sx(t)	232101 mm ³	y(t)	150,00 mm	α	0,000 deg
Sx(b)	232101 mm ³	y(b)	150,00 mm		
		Height	300,00 mm		
Iy	3703316 mm ⁴	ry	37,29 mm	Xo	0,00 mm
Sy(l)	43568 mm ³	x(l)	85,00 mm	Yo	0,00 mm
Sy(r)	43568 mm ³	x(r)	85,00 mm	jx	0,00 mm
		Width	170,00 mm	jy	0,00 mm
I1	34815180 mm ⁴	r1	114,33 mm		
I2	3703317 mm ⁴	r2	37,29 mm		
Ic	38518490 mm ⁴	rc	120,25 mm	Cw	8,1859e10 mm ⁶
Io	38518490 mm ⁴	ro	120,25 mm	J	6235 mm ⁴

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
30/71

Member Check - 2012 North American Specification - US (LRFD)

Material Type: A36, $F_y=248,21$ MPa

Design Parameters:

Lx	10,000 m	Ly	2,500 m	Lt	2,500 m
Kx	1,0000	Ky	1,0000	Kt	1,0000
Cbx	1,0000	Cby	1,0000	ex	0,0000 mm
Cmx	1,0000	Cmy	1,0000	ey	0,0000 mm

Braced Flange: None	$k\phi$	0 kgf
Red. Factor, R: 0	Lm	2,500 m

Loads:	P	Mx	Vy	My	Vx
	(kgf)	(kgf-m)	(kgf)	(kgf-m)	(kgf)
Entered	3600	2300,0	920	22,0	49
Applied	3600	2300,0	920	22,0	49
Strength	28048	4796,9	12230	916,3	11378

Effective section properties at applied loads:

Ae	2663,7 mm ²	Ixe	34815180 mm ⁴	Iye	3703316 mm ⁴
		Sxe(t)	232101 mm ³	Sye(l)	43568 mm ³
		Sxe(b)	232101 mm ³	Sye(r)	43568 mm ³

Interaction Equations

NAS Eq. C5.2.2-1	(P, Mx, My)	$0,128 + 0,505 + 0,025 = 0,658 \leq 1,0$
NAS Eq. C5.2.2-2	(P, Mx, My)	$0,092 + 0,479 + 0,024 = 0,596 \leq 1,0$
NAS Eq. C3.3.2-1	(Mx, Vy)	$\text{Sqrt}(0,189 + 0,006) = 0,441 \leq 1,0$
NAS Eq. C3.3.2-1	(My, Vx)	$\text{Sqrt}(0,000 + 0,000) = 0,023 \leq 1,0$

Member Check - 2012 North American Specification - US (LRFD)

Material Type: A36, $F_y=248,21$ MPa

Design Parameters:

Lx	10,000 m	Ly	2,500 m	Lt	2,500 m
Kx	1,0000	Ky	1,0000	Kt	1,0000
Cbx	1,0000	Cby	1,0000	ex	0,0000 mm
Cmx	1,0000	Cmy	1,0000	ey	0,0000 mm

Braced Flange: None	$k\phi$	0 kgf
Red. Factor, R: 0	Lm	2,500 m

Loads:	P	Mx	Vy	My	Vx
	(kgf)	(kgf-m)	(kgf)	(kgf-m)	(kgf)
Entered	-3600	2300,0	920	22,0	49
Applied	-3600	2300,0	920	22,0	49
Strength	60677	4796,9	12230	916,3	11378

Effective section properties at applied loads:

Ae	2663,7 mm ²	Ixe	34815180 mm ⁴	Iye	3703316 mm ⁴
		Sxe(t)	232101 mm ³	Sye(l)	43568 mm ³
		Sxe(b)	232101 mm ³	Sye(r)	43568 mm ³

Interaction Equations

NAS Eq. C5.1.2-1	(Mx, My, T)	$0,435 + 0,022 + 0,059 = 0,517 \leq 1,0$
NAS Eq. C5.1.2-2	(Mx, My, T)	$0,479 + 0,024 = 0,503 \leq 1,0$
NAS Eq. C3.3.2-1	(Mx, Vy)	$\text{Sqrt}(0,189 + 0,006) = 0,441 \leq 1,0$
NAS Eq. C3.3.2-1	(My, Vx)	$\text{Sqrt}(0,000 + 0,000) = 0,023 \leq 1,0$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

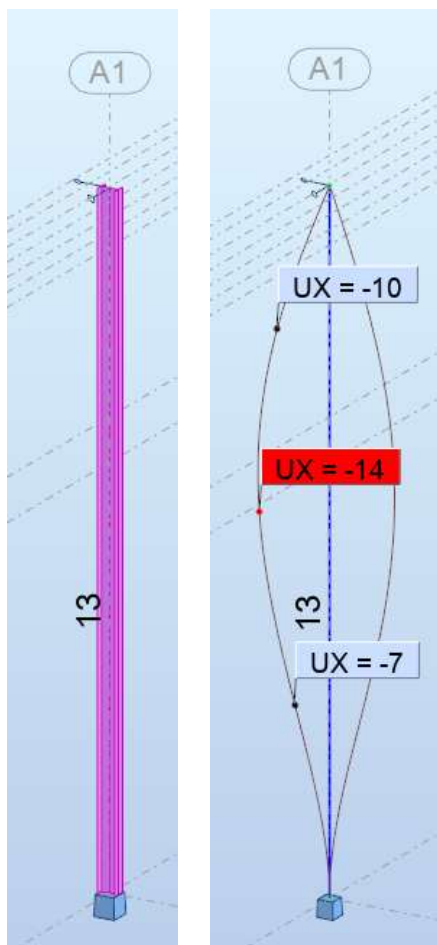
Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
31/71

ANEXO B - Dimensionamento dos Elementos Secundários

A) Pilares de Fechamento



Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
13	PS 400X300X12,5X6,3	STEEL A572-50	83.1854	195.0580	0.8646	121 1,35CP+1,35SCutli+1,2SCC+1,05PR1+1,05FT+1,05*FL+1,4CVx2

$$\delta h_{\text{máx}} = 14,0 \text{ mm} < H/250 = 14700/250 = 58,8 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!}$$

		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC
				Revisão: REV00
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL	Data:
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa			27/04/26
Cálculo:	Cassius Moraes			Folha:
Aprovação:	Juliano Lanza			32/71

RESULTS - Code - ANSI/AISC 360-16

Member: 13
 Point / Coordinate: 1 / x = 0.00 L = 0.000 m
 Load case: 121 1,35CP+1,35SCutl+1,2SCC+1,05PR1+1,05FT+1,05*FL+1,4C

Section OK

PS 400X300X12,5X6,3

Simplified results Detailed results

MEMBER PARAMETERS

Ly = 14.732 m Lz = 14.732 m
 Lcy = 14.732 m Lcz = 14.732 m
 Lcy/ry = 83.1854 Lcz/rz = 195.0580
 Cb = 2.0744

INTERNAL FORCES:

Pr = 9027 kgf
 Mry = 15991 kgf*m
 Vrz = -5374 kgf

DESIGN STRENGTHS

Fic*Pn = 32309 kgf
 Fib*Mny = 24289 kgf*m
 Fiv*Vnz = 43582 kgf

SAFETY FACTORS

Fic = 0.9000 Fib = 0.9000 Fiv = 0.9000

SECTION ELEMENTS

Flange = Slender Web = Slender

RESULTS

Pr/(Fic*Pn) + 8/9*Mry/(Fib*Mny) = 0.8646 < 1.0000 LRFD (H1-1a)
 Vrz/(Fiv*Vnz) = 0.1233 < 1.0000 LRFD (G)
 Lcy/ry = 83.1854 < (Lc/r),max = 200.0000 Lcz/rz = 195.0580 < (Lc/r),max = 200.0000 STABLE

B) Calhas de tubos de descida

Considerando um bocal em cada pilar, temos:

Cálculo das Dimensões da Calha

Declividade do fundo da calha (d) = 0,5% = 0,005 m/m

Intensidade das Chuvas (i) = 230 mm/h

Área de Contribuição (A) = 110 m²

Quantidade de Descidas de Água Pluvial = 1

$$Q = \frac{A \cdot i}{3600000} = 0,00703 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q = \text{Vazão}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{d} = \frac{A \cdot i}{3600000}$$

n = Coeficiente de rugosidade do material da calha n = 0,011

S = Área Molhada = b · h

R_h = Raio Hidráulico

b = Dimensão da Base da Calha

h = Dimensão da Altura da Calha

P = Perímetro Molhado

$$R_h = \frac{S}{P} = \frac{b \cdot h}{2 \cdot h + b}$$

$$b = 1,20 \cdot h$$

$$h \geq 0,093 \text{ m}$$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

**MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURAL**Nº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
33/71

Dimensões Adotadas para a Calha:

$$\begin{array}{l} \text{Altura (h+50mm)} = 300 \text{ mm} \\ \text{Base} = 300 \text{ mm} \end{array} \rightarrow h = 250 \text{ mm}$$

Cálculo do Diâmetro do Tubo de Descida de Água Pluvial

Altura da Caixa de Pressão (Caso Exista) = 0 mm

$$Q = C \cdot S_T \cdot H^n = C \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \rightarrow D \geq 0,116 \text{ m}$$

$$0,30 \leq C \leq 0,70 \quad C = 0,30$$

 S_T = Área da Seção Transversal do Tubo H^n = Carga Hidráulica g = Aceleração da Gravidade = 9,81 m/s²

Diâmetro do Tubo Adotado: 150 mm

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa		
Cálculo:	Cassius Morais		
Aprovação:	Juliano Lanza		

Data:
27/04/26
Folha:
34/71

ANEXO C - Dimensionamento das Bases de Pilares

- Bases Pilares da Fila A:

Verificação de chapas de base de perfis de alma plana

O.S.: 226802
 Cliente: ST GEORGE BRASIL LTDA
 Obra: PLANTA PILOTO
 Descrição: BASES PILARES FILA A
 Responsável: CASSIUS
 Data: 17/04/26
 Revisão: 01

Esforços Importados do Robot - Nós / Combinações Críticas

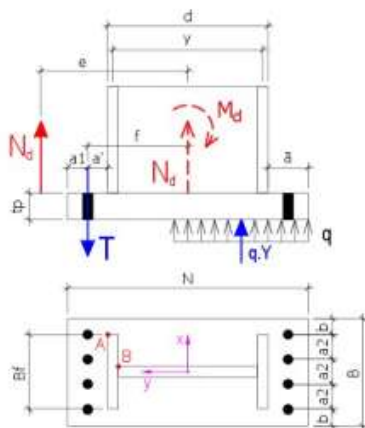
Estado Limite	Caso	Nó	Comb.	Esf.	Res.	Eq.
Tração nos chumbadores	7	11	48	56830	73037	0.78
Cisalhamento: Atrito	5	11	144	7046	7211	0.98
Cisalhamento: Chumbadores	6	11	156	7063	28609	0.25
Bitola dos chumbadores (Res)	7	11	48	28	32	0.88
Espessura da chapa de base	6	11	119	46	50	0.92
Solda mesa: Filete pto(A) Eq.1	6	11	119	231	397	0.58
Solda mesa: Filete pto(A) Eq.2	6	11	119	231	397	0.58
Solda alma: Filete pto(B) Eq.1	6	11	119	113	264	0.43

Nota: SOLDAR A ARRUELA NA CHAPA DE BASE.

Caso 7 : tração - grande excentricidade - alma plana AISC-LRFD 2005

***** A T E N Ç Ã O *****
 :: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: B >= 580.00

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023



Entrada de dados:

Coluna: PS 900x300/300x16.00/16.00x8.00 mm, ASTM A-572 Gr.50
 Chapa de base: 50.00x520x1160 mm, ASTM A-572 Gr.50
 Chumbadores: 2x4xØ1 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 130 mm, ASTM A-36
 Bloco de concreto: 30.0 MPa, λ2/λ1 = 1.00

Esforço solicitantes:

Nó: 11, Combinação: 48 (Robot)

N_{sd} = -1006 kg, M_{x,sd} = 60000 kg.m, H_{y,sd} = 8690 kg, V_{cy,sd} = 0 kg, H_{cy,sd} = 0 kg

Excentricidade:

e = 59616.60 mm, F = 515.00 mm, Limite = 515.00 mm

Características geométricas:

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURALNº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
35/71

$Y = 58.94 \text{ mm}$, $A = 130.00 \text{ mm}$, $a' = 65.00 \text{ mm}$, $x = 87.50 \text{ mm}$
 $m = 152.50 \text{ mm}$, $n = 140.00 \text{ mm}$, $l_n' = 0.00 \text{ mm}$, $l = 152.50 \text{ mm}$

Tensão de esmagamento do concreto:

 $f_{p(\max)} = 182 \text{ kg/cm}^2$

Momentos flettores na chapa de base:

 $M1 = 13208 \text{ kg.m/m}$, $M2 = 9563 \text{ kg.m/m}$

Tração nos chumbadores:

 $T = 56830 \text{ kg}$, $T' = 0 \text{ kg}$
 $PtSd = 56830 \text{ kg}$, $PtRd = 73037 \text{ kg}$, Ok!

Resistência da base ao cisalhamento (atrito):

 $FvSd = 8690 \text{ kg}$, $FvRd = 17943 \text{ kg}$, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 17943 kg

Nota: Não é necessário soldar a arruela na chapa de base.

Resultados da verificação:

Chapa de base.....: $t_{p(\min)} = 41.25 \text{ mm}$, Adotado = 50.00 mm, Ok!Chumbadores.....: $\emptyset (\min) = 28.01 \text{ mm}$, Adotado = 31.75 mm, Ok!Chumbadores.....: $\emptyset (\min) = 28.01 \text{ mm}$, Valor requerido (resistência)

Valores ótimos:

 $N(\text{ótimo}) = 1160.00 \text{ mm}$ $B(\text{ótimo}) = 580.00 \text{ mm}$ $\emptyset(\text{ótimo}) = 2 \times 4 \times \emptyset 1 \frac{1}{4}"$

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

 $d_w(m) = 9.00 \text{ mm}$, $a_w(m) = 6.36 \text{ mm}$, $d_w(a) = 6.00 \text{ mm}$, $a_w(a) = 4.24 \text{ mm}$

Propriedades geométricas do perfil:

 $A = 16544 \text{ mm}^2$ $I_x = 2311680555 \text{ mm}^4$, $W_x = 5137068 \text{ mm}^3$ $I_y = 72037035 \text{ mm}^4$, $W_y = 480247 \text{ mm}^3$

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

 $M_x, S_d = 60000150 \text{ kg.mm}$, $N_{Sd} = 1006 \text{ kg}$, $V_x, S_d = 0 \text{ kg}$, $V_y, S_d = 8690 \text{ kg}$

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

 $\text{SigN}(A) = 0.06 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigM}(A) = 11.68 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigT}(A) = 11.74 \text{ kg/mm}^2$ $\text{Tau}(A) = 0.00 \text{ kg/mm}^2$ $f_w = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $f_{wd} = 34.64 \text{ kg/mm}^2$ $\text{Teta}(A) = 1.57 \text{ rad} = 90.00^\circ$ 1a Verificação: $\text{SigT}(A) \cdot t_f \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot 1.5$ $: 187.85 \text{ kg/mm} < 396.78 \text{ kg/mm} :: \text{Eq.} = 0.4734 < 1.0 \text{ Ok!}$ 2a Verificação: $\text{Raiz}([\text{SigT}(A) \cdot t_f]^2 + [\text{Tau}(A) \cdot t_f]^2) \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}(\text{teta})^{1.5})$ $: 187.85 \text{ kg/mm} < 396.78 \text{ kg/mm} :: \text{Eq.} = 0.4734 < 1.0 \text{ Ok!}$

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

 $\text{SigN}(B) = 0.06 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigM}(B) = 11.26 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigT}(B) = 11.33 \text{ kg/mm}^2$ $\text{Tau}(B) = 1.25 \text{ kg/mm}^2$ $f_w = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $f_{wd} = 34.64 \text{ kg/mm}^2$ $\text{Teta}(B) = 1.46 \text{ rad} = 83.69^\circ$ 2a Verificação: $\text{Raiz}([\text{SigT}(B) \cdot t_w]^2 + [\text{Tau}(B) \cdot t_w]^2) \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}(\text{teta})^{1.5})$ $: 91.15 \text{ kg/mm} < 263.72 \text{ kg/mm} :: \text{Eq.} = 0.3456 < 1.0 \text{ Ok!}$

Caso 5 : compressão - pequena excentricidade - alma plana AISC-LRFD 2005

* * * * * A T E N Ç Ã O * * * * *

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

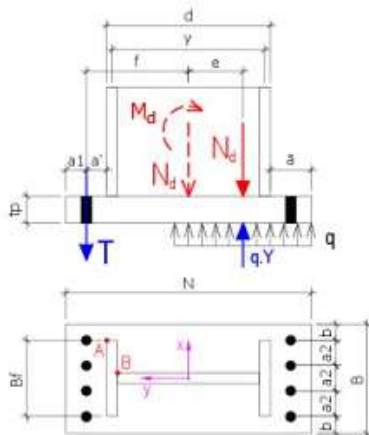
Revisão:
REV00

O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa		
Cálculo:	Cassius Morais		
Aprovação:	Juliano Lanza		

Data:
27/04/26
Folha:
36/71

:: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: B >= 580.00

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023



MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
37/71

Valores ótimos:

$N(\text{ótimo}) = 1100.00 \text{ mm}$
 $B(\text{ótimo}) = 550.00 \text{ mm}$
 $\emptyset(\text{ótimo}) = 2 \times 4 \times \emptyset 1"$

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas mesas e na alma:

$d_w(m) = 9.00 \text{ mm}$, $a_w(m) = 6.36 \text{ mm}$, $d_w(a) = 6.00 \text{ mm}$, $a_w(a) = 4.24 \text{ mm}$

Propriedades geométricas do perfil:

$A = 16544 \text{ mm}^2$
 $I_x = 2311680555 \text{ mm}^4$, $W_x = 5137068 \text{ mm}^3$
 $I_y = 72037035 \text{ mm}^4$, $W_y = 480247 \text{ mm}^3$

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

$M_x, S_d = 9724344 \text{ kg.mm}$, $N_{Sd} = 22433 \text{ kg}$, $V_x, S_d = 0 \text{ kg}$, $V_y, S_d = 7046 \text{ kg}$

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

$\text{SigN}(A) = 1.36 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigM}(A) = 1.89 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigT}(A) = 3.25 \text{ kg/mm}^2$

$\text{Tau}(A) = 0.00 \text{ kg/mm}^2$

$f_w = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $f_{wd} = 34.64 \text{ kg/mm}^2$

$\text{Teta}(A) = 1.57 \text{ rad} = 90.00^\circ$

1a Verificação: $\text{SigT}(A) \cdot t_f \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot 1.5$

: $51.98 \text{ kg/mm} < 396.78 \text{ kg/mm}$:: $\text{Eq.} = 0.1310 < 1.0$ Ok!

2a Verificação: $\text{Raiz}\{[\text{SigT}(A) \cdot t_f]^2 + [\text{Tau}(A) \cdot t_f]^2\} \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}(\text{teta})^{1.5})$

: $51.98 \text{ kg/mm} < 396.78 \text{ kg/mm}$:: $\text{Eq.} = 0.1310 < 1.0$ Ok!

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

$\text{SigN}(B) = 1.36 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigM}(B) = 1.83 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigT}(B) = 3.18 \text{ kg/mm}^2$

$\text{Tau}(B) = 1.01 \text{ kg/mm}^2$

$f_w = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $f_{wd} = 34.64 \text{ kg/mm}^2$

$\text{Teta}(B) = 1.26 \text{ rad} = 72.31^\circ$

2a Verificação: $\text{Raiz}\{[\text{SigT}(B) \cdot t_w]^2 + [\text{Tau}(B) \cdot t_w]^2\} \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}(\text{teta})^{1.5})$

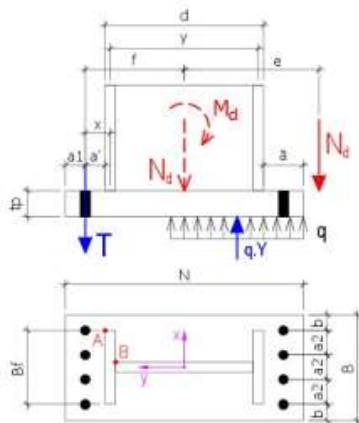
: $26.72 \text{ kg/mm} < 258.34 \text{ kg/mm}$:: $\text{Eq.} = 0.1034 < 1.0$ Ok!

Caso 6 : compressão - grande excentricidade - alma plana

AISC-LRFD 2005

***** A T E N Ç Ã O *****
:: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: $B \geq 580.00$

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023



Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURALNº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:

27/04/26

Folha:

38/71

Entrada de dados:

Coluna.....: PS 900x300/300x16,00/16,00x8,00 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chapa de base.....: 50,00x520x1160 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chumbadores.....: 2x4xØ1 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 130 mm, ASTM A-36
Bloco de concreto.....: 30,0 MPa, A2/A1 = 1,00

Esforço solicitantes:

Nó: 11, Combinação: 156 (Robot)

NSd = 17399 kg, Mx,Sd = 14112 kg.m, Hy,Sd = 7063 kg, Vcy,Sd = 0 kg, Hcy,Sd = 0 kg

Excentricidade:

e = 811,09 mm, f = 515,00 mm, Limite = 570,81 mm

Características geométricas:

Y = 22,48 mm, a = 130,00 mm, a' = 65,00 mm, x = 87,50 mm
m = 152,50 mm, n = 140,00 mm, ln' = 0,00 mm, l = 152,50 mm

Tensão de esmagamento do concreto:

fp{max} = 182 kg/cm²

Momentos flettores na chapa de base:

M1 = 5783 kg.m/m, M2 = 655 kg.m/m

Tração nos chumbadores:

T = 3890 kg, T' = 0 kg
PtSd = 3890 kg, PtRd = 73037 kg, Ok!

Resistência dos chumbadores ao cisalhamento:

PvSd = 7063 kg, PvRd = 28609 kg, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 6843 kg

Nota: SOLDAR A ARRUELA NA CHAPA DE BASE.

Resultados da verificação:

Chapa de base.....: tp{min} = 27,30 mm, Adotado = 50,00 mm, Ok!
Chumbadores.....: Ø {min} = 7,33 mm, Adotado = 31,75 mm, Ok!

Chumbadores.....: Ø {min} = 7,33 mm, Valor requerido {resistência}

Valores ótimos:

N{ótimo} = 1100,00 mm
B{ótimo} = 550,00 mm
Ø{ótimo} = 2 x 4 x Ø1"

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

dw{m} = 9,00 mm, aw{m} = 6,36 mm, dw{a} = 6,00 mm, aw{a} = 4,24 mm

Propriedades geométricas do perfil:

A = 16544 mm²
Ix = 2311680555 mm⁴, Wx = 5137068 mm³
Iy = 72037035 mm⁴, Wy = 480247 mm³

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

Mx,Sd = 14112201 kg.mm, NSd = 17399 kg, Vx,Sd = 0 kg, Vy,Sd = 7063 kg

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

SigN(A) = 1,05 kg/mm², SigM(A) = 2,75 kg/mm², SigT(A) = 3,80 kg/mm²
Tau(A) = 0,00 kg/mm²
fx = 48,50 kg/mm², fwd = 34,64 kg/mm²

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
39/71

Teta(A) = 1.57 rad = 90.00°
1a Verificação: $\text{SigT}\{\lambda\} \cdot t_f \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot 1.5$
: 60.78 kg/mm < 396.78 kg/mm :: Eq. = 0.1532 < 1.0 Ok!
2a Verificação: $\text{Raiz}\{[\text{SigT}\{\lambda\} \cdot t_f]^2 + [\text{Tau}\{\lambda\} \cdot t_f]^2\} \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}\{\text{teta}\} \cdot 1.5)$
: 60.78 kg/mm < 396.78 kg/mm :: Eq. = 0.1532 < 1.0 Ok!

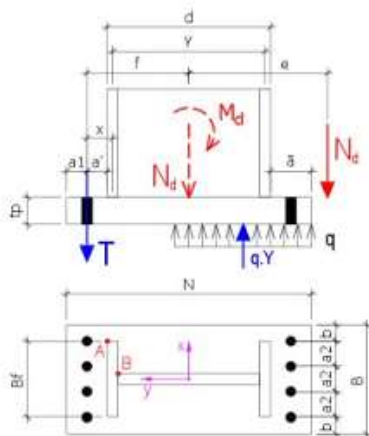
Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

$\text{SigN}\{B\} = 1.05 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigM}\{B\} = 2.65 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigT}\{B\} = 3.70 \text{ kg/mm}^2$
 $\text{Tau}\{B\} = 1.02 \text{ kg/mm}^2$, $f_{wd} = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $f_{wd} = 34.64 \text{ kg/mm}^2$
Teta(B) = 1.30 rad = 74.63°
2a Verificação: $\text{Raiz}\{[\text{SigT}\{B\} \cdot t_w]^2 + [\text{Tau}\{B\} \cdot t_w]^2\} \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}\{\text{teta}\} \cdot 1.5)$
: 30.71 kg/mm < 259.83 kg/mm :: Eq. = 0.1182 < 1.0 Ok!

Caso 6 : compressão - grande excentricidade - alma plana AISC-LRFD 2005

:: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: B >= 580.00

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023



Entrada de dados:

Coluna.....: PS 900x300/300x16.00/16.00x8.00 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chapa de base.....: 50.00x520x1160 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chumbadores.....: 2x4x21 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 130 mm, ASTM A-36
Bloco de concreto....: 30.0 MPa, A2/A1 = 1.00

Esforço solicitantes:

Nº: 11, Combinação: 17 (Robot)

NSd = 25798 kg, Mx,Sd = 41588 kg.m, Hy,Sd = 5607 kg, Vcy,Sd = 0 kg, Hcy,Sd = 0 kg

Excentricidade:

e = 1612.09 mm, f = 515.00 mm, Limite = 566.38 mm

Características geométricas:

Y = 54.25 mm, A = 130.00 mm, a' = 65.00 mm, x = 87.50 mm
m = 152.50 mm, n = 140.00 mm, ln' = 0.00 mm, l = 152.50 mm

Tensão de esmagamento do concreto:

$f_{p\{max\}} = 182 \text{ kg/cm}^2$

Momentos fletores na chapa de base:

M1 = 12389 kg.m/m, M2 = 4306 kg.m/m



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURALNº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa		
Cálculo:	Cassius Morais		
Aprovação:	Juliano Lanza		

Data:
27/04/26
Folha:
40/71

Tração nos chumbadores:

$T = 25589 \text{ kg}$, $T' = 0 \text{ kg}$
 $PtSd = 25589 \text{ kg}$, $PtRd = 73037 \text{ kg}$, Ok!

Resistência da base ao cisalhamento (atrito):

$FvSd = 5607 \text{ kg}$, $FvRd = 16517 \text{ kg}$, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 16517 kg

Nota: Não é necessário soldar a arruela na chapa de base.

Resultados da verificação:

Chapa de base.....: $tp(\text{min}) = 39.95 \text{ mm}$, Adotado = 50.00 mm, Ok!

Chumbadores.....: $\emptyset(\text{min}) = 18.79 \text{ mm}$, Adotado = 31.75 mm, Ok!

Chumbadores.....: $\emptyset(\text{min}) = 18.79 \text{ mm}$, Valor requerido (resistência)

Valores ótimos:

$N(\text{ótimo}) = 1100.00 \text{ mm}$

$B(\text{ótimo}) = 550.00 \text{ mm}$

$\emptyset(\text{ótimo}) = 2 \times 4 \times \emptyset 1"$

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

$dw(m) = 9.00 \text{ mm}$, $aw(m) = 6.36 \text{ mm}$, $dw(a) = 6.00 \text{ mm}$, $aw(a) = 4.24 \text{ mm}$

Propriedades geométricas do perfil:

$A = 16544 \text{ mm}^2$

$I_x = 2311680555 \text{ mm}^4$, $W_x = 5137068 \text{ mm}^3$

$I_y = 72037035 \text{ mm}^4$, $W_y = 480247 \text{ mm}^3$

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

$Mx, Sd = 41588248 \text{ kg.mm}$, $NSd = 25798 \text{ kg}$, $Vx, Sd = 0 \text{ kg}$, $Vy, Sd = 5607 \text{ kg}$

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

$SigN(A) = 1.56 \text{ kg/mm}^2$, $SigM(A) = 8.10 \text{ kg/mm}^2$, $SigT(A) = 9.66 \text{ kg/mm}^2$

$Tau(A) = 0.00 \text{ kg/mm}^2$

$Fw = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $fwd = 34.64 \text{ kg/mm}^2$

$Teta(A) = 1.57 \text{ rad} = 90.00^\circ$

1a Verificação: $SigT(A) \cdot tf \leq 2 \cdot aw \cdot 0.6 \cdot fwd \cdot 1.5$

: $154.48 \text{ kg/mm} < 396.78 \text{ kg/mm}$:: Eq. = 0.3893 < 1.0 Ok!

2a Verificação: $Raiz\{[SigT(A) \cdot tf]^2 + [Tau(A) \cdot tf]^2\} \leq 2 \cdot aw \cdot 0.6 \cdot fwd \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}(teta) \cdot 1.5)$

: $154.48 \text{ kg/mm} < 396.78 \text{ kg/mm}$:: Eq. = 0.3893 < 1.0 Ok!

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

$SigN(B) = 1.56 \text{ kg/mm}^2$, $SigM(B) = 7.81 \text{ kg/mm}^2$, $SigT(B) = 9.37 \text{ kg/mm}^2$

$Tau(B) = 0.81 \text{ kg/mm}^2$

$Fw = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $fwd = 34.64 \text{ kg/mm}^2$

$Teta(B) = 1.48 \text{ rad} = 85.07^\circ$

2a Verificação: $Raiz\{[SigT(B) \cdot tw]^2 + [Tau(B) \cdot tw]^2\} \leq 2 \cdot aw \cdot 0.6 \cdot fwd \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}(teta) \cdot 1.5)$

: $75.22 \text{ kg/mm} < 264.03 \text{ kg/mm}$:: Eq. = 0.2849 < 1.0 Ok!

Caso 6 : compressão - grande excentricidade - alma plana

AISC-LRFD 2005

* * * * * A T E N Ç Ã O * * * * *

:: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: B >= 580.00

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

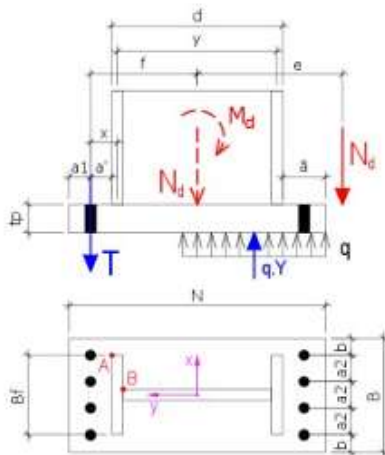
MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa		
Cálculo:	Cassius Morais		
Aprovação:	Juliano Lanza		

Data:
27/04/26
Folha:
41/71



Entrada de dados:

Coluna.....: PS 900x300/300x16.00/16.00x8.00 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chapa de base.....: 50.00x520x1160 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chumbadores.....: 2x4xØ1 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 130 mm, ASTM A-36
Bloco de concreto.....: 30.0 MPa, A2/A1 = 1.00

Esforço solicitantes:

Nº: 11, Combinação: 119 (Robot)

NSd = 30529 kg, Mx,Sd = 64816 kg.m, Hy,Sd = 8732 kg, Vcy,Sd = 0 kg, Hcy,Sd = 0 kg

Excentricidade:

e = 2123.07 mm, f = 515.00 mm, Limite = 563.88 mm

Características geométricas:

Y = 80.62 mm, A = 130.00 mm, a' = 65.00 mm, x = 87.50 mm
m = 152.50 mm, n = 140.00 mm, ln' = 0.00 mm, l = 152.50 mm

Tensão de esmagamento do concreto:

f_p(max) = 182 kg/cm²

Momentos fletores na chapa de base:

M1 = 16475 kg.m/m, M2 = 7712 kg.m/m

Tração nos chumbadores:

T = 45833 kg, T' = 0 kg
FtSd = 45833 kg, FtRd = 73037 kg, Ok!

Resistência da base ao cisalhamento (atrito):

FvSd = 8732 kg, FvRd = 24545 kg, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 24545 kg

Nota: Não é necessário soldar a arruela na chapa de base.

Resultados da verificação:



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
42/71

Chapa de base.....: tp(min) = 46.07 mm, Adotado = 50.00 mm, Ok!
Chumbadores.....: Ø (min) = 25.15 mm, Adotado = 31.75 mm, Ok!
Chumbadores.....: Ø (min) = 25.15 mm, Valor requerido {resistência}

Valores ótimos:

N(ótimo) = 1100.00 mm
B(ótimo) = 550.00 mm
Ø(ótimo) = 2 x 4 x Ø1"

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

dw(m) = 9.00 mm, aw(m) = 6.36 mm, dw(a) = 6.00 mm, aw(a) = 4.24 mm

Propriedades geométricas do perfil:

A = 16544 mm²
Ix = 2311680555 mm⁴, Wx = 5137068 mm³
Iy = 72037035 mm⁴, Wy = 480247 mm³

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

Mx,Sd = 64816111 kg.mm, NSd = 30529 kg, Vx,Sd = 0 kg, Vy,Sd = 8732 kg

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

SigN(A) = 1.85 kg/mm², SigM(A) = 12.62 kg/mm², SigT(A) = 14.46 kg/mm²
Tau(A) = 0.00 kg/mm²
fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²
Teta(A) = 1.57 rad = 90.00°

1a Verificação: SigT(A)*tf <= 2*aw*0.6*fwd*1.5

: 231.40 kg/mm < 396.78 kg/mm :: Eq. = 0.5832 < 1.0 Ok!

2a Verificação: Raiz{[SigT(A).tf]²+ [Tau(A).tf]²} <= 2*aw*0.6*fwd*(1+0.5*sen(teta)^1.5)

: 231.40 kg/mm < 396.78 kg/mm :: Eq. = 0.5832 < 1.0 Ok!

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

SigN(B) = 1.85 kg/mm², SigM(B) = 12.17 kg/mm², SigT(B) = 14.01 kg/mm²
Tau(B) = 1.26 kg/mm²
fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²
Teta(B) = 1.48 rad = 84.87°

2a Verificação: Raiz{[SigT(B).tw]²+ [Tau(B).tw]²} <= 2*aw*0.6*fwd*(1+0.5*sen(teta)^1.5)

: 112.56 kg/mm < 263.99 kg/mm :: Eq. = 0.4264 < 1.0 Ok!

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL
Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa
Cálculo: Cassius Morais
Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26
Folha:
43/71

- Bases Pilares da Fila B:

Verificação de chapas de base de perfis de alma plana

O.S.: 226802
Cliente: ST GEORGE BRASIL LTDA
Obra: PLANTA PILOTO
Descrição: BASES PILARES FILA B
Responsável: CASSIUS
Data: 17/04/26
Revisão: 01

Esforços Importados da Robot - Nós / Combinações Críticas

Estado Limite	Caso	Nó	Comb.	Esf.	Res.	Eq.
Tração nos chumbadores	7	17	49	46015	73037	0.63
Cisalhamento: Atrito	6	17	40	7536	8327	0.90
Cisalhamento: Chumbadores	7	17	46	5489	24068	0.23
Bitola dos chumbadores (Res)	7	17	49	25	32	0.79
Epessura da chapa de base	6	17	100	43	50	0.87
Solda mesa: Filete pto(A) Eq.1	6	17	100	197	353	0.56
Solda mesa: Filete pto(A) Eq.2	6	17	100	197	353	0.56
Solda alma: Filete pto(B) Eq.1	6	17	100	123	264	0.47

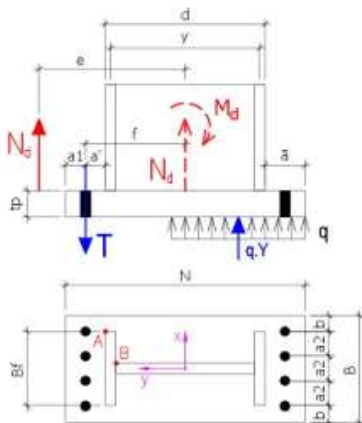
Nota: SOLDAR A ARRUELA NA CHAPA DE BASE.

Caso 7 : tração - grande excentricidade - alma plana

AISC-LRPD 2005

A T E N Ç Ã O
:: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: B >= 530.00

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023



Entrada de dados:

Coluna: PS E00x300/300x12.50/12.50x8.00 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chapa de base: 50.00x520x1060 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chumbadores: 2x4x01 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 130 mm, ASTM A-36
Bloco de concreto: 30.0 MPa, A2/A1 = 1.00

Esforço solicitantes:

Nó: 17, Combinação: 49 (Robot)

NSd = -2470 kg, Mx,Sd = 43475 kg.m, Hy,Sd = 7970 kg, Vcy,Sd = 0 kg, Hcy,Sd = 0 kg

Excentricidade:

e = 17603.77 mm, f = 465.00 mm, Limite = 465.00 mm

Características geométricas:

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
44/71

Y = 45.98 mm, A = 130.00 mm, a' = 65.00 mm, x = 85.00 mm
m = 150.00 mm, n = 140.00 mm, ln' = 0.00 mm, l = 150.00 mm

Tensão de esmagamento do concreto:

$f_{p(max)} = 182 \text{ kg/cm}^2$

Momentos flettores na chapa de base:

M1 = 10636 kg.m/m, M2 = 7522 kg.m/m

Tração nos chumbadores:

T = 46015 kg, T' = 0 kg
FtSd = 46015 kg, FtRd = 73037 kg, Ok!

Resistência da base ao cisalhamento (atrito):

FvSd = 7970 kg, FvRd = 13997 kg, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 13997 kg

Nota: Não é necessário soldar a arruela na chapa de base.

Resultados da verificação:

Chapa de base.....: tp(min) = 37.02 mm, Adotado = 50.00 mm, Ok!
Chumbadores.....: Ø (min) = 25.20 mm, Adotado = 31.75 mm, Ok!

Chumbadores.....: Ø (min) = 25.20 mm, Valor requerido (resistência)

Valores ótimos:

N(ótimo) = 1000.00 mm
B(ótimo) = 500.00 mm
Ø(ótimo) = 2 x 4 x Ø1"

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

dw(m) = 8.00 mm, aw(m) = 5.66 mm, dw(a) = 6.00 mm, aw(a) = 4.24 mm

Propriedades geométricas do perfil:

A = 13700 mm²
Ix = 1473213542 mm⁴, Wx = 3683034 mm³
Iy = 56283067 mm⁴, Wy = 375220 mm³

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

Mx,Sd = 43474636 kg.mm, NSd = 2470 kg, Vx,Sd = 0 kg, Vy,Sd = 7970 kg

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

SigN(A) = 0.18 kg/mm², SigM(A) = 11.80 kg/mm², SigT(A) = 11.98 kg/mm²
Tau(A) = 0.00 kg/mm², fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²

Teta(A) = 1.57 rad = 90.00°

1a Verificação: $SigT(A) \cdot tf \leq 2 \cdot aw \cdot 0.6 \cdot fwd \cdot 1.5$
: 149.80 kg/mm < 352.69 kg/mm :: Eq. = 0.4247 < 1.0 Ok!

2a Verificação: $Raiz([SigT(A) \cdot tf]^2 + [Tau(A) \cdot tf]^2) \leq 2 \cdot aw \cdot 0.6 \cdot fwd \cdot (1 + 0.5 \cdot \sin(teta))^{1.5}$
: 149.80 kg/mm < 352.69 kg/mm :: Eq. = 0.4247 < 1.0 Ok!

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

SigN(B) = 0.18 kg/mm², SigM(B) = 11.44 kg/mm², SigT(B) = 11.62 kg/mm²
Tau(B) = 1.29 kg/mm², fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²

Teta(B) = 1.46 rad = 83.68°

2a Verificação: $Raiz([SigT(B) \cdot tw]^2 + [Tau(B) \cdot tw]^2) \leq 2 \cdot aw \cdot 0.6 \cdot fwd \cdot (1 + 0.5 \cdot \sin(teta))^{1.5}$
: 93.49 kg/mm < 263.72 kg/mm :: Eq. = 0.3545 < 1.0 Ok!

Caso 6 : compressão - grande excentricidade - alma plana AISC-LRFD 2005

* * * * * A T E N Ç Ã O * * * * *

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

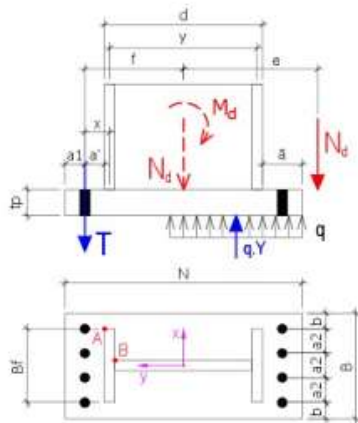
Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
45/71

:: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: $B \geq 530.00$

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023



Entrada de dados:

Coluna.....: PS 800x300/300x12.50/12.50x8.00 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chapa de base.....: 50.00x520x1060 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chumbadores.....: 2x4xØ1 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 130 mm, ASTM A-36
Bloco de concreto.....: 30.0 MPa, A2/A1 = 1.00

Esforço solicitantes:

Nº: 17, Combinação: 40 (Robot)

$N_{Sd} = 6270$ kg, $M_{x,Sd} = 22506$ kg.m, $H_{y,Sd} = 7536$ kg, $V_{cy,Sd} = 0$ kg, $H_{cy,Sd} = 0$ kg

Excentricidade:

$e = 3589.28$ mm, $f = 465.00$ mm, Limite = 526.69 mm

Características geométricas:

$Y = 27.35$ mm, $A = 130.00$ mm, $a' = 65.00$ mm, $x = 85.00$ mm
 $m = 150.00$ mm, $n = 140.00$ mm, $l_{n'} = 0.00$ mm, $l = 150.00$ mm

Tensão de esmagamento do concreto:

$f_{p\{max\}} = 162$ kg/cm²

Momentos fletores na chapa de base:

$M1 = 6792$ kg.m/m, $M2 = 3210$ kg.m/m

Tração nos chumbadores:

$T = 19635$ kg, $T' = 0$ kg
 $P_{tSd} = 19635$ kg, $P_{tRd} = 73037$ kg, Ok!

Resistência da base ao cisalhamento (atrito):

$F_{vSd} = 7536$ kg, $F_{vRd} = 8327$ kg, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 8327 kg

Nota: Não é necessário soldar a arruela na chapa de base.

Resultados da verificação:

Chapa de base.....: $t_{p\{min\}} = 29.58$ mm, Adotado = 50.00 mm, Ok!
Chumbadores.....: $\phi\{min\} = 16.46$ mm, Adotado = 31.75 mm, Ok!

Chumbadores.....: $\phi\{min\} = 16.46$ mm, Valor requerido (resistência)

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:

27/04/26

Folha:

46/71

Valores ótimos:

$N(\text{ótimo}) = 990.00 \text{ mm}$
 $B(\text{ótimo}) = 490.00 \text{ mm}$
 $\emptyset(\text{ótimo}) = 2 \times 4 \times \emptyset 7/8"$

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas mjesas e na alma:

$d_w(m) = 8.00 \text{ mm}$, $a_w(m) = 5.66 \text{ mm}$, $d_w(a) = 6.00 \text{ mm}$, $a_w(a) = 4.24 \text{ mm}$

Propriedades geométricas do perfil:

$A = 13700 \text{ mm}^2$
 $I_x = 1473213542 \text{ mm}^4$, $W_x = 3683034 \text{ mm}^3$
 $I_y = 56283067 \text{ mm}^4$, $W_y = 375220 \text{ mm}^3$

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

$N_{x,Sd} = 22506288 \text{ kg}$, $N_{Sd} = 6270 \text{ kg}$, $V_{x,Sd} = 0 \text{ kg}$, $V_{y,Sd} = 7536 \text{ kg}$

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

$\text{SigN}(A) = 0.46 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigM}(A) = 6.11 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigT}(A) = 6.57 \text{ kg/mm}^2$
 $\text{Tau}(A) = 0.00 \text{ kg/mm}^2$
 $f_w = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $f_{wd} = 34.64 \text{ kg/mm}^2$
 $\text{Teta}(A) = 1.57 \text{ rd} = 90.00^\circ$
1a Verificação: $\text{SigT}(A) \cdot t_f \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot 1.5$
: $82.11 \text{ kg/mm} < 352.69 \text{ kg/mm}$:: $\text{Eq.} = 0.2328 < 1.0 \text{ Ok!}$
2a Verificação: $\text{Raiz}(\{\text{SigT}(A) \cdot t_f\}^2 + \{\text{Tau}(A) \cdot t_f\}^2) \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}(\text{teta})^{1.5})$
: $82.11 \text{ kg/mm} < 352.69 \text{ kg/mm}$:: $\text{Eq.} = 0.2328 < 1.0 \text{ Ok!}$

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

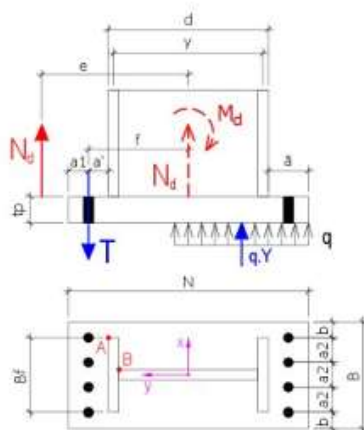
$\text{SigN}(B) = 0.46 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigM}(B) = 5.92 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigT}(B) = 6.38 \text{ kg/mm}^2$
 $\text{Tau}(B) = 1.22 \text{ kg/mm}^2$
 $f_w = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $f_{wd} = 34.64 \text{ kg/mm}^2$
 $\text{Teta}(B) = 1.38 \text{ rd} = 79.21^\circ$
2a Verificação: $\text{Raiz}(\{\text{SigT}(B) \cdot t_w\}^2 + \{\text{Tau}(B) \cdot t_w\}^2) \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}(\text{teta})^{1.5})$
: $51.94 \text{ kg/mm} < 262.19 \text{ kg/mm}$:: $\text{Eq.} = 0.1981 < 1.0 \text{ Ok!}$

Caso 7 : tração - grande excentricidade - alma plana

AISC-LRFD 2005

***** A T E N Ç Ã O *****
:: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: B >= 530.00

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023



MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
47/71

Entrada de dados:

Coluna.....: PS 800x300/300x12.50/12.50x8.00 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chapa de base.....: 50.00x520x1060 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chumbadores.....: 2x4x21 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 130 mm, ASTM A-36
Bloco de concreto....: 30.0 MPa, A2/A1 = 1.00

Esforço solicitantes:

Nó: 17, Combinação: 46 (Robot)

NSd = -273 kg, Mx,Sd = 10198 kg.m, Hy,Sd = 5489 kg, Vcy,Sd = 0 kg, Hcy,Sd = 0 kg

Excentricidade:

e = 37310.13 mm, f = 465.00 mm, Limite = 465.00 mm

Características geométricas:

Y = 10.74 mm, A = 130.00 mm, a' = 65.00 mm, x = 85.00 mm
m = 150.00 mm, n = 140.00 mm, ln' = 0.00 mm, l = 150.00 mm

Tensão de esmagamento do concreto:

fp(max) = 182 kg/cm²

Momentos flettores na chapa de base:

M1 = 2830 kg.m/m, M2 = 1708 kg.m/m

Tração nos chumbadores:

T = 10450 kg, T' = 0 kg
PtSd = 10450 kg, PtRd = 73037 kg, Ok!

Resistência dos chumbadores ao cisalhamento:

FvSd = 5489 kg, FvRd = 24068 kg, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 3271 kg

Nota: SOLDAR A ARRUELA NA CHAPA DE BASE.

Resultados da verificação:

Chapa de base.....: tp(min) = 19.10 mm, Adotado = 50.00 mm, Ok!
Chumbadores.....: Ø (min) = 12.01 mm, Adotado = 31.75 mm, Ok!

Chumbadores.....: Ø (min) = 12.01 mm, Valor requerido (resistência)

Valores ótimos:

N(ótimo) = 980.00 mm
B(ótimo) = 490.00 mm
Ø(ótimo) = 2 x 4 x Ø7/8"

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

dw(m) = 8.00 mm, aw(m) = 5.66 mm, dw(a) = 6.00 mm, aw(a) = 4.24 mm

Propriedades geométricas do perfil:

A = 13700 mm²
Ix = 1473213542 mm⁴, Wx = 3683034 mm³
Iy = 56283067 mm⁴, Wy = 375220 mm³

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

Mx,Sd = 10198019 kg.mm, NSd = 273 kg, Vx,Sd = 0 kg, Vy,Sd = 5489 kg

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

SigN(A) = 0.02 kg/mm², SigM(A) = 2.77 kg/mm², SigT(A) = 2.79 kg/mm²
Tau(A) = 0.00 kg/mm²
fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURALNº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa		
Cálculo:	Cassius Morais		
Aprovação:	Juliano Lanza		

Data:
27/04/26
Folha:
49/71

Tração nos chumbadores:

$T = 23960 \text{ kg}$, $T' = 0 \text{ kg}$
 $FtSd = 23960 \text{ kg}$, $FtRd = 73037 \text{ kg}$, Ok!

Resistência da base ao cisalhamento (atrito):

$FvSd = 5607 \text{ kg}$, $FvRd = 14166 \text{ kg}$, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 14166 kg

Nota: Não é necessário soldar a arruela na chapa de base.

Resultados da verificação:

Chapa de base.....: $tp(\text{min}) = 37.20 \text{ mm}$, Adotado = 50.00 mm, Ok!
Chumbadores.....: $\emptyset(\text{min}) = 18.19 \text{ mm}$, Adotado = 31.75 mm, Ok!

Chumbadores.....: $\emptyset(\text{min}) = 18.19 \text{ mm}$, Valor requerido (resistência)

Valores ótimos:

$N(\text{ótimo}) = 980.00 \text{ mm}$
 $B(\text{ótimo}) = 490.00 \text{ mm}$
 $\emptyset(\text{ótimo}) = 2 \times 4 \times \emptyset 7/8"$

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

$dw(m) = 8.00 \text{ mm}$, $aw(m) = 5.66 \text{ mm}$, $dw(a) = 6.00 \text{ mm}$, $aw(a) = 4.24 \text{ mm}$

Propriedades geométricas do perfil:

$A = 13700 \text{ mm}^2$
 $Ix = 1473213542 \text{ mm}^4$, $Wx = 3683034 \text{ mm}^3$
 $Iy = 56283067 \text{ mm}^4$, $Wy = 375220 \text{ mm}^3$

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

$Mx, Sd = 33473919 \text{ kg.mm}$, $NSd = 20111 \text{ kg}$, $Vx, Sd = 0 \text{ kg}$, $Vy, Sd = 5607 \text{ kg}$

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

$SigN(A) = 1.47 \text{ kg/mm}^2$, $SigM(A) = 9.09 \text{ kg/mm}^2$, $SigT(A) = 10.56 \text{ kg/mm}^2$

$Tau(A) = 0.00 \text{ kg/mm}^2$

$fw = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $fwd = 34.64 \text{ kg/mm}^2$

$Teta(A) = 1.57 \text{ rad} = 90.00^\circ$

1a Verificação: $SigT(A) \cdot tf \leq 2 \cdot aw \cdot 0.6 \cdot fwd \cdot 1.5$

: $131.96 \text{ kg/mm} < 352.69 \text{ kg/mm}$:: Eq. = 0.3741 < 1.0 Ok!

2a Verificação: $Raiz\{[SigT(A) \cdot tf]^2 + [Tau(A) \cdot tf]^2\} \leq 2 \cdot aw \cdot 0.6 \cdot fwd \cdot (1 + 0.5 \cdot \sin(teta))^{1.5}$

: $131.96 \text{ kg/mm} < 352.69 \text{ kg/mm}$:: Eq. = 0.3741 < 1.0 Ok!

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

$SigN(B) = 1.47 \text{ kg/mm}^2$, $SigM(B) = 8.80 \text{ kg/mm}^2$, $SigT(B) = 10.27 \text{ kg/mm}^2$

$Tau(B) = 0.90 \text{ kg/mm}^2$

$fw = 48.50 \text{ kg/mm}^2$, $fwd = 34.64 \text{ kg/mm}^2$

$Teta(B) = 1.48 \text{ rad} = 84.97^\circ$

2a Verificação: $Raiz\{[SigT(B) \cdot tw]^2 + [Tau(B) \cdot tw]^2\} \leq 2 \cdot aw \cdot 0.6 \cdot fwd \cdot (1 + 0.5 \cdot \sin(teta))^{1.5}$

: $82.50 \text{ kg/mm} < 264.01 \text{ kg/mm}$:: Eq. = 0.3125 < 1.0 Ok!

Caso 6 : compressão - grande excentricidade - alma plana

AISC-LRFD 2005

***** A T E N Ç Ã O *****
: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: B >= 530.00

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

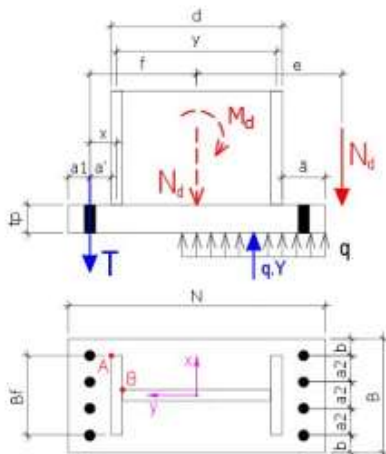
MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa		
Cálculo:	Cassius Morais		
Aprovação:	Juliano Lanza		

Data:
27/04/26
Folha:
50/71



Entrada de dados:

Coluna..... PS 800x300/300x12.50/12.50x8.00 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chapa de base..... 50.00x520x1060 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chumbadores..... 2x4xØ1 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 130 mm, ASTM A-36
Bloco de concreto..... 30,0 MPa, A2/A1 = 1.00

Esforço solicitantes:

Nº: 17, Combinação: 100 (Robot)

NSd = 25513 kg, Mx,Sd = 51266 kg.m, Hy,Sd = 7970 kg, Vcy,Sd = 0 kg, Hcy,Sd = 0 kg

Excentricidade:

e = 2009.43 mm, f = 465.00 mm, Limite = 516.53 mm

Características geométricas:

Y = 69.41 mm, a = 130.00 mm, a' = 65.00 mm, x = 85.00 mm
m = 150.00 mm, n = 140.00 mm, ln' = 0.00 mm, l = 150.00 mm

Tensão de esmagamento do concreto:

$\hat{p}_{\{max\}} = 182 \text{ kg/cm}^2$

Momentos flettores na chapa de base:

M1 = 14576 kg.m/m, M2 = 6576 kg.m/m

Tração nos chumbadores:

T = 40227 kg, T' = 0 kg
FtSd = 40227 kg, FtRd = 73037 kg, Ok!

Resistência da base ao cisalhamento (atrito):

FvSd = 7970 kg, FvRd = 21131 kg, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 21131 kg

Nota: Não é necessário soldar a arruela na chapa de base.

Resultados da verificação:

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
51/71

Chapa de base.....: tp(min) = 43.33 mm, Adotado = 50.00 mm, Ok!
Chumbadores.....: Ø (min) = 23.56 mm, Adotado = 31.75 mm, Ok!
Chumbadores.....: Ø (min) = 23.56 mm, Valor requerido {resistência}

Valores ótimos:

N(ótimo) = 1000.00 mm
B(ótimo) = 500.00 mm
Ø(ótimo) = 2 x 4 x Ø1"

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

dw(m) = 8.00 mm, aw(m) = 5.66 mm, dw(a) = 6.00 mm, aw(a) = 4.24 mm

Propriedades geométricas do perfil:

A = 13700 mm²
Ix = 1473213542 mm⁴, Wx = 3683034 mm³
Iy = 56283067 mm⁴, Wy = 375220 mm³

Esforços para verificação das soldas / chanfres:

Mx,Sd = 51266467 kg.mm, Nsd = 25513 kg, Vx,Sd = 0 kg, Vy,Sd = 7970 kg

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

SigN(A) = 1.86 kg/mm², SigM(A) = 13.92 kg/mm², SigT(A) = 15.78 kg/mm²

Tau(A) = 0.00 kg/mm²

fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²

Teta(A) = 1.57 rad = 90.00°

1a Verificação: SigT(A)*tf <= 2*aw*0.6*fwd*1.5

: 197.27 kg/mm < 352.69 kg/mm :: Eq. = 0.5593 < 1.0 Ok!

2a Verificação: Raiz{[SigT(A).tf]²+[Tau(A).tf]²} <= 2*aw*0.6*fwd*(1+0.5*sen(teta)^1.5)

: 197.27 kg/mm < 352.69 kg/mm :: Eq. = 0.5593 < 1.0 Ok!

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

SigN(B) = 1.86 kg/mm², SigM(B) = 13.48 kg/mm², SigT(B) = 15.35 kg/mm²

Tau(B) = 1.29 kg/mm²

fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²

Teta(B) = 1.49 rad = 85.21°

2a Verificação: Raiz{[SigT(B).tw]²+[Tau(B).tw]²} <= 2*aw*0.6*fwd*(1+0.5*sen(teta)^1.5)

: 123.21 kg/mm < 264.06 kg/mm :: Eq. = 0.4666 < 1.0 Ok!

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa		
Cálculo:	Cassius Morais		
Aprovação:	Juliano Lanza		

Data:
27/04/26
Folha:
52/71

- Bases Pilares das Filas A1 e A2:

Verificação de chapas de base de perfis de alma plana

O.S.: 226802
 Cliente: ST GEORGE BRASIL LTDA
 Obra: PLANTA PILOTO
 Descrição: BASES PILARES FILAS A1 E A2 (PILARES DE FECHAMENTO)
 Responsável: CASSIUS
 Data: 17/04/26
 Revisão: 01

Esforços Importados do Robot - Nós / Combinações Críticas

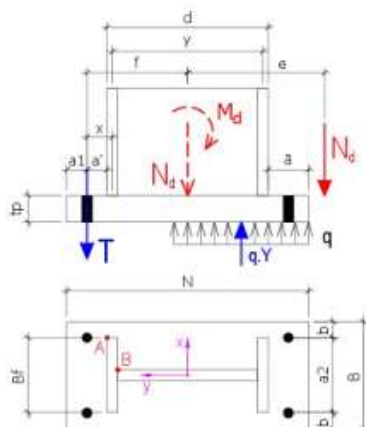
Estado Limite	Caso	Nó	Comb.	Esf.	Res.	Eq.
Tração nos chumbadores	6	56	48	30172	36519	0.83
Cisalhamento: Atrito	6	56	50	3750	6253	0.60
-	-	-	-	-	-	-
Bitola dos chumbadores (Res)	6	56	48	29	32	0.91
Espessura da chapa de base	6	56	30	37	38	0.99
Solda mesa: Filete pto(A) Eq.1	6	56	30	148	353	0.42
Solda mesa: Filete pto(A) Eq.2	6	56	30	148	353	0.42
Solda alma: Filete pto(B) Eq.1	6	56	30	72	218	0.33

Caso 6 : compressão - grande excentricidade - alma plana

AISC-LRFD 2005

* * * * * A T E N Ç Ã O * * * * *
 :: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: B >= 375.00

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023



Entrada de dados:

Coluna: PS 400x300/300x12.50/12.50x6.30 mm, ASTM A-572 Gr.50
 Chapa de base: 37.50x350x660 mm, ASTM A-572 Gr.50
 Chumbadores: 2x2xØ1 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 220 mm, ASTM A-36
 Bloco de concreto: 30.0 MPa, A2/A1 = 1.00

Esforço solicitantes:

Nó: 56, Combinação: 48 (Robot)

NSd = 843 kg, Mx,Sd = 17476 kg.m, Hy,Sd = 5928 kg, Vcy,Sd = 0 kg, Hcy,Sd = 0 kg

Excentricidade:

e = 20720.40 mm, f = 265.00 mm, Limite = 329.34 mm

Características geométricas:

Y = 48.65 mm, A = 130.00 mm, a' = 65.00 mm, x = 75.00 mm
 m = 140.00 mm, n = 55.00 mm, ln' = 0.00 mm, l = 140.00 mm

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURALNº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa		
Cálculo:	Cassius Morais		
Aprovação:	Juliano Lanza		

Data:
27/04/26
Folha:
53/71

Tensão de esmagamento do concreto:

 $f_{p(max)} = 182 \text{ kg/cm}^2$

Momentos flettores na chapa de base:

 $M1 = 10250 \text{ kg.m/m}$, $M2 = 6735 \text{ kg.m/m}$

Tração nos chumbadores:

 $T = 30172 \text{ kg}$, $T' = 0 \text{ kg}$
 $FtSd = 30172 \text{ kg}$, $FtRd = 36519 \text{ kg}$, Ok!

Resistência da base ao cisalhamento (atrito):

 $FvSd = 5928 \text{ kg}$, $FvRd = 9969 \text{ kg}$, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 9969 kg

Nota: Não é necessário soldar a arruela na chapa de base.

Resultados da verificação:

Chapa de base.....: $t_p(\text{min}) = 36.34 \text{ mm}$, Adotado = 37.50 mm, Ok!
Chumbadores.....: $\emptyset(\text{min}) = 28.86 \text{ mm}$, Adotado = 31.75 mm, Ok!Chumbadores.....: $\emptyset(\text{min}) = 28.86 \text{ mm}$, Valor requerido (resistência)

Valores ótimos:

 $N(\text{ótimo}) = 600.00 \text{ mm}$
 $B(\text{ótimo}) = 375.00 \text{ mm}$
 $\emptyset(\text{ótimo}) = 2 \times 3 \times \emptyset 1"$

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

 $d_w(m) = 8.00 \text{ mm}$, $a_w(m) = 5.66 \text{ mm}$, $d_w(a) = 5.00 \text{ mm}$, $a_w(a) = 3.53 \text{ mm}$

Propriedades geométricas do perfil:

 $A = 9863 \text{ mm}^2$
 $I_x = 309326172 \text{ mm}^4$, $W_x = 1546631 \text{ mm}^3$
 $I_y = 56257814 \text{ mm}^4$, $W_y = 375052 \text{ mm}^3$

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

 $M_x, Sd = 17476045 \text{ kg.mm}$, $N_{Sd} = 843 \text{ kg}$, $V_x, Sd = 0 \text{ kg}$, $V_y, Sd = 5928 \text{ kg}$

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

 $\text{SigN}(A) = 0.09 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigM}(A) = 11.30 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigT}(A) = 11.38 \text{ kg/mm}^2$ $\text{Tau}(A) = 0.00 \text{ kg/mm}^2$, $f_{wd} = 34.64 \text{ kg/mm}^2$ $\text{Teta}(A) = 1.57 \text{ rd} = 90.00^\circ$ 1a Verificação: $\text{SigT}(A) \cdot t_f \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot 1.5$: $142.31 \text{ kg/mm} < 352.69 \text{ kg/mm}$:: Eq. = 0.4035 < 1.0 Ok!2a Verificação: $\text{Raiz}\{[\text{SigT}(A) \cdot t_f]^2 + [\text{Tau}(A) \cdot t_f]^2\} \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}(\text{teta}) \cdot 1.5)$: $142.31 \text{ kg/mm} < 352.69 \text{ kg/mm}$:: Eq. = 0.4035 < 1.0 Ok!

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

 $\text{SigN}(B) = 0.09 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigM}(B) = 10.59 \text{ kg/mm}^2$, $\text{SigT}(B) = 10.68 \text{ kg/mm}^2$ $\text{Tau}(B) = 2.51 \text{ kg/mm}^2$, $f_{wd} = 34.64 \text{ kg/mm}^2$ $\text{Teta}(B) = 1.34 \text{ rd} = 76.78^\circ$ 2a Verificação: $\text{Raiz}\{[\text{SigT}(B) \cdot t_w]^2 + [\text{Tau}(B) \cdot t_w]^2\} \leq 2 \cdot a_w \cdot 0.6 \cdot f_{wd} \cdot (1 + 0.5 \cdot \text{sen}(\text{teta}) \cdot 1.5)$: $69.11 \text{ kg/mm} < 217.53 \text{ kg/mm}$:: Eq. = 0.3177 < 1.0 Ok!

Caso 6 : compressão - grande excentricidade - alma plana AISC-LRFD 2005

* * * * * A T E N Ç Ã O * * * * *
:: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: $B \geq 375.00$

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

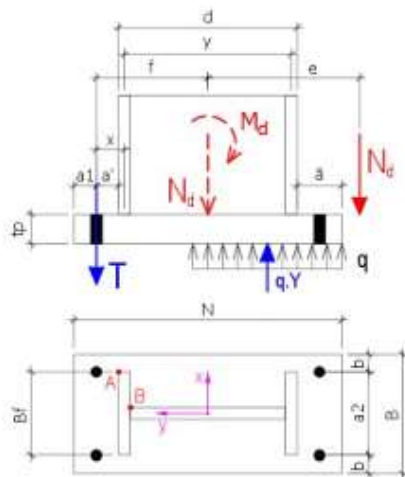
Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
54/71



Entrada de dados:

Coluna.....: PS 400x300/300x12.50/12.50x6.30 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chapa de base.....: 37.50x350x660 mm, ASTM A-572 Gr.50
Chumbadores.....: 2x2xØ1 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 220 mm, ASTM A-36
Bloco de concreto.....: 30.0 MPa, A2/A1 = 1.00

Esforço solicitantes:

Nº: 56, Combinação: 50 (Robot)

NsD = 843 kg, Mx,Sd = 11055 kg.m, Hy,Sd = 3750 kg, Vcy,Sd = 0 kg, Hcy,Sd = 0 kg

Excentricidade:

e = 13107.91 mm, f = 265.00 mm, Limite = 329.34 mm

Características geométricas:

Y = 30.52 mm, a = 130.00 mm, a' = 65.00 mm, x = 75.00 mm
m = 140.00 mm, n = 55.00 mm, In' = 0.00 mm, l = 140.00 mm

Tensão de esmagamento do concreto:

$\bar{\epsilon}_p\{max\} = 182 \text{ kg/cm}^2$

Momentos fletores na chapa de base:

M1 = 6934 kg.m/m, M2 = 4154 kg.m/m

Tração nos chumbadores:

T = 18612 kg, T' = 0 kg
FtSd = 18612 kg, FtRd = 36519 kg, Ok!

Resistência da base ao cisalhamento (atrito):

FvSd = 3750 kg, FvRd = 6253 kg, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 6253 kg

Nota: Não é necessário soldar a arruela na chapa de base.

Resultados da verificação:

Chapa de base.....: tp(min) = 29.89 mm, Adotado = 37.50 mm, Ok!
Chumbadores.....: Ø (min) = 22.67 mm, Adotado = 31.75 mm, Ok!

Chumbadores.....: Ø (min) = 22.67 mm, Valor requerido (resistência)

Valores ótimos:

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa		
Cálculo:	Cassius Moraes		
Aprovação:	Juliano Lanza		

Data:
27/04/26
Folha:
55/71

N(ótimo) = 600.00 mm
B(ótimo) = 375.00 mm
Ø(ótimo) = 2 x 3 x Ø1"

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

dw(m) = 8.00 mm, aw(m) = 5.66 mm, dw(a) = 5.00 mm, aw(a) = 3.53 mm

Propriedades geométricas do perfil:

A = 9863 mm²
Ix = 309326172 mm⁴, Wx = 1546631 mm³
Iy = 56257814 mm⁴, Wy = 375052 mm³

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

Mx,Sd = 11055500 kg.mm, NSd = 843 kg, Vx,Sd = 0 kg, Vy,Sd = 3750 kg

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

SigN(A) = 0.09 kg/mm², SigM(A) = 7.15 kg/mm², SigT(A) = 7.23 kg/mm²

Tau(A) = 0.00 kg/mm²

fwr = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²

Teta(A) = 1.57 rad = 90.00°

1a Verificação: SigT(A).tf <= 2*aw*0.6*fwd*1.5

: 90.42 kg/mm < 352.69 kg/mm :: Eq. = 0.2564 < 1.0 Ok!

2a Verificação: Raiz{[SigT(A).tf]²+[Tau(A).tf]²} <= 2*aw*0.6*fwd*(1+0.5*sen(teta)^1.5)

: 90.42 kg/mm < 352.69 kg/mm :: Eq. = 0.2564 < 1.0 Ok!

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

SigN(B) = 0.09 kg/mm², SigM(B) = 6.70 kg/mm², SigT(B) = 6.79 kg/mm²

Tau(B) = 1.59 kg/mm²

fwr = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²

Teta(B) = 1.34 rad = 76.83°

2a Verificação: Raiz{[SigT(B).tw]²+[Tau(B).tw]²} <= 2*aw*0.6*fwd*(1+0.5*sen(teta)^1.5)

: 43.91 kg/mm < 217.55 kg/mm :: Eq. = 0.2018 < 1.0 Ok!

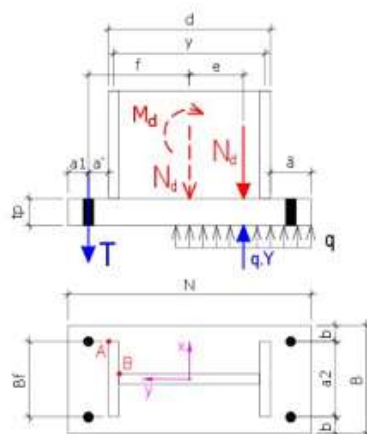
Caso 5 : compressão - pequena excentricidade - alma plana

AISC-LRFD 2005

* * * * * A T E N Ç Ã O * * * * *

:: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: B >= 375.00

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023



Entrada de dados:

Coluna.....: PS 400x300/300x12.50/12.50x6.30 mm, ASTM A-572 Gr.50

 CONSTRUÇÕES EM AÇO		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC
				Revisão: REV00
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL	Data: 27/04/26
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa			Folha: 56/71
Cálculo:	Cassius Morais			
Aprovação:	Juliano Lanza			
Chapa de base.....: 37.50x350x660 mm, ASTM A-572 Gr.50 Chumbadores.....: 2x2xØ1 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 220 mm, ASTM A-36 Bloco de concreto....: 30.0 MPa, A2/A1 = 1.00 Esforço solicitantes: Nô: 56, Combinação: 17 (Robot) NSd = 9001 kg, Mx,Sd = 0 kg.m, Hy,Sd = 0 kg, Vcy,Sd = 0 kg, Hcy,Sd = 0 kg Excentricidade: e = 0.00 mm, f = 265.00 mm, Limite = 322.94 mm Características geométricas: Y = 660.00 mm, Å = 130.00 mm, a' = 65.00 mm, x = 71.25 mm m = 140.00 mm, n = 55.00 mm, ln' = 12.60 mm, l = 140.00 mm Tensão de esmagamento do concreto: fp{max} = 182 kg/cm² Momentos fletores na chapa de base: M1 = 382 kg.m/m, M2 = 0 kg.m/m Tração nos chumbadores: T = 0 kg, T' = 0 kg PtSd = 0 kg, PtRd = 36519 kg, Ok! Resistência ao cisalhamento: Não aplicável. Resultados da verificação: Chapa de base.....: tp(min) = 7.01 mm, Adotado = 37.50 mm, Ok! Chumbadores.....: Ø (min) = 0.00 mm, Adotado = 31.75 mm, Ok! Chumbadores.....: Ø (min) = 0.00 mm, Valor requerido {resistência} Valores ótimos: N(ótimo) = 600.00 mm B(ótimo) = 375.00 mm Ø(ótimo) = 2 x 3 x Ø1" ===== Soldas - Coluna / Chapa de base: ===== Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma: dw(m) = 8.00 mm, aw(m) = 5.66 mm, dw(a) = 5.00 mm, aw(a) = 3.53 mm Propriedades geométricas do perfil: A = 9863 mm² Ix = 309326172 mm4, Wx = 1546631 mm3 Iy = 56257814 mm4, Wy = 375052 mm3 Esforços para verificação das soldas / chanfros: Mx,Sd = 0 kg.mm, NSd = 9001 kg, Vx,Sd = 0 kg, Vy,Sd = 0 kg Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete: SigN(A) = 0.91 kg/mm², SigM(A) = 0.00 kg/mm², SigT(A) = 0.91 kg/mm² Tau(A) = 0.00 kg/mm² fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm² Teta(A) = 1.57 rd = 90.00° 1a Verificação: SigT(A)*tf <= 2*aw*0.6*fwd*1.5 : 11.41 kg/mm < 352.69 kg/mm :: Eq. = 0.0323 < 1.0 Ok! 2a Verificação: Raiz{[SigT(A).tf]²+[Tau(A).tf]²} <= 2*aw*0.6*fwd*(1+0.5*sen(teta)^1.5) : 11.41 kg/mm < 352.69 kg/mm :: Eq. = 0.0323 < 1.0 Ok! Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:				
Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.				IT-GE-002/A Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
57/71

```

=====
SigN(B) = 0.91 kg/mm², SigM(B) = 0.00 kg/mm², SigT(B) = 0.91 kg/mm²
Tau(B) = 0.00 kg/mm²
Fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²
Teta(B) = 1.57 rad = 90.00°
2a Verificação: Raiz([SigT(B).tw]²+[Tau(B).tw]²) <= 2*aw*0.6*fwd*(1+0.5*sen(teta)^1.5)
: 5.75 kg/mm < 220.43 kg/mm :: Eq. = 0.0261 < 1.0 Ok!
=====

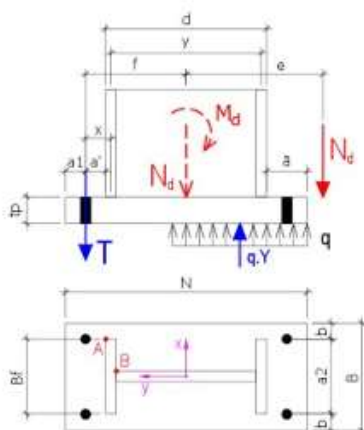
```

Caso 6 : compressão - grande excentricidade - alma plana AISC-LRFD 2005

***** A T E N Ç Ã O *****

:: Dimensões da placa inferiores às dimensões mínimas: B >= 375.00

Versão 5.01.0.0 de 09/01/2023



Entrada de dados:

Coluna.....: PS 400x300/300x12.50/12.50x6.30 mm, ASTM A-572 Gr.50

Chapa de base.....: 37.50x350x660 mm, ASTM A-572 Gr.50

Chumbadores.....: 2x2xØ1 1/4", a1 = 65 mm, a2 = 220 mm, ASTM A-36

Bloco de concreto.....: 30.0 MPa, A2/A1 = 1.00

Esforço solicitantes:

N6: 56, Combinação: 30 (Robot)

NSd = 4834 kg, Mx,Sd = 17573 kg.m, Hy,Sd = 5935 kg, Vcy,Sd = 0 kg, Hcy,Sd = 0 kg

Excentricidade:

e = 3635.23 mm, f = 265.00 mm, Limite = 326.21 mm

Características geométricas:

Y = 51.98 mm, a = 130.00 mm, a' = 65.00 mm, x = 75.00 mm

m = 140.00 mm, n = 55.00 mm, ln' = 0.00 mm, l = 140.00 mm

Tensão de esmagamento do concreto:

fp(max) = 182 kg/cm²

Momentos Flettores na chapa de base:

M1 = 10794 kg.m/m, M2 = 6317 kg.m/m

Tração nos chumbadores:

T = 28301 kg, T' = 0 kg

FtSd = 28301 kg, FtRd = 36519 kg, Ok!

Resistência da base ao cisalhamento (atrito):

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURALNº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
58/71

PvSd = 5935 kg, PvRd = 10650 kg, Ok!

Força de atrito entre a chapa de base e o bloco de concreto = 10650 kg

Nota: Não é necessário soldar a arruela na chapa de base.

Resultados da verificação:

Chapa de base.....: tp(min) = 37.29 mm, Adotado = 37.50 mm, Ok!
Chumbadores.....: Ø (min) = 27.95 mm, Adotado = 31.75 mm, Ok!

Chumbadores.....: Ø (min) = 27.95 mm, Valor requerido (resistência)

Valores ótimos:

N(ótimo) = 600.00 mm
B(ótimo) = 375.00 mm
Ø(ótimo) = 2 x 3 x Ø1"

Soldas - Coluna / Chapa de base:

Propriedades do conjunto: Filete nas (m)esas e na (a)lma:

dw(m) = 8.00 mm, aw(m) = 5.66 mm, dw(a) = 5.00 mm, aw(a) = 3.53 mm

Propriedades geométricas do perfil:

A = 9863 mm²
Ix = 309326172 mm⁴, Wx = 1546631 mm³
Iy = 56257814 mm⁴, Wy = 375052 mm³

Esforços para verificação das soldas / chanfros:

Mx,Sd = 17572954 kg.mm, NSd = 4834 kg, Vx,Sd = 0 kg, Vy,Sd = 5935 kg

Verificação das tensões no ponto (A) - Solda de filete:

SigN(A) = 0.49 kg/mm², SigM(A) = 11.36 kg/mm², SigT(A) = 11.85 kg/mm²

Tau(A) = 0.00 kg/mm²

fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²

Teta(A) = 1.57 rad = 90.00°

1a Verificação: SigT(A)*tf <= 2*aw*0.6*fwd*1.5

: 148.15 kg/mm < 352.69 kg/mm :: Eq. = 0.4201 < 1.0 Ok!

2a Verificação: Raiz([SigT(A).tf]²+[Tau(A).tf]²) <= 2*aw*0.6*fwd*(1+0.5*sen[teta]^1.5)

: 148.15 kg/mm < 352.69 kg/mm :: Eq. = 0.4201 < 1.0 Ok!

Verificação das tensões no ponto (B) - Solda de filete:

SigN(B) = 0.49 kg/mm², SigM(B) = 10.65 kg/mm², SigT(B) = 11.14 kg/mm²

Tau(B) = 2.51 kg/mm²

fw = 48.50 kg/mm², fwd = 34.64 kg/mm²

Teta(B) = 1.35 rad = 77.30°

2a Verificação: Raiz([SigT(B).tw]²+[Tau(B).tw]²) <= 2*aw*0.6*fwd*(1+0.5*sen[teta]^1.5)

: 71.96 kg/mm < 217.75 kg/mm :: Eq. = 0.3305 < 1.0 Ok!

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:

27/04/26

Folha:

59/71

ANEXO D – Dimensionamento das Vigas de Rolamento

- Vigas de Rolamento da Fila A:

Viga de Rolamento:		Trem Tipo Com Cargas Nominais			
L (mm) =	10.000	Cargas Verticais Máximas	Cargas Verticais Mínimas	Cargas Transversais	Distância Entre Rodas
L _g (mm) =	1.000	P1 (kgf) = 6.490	P1 (kgf) = 3.425	P1 (kgf) = 550	d1 (mm) = 4.100
a (mm) =	0	P2 (kgf) = 6.490	P2 (kgf) = 3.425	P2 (kgf) = 550	d2 (mm) = 0
d (mm) =	750	P3 (kgf) = 0	P3 (kgf) = 0	P3 (kgf) = 0	d3 (mm) = 0
b ₀ (mm) =	250	P4 (kgf) = 0	P4 (kgf) = 0	P4 (kgf) = 0	d4 (mm) = 0
t ₀ (mm) =	9,50	P5 (kgf) = 0	P5 (kgf) = 0	P5 (kgf) = 0	d5 (mm) = 0
b ₀ (mm) =	250	P6 (kgf) = 0	P6 (kgf) = 0	P6 (kgf) = 0	d6 (mm) = 0
t ₀ (mm) =	9,50	P7 (kgf) = 0	P7 (kgf) = 0	P7 (kgf) = 0	d7 (mm) = 0
t ₀ (mm) =	8,00	P8 (kgf) = 0	P8 (kgf) = 0	P8 (kgf) = 0	Trem Tipo Ok!
Peso =	83,19 kg/m	Impacto Longitudinal Devido A Frenagem da Ponte Rolante = 1.180			Impacto Vertical = 1,10
f ₁ (kgf/cm²) =	3.500	Cargas Adicionais Provenientes de Passadiço e/ou Cobertura:			
f ₂ (kgf/cm²) =	4.500	Cargas Verticais 1	Cargas Verticais 2	Peso Próprio da V.R.	Cargas Horizontais
Viga de Contenção Lateral:		Viga Biapostada	Viga Biapostada	PP = 81,2 kgf/m	Viga Biapostada
d _{CT} (mm) =	1.000	Carga Uniformemente Distribuída	Carga No Meio Do Vão	P _{tot} = 104,0 kgf/m	Carga Uniformemente Distribuída
d (mm) =	399	CP = 10 kgf/m	CP = 0 kgf	M _{tot} = 1.300 kgf.m	CP = 0 kgf/m
b ₁ (mm) =	140	SC = 180 kgf/m	SC = 0 kgf	V _{tot} = 520 kgf	SC = 0 kgf/m
t ₁ (mm) =	8,80	VT = 0 kgf/m	VT = 0 kgf	δ = 0,06 cm	VT = 0 kgf/m
t ₀ (mm) =	6,40	P _{tot} = 291 kgf/m	P _{tot} = 0 kgf	Cargas Verticais Totais	
f ₁ (kgf/cm²) =	3.500	M _{tot} = 1.638 kgf.m	M _{tot} = 0 kgf.m	M _{tot} = 4.977 kgf.m	M _{tot} = 0 kgf.m
f ₂ (kgf/cm²) =	4.500	V _{tot} = 1.455 kgf	V _{tot} = 0 kgf	V _{tot} = 1.975 kgf	V _{tot} = 0 kgf
Triblo:	BQ 2"	δ = 0,17 cm	δ = 0,00 cm	δ = 2,3 mm	δ = 0,0 mm
d _R (mm) =	50,0	Coeficientes de Segurança Utilizados			
l _R (cm) =	52,1	Carga Permanente = 1,25	Sobrecarga = 1,50 (1,20)	Vento = 0,84	

Calcular Esforços & Deformações	
Momentos Fletores Máximos de Cálculo	
Em Relação a Maior Inércia (M _{sa}) =	35.700 kgf.m
Na Posição X =	3,950 m
Com a Primeira Roda em X =	3,950 m
Em Relação a Menor Inércia (M _{sb}) =	2.800 kgf.m
Na Posição X =	3,950 m
Com a Primeira Roda em X =	3,950 m
Deformação Vertical Máxima	
δ _v = 13,6 mm	Na Posição X = 5,00 m
l _c (cm⁴) = 91.160	1ª Roda em X = 2,95 m
Deformação Horizontal Máxima	
δ _h = 0,7 mm	Na Posição X = 5,00 m
l _h (cm⁴) = 128.077	1ª Roda em X = 2,95 m
Esforços Cortantes Máximos de Cálculo	
Esforço Cortante Vertical (V _{sa}) =	17.454 kgf
Com a Primeira Roda em X =	0,000 m
Esforço Cortante Horizontal (V _{sb}) =	1.409 kgf
Com a Primeira Roda em X =	0,000 m

"T" Comprimento da Viga de Rolamento:

$$0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot t_f = 128,4 \text{ mm}$$

$$b_f / 2 = 125,0 \text{ mm}$$

$$0,75 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot t_w = 144,9 \text{ mm}$$

$$h / 2 = 365,5 \text{ mm}$$

Flange Ok!

d = 154 mm

b_f = 250 mm

t_f = 9,50 mm

t_w = 8,00 mm

Tensões Combinadas:

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd-Tc}} + \frac{M_{Sds}}{M_{Rdc}} + \frac{M_{Sdy-local}}{M_{Rdy}} \leq 1,00 \quad 0,60 \quad \text{Ok!}$$

Cisalhamento da Alma:

0,29 Esbeltez da Alma Ok! Sem Enrijecedores

Flambagem Lateral da Alma:

0,21 Ok! Estado Limite Não Aplicável.

Tensão na Alma Devida à Pressão de Contato das Rodas:

0,24 0,21

Fadiga:

Classe C - Condição de Carregamento 1 0,66 f_y = Ok!

Perfil Soldado 0,40 f_y = Ok!

Número de Ciclos = 100.000 σ_{SR} = Ok!

Treliça de Contenção Lateral:

Viga:	"T" Superior a Compressão: 0,04	Viga a Flexão: 0,22
Montante:	L 2" x 2" x 3/16" ASTM A36	0,28
Diagonal:	L 2" x 2" x 3/16" ASTM A36	0,55

Contenção Lateral:

Área do "T" Comprimento da Viga de Rolamento = 35,34 cm²

Área do "T" Superior da Viga de Contenção Lateral = 19,74 cm²

Distância Entre Vigas = 100,00 cm

Centro de Gravidade em Relação ao Eixo da Viga de Rolamento = 35,84 cm

Inércia Horizontal do Conjunto (cm⁴) = 128.077

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
60/71

"T" Superior da Viga de Contenção Lateral:

$$\left. \begin{aligned} 0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot t_f &= 119,0 \text{ mm} \\ b_f / 2 &= 70,0 \text{ mm} \\ 0,75 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot t_w &= 115,9 \text{ mm} \\ h / 2 &= 190,7 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \text{Flange Ok!} \\ d &= 125 \text{ mm} \\ b_f &= 140 \text{ mm} \\ t_f &= 8,80 \text{ mm} \\ t_w &= 6,40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Esforços de Cálculo:

Esforço Axial no "T" Comprimido da Viga de Rolamento = 4.570 kgf
Esforço Axial no "T" Superior da Viga de Contenção Lateral = 2.800 kgf
Esforço Axial nos Montantes de Contenção Lateral = 1.409 kgf
Ângulo Entre as Diagonais e os Montantes de Contenção Lat. = 45,00°
Comprimento das Diagonais de Contenção Lateral = 141,4 cm
Esforço Axial nos Montantes de Cont. Lateral = 1.992 kgf

Tensões Combinadas

$$\begin{aligned} N_{c,sa} &= 4.570 \text{ kgf} & A_{tc} &= 35,34 \text{ cm}^2 & W_{y,tc} &= 99,0 \text{ cm}^3 & N_{c,rd+tc} &= 110.128 \text{ kgf} \\ M_{sa} &= 35.700 \text{ kgfcm} & I_{y,tc} &= 1.237,6 & M_{rd+tc} &= M_{rdy+tc} = W_{y,tc} \cdot f_y / \gamma_{af} & M_{rd+tc} &= 73.290 \text{ kgfcm} \\ M_{rdy+tc} &= 221 \text{ kgfcm} & r_{y,tc} &= 5,92 \text{ cm} & M_{rdy} &= 3.150 \text{ kgfcm} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{c,sa}}{N_{c,rd+tc}} + \frac{M_{sa}}{M_{rd+tc}} + \frac{M_{rdy+tc}}{M_{rdy}} \leq 1,00 \quad 0,04 + 0,49 + 0,07 = 0,60 \quad \text{Ok!}$$

Cisalhamento da Alma

$$\begin{aligned} h / t_w &= 91,38 & 5,50 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} &= 132,78 & V_{sa} &= 17.454 \text{ kgf} \\ & & & \text{Ok!} & V_{rd} &= 59.988 \text{ kgf} \\ & & & & V_{sa} / V_{rd} &= 0,29 \quad \text{Ok!} \end{aligned}$$

Flambagem Lateral da Alma

$$F_{ld} = \frac{C_f \cdot t_w^3 \cdot t_f}{\gamma_{af} \cdot h^2} \cdot \left[0,37 \cdot \left(\frac{h}{t_w} \right)^3 \cdot \frac{C_f}{l} - 65.600.000 \text{ kgf/cm}^2 \right] \cdot \frac{1}{b_f} \quad \begin{aligned} P_d / F_{ld} &= 0,21 \\ &\text{Ok!} \\ \text{Estado Limite Não Aplicável: } (h/t_w)(l/b_f) &> 1,7 \end{aligned}$$

Tensão na Alma Devida à Pressão de Contato das Rodas

Escoamento Local da Alma:

$$\frac{P_d}{(2 \cdot d_R + 5 \cdot t_s) \cdot f_y \cdot t_w} = 0,24 \quad \text{Ok!}$$

Enrugamento Local da Alma:

$$\frac{P_d}{0,66 \cdot t_w^2 \cdot \left[1 + 3 \cdot \left(\frac{2 \cdot d_R}{d} \right) \cdot \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \cdot \sqrt{E \cdot f_y \cdot t_f / t_w}} = 0,24 \quad \text{Ok!}$$

Verificação da Fadiga na Face Inferior da Viga

$$\begin{aligned} w_{sa} &= 2.430,9 \text{ cm}^3 & 0,66 \cdot f_y &= 2.310 \text{ kgf/cm}^2 & \text{Categoria de Tensão A} & & \sigma_{SR} &= \left(\frac{329 C_f}{N} \right)^{0,333} \geq \sigma_{TH} \\ M_{o,sa} &= 24.548 \text{ kgfcm} & \sigma_{o,sa} &= 1.010 \text{ kgf/cm}^2 & C_f &= 25.000.000.000 & \sigma_{SR} &= 4.435 \text{ kgf/cm}^2 \\ M_{a,sa} &= 20.508 \text{ kgfcm} & \Delta \sigma_{a,sa} &= 844 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{TH} &= 1.683 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{SR} &= 4.435 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_{o,sa} &< 0,66 \cdot f_y & \Delta \sigma_{a,sa} &< \sigma_{SR} & & & \text{Verificação da Fadiga Ok!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_w \cdot d \cdot t_w &= 60,00 \text{ cm}^2 & V_{a,sa} &= 11.935 \text{ kgf} & \sigma_{a,sa} &= 199 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{a,sa} &< 0,40 \cdot f_y \quad \text{Ok!} \end{aligned}$$

Cálculo dos Enrijecedores

4 · t_{sa} = 32 mm 6 · t_w = 48 mm
argura Enrijecedor (b_{en}) = 65 mm

Distância da Face Inferior da Viga à Face Inferior do Enrijecedor = 50 mm
Espessura da Chapa do Enrijecedor (t_{en}) = 4,82 mm = 6,30 mm
Inércia do Par de Enrijecedores em Relação ao Eixo Vertical da Viga (cm⁴) = 138 Ok!

Verificações Adicionais da Fadiga

Ponto de Análise na Solda de Composição do Perfil:

10 mm

Aplicável

$$\begin{aligned} w_{sa} &= 2.494,1 \text{ cm}^3 & 0,66 \cdot f_y &= 2.310 \text{ kgf/cm}^2 & \text{Categoria de Tensão B} & & \sigma_{SR} &= \left(\frac{329 C_f}{N} \right)^{0,333} \geq \sigma_{TH} \\ M_{o,sa} &= 24.548 \text{ kgfcm} & \sigma_{o,sa} &= 984 \text{ kgf/cm}^2 & C_f &= 12.000.000.000 & \sigma_{SR} &= 3.472 \text{ kgf/cm}^2 \\ M_{a,sa} &= 20.508 \text{ kgfcm} & \Delta \sigma_{a,sa} &= 822 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{TH} &= 1.122 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{SR} &= 3.472 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_{o,sa} &< 0,66 \cdot f_y & \Delta \sigma_{a,sa} &< \sigma_{SR} & & & \text{Verificação da Fadiga Ok!} \end{aligned}$$

Ponto de Análise na Extremidade Inferior do Enrijecedor:

50 mm

Não Aplicável

$$\begin{aligned} w_{sa} &= 2.804,9 \text{ cm}^3 & 0,66 \cdot f_y &= 2.310 \text{ kgf/cm}^2 & \text{Categoria de Tensão C} & & \sigma_{SR} &= \left(\frac{329 C_f}{N} \right)^{0,333} \geq \sigma_{TH} \\ M_{o,sa} &= 24.548 \text{ kgfcm} & \sigma_{o,sa} &= 875 \text{ kgf/cm}^2 & C_f &= 4.400.000.000 & \sigma_{SR} &= 2.485 \text{ kgf/cm}^2 \\ M_{a,sa} &= 20.508 \text{ kgfcm} & \Delta \sigma_{a,sa} &= 731 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{TH} &= 704 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{SR} &= 2.485 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_{o,sa} &< 0,66 \cdot f_y & \Delta \sigma_{a,sa} &< \sigma_{SR} & & & \text{Verificação da Fadiga Ok!} \end{aligned}$$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
61/71

Verificação dos deslocamentos:

Viga de Rolamento:		Trem Tipo Com Cargas Nominais			
L (mm) =	10.000	Cargas Verticais Máximas	Cargas Verticais Mínimas	Cargas Transversais	Distância Entre Rodas
L _b (mm) =	1.000	P1 (kgf) = 5.900	P1 (kgf) = 3.425	P1 (kgf) = 550	d1 (mm) = 4.100
a (mm) =	0	P2 (kgf) = 5.900	P2 (kgf) = 3.425	P2 (kgf) = 550	d2 (mm) = 0
d (mm) =	750	P3 (kgf) = 0	P3 (kgf) = 0	P3 (kgf) = 0	d3 (mm) = 0
b _{fs} (mm) =	250	P4 (kgf) = 0	P4 (kgf) = 0	P4 (kgf) = 0	d4 (mm) = 0
t _{fs} (mm) =	9,50	P5 (kgf) = 0	P5 (kgf) = 0	P5 (kgf) = 0	d5 (mm) = 0
b _{fi} (mm) =	250	P6 (kgf) = 0	P6 (kgf) = 0	P6 (kgf) = 0	d6 (mm) = 0
t _{fi} (mm) =	9,50	P7 (kgf) = 0	P7 (kgf) = 0	P7 (kgf) = 0	d7 (mm) = 0
t _w (mm) =	8,00	P8 (kgf) = 0	P8 (kgf) = 0	P8 (kgf) = 0	Trem Tipo Ok!
Peso =	83,19 kg/m	Impacto Longitudinal Devido À Frenagem da Ponte Rolante =			1.180
f _y (kgf/cm²) =	3.500	Impacto Vertical = 1,00			
f _c (kgf/cm²) =	4.500	Cargas Adicionais Provenientes de Passadiço e/ou Cobertura:			
Viga de Contenção Lateral:		Cargas Verticais 1	Cargas Verticais 2	Peso Próprio da V.R.	Cargas Horizontais
d _{CT} (mm) =	1.000	Viga Biapoiada	Viga Biapoiada	PP = 83,2 kgf/m	Viga Biapoiada
d (mm) =	399	Carga Uniformemente Distribuída	Carga No Meio Do Vão	P _{sdx} = 104,0 kgf/m	Carga Uniformemente Distribuída
b _f (mm) =	140	CP = 60 kgf/m	CP = 0 kgf	M _{sdx} = 1.300 kgf m	CP = 0 kgf/m
t _f (mm) =	8,80	SC = 180 kgf/m	SC = 0 kgf	V _{sdy} = 520 kgf	SC = 0 kgf/m
t _w (mm) =	6,40	VT = 0 kgf/m	VT = 0 kgf	δ = 0,06 cm	VT = 0 kgf/m
f _y (kgf/cm²) =	3.500	P _{sdx} = 291 kgf/m	P _{sdx} = 0 kgf	Cargas Verticais Totais	
f _c (kgf/cm²) =	4.500	M _{sdx} = 3.638 kgf m	M _{sdx} = 0 kgf m	M _{sdx} = 4.937 kgf m	P _{sdy} = 0 kgf/m
Trilho:	BQ 2"	V _{sdy} = 1.455 kgf	V _{sdy} = 0 kgf	V _{sdy} = 1.975 kgf	M _{sdy} = 0 kgf m
d _R (mm) =	50,0	δ = 0,17 cm	δ = 0,00 cm	δ = 2,3 mm	V _{sdx} = 0 kgf
I _R (cm⁴) =	52,1	δ = 0,0 mm			δ = 0,0 mm
Coeficientes de Segurança Utilizados					
		Carga Permanente =	1,25	Sobrecarga = 1,50 (1,20)	Vento = 0,84

Calcular Esforços & Deformações	
Momentos Fletores Máximos de Cálculo	
Em Relação a Maior Inércia (M _{sdx}) =	32.903 kgf m
Na Posição X =	4,000 m
Com a Primeira Roda em X =	4,000 m
Em Relação a Menor Inércia (M _{sdy}) =	2.800 kgf m
Na Posição X =	4,000 m
Com a Primeira Roda em X =	4,000 m
Deformação Vertical Máxima	
δ _y = 12,6 mm	Na Posição X = 5,00 m
I _x (cm⁴) = 91.160	1ª Roda em X = 2,95 m
Deformação Horizontal Máxima	
δ _x = 0,7 mm	Na Posição X = 5,00 m
I _y (cm⁴) = 128.077	1ª Roda em X = 2,95 m
Esforços Cortantes Máximos de Cálculo	
Esforço Cortante Vertical (V _{sdy}) =	16.046 kgf
Com a Primeira Roda em X =	0,000 m
Esforço Cortante Horizontal (V _{sdx}) =	1.409 kgf
Com a Primeira Roda em X =	0,000 m

Deformações Admissíveis: Aplicável a Este Carregamento

Vertical = L / 750 = 13,3 mm 0,94 Ok!

Horizontal = L / 750 = 13,3 mm 0,05 Ok!

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
62/71

- Vigas de Rolamento da Fila B:

Viga de Rolamento:		Trem Tipo Com Cargas Nominais			
L (mm) =	10.000	Cargas Verticais Máximas	Cargas Verticais Mínimas	Cargas Transversais	Distância Entre Rodas
L _h (mm) =	1.000	P1 (kgf) = 6.490	P1 (kgf) = 3.425	P1 (kgf) = 550	d1 (mm) = 4.100
a (mm) =	0	P2 (kgf) = 6.490	P2 (kgf) = 3.425	P2 (kgf) = 550	d2 (mm) = 0
d (mm) =	750	P3 (kgf) = 0	P3 (kgf) = 0	P3 (kgf) = 0	d3 (mm) = 0
b _h (mm) =	250	P4 (kgf) = 0	P4 (kgf) = 0	P4 (kgf) = 0	d4 (mm) = 0
t _h (mm) =	9,50	P5 (kgf) = 0	P5 (kgf) = 0	P5 (kgf) = 0	d5 (mm) = 0
b _a (mm) =	250	P6 (kgf) = 0	P6 (kgf) = 0	P6 (kgf) = 0	d6 (mm) = 0
t _a (mm) =	9,50	P7 (kgf) = 0	P7 (kgf) = 0	P7 (kgf) = 0	d7 (mm) = 0
t _a (mm) =	8,00	P8 (kgf) = 0	P8 (kgf) = 0	P8 (kgf) = 0	Trem Tipo Ok!
Peso =	83,19 kg/m	Impacto Longitudinal Devido A Frenagem da Ponte Rolante = 1.180			Impacto Vertical = 1,10
f _y (kgf/cm ²) =	3.500	Cargas Adicionais Provenientes de Passadiço e/ou Cobertura:			
f _t (kgf/cm ²) =	4.500	Cargas Verticais 1	Cargas Verticais 2	Peso Próprio da V.R.	Cargas Horizontais
Viga de Contenção Lateral:		Viga Biapoiada	Viga Biapoiada	P _p = 83,2 kgf/m	Viga Biapoiada
d _{CL} (mm) =	700	Carga Uniformemente Distribuída	Carga No Meio Do Vão	P _{tot} = 104,6 kgf/m	Carga Uniformemente Distribuída
d (mm) =	399	CP = 0 kgf/m	CP = 0 kgf	M _{tot} = 1.300 kgf.m	CP = 0 kgf/m
b _{CL} (mm) =	140	SC = 0 kgf/m	SC = 0 kgf	V _{tot} = 520 kgf	SC = 0 kgf/m
t _{CL} (mm) =	8,80	VT = 0 kgf/m	VT = 0 kgf	Δ = 0,06 cm	VT = 0 kgf/m
t _{CL} (mm) =	6,40	P _{tot} = 0 kgf/m	P _{tot} = 0 kgf	Cargas Verticais Totais	
f _y (kgf/cm ²) =	3.500	M _{tot} = 0 kgf.m	M _{tot} = 0 kgf.m	M _{tot} = 1.300 kgf.m	M _{tot} = 0 kgf.m
f _t (kgf/cm ²) =	4.500	V _{tot} = 0 kgf	V _{tot} = 0 kgf	V _{tot} = 520 kgf	V _{tot} = 0 kgf
Trilho:	BQ 2"	Δ = 0,00 cm	Δ = 0,00 cm	Δ = 0,6 mm	Δ = 0,0 mm
d _R (mm) =	50,0	Coeficientes de Segurança Utilizados			
I _R (cm ⁴) =	52,1	Carga Permanente = 1,25	Sobrecarga = 1,50 (1,20)	Vento = 0,84	

Calcular Esforços & Deformações	
Momentos Fletores Máximos de Cálculo	
Em Relação a Maior Inércia (M _{g_h}) =	32.063 kgf.m
Na Posição X =	3,950 m
Com a Primeira Roda em X =	3,950 m
Em Relação a Menor Inércia (M _{g_b}) =	2.800 kgf.m
Na Posição X =	3,950 m
Com a Primeira Roda em X =	3,950 m
Deformação Vertical Máxima	
δ _y =	11,9 mm Na Posição X = 5,00 m
I _y (cm ⁴) =	91.160 1ª Roda em X = 2,95 m
Deformação Horizontal Máxima	
δ _x =	1,5 mm Na Posição X = 5,00 m
I _x (cm ⁴) =	63.492 1ª Roda em X = 2,95 m
Esforços Cortantes Máximos de Cálculo	
Esforço Cortante Vertical (V _{g_y}) =	15.999 kgf
Com a Primeira Roda em X =	0,000 m
Esforço Cortante Horizontal (V _{g_x}) =	1.409 kgf
Com a Primeira Roda em X =	0,000 m

Tensões Combinadas:

$$\frac{N_{c, Sd}}{N_{c, Rd - Tz}} + \frac{M_{Sds}}{M_{Rds}} + \frac{M_{Sds - local}}{M_{Rds}} \leq 1,00 \quad 0,56 \quad Ok!$$

Cisalhamento da Alma:

0,27 Esbeltez da Alma Ok! Sem Enrijecedores

Flambagem Lateral da Alma:

0,21 Ok! Estado Limite Não Aplicável.

Tensão na Alma Devida à Pressão de Contato das Rodas:

0,24 0,21

Fadiga:

Classe C - Condição de Carregamento I 0,66 · f_y = Ok!
 Perfil Soldado 0,40 · f_y = Ok!
 Número de Ciclos = 100.000 σ_{SH} = Ok!

Treliça de Contenção Lateral:

Viga: "T" Superior a Compressão: 0,06 Viga a Flexão: 0,23
 Montante: L 2" x 2" x 3/16" ASTM A36 0,24
 Diagonal: L 2" x 2" x 3/16" ASTM A36 0,55

Contenção Lateral:

Área do "T" Comprimido da Viga de Rolamento = 35,34 cm²
 Área do "T" Superior da Viga de Contenção Lateral = 19,74 cm²
 Distância Entre Vigas = 70,00 cm
 Centro de Gravidade em Relação ao Eixo da Viga de Rolamento = 25,09 cm
 Inércia Horizontal do Conjunto (cm⁴) = 63.492

"T" Comprimido da Viga de Rolamento:

$$0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot t_f = 128,4 \text{ mm} \quad \left. \begin{array}{l} b_f / 2 = 125,0 \text{ mm} \\ d = 154 \text{ mm} \\ b_f = 250 \text{ mm} \\ t_f = 9,50 \text{ mm} \\ t_a = 8,00 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{Flange Ok!}$$

$$0,75 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot t_w = 144,9 \text{ mm} \quad \left. \begin{array}{l} h / 2 = 365,5 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
63/71

"T" Superior da Viga de Contenção Lateral:

$$\left. \begin{aligned} 0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot t_f &= 119,0 \text{ mm} \\ b_f / 2 &= 70,0 \text{ mm} \\ 0,75 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot t_w &= 115,9 \text{ mm} \\ h / 2 &= 190,7 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \text{Flange Ok!}$$

$$\left. \begin{aligned} d &= 125 \text{ mm} \\ b_f &= 140 \text{ mm} \\ t_f &= 8,80 \text{ mm} \\ t_w &= 6,40 \text{ mm} \end{aligned} \right\}$$

Esforços de Cálculo:

Esforço Axial no "T" Comprimido da Viga de Rolamento = 5.770 kgf
Esforço Axial no "T" Superior da Viga de Contenção Lateral = 4.000 kgf
Esforço Axial nos Montantes de Contenção Lateral = 1.409 kgf
Ângulo Entre as Diagonais e os Montantes de Contenção Lat. = 55,01°
Comprimento das Diagonais de Contenção Lateral = 122,1 cm
Esforço Axial nos Montantes de Cont. Lateral = 2.457 kgf

Tensões Combinadas

$$\begin{aligned} N_{c,sl} &= 5.770 \text{ kgf} & A_{Tc} &= 35,34 \text{ cm}^2 & W_{yTc} &= 99,0 \text{ cm}^3 & N_{c,rd-Tc} &= 110.128 \text{ kgf} \\ M_{sdl} &= 32.063 \text{ kgf.m} & I_{yTc} &= 1.237,6 & M_{Rdy} &= M_{Rdy-Tc} = W_{yTc} \cdot f_y / \gamma_{sl} & M_{Rdc} &= 73.290 \text{ kgf.m} \\ M_{sdl-lateral} &= 221 \text{ kgf.m} & z_{yTc} &= 5,92 \text{ cm} & & & M_{Rdy} &= 3.150 \text{ kgf.m} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{c,sl}}{N_{c,rd-Tc}} + \frac{M_{sdl}}{M_{Rdx}} + \frac{M_{sdl-lateral}}{M_{Rdy}} \leq 1,00 \quad 0,05 + 0,44 + 0,07 = 0,56 \quad \text{Ok!}$$

Cisalhamento da Alma

$$h / t_w = 91,38 \quad 5,50 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 132,78 \quad \text{Ok!}$$

$$V_{sd} = 15.999 \text{ kgf} \quad V_{sd} / V_{Rd} = 0,27 \quad \text{Ok!}$$

Flambagem Lateral da Alma

$$F_{lud} = \frac{C_1 \cdot t_w^3 \cdot t_f}{\gamma_{sl} \cdot h^2} \cdot \left[0,37 \cdot \left(\frac{h}{t_w} \right)^3 \cdot C_2 - 65.600.000 \text{ kgf/cm}^2 \right]$$

$$C_1 = 1,000 \text{ m} \quad C_2 = 45.788 \text{ kgf} \quad P_d / F_{lud} = 0,21 \quad \text{Ok!}$$

Estado Limite Não Aplicável. $(h/t_w)/(l/b_f) > 1,7$

Tensão na Alma Devida à Pressão de Contato das Rodas

Escoamento Local da Alma:

$$\frac{P_d}{(2 \cdot d_R + 5 \cdot t_s) \cdot f_y \cdot t_w} = 0,24 \quad \text{Ok!}$$

Enrugamento Local da Alma:

$$\frac{P_d}{0,66 \cdot t_w^2 \cdot \left[1 + 3 \cdot \left(\frac{2 \cdot d_R}{d} \right) \cdot \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \cdot \sqrt{E \cdot f_y \cdot t_f / t_w}} = 0,24 \quad \text{Ok!}$$

Verificação da Fadiga na Face Inferior da Viga

$$\begin{aligned} w_{sl} &= 2.430,9 \text{ cm}^4 & 0,66 \cdot f_y &= 2.310 \text{ kgf/cm}^2 & \text{Categoria de Tensão A} & & \sigma_{SR} &= \left(\frac{329C_1}{N} \right)^{0,333} \geq \sigma_{TH} \\ M_{total} &= 21.548 \text{ kgf.m} & \sigma_{total} &= 886 \text{ kgf/cm}^2 & C_1 &= 25.000.000.000 & \sigma_{SR} &= 4.435 \text{ kgf/cm}^2 \\ M_{d,PR} &= 20.508 \text{ kgf.m} & \Delta \sigma_{d,PR} &= 844 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{TH} &= 1.683 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{SR} &= 4.435 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{total} < 0,66 \cdot f_y \quad \text{Ok!} \quad \Delta \sigma_{d,PR} < \sigma_{SR} \quad \text{Ok!} \quad \text{Verificação da Fadiga Ok!}$$

$$A_w = d \cdot t_w = 60,00 \text{ cm}^2 \quad V_{total} = 10.735 \text{ kgf} \quad \sigma_{total} = 179 \text{ kgf/cm}^2 \quad \sigma_{total} < 0,40 \cdot f_y \quad \text{Ok!}$$

Cálculo dos Enrijecedores

$4 \cdot t_w = 32 \text{ mm}$ $6 \cdot t_w = 48 \text{ mm}$
largura Enrijecedor $(b_{en}) = 65 \text{ mm}$

Distância da Face Inferior da Viga à Face Inferior do Enrijecedor = 50 mm
Espessura da Chapa do Enrijecedor $(t_{en}) = 4,82 \text{ mm} = 6,30 \text{ mm}$
Inércia do Par de Enrijecedores em Relação ao Eixo Vertical da Viga $(cm^4) = 138 \quad \text{Ok!}$

Verificações Adicionais da Fadiga

Ponto de Análise na Solda de Composição do Perfil:

10 mm

Aplicável

$$\begin{aligned} w_{sl} &= 2.494,1 \text{ cm}^4 & 0,66 \cdot f_y &= 2.310 \text{ kgf/cm}^2 & \text{Categoria de Tensão B} & & \sigma_{SR} &= \left(\frac{329C_1}{N} \right)^{0,333} \geq \sigma_{TH} \\ M_{total} &= 21.548 \text{ kgf.m} & \sigma_{total} &= 864 \text{ kgf/cm}^2 & C_1 &= 12.000.000.000 & \sigma_{SR} &= 3.472 \text{ kgf/cm}^2 \\ M_{d,PR} &= 20.508 \text{ kgf.m} & \Delta \sigma_{d,PR} &= 822 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{TH} &= 1.122 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{SR} &= 3.472 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{total} < 0,66 \cdot f_y \quad \text{Ok!} \quad \Delta \sigma_{d,PR} < \sigma_{SR} \quad \text{Ok!} \quad \text{Verificação da Fadiga Ok!}$$

Ponto de Análise na Extremidade Inferior do Enrijecedor:

50 mm

Não Aplicável

$$\begin{aligned} w_{sl} &= 2.804,9 \text{ cm}^4 & 0,66 \cdot f_y &= 2.310 \text{ kgf/cm}^2 & \text{Categoria de Tensão C} & & \sigma_{SR} &= \left(\frac{329C_1}{N} \right)^{0,333} \geq \sigma_{TH} \\ M_{total} &= 21.548 \text{ kgf.m} & \sigma_{total} &= 768 \text{ kgf/cm}^2 & C_1 &= 4.400.000.000 & \sigma_{SR} &= 2.485 \text{ kgf/cm}^2 \\ M_{d,PR} &= 20.508 \text{ kgf.m} & \Delta \sigma_{d,PR} &= 731 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{TH} &= 704 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{SR} &= 2.485 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{total} < 0,66 \cdot f_y \quad \text{Ok!} \quad \Delta \sigma_{d,PR} < \sigma_{SR} \quad \text{Ok!} \quad \text{Verificação da Fadiga Ok!}$$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

Folha:
64/71

Verificação dos deslocamentos:

Viga de Rolamento:		Trem Tipo Com Cargas Nominais			
L (mm) =	10.000	Cargas Verticais Máximas	Cargas Verticais Mínimas	Cargas Transversais	Distância Entre Rodas
L _b (mm) =	1.000	P1 (kgf) = 5.900	P1 (kgf) = 3.425	P1 (kgf) = 550	d1 (mm) = 4.100
a (mm) =	0	P2 (kgf) = 5.900	P2 (kgf) = 3.425	P2 (kgf) = 550	d2 (mm) = 0
d (mm) =	750	P3 (kgf) = 0	P3 (kgf) = 0	P3 (kgf) = 0	d3 (mm) = 0
b _{f1} (mm) =	250	P4 (kgf) = 0	P4 (kgf) = 0	P4 (kgf) = 0	d4 (mm) = 0
t _{f1} (mm) =	9,50	P5 (kgf) = 0	P5 (kgf) = 0	P5 (kgf) = 0	d5 (mm) = 0
b _{f1} (mm) =	250	P6 (kgf) = 0	P6 (kgf) = 0	P6 (kgf) = 0	d6 (mm) = 0
t _{f1} (mm) =	9,50	P7 (kgf) = 0	P7 (kgf) = 0	P7 (kgf) = 0	d7 (mm) = 0
t _w (mm) =	8,00	P8 (kgf) = 0	P8 (kgf) = 0	P8 (kgf) = 0	Trem Tipo Ok!
Peso =	83,19 kg/m	Impacto Longitudinal Devido À Frenagem da Ponte Rolante = 1.180			Impacto Vertical = 1,00
f _y (kgf/cm²) =	3.500	Cargas Adicionais Provenientes de Passadiço e/ou Cobertura:			
f _t (kgf/cm²) =	4.500	Cargas Verticais 1	Cargas Verticais 2	Peso Próprio da V.R.	Cargas Horizontais
Viga de Contenção Lateral:		Viga Biapoiada	Viga Biapoiada	PP = 83,2 kgf/m	Viga Biapoiada
d _{CT} (mm) =	700	Carga Uniformemente Distribuída	Carga No Meio Do Vão	P _{slk} = 104,0 kgf/m	Carga Uniformemente Distribuída
d (mm) =	399	CP = 0 kgf/m	CP = 0 kgf	M _{slk} = 1.300 kgf m	CP = 0 kgf/m
b _f (mm) =	140	SC = 0 kgf/m	SC = 0 kgf	V _{slk} = 520 kgf	SC = 0 kgf/m
t _f (mm) =	8,80	VT = 0 kgf/m	VT = 0 kgf	δ = 0,06 cm	VT = 0 kgf/m
t _w (mm) =	6,40	P _{slk} = 0 kgf/m	P _{slk} = 0 kgf	Cargas Verticais Totais	P _{slk} = 0 kgf/m
f _y (kgf/cm²) =	3.500	M _{slk} = 0 kgf m	M _{slk} = 0 kgf m	M _{slk} = 1.300 kgf m	M _{slk} = 0 kgf m
f _t (kgf/cm²) =	4.500	V _{slk} = 0 kgf	V _{slk} = 0 kgf	V _{slk} = 520 kgf	V _{slk} = 0 kgf
Trilho:	BQ 2"	δ = 0,00 cm	δ = 0,00 cm	δ = 0,6 mm	δ = 0,0 mm
d _R (mm) =	50,0	Coeficientes de Segurança Utilizados			
I _R (cm⁴) =	52,1	Carga Permanente = 1,25	Sobrecarga = 1,50 (1,20)	Vento = 0,84	

Calcular Esforços & Deformações	
Momentos Fletores Máximos de Cálculo	
Em Relação a Maior Inércia (M _{slk}) =	29.266 kgf m
Na Posição X =	4,000 m
Com a Primeira Roda em X =	4,000 m
Em Relação a Menor Inércia (M _{slk}) =	2.800 kgf m
Na Posição X =	4,000 m
Com a Primeira Roda em X =	4,000 m
Deformação Vertical Máxima	
δ _y = 10,9 mm	Na Posição X = 5,00 m
I _x (cm⁴) = 91.160	1ª Roda em X = 2,95 m
Deformação Horizontal Máxima	
δ _x = 1,5 mm	Na Posição X = 5,00 m
I _y (cm⁴) = 63.492	1ª Roda Em X = 2,95 m
Esforços Cortantes Máximos de Cálculo	
Esforço Cortante Vertical (V _{slk}) =	14.591 kgf
Com a Primeira Roda em X =	0,000 m
Esforço Cortante Horizontal (V _{slk}) =	1.409 kgf
Com a Primeira Roda em X =	0,000 m

Deformações Admissíveis:	Não Aplicável a Este Carregamento	
Vertical = L / 750 = 13,3 mm	0,82	Ok!
Horizontal = L / 750 = 13,3 mm	0,11	Ok!

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

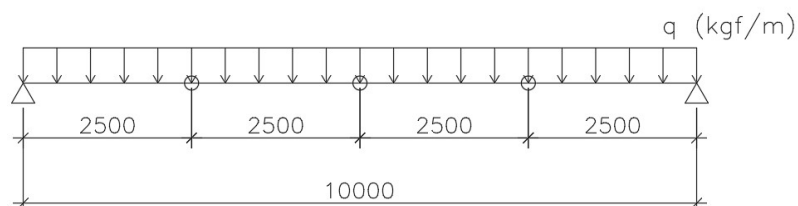
Data:
27/04/26

Folha:
65/71

ANEXO E – Dimensionamento de Terças e Travessas

A) Terças de Cobertura

Terças com 10,0 m de vão, distância entre elas de 1,783 m e com 3 travamentos intermediários.



Combinações:

$$C1 = 1,35(CP+SCutil) + 1,5SCC + 0,84CV$$

$$C2 = 1,0CP + 1,4CV$$

$$Q_{dx1} = \cos(10^\circ) * C1 = 103,0 \text{ kgf/m}^2 \text{ (Combinação crítica)}$$

$$Q_{dy1} = \sin(10^\circ) * C1 = 18,2 \text{ kgf/m}^2 \text{ (Combinação crítica)}$$

$$Q_{dx2} = \cos(10^\circ) * (1,0CP) + 1,4CV = -86,0 \text{ kgf/m}^2$$

$$Q_{dy2} = \sin(10^\circ) * C2 = 15,2 \text{ kgf/m}^2$$

Esforços solicitantes:

$$q_{dx} = 1,783 * 103,0 = 184,0 \text{ kgf/m}$$

$$q_{dy} = 1,783 * 18,2 = 32,5 \text{ kgf/m}$$

$$M_{dx} = 2300 \text{ kgf.m}$$

$$V_{dy} = 920 \text{ kgf}$$

$$M_{dy} = 22 \text{ kgf.m}$$

$$V_{dx} = 49 \text{ kgf}$$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
66/71

Dimensionamento:

Considerando perfis UE 300x85x25x2,65 (ASTM A-36)

Section Inputs

Material: A36
No strength increase from cold work of forming.
Modulus of Elasticity, E 203400 MPa
Yield Strength, Fy 248,21 MPa
Tensile Strength, Fu 399,9 MPa
Warping Constant Override, Cw 0 mm⁶
Torsion Constant Override, J 0 mm⁴

Stiffened Channel, Thickness 2,65 mm

Placement of Part from Origin:

X to center of gravity 0 mm

Y to center of gravity 0 mm

Outside dimensions, Open shape

	Length (mm)	Angle (deg)	Radius (mm)	Web	k Coef.	Hole Size (mm)	Distance (mm)
1	25,00	270,000	2,6500	None	0,000	0,00	12,50
2	85,00	180,000	2,6500	Single	0,000	0,00	42,50
3	300,00	90,000	2,6500	Cee	0,000	0,00	150,00
4	85,00	0,000	2,6500	Single	0,000	0,00	42,50
5	25,00	-90,000	2,6500	None	0,000	0,00	12,50

Full Section Properties

Area	1331,8 mm ²	Wt.	10,445 kgf/m	Width	502,58 mm
Ix	17407590 mm ⁴	rx	114,33 mm	Ixy	1 mm ⁴
Sx(t)	116051 mm ³	y(t)	150,00 mm	α	0,000 deg
Sx(b)	116051 mm ³	y(b)	150,00 mm		
Iy	1205998 mm ⁴	Height	300,00 mm		
Sy(l)	54773 mm ³	ry	30,09 mm	Xo	-55,54 mm
Sy(r)	19148 mm ³	x(l)	22,02 mm	Yo	0,00 mm
		x(r)	62,98 mm	jx	160,73 mm
		Width	85,00 mm	jy	0,00 mm
I1	17407590 mm ⁴	r1	114,33 mm		
I2	1205998 mm ⁴	r2	30,09 mm		
Ic	18613590 mm ⁴	rc	118,22 mm	Cw	2,1187e10 mm ⁶
Io	22722420 mm ⁴	ro	130,62 mm	J	3118 mm ⁴

Member Check - 2012 North American Specification - US (LRFD)

Material Type: A36, Fy=248,21 MPa

Design Parameters:

Lx	10,000 m	Ly	2,500 m	Lt	2,500 m
Kx	1,0000	Ky	1,0000	Kt	1,0000
Cbx	1,0000	Cby	1,0000	ex	0,0000 mm
Cmx	1,0000	Cmy	1,0000	ey	0,0000 mm

Braced Flange: None

Red. Factor, R: 0

kφ 0 kgf
Lm 2,500 m

Loads:	P (kgf)	Mx (kgf-m)	Vy (kgf)	My (kgf-m)	Vx (kgf)
Entered	0	2300,0	920	22,0	49
Applied	0	2300,0	920	22,0	49
Strength	12630	2398,5	6115	436,2	5689

Effective section properties at applied loads:

Ae	1331,83 mm ²	Ixe	17407590 mm ⁴	Iye	1205998 mm ⁴
		Sxe(t)	116051 mm ³	Sye(l)	54773 mm ³
		Sxe(b)	116051 mm ³	Sye(r)	19148 mm ³

Interaction Equations

NAS Eq. C5.2.2-1	{P, Mx, My}	0,000 + 0,959 + 0,050 = 1,009 <= 1.0
NAS Eq. C5.2.2-2	{P, Mx, My}	0,000 + 0,959 + 0,050 = 1,009 <= 1.0
NAS Eq. C3.3.2-1	{Mx, Vy}	Sqrt(0,757 + 0,023) = 0,883 <= 1.0
NAS Eq. C3.3.2-1	{My, Vx}	Sqrt(0,003 + 0,000) = 0,051 <= 1.0

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

**MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURAL**Nº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
67/71

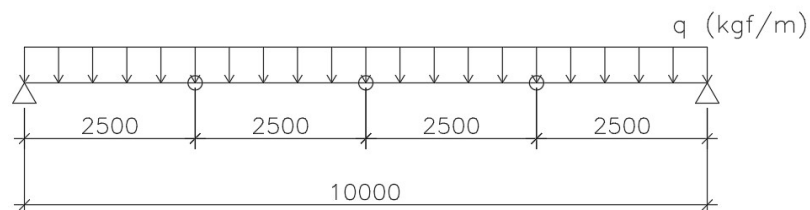
Deslocamentos:

$$\delta v_{(CP+SCC)} = 4,7 \text{ cm} < L/180 = 10000/180 = 5,6 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$\delta v_{(CV)} = 5,1 \text{ cm} < L/120 = 10000/120 = 8,3 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$$

B) Travessas de Fechamento Filas A e B

Travessas com 10,0 m de vão, distância entre elas de 1,8 m e com 3 travamentos intermediários.



Combinações:

$$C = 1,35CP + 1,4CV$$

$$Q_{dx} = 1,4CV = 1,4 * 62,7 = 87,8 \text{ kgf/m}^2$$

$$Q_{dy} = 1,35CP = 1,35 * 20 = 27,0 \text{ kgf/m}^2$$

Esforços solicitantes:

$$q_{dx} = 1,8 * 87,8 = 158,0 \text{ kgf/m}$$

$$q_{dy} = 1,8 * 27,0 = 48,6 \text{ kgf/m}$$

$$M_{dx} = 1975 \text{ kgf.m}$$

$$V_{dy} = 790 \text{ kgf}$$

$$M_{dy} = 32,5 \text{ kgf.m}$$

$$V_{dx} = 74 \text{ kgf}$$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017



CONSTRUÇÕES EM AÇO

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
68/71

Dimensionamento:

Considerando perfis UE 300x85x25x2,65 (ASTM A-36)

Section Inputs

Material: A36

No strength increase from cold work of forming.

Modulus of Elasticity, E 203400 MPa

Yield Strength, Fy 248,21 MPa

Tensile Strength, Fu 399,9 MPa

Warping Constant Override, Cw 0 mm⁶Torsion Constant Override, J 0 mm⁴

Stiffened Channel, Thickness 2,65 mm

Placement of Part from Origin:

X to center of gravity 0 mm

Y to center of gravity 0 mm

Outside dimensions, Open shape

	Length (mm)	Angle (deg)	Radius (mm)	Web	k Coef.	Hole Size (mm)	Distance (mm)
1	25,00	270,000	2,6500	None	0,000	0,00	12,50
2	85,00	180,000	2,6500	Single	0,000	0,00	42,50
3	300,00	90,000	2,6500	Cee	0,000	0,00	150,00
4	85,00	0,000	2,6500	Single	0,000	0,00	42,50
5	25,00	-90,000	2,6500	None	0,000	0,00	12,50

Full Section Properties

Area	1331,8 mm ²	Wt.	10,445 kgf/m	Width	502,58 mm
Ix	17407590 mm ⁴	rx	114,33 mm	Ixy	1 mm ⁴
Sx(t)	116051 mm ³	y(t)	150,00 mm	α	0,000 deg
Sx(b)	116051 mm ³	y(b)	150,00 mm		
		Height	300,00 mm		
Iy	1205998 mm ⁴	ry	30,09 mm	Xo	-55,54 mm
Sy(l)	54773 mm ³	x(l)	22,02 mm	Yo	0,00 mm
Sy(r)	19148 mm ³	x(r)	62,98 mm	jx	160,73 mm
		Width	85,00 mm	jy	0,00 mm
I1	17407590 mm ⁴	r1	114,33 mm		
I2	1205998 mm ⁴	r2	30,09 mm		
Ic	18613590 mm ⁴	rc	118,22 mm	Cw	2,1187e10 mm ⁶
Io	22722420 mm ⁴	ro	130,62 mm	J	3118 mm ⁴

Member Check - 2012 North American Specification - US (LRFD)

Material Type: A36, Fy=248,21 MPa

Design Parameters:

Lx	10,000 m	Ly	2,500 m	Lt	2,500 m
Kx	1,0000	Ky	1,0000	Kt	1,0000
Cbx	1,0000	Cby	1,0000	ex	0,0000 mm
Cmx	1,0000	Cmy	1,0000	ey	0,0000 mm
Braced Flange: None		kφ	0 kgf		
Red. Factor, R: 0		Lm	2,500 m		

Loads:	P (kgf)	Mx (kgf-m)	Vy (kgf)	My (kgf-m)	Vx (kgf)
Entered	0	1975,0	790	32,5	74
Applied	0	1975,0	790	32,5	74
Strength	12630	2398,5	6115	436,2	5689

Effective section properties at applied loads:

Ae	1331,83 mm ²	Ixe	17407590 mm ⁴	Iye	1205998 mm ⁴
		Sxe(t)	116051 mm ³	Sye(l)	54773 mm ³
		Sxe(b)	116051 mm ³	Sye(r)	19148 mm ³

Interaction Equations

NAS Eq. C5.2.2-1	(P, Mx, My)	0,000 + 0,823 + 0,075 = 0,898 <= 1.0
NAS Eq. C5.2.2-2	(P, Mx, My)	0,000 + 0,823 + 0,075 = 0,898 <= 1.0
NAS Eq. C3.3.2-1	(Mx, Vy)	Sqrt(0,558 + 0,017) = 0,758 <= 1.0
NAS Eq. C3.3.2-1	(My, Vx)	Sqrt(0,006 + 0,000) = 0,076 <= 1.0

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº Documento:
CDP-EM-0405-MC

Revisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Moraes

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26

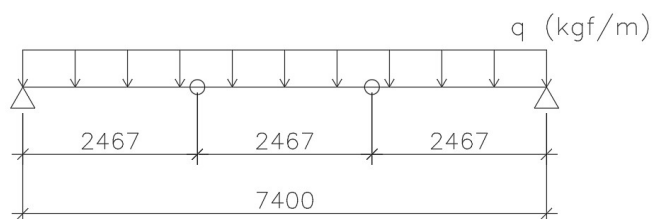
Folha:
69/71

Deslocamentos:

$$\delta_{v(cv)} = 4,2 \text{ cm} < L/120 = 10000/120 = 8,3 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$$

C) Travessas de Fechamento Eixos 1 e 5

Travessas com 7,4 m de vão, distância entre elas de 1,8 m e com 2 travamentos intermediários.



Combinações:

$$C = 1,35CP + 1,4CV$$

$$Q_{dx} = 1,4CV = 1,4 * 62,7 = 87,8 \text{ kgf/m}^2$$

$$Q_{dy} = 1,35CP = 1,35 * 20 = 27,0 \text{ kgf/m}^2$$

Esforços solicitantes:

$$q_{dx} = 1,8 * 87,8 = 158,0 \text{ kgf/m}$$

$$q_{dy} = 1,8 * 27,0 = 48,6 \text{ kgf/m}$$

$$M_{dx} = 1082 \text{ kgf.m}$$

$$V_{dy} = 585 \text{ kgf}$$

$$M_{dy} = 31 \text{ kgf.m}$$

$$V_{dx} = 73 \text{ kgf}$$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017



CONSTRUÇÕES EM AÇO

**MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURAL**Nº Documento:
CDP-EM-0405-MCRevisão:
REV00

O.S.: 226802 Cliente: ST. GEORGE BRASIL

Obra: Centro de Desenvolvimento de Pesquisa

Cálculo: Cassius Morais

Aprovação: Juliano Lanza

Data:
27/04/26Folha:
70/71

Dimensionamento:

Considerando perfis UE 200x75x25x2,65 (ASTM A-36)

Section Inputs

Material: A36

No strength increase from cold work of forming.

Modulus of Elasticity, E 203400 MPa

Yield Strength, Fy 248,21 MPa

Tensile Strength, Fu 399,9 MPa

Warping Constant Override, Cw 0 mm⁶Torsion Constant Override, J 0 mm⁴

Stiffened Channel, Thickness 2,65 mm

Placement of Part from Origin:

X to center of gravity 0 mm

Y to center of gravity 0 mm

Outside dimensions, Open shape

	Length (mm)	Angle (deg)	Radius (mm)	Web	k Coef.	Hole Size (mm)	Distance (mm)
1	25,00	270,000	2,6500	None	0,000	0,00	12,50
2	75,00	180,000	2,6500	Single	0,000	0,00	37,50
3	200,00	90,000	2,6500	Cee	0,000	0,00	100,00
4	75,00	0,000	2,6500	Single	0,000	0,00	37,50
5	25,00	-90,000	2,6500	None	0,000	0,00	12,50

Full Section Properties

Area	1013,8 mm ²	Wt.	7,9511 kgf/m	Width	382,58 mm
Ix	6206056 mm ⁴	rx	78,24 mm	Ixy	-1 mm ⁴
Sx(t)	62061 mm ³	y(t)	100,00 mm	α	0,000 deg
Sx(b)	62061 mm ³	y(b)	100,00 mm		
		Height	200,00 mm		
Iy	788207 mm ⁴	ry	27,88 mm	Xo	-56,64 mm
Sy(l)	33805 mm ³	x(l)	23,32 mm	Yo	0,00 mm
Sy(r)	15251 mm ³	x(r)	51,68 mm	jx	106,53 mm
		Width	75,00 mm	jy	0,00 mm
I1	6206056 mm ⁴	r1	78,24 mm		
I2	788207 mm ⁴	r2	27,88 mm		
Ic	6994263 mm ⁴	rc	83,06 mm	Cw	6,6094e09 mm ⁶
Io	10247020 mm ⁴	ro	100,54 mm	J	2373,2 mm ⁴

Member Check - 2012 North American Specification - US (LRFD)

Material Type: A36, Fy=248,21 MPa

Design Parameters:

Lx	7,4000 m	Ly	2,5000 m	Lt	2,5000 m
Kx	1,0000	Ky	1,0000	Kt	1,0000
Cbx	1,0000	Cby	1,0000	ex	0,0000 mm
Cmx	1,0000	Cmy	1,0000	ey	0,0000 mm

Braced Flange: None

k ϕ 0 kgf

Red. Factor, R: 0

Lm 2,5000 m

Loads:

	P (kgf)	Mx (kgf-m)	Vy (kgf)	My (kgf-m)	Vx (kgf)
Entered	0,0	1082,0	585,0	31,0	73,0
Applied	0,0	1082,0	585,0	31,0	73,0
Strength	9699,3	1292,7	6701,9	341,5	4924,2

Effective section properties at applied loads:

Ae	1013,83 mm ²	Ixe	6206056 mm ⁴	Iye	788207 mm ⁴
		Sxe(t)	62061 mm ³	Sye(l)	33805 mm ³
		Sxe(b)	62061 mm ³	Sye(r)	15251 mm ³

Interaction Equations

NAS Eq. C5.2.2-1	(P, Mx, My)	0,000 + 0,837 + 0,091 = 0,928	<= 1.0
NAS Eq. C5.2.2-2	(P, Mx, My)	0,000 + 0,837 + 0,091 = 0,928	<= 1.0
NAS Eq. C3.3.2-1	(Mx, Vy)	Sqrt(0,586 + 0,008) = 0,770	<= 1.0
NAS Eq. C3.3.2-1	(My, Vx)	Sqrt(0,008 + 0,000) = 0,090	<= 1.0

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.

IT-GE-002/A

Rev.02 – 17/11/2017

 CONSTRUÇÕES EM AÇO		MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL		Nº Documento: CDP-EM-0405-MC
				Revisão: REV00
O.S.:	226802	Cliente:	ST. GEORGE BRASIL	Data:
Obra:	Centro de Desenvolvimento de Pesquisa			27/04/26
Cálculo:	Cassius Moraes			Folha:
Aprovação:	Juliano Lanza			71/71

Deslocamentos:

$\delta v_{(cv)} = 3,5 \text{ cm} < L/120 = 10000/120 = 6,2 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$

Atenção: Este documento é de propriedade da CODEME Engenharia S.A. não podendo ser reproduzido, copiado, revelado ou transmitido, total ou parcialmente, nem utilizado para e por terceiros sem autorização por escrito do proprietário.	IT-GE-002/A Rev.02 – 17/11/2017
--	--