“CONSTRUÇÃO DE PONTE MISTA AÇO E CONCRETO”

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA LUZIA DO OESTE
ENDEREÇO: RUA 7 DE SETEMBRO, 2070, CENTRO, CEP 76.950-000
SANTA LUZIA DO OESTE – RO

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

PODER EXECUTIVO

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA LUZIA/RO

MEMÓRIA DE CÁLCULO SUPERESTRUTURA

Obra: Construção de Ponte Mista (aço e concreto armado) - Dimensão: 10,00 m x 4,50 m

Local: Linha 176 Lado Sul Km 5,0 – Santa Luzia /RO

Data: 30/08/2024

1. Objetivo

A presente memória de cálculo tem por objetivo o cálculo da estrutura metálicade uma ponte rodoviária com vão de 10,00 m com vigas em perfis de aço laminado.A seção transversal da ponte será composta por 2 vigas espaçadas conforme a figura da seção transversal típica, formando um tabuleiro com 4,50 m de largura útil. O tabuleiro será formado por concreto armado com telas soldadas, treliças TG-8L e vergalhões de aço Ø 8,00mm sobre forma autoportante trapezoidal de aço galvanizado tipo Steel Deck com espessura de 0,80 mm, ligadas aos perfis metálicos através dos conectores de cisalhamento em perfil laminado U de 4". O cálculo do tabuleiro segue as recomendações de carga e armação propostos no Manual Geral para Dimensionamento do fabricante do Steel Deck.

2. Critérios de projeto

2.1. Referências bibliográficas

NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
NBR 6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
NBR 7188:2013 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre;
NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações;
NBR 16694:2020 – Projeto de pontes rodoviárias de aço e mistas de aço e concreto;
AASHTO – Standard specifications for highway bridges (2002);
Manual Geral para Dimensionamento Polydeck 59S.

2.2. Programa computacional utilizado

MCalc 3D e MCalcAC

2.3. Materiais

Perfis soldados VS série americana: Aço ASTM A572 GR50
Chapas de aço de ligação dos perfis: Aço ASTM 36
Perfis laminados tipo U série americana: Aço ASTM A36
Perfis laminados tipo L série americana (cantoneira): Aço ASTM A36

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Parafusos: ASTM A325

2.4. *Coeficientes de ponderação das cargas – Item 5.1.3 NBR 7188*

Coeficiente de Nº de Faixas (CNF) = 1 – 0,05 x (n – 2) = ***1,05***
Coeficiente de Impacto Vertical (CIV) = 1 + 1,06 x (20/ (10 + 50)) = ***1,35***
Coeficiente de Impacto Adicional (CIA) = ***1,25 (Obras Mistas)***
Coeficiente para Peso Próprio do Tabuleiro (CPT) = ***1,40***

CNF x CIV x CIA = 1,05 x 1,35 x 1,25 = ***1,77***

2.5. *Cargas atuantes*

Peso próprio das estruturas metálicas:
- Gerado automaticamente pelo software de cálculo
Peso do tabuleiro (ppt) 5,00 kN/m²
Trem tipo (Classe 45tf): TT = 450 kN
P = 75 kN
p = 5,00 kN/m²

2.6. *Cargas de cálculo*

Q = P x CNF x CIV x CIA = 75 x 1,00 x 1,35 x 1,25= ***126,56 kN***
q = p x CNF x CIV x CIA x Larg. = 5,00 x 1,00 x 1,35 x 1,25 = ***8,43 kN/m²***
ppt = ppt x CPT = 5,00 x 1,40 = ***7,00 kN/m²***

2.7. *Limites de deformação Anexo C NBR 16694*

Flecha da viga: L/800 = 10.000,00 mm/800= ***12,5 mm***

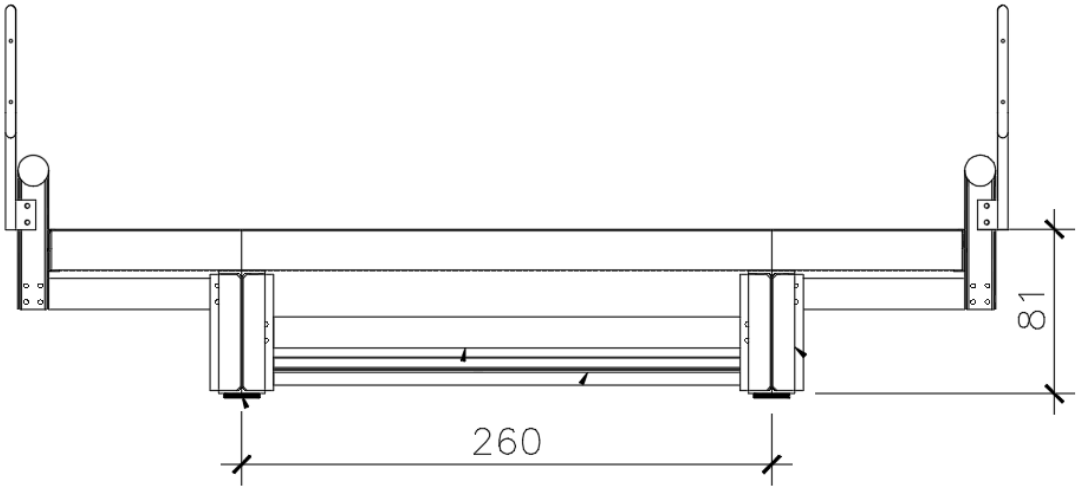
3. Dados da ponte

3.1. *Principais dados da ponte:*

Comprimento: L = 10,00 m
Largura: B = 4,50 m
Distância entre eixo das vigas: 2,60 m
Tensão de escoamento do aço das vigas: ASTM A572 GR50, fy = 345 MPa, fu = 450 MPa
Classe da ponte: 45tf

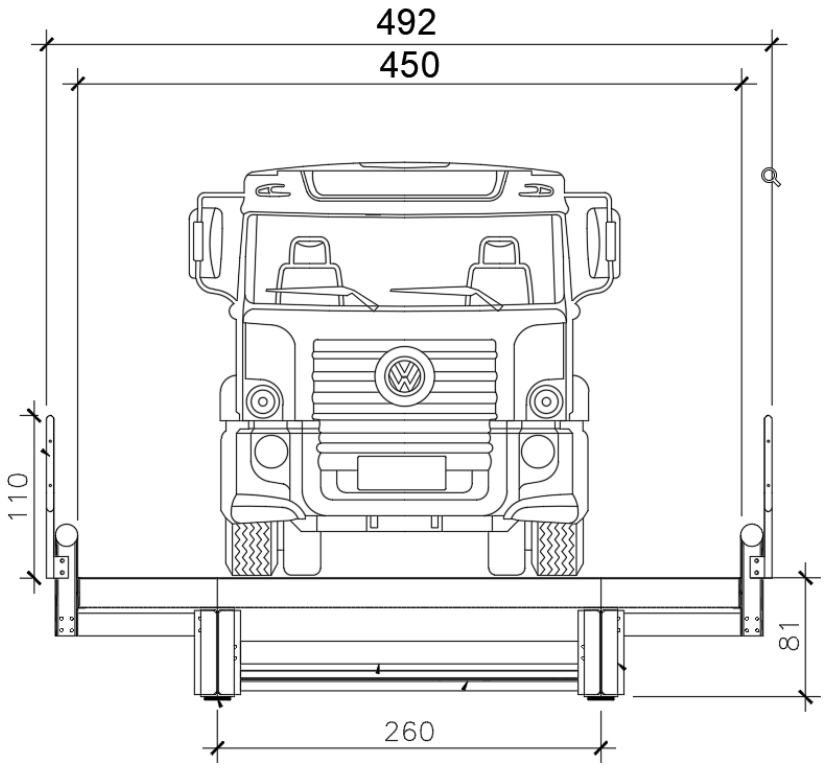
Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Seção transversal típica



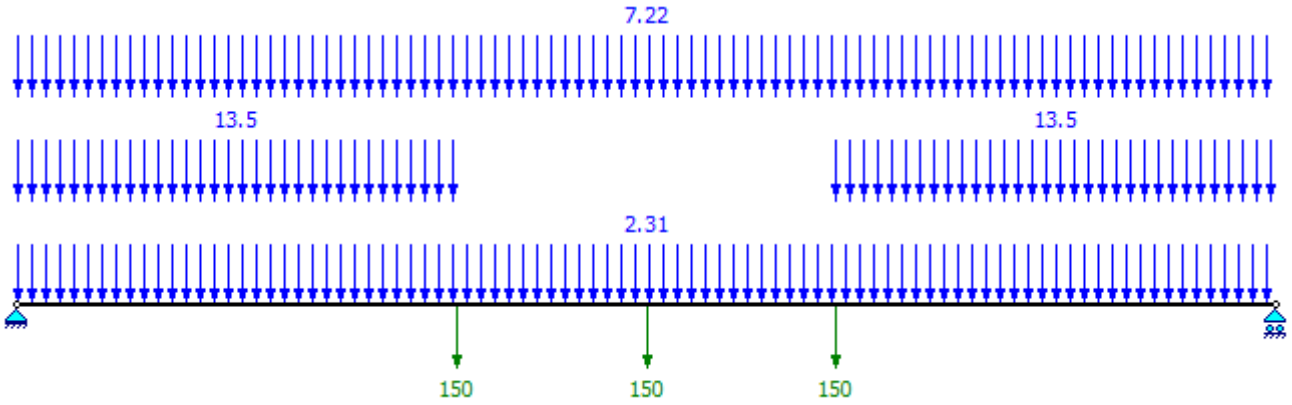
4. Cálculo dos esforços

Para o cálculo das vigas, foi utilizada a situação de cargas do trem tipo TB =450 kN sobre as vigas, na situação mais desfavorável, sem a consideração da carga de impacto.



Assim, as resultantes das cargas aplicadas nas vigas, considerando a carga de impacto e o pior caso ao momento fletor e esforço cortante, ficam:

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO



Carga Pontual: 150 KN
Peso proprio: 2,30 KN/m
Carga Permanente: 7,22 KN/m
Sobrecarga de uso: 13,40 KN/m

mCalcAC 5.0

Cliente	SANTA LUZIA
Obra	PONTE MISTA
Trabalho	---
Responsável	EDUARDO

DIMENSIONAMENTO

1.Dados gerais da viga mista

Características da viga	
Vão	10 m
Intervigas (d1)	2.6 m
Sistema de construção	Escorada
Posicionamento da viga	Viga extremidade
Tipo de interação	Completa

Características da laje de concreto(fck = 30 MPa)	
Largura da Laje de concreto adotada(bef)	1.5 m
Espessura da Laje (tc)	200 mm
Tipo de laje	Fôrma metálica incorporada

Características da fôrma	
Altura da fôrma (hf)	50 mm
Largura da fôrma (bF)	130 mm
Tipo de fôrma	Metform MF-50

Características do perfil

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Perfil	VS 750 170
Limite de escoamento do perfil(fy)	345 MPa
Altura do perfil(d)	750 mm
Momento de inércia do perfil (Ia)	233200 cm4

Característica dos conectores	
Tipo	[100x8x2 Lcs=8

Solicitações de cálculo	
Momento fletor máximo de cálculo(MSd)	3036864.5 kgf.cm
Esforço cortante máximo de cálculo(VSd)	13682.27 kgf

2.Verificação da esbeltez

$\frac{h}{t_w}$ = 87.5 Esbeltez da viga.

$3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ = 90.53 Esbeltez limite da viga.

$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ A viga não é esbelta.

3.Avaliação da posição da linha neutra plástica na laje de concreto

(Afy)a: é o produto da área da seção da viga de aço pela sua resistência ao escoamento.

$\frac{0,85 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot t_c}{1,40}$ = 546428.56 kgf Força de plastificação da laje de concreto.

$\frac{(A \cdot f_y)_a}{1,10}$ = 677454.56 kgf Força de plastificação do perfil de aço.

Conector: [100x8x2 Lcs=8
tf = 0.2 cm Espessura da mesa do conector.
tw = 0.2 cm Espessura da alma do conector.
Lcs = 0.8 cm Comprimento do perfil U.

$q_{Rd} = \frac{0,3 \cdot (t_f + 0,5 \cdot t_w) \cdot L_{cs} \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_c}}{1,25}$ = 509.41 kgf

$\frac{T_d}{q_{Rd}}$ = 1073 Número de conectores para metade do vão

$\frac{0,85 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot t_c}{1,40} \leq \frac{(A \cdot f_y)_a}{1,10}$ A linha neutra plástica passa na viga de aço.

4.Determinação do momento resistente de cálculo

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

β_{vm} coeficiente dado conforme a capacidade de rotação da ligação. Para vigas biapoiadas é igual a 1,00.
yp = 0.65 cm distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço.
yc = 0.33 cm distância do centro de gravidade da parte comprimida da seção da viga de aço até a face superior dessa viga.
yt = 33.52 cm distância do centro de gravidade da parte tracionada da seção da viga de aço até a face inferior dessa viga.
d = 75 cm Altura do perfil de aço.
(Afy)tf: é o produto da área da mesa superior da viga de aço pela sua resistência ao escoamento.
(Afy)tw: é o produto da área da alma da viga de aço pela sua resistência ao escoamento.

$$C_d = \frac{0,85 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot t_c}{1,40}$$ = 546428.56 kgf Resistência de cálculo da região comprimida da laje.

$$C_{ad} = \frac{1}{2}\left[\frac{(A \cdot f_y)_a}{1,10} - C_{cd}\right]$$ = 65512.99 kgf Resistência de cálculo da região comprimida do perfil de aço.

$T_{ad} = C_{cd} + C_{ad}$ = 611941.56 kgf Resistência de cálculo da região tracionada do perfil de aço.

$$C_{ad} \leq \frac{(A \cdot f_y)_{tf}}{1,10}$$ A linha neutra plástica está na mesa superior.
yp = 0.65 cm
yc = 0.33 cm
yt = 33.52 cm

$$M_{Rd} = \beta_{vm} \cdot \left[C_{ad} \cdot (d - y_t - y_c) + C_{cd} \cdot \left(\frac{t_c}{2} + h_f + d - y_t\right)\right]$$ = 33558212 kgf.cm Resistência de cálculo ao momento fletor.

$$\frac{M_{Sd}}{M_{Rd}}$$ = 0.09 ≤ 1.0 **OK!**

5.Verificação ao esforço cortante

λ = 87.5 Parâmetro de esbeltez.

λ_p = 59.22 Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação.

λ_r = 73.76 Parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento.

Aw = 60 cm2 Área efetiva de cisalhamento.

$V_{pl} = 0,60 \cdot A_w \cdot f_y$ = 124200 kgf Força cortante correspondente à plastificação.

$$V_{Rk} = 1,24 \cdot \left(\frac{\lambda_p}{\lambda}\right)^2 \cdot V_{pl}$$ = 70549.42 kgf Força cortante resistente característica.

$$V_{Rd} = \frac{V_{Rk}}{1,10}$$ = 64135.84 kgf Força cortante resistente de cálculo.

$$\frac{V_{Sd}}{V_{Rd}}$$ = 0.21 ≤ 1.0 **OK!**

6.Distribuição dos conectores

Distância interconectores = 1600 mm

Número total de conectores ao longo do vão: 2146

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

É permitida no máximo 1 linha de conectores. Aumentar a resistência dos conectores.

Distribuição: 1 linha com 2146 conectores

6.1.Verificação dos espaçamentos máximos e mínimos

$e_{máx} = 8 \cdot t_c$ = 1600 mm

1600 mm <= 1600 mm **OK!**

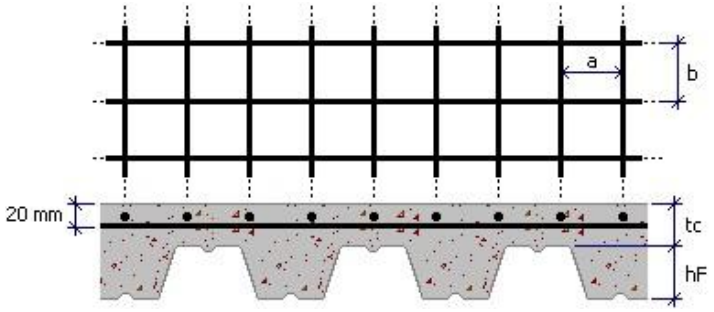
$e_{mín} = b_f$ = 8 mm

1600 mm >= 8 mm **OK!**

7.Armadura adicional

7.1.Armadura de retração

Recomendações do fabricante da fôrma metálica

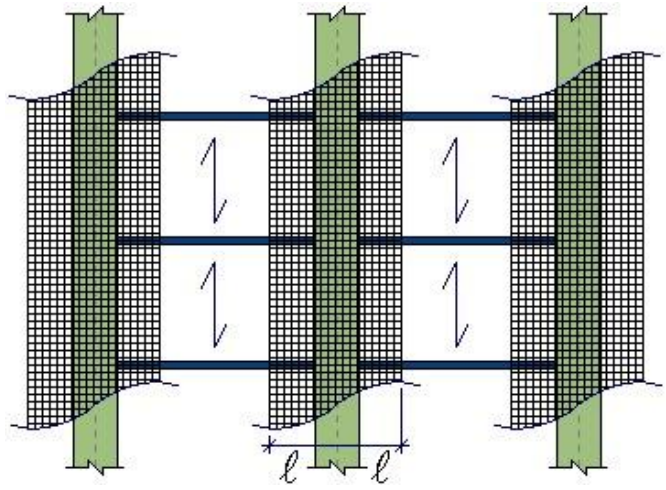


hf+tc = 250 mm
a = 100 mm
b = 100 mm

ϕ = 4.2 mm

7.2.Armadura de fissuração

Recomenda-se uma malha de mesmas proporções que a de retração sobre as vigas de apoio.



ℓ = Largura de influência da armadura de fissuração

8.Armadura Transversal

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

8.1.Verificação da armadura Transversal

$f_{ctk,inf} = 0,21 \cdot (f_{ck})^{2/3}$ = 20.28 kgf/cm2

A_{cv} = 2000 cm2 /m Área de cisalhamento do concreto.

A_s = 0.1 cm2 /m Área da armadura transversal.

Recomendações da NBR 8800:2008

$A_s < 1,5\ cm^2/m$

$A_s < 0,2\% \cdot A_{cv}$

$f_{sd} = \frac{f_{ys}}{1,15}$ = 3.54993233090525E33 kgf/cm2 Resistência de cálculo do aço das barras da armadura.

A_F = 9.97 cm2 /m Área da fôrma metálica.

$f_{yFd} = \frac{f_{yF}}{1,10}$ = 2545.45 kgf/cm2 Resistência de cálculo da fôrma de aço incorporada.

$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,40}$ = 214.29 kgf/cm2 Resistência de cálculo do concreto.

V_{Sds} = 54533.57 kgf /m

$V_{Rds1} = 0,6 \cdot \frac{\eta \cdot f_{ctk,inf}}{1,40} \cdot A_{cv} + A_s \cdot f_{sd} + A_F \cdot f_{yFd}$ = 3.45143253682941E32 kgf /m

$V_{Rds2} = 0,2 \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot A_{cv} + 0,6 \cdot A_F \cdot f_{yFd}$ = 100941.2 kgf /m

V_{Rds} = 100941.2 kgf /m

$V_{Rds} \geq V_{Sds}$ **OK!**

9.Determinação da inércia da viga mista: Análise elástica simplificada

$E_c = 0.85.5600 \cdot \sqrt{f_{ck}}$ = 26071.59 MPa Módulo de elasticidade do concreto.

κ = 2 Coeficiente que leva em conta a fluência do concreto no cálculo da relação modular.

$R_{MO} = \frac{E_a}{E_c}$ = 7.67 Relação modular para ações de curta duração.

$R_M = \kappa \cdot R_{MO}$ = 15.34 Relação modular para ações de longa duração.

Para ações de curta duração

Itr = 629757.25 cm4 Momento de inércia da seção mista homogeneizada.

Para ações de longa duração

Itr = 522591.47 cm4 Momento de inércia da seção mista homogeneizada.

10.Peso da viga de aço e conectores

Perfil: VS 750 170 com [100x8x2 Lcs=8 a cada 1600 mm

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Viga	
Perfil	**Peso**
VS 750 170	169 kgf/m
2146 [100x8x2 Lcs=8	31 kgf
Peso Total	1726 kgf

ANÁLISE

11.Dados gerais

Vão	1000 cm	**Intervigas**	260 cm
Inércia Perfil	233200 cm4	**Inércia Viga Mista**	522591.47 cm4

12.Estado de Ações

Ações Concentradas		
Estado	**P(kgf)**	**Posição(cm)**
AP Antes da cura	-253.12	500
AP Antes da cura	-253.12	350
AP Antes da cura	-253.12	650

Ações Distribuidas Unifomemente			
Estado	**q(kgf/cm)**	**Pos. inicial(cm)**	**Pos. final(cm)**
AP Antes da cura	-2.31	0	1000
AP Antes da cura	-13.5	0	350
AP Antes da cura	-13.5	650	1000
AP Antes da cura	-7.22	0	1000

13. Combinações de ações:

Combinações para dimensionamento				
Combinações	**AP antes cura** γ	**SC antes cura** γ	**AP depois cura** γ	**SC depois cura** γ
Combinação 1	1.4	---	1	1.5

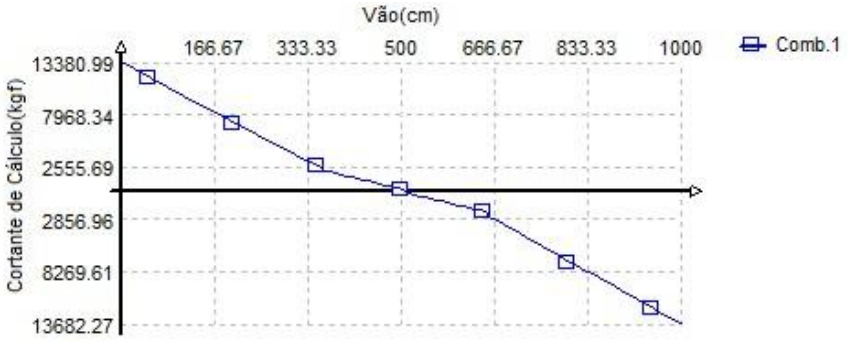
Combinações para cálculo da flecha				
Combinações	**AP antes cura** ψ	**SC antes cura** ψ	**AP depois cura** ψ	**SC depois cura** ψ
Combinação 2	---	---	1	1

14. Cortantes:

Combinação	Cortante Máximo(kgf)	Posição(cm)
Combinação 1 - Dimensionamento	13682.27	1000

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

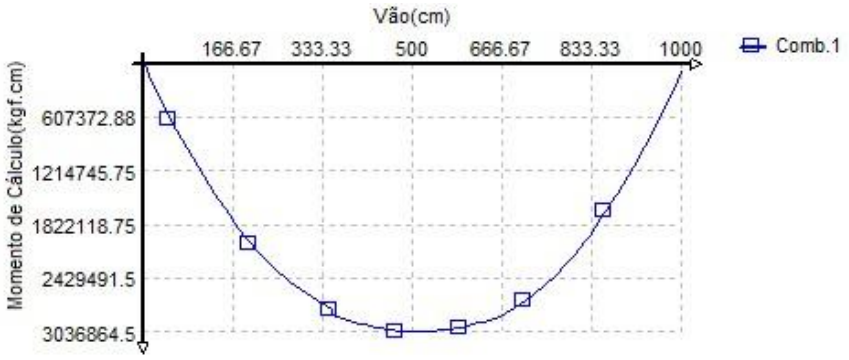
14.1. Diagrama de Cortantes:



15. Momentos:

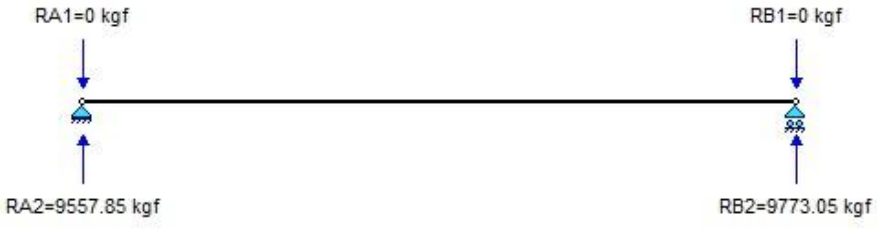
Combinação	Momento Máximo(kgf.cm)	Posição(cm)
Combinação 1 - Dimensionamento	3036864.5	500

15.1. Diagrama de Momentos:



16.REAÇÕES:

16.1.Reações das combinações(sem ponderação):



16.2.Reações dos estados isolados:

Estados	RA(kgf)	RB(kgf)
AP Antes da Cura	9557.85	9773.05
AP Depois da Cura	0	0

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

SC Lançamento	0	0
SC Total	0	0

17. Diagrama de deslocamentos com Contra flecha:

$CF = -(\delta_1 + \delta_2) = 0$ mm

$\delta_T = \delta_1 + \delta_2 - CF = 0$ mm

$\delta_1 = 0$ mm flecha máxima devido à ação permanente no lançamento.

$\delta_2 = 0$ mm flecha máxima relacionada à ação permanente após a cura mais SC total.

18.Freqüência da Viga Mista

E = 200000 N/mm2 Módulo de elasticidade do aço
Itr = 5225914880 mm4 Inércia da seção transformada
W = 10.13 N/mm Peso da laje de concreto sob a largura efetiva
L = 10000 mm Vão da viga mista

$$f = 156 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{tr}}{w \cdot L^4}} = 15.84 \text{ Hz}$$

f > 4 Hz cfe. L.3.2 da NBR 8800:2008 pra pisos residenciais e comerciais.
f > 8 Hz cfe. L.3.3 da NBR 8800:2008 para pisos de academias de ginástica ou estádios.

5. Tabuleiro

O dimensionamento do tabuleiro segue as especificações o Manual Geral para Dimensionamento da forma de aço colaborante para lajes mistas Steel Deck da Polydeck, modelo 59S espessura de 0,80 mm, com capacidades em kg/m² (daN/m²) para sistema de 04 ou mais apoios (projeto com 02 vigas e 02 chapas de borda para apoio) conforme tabela abaixo:

Espessura 0,80 mm

	SISTEMA 2 APOIOS - Vão máximo sem escora: 2,40 m														
Vão (m)	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80
Espessura da laje (cm) 11	1001	830	700	598	286										
12	1101	913	770	398	310										
13	1202	997	841	430	334	256									
14	1303	1081	593	462	358	274									
15	1405	1165	636	494	382	291									
16	1506	1250	679	527	406	309									
17	1608	1334	721	559	431	327									
18	1710	985	764	592	455	345	255								
19	1812	1041	807	625	480	363	268								
20	1915	1098	850	658	505	382	281								
21	2017	1154	984	691	530	400	294								
22	1570	1211	937	724	555	418	307								
23	1644	1267	980	757	580	437	320								
24	1719	1324	1024	790	605	455	333								
25	1793	1381	1067	823	630	474	347								

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Para a utilização nessa ponte verifica-se que a espessura utilizada de 20 cm possui capacidade resistente de superior a 1915 kg/m² uma vez que a maior distância entre os apoios é de 2,60m (entre eixo) e 2,3m (entre vigas), portanto sendo adequada para a estrutura da ponte.

A chapa de borda além de forma tem a função de apoiar o steel deck transmitindo as cargas para as transversinas externas que por sua vez descarregam nas vigas, não havendo assim segmento da laje em balanço, sendo apoiada nas laterais pelas chapas de borda e internamente pelas vigas.

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Informações do Documento

ID do Documento: **1.720.D72** - Tipo de Documento: **TERMO DE JUNTADA**.

Juntado por **JESSICA LOPES ALENCAR**, **CPF:** 008.92*.**2-*6 , em **10/09/2026 - 11:10:50**

Código de Autenticidade deste Documento: 1197.1H10.6442.E32K.0178

A autenticidade do documento pode ser conferida no site:
https://athus.santaluzia.ro.gov.br/verdocumento

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1197.1H10.6442.E32K.0178 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO