

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes - DNIT  
Superintendência Regional nos Estados do Pará e Amapá

ADEQUAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA  
CONSTRUÇÃO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

Rodovia : BR-163/PA  
Trecho : Divisa MT/PA - Fronteira Brasil/Suriname  
Subtrecho : Igarapé do Lauro – Início Trecho Pavimentado  
Segmento : km 518,00 – km 658,60  
Código PNV : 163BPA1065 – 163BPA1105  
Lote : 03

VOLUME 3 B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTRUTURAS  
(1ª PARTE)

MARÇO / 2006



Exército Brasileiro

**DNIT**Departamento Nacional de  
Infra-Estrutura de Transportes

## ADEQUAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

Rodovia : BR-163/PA  
Trecho : Divisa MT/PA - Fronteira Brasil/Suriname  
Subtrecho : Igarapé do Lauro – Início Trecho Pavimentado  
Segmento : km 518,00 – km 658,60  
Código PNV : 163BPA1065 – 163BPA1105  
Lote : 03

## VOLUME 3 B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTRUTURAS (1ª PARTE)

MARÇO / 2006

## **EQUIPE TÉCNICA**

## **EQUIPE TÉCNICA**

ARTE PONTES CONSULTORIA E PROJETOS LTDA

Engenheiro Sérgio Marques Ferreira de Almeida

Engenheira Rosane Roque Jacobson

## SUMÁRIO

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO</b> .....	1
1.1 Condições Gerais .....	2
1.2 Volumes Componentes do Relatório .....	2
<b>2 PONTE SOBRE O RIO MAURÍCIO</b> .....	4
2.1 Cálculo da Superestrutura .....	5
2.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	45
<b>3 PONTE SOBRE O RIO HOLANDA</b> .....	46
3.1 Cálculo da Superestrutura .....	47
3.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	87
<b>4 PONTE SOBRE O RIO JOSÉ PRETO</b> .....	123
4.1 Cálculo da Superestrutura .....	124
4.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	125
<b>5 PONTE SOBRE O RIO SANTA LUZIA</b> .....	177
5.1 Cálculo da Superestrutura .....	178
5.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	179
<b>6 PONTE SOBRE O RIO JAMANXINZINHO</b> .....	180
6.1 Cálculo da Superestrutura .....	181
6.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	254
<b>7 PONTE SOBRE O RIO IRIRI</b> .....	325
7.1 Cálculo da Superestrutura .....	326
7.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	429
<b>8 CÁLCULO DAS LAJES</b> .....	546
8.1 Cálculo das Lajes e Pré-Lajes .....	547
8.2 Calculo das Lajes de Continuidade.....	554

## **1 APRESENTAÇÃO**

# 1 APRESENTAÇÃO

## 1.1 CONDIÇÕES GERAIS

O presente volume refere-se ao Relatório Final da Adequação de Projeto Executivo de Engenharia para Construção de Obras-de-Arte Especiais da Rodovia BR-163/PA, trecho: Divisa MT/PA – Fronteira Brasil/Suriname, subtrecho: Igarapé do Lauro – Início do Trecho Pavimentado, segmento: km 518,00 – km 658,60, lote: 03. A seguir, apresenta-se a relação com nome e localização das obras referentes ao trecho citado.

NOME	COMPRIMENTO	LOCALIZAÇÃO
- Ponte sobre o Rio Maurício	36,50 m	Km 518,00
- Ponte sobre o Rio Holanda	30,00 m	Km 526,00
- Ponte sobre o Rio José Preto	36,50 m	Km 527,40
- Ponte sobre o Rio Santa Luzia	36,50 m	Km 531,60
- Ponte sobre o Rio Jamanxinzinho	42,50 m	Km 552,30
- Ponte sobre o Rio Iriri	57,50 m	Km 559,00
- Ponte sobre o Rio Heitor	30,00 m	Km 564,40
- Ponte sobre o Rio São Joaquim	30,00 m	Km 583,00
- Ponte sobre o Rio Tucunaré	72,50 m	Km 592,00
- Ponte sobre o Rio Serra	36,50 m	Km 596,00
- Ponte sobre o Rio Itaboraí	78,00 m	Km 608,00
- Ponte sobre o Rio Batú	36,50 m	Km 610,00
- Ponte sobre o Rio Trairão	57,50 m	Km 623,70
- Ponte sobre o Rio Espinho	72,50 m	Km 638,00
- Ponte sobre o Rio Parada	36,50 m	Km 640,00
- Ponte sobre o Rio Itapacurá	102,00 m	Km 640,90
- Ponte sobre o Rio Itapacurazinho	78,00 m	Km 658,60

### Dados Contratuais:

Destaque de Crédito DNIT / DEC – N° 30.001.05.01.06.01

## 1.2 VOLUMES COMPONENTES DO RELATÓRIO

O Relatório Final é composto dos volumes discriminados a seguir:

- Volume 1 - Relatório do Projeto
- Volume 2 – Projeto de Execução
- Volume 3 – Memória Justificativa



- Volume 3A – Estudos Geotécnicos
- Volume 3B – Memória de Cálculo das Estruturas
- Volume 3C – Relatório Final de Avaliação Ambiental - RFAA
- Volume 4 – Orçamento das Obras

O conteúdo de cada volume é descrito a seguir:

**Volume 1 - Relatório do Projeto** - Este volume contém uma síntese dos serviços a executar, os documentos necessários para a licitação, informações para a elaboração do Plano de Execução das Obras e as especificações pertinentes aos serviços a serem executados. Apresentado em tamanho A4.

**Volume 2 – Projeto de Execução** - Este volume contém plantas e demais informações de interesse para a execução do projeto. Apresentado em tamanho A3 alongado.

**Volume 3 – Memória Justificativa** - Este volume reúne todas as metodologias que possibilitaram a definição das soluções a serem adotadas para os diversos itens de serviço. Apresentado em tamanho A4.

**Volume 3A – Estudos Geotécnicos** - Este volume reúne todas as informações de campo e de laboratório utilizadas no projeto. Apresentado em tamanho A4.

**Volume 3B – Memória de Cálculo das Estruturas** - Este volume reúne todos os cálculos realizados para a definição das infraestruturas e das superestruturas do projeto. Apresentado em tamanho A4.

**Volume 3C – Relatório Final de Avaliação Ambiental – RFAA** - Este volume constitui no documento para entendimento do DNIT com o órgão ambiental competente para proceder ao licenciamento do empreendimento. É composto de dados do empreendimento, resumo do projeto das obras e componentes ambientais. Apresentado em tamanho A4.

**Volume 4 – Orçamento das Obras** - Este volume apresenta o resumo dos preços, o demonstrativo do orçamento e as composições de preços unitários, elaboradas com base na metodologia vigente no Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte – DNIT. Apresentado em tamanho A4.

## **2 PONTE SOBRE O RIO MAURÍCIO**

## **2 PONTE SOBRE O RIO MAURÍCIO**

### **2.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA**

Vão de 28,00 m com balanços de 4,25 m.

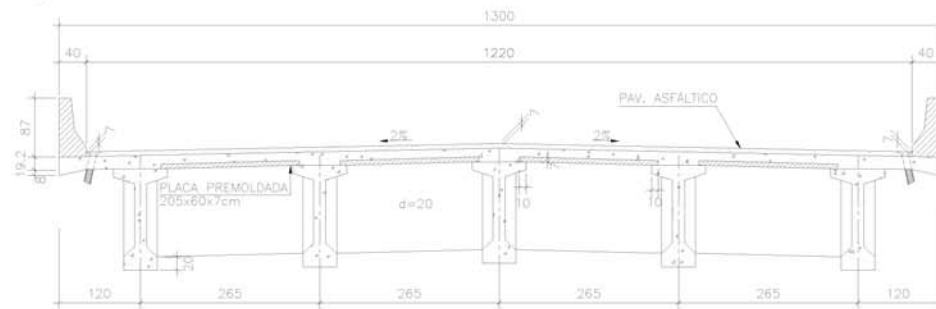
**OBRA: Ponte sobre o Rio Maurício**

**1 – Cálculo da superestrutura**

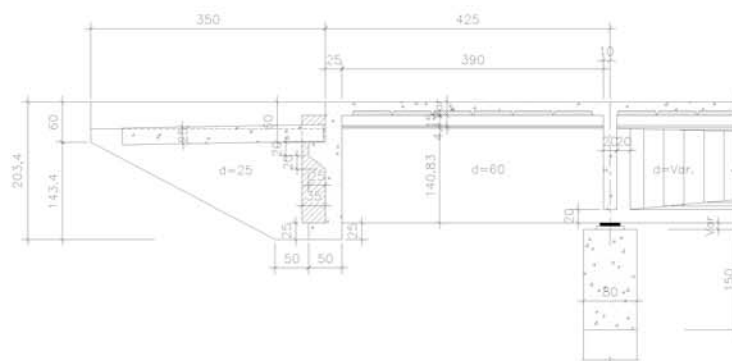
**Perfil Longitudinal**

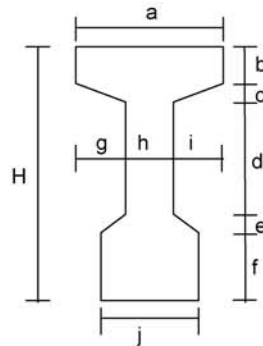


**Seção Transversal**

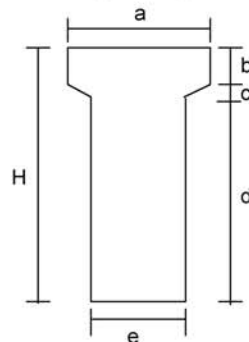


**Detalhe das vigas nos apoios**



**2 - Características das seções transversais**
**Seção Corrente**


a (m) =	0.900
b (m) =	0.150
c (m) =	0.100
d (m) =	0.950
e (m) =	0.200
f (m) =	0.200
g (m) =	0.360
h (m) =	0.180
i (m) =	0.360
j (m) =	0.600
H (m) =	1.600

**Seção no Apoio**


a (m) =	0.900
b (m) =	0.150
c (m) =	0.042
d (m) =	1.408
e (m) =	0.600
H (m) =	1.600

3 - Cálculo das cargas permanentes

3.1 - Características geométricas das vigas

	Viga Isolada	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.558	1.011
J (m <sup>4</sup> )	0.185	0.230
Vs (m)	-	-
Vs' (m)	0.765	0.764
Vi (m)	0.835	0.836
Ws (m <sup>3</sup> )	-	-
Ws' (m <sup>3</sup> )	0.242	0.301
Wi (m <sup>3</sup> )	0.222	0.275

**Viga de Bordo**

bf (m) = 2.525

**Viga Central**

bf (m) = 2.65

bf é a largura efetiva da mesa de contribuição

h<sub>laje</sub> (m) = 0.20

	Viga Conj. t = ∞	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	1.063	1.516
J (m <sup>4</sup> )	0.382	0.483
Vs (m)	0.554	0.676
Vs' (m)	0.354	0.476
Vi (m)	1.246	1.124
Ws (m <sup>3</sup> )	0.691	0.714
Ws' (m <sup>3</sup> )	1.080	1.014
Wi (m <sup>3</sup> )	0.307	0.430

	Viga Conj. t = ∞	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	1.088	1.541
J (m <sup>4</sup> )	0.387	0.491
Vs (m)	0.543	0.667
Vs' (m)	0.343	0.467
Vi (m)	1.257	1.133
Ws (m <sup>3</sup> )	0.713	0.736
Ws' (m <sup>3</sup> )	1.129	1.051
Wi (m <sup>3</sup> )	0.308	0.433

3.2 - Peso próprio da viga ( g<sub>1</sub> )

Carga distribuída

g<sub>1</sub> = S<sub>corrente</sub> \* 2,50

g<sub>1</sub> (tf/m) = 1.395

Trecho em balanço

L<sub>bal</sub> (m) = 4.250

g<sub>bal</sub> = S<sub>apoi</sub> \* 2,50

g<sub>bal</sub> (tf/m) = 2.528

Carga Concentrada

Alargamento da Viga

P<sub>1</sub> = ( S<sub>apoi</sub> - S<sub>corrente</sub> ) \* ( L<sub>1</sub> / 2 ) \* 2,50

L<sub>1</sub> (m) = 2.400

P<sub>1</sub> (tf) = 1.36

Alargamento no Apoio

P<sub>2</sub> = ( S<sub>apoi</sub> - S<sub>corrente</sub> ) \* L<sub>2</sub> \* 2,5

L<sub>2</sub> (m) = 0.250

P<sub>2</sub> (tf) = 0.28

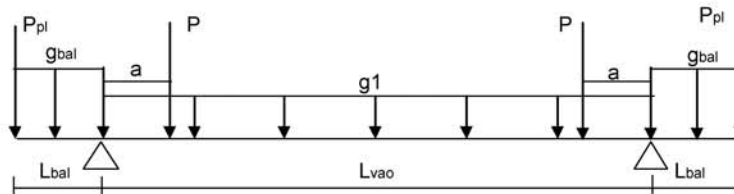
Placa de ancoragem

 $L3 \text{ (m)} = 0.350$   
 $L4 \text{ (m)} = 0.600$   
 $h1 \text{ (m)} = 1.600$ 

$$P_{pl} = L3 * h1 * L4 * 2,50$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0.840$$

$$P = P1 + P2$$


 $L_{vao} \text{ (m)} = 28.00$   
 $L_{bal} \text{ (m)} = 4.250$   
 $a \text{ (m)} = 0.883$ 
 $g_{bal} \text{ (tf/m)} = 2.528$   
 $g1 \text{ (tf/m)} = 1.395$   
 $P \text{ (tf)} = 1.64$ 
 $P_{pl} \text{ (tf)} = 0.84$ 

Esforços Seccionais

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 32.75$$

$$R2 \text{ (tf)} = 32.75$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-0.8	0
S1/2Bal	-6.2	-7.5
0 esq	-11.6	-26.4
0 dir	21.2	-26.4
1	15.6	24.3
2	11.7	62.5
3	7.8	89.9
4	3.9	106.3
5	0.0	111.8

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-25	27
0	-	-88	96
1	-	100	-109
2	-	258	-282
3	-	371	-405
4	-	439	-479
5	-	462	-503

3.3 - Laje + Transversina (g2)

**Viga de Bordo**

carga distribuída

$$g2 = h * L * 2,50$$

h (m) = 0.200      g<sub>2</sub> ( tf/m) = 1.263  
L (m) = 2.525

carga concentrada

**Transversina de apoio**

$$P1 = \{ [ L * h - ( S_{\text{apoio}} - j * f ) ] / 2 \} * \text{esp} * 2,50$$

L (m) = 1.33      j (m) = 0.60  
h (m) = 1.40      esp (m) = 0.20  
f (m) = 0.20

P1 (tf) = 0.70

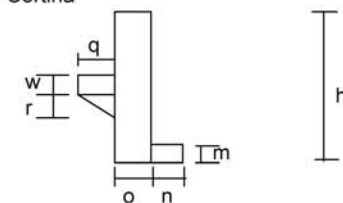
**Transversina Central**

$$P2 = \{ [ L * h - ( S_{\text{corrent}} - j * f ) / 2 ] \} * \text{esp} * 2,50$$

L (m) = 1.33      j (m) = 0.60  
h (m) = 1.40      esp (m) = 0.20  
f (m) = 0.20

P2 (tf) = 0.82

**Cortina**



$$P_{\text{cort}} = [ ( m * n * L_{\text{total}} ) + ( w + r + w ) * 0,5 * q * L_{\text{cons}} + o * h * L_{\text{total}} ] * \gamma_{\text{conc}}$$

L<sub>total</sub> (m) = 13.00  
L<sub>cons</sub> (m) = 9.400

h (m) = 2.050      q (m) = 0.250  
m (m) = 0.250      w (m) = 0.200  
n (m) = 0.250      r (m) = 0.200  
o (m) = 0.250

P<sub>3</sub> = P<sub>cort</sub> / 5 vigas      P<sub>3</sub> (tf) = 4.09

**Viga Central**

carga distribuída

$$g2 = h * L * 2,50$$

h (m) = 0.200      g<sub>2</sub> ( tf/m) = 1.325  
L (m) = 2.650

cargas concentradas

**Transversina de apoio**

$$P1 = \{ [ L * h - ( S_{\text{apoio}} - j * f ) ] \} * \text{esp} * 2,50$$

L (m) = 2.65      j (m) = 0.60  
h (m) = 1.40      esp (m) = 0.20  
f (m) = 0.20

P1 (tf) = 1.41

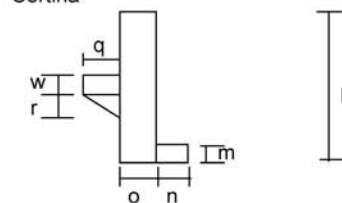
**Transversina Central**

$$P2 = \{ [ L * h - ( S_{\text{corrent}} - j * f ) ] \} * \text{esp} * 2,50$$

L (m) = 2.65      j (m) = 0.60  
h (m) = 1.40      esp (m) = 0.20  
f (m) = 0.20

P2 (tf) = 1.64

**Cortina**



$$P_{\text{cort}} = [ ( m * n * L_{\text{total}} ) + ( w + r + w ) * 0,5 * q * L_{\text{cons}} + o * h * L_{\text{total}} ] * \gamma_{\text{conc}}$$

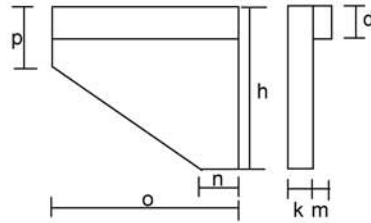
L<sub>total</sub> (m) = 13.00  
L<sub>cons</sub> (m) = 9.400

h (m) = 2.050      q (m) = 0.250  
m (m) = 0.250      w (m) = 0.200  
n (m) = 0.250      r (m) = 0.200  
o (m) = 0.250

P<sub>3</sub> = P<sub>cort</sub> / 5 vigas      P<sub>3</sub> (tf) = 4.09



Abas das Cortinas

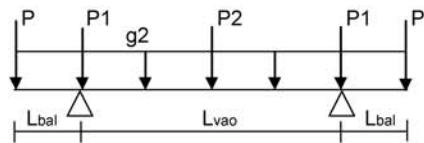


$$P_4 = [d \cdot o \cdot (k + m) + (o + n) \cdot 0,5 \cdot (h - p) \cdot k + (p - d) \cdot k \cdot o] \cdot \gamma_{conc}$$

h (m) = 2.050    n (m) = 0.750  
 k (m) = 0.250    o (m) = 3.500  
 d (m) = 0.400    p (m) = 0.600  
 m (m) = 0.150

$P_4$  (tf) = 3.76

resumo dos esforços



$P = P_3 + P_4$      $P$  (tf) = 7.85

$g_2$  (tf/m) = 1.263  
 $P$  (tf) = 7.85  
 $P_1$  (tf) = 0.70  
 $P_2$  (tf) = 0.82

Esforços Seccionais

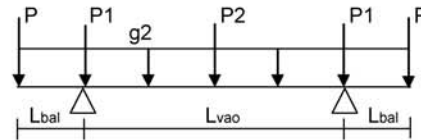
Reações

$R_1$  (tf) = 32.01  
 $R_2$  (tf) = 32.01

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-7.9	0.0
S1/2Bal	-10.5	-19.5
0 esq	-13.2	-44.8
0 dir	18.1	-44.8
1	14.5	0.9
2	11.0	36.7
3	7.5	62.6
4	3.9	78.6
5	0.4	84.7

resumo dos esforços



$P = P_3$      $P$  (tf) = 4.09

$g_2$  (tf/m) = 1.325  
 $P$  (tf) = 4.09  
 $P_1$  (tf) = 1.41  
 $P_2$  (tf) = 1.64

Esforços Seccionais

Reações

$R_1$  (tf) = 30.50  
 $R_2$  (tf) = 30.50

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-4.1	0.0
S1/2Bal	-6.9	-11.7
0 esq	-9.7	-29.3
0 dir	19.4	-29.3
1	15.7	19.7
2	11.9	58.3
3	8.2	86.6
4	4.5	104.5
5	0.8	112.0

Tensões

$\sigma_s = M / W_{s\text{isolada}}$

$\sigma_i = -M / W_{i\text{isolada}}$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-39	42
0	-	-98	107
1	-	81	-89
2	-	241	-263
3	-	358	-390
4	-	432	-471
5	-	463	-504

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_i_{isolada}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-65	71
0	-	-149	163
1	-	4	-4
2	-	152	-165
3	-	259	-282
4	-	325	-354
5	-	350	-381

3.4 - Sobrecarga Permanente ( g3 )

Viga de Bordo

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_a = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.10$$

$$L \text{ (m)} = 2.13$$

$$g_a \text{ (tf/m)} = 0.510$$

guarda-rodas

$$g_b \text{ (tf/m)} = 0.580$$

$$g_3 = g_a + g_b$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 1.090$$

carga concentrada

Guarda rodas sobre a aba

$$P_1 = g_b * L$$

$$L \text{ (m)} = 3.500 \quad P \text{ (tf)} = 2.03$$

Laje de acesso

$$P_2 = ( k * h * L * 2,50 / 2 ) / 5 \text{ vigas}$$

$$k \text{ (m)} = 3.000$$

$$h \text{ (m)} = 0.250$$

$$L \text{ (m)} = 12.150$$

$$P_2 \text{ (tf)} = 2.28$$

Viga Central

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_3 = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.10$$

$$L \text{ (m)} = 2.65$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0.636$$

carga concentrada

Laje de acesso

$$P = ( k * h * L * 2,50 / 2 ) / 5 \text{ vigas}$$

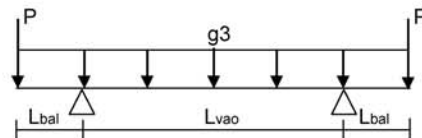
$$k \text{ (m)} = 3.000$$

$$h \text{ (m)} = 0.250$$

$$L \text{ (m)} = 12.150$$

$$P \text{ (tf)} = 2.28$$

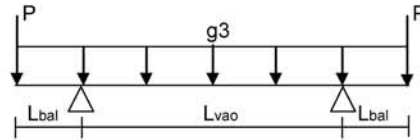
resumo dos esforços



$$P \text{ (tf)} = 2.28$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0.636$$

resumo dos esforços



$$P = P1 + P2$$

$$P \text{ (tf)} = 4.31$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 1.090$$

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 24.20$$

$$R2 \text{ (tf)} = 24.20$$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-4.3	0.0
S1/2Bal	-6.6	-11.6
0 esq	-8.9	-28.2
0 dir	15.3	-28.2
1	12.2	10.3
2	9.2	40.2
3	6.1	61.6
4	3.1	74.4
5	0.0	78.7

Tensões

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = -M / Wi_{conjunto}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-16	-11	27
0	-39	-28	65
1	15	10	-34
2	58	37	-131
3	89	57	-201
4	108	69	-242
5	114	73	-256

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 13.89$$

$$R2 \text{ (tf)} = 13.89$$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-2.3	0.0
S1/2Bal	-3.63	-6.3
0 esq	-5.0	-15.4
0 dir	8.9	-15.4
1	7.1	7.0
2	5.3	24.5
3	3.6	36.9
4	1.8	44.4
5	0.0	46.9

Tensões

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

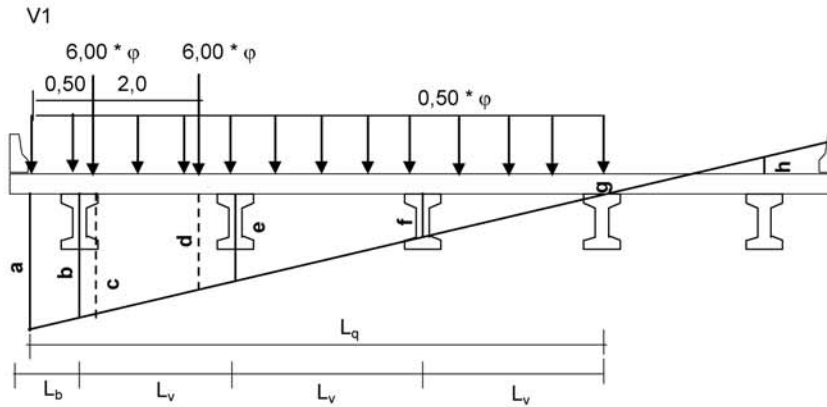
$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = -M / Wi_{conjunto}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-9	-6	14
0	-21	-15	36
1	10	6	-23
2	34	22	-79
3	52	33	-120
4	62	39	-144
5	66	42	-152

4 - Cálculo Esforços de Carga Móvel

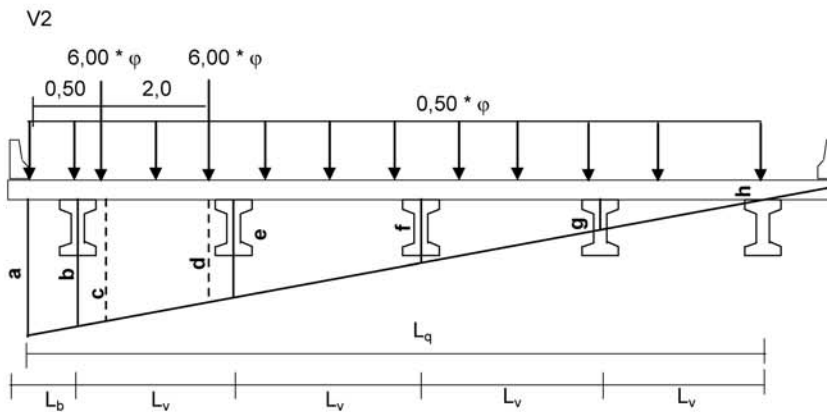
4.1 - Distribuição transversal do trem-tipo para obtenção do trem-tipo longitudinal



$L_b (m) = 1.20$        $V\tilde{a}o (m) = 28.0$   
 $L_v (m) = 2.65$        $\phi = 1.204$

$a = 0.660$        $c = 0.623$        $e = 0.400$        $g = 0.000$   
 $b = 0.600$        $d = 0.472$        $f = 0.200$        $L_q (m) = 8.750$

$P = 6 * \phi * (c + d)$        $P (tf) = 7.906$   
 $q = 0,50 * \phi * (a * L_q) / 2$        $q (tf/m) = 1.739$



$a = 0.430$        $c = 0.411$        $e = 0.300$        $g = 0.100$   
 $b = 0.400$        $d = 0.336$        $f = 0.200$        $h = 0.000$

$L_q (m) = 11.40$

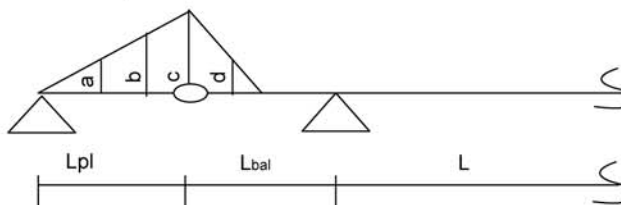
$P = 6 * \phi * (c + d)$        $P (tf) = 5.398$   
 $q = 0,50 * \phi * (a * L_q) / 2$        $q (tf/m) = 1.476$

4.2 - Esforços internos devido ao carregamento do trem-tipo longitudinal

$$\begin{aligned} L_{pl} \text{ (m)} &= 3.000 \\ L_{bal} \text{ (m)} &= 4.250 \\ L \text{ (m)} &= 28.000 \end{aligned}$$

Linha de Influência Momento Fletor

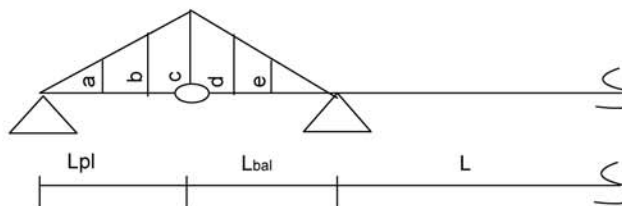
LI Momento S<sub>1/2</sub> balanço



$$\begin{aligned} a &= (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl}) & a &= 0.000 \\ b &= (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl}) & b &= 1.063 \\ c &= 0,50 * L_{bal} & c &= 2.125 \\ d &= (0,5 * L_{bal} - 1,50) * [c / (0,50 * L_{bal})] & d &= 0.625 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{1/2\_min} &= -p * [c * (L_{pl} + 0,50 * L_{bal}) * 0,50] - P * \text{maior} (a + b + c; b + c + d) \\ M_{1/2\_max} &= 0 \end{aligned}$$

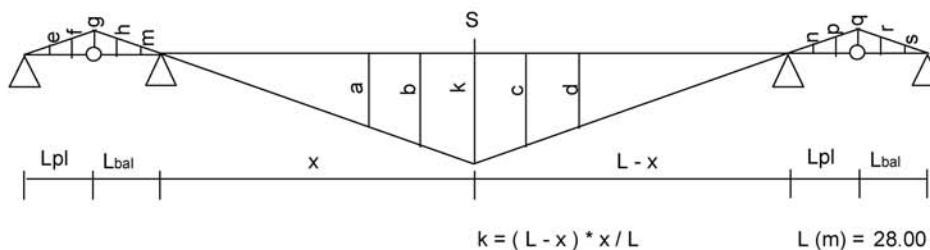
LI Momento S<sub>0</sub>



$$\begin{aligned} a &= (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl}) & a &= 0.000 \\ b &= (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl}) & b &= 2.125 \\ c &= L_{bal} & c &= 4.250 \\ d &= (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal}) & d &= 2.750 \\ e &= (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal}) & e &= 1.250 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S0\_min} &= -p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) * 0,50] - P * [c + \text{maior} (a + b; b + d; d + e)] \\ M_{S0\_max} &= 0 \end{aligned}$$

LI Momento S<sub>1</sub> a S<sub>5</sub>



$$k = (L - x) * x / L \quad L \text{ (m)} = 28.00$$

$$\begin{aligned}
 a &= (x - 3,0) * (L - x) / L & f &= (L_{pl} - 1,50) * (g / L_{pl}) & p &= (L_{bal} - 1,50) * (q / L_{bal}) \\
 b &= (x - 1,5) * (L - x) / L & g &= L_{bal} * (k / x) & q &= L_{bal} * [k / (L - x)] \\
 c &= [(L - x) - 1,5] * x / L & h &= (L_{bal} - 1,50) * (g / L_{bal}) & r &= (L_{pl} - 1,50) * (q / L_{pl}) \\
 d &= [(L - x) - 3,0] * x / L & m &= (L_{bal} - 3,00) * (m / L_{bal}) & s &= (L_{pl} - 3,00) * (q / L_{pl}) \\
 e &= (L_{pl} - 3,00) * (g / L_{pl}) & n &= (L_{bal} - 3,00) * (q / L_{bal})
 \end{aligned}$$

Seção	x (m)	k	a	b	c	d
S1	2.8	2.520	-0.180	1.170	2.370	2.220
S2	5.60	4.480	2.080	3.280	4.180	3.880
S3	8.40	5.880	3.780	4.830	5.430	4.980
S4	11.20	6.720	4.920	5.820	6.120	5.520
S5	14.00	7.000	5.500	6.250	6.250	5.500

$$M_{max} = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

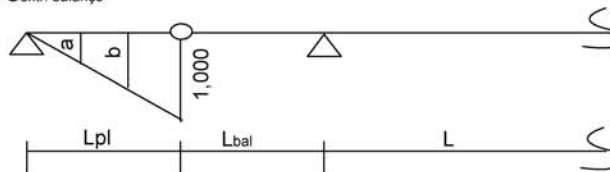
Seção	x (m)	e	f	g	h	m
S1	2.80	0.000	1.913	3.825	2.475	1.125
S2	5.60	0.000	1.700	3.400	2.200	1.000
S3	8.40	0.000	1.488	2.975	1.925	0.875
S4	11.20	0.000	1.275	2.550	1.650	0.750
S5	14.00	0.000	1.063	2.125	1.375	0.625

Seção	x (m)	n	p	q	r	s
S1	2.80	0.125	0.275	0.425	0.213	0.000
S2	5.60	0.250	0.550	0.850	0.425	0.000
S3	8.40	0.375	0.825	1.275	0.638	0.000
S4	11.20	0.500	1.100	1.700	0.850	0.000
S5	14.00	0.625	1.375	2.125	1.063	0.000

$$M_{min} = -P * [\text{maior}(e + f + g; f + g + h; g + h + m; n + p + q; p + q + r; q + r + s)] - p * [(L + L_{bal}) * (g + q) / 2]$$

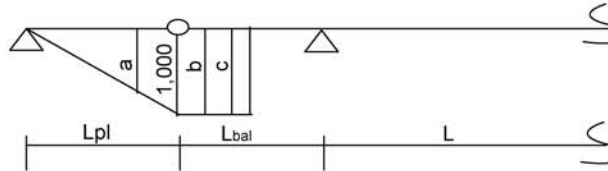
Linha de Influência de Esforço Cortante

LI Cortante  $S_{extr. \text{ balanço}}$



$$\begin{aligned}
 a &= (L_{pl} - 3,00) / L_{pl} & a &= 0,000 \\
 b &= (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} & b &= 0,500
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{extr\_max} &= p * L_{pl} / 2 + P * (a + b + 1,000) \\
 Q_{extr\_min} &= 0
 \end{aligned}$$

LI Cortante S<sub>1/2</sub>. balanço


$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

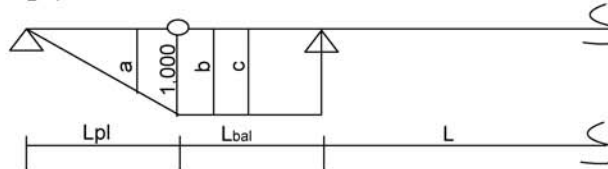
$$a = 0,500$$

$$b = 1,000$$

$$c = 1,000$$

$$Q_{1/2bal\_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal} / 2) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$Q_{1/2bal\_min} = 0$$

 LI Cortante S<sub>0</sub>.esq


$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

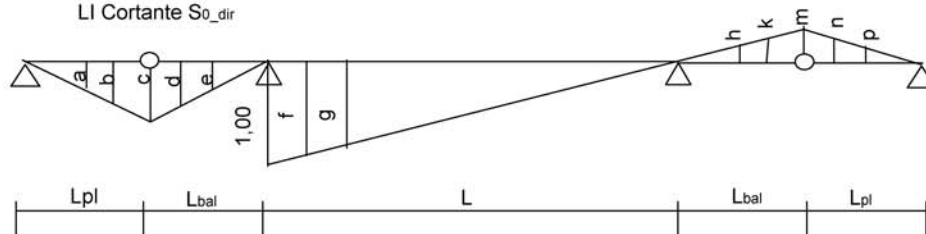
$$a = 0,500$$

$$b = 1,000$$

$$c = 1,000$$

$$Q_{S0esq\_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal}) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$Q_{S0esq\_min} = 0$$

 LI Cortante S<sub>0</sub>.dir


$$a = (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl}$$

$$g = (L - 3,00) * (1,000 / L)$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl}$$

$$h = (L_{bal} - 3,00) * m / L_{bal}$$

$$c = L_{bal} * (1 / L)$$

$$k = (L_{bal} - 1,50) * m / L_{bal}$$

$$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal})$$

$$m = L_{bal} * (1 / L)$$

$$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal})$$

$$n = (L_{pl} - 1,50) * m / L_{pl}$$

$$f = (L - 1,50) * (1,000 / L)$$

$$p = (L_{pl} - 3,00) * m / L_{pl}$$

$$a = 0,000$$

$$e = 1,250$$

$$k = 0,015$$

$$b = 0,076$$

$$f = 0,946$$

$$m = 0,152$$

$$c = 0,152$$

$$g = 0,893$$

$$n = 0,008$$

$$d = 0,098$$

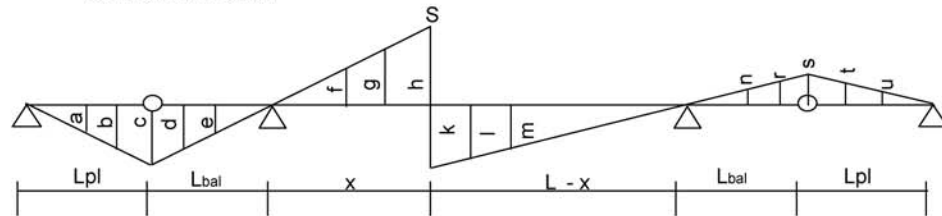
$$h = 0,007$$

$$p = 0,000$$

$$Q_{S0dir\_max} = p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + 1,000 * L / 2] + P * [\text{maior}(a + b + c; b + c + d; c + d + e; 1,000 + f + g)]$$

$$Q_{S0dir\_min} = -p * m * (L_{bal} + L_{pl}) / 2 - P * \text{maior}(h + k + m; k + n + m; m + n + p)$$

LI Cortante S1 a S5



$$\begin{aligned}
 a &= (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl} & f &= (x - 3,00) * h / x & m &= (L - x - 3,00) * k / (L - x) \\
 b &= (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl} & g &= (x - 1,5) * h / x & n &= (L_{bal} - 3,00) * s / L_{bal} \\
 c &= L_{bal} * h / x & h &= x / L & r &= (L_{bal} - 1,50) * s / L_{bal} \\
 d &= (L_{bal} - 1,50) * c / L_{bal} & k &= (L - x) / L & s &= L_{bal} * k / (L - x) \\
 e &= (L_{bal} - 3,00) * c / L_{bal} & l &= (L - x - 1,50) * k / (L - x) & t &= (L_{pl} - 1,50) * s / L_{pl} \\
 & & & & u &= (L_{pl} - 3,00) * s / L_{pl}
 \end{aligned}$$

$L (m) = 28.000$

$L_{pl} (m) = 3.000$   
 $L_{bal} (m) = 4.250$

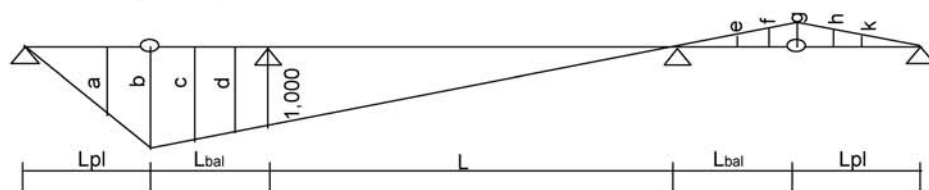
Seção	x (m)	a	b	c	d	e	k	l	m
S1	2.80	0.000	0.076	0.152	0.098	0.045	0.900	0.846	0.793
S2	5.60	0.000	0.076	0.152	0.098	0.045	0.800	0.746	0.693
S3	8.40	0.000	0.076	0.152	0.098	0.045	0.700	0.646	0.593
S4	11.20	0.000	0.076	0.152	0.098	0.045	0.600	0.546	0.493
S5	14.00	0.000	0.076	0.152	0.098	0.045	0.500	0.446	0.393

$e ; k + l + m) + p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + k * (L - x) / 2]$

Seção	x (m)	f	g	h	n	r	s	t	u
S1	2.80	-0.007	0.046	0.100	0.045	0.098	0.152	0.076	0.000
S2	5.60	0.093	0.146	0.200	0.045	0.098	0.152	0.076	0.000
S3	8.40	0.193	0.246	0.300	0.045	0.098	0.152	0.076	0.000
S4	11.20	0.293	0.346	0.400	0.045	0.098	0.152	0.076	0.000
S5	14.00	0.393	0.446	0.500	0.045	0.098	0.152	0.076	0.000

$s + t ; s + t + u) - p * [s * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + h * x / 2]$

LI Reação de apoio



$$\begin{aligned}
 a &= (L_{pl} - 1,50) * b / L_{pl} & f &= (L_{bal} - 1,50) * g / L_{bal} & a &= 0.576 & f &= 0.098 \\
 b &= (L_{bal} + L) * (1 / L) & g &= L_{bal} * (1 / L) & b &= 1.152 & g &= 0.152 \\
 c &= (L_{bal} + L - 1,50) * (1 / L) & h &= (L_{pl} - 1,50) * g / L_{pl} & c &= 1.098 & h &= 0.076 \\
 d &= (L_{bal} + L - 3,00) * (1 / L) & k &= (L_{pl} - 3,00) * g / L_{pl} & d &= 1.045 & k &= 0.000 \\
 e &= (L_{bal} - 3,00) * g / L_{bal} & & & e &= 0.045 & &
 \end{aligned}$$

$R_{max} = p * [b * (L_{pl} + L_{bal} + L) / 2] + P * [maior(a + b + c ; b + c + d)]$   
 $R_{min} = -p * [g * (L_{pl} + L_{bal}) / 2] - P * [maior(e + f + g ; f + g + h ; g + h + k)]$



**Esforços Viga V1**

$$P \text{ (tf)} = 7.906$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.739$$

$$R_{\max} \text{ (tf)} = 61.35$$

$$R_{\min} \text{ (tf)} = -3.5$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	14.5	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	30.0	0.0	0.0	-39.6
S0 esq	33.7	0.0	0.0	-98.9
S0 dir	47.8	-2.3	0.0	-98.9
S1	40.8	-3.8	117.6	-91.7
S2	34.2	-5.4	208.2	-84.5
S3	28.2	-9.0	272.0	-77.3
S4	22.7	-13.1	311.1	-70.1
S5	17.6	-17.6	324.6	-62.9

**Tensões normais**

$$\sigma_s = M / Ws_{\text{corrente}}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{\text{corrente}}$$

$$\sigma_i = -M / Wi_{\text{corrente}}$$

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0.714	1.014	0.43	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0.714	1.014	0.43	0	0	0	-55	-39	92
0	0.714	1.014	0.43	0	0	0	-139	-98	230
1	0.691	1.080	0.307	170	109	-383	-133	-85	299
2	0.691	1.080	0.307	301	193	-678	-122	-78	275
3	0.691	1.080	0.307	394	252	-886	-112	-72	252
4	0.691	1.080	0.307	450	288	-1014	-101	-65	228
5	0.691	1.080	0.307	470	301	-1057	-91	-58	205

**Esforços Viga V2**

$$P \text{ (tf)} = 5.398$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.476$$

$$R_{\max} \text{ (tf)} = 47.7$$

$$R_{\min} \text{ (tf)} = -2.6$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	10.3	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	21.5	0.0	0.0	-21.2
S0 esq	24.7	0.0	0.0	-72.0
S0 dir	36.8	-1.8	0.0	-72.0
S1	31.3	-2.8	90.5	-67.1
S2	26.1	-4.0	160.3	-62.1
S3	21.4	-6.7	209.4	-57.2
S4	17.1	-9.7	239.6	-52.3
S5	13.2	-13.2	249.9	-47.4

**Tensões normais**

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0.736	1.051	0.433	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0.736	1.051	0.433	0	0	0	-29	-20	49
0	0.736	1.051	0.433	0	0	0	-98	-68	166
1	0.713	1.129	0.308	127	80	-294	-94	-59	218
2	0.713	1.129	0.308	225	142	-520	-87	-55	202
3	0.713	1.129	0.308	294	185	-680	-80	-51	186
4	0.713	1.129	0.308	336	212	-778	-73	-46	170
5	0.713	1.129	0.308	351	221	-811	-66	-42	154

**5 - Esforços de Protensão**

Os esforços de protensão foram obtidos com o uso do programa "VEPRO" cuja listagem encontra-se anexa. Os resumos dos esforços em cada etapa de protensão estão resumidos a seguir.

**Primeira etapa de protensão**

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	266.5	33.8	29.9
0 esq	281.2	0.0	81.4
0 dir	281.2	0.0	81.4
1	293.2	-61.8	8.8
2	290.9	-41.9	-171.9
3	283.2	-1.9	-213.3
4	280.7	0.0	-211.5
5	278.7	0.0	-210.0

Tempo T = ∞			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	230.2	29.2	25.8
0 esq	244.0	0.0	70.6
0 dir	244.0	0.0	70.6
1	249.3	-52.5	7.5
2	242.1	-34.8	-143.1
3	235.4	-1.5	-177.3
4	237.3	0.0	-178.7
5	237.0	0.0	-178.5

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Seção	S (m <sup>2</sup> )	Ws (m <sup>3</sup> )	Ws' (m <sup>3</sup> )	Wi (m <sup>3</sup> )	Tempo T = 0		
					$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	1.011	-	0.301	0.275	-	0	0
S1/2Bal	1.011	-	0.301	0.275	-	363	155
0	1.011	-	0.301	0.275	-	549	-18
1	0.558	-	0.242	0.222	-	562	486
2	0.558	-	0.242	0.222	-	-189	1296
3	0.558	-	0.242	0.222	-	-374	1468
4	0.558	-	0.242	0.222	-	-371	1456
5	0.558	-	0.242	0.222	-	-368	1445

Seção	S (m <sup>2</sup> )	Ws (m <sup>3</sup> )	Ws' (m <sup>3</sup> )	Wi (m <sup>3</sup> )	Tempo T = ∞		
					$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	1.011	-	0.301	0.275	-	0	0
S1/2Bal	1.011	-	0.301	0.275	-	313	134
0	1.011	-	0.301	0.275	-	476	-15
1	0.558	-	0.242	0.222	-	478	413
2	0.558	-	0.242	0.222	-	-157	1078
3	0.558	-	0.242	0.222	-	-311	1221
4	0.558	-	0.242	0.222	-	-313	1230
5	0.558	-	0.242	0.222	-	-313	1229

**Segunda etapa de protensão**

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
S <sub>ExtBal</sub>	0.0	0.0	0.0
S <sub>1/2Bal</sub>	67.6	3.5	19
0 esq	69.3	0.0	25.6
0 dir	69.3	0.0	25.6
1	71.6	-7.5	12.8
2	73.0	-23.0	-36.6
3	211.3	-32.5	-198.7
4	220.1	0.0	-239.8
5	220.7	0.0	-240.4

Tempo T = ∞			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
S <sub>ExtBal</sub>	0.0	0.0	0.0
S <sub>1/2Bal</sub>	61.4	3.2	17.2
0 esq	62.5	0.0	23.2
0 dir	62.5	0.0	23.2
1	64.4	-6.8	11.5
2	64.2	-20.3	-32.2
3	162.3	-24.9	-152.5
4	167.3	0.0	-182.4
5	172.1	0.0	-187.5

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Tempo T = 0							
Seção	S (m <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	W' <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	W <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	σ <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ <sub>i</sub> (tf/m <sup>2</sup> )
S <sub>ExtBal</sub>	1.516	0.714	1.014	0.43	0	0	0
S <sub>1/2Bal</sub>	1.516	0.714	1.014	0.43	71	63	0
0	1.516	0.714	1.014	0.43	82	71	-14
1	1.063	0.691	1.080	0.307	86	79	26
2	1.063	0.691	1.080	0.307	16	35	188
3	1.063	0.691	1.080	0.307	-89	15	846
4	1.063	0.691	1.080	0.307	-140	-15	988
5	1.063	0.691	1.080	0.307	-140	-15	991

Tempo T = ∞							
Seção	S (m <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	W' <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	W <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	σ <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ <sub>i</sub> (tf/m <sup>2</sup> )
S <sub>ExtBal</sub>	1.516	0.714	1.014	0.43	0	0	0
S <sub>1/2Bal</sub>	1.516	0.714	1.014	0.43	65	57	1
0	1.516	0.714	1.014	0.43	74	64	-13
1	1.063	0.691	1.080	0.307	77	71	23
2	1.063	0.691	1.080	0.307	14	31	165
3	1.063	0.691	1.080	0.307	-68	11	649
4	1.063	0.691	1.080	0.307	-107	-12	752
5	1.063	0.691	1.080	0.307	-109	-12	773

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA  
=====

1

Viga de 36.50m - Viga de Bordo - 1a. Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

28.00      4.25      4.25

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2      FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2      ASP= 6.05 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2      ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25      DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	1.011	.230	.301	.275	.836
0	1.011	.230	.301	.275	.836
1	.558	.185	.242	.222	.833
2	.558	.185	.242	.222	.833
3	.558	.185	.242	.222	.833
4	.558	.185	.242	.222	.833
5	.558	.185	.242	.222	.833

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C2

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.13 /FINAL= 2.13 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 11

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	APOS CRAV.
-1	1.22	5.00	14174.	11309.
0	1.35	.00	13795.	11688.
1	1.21	-8.00	13229.	12254.
2	.49	-15.00	12742.	12742.
3	.08	-1.50	11929.	11929.
4	.08	.00	11768.	11768.
5	.08	.00	11686.	11686.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C3

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.13 /FINAL= 2.13 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 11

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.04	6.50	14174.	11588.
0	1.20	.00	13705.	12057.
1	.99	-11.00	12972.	12791.
2	.27	-11.00	12881.	12881.
3	.08	.00	12192.	12192.
4	.08	.00	12107.	12107.
5	.08	.00	12022.	12022.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 3 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C4

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.13 /FINAL= 2.13 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 11

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.84	8.00	14174.	11432.
0	1.05	.00	13616.	11990.
1	.74	-12.50	12803.	12803.
2	.12	-5.00	12304.	12304.
3	.08	.00	11955.	11955.
4	.08	.00	11872.	11872.
5	.08	.00	11789.	11789.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 4 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C5

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.13 /FINAL= 2.13 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 11

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.68	9.50	14174.	10879.
0	.90	.00	13527.	11527.
1	.51	-16.00	12527.	12527.
2	.08	-1.00	11651.	11651.
3	.08	.00	11520.	11520.
4	.08	.00	11439.	11439.
5	.08	.00	11359.	11359.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 195.8 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.11	3.97	11106.7
0	.29	4.00	11619.8
1	.03	3.91	12397.2
2	-.59	3.94	12193.7
3	-.75	4.00	11703.1
4	-.75	4.00	11600.7
5	-.75	4.00	11518.4

1

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORÇO NORMAL PROT (T)	ESFORÇO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	266.5	33.8	29.9	363.0	154.9	.0	.0	.0
0	281.2	.0	81.4	548.6	-17.9	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	293.2	-61.8	8.8	561.9	485.8	.0	.0	.0
2	290.9	-41.9	-171.9	-188.9	1295.7	.0	.0	.0
3	283.2	-1.9	-213.3	-374.0	1468.5	.0	.0	.0
4	280.7	.0	-211.5	-370.8	1455.8	.0	.0	.0
5	278.7	.0	-210.0	-368.2	1445.4	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-25.0	27.0	-65.0	71.0
0	-88.0	96.0	-149.0	163.0
1	100.0	-109.0	4.0	-4.0
2	258.0	-282.0	152.0	-165.0
3	371.0	-405.0	259.0	-282.0
4	439.0	-479.0	325.0	-354.0
5	462.0	-503.0	350.0	-381.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

NOTAS :

- 1) TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2) COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3) F1=P+G1  
F2=F1+G2

SECAO		F1	F2
-1	S	338.0	273.0
-1	I	181.9	252.9
0	S	460.6	311.6
0	I	78.1	241.1
1	S	661.9	665.9
1	I	376.8	372.8
2	S	69.1	221.1
2	I	1013.7	848.7
3	S	-3.0	256.0
3	I	1063.5	781.5

4	S	68.2	393.2
4	I	976.8	622.8
5	S	93.8	443.8
5	I	942.4	561.4

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-1	502.9	379.8	630.0	1512.6	9594.0
0	496.0	411.2	630.0	1537.2	10082.6
1	487.6	737.7	630.0	1855.3	10541.9
2	452.1	970.4	630.0	2052.5	10141.2
3	431.4	928.1	630.0	1989.5	9713.5
4	431.4	751.3	630.0	1812.6	9788.1
5	431.4	682.7	630.0	1744.1	9774.4

1

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	230.2	29.2	25.8	313.5	133.8	.0	.0	.0
0	244.0	.0	70.6	476.0	-15.5	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	249.3	-52.5	7.5	477.8	413.1	.0	.0	.0
2	242.0	-34.8	-143.0	-157.1	1077.6	.0	.0	.0
3	235.0	-1.5	-177.1	-310.5	1218.8	.0	.0	.0
4	236.9	.0	-178.4	-312.9	1228.3	.0	.0	.0
5	236.5	.0	-178.2	-312.4	1226.6	.0	.0	.0

1

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-25.0	27.0	-66.0	72.0
0	-88.0	96.0	-152.0	166.0
1	101.0	-110.0	6.0	-7.0
2	259.0	-282.0	159.0	-173.0
3	372.0	-405.0	270.0	-294.0
4	440.0	-479.0	338.0	-369.0
5	462.0	-504.0	365.0	-397.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F1=P+G1  
F2=F1+G2

SECAO		F1	F2
-1	S	288.5	222.5
-1	I	160.8	232.8
0	S	388.0	236.0
0	I	80.5	246.5
1	S	578.8	584.8
1	I	303.1	296.1

2	S	101.9	260.9
2	I	795.6	622.6
3	S	61.5	331.5
3	I	813.8	519.8
4	S	127.1	465.1
4	I	749.3	380.3
5	S	149.6	514.6
5	I	722.6	325.6

1

**ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)**

=====

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	114.	114.	229.
2	115.	115.	230.
3	113.	113.	226.
4	110.	110.	220.



1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA  
=====

1

Viga de 36.50m - Viga de Bordo - Segunda Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

28.00      4.25      4.25

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2      FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2      ASP= 6.05 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2      ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25      DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	1.516	.483	1.014	.430	1.123
0	1.516	.483	1.014	.430	1.123
1	1.063	.382	1.080	.307	1.244
2	1.063	.382	1.080	.307	1.244
3	1.063	.382	1.080	.307	1.244
4	1.063	.382	1.080	.307	1.244
5	1.063	.382	1.080	.307	1.244

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C1

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.13 /FINAL= 2.13 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 11

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	APOS CRAV.
-1	1.41	3.00	14174.	11253.
0	1.50	.00	13916.	11511.
1	1.43	-6.00	13462.	11966.
2	.75	-17.50	12714.	12714.
3	.15	-6.00	12007.	12007.
4	.08	.00	11615.	11615.
5	.08	.00	11534.	11534.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C6

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 4.20 /FINAL= 4.20 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 11.00 /FINAL= 11.00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
3	.27	-6.50	13440.	12167.
4	.20	.00	12973.	12634.
5	.20	.00	12883.	12725.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

GRUPO DE CABOS NUM. 3 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C7

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.80 /FINAL= 2.80 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 11.00 /FINAL= 11.00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
3	.53	-14.00	13487.	11432.
4	.20	.00	12600.	12319.
5	.20	.00	12512.	12407.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 64.9 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.29	1.00	11188.0
0	.38	1.00	11446.5
1	.19	.99	11900.7
2	-.49	.95	12648.8
3	-.93	2.96	11807.3
4	-1.08	3.00	12124.8
5	-1.08	3.00	12157.2

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	67.6	3.5	19.4	63.7	-.5	.0	.0	.0
0	69.3	.0	26.1	71.4	-15.0	.0	.0	.0
0 D		.0						

1	71.6	-7.5	13.3	79.7	24.0	.0	.0	.0
2	73.0	-23.0	-36.1	35.3	186.2	.0	.0	.0
3	211.3	-32.5	-197.2	16.2	841.0	.0	.0	.0
4	220.1	.0	-238.2	-13.5	982.9	.0	.0	.0
5	220.7	.0	-238.8	-13.5	985.3	.0	.0	.0

REAÇÕES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTÁTICO DA PROTENSAO

APOIO	REAÇÃO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	FASE 2 1ªPROT.		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	273.0	252.9	-11.0	27.0	.0	.0	-39.0	92.0
0	311.6	241.1	-28.0	65.0	.0	.0	-98.0	230.0
1	665.9	372.8	10.0	-34.0	109.0	-383.0	-85.0	299.0
2	221.1	848.7	37.0	-131.0	193.0	-678.0	-78.0	275.0
3	256.0	781.5	57.0	-201.0	252.0	-886.0	-72.0	252.0
4	393.2	622.8	69.0	-242.0	288.0	-1014.0	-65.0	228.0
5	443.8	561.4	73.0	-256.0	301.0	-1057.0	-58.0	205.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F3=F2+2ªPROT.
- F4=F3+G3
- F5=F4+I.QMAX
- F6=F4+I.QMIN

SECAO	F3	F4	F5	F6
-1 S	336.7	325.7	325.7	286.7
-1 I	252.4	279.4	279.4	371.4
0 S	383.0	355.0	355.0	257.0
0 I	226.1	291.1	291.1	521.1
1 S	745.6	755.6	864.6	670.6
1 I	396.8	362.8	-20.2	661.8
2 S	256.4	293.4	486.4	215.4
2 I	1034.9	903.9	225.9	1178.9
3 S	272.2	329.2	581.2	257.2
3 I	1622.5	1421.5	535.5	1673.5
4 S	379.7	448.7	736.7	383.7
4 I	1605.7	1363.7	349.7	1591.7
5 S	430.3	503.3	804.3	445.3
5 I	1546.7	1290.7	233.7	1495.7

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-1	521.6	-22.8	630.0	1128.8	10059.3
0	520.9	-54.4	630.0	1096.5	10350.0
1	520.4	34.5	630.0	1184.9	10715.7
2	517.6	590.6	630.0	1738.2	10910.6
3	475.2	1510.3	630.0	2615.4	9191.9
4	463.3	1601.4	630.0	2694.7	9430.0
5	463.3	1517.3	630.0	2610.7	9546.5

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

ESFORCO NORMAL	ESFORCO CORT.	MOM ISOST	TENSAO ISOST	TENSAO ISOST	MOM HIPER	TENSAO HIPER	TENSAO HIPER
----------------	---------------	-----------	--------------	--------------	-----------	--------------	--------------

SECAO	PROT (T)	PROT (T)	PROT (TM)	SUP. (T/M2)	INF. (T/M2)	PROT (TM)	SUP. (T/M2)	INF (T/M2)
-1	60.8	3.2	17.4	57.3	- .4	.0	.0	.0
0	62.6	.0	23.6	64.6	-13.6	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	64.5	-6.8	12.0	71.7	21.7	.0	.0	.0
2	63.0	-19.8	-31.1	30.4	160.6	.0	.0	.0
3	164.5	-25.3	-153.5	12.6	654.7	.0	.0	.0
4	171.2	.0	-185.3	-10.5	764.5	.0	.0	.0
5	173.3	.0	-187.5	-10.6	773.7	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	FASE 2 1ªPROT.		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	222.5	232.8	-11.0	27.0	.0	.0	-39.0	92.0
0	236.0	246.5	-28.0	65.0	.0	.0	-98.0	230.0
1	584.8	296.1	10.0	-34.0	109.0	-383.0	-85.0	299.0
2	260.9	622.6	37.0	-131.0	193.0	-678.0	-78.0	275.0
3	331.5	519.8	57.0	-201.0	252.0	-886.0	-72.0	252.0
4	465.1	380.3	69.0	-242.0	288.0	-1014.0	-65.0	228.0
5	514.6	325.6	73.0	-256.0	301.0	-1057.0	-58.0	205.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F3=F2+2ªPROT.  
F4=F3+G3  
F5=F4+I.QMAX  
F6=F4+I.QMIN

SECAO		F3	F4	F5	F6
-1	S	279.8	268.8	268.8	229.8
-1	I	232.4	259.4	259.4	351.4
0	S	300.6	272.6	272.6	174.6
0	I	232.9	297.9	297.9	527.9
1	S	656.5	666.5	775.5	581.5
1	I	317.8	283.8	-99.2	582.8
2	S	291.3	328.3	521.3	250.3
2	I	783.2	652.2	-25.8	927.2
3	S	344.1	401.1	653.1	329.1
3	I	1174.5	973.5	87.5	1225.5
4	S	454.6	523.6	811.6	458.6
4	I	1144.8	902.8	-111.2	1130.8
5	S	504.0	577.0	878.0	519.0
5	I	1099.3	843.3	-213.7	1048.3

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	115.	115.	229.
2	61.	61.	123.
3	51.	51.	101.

**6 - Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga de bordo**
**Fases de verificação das tensões**

 F1 = G1 + 1ª Protensão  
 F2 = F1 + G2

 F3 = F2 + 2ª Protensão  
 F4 = F3 + G3

 F5 = F4 + CM<sub>mínima</sub>  
 F6 = F4 + CM<sub>máxima</sub>
**Tempo T = 0**

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	71	<b>71</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-25	363	<b>338</b>	-65	<b>273</b>	63	<b>336</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	27	155	<b>182</b>	71	<b>253</b>	0	<b>254</b>
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	82	<b>82</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-88	549	<b>461</b>	-149	<b>312</b>	71	<b>383</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	96	-18	<b>78</b>	163	<b>241</b>	-14	<b>227</b>
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	86	<b>86</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	100	562	<b>662</b>	4	<b>666</b>	79	<b>745</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-109	486	<b>376</b>	-4	<b>372</b>	26	<b>398</b>
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	16	<b>16</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	258	-189	<b>69</b>	152	<b>221</b>	35	<b>256</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-282	1296	<b>1014</b>	-165	<b>849</b>	188	<b>1036</b>
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-89	<b>-89</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	371	-374	<b>-2</b>	259	<b>256</b>	15	<b>271</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-405	1468	<b>1063</b>	-282	<b>782</b>	846	<b>1628</b>
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-140	<b>-140</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	439	-371	<b>68</b>	325	<b>393</b>	-15	<b>378</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-479	1456	<b>977</b>	-354	<b>623</b>	988	<b>1611</b>
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-140	<b>-140</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	462	-368	<b>94</b>	350	<b>443</b>	-15	<b>428</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-503	1445	<b>942</b>	-381	<b>561</b>	991	<b>1551</b>

Seção		G3	Fase 4	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 5	Fase 6
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-16	<b>55</b>	-55	0	<b>-1</b>	<b>55</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-11	<b>325</b>	-39	0	<b>286</b>	<b>325</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	27	<b>281</b>	92	0	<b>373</b>	<b>281</b>
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-39	<b>42</b>	-139	0	<b>-96</b>	<b>42</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-28	<b>355</b>	-98	0	<b>258</b>	<b>355</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	65	<b>293</b>	230	0	<b>523</b>	<b>293</b>
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	15	<b>101</b>	-133	170	<b>-32</b>	<b>271</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	10	<b>755</b>	-85	109	<b>670</b>	<b>863</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-34	<b>365</b>	299	-383	<b>663</b>	<b>-18</b>
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	58	<b>74</b>	-122	301	<b>-48</b>	<b>375</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	37	<b>293</b>	-78	193	<b>215</b>	<b>486</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-131	<b>906</b>	275	-678	<b>1181</b>	<b>227</b>
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	89	<b>0</b>	-112	394	<b>-112</b>	<b>394</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	57	<b>328</b>	-72	252	<b>256</b>	<b>580</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-201	<b>1427</b>	252	-886	<b>1679</b>	<b>541</b>
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	108	<b>-32</b>	-101	450	<b>-134</b>	<b>418</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	69	<b>447</b>	-65	288	<b>382</b>	<b>735</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-242	<b>1369</b>	228	-1014	<b>1597</b>	<b>355</b>
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	114	<b>-26</b>	-91	470	<b>-117</b>	<b>443</b>
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	73	<b>501</b>	-58	301	<b>443</b>	<b>802</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-256	<b>1295</b>	205	-1057	<b>1500</b>	<b>238</b>

**Tempo T = 00**

$$\text{Fase 7} = \text{Fase4} + \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$$

$$\text{F8} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{mínima}}$$

$$\text{F9} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{máxima}}$$

**1ª prot**

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	-	0	0	-	0	0	-	0	0
S1/2Bal	-	313	134	-	363	155	-	-50	-21
0	-	476	-15	-	549	-18	-	-73	2
1	-	478	413	-	562	486	-	-84	-73
2	-	-157	1078	-	-189	1296	-	32	-217
3	-	-311	1221	-	-374	1468	-	63	-248
4	-	-313	1230	-	-371	1456	-	58	-226
5	-	-313	1229	-	-368	1445	-	55	-217

**2ª prot**

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	65	57	1	71	63	0	-7	-6	0
0	74	64	-13	82	71	-14	-8	-7	1
1	77	71	23	86	79	26	-9	-8	-3
2	14	31	165	16	35	188	-2	-4	-23
3	-68	11	649	-89	15	846	21	-3	-197
4	-107	-12	752	-140	-15	988	33	3	-237
5	-109	-12	773	-140	-15	991	31	3	-218

**Perda total de protensão**

Seção	$\Delta\sigma_{\text{total}}$		
	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-7	-55	-21
0	-8	-80	4
1	-9	-92	-75
2	-2	27	-240
3	21	60	-444
4	33	61	-462
5	31	59	-435

**Tempo T = 00**

Seção		Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 8	Fase 9
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>55</b>	-7	<b>48</b>	-55	0	<b>-7</b>	<b>48</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>325</b>	-55	<b>270</b>	-39	0	<b>231</b>	<b>270</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>281</b>	-21	<b>260</b>	92	0	<b>352</b>	<b>260</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>42</b>	-8	<b>34</b>	-139	0	<b>-104</b>	<b>34</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>355</b>	-80	<b>276</b>	-98	0	<b>178</b>	<b>276</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>293</b>	4	<b>296</b>	230	0	<b>526</b>	<b>296</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>101</b>	-9	<b>92</b>	-133	170	<b>-41</b>	<b>262</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>755</b>	-92	<b>663</b>	-85	109	<b>578</b>	<b>771</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>365</b>	-75	<b>289</b>	299	-383	<b>588</b>	<b>-94</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>74</b>	-2	<b>72</b>	-122	301	<b>-50</b>	<b>373</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>293</b>	27	<b>320</b>	-78	193	<b>242</b>	<b>513</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>906</b>	-240	<b>666</b>	275	-678	<b>941</b>	<b>-13</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>0</b>	21	<b>21</b>	-112	394	<b>-91</b>	<b>415</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>328</b>	60	<b>388</b>	-72	252	<b>316</b>	<b>640</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1427</b>	-444	<b>983</b>	252	-886	<b>1234</b>	<b>97</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-32</b>	33	<b>1</b>	-101	450	<b>-100</b>	<b>451</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>447</b>	61	<b>508</b>	-65	288	<b>443</b>	<b>796</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1369</b>	-462	<b>907</b>	228	-1014	<b>1135</b>	<b>-107</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-26</b>	31	<b>4</b>	-91	470	<b>-87</b>	<b>474</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>501</b>	59	<b>560</b>	-58	301	<b>502</b>	<b>861</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1295</b>	-435	<b>860</b>	205	-1057	<b>1065</b>	<b>-197</b>

7 - Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga central

Fases de verificação das tensões

F1 = G1 + 1ª Protensão  
F2 = F1 + G2

F3 = F2 + 2ª Protensão  
F4 = F3 + G3

F5 = F4 + CM<sub>mínima</sub>  
F6 = F4 + CM<sub>máxima</sub>

Tempo T = 0

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	71	71
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-25	363	338	-39	299	63	363
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	27	155	182	42	225	0	225
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	82	82
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-88	549	461	-98	363	71	434
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	96	-18	78	107	185	-14	171
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	86	86
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	100	562	662	81	743	79	823
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-109	486	376	-89	288	26	313
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	16	16
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	258	-189	69	241	311	35	345
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-282	1296	1014	-263	751	188	939
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-89	-89
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	371	-374	-2	358	355	15	370
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-405	1468	1063	-390	673	846	1519
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-140	-140
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	439	-371	68	432	500	-15	485
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-479	1456	977	-471	506	988	1495
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-140	-140
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	462	-368	94	463	556	-15	541
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-503	1445	942	-504	438	991	1428

Seção		G3	Fase 4	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 5	Fase 6
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-9	63	-29	0	34	63
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-6	357	-20	0	336	357
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	14	239	49	0	289	239
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-21	61	-98	0	-37	61
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-15	420	-68	0	351	420
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	36	207	166	0	373	207
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	10	96	-94	127	2	223
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	6	829	-59	80	769	909
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-23	291	218	-294	508	-3
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	34	50	-87	225	-37	275
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	22	367	-55	142	312	509
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-79	860	202	-520	1061	339
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	52	-37	-80	294	-117	257
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	33	403	-51	185	352	588
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-120	1399	186	-680	1585	719
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	62	-78	-73	336	-151	258
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	39	524	-46	212	478	736
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-144	1350	170	-778	1520	572
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	66	-75	-66	351	-141	276
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	42	583	-42	221	541	804
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-152	1276	154	-811	1430	465



**Tempo T = 00**

Fase 7 = Fase4 +  $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma = \sigma_{t=\infty} - \sigma_{t=0}$

F8 = F7 + CM<sub>mínima</sub>

F9 = F7 + CM<sub>máxima</sub>

**1ª prot**

Seção	Tempo T = ∞			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0	-	0	0	-	0	0
S1/2Bal	-	313	134	-	363	155	-	-50	-21
0	-	476	-15	-	549	-18	-	-73	2
1	-	478	413	-	562	486	-	-84	-73
2	-	-157	1078	-	-189	1296	-	32	-217
3	-	-311	1221	-	-374	1468	-	63	-248
4	-	-313	1230	-	-371	1456	-	58	-226
5	-	-313	1229	-	-368	1445	-	55	-217

**2ª prot**

Seção	Tempo T = ∞			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	65	57	1	71	63	0	-7	-6	0
0	74	64	-13	82	71	-14	-8	-7	1
1	77	71	23	86	79	26	-9	-8	-3
2	14	31	165	16	35	188	-2	-4	-23
3	-68	11	649	-89	15	846	21	-3	-197
4	-107	-12	752	-140	-15	988	33	3	-237
5	-109	-12	773	-140	-15	991	31	3	-218

**Perda total de protensão**

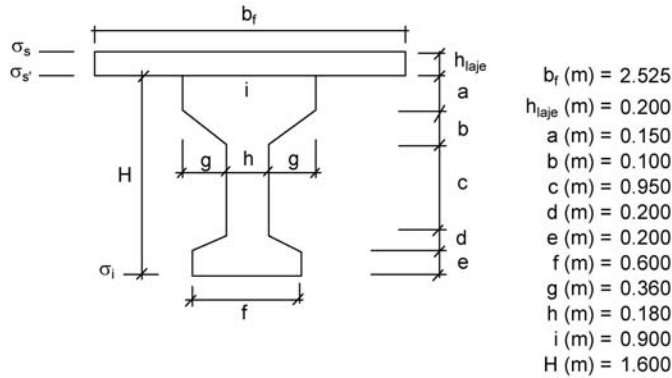
Seção	$\Delta\sigma_{total}$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-7	-55	-21
0	-8	-80	4
1	-9	-92	-75
2	-2	27	-240
3	21	60	-444
4	33	61	-462
5	31	59	-435

**Tempo T = 00**

Seção		Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 8	Fase 9
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>63</b>	-7	<b>56</b>	-29	0	<b>27</b>	<b>56</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>357</b>	-55	<b>301</b>	-20	0	<b>281</b>	<b>301</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>239</b>	-21	<b>219</b>	49	0	<b>268</b>	<b>219</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>61</b>	-8	<b>53</b>	-98	0	<b>-45</b>	<b>53</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>420</b>	-80	<b>340</b>	-68	0	<b>272</b>	<b>340</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>207</b>	4	<b>210</b>	166	0	<b>376</b>	<b>210</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>96</b>	-9	<b>87</b>	-94	127	<b>-7</b>	<b>214</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>829</b>	-92	<b>737</b>	-59	80	<b>677</b>	<b>817</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>291</b>	-75	<b>215</b>	218	-294	<b>433</b>	<b>-78</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>50</b>	-2	<b>48</b>	-87	225	<b>-39</b>	<b>273</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>367</b>	27	<b>394</b>	-55	142	<b>339</b>	<b>536</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>860</b>	-240	<b>620</b>	202	-520	<b>822</b>	<b>99</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-37</b>	21	<b>-16</b>	-80	294	<b>-96</b>	<b>278</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>403</b>	60	<b>463</b>	-51	185	<b>412</b>	<b>648</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1399</b>	-444	<b>955</b>	186	-680	<b>1141</b>	<b>275</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-78</b>	33	<b>-44</b>	-73	336	<b>-118</b>	<b>292</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>524</b>	61	<b>586</b>	-46	212	<b>539</b>	<b>798</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1350</b>	-462	<b>888</b>	170	-778	<b>1058</b>	<b>110</b>
		<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-75</b>	31	<b>-44</b>	-66	351	<b>-110</b>	<b>307</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>583</b>	59	<b>641</b>	-42	221	<b>599</b>	<b>863</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1276</b>	-435	<b>841</b>	154	-811	<b>995</b>	<b>30</b>

**8 - Verificação do Estado Limite Ultimo (Verificação à Ruptura da Seção S<sub>5</sub>)**

**Verificação da Seção do Meio do Vão (S<sub>5</sub>)**



Materiais:

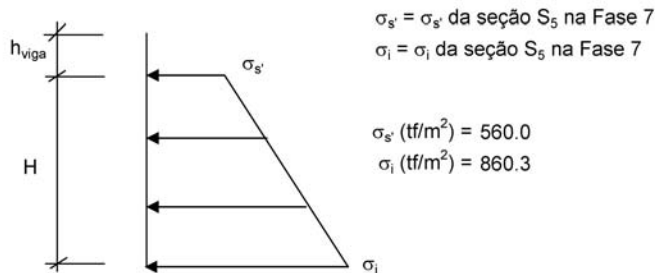
Concreto:  $f_{ck}$  (MPa) = 30.0

$E_c$  (kgf/cm<sup>2</sup>) = 330,000

Aço: CP-190-RB

$E_{sp}$  (kgf/cm<sup>2</sup>) = 1,950,000

**Tensões de peso próprio + protensão em  $t = \infty$**



**Tensões no aço de protensão após as perdas ( $t = \infty$ )**

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} = \sigma_{sp}^{t=\infty}{}_{1^{prot.}} + \sigma_{sp}^{t=\infty}{}_{2^{prot.}} \quad \sigma_{sp}^{t=\infty} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 98,721$$

**Solicitações atuantes na seção S<sub>5</sub>**

$$M_{g1} \text{ (tf.m)} = 111.8$$

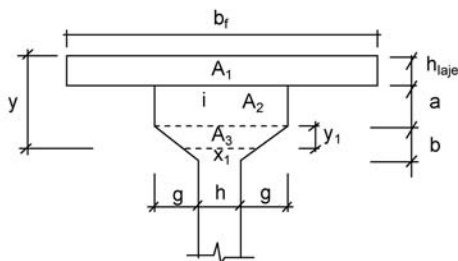
$$M_{g2} \text{ (tf.m)} = 84.7$$

$$M_{g3} \text{ (tf.m)} = 78.7$$

$$M_p \text{ (tf.m)} = 324.6$$



**Cálculo da resultante de compressão**



- $b_f$  (m) = 2.525
- $h_{laje}$  (m) = 0.200
- $a$  (m) = 0.150
- $b$  (m) = 0.100
- $g$  (m) = 0.360
- $h$  (m) = 0.180
- $i$  (m) = 0.900
- $y_1$  (m) = 0.000
- $x_1$  (m) = 0.903
- $y$  (m) = 0.350

$$R_{cc} = 0,85 * f_{cd} * (A_1 + A_2 + A_3) / 1,4$$

- $A_1$  (m<sup>2</sup>) = 0.505
- $A_2$  (m<sup>2</sup>) = 0.135
- $A_3$  (m<sup>2</sup>) = 0.000

$$R_{cc} (tf) = 1165.1$$

**Cálculo da resultante de tração**

$$\epsilon_{sp}^{total} = \epsilon_{sp}^{pré-along.} + \epsilon_{sp}^{descomp.} + \epsilon_{sp}$$

$$\epsilon_{sp}^{total} (\%) = 15.32$$

Da tabela do livro de concreto protendido do Prof. Walter do Couto Pfeil tem-se:

$$\sigma_{sp} (kgf/cm^2) = 15,732$$

$$A_{sp}^{1cabo\ 6\phi\ 12,7} (cm^2) = 5.92$$

$$A_{sp}^{total} (cm^2) = 41.4$$

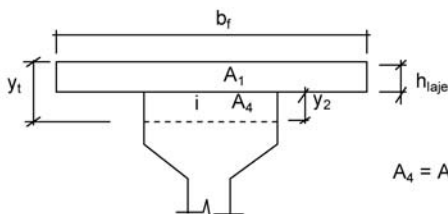
$$R_{st} = A_{sp}^{total} * \sigma_{sp}$$

$$R_{st} (tf) = 651.9$$

Como  $R_{st} < R_{cc}$ , devemos diminuir o valor de  $x$  para reduzir a mesa de compressão e conseqüentemente  $R_{cc}$ .

Logo devemos ter:

$$R_{cc} = R_{st} (tf) = 651.9$$



$$A_c^{total} = A_1 + A_4 = R_{cc} / (0,85 * f_{cd})$$

$$A_1 (m^2) = 0.505$$

$$A_c^{total} (m^2) = 0.358$$

$$A_4 = A_c^{total} - A_1$$

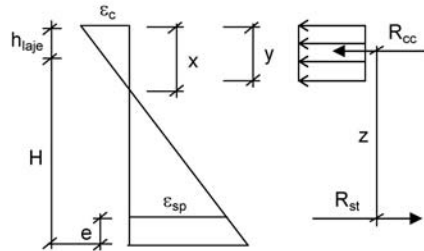
$$A_4 (m^2) = 0.000 \quad (y_t < h_{laje})$$

$$y_t \text{ (m)} = 0.1418 \quad y_t < h_{laje} \quad \text{logo:} \quad y_2 \text{ (m)} = 0.000$$

$$x = y_t / 0,8 \quad x \text{ (m)} = 0.177$$

Cálculo do C.G da mesa comprimida

$$y_{C.G.} = \Sigma(A_i * y_i) / \Sigma A_i \quad y_{C.G.} \text{ (m)} = 0.0709$$



$$z = H + h_{laje} - y_{C.G.} - e \quad z \text{ (m)} = 1.615$$

Assim temos:

$$M_u = R_{cc} * z \quad M_u \text{ (tf.m)} = 1,052.8$$

$$M_d = 1,4 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \quad M_d \text{ (tf.m)} = 839.6$$

Então:  $M_u / M_d = 1.25 > 1,00$  (Atende)  
Ruptura unicamente pelo escoamento do aço

**9 - Os quadros a seguir apresentam o cálculo do cisalhamento**
**Esforços cortantes característicos**

$$V_{k,max} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,max} \quad f_{ck} \text{ (MPa)} = 30,0$$

$$V_{k,min} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,min} \quad f_{yk} \text{ (MPa)} = 500,0$$

onde:  $V_{p,k} = V_p^{1^{prot}} + V_p^{2^{prot}}$  em tempo  $t = \infty$

Seção	$V_{g1,k}$ (tf)	$V_{g2,k}$ (tf)	$V_{g3,k}$ (tf)	$V_{p,k}$ (tf)	$V_{q,max,k}$ (tf)	$V_{q,min,k}$ (tf)	$V_k^{max}$ (tf)	$V_k^{min}$ (tf)
1/2 bal	-6.2	-10.5	-6.6	32.4	30.0	0.0	24.0	9.0
0 esq	-11.6	-13.2	-8.9	0.0	33.7	0.0	-33.7	-16.9
0 dir	21.2	18.1	15.3	0.0	47.8	-2.3	78.4	53.3
1	15.6	14.5	12.2	-59.3	40.8	-3.8	-18.8	3.5
2	11.7	11.0	9.2	-55.1	34.2	-5.4	-25.9	-6.1
3	7.8	7.5	6.1	-26.4	28.2	-9.0	-9.5	9.1
4	3.9	3.9	3.1	0.0	22.7	-13.1	22.2	4.4
5	0.0	0.4	0.0	0.0	17.6	-17.6	9.2	-8.4

**Verificação do concreto**

$$\phi_{bainha} \text{ (m)} = 0,055 \quad V_{sd} = 1,40 * (V_{g1} + V_{g2} + V_{g3}) + 0,90 * V_p + 1,40 * V_q$$

$$V_{rd2} = 0,3 * f_{cd} * b_w, nom * d$$

$$d = H_{viga} + h_{laje} - 0,15$$

Seção	$V_{sd}$ (tf)	$b_w$ (m)	$\Sigma \phi/2$ (m)	$b_w^{nom}$ (m)	$d$ (m)	$V_{rd2}$ (tf)
1/2 bal	38.5	0.60	0.028	0.600	1.65	594.0
0 esq	-47.2	0.60	0.028	0.600	1.65	594.0
0 dir	143.2	0.60	0.028	0.600	1.65	594.0
1	63.0	0.18	0.028	0.153	1.65	151.0
2	43.0	0.18	0.028	0.153	1.65	151.0
3	45.7	0.18	0.028	0.153	1.65	151.0
4	47.0	0.18	0.028	0.153	1.65	151.0
5	25.3	0.18	0.028	0.153	1.65	151.0

Para todas as seções  $V_{rd2} > V_{sd}$

**Parcela do esforço cortante absorvida pelo concreto**

$$M_{sdu} = 1,40 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3}) + 1,40 * M_q$$

Seção	$M_{g1,k}$	$M_{g2,k}$	$M_{g3,k}$	$M_{q,k}$	$M_{sdu}$ (tf.m)
1/2 bal	-7.5	-19.5	-11.6	-39.6	-109.6
0 esq	-26.4	-44.8	-28.2	-98.9	-277.6
0 dir	-26.4	-44.8	-28.2	-98.9	-277.6
1	24.3	0.9	10.3	117.6	214.3
2	62.5	36.7	40.2	208.2	486.7
3	89.9	62.6	61.6	272.0	680.4
4	106.3	78.6	74.4	311.1	798.6
5	111.8	84.7	78.7	324.6	839.6

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w, nom * d \quad \beta_1 = 1 + (M_0 / M_{sdu}) \leq 2$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ MPa} \quad M_0 = 0,90 * (\sigma_p^{1^{prot}} * W^{isol} + \sigma_p^{2^{prot}} * W^{conj})$$

$$\tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0,339$$

Seção	$\sigma_p^{1^{o}prot.00}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$W^{isol.}$ (m <sup>3</sup> )	$\sigma_p^{2^{o}prot.00}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$W^{conj.}$ (m <sup>3</sup> )	$M_o$ (tf.m)	$\beta_1$
1/2 bal	313	0.301	57	1.014	137.35	2.000
0 esq	476	0.301	64	1.014	187.43	1.675
0 dir	476	0.301	64	1.014	187.43	1.675
1	413	0.222	23	0.307	88.90	1.415
2	1078	0.222	165	0.307	261.14	1.537
3	1221	0.222	649	0.307	423.29	1.622
4	1230	0.222	752	0.307	453.44	1.568
5	1229	0.222	773	0.307	458.99	1.547

Seção	$b_w^{nom}$ (m)	d (m)	$V_{cd}$ (tf)
1/2 bal	0.600	1.650	167.7
0 esq	0.600	1.650	140.5
0 dir	0.600	1.650	140.5
1	0.153	1.650	30.2
2	0.153	1.650	32.8
3	0.153	1.650	34.6
4	0.153	1.650	33.4
5	0.153	1.650	33.0

**Parcela do cortante absorvida pela armadura transversal**

Seção	$V_{sd}$ (tf)	$V_{cd}$ (tf)	$V_{wd}$ (tf)
1/2 bal	38.5	167.7	0.00
0 esq	47.2	140.5	0.00
0 dir	143.2	140.5	2.67
1	63.0	30.2	32.86
2	43.0	32.8	10.24
3	45.7	34.6	11.12
4	47.0	33.4	13.60
5	25.3	33.0	0.00

**Cálculo da taxa volumétrica de armadura transversal**

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{ywd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w)$$

Seção	$b_w$ (m)	$V_{wd}$ (tf)	$A_{sw}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)	$\rho_w$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
1/2 bal	0.60	0.0	0.00	0.00
0 esq	0.60	0.0	0.00	0.00
0 dir	0.60	2.7	0.41	0.69
1	0.18	32.9	5.09	28.27
2	0.18	10.2	1.59	8.81
3	0.18	11.1	1.72	9.57
4	0.18	13.6	2.11	11.70
5	0.18	0.0	0.00	0.00

**Cálculo do Fator de Fadiga**

$$\Delta\sigma_w = (V_{max} - V_c) / (b_w * d * \rho_w) - (V_{min} - V_c) / (b_w * d * \rho_w)$$



$$\Delta f_{sd}^{fad} = 850 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f.f. = \Delta \sigma_w / \Delta f_{sd}$$

Seção	$V^{max}$ (tf)	$V^{min}$ (tf)	$V_c$ (tf)	$\rho_{wu}$ ( $\text{cm}^2/\text{cm}^2$ )	$\sigma_{wmax}$ ( $\text{tf}/\text{m}^2$ )	$\sigma_{wmin}$ ( $\text{tf}/\text{m}^2$ )
1/2 bal	24.04	9.03	119.82	0.00000	0	0
0 esq	-33.74	-16.88	100.36	0.00000	0	0
0 dir	78.39	53.35	100.36	0.00007	0	0
1	-18.81	3.46	21.55	0.00283	0	0
2	-25.91	-6.09	23.40	0.00088	9620	0
3	-9.50	9.10	24.70	0.00096	0	0
4	22.24	4.37	23.87	0.00117	0	0
5	9.23	-8.41	23.55	0.00000	0	0

$\Delta \sigma_w$ ( $\text{tf}/\text{m}^2$ )	f.f.
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
9620	1.13
0	1.00
0	1.00
0	1.00

**Cálculo dos estribos e seus espaçamentos**

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w) \geq 15 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

$$s = 2 * A_{s1perna} / (\rho_w * f.f. * b_w)$$

$$\phi \text{ (mm)} = 10.00$$

$$A_{s1perna} \text{ (cm}^2) = 0.785$$

Seção	$b_w$ (m)	$\rho_{wu}$	$\rho_{wu} \times f.f.$	$\rho_{wu} \times f.f.$ Médio	Espaçam. (m)
1/2 bal	0.60	0.00	0.00		
				15.0	17.4
0 esq	0.60	0.00	0.00		
0 dir	0.60	0.69	0.69		
				15.0	26.8
1	0.18	28.27	28.27		
				19.1	45.6
2	0.18	8.81	9.97		
				15.0	58.1
3	0.18	9.57	9.57		
				15.0	58.1
4	0.18	11.70	11.70		
				15.0	58.1
5	0.18	0.00	0.00		

**10 - Verificação dos Aparelhos de Apoio**
**Apoio1**
**Viga de Bordo**
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.50$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 32.8$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 32.0$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 24.2$$

$$N_{CM\_max} \text{ (tf)} = 61.4$$

$$N_{CM\_min} \text{ (tf)} = -3.5$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 150.3$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1,002.1 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 85.4$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 569.5 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

**Viga Central**
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.50$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 32.8$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 30.5$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 13.9$$

$$N_{CM\_max} \text{ (tf)} = 47.7$$

$$N_{CM\_min} \text{ (tf)} = -2.6$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 124.9$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 832.6 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 74.6$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 497.1 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

## **2.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA**

Duas linhas de apoio com pilares de 2,20 m de altura, para as obras de 36,50 m constituídas por vão de 28,00 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Infra-estrutura da Ponte sobre o Rio José Preto no Volume 3 B – 1ª Parte).

### **3 PONTE SOBRE O RIO HOLANDA**

### **3 PONTE SOBRE O RIO HOLANDA**

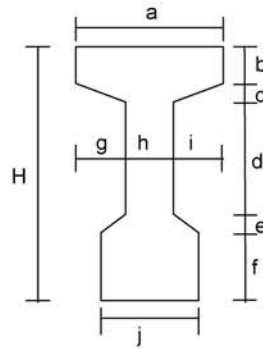
#### **3.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA**

Vão de 24,00 m com dois balanços de 3,00 m.



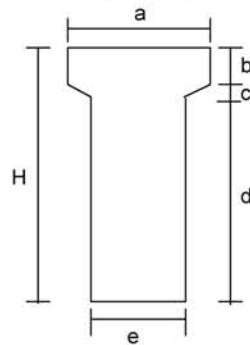
2 - Características das seções transversais

Seção Corrente



- a (m) = 0.800
- b (m) = 0.120
- c (m) = 0.100
- d (m) = 0.930
- e (m) = 0.150
- f (m) = 0.200
- g (m) = 0.310
- h (m) = 0.180
- i (m) = 0.310
- j (m) = 0.500
- H (m) = 1.500

Seção no Apoio



- a (m) = 0.800
- b (m) = 0.120
- c (m) = 0.048
- d (m) = 1.332
- e (m) = 0.500
- H (m) = 1.500

3 - Cálculo das cargas permanentes

3.1 - Características geométricas das vigas

	Viga Isolada	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.463	0.793
J (m <sup>4</sup> )	0.130	0.159
Vs (m)	-	-
Vs' (m)	0.715	0.713
Vi (m)	0.785	0.787
Ws (m <sup>3</sup> )	-	-
Ws' (m <sup>3</sup> )	0.182	0.224
Wi (m <sup>3</sup> )	0.165	0.203

**Viga de Bordo**

bf (m) = 2.525

**Viga Central**

bf (m) = 2.65

bf é a largura efetiva da mesa de contribuição

h<sub>laje</sub> (m) = 0.20

	Viga Conj. t = ∞	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.968	1.298
J (m <sup>4</sup> )	0.291	0.365
Vs (m)	0.490	0.597
Vs' (m)	0.290	0.397
Vi (m)	1.210	1.103
Ws (m <sup>3</sup> )	0.594	0.612
Ws' (m <sup>3</sup> )	1.003	0.919
Wi (m <sup>3</sup> )	0.240	0.331

	Viga Conj. t = ∞	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.993	1.323
J (m <sup>4</sup> )	0.295	0.371
Vs (m)	0.480	0.587
Vs' (m)	0.280	0.387
Vi (m)	1.220	1.113
Ws (m <sup>3</sup> )	0.614	0.632
Ws' (m <sup>3</sup> )	1.054	0.959
Wi (m <sup>3</sup> )	0.242	0.334

3.2 - Peso próprio da viga ( g<sub>1</sub> )

Carga distribuída

$g_1 = S_{\text{corrente}} * 2,50$

$g_1 \text{ (tf/m)} = 1.158$

Trecho em balanço

$L_{\text{bal}} \text{ (m)} = 3.000$

$g_{\text{bal}} = S_{\text{apoiado}} * 2,50$

$g_{\text{bal}} \text{ (tf/m)} = 1.983$

Carga Concentrada

Alargamento da Viga

$P_1 = ( S_{\text{apoiado}} - S_{\text{corrente}} ) * ( L_1 / 2 ) * 2,50$

$L_1 \text{ (m)} = 2.000$

$P_1 \text{ (tf)} = 0.83$

Alargamento no Apoio

$P_2 = ( S_{\text{apoiado}} - S_{\text{corrente}} ) * L_2 * 2,5$

$L_2 \text{ (m)} = 0.250$

$P_2 \text{ (tf)} = 0.21$



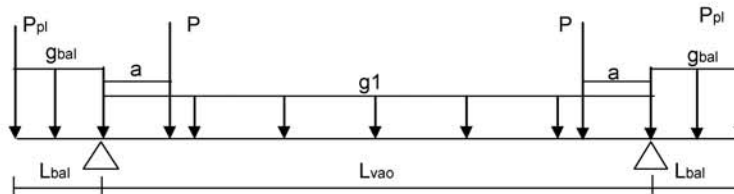
Placa de ancoragem

 $L3 \text{ (m)} = 0.350$   
 $L4 \text{ (m)} = 0.500$   
 $h1 \text{ (m)} = 1.500$ 

$$P_{pl} = L3 * h1 * L4 * 2,50$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0.656$$

$$P = P1 + P2$$


 $L_{vao} \text{ (m)} = 24.00$   
 $L_{bal} \text{ (m)} = 3.000$   
 $a \text{ (m)} = 0.750$ 
 $g_{bal} \text{ (tf/m)} = 1.983$   
 $g1 \text{ (tf/m)} = 1.158$   
 $P \text{ (tf)} = 1.03$ 
 $P_{pl} \text{ (tf)} = 0.66$ 

Esforços Seccionais

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 21.53$$

$$R2 \text{ (tf)} = 21.53$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-0.7	0
S1/2Bal	-3.6	-3.2
0 esq	-6.6	-10.9
0 dir	14.9	-10.9
1	11.1	19.9
2	8.3	43.2
3	5.6	59.9
4	2.8	69.9
5	0.0	73.2

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-14	16
0	-	-49	54
1	-	109	-121
2	-	237	-262
3	-	329	-363
4	-	384	-424
5	-	402	-444

3.3 - Laje + Transversina (g2)

**Viga de Bordo**

carga distribuída

$$g2 = h * L * 2,50$$

h (m) = 0.200      g<sub>2</sub> ( tf/m) = 1.263  
L (m) = 2.525

carga concentrada

**Transversina de apoio**

$$P1 = \{ [ L * h - ( S_{\text{apoio}} - j * f ) ] / 2 \} * \text{esp} * 2,50$$

L (m) = 1.33      j (m) = 0.50  
h (m) = 1.30      esp (m) = 0.20  
f (m) = 0.20

P1 (tf) = 0.69

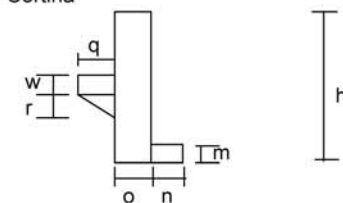
**Transversina Central**

$$P2 = \{ [ L * h - ( S_{\text{corrent}} - j * f ) / 2 ] \} * \text{esp} * 2,50$$

L (m) = 1.33      j (m) = 0.50  
h (m) = 1.30      esp (m) = 0.20  
f (m) = 0.20

P2 (tf) = 0.77

**Cortina**



$$P_{\text{cort}} = [ ( m * n * L_{\text{total}} ) + ( w + r + w ) * 0,5 * q * L_{\text{cons}} + o * h * L_{\text{total}} ] * \gamma_{\text{conc}}$$

L<sub>total</sub> (m) = 13.00  
L<sub>cons</sub> (m) = 9.400

h (m) = 1.950      q (m) = 0.250  
m (m) = 0.250      w (m) = 0.200  
n (m) = 0.250      r (m) = 0.200  
o (m) = 0.250

P<sub>3</sub> = P<sub>cort</sub> / 5 vigas      P<sub>3</sub> (tf) = 3.93

**Viga Central**

carga distribuída

$$g2 = h * L * 2,50$$

h (m) = 0.200      g<sub>2</sub> ( tf/m) = 1.325  
L (m) = 2.650

cargas concentradas

**Transversina de apoio**

$$P1 = \{ [ L * h - ( S_{\text{apoio}} - j * f ) ] \} * \text{esp} * 2,50$$

L (m) = 2.65      j (m) = 0.50  
h (m) = 1.30      esp (m) = 0.20  
f (m) = 0.20

P1 (tf) = 1.38

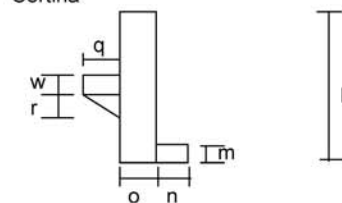
**Transversina Central**

$$P2 = \{ [ L * h - ( S_{\text{corrent}} - j * f ) ] \} * \text{esp} * 2,50$$

L (m) = 2.65      j (m) = 0.50  
h (m) = 1.30      esp (m) = 0.20  
f (m) = 0.20

P2 (tf) = 1.54

**Cortina**



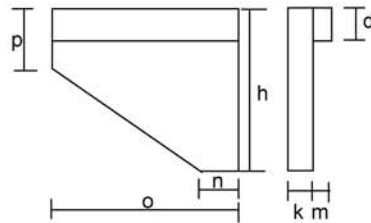
$$P_{\text{cort}} = [ ( m * n * L_{\text{total}} ) + ( w + r + w ) * 0,5 * q * L_{\text{cons}} + o * h * L_{\text{total}} ] * \gamma_{\text{conc}}$$

L<sub>total</sub> (m) = 13.00  
L<sub>cons</sub> (m) = 9.400

h (m) = 1.950      q (m) = 0.250  
m (m) = 0.250      w (m) = 0.200  
n (m) = 0.250      r (m) = 0.200  
o (m) = 0.250

P<sub>3</sub> = P<sub>cort</sub> / 5 vigas      P<sub>3</sub> (tf) = 3.93

**Abas das Cortinas**

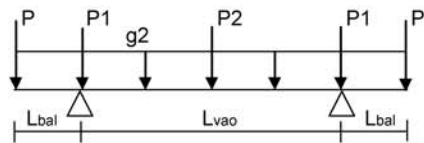


$$P_4 = [d \cdot o \cdot (k + m) + (o + n) \cdot 0,5 \cdot (h - p) \cdot k + (p - d) \cdot k \cdot o] \cdot \gamma_{conc}$$

h (m) = 1.950    n (m) = 0.750  
 k (m) = 0.250    o (m) = 2.950  
 d (m) = 0.400    p (m) = 0.600  
 m (m) = 0.150

$P_4$  (tf) = 3.11

**resumo dos esforços**



$P = P_3 + P_4$      $P$  (tf) = 7.04

$g_2$  (tf/m) = 1.263  
 $P$  (tf) = 7.04  
 $P_1$  (tf) = 0.69  
 $P_2$  (tf) = 0.77

**Esforços Seccionais**

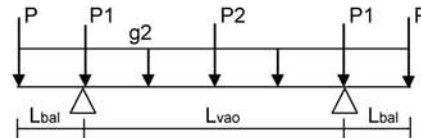
**Reações**

$R_1$  (tf) = 27.05  
 $R_2$  (tf) = 27.05

**Esforços**

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-7.0	0.0
S1/2Bal	-8.9	-12.0
0 esq	-10.8	-26.8
0 dir	15.5	-26.8
1	12.5	6.9
2	9.5	33.2
3	6.4	52.3
4	3.4	64.2

**resumo dos esforços**



$P = P_3$      $P$  (tf) = 3.93

$g_2$  (tf/m) = 1.325  
 $P$  (tf) = 3.93  
 $P_1$  (tf) = 1.38  
 $P_2$  (tf) = 1.54

**Esforços Seccionais**

**Reações**

$R_1$  (tf) = 25.95  
 $R_2$  (tf) = 25.95

**Esforços**

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-3.9	0.0
S1/2Bal	-5.9	-7.4
0 esq	-7.9	-17.7
0 dir	16.7	-17.7
1	13.5	18.4
2	10.3	47.0
3	7.1	67.9
4	4.0	81.2
5	0.8	86.9

**Tensões**

$\sigma_s = M / W_{s\text{isolada}}$

$\sigma_i = -M / W_{i\text{isolada}}$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-33	36
0	-	-79	87
1	-	101	-112
2	-	258	-285
3	-	373	-412
4	-	446	-492
5	-	477	-527

5	0.4	68.7
---	-----	------

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-53	59
0	-	-120	132
1	-	38	-42
2	-	183	-201
3	-	288	-317
4	-	353	-389
5	-	378	-417

3.4 - Sobrecarga Permanente ( g3 )

Viga de Bordo

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_a = L * h * 2,40$$

$$h (m) = 0.10$$

$$L (m) = 2.13$$

$$g_a (tf/m) = 0.510$$

guarda-rodas

$$g_b (tf/m) = 0.580$$

$$g_3 = g_a + g_b$$

$$g_3 (tf/m) = 1.090$$

carga concentrada

Guarda rodas sobre a aba

$$P_1 = g_b * L$$

$$L (m) = 2.950$$

$$P (tf) = 1.71$$

Laje de acesso

$$P_2 = ( k * h * L * 2,50 / 2 ) / 5 \text{ vigas}$$

$$k (m) = 3.000$$

$$h (m) = 0.250$$

$$L (m) = 12.150$$

$$P_2 (tf) = 2.28$$

Viga Central

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_3 = L * h * 2,40$$

$$h (m) = 0.10$$

$$L (m) = 2.65$$

$$g_3 (tf/m) = 0.636$$

carga concentrada

Laje de acesso

$$P = ( k * h * L * 2,50 / 2 ) / 5 \text{ vigas}$$

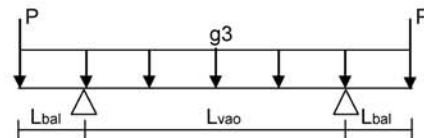
$$k (m) = 3.000$$

$$h (m) = 0.250$$

$$L (m) = 12.150$$

$$P (tf) = 2.28$$

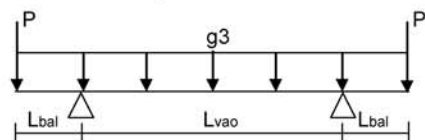
resumo dos esforços



$$P (tf) = 2.28$$

$$g_3 (tf/m) = 0.636$$

resumo dos esforços



$$P = P1 + P2$$

$$P \text{ (tf)} = 3.99$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 1.090$$

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 20.34$$

$$R2 \text{ (tf)} = 20.34$$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-4.0	0.0
S1/2Bal	-5.6	-7.2
0 esq	-7.3	-16.9
0 dir	13.1	-16.9
1	10.5	11.4
2	7.8	33.4
3	5.2	49.1
4	2.6	58.5
5	0.0	61.6

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{s \text{ conjunto}}$$

$$\sigma_s' = M / W_{s' \text{ conjunto}}$$

$$\sigma_i = -M / W_i \text{ conjunto}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-12	-8	22
0	-28	-18	51
1	19	11	-47
2	56	33	-139
3	83	49	-204
4	98	58	-244
5	104	61	-257

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 11.82$$

$$R2 \text{ (tf)} = 11.82$$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-2.3	0.0
S1/2Bal	-3.23	-4.1
0 esq	-4.2	-9.7
0 dir	7.6	-9.7
1	6.1	6.8
2	4.6	19.6
3	3.1	28.8
4	1.5	34.3
5	0.0	36.1

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{s \text{ conjunto}}$$

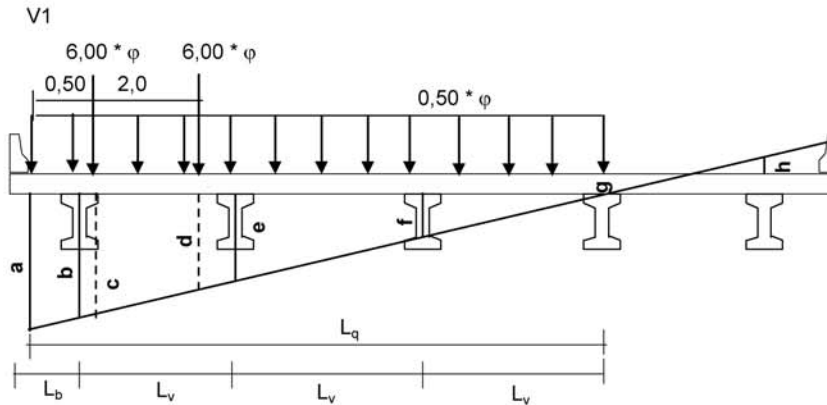
$$\sigma_s' = M / W_{s' \text{ conjunto}}$$

$$\sigma_i = -M / W_i \text{ conjunto}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-7	-4	12
0	-15	-10	29
1	11	6	-28
2	32	19	-81
3	47	27	-119
4	56	33	-142
5	59	34	-149

4 - Cálculo Esforços de Carga Móvel

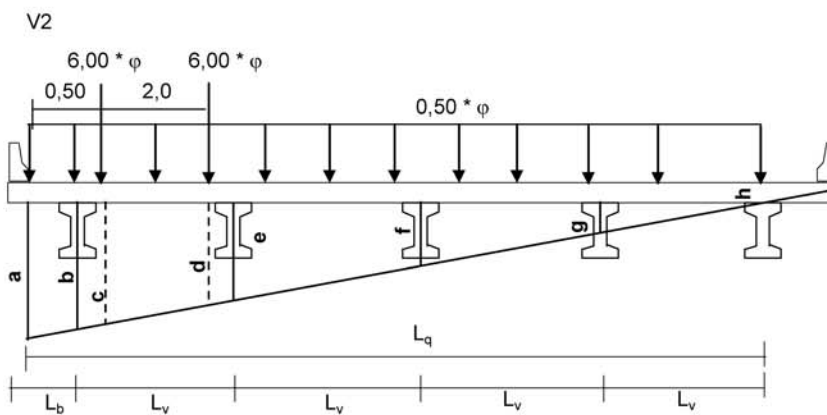
4.1 - Distribuição transversal do trem-tipo para obtenção do trem-tipo longitudinal



$L_b (m) = 1.20$       Vão (m) = 24.0  
 $L_v (m) = 2.65$        $\varphi = 1.232$

$a = 0.660$        $c = 0.623$        $e = 0.400$        $g = 0.000$   
 $b = 0.600$        $d = 0.472$        $f = 0.200$        $L_q (m) = 8.750$

$P = 6 * \varphi * (c + d)$        $P (tf) = 8.089$   
 $q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$        $q (tf/m) = 1.780$



$a = 0.430$        $c = 0.411$        $e = 0.300$        $g = 0.100$   
 $b = 0.400$        $d = 0.336$        $f = 0.200$        $h = 0.000$

$L_q (m) = 11.40$

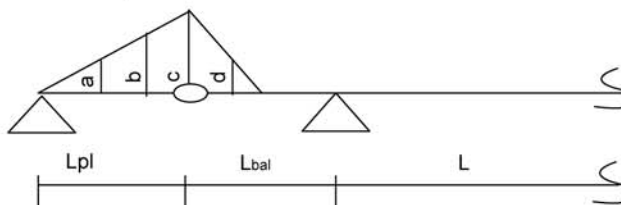
$P = 6 * \varphi * (c + d)$        $P (tf) = 5.523$   
 $q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$        $q (tf/m) = 1.510$

4.2 - Esforços internos devido ao carregamento do trem-tipo longitudinal

$$\begin{aligned} L_{pl} \text{ (m)} &= 3.000 \\ L_{bal} \text{ (m)} &= 3.000 \\ L \text{ (m)} &= 24.000 \end{aligned}$$

Linha de Influência Momento Fletor

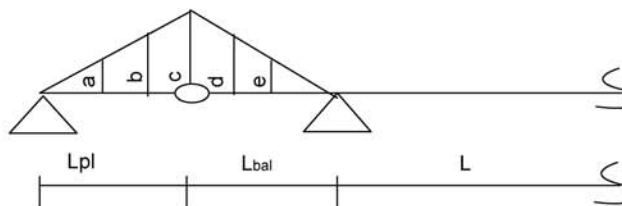
LI Momento S<sub>1/2</sub> balanço



$$\begin{aligned} a &= (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl}) & a &= 0.000 \\ b &= (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl}) & b &= 0.750 \\ c &= 0,50 * L_{bal} & c &= 1.500 \\ d &= (0,5 * L_{bal} - 1,50) * [c / (0,50 * L_{bal})] & d &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{1/2\_min} &= -p * [c * (L_{pl} + 0,50 * L_{bal}) * 0,50] - P * \text{maior} (a + b + c; b + c + d) \\ M_{1/2\_max} &= 0 \end{aligned}$$

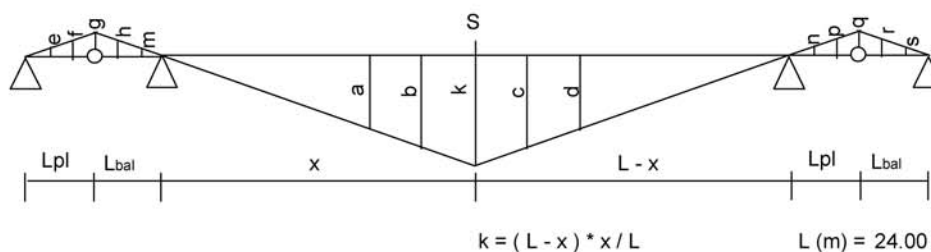
LI Momento S<sub>0</sub>



$$\begin{aligned} a &= (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl}) & a &= 0.000 \\ b &= (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl}) & b &= 1.500 \\ c &= L_{bal} & c &= 3.000 \\ d &= (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal}) & d &= 1.500 \\ e &= (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal}) & e &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S0\_min} &= -p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) * 0,50] - P * [c + \text{maior} (a + b; b + d; d + e)] \\ M_{S0\_max} &= 0 \end{aligned}$$

LI Momento S<sub>1</sub> a S<sub>5</sub>



$$\begin{aligned}
 a &= (x - 3,0) * (L - x) / L & f &= (L_{pl} - 1,50) * (g / L_{pl}) & p &= (L_{bal} - 1,50) * (q / L_{bal}) \\
 b &= (x - 1,5) * (L - x) / L & g &= L_{bal} * (k / x) & q &= L_{bal} * [k / (L - x)] \\
 c &= [(L - x) - 1,5] * x / L & h &= (L_{bal} - 1,50) * (g / L_{bal}) & r &= (L_{pl} - 1,50) * (q / L_{pl}) \\
 d &= [(L - x) - 3,0] * x / L & m &= (L_{bal} - 3,00) * (m / L_{bal}) & s &= (L_{pl} - 3,00) * (q / L_{pl}) \\
 e &= (L_{pl} - 3,00) * (g / L_{pl}) & n &= (L_{bal} - 3,00) * (q / L_{bal})
 \end{aligned}$$

Seção	x (m)	k	a	b	c	d
S1	2.4	2.160	-0.540	0.810	2.010	1.860
S2	4.80	3.840	1.440	2.640	3.540	3.240
S3	7.20	5.040	2.940	3.990	4.590	4.140
S4	9.60	5.760	3.960	4.860	5.160	4.560
S5	12.00	6.000	4.500	5.250	5.250	4.500

$$M_{max} = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

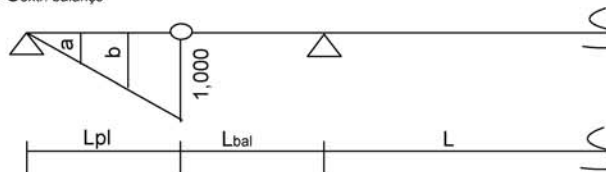
Seção	x (m)	e	f	g	h	m
S1	2.40	0.000	1.350	2.700	1.350	0.000
S2	4.80	0.000	1.200	2.400	1.200	0.000
S3	7.20	0.000	1.050	2.100	1.050	0.000
S4	9.60	0.000	0.900	1.800	0.900	0.000
S5	12.00	0.000	0.750	1.500	0.750	0.000

Seção	x (m)	n	p	q	r	s
S1	2.40	0.000	0.150	0.300	0.150	0.000
S2	4.80	0.000	0.300	0.600	0.300	0.000
S3	7.20	0.000	0.450	0.900	0.450	0.000
S4	9.60	0.000	0.600	1.200	0.600	0.000
S5	12.00	0.000	0.750	1.500	0.750	0.000

$$M_{min} = -P * [\text{maior}(e + f + g; f + g + h; g + h + m; n + p + q; p + q + r; q + r + s)] - p * [(L + L_{bal}) * (g + q) / 2]$$

Linha de Influência de Esforço Cortante

LI Cortante  $S_{extr. \text{ balanço}}$

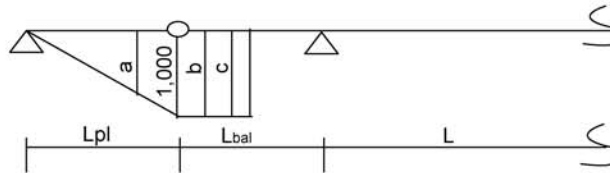


$$\begin{aligned}
 a &= (L_{pl} - 3,00) / L_{pl} & a &= 0,000 \\
 b &= (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} & b &= 0,500
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{extr\_max} &= p * L_{pl} / 2 + P * (a + b + 1,000) \\
 Q_{extr\_min} &= 0
 \end{aligned}$$



LI Cortante S<sub>1/2</sub>. balanço



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} \qquad a = 0.500$$

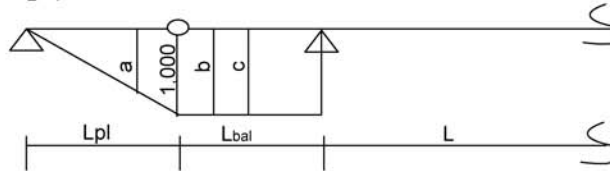
$$b = 1.000$$

$$c = 1.000$$

$$Q_{1/2bal\_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal} / 2) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b ; b + c)]$$

$$Q_{1/2bal\_min} = 0$$

LI Cortante S<sub>0</sub>.esq



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} \qquad a = 0.500$$

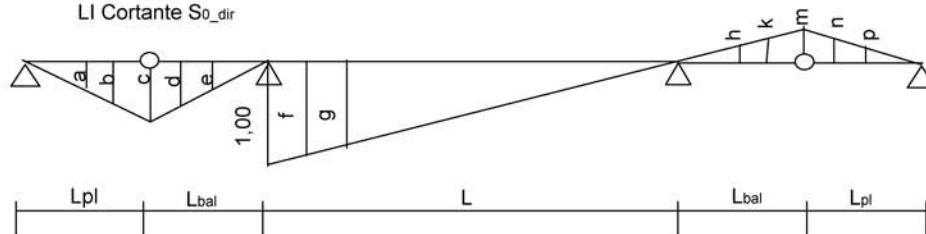
$$b = 1.000$$

$$c = 1.000$$

$$Q_{S0esq\_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal}) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b ; b + c)]$$

$$Q_{S0esq\_min} = 0$$

LI Cortante S<sub>0</sub>.dir



$$a = (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl} \qquad g = (L - 3,00) * (1,000 / L)$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl} \qquad h = (L_{bal} - 3,00) * m / L_{bal}$$

$$c = L_{bal} * (1 / L) \qquad k = (L_{bal} - 1,50) * m / L_{bal}$$

$$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal}) \qquad m = L_{bal} * (1 / L)$$

$$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal}) \qquad n = (L_{pl} - 1,50) * m / L_{pl}$$

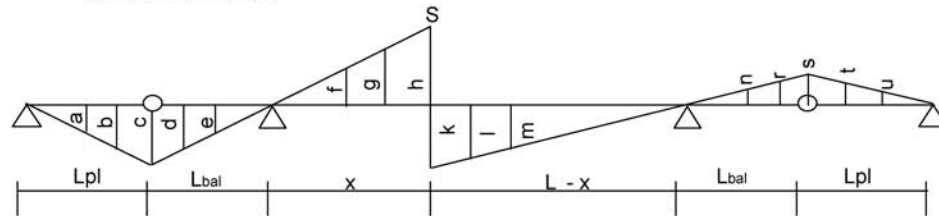
$$f = (L - 1,50) * (1,000 / L) \qquad p = (L_{pl} - 3,00) * m / L_{pl}$$

a = 0.000	e = 0.000	k = 0.008
b = 0.063	f = 0.938	m = 0.125
c = 0.125	g = 0.875	n = 0.008
d = 0.063	h = 0.000	p = 0.000

$$Q_{S0dir\_max} = p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + 1,000 * L / 2] + P * [\text{maior}(a + b + c ; b + c + d ; c + d + e ; 1,000 + f + g)]$$

$$Q_{S0dir\_min} = - p * m * (L_{bal} + L_{pl}) / 2 - P * \text{maior}(h + k + m ; k + n + m ; m + n + p)$$

LI Cortante S1 a S5



$$\begin{aligned}
 a &= (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl} & f &= (x - 3,00) * h / x & m &= (L - x - 3,00) * k / (L - x) \\
 b &= (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl} & g &= (x - 1,5) * h / x & n &= (L_{bal} - 3,00) * s / L_{bal} \\
 c &= L_{bal} * h / x & h &= x / L & r &= (L_{bal} - 1,50) * s / L_{bal} \\
 d &= (L_{bal} - 1,50) * c / L_{bal} & k &= (L - x) / L & s &= L_{bal} * k / (L - x) \\
 e &= (L_{bal} - 3,00) * c / L_{bal} & l &= (L - x - 1,50) * k / (L - x) & t &= (L_{pl} - 1,50) * s / L_{pl} \\
 & & & & u &= (L_{pl} - 3,00) * s / L_{pl}
 \end{aligned}$$

$L (m) = 24.000$

$L_{pl} (m) = 3.000$   
 $L_{bal} (m) = 3.000$

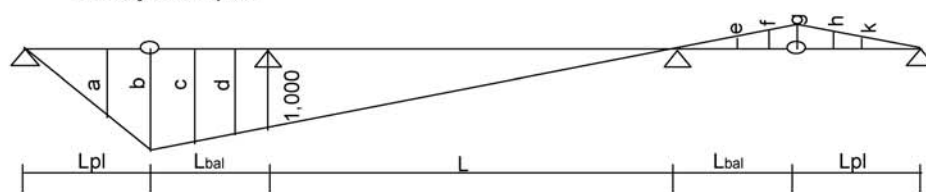
Seção	x (m)	a	b	c	d	e	k	l	m
S1	2.40	0.000	0.063	0.125	0.063	0.000	0.900	0.838	0.775
S2	4.80	0.000	0.063	0.125	0.063	0.000	0.800	0.738	0.675
S3	7.20	0.000	0.063	0.125	0.063	0.000	0.700	0.638	0.575
S4	9.60	0.000	0.063	0.125	0.063	0.000	0.600	0.538	0.475
S5	12.00	0.000	0.063	0.125	0.063	0.000	0.500	0.438	0.375

$e ; k + l + m) + p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + k * (L - x) / 2]$

Seção	x (m)	f	g	h	n	r	s	t	u
S1	2.40	-0.025	0.038	0.100	0.000	0.063	0.125	0.063	0.000
S2	4.80	0.075	0.138	0.200	0.000	0.063	0.125	0.063	0.000
S3	7.20	0.175	0.238	0.300	0.000	0.063	0.125	0.063	0.000
S4	9.60	0.275	0.338	0.400	0.000	0.063	0.125	0.063	0.000
S5	12.00	0.375	0.438	0.500	0.000	0.063	0.125	0.063	0.000

$s + t ; s + t + u) - p * [s * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + h * x / 2]$

LI Reação de apoio



$$\begin{aligned}
 a &= (L_{pl} - 1,50) * b / L_{pl} & f &= (L_{bal} - 1,50) * g / L_{bal} & a &= 0.563 & f &= 0.063 \\
 b &= (L_{bal} + L) * (1 / L) & g &= L_{bal} * (1 / L) & b &= 1.125 & g &= 0.125 \\
 c &= (L_{bal} + L - 1,50) * (1 / L) & h &= (L_{pl} - 1,50) * g / L_{pl} & c &= 1.063 & h &= 0.063 \\
 d &= (L_{bal} + L - 3,00) * (1 / L) & k &= (L_{pl} - 3,00) * g / L_{pl} & d &= 1.000 & k &= 0.000 \\
 e &= (L_{bal} - 3,00) * g / L_{bal} & & & e &= 0.000 & &
 \end{aligned}$$

$R_{max} = p * [b * (L_{pl} + L_{bal} + L) / 2] + P * [maior (a + b + c ; b + c + d)]$   
 $R_{min} = -p * [g * (L_{pl} + L_{bal}) / 2] - P * [maior (e + f + g ; f + g + h ; g + h + k)]$

**Esforços Viga V1**

$$P \text{ (tf)} = 8.089$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.780$$

$$R_{\max} \text{ (tf)} = 55.82$$

$$R_{\min} \text{ (tf)} = -2.7$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	14.8	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	29.6	0.0	0.0	-24.2
S0 esq	32.3	0.0	0.0	-64.6
S0 dir	44.8	-1.8	0.0	-64.6
S1	38.3	-2.9	94.9	-59.7
S2	32.2	-4.9	167.9	-54.8
S3	26.6	-8.4	219.0	-50.0
S4	21.4	-12.3	250.7	-45.1
S5	16.6	-16.6	261.6	-40.3

**Tensões normais**

$$\sigma_s = M / Ws_{\text{corrente}}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{\text{corrente}}$$

$$\sigma_i = -M / Wi_{\text{corrente}}$$

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0.612	0.919	0.331	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0.612	0.919	0.331	0	0	0	-40	-26	73
0	0.612	0.919	0.331	0	0	0	-105	-70	195
1	0.594	1.003	0.240	160	95	-395	-101	-59	249
2	0.594	1.003	0.240	283	167	-700	-92	-55	229
3	0.594	1.003	0.240	369	218	-913	-84	-50	208
4	0.594	1.003	0.240	422	250	-1044	-76	-45	188
5	0.594	1.003	0.240	440	261	-1090	-68	-40	168

**Esforços Viga V2**

$$P \text{ (tf)} = 5.523$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.510$$

$$R_{\max} \text{ (tf)} = 43.1$$

$$R_{\min} \text{ (tf)} = -1.9$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	10.6	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	21.1	0.0	0.0	-15.0
S0 esq	23.4	0.0	0.0	-46.7
S0 dir	34.2	-1.3	0.0	-46.7
S1	29.1	-2.1	72.5	-43.4
S2	24.4	-3.6	128.3	-40.1
S3	20.0	-6.1	167.4	-36.8
S4	16.0	-9.1	191.6	-33.5
S5	12.3	-12.3	199.9	-30.2

**Tensões normais**

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0.632	0.959	0.334	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0.632	0.959	0.334	0	0	0	-24	-16	45
0	0.632	0.959	0.334	0	0	0	-74	-49	140
1	0.614	1.054	0.242	118	69	-299	-71	-41	179
2	0.614	1.054	0.242	209	122	-530	-65	-38	166
3	0.614	1.054	0.242	273	159	-692	-60	-35	152
4	0.614	1.054	0.242	312	182	-792	-55	-32	138
5	0.614	1.054	0.242	326	190	-826	-49	-29	125

**5-Esforços de Protensão**

Os esforços de protensão foram obtidos com o uso do programa "VEPRO" cuja listagem encontra-se anexa. Os resumos dos esforços em cada etapa de protensão estão resumidos a seguir.

**Primeira etapa de protensão**

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	320.7	15.7	75.9
0 esq	339.1	0.0	110.7
0 dir	339.1	0.0	110.7
1	353.0	-62.5	33.2
2	355.3	-56.3	-142.0
3	358.1	-14.2	-227.1
4	353.1	0.0	-232.8
5	350.9	0.0	-231.4

Tempo T = ∞			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	267.0	13.1	63.2
0 esq	282.1	0.0	92.1
0 dir	282.1	0.0	92.1
1	288.4	-51.0	27.1
2	286.9	-45.5	-114.6
3	280.3	-11.1	-177.7
4	278.2	0.0	-183.4
5	277.9	0.0	-183.2

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Seção	S (m <sup>2</sup> )	Ws (m <sup>3</sup> )	Ws' (m <sup>3</sup> )	Wi (m <sup>3</sup> )	Tempo T = 0		
					$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0.793	-	0.224	0.203	-	0	0
S1/2Bal	0.793	-	0.224	0.203	-	743	31
0	0.793	-	0.224	0.203	-	922	-118
1	0.463	-	0.182	0.165	-	945	561
2	0.463	-	0.182	0.165	-	-13	1628
3	0.463	-	0.182	0.165	-	-474	2150
4	0.463	-	0.182	0.165	-	-516	2174
5	0.463	-	0.182	0.165	-	-514	2160

Seção	S (m <sup>2</sup> )	Ws (m <sup>3</sup> )	Ws' (m <sup>3</sup> )	Wi (m <sup>3</sup> )	Tempo T = ∞		
					$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0.793	-	0.224	0.203	-	0	0
S1/2Bal	0.793	-	0.224	0.203	-	619	25
0	0.793	-	0.224	0.203	-	767	-98
1	0.463	-	0.182	0.165	-	772	459
2	0.463	-	0.182	0.165	-	-10	1314
3	0.463	-	0.182	0.165	-	-371	1682
4	0.463	-	0.182	0.165	-	-407	1712
5	0.463	-	0.182	0.165	-	-406	1711

**Segunda etapa de protensão**

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
S <sub>ExtBal</sub>	0.0	0.0	0.0
S <sub>1/2Bal</sub>	0.0	0.0	0.0
0 esq	0.0	0.0	0.0
0 dir	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	137.8	-36.3	-57.7
4	150.6	-10.3	-137.1
5	155.1	0.0	-147.8

Tempo T = ∞			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
S <sub>ExtBal</sub>	0.0	0.0	0.0
S <sub>1/2Bal</sub>	0.0	0.0	0.0
0 esq	0.0	0.0	0.0
0 dir	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	113.3	-29.8	-47.4
4	113.5	-7.7	-103.4
5	117.4	0.0	-111.8

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Tempo T = 0							
Seção	S (m <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	W <sub>s</sub> ' (m <sup>3</sup> )	W <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	σ <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ <sub>i</sub> (tf/m <sup>2</sup> )
S <sub>ExtBal</sub>	1.298	0.612	0.919	0.331	0	0	0
S <sub>1/2Bal</sub>	1.298	0.612	0.919	0.331	0	0	0
0	1.298	0.612	0.919	0.331	0	0	0
1	0.968	0.594	1.003	0.240	0	0	0
2	0.968	0.594	1.003	0.240	0	0	0
3	0.968	0.594	1.003	0.240	45	85	383
4	0.968	0.594	1.003	0.240	-75	19	727
5	0.968	0.594	1.003	0.240	-89	13	776

Tempo T = ∞							
Seção	S (m <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	W <sub>s</sub> ' (m <sup>3</sup> )	W <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	σ <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ <sub>i</sub> (tf/m <sup>2</sup> )
S <sub>ExtBal</sub>	1.298	0.612	0.919	0.331	0	0	0
S <sub>1/2Bal</sub>	1.298	0.612	0.919	0.331	0	0	0
0	1.298	0.612	0.919	0.331	0	0	0
1	0.968	0.594	1.003	0.240	0	0	0
2	0.968	0.594	1.003	0.240	0	0	0
3	0.968	0.594	1.003	0.240	37	70	315
4	0.968	0.594	1.003	0.240	-57	14	548
5	0.968	0.594	1.003	0.240	-67	10	587

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA  
=====

1

VIGA DE 30.00m - Viga de Bordo - 1a. Protensão

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

24.00      3.00      3.00

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2      FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2      ASP= 6.05 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2      ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25      DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	.793	.159	.224	.203	.783
0	.793	.159	.224	.203	.783
1	.463	.130	.182	.165	.788
2	.463	.130	.182	.165	.788
3	.463	.130	.182	.165	.788
4	.463	.130	.182	.165	.788
5	.463	.130	.182	.165	.788

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C1

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 1.85 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .50 /FINAL= .50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 11

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	APOS CRAV.
-1	1.37	3.50	14153.	11174.
0	1.40	.00	13887.	11441.
1	1.25	-7.00	13388.	11939.
2	.80	-12.50	12993.	12335.
3	.31	-8.00	12664.	12664.
4	.20	.00	12156.	12156.
5	.20	.00	12084.	12084.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C2

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 1.85 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 11

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.19	6.00	14184.	11575.
0	1.25	.00	13766.	11994.
1	1.09	-8.00	13214.	12545.
2	.55	-12.50	12880.	12880.
3	.21	-2.50	12256.	12256.
4	.20	.00	12051.	12051.
5	.20	.00	11979.	11979.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 3 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C3

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 1.85 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .50 /FINAL= .50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 11

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.01	7.50	14153.	10359.
0	1.15	.00	13646.	10866.
1	.89	-9.00	13042.	11470.
2	.34	-10.50	12880.	11632.
3	.08	-.50	12256.	12256.
4	.08	.00	12156.	12156.
5	.08	.00	12084.	12084.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 4 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C4

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 1.85 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.50 /FINAL= 1.50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 11

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.84	8.50	14092.	11167.
0	.95	.00	13528.	11731.
1	.71	-10.50	12845.	12414.
2	.16	-8.00	12629.	12629.
3	.08	.00	12123.	12123.
4	.08	.00	12051.	12051.
5	.08	.00	11979.	11979.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 5 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C5

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 1.85 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 11

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.66	-12.00	14184.	10732.
0	.80	.00	13410.	11506.
1	.47	-15.50	12458.	12458.
2	.08	-1.00	11625.	11625.
3	.08	.00	11505.	11505.
4	.08	.00	11436.	11436.
5	.08	.00	11368.	11368.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 297.2 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.24	4.95	10705.7
0	.33	5.00	11210.4
1	.09	4.92	11866.5
2	-.40	4.93	11920.5
3	-.63	4.99	11862.6
4	-.66	5.00	11672.8
5	-.66	5.00	11601.2

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	320.7	15.7	75.9	743.1	30.7	.0	.0	.0
0	339.1	.0	110.7	922.0	-117.8	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	353.0	-62.5	33.2	944.7	561.5	.0	.0	.0
2	355.3	-56.3	-142.0	-12.7	1627.6	.0	.0	.0
3	358.1	-14.2	-227.1	-474.2	2149.5	.0	.0	.0
4	353.1	.0	-232.8	-516.6	2173.6	.0	.0	.0
5	350.9	.0	-231.4	-513.4	2160.3	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-14.0	16.0	-53.0	59.0
0	-49.0	54.0	-120.0	132.0
1	109.0	-121.0	38.0	-42.0
2	237.0	-262.0	183.0	-201.0
3	329.0	-363.0	288.0	-317.0
4	384.0	-424.0	353.0	-389.0
5	402.0	-444.0	378.0	-417.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO



TEMPO T=0

NOTAS :  
 1) TENSÕES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2  
 2) COMPRESSÃO = + / TRACAO = -  
 3) F1=P+G1  
 F2=F1+G2

SECAO		F1	F2
-1	S	729.1	676.1
-1	I	46.7	105.7
0	S	873.0	753.0
0	I	-63.8	68.2
1	S	1053.7	1091.7
1	I	440.5	398.5
2	S	224.3	407.3
2	I	1365.6	1164.6
3	S	-145.2	142.8
3	I	1786.5	1469.5
4	S	-132.6	220.4
4	I	1749.6	1360.6
5	S	-111.4	266.6
5	I	1716.3	1299.3

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-1	482.8	680.3	630.0	1793.1	8912.6
0	474.5	780.7	630.0	1885.2	9325.2
1	468.3	1075.2	630.0	2173.5	9693.0
2	442.7	1221.9	630.0	2294.6	9626.0
3	405.8	1542.0	630.0	2577.8	9284.8
4	401.2	1443.9	630.0	2475.1	9197.6
5	401.2	1384.3	630.0	2415.6	9185.6

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	267.0	13.1	63.2	618.6	25.5	.0	.0	.0
0	282.1	.0	92.1	766.9	-98.0	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	288.4	-51.0	27.1	771.7	458.6	.0	.0	.0
2	286.9	-45.5	-114.6	-10.2	1314.3	.0	.0	.0
3	280.3	-11.1	-177.7	-371.1	1682.4	.0	.0	.0
4	278.2	.0	-183.4	-407.0	1712.7	.0	.0	.0
5	277.9	.0	-183.2	-406.5	1710.5	.0	.0	.0

1

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

TENSÕES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-14.0	16.0	-53.0	59.0
0	-49.0	54.0	-120.0	132.0
1	109.0	-121.0	38.0	-42.0
2	237.0	-262.0	183.0	-201.0
3	329.0	-363.0	288.0	-317.0

1	4	384.0	-424.0	353.0	-389.0
	5	402.0	-444.0	378.0	-417.0

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

=====

TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2  
 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -  
 3)F1=P+G1  
 F2=F1+G2

SECAO		F1	F2
-1	S	604.6	551.6
-1	I	41.5	100.5
0	S	717.9	597.9
0	I	-44.0	88.0
1	S	880.7	918.7
1	I	337.6	295.6
2	S	226.8	409.8
2	I	1052.3	851.3
3	S	-42.1	245.9
3	I	1319.4	1002.4
4	S	-23.0	330.0
4	I	1288.7	899.7
5	S	-4.5	373.5
5	I	1266.5	849.5

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

=====

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	97.	97.	195.
2	96.	96.	192.
3	96.	96.	192.
4	95.	95.	190.
5	91.	91.	182.

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA  
=====

1

VIGA DE 30.00m - Viga de Bordo - 2a. Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

24.00      3.00      3.00

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2      FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2      ASP= 6.05 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2      ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25      DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	1.298	.365	.919	.331	1.103
0	1.298	.365	.919	.331	1.103
1	.968	.291	1.003	.240	1.213
2	.968	.291	1.003	.240	1.213
3	.968	.291	1.003	.240	1.213
4	.968	.291	1.003	.240	1.213
5	.968	.291	1.003	.240	1.213

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C6

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 3.40 /FINAL= 3.40 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	PERDAS APOS CRAV.
3	.59	-15.00	14129.	11874.
4	.20	.00	13155.	12848.
5	.20	.00	13076.	12927.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

GRUPO DE CABOS NUM. 2 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C7

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.90 /FINAL= 1.90 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .50 /FINAL= .50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
3	1.00	-14.50	14152.	11723.
4	.41	-8.00	13674.	12201.
5	.32	.00	13126.	12749.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 21.6 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.00	.00	-21.6
0	.00	.00	-21.6
1	.00	.00	-21.6
2	.00	.00	-21.6
3	-.42	1.93	11776.9
4	-.91	1.99	12504.7
5	-.95	2.00	12816.5

1

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORÇO NORMAL PROT (T)	ESFORÇO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF (T/M2)
-1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	137.8	-36.3	-57.7	84.9	382.7	.0	.0	.0
4	150.6	-10.3	-137.1	18.8	726.9	.0	.0	.0
5	155.1	.0	-147.8	12.9	775.9	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	FASE 2 1ª PROT.		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	676.1	105.7	-8.0	22.0	.0	.0	-26.0	73.0
0	753.0	68.2	-18.0	51.0	.0	.0	-70.0	195.0
1	1091.7	398.5	11.0	-47.0	95.0	-395.0	-59.0	249.0
2	407.3	1164.6	33.0	-139.0	167.0	-700.0	-55.0	229.0
3	142.8	1469.5	49.0	-204.0	218.0	-913.0	-50.0	208.0
4	220.4	1360.6	58.0	-244.0	250.0	-1044.0	-45.0	188.0
5	266.6	1299.3	61.0	-257.0	261.0	-1090.0	-40.0	168.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F3=F2+2ªPROT.
- F4=F3+G3
- F5=F4+I.QMAX
- F6=F4+I.QMIN

SECAO		F3	F4	F5	F6
-1	S	676.1	668.1	668.1	642.1
-1	I	105.7	127.7	127.7	200.7
0	S	753.0	735.0	735.0	665.0
0	I	68.2	119.2	119.2	314.2
1	S	1091.7	1102.7	1197.7	1043.7
1	I	398.5	351.5	-43.5	600.5
2	S	407.3	440.3	607.3	385.3
2	I	1164.6	1025.6	325.6	1254.6
3	S	227.7	276.7	494.7	226.7
3	I	1852.2	1648.2	735.2	1856.2
4	S	239.2	297.2	547.2	252.2
4	I	2087.5	1843.5	799.5	2031.5
5	S	279.5	340.5	601.5	300.5
5	I	2075.2	1818.2	728.2	1986.2

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-1	526.5	.0	630.0	1156.5	-1178.1
0	526.5	.0	630.0	1156.5	-1178.1
1	526.5	.0	630.0	1156.5	-1178.1
2	526.5	.0	630.0	1156.5	-1178.1
3	508.3	958.9	630.0	2097.2	9679.7
4	484.1	1963.0	630.0	3077.1	9427.7
5	481.2	2005.9	630.0	3117.1	9699.5

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF (T/M2)
-1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	113.3	-29.8	-47.4	69.7	314.5	.0	.0	.0
4	113.5	-7.7	-103.4	14.2	548.0	.0	.0	.0
5	117.4	.0	-111.8	9.7	587.2	.0	.0	.0

1

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	FASE 2 1ª PROT.		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	551.6	100.5	-8.0	22.0	.0	.0	-26.0	73.0
0	597.9	88.0	-18.0	51.0	.0	.0	-70.0	195.0
1	918.7	295.6	11.0	-47.0	95.0	-395.0	-59.0	249.0

	2	409.8	851.3	33.0	-139.0	167.0	-700.0	-55.0	229.0
	3	245.9	1002.4	49.0	-204.0	218.0	-913.0	-50.0	208.0
	4	330.0	899.7	58.0	-244.0	250.0	-1044.0	-45.0	188.0
1	5	373.5	849.5	61.0	-257.0	261.0	-1090.0	-40.0	168.0

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

=====

TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F3=F2+2ªPROT.  
F4=F3+G3  
F5=F4+I.QMAX  
F6=F4+I.QMIN

SECAO		F3	F4	F5	F6
-1	S	551.6	543.6	543.6	517.6
-1	I	100.5	122.5	122.5	195.5
0	S	597.9	579.9	579.9	509.9
0	I	88.0	139.0	139.0	334.0
1	S	918.7	929.7	1024.7	870.7
1	I	295.6	248.6	-146.4	497.6
2	S	409.8	442.8	609.8	387.8
2	I	851.3	712.3	12.3	941.3
3	S	315.6	364.6	582.6	314.6
3	I	1316.9	1112.9	199.9	1320.9
4	S	344.2	402.2	652.2	357.2
4	I	1447.7	1203.7	159.7	1391.7
5	S	383.2	444.2	705.2	404.2
5	I	1436.7	1179.7	89.7	1347.7

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

=====

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	52.	52.	103.
2	41.	41.	83.

6-Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga de bordo

Fases de verificação das tensões

F1 = G1 + 1ª Protensão

F3 = F2 + 2ª Protensão

F5 = F4 + CM<sub>mínima</sub>

F2 = F1 + G2

F4 = F3 + G3

F6 = F4 + CM<sub>máxima</sub>

Tempo T = 0

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-14	743	729	-53	675	0	675
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	16	31	46	59	105	0	105
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-49	922	873	-120	754	0	754
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	54	-118	-64	132	68	0	68
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	109	945	1054	38	1092	0	1092
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-121	561	441	-42	399	0	399
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	237	-13	225	183	407	0	407
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-262	1628	1366	-201	1165	0	1165
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	45	45
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	329	-474	-145	288	142	85	227
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-363	2150	1787	-317	1470	383	1852
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-75	-75
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	384	-516	-132	353	220	19	239
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-424	2174	1750	-389	1361	727	2088
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-89	-89
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	402	-514	-111	378	266	13	279
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-444	2160	1717	-417	1300	776	2076

Seção		G3	Fase 4	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 5	Fase 6
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-12	-12	-40	0	-51	-12
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-8	668	-26	0	641	668
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	22	127	73	0	200	127
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-28	-28	-105	0	-133	-28
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-18	735	-70	0	665	735
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	51	119	195	0	314	119
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	19	19	-101	160	-81	179
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	11	1103	-59	95	1044	1198
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-47	352	249	-395	600	-44
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	56	56	-92	283	-36	339
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	33	440	-55	167	386	608
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-139	1026	229	-700	1254	326
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	83	128	-84	369	44	497
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	49	276	-50	218	226	494
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-204	1648	208	-913	1856	735
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	98	23	-76	422	-53	445
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	58	297	-45	250	252	547
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-244	1844	188	-1044	2032	800
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	104	15	-68	440	-53	456
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	61	341	-40	261	301	601
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-257	1819	168	-1090	1987	729

**Tempo T = 00**

Fase 7 = Fase4 +  $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma = \sigma_{T=00} - \sigma_{T=0}$

F8 = F7 + CM<sub>mínima</sub>

F9 = F7 + CM<sub>máxima</sub>

**1ª prot**

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	-	0	0	-	0	0	-	0	0
S1/2Bal	-	619	25	-	743	31	-	-124	-5
0	-	767	-98	-	922	-118	-	-155	20
1	-	772	459	-	945	561	-	-173	-103
2	-	-10	1314	-	-13	1628	-	3	-314
3	-	-371	1682	-	-474	2150	-	103	-467
4	-	-407	1712	-	-516	2174	-	110	-461
5	-	-406	1711	-	-514	2160	-	107	-450

**2ª prot**

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	37	70	315	45	85	383	-8	-15	-68
4	-57	14	548	-75	19	727	18	-5	-179
5	-67	10	587	-89	13	776	22	-3	-189

**Perda total de protensão**

Seção	$\Delta\sigma_{total}$		
	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	0	-124	-5
0	0	-155	20
1	0	-173	-103
2	0	3	-314
3	-8	88	-536
4	18	105	-640
5	22	104	-639



Tempo T = 00

Seção		Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 8	Fase 9
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-12	0	-12	-40	0	-51	-12
	$\sigma^s$ (tf/m <sup>2</sup> )	668	-124	543	-26	0	517	543
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	127	-5	122	73	0	195	122
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-28	0	-28	-105	0	-133	-28
	$\sigma^s$ (tf/m <sup>2</sup> )	735	-155	580	-70	0	510	580
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	119	20	139	195	0	334	139
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	19	0	19	-101	160	-81	179
	$\sigma^s$ (tf/m <sup>2</sup> )	1103	-173	930	-59	95	871	1025
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	352	-103	249	249	-395	498	-146
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	56	0	56	-92	283	-36	339
	$\sigma^s$ (tf/m <sup>2</sup> )	440	3	443	-55	167	389	611
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1026	-314	712	229	-700	940	12
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	128	-8	120	-84	369	36	489
	$\sigma^s$ (tf/m <sup>2</sup> )	276	88	364	-50	218	315	583
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1648	-536	1112	208	-913	1321	200
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	23	18	42	-76	422	-34	464
	$\sigma^s$ (tf/m <sup>2</sup> )	297	105	402	-45	250	357	652
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1844	-640	1204	188	-1044	1392	160
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	15	22	37	-68	440	-31	477
	$\sigma^s$ (tf/m <sup>2</sup> )	341	104	445	-40	261	405	706
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1819	-639	1181	168	-1090	1348	91

7-Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga central

Fases de verificação das tensões

F1 = G1 + 1ª Protensão  
F2 = F1 + G2

F3 = F2 + 2ª Protensão  
F4 = F3 + G3

F5 = F4 + CM<sub>mínima</sub>  
F6 = F4 + CM<sub>máxima</sub>

Tempo T = 0

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-14	743	729	-33	696	0	696
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	16	31	46	36	83	0	83
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-49	922	873	-79	794	0	794
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	54	-118	-64	87	23	0	23
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	109	945	1054	101	1155	0	1155
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-121	561	441	-112	329	0	329
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	237	-13	225	258	483	0	483
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-262	1628	1366	-285	1081	0	1081
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	45	45
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	329	-474	-145	373	228	85	313
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-363	2150	1787	-412	1375	383	1758
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-75	-75
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	384	-516	-132	446	314	19	333
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-424	2174	1750	-492	1258	727	1984
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-89	-89
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	402	-514	-111	477	366	13	379
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-444	2160	1717	-527	1190	776	1966

Seção		G3	Fase 4	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 5	Fase 6
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-7	-7	-24	0	-30	-7
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-4	692	-16	0	676	692
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	12	95	45	0	140	95
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-15	-15	-74	0	-89	-15
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-10	784	-49	0	735	784
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	29	52	140	0	192	52
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	11	11	-71	118	-60	129
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	6	1162	-41	69	1121	1231
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-28	301	179	-299	480	1
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	32	32	-65	209	-33	241
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	19	502	-38	122	463	623
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-81	1000	166	-530	1166	470
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	47	92	-60	273	32	365
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	27	340	-35	159	305	499
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-119	1639	152	-692	1791	947
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	56	-19	-55	312	-74	293
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	33	365	-32	182	334	547
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-142	1843	138	-792	1981	1051
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	59	-30	-49	326	-79	296
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	34	413	-29	190	385	603
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-149	1817	125	-826	1941	991

**Tempo T = 00**

Fase 7 = Fase4 +  $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$

F8 = F7 + CM<sub>mínima</sub>

F9 = F7 + CM<sub>máxima</sub>

**1ª prot**

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	-	0	0	-	0	0	-	0	0
S1/2Bal	-	619	25	-	743	31	-	-124	-5
0	-	767	-98	-	922	-118	-	-155	20
1	-	772	459	-	945	561	-	-173	-103
2	-	-10	1314	-	-13	1628	-	3	-314
3	-	-371	1682	-	-474	2150	-	103	-467
4	-	-407	1712	-	-516	2174	-	110	-461
5	-	-406	1711	-	-514	2160	-	107	-450

**2ª prot**

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	37	70	315	45	85	383	-8	-15	-68
4	-57	14	548	-75	19	727	18	-5	-179
5	-67	10	587	-89	13	776	22	-3	-189

**Perda total de protensão**

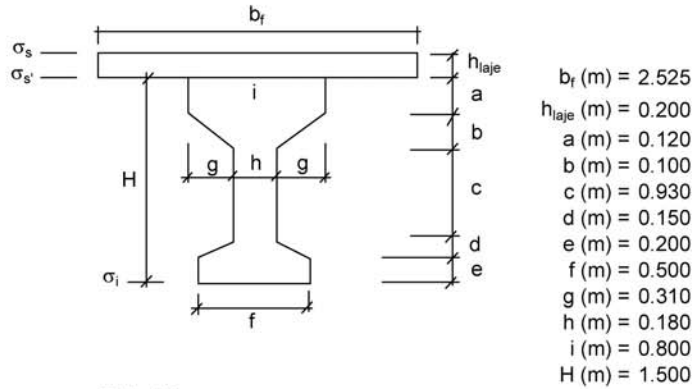
Seção	$\Delta\sigma_{total}$		
	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	0	-124	-5
0	0	-155	20
1	0	-173	-103
2	0	3	-314
3	-8	88	-536
4	18	105	-640
5	22	104	-639

**Tempo T = 00**

Seção		Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 8	Fase 9
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-7	0	-7	-24	0	-30	-7
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	692	-124	567	-16	0	552	567
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	95	-5	90	45	0	135	90
		0					0	0
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-15	0	-15	-74	0	-89	-15
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	784	-155	629	-49	0	580	629
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	52	20	72	140	0	212	72
		0					0	0
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	11	0	11	-71	118	-60	129
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	1162	-173	989	-41	69	948	1058
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	301	-103	198	179	-299	378	-101
		0					0	0
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	32	0	32	-65	209	-33	241
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	502	3	504	-38	122	466	626
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1000	-314	686	166	-530	852	156
		0					0	0
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	92	-8	84	-60	273	24	357
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	340	88	428	-35	159	394	587
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1639	-536	1103	152	-692	1255	412
		0					0	0
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-19	18	-1	-55	312	-56	311
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	365	105	470	-32	182	438	652
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1843	-640	1203	138	-792	1341	411
		0					0	0
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-30	22	-8	-49	326	-57	317
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	413	104	518	-29	190	489	707
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1817	-639	1178	125	-826	1303	352

**8-Verificação do Estado Limite Ultimo (Verificação à Ruptura da Seção S<sub>5</sub>)**

**Verificação da Seção do Meio do Vão (S<sub>5</sub>)**



Materiais:

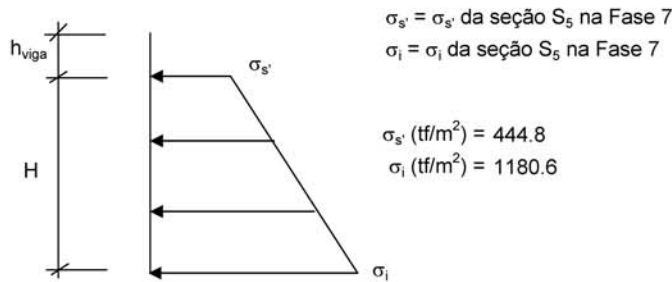
Concreto:  $f_{ck}$  (MPa) = 30.0

$E_c$  (kgf/cm<sup>2</sup>) = 330,000

Aço: CP-190-RB

$E_{sp}$  (kgf/cm<sup>2</sup>) = 1,950,000

**Tensões de peso próprio + protensão em  $t = \infty$**



**Tensões no aço de protensão após as perdas ( $t = \infty$ )**

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} = \sigma_{sp}^{t=\infty, 1^{\circ}prot.} + \sigma_{sp}^{t=\infty, 2^{\circ}prot.} \quad \sigma_{sp}^{t=\infty} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 95,391$$

**Solicitações atuantes na seção S<sub>5</sub>**

$$M_{g1} \text{ (tf.m)} = 73.2$$

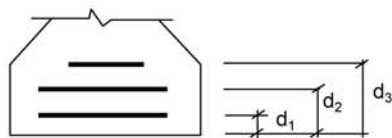
$$M_{g2} \text{ (tf.m)} = 68.7$$

$$M_{g3} \text{ (tf.m)} = 61.6$$

$$M_p \text{ (tf.m)} = 261.6$$

**Cálculo do C.G. da armadura de protensão**





1ª camada:

$$n^{\circ} \text{ cabos} = 3$$

$$d_1 \text{ (m)} = 0.08$$

$$\text{C.G (cm)} = 0.166$$

2ª camada:

$$n^{\circ} \text{ cabos} = 3$$

$$d_2 \text{ (m)} = 0.2$$

3ª camada:

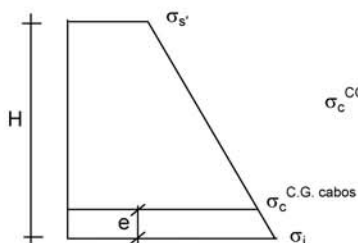
$$n^{\circ} \text{ cabos} = 1$$

$$d_3 \text{ (m)} = 0.32$$

**Cálculo do pré-alongamento da armadura**

$$\epsilon_{sp}^{\text{pré-along.}} = \sigma_{sp}^{t=00} / E_{sp} \quad \epsilon_{sp}^{\text{pré-along.}} = 0.0049$$

**Cálculo da deformação específica devida a descompressão do concreto**



$$\sigma_c^{\text{C.G. cabos}} = [(H - e) * (\sigma_i - \sigma_s') / H] + \sigma_s'$$

$$\sigma_c^{\text{C.G. cabos}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1099.3$$

$$\epsilon_{sp}^{\text{descomp.}} = \sigma_c^{\text{C.G. cabos}} / E_c \quad \epsilon_{sp}^{\text{descomp.}} = 0.00033$$

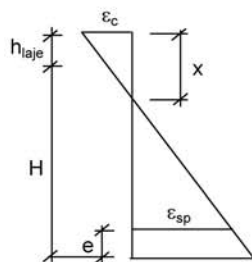
$$e \text{ (m)} = 0.166$$

**1ª Tentativa:**

Deformada admitida para a seção  $S_s$

$$\epsilon_c \text{ (‰)} = 3.5$$

$$\epsilon_{sp} \text{ (‰)} = 10.0$$



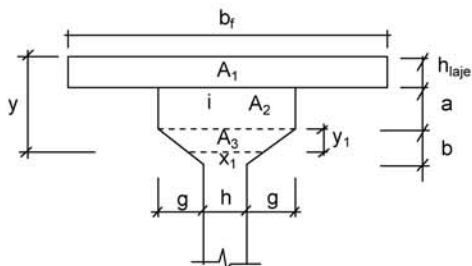
$$x = [\epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_{sp})] * [H - e + h_{laje}]$$

$$x \text{ (m)} = 0.398$$

$$y = 0,8 * x$$

$$y \text{ (m)} = 0.318$$

**Cálculo da resultante de compressão**



- $b_f$  (m) = 2.525
- $h_{laje}$  (m) = 0.200
- $a$  (m) = 0.120
- $b$  (m) = 0.100
- $g$  (m) = 0.310
- $h$  (m) = 0.180
- $i$  (m) = 0.800
- $y_1$  (m) = -0.002
- $x_1$  (m) = 0.811
- $y$  (m) = 0.318

$$R_{cc} = 0,85 * f_{cd} * (A_1 + A_2 + A_3) / 1,4$$

- $A_1$  (m<sup>2</sup>) = 0.505
- $A_2$  (m<sup>2</sup>) = 0.095
- $A_3$  (m<sup>2</sup>) = 0.000

$$R_{cc} \text{ (tf)} = 1092.1$$

**Cálculo da resultante de tração**

$$\epsilon_{sp}^{total} = \epsilon_{sp}^{pré-along.} + \epsilon_{sp}^{descomp.} + \epsilon_{sp}$$

$$\epsilon_{sp}^{total} \text{ (‰)} = 15.22$$

Da tabela do livro de concreto protendido do Prof. Walter do Couto Pfeil tem-se:

$$\sigma_{sp} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 15,722$$

$$A_{sp}^{1cabo\ 6\phi\ 12,7} \text{ (cm}^2\text{)} = 5.92$$

$$A_{sp}^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 41.4$$

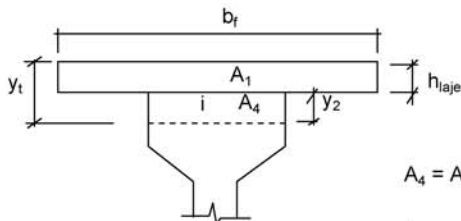
$$R_{st} = A_{sp}^{total} * \sigma_{sp}$$

$$R_{st} \text{ (tf)} = 651.5$$

Como  $R_{st} < R_{cc}$ , devemos diminuir o valor de  $x$  para reduzir a mesa de compressão e conseqüentemente  $R_{cc}$ .

Logo devemos ter:

$$R_{cc} = R_{st} \text{ (tf)} = 651.5$$



$$A_c^{total} = A_1 + A_4 = R_{cc} / (0,85 * f_{cd})$$

$$A_1 \text{ (m}^2\text{)} = 0.505$$

$$A_c^{total} \text{ (m}^2\text{)} = 0.358$$

$$A_4 = A_c^{total} - A_1 \quad A_4 \text{ (m}^2\text{)} = 0.000 \quad (y_t < h_{laje})$$

logo:  $y_2 \text{ (m)} = 0.000$

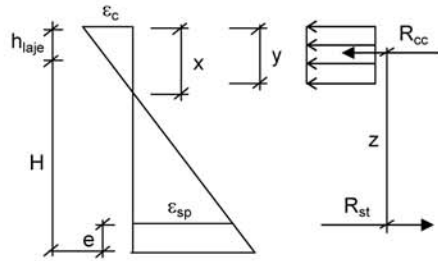
$$y_t \text{ (m)} = 0.1417 \quad y_t < h_{laje}$$

$$x = y_t / 0,8 \quad x \text{ (m)} = 0.177$$

Cálculo do C.G da mesa comprimida

$$y_{C.G.} = \frac{\sum(A_i * y_i)}{\sum A_i}$$

$$y_{C.G.} \text{ (m)} = 0.0708$$



$$z = H + h_{laje} - y_{C.G.} - e$$

$$z \text{ (m)} = 1.463$$

Assim temos:

$$M_u = R_{cc} * z \quad M_u \text{ (tf.m)} = 953.5$$

$$M_d = 1,4 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \quad M_d \text{ (tf.m)} = 651.2$$

Então:  $M_u / M_d = 1.46 > 1,00$  (Atende)  
Ruptura unicamente pelo escoamento do aço



**9- Os quadros a seguir apresentam o cálculo do cisalhamento**
**Esforços cortantes característicos**

$$V_{k,max} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,max}$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 30,0$$

$$V_{k,min} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,min}$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500,0$$

$$\text{onde: } V_{p,k} = V_p^{1^{prot}} + V_p^{2^{prot}} \text{ em tempo } t = \infty$$

Seção	$V_{g1,k}$ (tf)	$V_{g2,k}$ (tf)	$V_{g3,k}$ (tf)	$V_{p,k}$ (tf)	$V_{q,max,k}$ (tf)	$V_{q,min,k}$ (tf)	$V_k^{max}$ (tf)	$V_k^{min}$ (tf)
1/2 bal	-3.6	-8.9	-5.6	13.1	29.6	0.0	9.7	-5.1
0 esq	-6.6	-10.8	-7.3	0.0	32.3	0.0	-24.7	-8.5
0 dir	14.9	15.5	13.1	0.0	44.8	-1.8	65.9	42.6
1	11.1	12.5	10.5	-51.0	38.3	-2.9	-18.4	2.2
2	8.3	9.5	7.8	-45.5	32.2	-4.9	-22.3	-3.7
3	5.6	6.4	5.2	-40.9	26.6	-8.4	-27.8	-10.4
4	2.8	3.4	2.6	-7.7	21.4	-12.3	11.8	-5.0
5	0.0	0.4	0.0	0.0	16.6	-16.6	8.7	-7.9

**Verificação do concreto**

$$\phi_{bainha} \text{ (m)} = 0,055$$

$$V_{sd} = 1,40 * (V_{g1} + V_{g2} + V_{g3}) + 0,90 * V_p + 1,40 * V_q$$

$$V_{rd2} = 0,3 * f_{cd} * b_w * \text{nom} * d$$

$$d = H_{viga} + h_{laje} - 0,15$$

Seção	$V_{sd}$ (tf)	$b_w$ (m)	$\Sigma \phi/2$ (m)	$b_w^{nom}$ (m)	$d$ (m)	$V_{rd2}$ (tf)
1/2 bal	27.8	0.50	0.028	0.500	1.55	465.0
0 esq	-34.6	0.50	0.028	0.500	1.55	465.0
0 dir	123.6	0.50	0.028	0.500	1.55	465.0
1	55.4	0.18	0.028	0.153	1.55	141.8
2	40.1	0.18	0.028	0.153	1.55	141.8
3	24.6	0.18	0.028	0.153	1.55	141.8
4	35.4	0.18	0.028	0.153	1.55	141.8
5	23.8	0.18	0.028	0.153	1.55	141.8

Para todas as seções  $V_{rd2} > V_{sd}$

**Parcela do esforço cortante absorvida pelo concreto**

$$M_{sdu} = 1,40 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3}) + 1,40 * M_q$$

Seção	$M_{g1,k}$	$M_{g2,k}$	$M_{g3,k}$	$M_{q,k}$	$M_{sdu}$ (tf.m)
1/2 bal	-3.2	-12.0	-7.2	-24.2	-65.3
0 esq	-10.9	-26.8	-16.9	-64.6	-166.8
0 dir	-10.9	-26.8	-16.9	-64.6	-166.8
1	19.9	6.9	11.4	94.9	186.2
2	43.2	33.2	33.4	167.9	388.8
3	59.9	52.3	49.1	219.0	532.4
4	69.9	64.2	58.5	250.7	620.5
5	73.2	68.7	61.6	261.6	651.2

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * \text{nom} * d$$

$$\beta_1 = 1 + (M_0 / M_{sdu}) \leq 2$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ MPa}$$

$$M_0 = 0,90 * (\sigma_p^{1^{prot}} * W^{isol} + \sigma_p^{2^{prot}} * W^{conj})$$

$$\tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0,339$$

Seção	$\sigma_p^{1^{\text{a prot.00}}}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$W^{\text{isol.}}$ (m <sup>3</sup> )	$\sigma_p^{2^{\text{a prot.00}}}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$W^{\text{conj.}}$ (m <sup>3</sup> )	$M_o$ (tf.m)	$\beta_1$
1/2 bal	619	0.224	0	0.919	124.76	2.000
0 esq	767	0.224	0	0.919	154.61	1.927
0 dir	767	0.224	0	0.919	154.61	1.927
1	459	0.165	0	0.240	68.11	1.366
2	1314	0.165	0	0.240	195.16	1.502
3	1682	0.165	315	0.240	317.77	1.597
4	1712	0.165	548	0.240	372.67	1.601
5	1711	0.165	587	0.240	380.83	1.585

Seção	$b_w^{\text{nom}}$ (m)	d (m)	$V_{cd}$ (tf)
1/2 bal	0.500	1.550	131.3
0 esq	0.500	1.550	126.5
0 dir	0.500	1.550	126.5
1	0.153	1.550	27.3
2	0.153	1.550	30.1
3	0.153	1.550	32.0
4	0.153	1.550	32.1
5	0.153	1.550	31.7

**Parcela do cortante absorvida pela armadura transversal**

Seção	$V_{sd}$ (tf)	$V_{cd}$ (tf)	$V_{wd}$ (tf)
1/2 bal	27.8	131.3	0.00
0 esq	34.6	126.5	0.00
0 dir	123.6	126.5	0.00
1	55.4	27.3	28.07
2	40.1	30.1	10.02
3	24.6	32.0	0.00
4	35.4	32.1	3.31
5	23.8	31.7	0.00

**Cálculo da taxa volumétrica de armadura transversal**

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{ywd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w)$$

Seção	$b_w$ (m)	$V_{wd}$ (tf)	$A_{sw}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)	$\rho_w$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
1/2 bal	0.50	0.0	0.00	0.00
0 esq	0.50	0.0	0.00	0.00
0 dir	0.50	0.0	0.00	0.00
1	0.18	28.1	4.63	25.71
2	0.18	10.0	1.65	9.18
3	0.18	0.0	0.00	0.00
4	0.18	3.3	0.55	3.03
5	0.18	0.0	0.00	0.00

**Cálculo do Fator de Fadiga**

$$\Delta\sigma_w = (V_{\text{max}} - V_c) / (b_w * d * \rho_w) - (V_{\text{min}} - V_c) / (b_w * d * \rho_w)$$

$$\Delta f_{sd}^{fad} = 850 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f.f. = \Delta \sigma_w / \Delta f_{sd}$$

Seção	V <sup>máx</sup> (tf)	V <sup>min</sup> (tf)	V <sub>c</sub> (tf)	$\rho_{wu}$ (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{wmax}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{wmin}$ (tf/m <sup>2</sup> )
1/2 bal	9.72	-5.09	87.55	0.00000	0	0
0 esq	-24.69	-8.55	84.36	0.00000	0	0
0 dir	65.92	42.63	84.36	0.00000	0	0
1	-18.37	2.23	18.23	0.00257	191	0
2	-22.27	-3.73	20.05	0.00092	8671	0
3	-27.84	-10.37	21.32	0.00000	0	0
4	11.81	-5.03	21.37	0.00030	0	0
5	8.70	-7.93	21.16	0.00000	0	0

$\Delta \sigma_w$ (tf/m <sup>2</sup> )	f.f.
0	1.00
0	1.00
0	1.00
191	1.00
8671	1.02
0	1.00
0	1.00
0	1.00

#### Cálculo dos estribos e seus espaçamentos

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w) \geq 15 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

$$s = 2 * A_{S1perna} / (\rho_w * f.f. * b_w)$$

$$\phi \text{ (mm)} = 10.00$$

$$A_{S1perna} \text{ (cm}^2) = 0.785$$

Seção	b <sub>w</sub> (m)	$\rho_{wu}$	$\rho_{wu} \times f.f.$	$\rho_{wu} \times f.f.$ Médio	Espaçam. (m)
1/2 bal	0.50	0.00	0.00		
				15.0	20.9
0 esq	0.50	0.00	0.00		
0 dir	0.50	0.00	0.00		
				15.0	30.8
1	0.18	25.71	25.71		
				17.5	49.7
2	0.18	9.18	9.36		
				15.0	58.1
3	0.18	0.00	0.00		
				15.0	58.1
4	0.18	3.03	3.03		
				15.0	58.1
5	0.18	0.00	0.00		

**10-Verificação dos Aparelhos de Apoio**
**Apoio1**
**Viga de Bordo**
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 21.5$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 27.0$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 20.3$$

$$N_{CM\_max} \text{ (tf)} = 55.8$$

$$N_{CM\_min} \text{ (tf)} = -2.7$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 124.7$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1,039.4 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 66.2$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 551.9 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

**Viga Central**
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 21.5$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 25.9$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 11.8$$

$$N_{CM\_max} \text{ (tf)} = 43.1$$

$$N_{CM\_min} \text{ (tf)} = -1.9$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 102.4$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 853.2 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 57.3$$

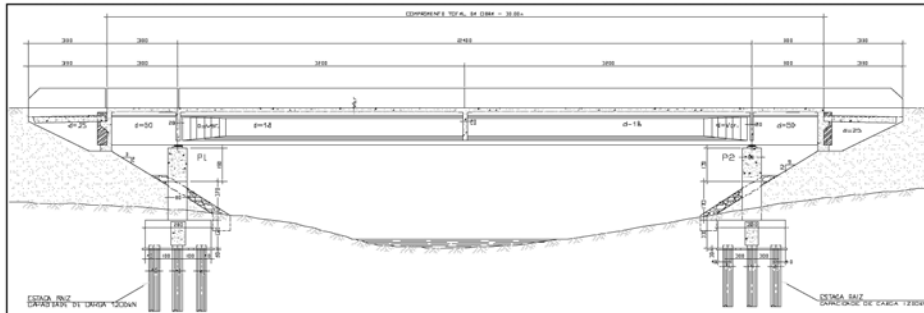
$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 477.9 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

## **3.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA**

Duas linhas de apoio com pilares de 1,70 m de altura, para as obras de 30,00 m constituídas por vão de 24,00 m com balanços de 3,00 m.

Cálculo da Infraestrutura - Vigas de 30,00m

1 - Sistema estrutural



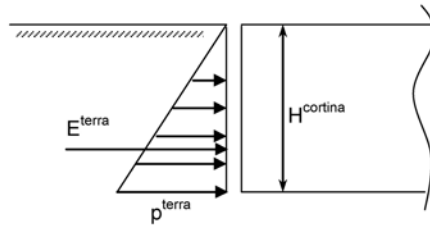
$$L^{\text{vão}} \text{ (m)} = 24.00$$

$$L^{\text{bal}} \text{ (m)} = 3.00$$

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma^{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 1.95$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma^{\text{solo}} \times H^{\text{cortina}}$$

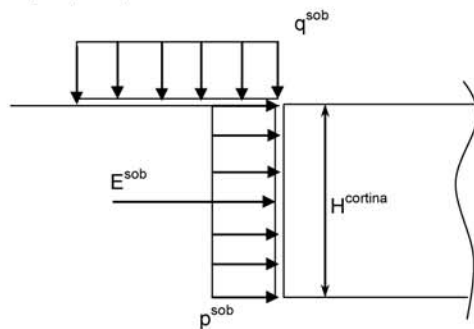
$$p^{\text{terra}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.170$$

$$E_{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times H^{\text{cortina}})/2) \times L^{\text{obra}}$$

$$E_{\text{terra}} \text{ (tf)} = 14.8$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$



$$q^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

$$L^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$H^{cortina} \text{ (m)} = 1.95$$

$$p^{sob} = K_a \times q^{sob}$$

$$p^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.167$$

$$E_{sob} = p^{sob} \times L^{obra} \times H^{cortina}$$

$$E_{sob} \text{ (tf)} = 4.2$$

2.1.3 - Deformações impostas

Para simular os efeitos de retração do concreto, deformação imediata e lenta do concreto devidas à protensão e variação ambiental de temperatura assumiremos queda de temperatura e coeficiente de dilatação térmica respectivamente de:

$$\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = -65$$

$$\alpha = 0.00001$$

2.1.4 - Frenagem e aceleração

$$F^{fren} \geq \begin{cases} 30\% \text{ do peso do veiculo tipo} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} \end{cases}$$

$$P^{concentrado} \text{ (tf)} = 45.0$$

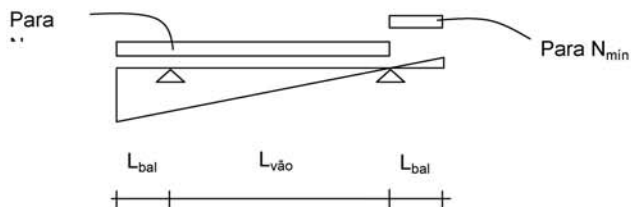
$$q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.5$$

$$Larg^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$L^{Bal} \text{ (m)} = 3.00$$

$$L^{V\grave{a}o} \text{ (m)} = 24.00$$

Linha de influência da reação máxima em P1



1ª Hipótese - N<sub>máx</sub>

30% do peso do veículo tipo = 0,30 x P<sup>concentrado</sup>

5% da carga de multidão = 0,05 x q<sup>mult</sup> x (L<sup>obra</sup> - 0,80) x L<sup>bal+vão</sup> para PTC

5% da carga de multidão = 0,05 x q<sup>mult</sup> x (L<sup>obra</sup> - 0,80)/2 x L<sup>bal+vão</sup> para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 8.24 \\ 4.12 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2ª Hipótese - N<sub>min</sub>

30% do peso do veículo tipo = 0,30 x P<sup>concentrado</sup>

5% da carga de multidão = 0,05 x q<sup>mult</sup> x (L<sup>obra</sup> - 0,80) x L<sup>bal</sup> para PTC

5% da carga de multidão = 0,05 x q<sup>mult</sup> x (L<sup>obra</sup> - 0,80)/2 x L<sup>bal</sup> para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 0.92 \\ 0.46 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2.2 Direção transversal

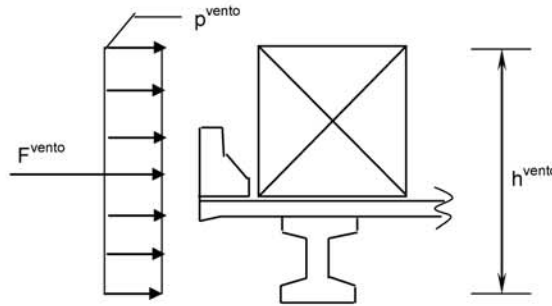
2.2.1 - Vento na superestrutura

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo como prescrito na NBR-6123

$$p^{vento} = C_x * (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o * S_1 * S_2 * S_3$$

$$C_x = 1.60$$



$$h^{vento} (m) = 2,00 + h_{viga} + e_{laje} + e_{pav}$$

$$h^{vento} (m) = 3.800$$

$$L^{obra} (m) = 30.00$$

$$V_o (m/s) = 40.00$$

$$S_2 = 1.00$$

$$V_k (m/s) = 40.0$$

$$S_1 = 1.00$$

$$S_3 = 1.00$$

$$p^{vento} (tf/m^2) = 0.160$$

$$F_{vento} (tf) = p^{vento} x L^{obra} x h^{vento}$$

$$F_{vento} (tf) = 18.2$$



**3 - Cálculo das rizezas dos apoios**
**3.1 - Linha de apoio 1**
**3.1.1 - Aparelhos de apoio (30x40)**

$$\begin{aligned} \text{n}^\circ \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.12 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100.0 & k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}} \\ h_{\text{borr}} \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 2,000$$

**3.1.2 - Pilares (80x80)**

$$\begin{aligned} f_{ck_{\text{pilar}}} \text{ (MPa)} &= 20.0 \\ h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\ h_{\text{total}} &= 3.85 \\ \text{n}^\circ \text{ de pilares (n)} &= 2 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0341 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3} \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K_1^{\text{long}} \text{ (tf/m)} &= 10,353 \end{aligned}$$

- transversal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0341 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K_1^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} &= 10,353 \end{aligned}$$

**3.1.3 - Rigidez do conjunto**

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long - conj}}_1 \text{ (tf/m)} = 1,676$$

- transversal

$$K^{\text{transv - conj}}_1 \text{ (tf/m)} = 1,676$$

**3.2 - Linha de apoio 2**
**3.2.1 - Aparelhos de apoio (30x40)**

$$\begin{aligned} \text{n}^\circ \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.12 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 & k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}} \\ h \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 2,000$$

**3.2.2 - Pilares (80x80)**

$$f_{ck,pilar} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$$

$$h_{total} = 3.85$$

$$n^{\circ} \text{ de pilares (n)} = 2$$

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{long} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9,5 \times (f_{ckj} + 8)^{1/3}$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_2^{long} \text{ (tf/m)} = 10,353$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{transv} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_2^{transv} \text{ (tf/m)} = 10,353$$

**3.2.3 - Rigidez do conjunto**

$$K^{conj} = 1 / ((1/K_{neop}) + (1/K_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K_2^{long - conj} \text{ (tf/m)} = 1,676$$

- transversal

$$K_2^{transv - conj} \text{ (tf/m)} = 1,676$$

**3.4 - Cálculo dos coeficientes de distribuição**

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K_{conj}^{long} = 3,352$$

$$\mu_1^{long} = 0.5000$$

$$\mu_2^{long} = 0.5000$$

- transversal

$$\sum K_{conj}^{transv} = 3,352$$

$$\mu_1^{transv} = 0.5000$$

$$\mu_2^{transv} = 0.5000$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	1676.2	1676.2	0.50000	0.50000
2	1676.2	1676.2	0.50000	0.50000
Total	3352.4	3352.4	1.0	1.0

**4 - Distribuição dos esforços longitudinais**

$$F^1 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio1}}$$

$$F^2 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio2}}$$

**4.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas por linha de apoio**

$$F^1 (tf) = 7.41$$

$$F^2 (tf) = 7.41$$

**4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio**

$$F^1 (tf) = 2.11$$

$$F^2 (tf) = 2.11$$

**4.3 - Deformações impostas por linha de apoio**

centro elástico longitudinal

$$X_{c.e.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i}$$

$$X_{c.e. \text{ Longitudinal}} (m) = 15.0$$

$$F = K_i \cdot X_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

Apoio	K <sub>long</sub> (tf/m)	X <sub>i</sub> (m)	F (tf)
1	1676.2	12.00	13.1
2	1676.2	12.00	13.1

**4.4 - Frenagem e aceleração por linha de apoio**

 Hipótese de N<sub>máx</sub>

- PTC

$$F^1 (tf) = 6.8$$

$$F^2 (tf) = 6.8$$

- PMC

$$F^1 (tf) = 6.8$$

$$F^2 (tf) = 6.8$$

 Hipótese de N<sub>mín</sub>

- PTC

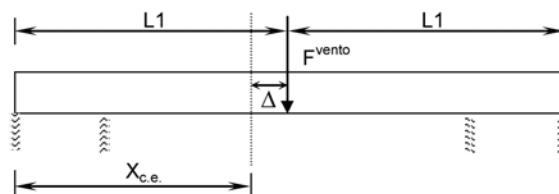
$$F^1 (tf) = 6.8$$

$$F^2 (tf) = 6.8$$

- PMC

$$F^1 (tf) = 6.8$$

$$F^2 (tf) = 6.8$$

**5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio**
**5.1 - Vento na superestrutura**


$$\begin{aligned}
 L1 \text{ (m)} &= 15.00 \\
 X_{c.e.Transversal} \text{ (m)} &= 15.00 \\
 \Delta \text{ (m)} &= 0.000 \\
 F_{\text{vento}} \text{ (tf)} &= 18.24
 \end{aligned}$$

$$F_i^T = F_{\text{vento}} * K_{i \text{ Trans}} * [ ( 1 / \sum K_{i \text{ Trans}} ) \pm ( \Delta * X_i ) / ( \sum (K_{i \text{ Trans}} * X_i^2) ) ]$$

Linha	$K_{i \text{ Trans}}$ (tf/m)	$X_i$ (m)	$K_{i \text{ Trans}} * X_i^2$	$F_i^T$ (tf)
1	1676.2	-12.00	241370.9	9.12
2	1676.2	12.00	241370.9	9.12
<b>TOTAL</b>	<b>3352.4</b>		<b>482741.7</b>	<b>18.24</b>

**Cálculo das Travessas**

1 - Reação das vigas devido aos carregamentos permanentes e peso próprio da travessa

Obtidos do cálculo da Superestrutura

Vigas de Bordo (  $V_1 = V_5$  )

	g1	g2	g3	
Rv (tf)	21.53	27.05	20.34	Rg (tf)
				68.920

Vigas Centrais (  $V_2 = V_3 = V_4$  )

	g1	g2	g3	
Rv (tf)	21.53	25.95	11.82	Rg (tf)
				59.30

Peso próprio da Travessa

$$\gamma_{conc} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 2.50$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.2$$

$$g_{trav} = S * \gamma_{conc}$$

$$g_{trav} \text{ (tf/m)} = 3.00$$

2 - Distribuição transversal da carga móvel para obtenção do trem-tipo longitudinal por Courbon

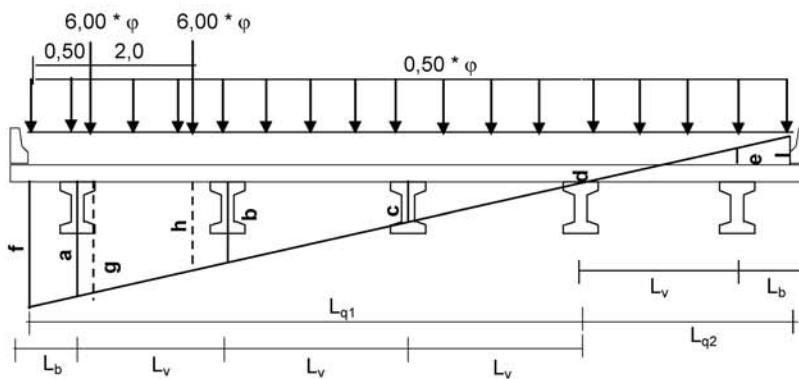
Cálculo do coeficiente de impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,007 * L_{teórico}$$

$$L_{teórico} \text{ (m)} = 24.00$$

$$\varphi = 1.232$$

2.1 - Para Ponte Total Carregada - V1



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 8.75$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65 \qquad L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = 0.600$$

$$b = 0.400$$

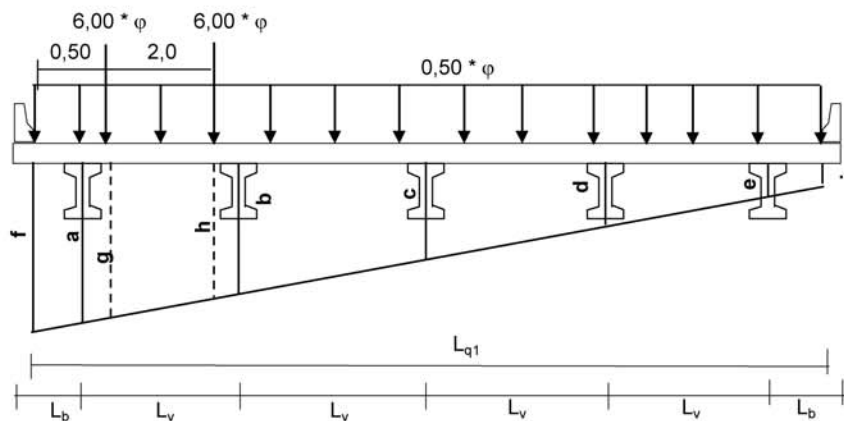
$$c = 0.200$$

$$d = 0.000$$

$$e = -0.200$$



2.3 - Para Ponte Total Carregada - V3



$L_b \text{ (m)} = 1.2$                        $L_{q1} \text{ (m)} = 12.20$   
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$

Ordenadas de Courbon para V3:

$a = 0.200$      $d = 0.200$   
 $b = 0.200$      $e = 0.200$   
 $c = 0.200$

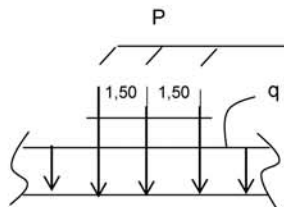
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$f = 0.200$      $h = 0.200$   
 $g = 0.200$      $i = 0.200$

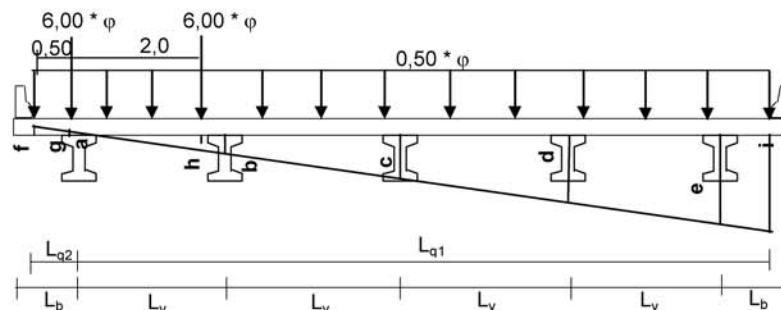
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$   
 $q = 0,50 * \phi * [(f + i) * L_{q1}] / 2$

$P \text{ (tf)} = 2.957$   
 $q \text{ (tf/m)} = 1.503$



2.4 - Para Ponte Total Carregada - V4



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 11.40$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 0.80$$

Ordenadas de Courbon para V4:

$$a = 0.000$$

$$b = 0.100 \qquad d = 0.300$$

$$c = 0.200 \qquad e = 0.400$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.030 \qquad h = 0.064$$

$$g = -0.011 \qquad i = 0.430$$

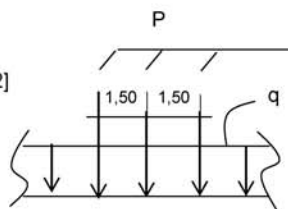
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

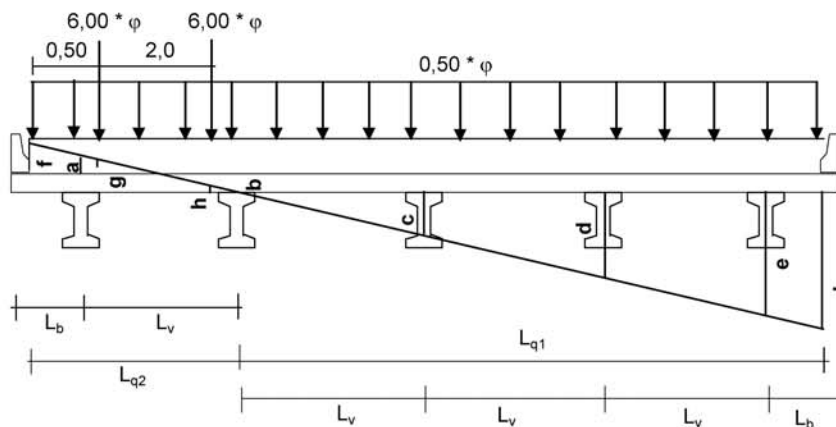
$$q = 0,50 * \varphi * [(i * L_{q1})/2 + (f * L_{q2})/2]$$

$$P (tf) = 0.391$$

$$q (tf/m) = 1.503$$



2.5 - Para Ponte Total Carregada - V5



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 8.75$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = -0.200$$

$$b = 0.000$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.400$$

$$e = 0.600$$



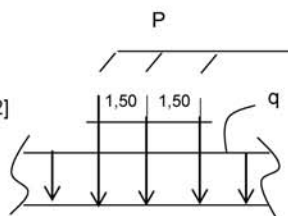
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= -0.260 & i &= 0.660 \\ g &= -0.223 \\ h &= -0.072 \end{aligned}$$

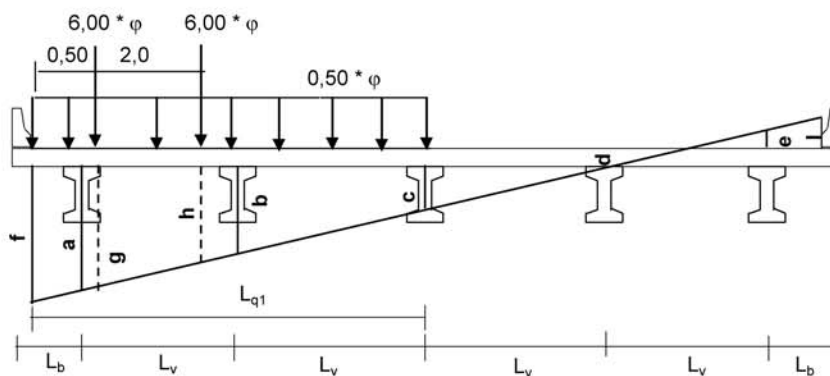
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q2})/2 + (i * L_{q1})/2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= -2.176 \\ q \text{ (tf/m)} &= 1.503 \end{aligned}$$



2.6 - Para Ponte Metade Carregada - V1



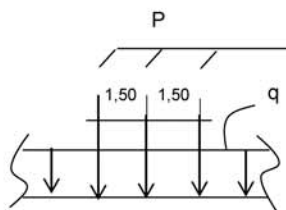
$$\begin{aligned} L_b \text{ (m)} &= 1.2 & L_{q1} \text{ (m)} &= 6.10 \\ L_v \text{ (m)} &= 2.65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0.600 & f &= 0.660 \\ b &= 0.400 & g &= 0.623 \\ c &= 0.200 & h &= 0.472 \\ d &= 0.000 \\ e &= -0.200 \end{aligned}$$

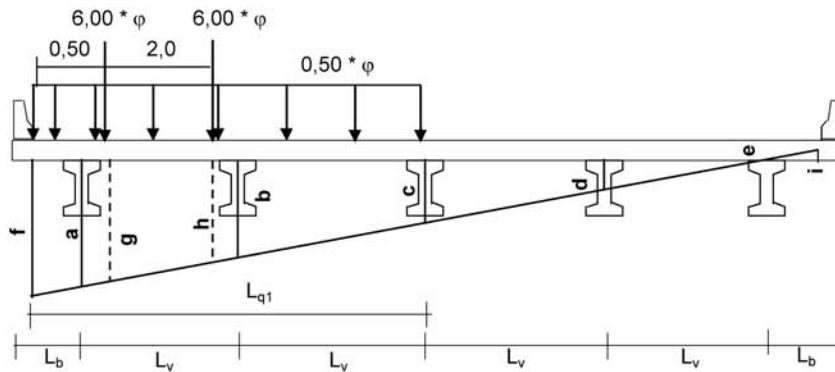
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 8.089 \\ q \text{ (tf/m)} &= 1.616 \end{aligned}$$



2.7 - Para Ponte Metade Carregada - V2



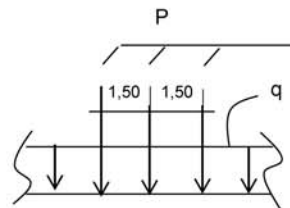
$L_b \text{ (m)} = 1.2$                        $L_{q1} \text{ (m)} = 6.10$   
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$

$a = 0.400$                                $f = 0.430$   
 $b = 0.300$                                $g = 0.411$   
 $c = 0.200$                                $h = 0.336$   
 $d = 0.100$   
 $e = 0.000$

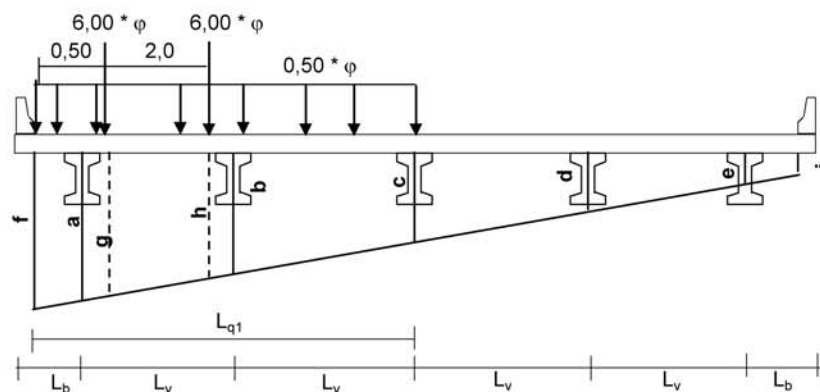
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$   
 $q = 0,50 * \phi * ((f + c) * L_{q1}) / 2$

$P \text{ (tf)} = 5.523$   
 $q \text{ (tf/m)} = 1.184$



2.8 - Para Ponte Metade Carregada - V3



$L_b \text{ (m)} = 1.2$                        $L_v \text{ (m)} = 2.65$                        $L_{q1} \text{ (m)} = 6.10$

a = 0.200	f = 0.200
b = 0.200	g = 0.200
c = 0.200	h = 0.200
d = 0.200	
e = 0.200	

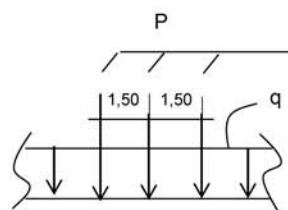
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

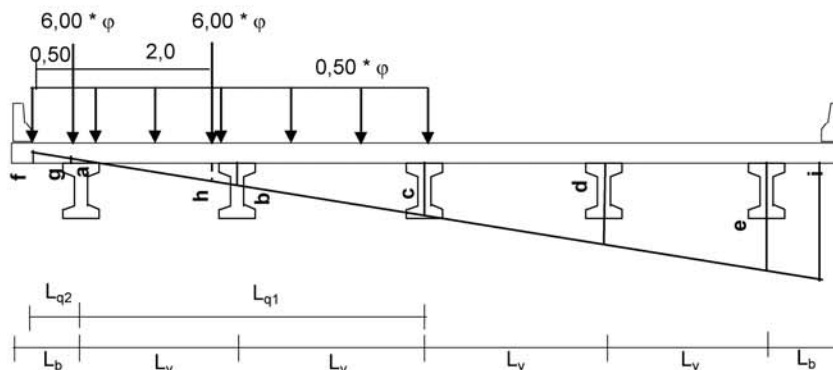
$$q = 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2$$

$$P (tf) = 2.957$$

$$q (tf/m) = 0.752$$



2.9 - Para Ponte Metade Carregada - V4



$L_b (m) = 1.20$	$L_{q1} (m) = 5.30$
$L_v (m) = 2.65$	$L_{q2} (m) = 0.80$

a = 0.000	f = -0.030
b = 0.100	g = -0.011
c = 0.200	h = 0.064
d = 0.300	
e = 0.400	

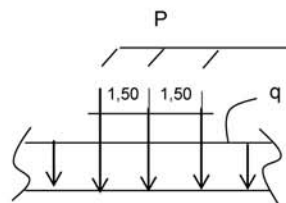
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

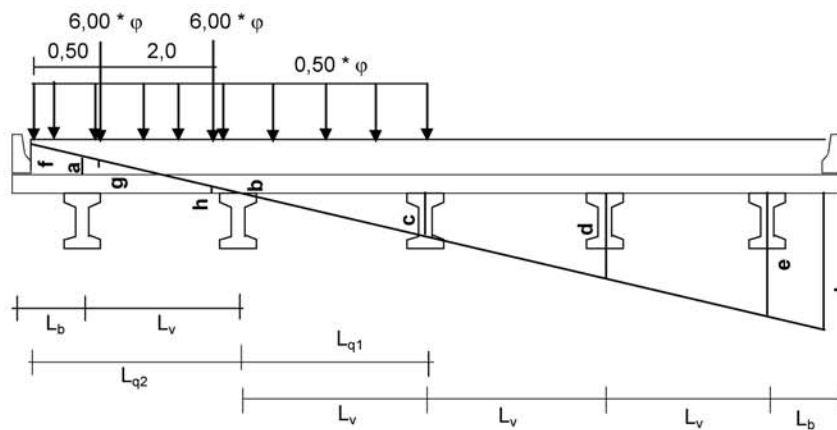
$$q = 0,50 * \varphi * ((f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2)$$

$$P (tf) = 0.391$$

$$q (tf/m) = 0.319$$



2.10 - Para Ponte Metade Carregada - V5



$L_b \text{ (m)} = 1.2$                        $L_{q1} \text{ (m)} = 2.65$   
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$                        $L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$

Ordenadas de Courbon para V1:

$a = -0.200$                                $d = 0.400$   
 $b = 0.000$                                $e = 0.600$   
 $c = 0.200$

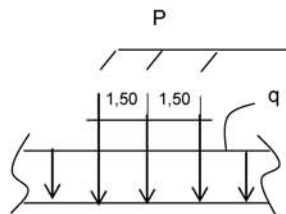
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$f = -0.260$                                $i = 0.660$   
 $g = -0.223$   
 $h = -0.072$

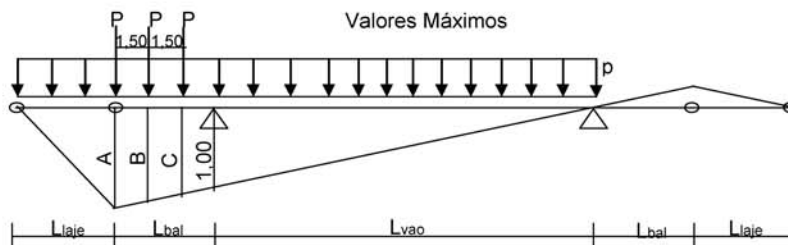
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$   
 $q = 0,50 * \phi * [(f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2]$

$P \text{ (tf)} = -2.176$   
 $q \text{ (tf/m)} = -0.113$



2 - Cálculo das reações das vigas na travessa devido à Carga Móvel

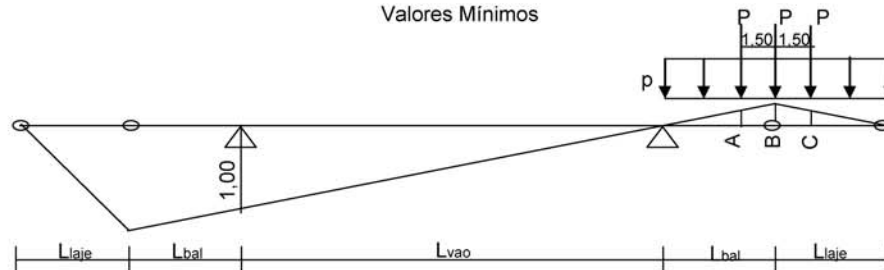


$$\begin{aligned}
 L_{\text{laje}} \text{ (m)} &= 3.000 & A &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}}) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & A &= 1.125 \\
 L_{\text{bal}} \text{ (m)} &= 3.000 & B &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}} - 1,50) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & B &= 1.063 \\
 L_{\text{vao}} \text{ (m)} &= 24.000 & C &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}} - 3,00) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & C &= 1.000
 \end{aligned}$$

$$R_v = P * (A + B + C) + p * [ (A * L_{\text{laje}} / 2) + A * (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}}) / 2 ]$$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V <sub>1</sub>	8.089	1.503	<b>51.15</b>	V <sub>1</sub>	8.089	1.616	<b>53.06</b>
V <sub>2</sub>	5.523	1.503	<b>42.97</b>	V <sub>2</sub>	5.523	1.184	<b>37.58</b>
V <sub>3</sub>	2.957	1.503	<b>34.79</b>	V <sub>3</sub>	2.957	0.752	<b>22.11</b>
V <sub>4</sub>	0.391	1.503	<b>26.61</b>	V <sub>4</sub>	0.391	0.319	<b>6.63</b>
V <sub>5</sub>	-2.176	1.503	<b>18.43</b>	V <sub>5</sub>	-2.176	-0.113	<b>-8.85</b>

Valores Mínimos

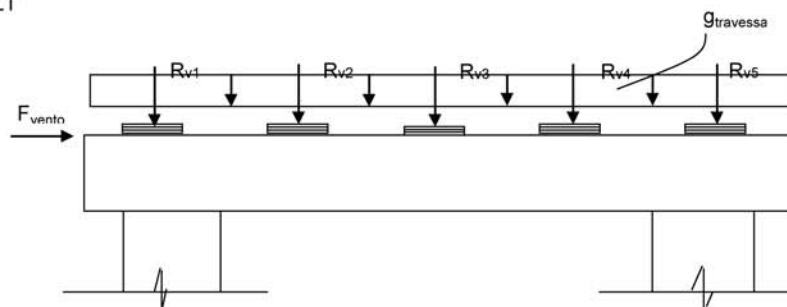


$$\begin{aligned}
 L_{\text{laje}} \text{ (m)} &= 3.000 & A &= (L_{\text{bal}} - 1,50) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & A &= 0.063 \\
 L_{\text{bal}} \text{ (m)} &= 3.000 & B &= (L_{\text{bal}}) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & B &= 0.125 \\
 L_{\text{vao}} \text{ (m)} &= 24.000 & C &= (L_{\text{laje}} - 1,50) * (B / L_{\text{laje}}) & C &= 0.063
 \end{aligned}$$

$$R_v = - \{ P * (A + B + C) + p * [ B * (L_{\text{laje}} + L_{\text{bal}}) / 2 ] \}$$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V <sub>1</sub>	8.089	1.503	<b>-2.59</b>	V <sub>1</sub>	8.089	1.616	<b>-2.63</b>
V <sub>2</sub>	5.523	1.503	<b>-1.94</b>	V <sub>2</sub>	5.523	1.184	<b>-1.82</b>
V <sub>3</sub>	2.957	1.503	<b>-1.30</b>	V <sub>3</sub>	2.957	0.752	<b>-1.02</b>
V <sub>4</sub>	0.391	1.503	<b>-0.66</b>	V <sub>4</sub>	0.391	0.319	<b>-0.22</b>
V <sub>5</sub>	-2.176	1.503	<b>-0.02</b>	V <sub>5</sub>	-2.176	-0.113	<b>0.59</b>

O Cálculo dos esforços para o dimensionamento da travessa e dos pilares será feito pelo programa SALT



**\* Para os apoios 1 e 2:**

- Peso Próprio

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 68.920$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 59.300$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 59.300$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 59.300$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 68.920$$

$$g_{travessa} \text{ (tf/m)} = 3.000$$

- Carga Móvel - PTC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 51.149$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 42.969$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 34.789$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 26.609$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 18.429$$

- Carga Móvel - PMC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 53.063$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 37.585$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 22.107$$

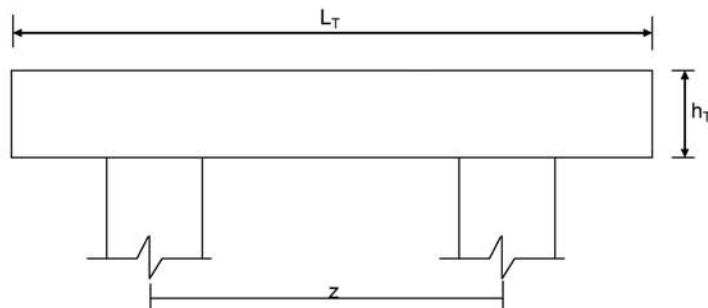
$$R_{v4} \text{ (tf)} = 6.629$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = -8.849$$

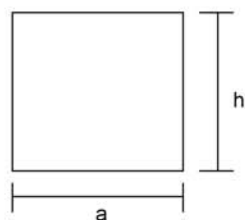
- Vento

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 9.120$$

**Dimensionamento das Travessas de P1 e P2**



$L_T$  (m) = 11.80  
 $h_T$  (m) = 1.50  
 $f_{ck}$  (MPa) = 20.0  
 $f_{yk}$  (MPa) = 500.0



$a$  (m) = 0.800  
 $h$  (m) = 1.500

$d$  (m) = 1.40       $d$  é a altura efetiva da seção

$S$  (m<sup>2</sup>) = 1.2  
 $g = S * 2,50$   
 $N_{trav} = g * L_T$

$g$  (tf/m) = 3.00

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento à Flexão**

**a) Seção do apoio**       $b_w$  (m) = 0.80

$M_g$  (tf.m) = -148.0      (reação de carga permanente das vigas)

$M_{q1}$  (tf.m) = -106.1      (reação de carga móvel das vigas)

$M_{q2}$  (tf.m) = -6.6      (vento na superestrutura)

$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$

$M_d$  (tf.m) = 360.4

$a = fcd * bw * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	$a$	$b$	$c$	$\Delta$
$b = -0,68 * bw * d * fcd$		310.857	-1088	360.4	735653
$c = M_d$					

$x$  (m) = 0.370

$z$  (m) = 1.252

$x / d = 0.265$

$k_{md} = 0.161$

$A_s^-$  (cm<sup>2</sup>) = **66.21**

**b) Seção do vão**

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 26.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 18.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 63.7$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	$a$	$b$	$c$	$\Delta$
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		310.857	-1088	63.7	1104529
$c = M_d$					
	$x \text{ (m)} = 0.060$		$k_{md} = 0.028$		
	$z \text{ (m)} = 1.376$		$A_s^+ \text{ (cm}^2\text{)} = 10.65$		
	$x / d = 0.043$				

**c) Armadura mínima**

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_f$$

$$A_s^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 18.0$$

**Dimensionamento ao Cisalhamento**

**a) Seção do apoio à esquerda**

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 76.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 53.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 181.7$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 72.4$$



Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 109.3$$

$$A_{sw}/s = 19.9 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 24.93 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

**b) Seção do apoio à direita**

$$V_g (tf) = 98.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 68.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.0 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 234.9$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 162.5$$

$$A_{sw}/s = 29.7 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 37.07 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

Portico Plano Travessa P1 e P2 - Ponte 30,0m

coordenadas dos nos

1	0.0000	3.1000
2	0.6000	3.1000
3	2.6000	3.1000
4	2.6000	0.0000
5	3.2500	3.1000
6	5.9000	3.1000
7	8.5500	3.1000
8	9.2000	3.1000
9	9.2000	0.0000
10	11.2000	3.1000
11	11.8000	3.1000

0

condicoes de contorno

4 111  
9 111

0

tipos de material

1 2884760.0000 0.2000 0.0000100000 2.5000

0

tipos de secao

1 1.040E+0000 1.040E+0000 1.464E-0001 1.0  
2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	5	1	1
4	5	6	1	1
5	6	7	1	1
6	7	8	1	1
7	8	10	1	1
8	10	11	1	1
9	3	4	1	2
10	8	9	1	2

0

numero de carregamentos 4

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -68.920  
5 PY -59.300  
6 PY -59.300  
7 PY -59.300  
10 PY -68.920

0

cargas nos elementos

1	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
2	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
3	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
4	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
5	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
6	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
7	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
8	U	0.000	0.000	WYA	-3.000

0

fim

```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -51.149
5 PY -42.969
6 PY -34.789
7 PY -26.609
10 PY -18.429
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -53.063
5 PY -37.585
6 PY -22.107
7 PY -6.629
10 PY 8.849
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 9.120
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P1 e P2 - Ponte 30,0m

-----  
 DATA : 3/22/2006(quarta-feira)  
 HORA : 2:07:49 PM  
 ARQUIVO DE DADOS : 2-trav ple p2-viga30,0m(1,2).slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.10E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.10E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.10E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

barra	propriedades dos elementos			comprimento
	material	seção	nó	
1	1	1	1	2
2	1	1	2	3
3	1	1	3	5
4	1	1	5	6
5	1	1	6	7
6	1	1	7	8
7	1	1	8	10
8	1	1	10	11
9	1	2	3	4
10	1	2	8	9

número de elementos ..... 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade ..... 2.885E+0006  
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006  
 C. Poisson ..... 2.000E-0001  
 C. D. Térmica ..... 1.000E-0005  
 P. Específico ..... 2.500E+0000

número de tipos de material ..... 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.04E+0000	1.04E+0000	1.46E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções ..... 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-68.92	0.00
5	global	0.00	-59.30	0.00
6	global	0.00	-59.30	0.00
7	global	0.00	-59.30	0.00
10	global	0.00	-68.92	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			f1	f2	wxa	wyb	wya	
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000	p	-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-51.15	0.00
5	global	0.00	-42.97	0.00
6	global	0.00	-34.79	0.00
7	global	0.00	-26.61	0.00
10	global	0.00	-18.43	0.00

fim do carregamento ..... 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-53.06	0.00
5	global	0.00	-37.59	0.00
6	global	0.00	-22.11	0.00
7	global	0.00	-6.63	0.00
10	global	0.00	8.85	0.00

fim do carregamento ..... 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	9.12	0.00	0.00

fim do carregamento ..... 4  
número de carregamentos ..... 4

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23  
perfil após a renumeração : 21

-----  
DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 9.2E+0001  
Existe probabilidade de que o número de algarismos  
corretos nos deslocamentos calculados seja 9  
-----

carregamento 1

Título : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-1.25577E-0005	-1.66630E-0003	5.70860E-0004
2	global	-1.25577E-0005	-1.32338E-0003	5.70604E-0004
3	global	-1.25577E-0005	-2.94797E-0004	2.23671E-0004
4	global	4.74926E-0031	-7.30356E-0030	-4.40880E-0031
5	global	-1.00842E-0005	-2.51261E-0004	8.31965E-0005
6	global	1.20653E-0018	-3.35779E-0004	1.32178E-0019
7	global	1.00842E-0005	-2.51261E-0004	-8.31965E-0005

8	global	1.25577E-0005	-2.94797E-0004	-2.23671E-0004
9	global	-4.74926E-0031	-7.30356E-0030	4.40880E-0031
10	global	1.25577E-0005	-1.32338E-0003	-5.70604E-0004
11	global	1.25577E-0005	-1.66630E-0003	-5.70860E-0004

reações nos apoios		forças		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-11.42	175.57	10.60
9	global	11.42	175.57	-10.60
Resultante		0.00	351.14	2071.73

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força x	força y	momento z
	0.000	0.000	0.000

barra	esforços no sistema	forças nas barras	forças nas barras	momento fletor
1	local	1	normal	-0.00
		2	cortante	-0.54
2	local	2	normal	0.54
		3	cortante	-147.98
3	local	3	normal	123.19
		4	cortante	-59.57
4	local	4	normal	59.57
		5	cortante	-29.54
5	local	5	normal	-29.54
		6	cortante	-59.57
6	local	6	normal	59.57
		7	cortante	-123.19
7	local	7	normal	147.98
		8	cortante	-0.54
8	local	8	normal	0.54
		9	cortante	-0.00
9	local	9	normal	24.79
		10	cortante	10.60
10	local	10	normal	-24.79
		11	cortante	-10.60

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-1.46113E-0004	-1.20993E-0003	4.19182E-0004
2	global	-1.46113E-0004	-9.58426E-0004	4.19182E-0004
3	global	-1.46113E-0004	-1.99710E-0004	1.76958E-0004
4	global	1.82180E-0031	-4.94779E-0030	-4.87878E-0032
5	global	-1.45164E-0004	-1.57555E-0004	7.25121E-0005
6	global	-1.41296E-0004	-2.16760E-0004	-8.69259E-0006
7	global	-1.37428E-0004	-1.26022E-0004	3.36053E-0005
8	global	-1.36479E-0004	-9.23582E-0005	5.35897E-0006
9	global	-1.82180E-0031	-2.28816E-0030	2.89454E-0031
10	global	-1.36479E-0004	-2.27489E-0004	-8.19143E-0005
11	global	-1.36479E-0004	-2.76638E-0004	-8.19143E-0005

reações nos apoios		forças		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-4.38	118.94	1.17
9	global	4.38	55.01	-6.96
Resultante		0.00	173.94	809.51

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força x	força y	momento z
	0.000	-0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	força	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00	0.00
		2	0.00	-0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-51.15	-51.15	0.00
		3	0.00	51.15	51.15	-102.30
3	local	3	-4.38	67.79	67.79	89.89
		5	4.38	-67.79	-67.79	-45.83
4	local	5	-4.38	24.82	24.82	45.83
		6	4.38	-24.82	-24.82	19.95
5	local	6	-4.38	-9.97	-9.97	-19.95
		7	4.38	9.97	9.97	-6.47
6	local	7	-4.38	-36.58	-36.58	6.47
		8	4.38	36.58	36.58	-30.24
7	local	8	-0.00	18.43	18.43	36.86
		10	0.00	-18.43	-18.43	-0.00
8	local	10	0.00	0.00	0.00	0.00
		11	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	118.94	4.38	4.38	12.40
		4	-118.94	-4.38	-4.38	1.17
10	local	8	55.01	-4.38	-4.38	-6.62
		9	-55.01	4.38	4.38	-6.96

carregamento 3

Título : PMC

no sistema	deslocamentos nodais			
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-2.70418E-0004	-1.35530E-0003	4.78298E-0004
2	global	-2.70418E-0004	-1.06833E-0003	4.78298E-0004
3	global	-2.70418E-0004	-1.94363E-0004	2.27010E-0004
4	global	1.15768E-0031	-4.81532E-0030	1.20221E-0031
5	global	-2.69815E-0004	-1.19933E-0004	1.12758E-0004
6	global	-2.67357E-0004	-1.37742E-0004	-1.64479E-0005
7	global	-2.64899E-0004	-6.02681E-0005	8.80346E-0005
8	global	-2.64296E-0004	8.76547E-0006	1.17966E-0004
9	global	-1.15768E-0031	2.17164E-0031	3.35160E-0031
10	global	-2.64296E-0004	3.14729E-0004	1.59872E-0004
11	global	-2.64296E-0004	4.10652E-0004	1.59872E-0004

nó sistema	reações nos apoios			
	força x	força y	momento z	
4	global	-2.78	115.76	-2.89
9	global	2.78	-5.22	-8.06
Resultante		0.00	110.53	241.99

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força x	força y	momento z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	força	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00	0.00
		2	0.00	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-53.06	53.06	0.00
		3	0.00	53.06	53.06	-106.13
3	local	3	-2.78	62.69	62.69	94.61
		5	2.78	-62.69	-62.69	-53.86
4	local	5	-2.78	25.11	25.11	53.86
		6	2.78	-25.11	-25.11	12.68
5	local	6	-2.78	3.00	3.00	-12.68
		7	2.78	-3.00	-3.00	20.63
6	local	7	-2.78	-3.63	-3.63	-20.63
		8	2.78	3.63	3.63	18.27
7	local	8	-0.00	-8.85	-8.85	-17.70
		10	0.00	8.85	8.85	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	0.00	0.00
9	local	3	115.76	2.78	2.78	11.52
		4	-115.76	-2.78	-2.78	-2.89
10	local	8	-5.22	-2.78	-2.78	-0.57

9 5.22 2.78 -8.06

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	1.76275E-0004	5.64275E-0005	-2.04400E-0005
2	global	1.74451E-0004	4.41635E-0005	-2.04400E-0005
3	global	1.68372E-0004	3.28358E-0006	-2.04400E-0005
4	global	1.94287E-0031	8.13503E-0032	-3.28126E-0031
5	global	1.67408E-0004	-5.90086E-0006	-1.12746E-0005
6	global	1.63478E-0004	-1.76876E-0006	5.84488E-0006
7	global	1.59547E-0004	4.64453E-0006	-9.55300E-0006
8	global	1.58583E-0004	-3.28358E-0006	-1.82960E-0005
9	global	1.85097E-0031	-8.13503E-0032	-3.11052E-0031
10	global	1.58583E-0004	-3.98756E-0005	-1.82960E-0005
11	global	1.58583E-0004	-5.08532E-0005	-1.82960E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-4.67	-1.96	7.89
9	global	-4.45	1.96	7.48
Resultante		-9.12	0.00	28.27

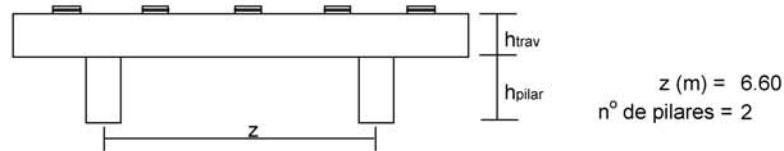
NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)				
		força x	força y	momento z
		-0.000	0.000	0.000

barra	esforços sistema	nó	na s força normal	barra s força cortante	momento fletor
1	local	1	9.12	-0.00	-0.00
		2	-9.12	0.00	0.00
2	local	2	9.12	-0.00	-0.00
		3	-9.12	0.00	-0.00
3	local	3	4.45	-1.96	-6.59
		5	-4.45	1.96	5.32
4	local	5	4.45	-1.96	-5.32
		6	-4.45	1.96	0.14
5	local	6	4.45	-1.96	-0.14
		7	-4.45	1.96	-5.05
6	local	7	4.45	-1.96	5.05
		8	-4.45	1.96	-6.32
7	local	8	0.00	0.00	0.00
		10	-0.00	-0.00	-0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	-1.96	4.67	6.59
		4	1.96	-4.67	7.89
10	local	8	1.96	4.45	6.32
		9	-1.96	-4.45	7.48

Fim Do Programa



**Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar**
**Apoios 1 e 2**


P.P. do pilar ( tf ) = 4.32       $h^{\text{Pilar}} \text{ (m)} = 2.70$        $h^{\text{Traves.}} \text{ (m)} = 1.50$

**Esforços na base do pilar**

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>* <math>g_1 + g_2 + g_3</math></li> <li>* Carga móvel</li> <li>* Peso próprio do pilar</li> </ul>                       | } | - N e $M_T$ provenientes do SALT  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>* Temperatura</li> <li>* Empuxo de terra sobre as cortinas</li> <li>* Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas</li> </ul> | } | - $H_L$ proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio<br>- $M_L = H_L * (h_{\text{pilar}} + h_{\text{travessa}})$ |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>* Vento</li> </ul>  | } | - $H_L$ proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio<br>- N e $M_T$ provenientes do SALT                         |

**1ª Hipótese :  $N_{\text{máx}}$** 

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplia</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	175.6	119.1	4.3	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	301.0
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	6.5	3.4	0.0	3.7	1.1	0.0	14.7
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	4.6
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	27.5	14.2	0.0	15.6	4.4	0.0	61.6
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	10.1	1.5	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	19.5

**2ª Hipótese :  $N_{\text{min}}$** 

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplia</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	175.6	-5.5	4.3	0.0	0.0	-2.0	0.0	0.0	0.0	172.4
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	6.5	3.4	0.0	3.7	1.1	0.0	14.7
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	4.6
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	27.5	14.2	0.0	15.6	4.4	0.0	61.6
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	10.1	-6.9	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	11.1

**Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)**

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.70$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0180 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0197$$

$$e_{\text{total\_long. (m)}} = 0.040 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.70$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0180 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0197$$

$$e_{\text{total\_transv. (m)}} = 0.040 \text{ m}$$

**Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses**

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total\_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N_d * e_{\text{Total\_Transv.}}$$

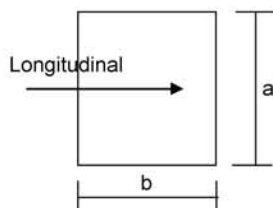
**1ª Hipótese : N<sub>máx</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplila</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	245.8	166.7	6.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	419.96
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	7.8	4.7	0.0	5.2	0.7	0.0	18.50
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	3.19
<b>M<sub>dL</sub>(tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	32.9	19.8	0.0	21.8	3.1	0.0	94.37
<b>M<sub>dT</sub>(tf.m)</b>	14.1	2.1	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	38.39

**2ª Hipótese : N<sub>mín</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplila</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	245.8	-7.7	6.0	0.0	0.0	-1.4	0.0	0.0	0.0	242.73
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	9.4	4.7	0.0	5.2	0.7	0.0	20.07
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	3.19
<b>M<sub>dL</sub>(tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	39.5	19.8	0.0	21.8	3.1	0.0	93.92
<b>M<sub>dT</sub>(tf.m)</b>	14.1	-9.7	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	19.58

**Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya**



$a \text{ (m)} = 0.80$   
 $b \text{ (m)} = 0.80$   
 $A_c \text{ (m}^2\text{)} = 0.64$   
 $f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$   
 $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

**Dimensionamento da Base do Pilar**

**1ª Hipótese**

$N_d \text{ (tf)} = 420.0$   
 $M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 94.4$   
 $M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 38.4$

$v = 0.459$   
 $\mu_{long} = 0.129$   
 $\mu_{transv} = 0.052$

$\omega = 0.200$

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 42.06$

**2ª Hipótese**

$$\left. \begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 242.7 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 93.9 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 19.6 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.265 \\ \mu_{\text{long}} = 0.128 \\ \mu_{\text{transv}} = 0.027 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.150$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 31.54$$

**Compressão pela NB-1/78**

$$\begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 420.0 \\ E \text{ (MPa)} = 288,476 \\ \varepsilon_o = 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 \end{array} \quad A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2506$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

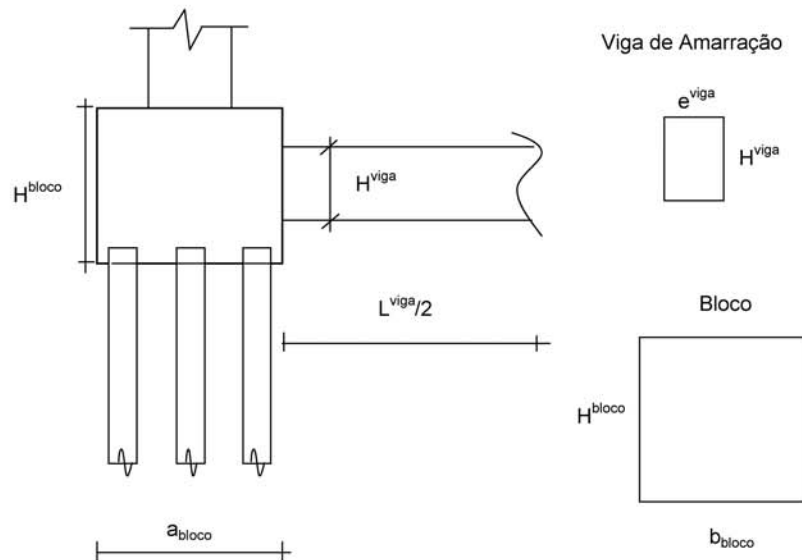
$$\begin{array}{l} A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 20.05 \\ A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00 \end{array} \quad \begin{array}{l} A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}} \\ A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}} \end{array}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 42.06$$

**Apoios P1 e P2**

**Esforços em Serviço na Base do Bloco**



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$
- $p.p. \text{ bloco} \text{ (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração} \text{ (tf)} = 6.27$

**\* Cálculo de N (tf)**

- $g1 + g2 + g3 = 351.14$
- carga móvel Pesq = 119.1
- carga móvel Pdir = 54.8
- p.p. pilar = 8.6
- p.p. bloco = 57.2
- $N = 591.0 \text{ tf}$

**\* Cálculo de HL**

$HL \text{ (tf)} = 29.4$

\* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 9.1$$

\* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 161.4$$

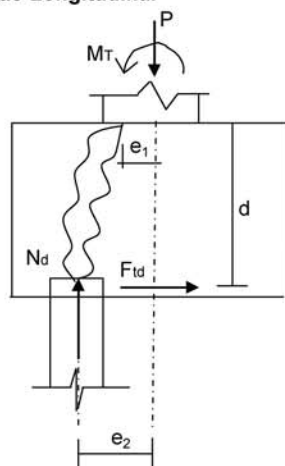
\* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 50.2$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento do Bloco (Para 1/2 bloco)**

**Direção Longitudinal**



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

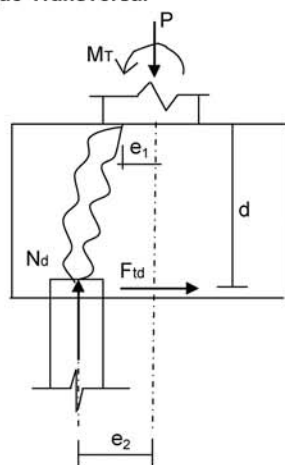
$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 88.2$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 82.3 \quad A_s (cm^2) = 18.9$$

**Direção Transversal**



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 88.2$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 82.3 \quad A_s (cm^2) = 18.9$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 1  
Ref: viga30mR  
Data: 3/22/2006

Viga de 30,0 m Estaca Raiz - Apoios P1 = P2

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	-3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 2  
Ref: viga30mR  
Data: 3/22/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-9.10	-591.00	-29.40	-161.40	0.00	50.20

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003969	-0.002132	-0.016908	-0.000955	0.000000	0.000022

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	88.18	-0.91	-2.94	0.00	5.03	-2.09
2	86.96	-0.91	-2.94	0.00	5.03	-2.09
3	84.17	-0.91	-2.94	0.00	5.03	-2.09
4	82.95	-0.91	-2.94	0.00	5.03	-2.09
5	61.11	-0.91	-2.94	0.00	5.03	-2.09
6	57.09	-0.91	-2.94	0.00	5.03	-2.09
7	35.25	-0.91	-2.94	0.00	5.03	-2.09
8	34.03	-0.91	-2.94	0.00	5.03	-2.09
9	31.24	-0.91	-2.94	0.00	5.03	-2.09
10	30.02	-0.91	-2.94	0.00	5.03	-2.09





## **4 PONTE SOBRE O RIO JOSÉ PRETO**

## **4 PONTE SOBRE O RIO JOSÉ PRETO**

### **4.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA**

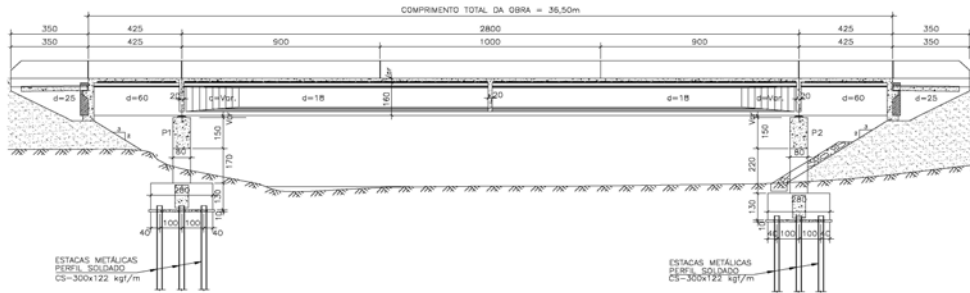
Vão de 28,00 m com balanços de 4,25 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Maurício no Volume 3 B – 1ª Parte).

## **4.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA**

Duas linhas de apoio com pilares de respectivamente 1,70 m e 2,20 m de altura, para as obras de 36,50 m constituídas por vão de 28,00 m com balanços de 3,00 m.

Cálculo da Infraestrutura - Vigas de 36,50m

1 - Sistema estrutural



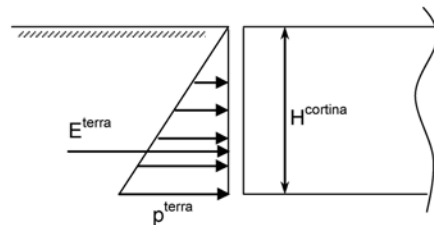
$$L^{\text{vão}} \text{ (m)} = 28.00$$

$$L^{\text{bal}} \text{ (m)} = 4.25$$

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma^{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 2.05$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma^{\text{solo}} \times H^{\text{cortina}}$$

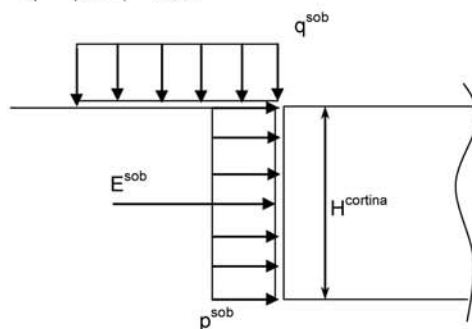
$$p^{\text{terra}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.230$$

$$E_{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times H^{\text{cortina}})/2) \times L^{\text{obra}}$$

$$E_{\text{terra}} \text{ (tf)} = 16.4$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$



$$q^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

$$L^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$H^{cortina} \text{ (m)} = 2.05$$

$$p^{sob} = K_a \times q^{sob}$$

$$p^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.167$$

$$E_{sob} = p^{sob} \times L^{obra} \times H^{cortina}$$

$$E_{sob} \text{ (tf)} = 4.4$$

2.1.3 - Deformações impostas

Para simular os efeitos de retração do concreto, deformação imediata e lenta do concreto devidas à protensão e variação ambiental de temperatura assumiremos queda de temperatura e coeficiente de dilatação térmica respectivamente de:

$$\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = -65$$

$$\alpha = 0.00001$$

2.1.4 - Frenagem e aceleração

$$F^{fren} \geq \begin{cases} 30\% \text{ do peso do veiculo tipo} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} \end{cases}$$

$$P^{concentrado} \text{ (tf)} = 45.0$$

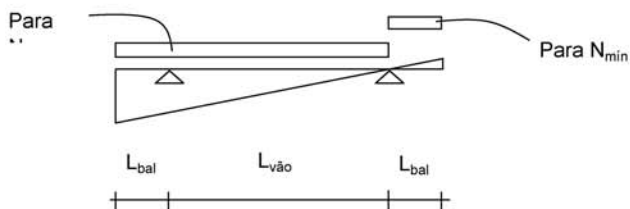
$$q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.5$$

$$Larg^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$L^{Bal} \text{ (m)} = 4.25$$

$$L^{Vão} \text{ (m)} = 28.00$$

Linha de influência da reação máxima em P1



1ª Hipótese - N<sub>máx</sub>

30% do peso do veículo tipo =  $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$   
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{bal+vão}}$  para PTC  
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{bal+vão}}$  para PMC

$$F^{\text{fren}} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 9.84 \\ 4.92 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2ª Hipótese - N<sub>min</sub>

30% do peso do veículo tipo =  $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$   
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{bal}}$  para PTC  
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{bal}}$  para PMC

$$F^{\text{fren}} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 1.30 \\ 0.65 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2.2 Direção transversal

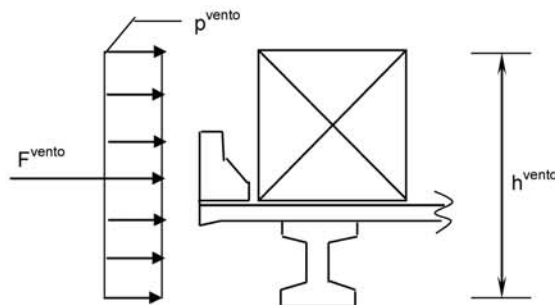
2.2.1 - Vento na superestrutura

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo como prescrito na NBR-6123

$$p^{\text{vento}} = C_x \cdot (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

$$C_x = 1.60$$



$$h^{\text{vento}} (m) = 2,00 + h_{\text{viga}} + e_{\text{laje}} + e_{\text{pav}}$$

$$h^{\text{vento}} (m) = 3.900$$

$$L^{\text{obra}} (m) = 36.50$$

$$V_o (m/s) = 40.00$$

$$S_1 = 1.00$$

$$S_2 = 1.00$$

$$S_3 = 1.00$$

$$V_k (m/s) = 40.0$$

$$p^{\text{vento}} (tf/m^2) = 0.160$$

$$F_{\text{vento}} (tf) = p^{\text{vento}} \times L^{\text{obra}} \times h^{\text{vento}}$$

$$F_{\text{vento}} (tf) = 22.8$$

**3 - Cálculo das rizezas dos apoios**
**3.1 - Linha de apoio 1**
**3.1.1 - Aparelhos de apoio (30x50)**

$$\begin{aligned} \text{n}^\circ \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.15 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100.0 \\ h_{\text{borr}} \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned} \quad k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 2,500$$

**3.1.2 - Pilares (80x80)**

$$\begin{aligned} f_{ck_{\text{pilar}}} \text{ (MPa)} &= 20.0 \\ h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\ h_{\text{total}} &= 3.85 \\ \text{n}^\circ \text{ de pilares (n)} &= 2 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0341 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3} \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K_1^{\text{long}} \text{ (tf/m)} &= 10,353 \end{aligned}$$

- transversal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0341 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K_1^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} &= 10,353 \end{aligned}$$

**3.1.3 - Rigidez do conjunto**

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_1^{\text{long - conj}} \text{ (tf/m)} = 2,014$$

- transversal

$$K_1^{\text{transv - conj}} \text{ (tf/m)} = 2,014$$

**3.2 - Linha de apoio 2**
**3.2.1 - Aparelhos de apoio (30x50)**

$$\begin{aligned} \text{n}^\circ \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.15 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\ h \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned} \quad k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 2,500$$

**3.2.2 - Pilares (80x80)**

$$f_{ck_{\text{ pilar}}} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{\text{ total}} = h_{\text{ travessa}} + H_{\text{ pilar}} + h_{\text{ bloco}}/2$$

$$h_{\text{ total}} = 4.35$$

$$n^{\circ} \text{ de pilares (n)} = 2$$

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{\text{ 1 pilar}}^{\text{ long}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9.5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3}$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_{\text{ 2}}^{\text{ long}} \text{ (tf/m)} = 7,177$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{\text{ 1 pilar}}^{\text{ transv}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_{\text{ 2}}^{\text{ transv}} \text{ (tf/m)} = 7,177$$

**3.2.3 - Rigidez do conjunto**

$$K^{\text{ conj}} = 1 / ((1/K_{\text{neop}}) + (1/K_{\text{ pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_{\text{ 2}}^{\text{ long - conj}} \text{ (tf/m)} = 1,854$$

- transversal

$$K_{\text{ 2}}^{\text{ transv - conj}} \text{ (tf/m)} = 1,854$$

**3.4 - Cálculo dos coeficientes de distribuição**

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K_{\text{ conj}}^{\text{ long}} = 3,868$$

$$\mu_{\text{ 1}}^{\text{ long}} = 0.5206$$

$$\mu_{\text{ 2}}^{\text{ long}} = 0.4794$$

- transversal

$$\sum K_{\text{ conj}}^{\text{ transv}} = 3,868$$

$$\mu_{\text{ 1}}^{\text{ transv}} = 0.5206$$

$$\mu_{\text{ 2}}^{\text{ transv}} = 0.4794$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	2,013.7	2,013.7	0.52063	0.52063
2	1,854.2	1,854.2	0.47937	0.47937
Total	3,867.9	3,867.9	1.0	1.0



**4 - Distribuição dos esforços longitudinais**

$$F^1 \text{ (tf)} = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio1}}$$

$$F^2 \text{ (tf)} = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio2}}$$

**4.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas por linha de apoio**

$$F^1 \text{ (tf)} = 8.53$$

$$F^2 \text{ (tf)} = 7.86$$

**4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio**

$$F^1 \text{ (tf)} = 2.31$$

$$F^2 \text{ (tf)} = 2.13$$

**4.3 - Deformações impostas por linha de apoio**

centro elástico longitudinal

$$X_{c.e.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i}$$

$$X_{c.e. \text{ Longitudinal (m)}} = 17.7$$

$$F = K_i \cdot X_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

Apoio	K <sub>long</sub> (tf/m)	X <sub>i</sub> (m)	F (tf)
1	2,013.7	13.42	17.6
2	1,854.2	14.58	17.6

**4.4 - Frenagem e aceleração por linha de apoio**

 Hipótese de N<sub>máx</sub>

- PTC

$$F^1 \text{ (tf)} = 7.0$$

$$F^2 \text{ (tf)} = 6.5$$

- PMC

$$F^1 \text{ (tf)} = 7.0$$

$$F^2 \text{ (tf)} = 6.5$$

 Hipótese de N<sub>mín</sub>

- PTC

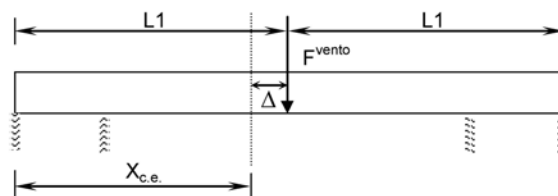
$$F^1 \text{ (tf)} = 7.0$$

$$F^2 \text{ (tf)} = 6.5$$

- PMC

$$F^1 \text{ (tf)} = 7.0$$

$$F^2 \text{ (tf)} = 6.5$$

**5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio**
**5.1 - Vento na superestrutura**


$$\begin{aligned}
 L1 \text{ (m)} &= 18.25 \\
 X_{c.e.Transversal} \text{ (m)} &= 17.67 \\
 \Delta \text{ (m)} &= 0.578 \\
 F_{\text{vento}} \text{ (tf)} &= 22.78
 \end{aligned}$$

$$F_i^T = F_{\text{vento}} * K_{i \text{ Trans}} * [ ( 1 / \sum K_{i \text{ Trans}} ) \pm ( \Delta * X_i ) / ( \sum (K_{i \text{ Trans}} * X_i^2) ) ]$$

Linha	$K_{i \text{ Trans}}$ (tf/m)	$X_i$ (m)	$K_{i \text{ Trans}} * X_i^2$	$F_i^T$ (tf)
1	2013.7	-13.42	362799	11.39
2	1854.2	14.58	394018.3	11.39
<b>TOTAL</b>	<b>3867.9</b>		<b>756817.4</b>	<b>22.78</b>

### Cálculo das Travessas

6 - Reação das vigas devido aos carregamentos permanentes e peso próprio da travessa

Obtidos do cálculo da Superestrutura

Vigas de Bordo (  $V_1 = V_5$  )

	g1	g2	g3	$R_g$ (tf)
$R_v$ (tf)	32.75	32.01	24.2	88.960

Vigas Centrais (  $V_2 = V_3 = V_4$  )

	g1	g2	g3	$R_g$ (tf)
$R_v$ (tf)	32.75	30.50	13.89	77.14

Peso próprio da Travessa

$$\gamma_{conc} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 2.50$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.2$$

$$g_{trav} = S * \gamma_{conc}$$

$$g_{trav} \text{ (tf/m)} = 3.00$$

7 - Distribuição transversal da carga móvel para obtenção do trem-tipo longitudinal por Courbon

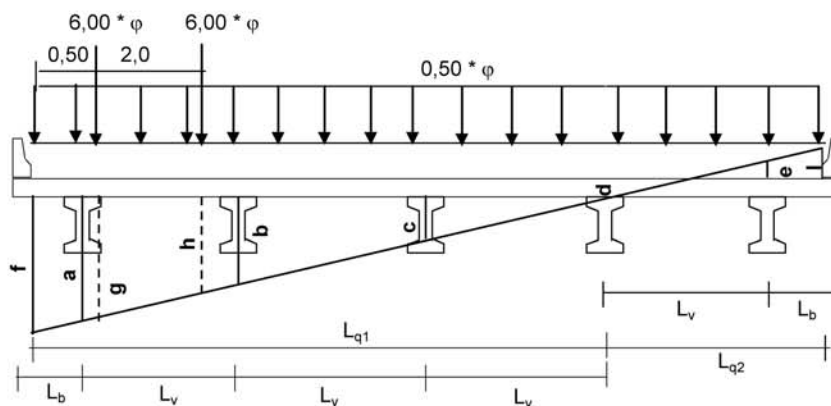
Cálculo do coeficiente de impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,007 * L_{teórico}$$

$$L_{teórico} \text{ (m)} = 28.00$$

$$\varphi = 1.204$$

7.1 - Para Ponte Total Carregada - V1



$$L_b \text{ (m)} = 1.2$$

$$L_{q1} \text{ (m)} = 8.75$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65$$

$$L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = 0.600$$

$$b = 0.400$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.000$$

$$e = -0.200$$

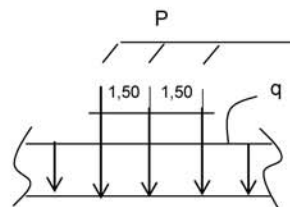
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= 0.660 & h &= 0.472 \\ g &= 0.623 & i &= -0.260 \end{aligned}$$

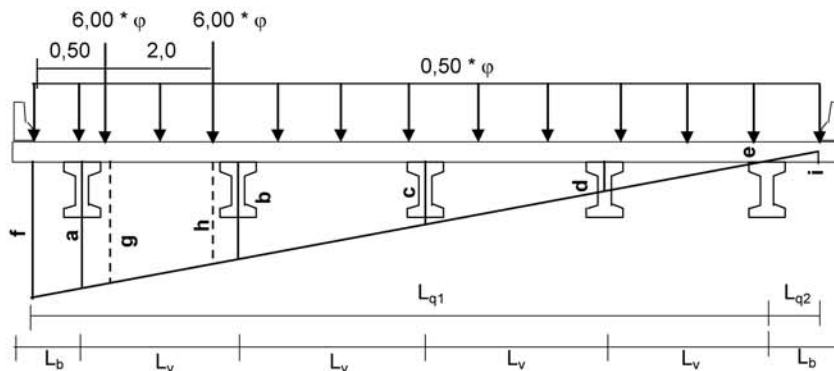
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1})/2 + (i * L_{q2})/2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 7.906 \\ q \text{ (tf/m)} &= 1.469 \end{aligned}$$



7.2 - Para Ponte Total Carregada - V2



$$\begin{aligned} L_b \text{ (m)} &= 1.2 & L_{q1} \text{ (m)} &= 11.40 \\ L_v \text{ (m)} &= 2.65 & L_{q2} \text{ (m)} &= 0.80 \end{aligned}$$

Ordenadas de Courbon para V2:

$$\begin{aligned} a &= 0.400 & d &= 0.100 \\ b &= 0.300 & e &= 0.000 \\ c &= 0.200 \end{aligned}$$

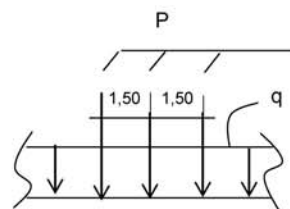
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= 0.430 & h &= 0.336 \\ g &= 0.411 & i &= -0.030 \end{aligned}$$

Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1}/2) + (i * L_{q2}/2)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 5.398 \\ q \text{ (tf/m)} &= 1.469 \end{aligned}$$





$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 11.40$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 0.80$$

Ordenadas de Courbon para V4:

$$a = 0.000 \qquad d = 0.300$$

$$b = 0.100 \qquad e = 0.400$$

$$c = 0.200$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.030 \qquad h = 0.064$$

$$g = -0.011 \qquad i = 0.430$$

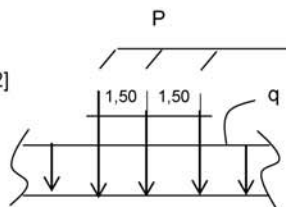
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

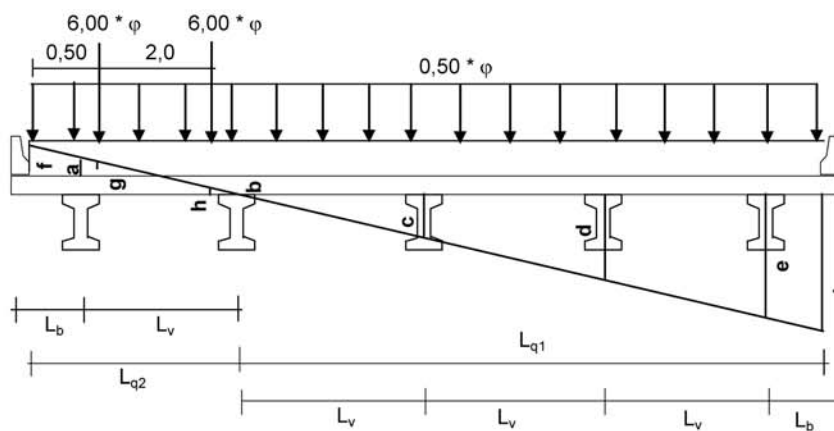
$$q = 0,50 * \varphi * [(i * L_{q1})/2 + (f * L_{q2})/2]$$

$$P (tf) = 0.382$$

$$q (tf/m) = 1.469$$



7.5 - Para Ponte Total Carregada - V5



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 8.75$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = -0.200$$

$$b = 0.000$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.400$$

$$e = 0.600$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.260 \qquad i = 0.660$$

$$g = -0.223$$

$$h = -0.072$$

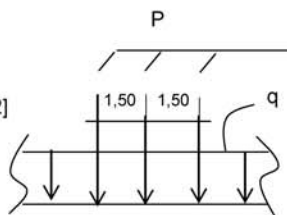
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

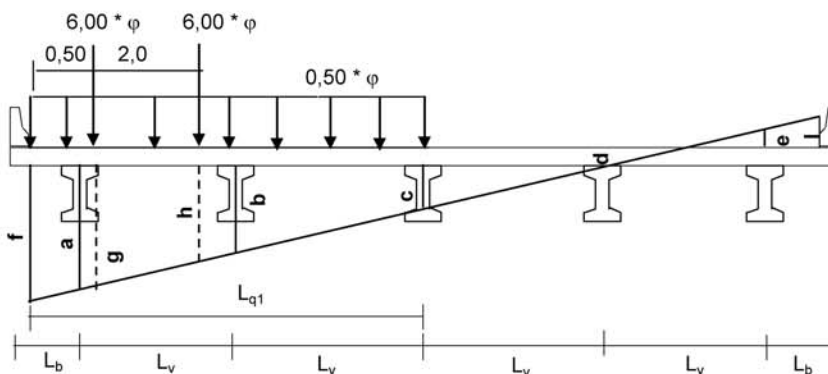
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q2})/2 + (i * L_{q1})/2]$$

$$P (tf) = -2.126$$

$$q (tf/m) = 1.469$$



7.6 - Para Ponte Metade Carregada - V1



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 6.10$$

$$L_v (m) = 2.65$$

$$a = 0.600 \qquad f = 0.660$$

$$b = 0.400 \qquad g = 0.623$$

$$c = 0.200 \qquad h = 0.472$$

$$d = 0.000$$

$$e = -0.200$$

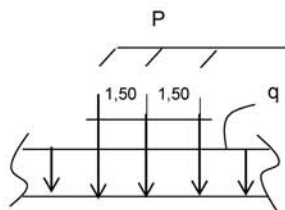
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

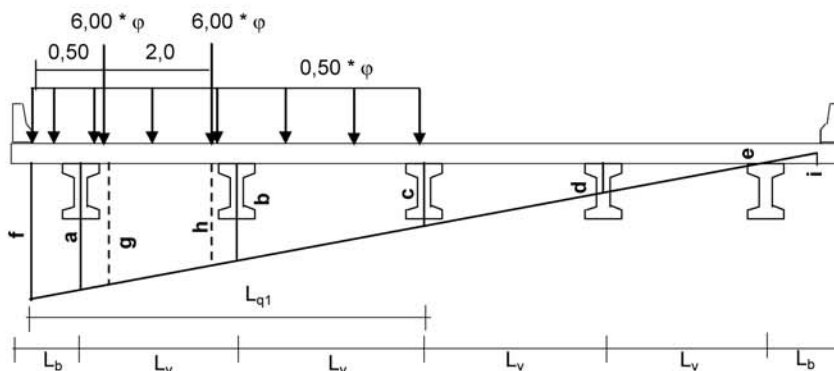
$$q = 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2$$

$$P (tf) = 7.906$$

$$q (tf/m) = 1.580$$



7.7 - Para Ponte Metade Carregada - V2



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 6.10$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65$$

$$a = 0.400 \qquad f = 0.430$$

$$b = 0.300 \qquad g = 0.411$$

$$c = 0.200 \qquad h = 0.336$$

$$d = 0.100$$

$$e = 0.000$$

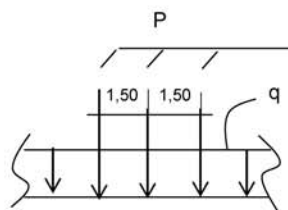
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \phi * (g + h)$$

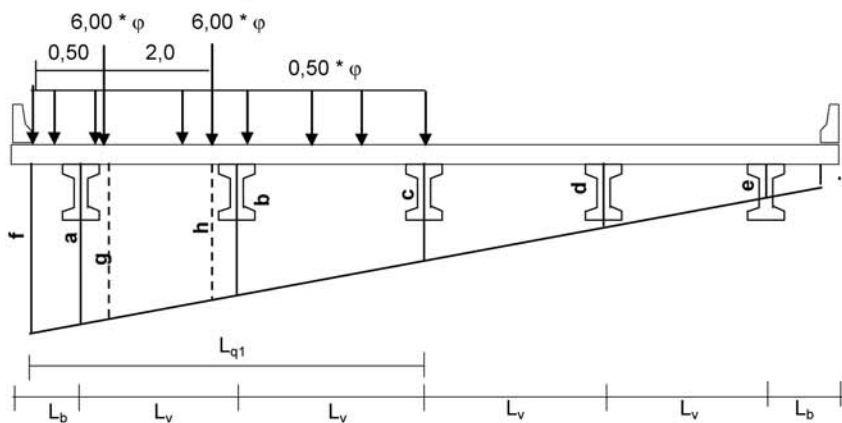
$$q = 0,50 * \phi * ((f + c) * L_{q1})/2$$

$$P \text{ (tf)} = 5.398$$

$$q \text{ (tf/m)} = 1.157$$



7.8 - Para Ponte Metade Carregada - V3





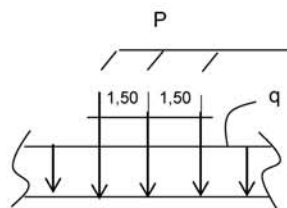
$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \quad L_v \text{ (m)} = 2.65 \quad L_{q1} \text{ (m)} = 6.10$$

$$\begin{aligned} a &= 0.200 & f &= 0.200 \\ b &= 0.200 & g &= 0.200 \\ c &= 0.200 & h &= 0.200 \\ d &= 0.200 \\ e &= 0.200 \end{aligned}$$

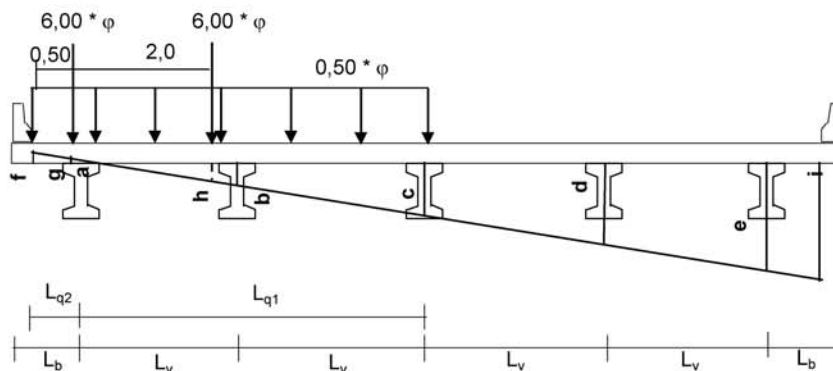
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 2.890 \\ q \text{ (tf/m)} &= 0.734 \end{aligned}$$



#### 7.9 - Para Ponte Metade Carregada - V4



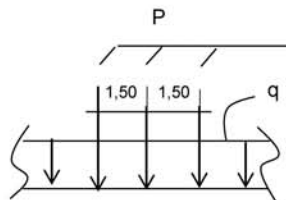
$$\begin{aligned} L_b \text{ (m)} &= 1.20 & L_{q1} \text{ (m)} &= 5.30 \\ L_v \text{ (m)} &= 2.65 & L_{q2} \text{ (m)} &= 0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0.000 & f &= -0.030 \\ b &= 0.100 & g &= -0.011 \\ c &= 0.200 & h &= 0.064 \\ d &= 0.300 \\ e &= 0.400 \end{aligned}$$

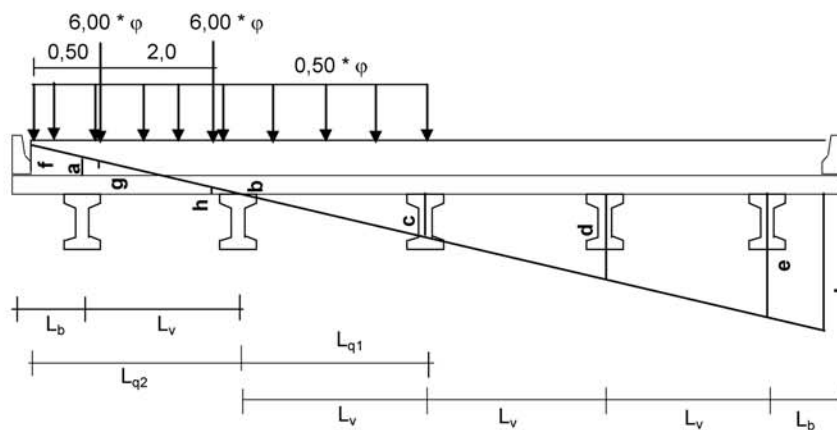
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * ((f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 0.382 \\ q \text{ (tf/m)} &= 0.312 \end{aligned}$$



7.10 - Para Ponte Metade Carregada - V5



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 2.65$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65 \qquad L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = -0.200 \qquad d = 0.400$$

$$b = 0.000 \qquad e = 0.600$$

$$c = 0.200$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.260 \qquad i = 0.660$$

$$g = -0.223$$

$$h = -0.072$$

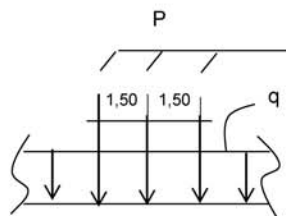
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \phi * (g + h)$$

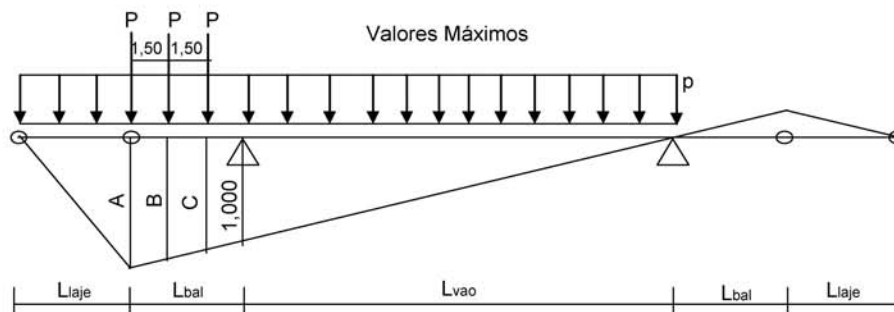
$$q = 0,50 * \phi * [(f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2]$$

$$P \text{ (tf)} = -2.126$$

$$q \text{ (tf/m)} = -0.111$$



8 - Cálculo das reações das vigas na travessa devido à Carga Móvel

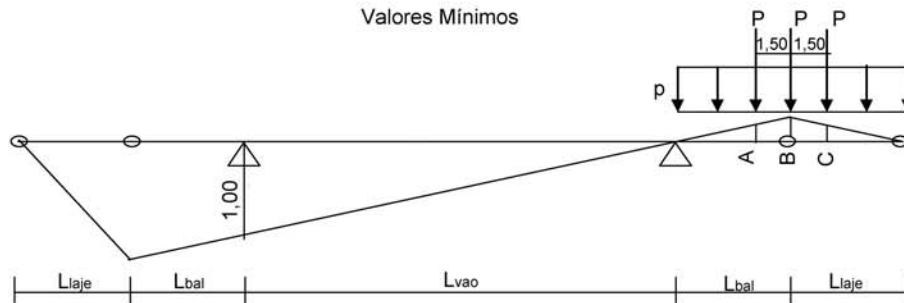


$$\begin{aligned}
 L_{\text{laje}} \text{ (m)} &= 3.000 & A &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}}) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & A &= 1.152 \\
 L_{\text{bal}} \text{ (m)} &= 4.250 & B &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}} - 1,50) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & B &= 1.098 \\
 L_{\text{vao}} \text{ (m)} &= 28.000 & C &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}} - 3,00) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & C &= 1.045
 \end{aligned}$$

$$R_v = P * (A + B + C) + p * [(A * L_{\text{laje}} / 2) + A * (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}}) / 2]$$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V <sub>1</sub>	7.906	1.469	<b>55.86</b>	V <sub>1</sub>	7.906	1.580	<b>58.11</b>
V <sub>2</sub>	5.398	1.469	<b>47.60</b>	V <sub>2</sub>	5.398	1.157	<b>41.27</b>
V <sub>3</sub>	2.890	1.469	<b>39.34</b>	V <sub>3</sub>	2.890	0.734	<b>24.43</b>
V <sub>4</sub>	0.382	1.469	<b>31.08</b>	V <sub>4</sub>	0.382	0.312	<b>7.59</b>
V <sub>5</sub>	-2.126	1.469	<b>22.81</b>	V <sub>5</sub>	-2.126	-0.111	<b>-9.26</b>

Valores Mínimos

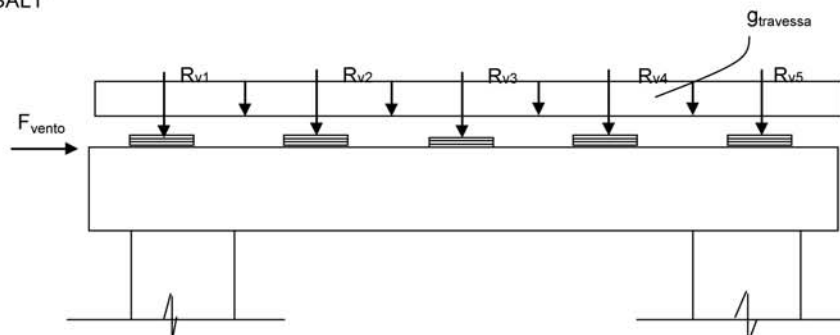


$$\begin{aligned}
 L_{\text{laje}} \text{ (m)} &= 3.000 & A &= (L_{\text{bal}} - 1,50) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & A &= 0.098 \\
 L_{\text{bal}} \text{ (m)} &= 4.250 & B &= (L_{\text{bal}}) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & B &= 0.152 \\
 L_{\text{vao}} \text{ (m)} &= 28.000 & C &= (L_{\text{laje}} - 1,50) * (B / L_{\text{laje}}) & C &= 0.076
 \end{aligned}$$

$$R_v = -\{P * (A + B + C) + p * [B * (L_{\text{laje}} + L_{\text{bal}}) / 2]\}$$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V <sub>1</sub>	7.906	1.469	<b>-3.38</b>	V <sub>1</sub>	7.906	1.580	<b>-3.45</b>
V <sub>2</sub>	5.398	1.469	<b>-2.57</b>	V <sub>2</sub>	5.398	1.157	<b>-2.40</b>
V <sub>3</sub>	2.890	1.469	<b>-1.75</b>	V <sub>3</sub>	2.890	0.734	<b>-1.35</b>
V <sub>4</sub>	0.382	1.469	<b>-0.93</b>	V <sub>4</sub>	0.382	0.312	<b>-0.30</b>
V <sub>5</sub>	-2.126	1.469	<b>-0.12</b>	V <sub>5</sub>	-2.126	-0.111	<b>0.75</b>

O Cálculo dos esforços para o dimensionamento da travessa e dos pilares será feito pelo programa SALT



**\* Para os apoios 1 e 2:**

- Peso Próprio

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 88.960$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 77.140$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 77.140$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 77.140$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 88.960$$

$$g_{travessa} \text{ (tf/m)} = 3.000$$

- Carga Móvel - PTC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 55.864$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 47.602$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 39.339$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 31.076$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 22.813$$

- Carga Móvel - PMC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 58.115$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 41.272$$

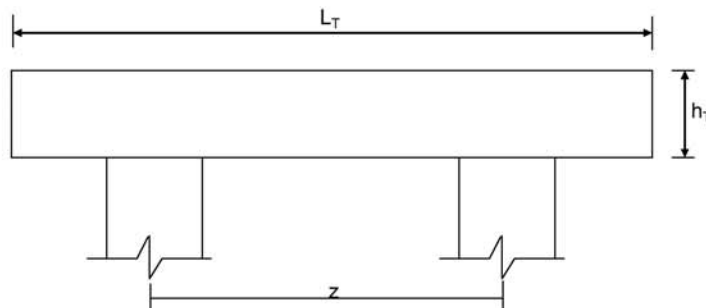
$$R_{v3} \text{ (tf)} = 24.429$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 7.587$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = -9.256$$

- Vento

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 11.39$$

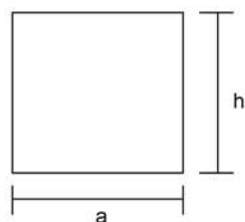
**9 - Dimensionamento da Travessa de P1**


$$L_T \text{ (m)} = 11.80$$

$$h_T \text{ (m)} = 1.50$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$



$$a \text{ (m)} = 0.800$$

$$h \text{ (m)} = 1.500$$

$$d \text{ (m)} = 1.40 \quad \text{d é a altura efetiva da seção}$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.2$$

$$g = S * 2,50$$

$$N_{trav} = g * L_T$$

$$g \text{ (tf/m)} = 3.00$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento à Flexão**

**a) Seção do apoio**  $b_w \text{ (m)} = 0.80$

$$M_g \text{ (tf.m)} = -188.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = -116.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = -8.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 431.8$$

$$a = f_{cd} * b_w * 0,272 \quad Z = d - 0,4 * x$$

a	b	c	$\Delta$
310.857	-1088	431.8	646873

$$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$$

$$c = M_d$$

$$x \text{ (m)} = 0.456$$

$$z \text{ (m)} = 1.217$$

$$x / d = 0.326$$

$$k_{md} = 0.193$$

$$A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{81.57}$$

**b) Seção do vão**

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = 37.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = 22.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = 0.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 84.1$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	$a$	$b$	$c$	$\Delta$
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		310.857	-1088	84.1	1079200
$c = M_d$					
	$x (m) = 0.079$		$k_{md} = 0.038$		
	$z (m) = 1.368$		$A_s^+ (cm^2) = 14.13$		
	$x / d = 0.056$				

**c) Armadura mínima**

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_f$$

$$A_s^{min} (cm^2) = 18.0$$

**Dimensionamento ao Cisalhamento**

**a) Seção do apoio à esquerda**

$$b_w (m) = 0.80$$

$$V_g (tf) = 96.8 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q (tf) = 58.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} (tf) = 216.8$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 144.4$$

$$A_{sw}/s = 26.4 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 32.95 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

**b) Seção do apoio à direita**

$V_g (tf) = 125.6$  (reação de carga permanente das vigas )

$V_{q1} (tf) = 74.8$  (reação de carga móvel das vigas)

$V_{q2} (tf) = 2.4$  (vento na superestrutura)

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 282.2$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 209.8$$

$$A_{sw}/s = 38.3 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 47.88 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P1 - Ponte 36,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      3.1000
  2      0.6000      3.1000
  3      2.6000      3.1000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      3.1000
  6      5.9000      3.1000
  7      8.5500      3.1000
  8      9.2000      3.1000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      3.1000
 11     11.8000      3.1000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.040E+0000 1.040E+0000 1.464E-0001 1.0
  2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 4
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -88.960
  5  PY -77.140
  6  PY -77.140
  7  PY -77.140
 10  PY -88.960
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  2 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  3 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  4 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  5 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  6 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  7 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  8 U 0.000 0.000 WYA -3.000
0
fim
    
```



```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -55.864
5 PY -47.602
6 PY -39.339
7 PY -31.076
10 PY -22.813
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -58.115
5 PY -41.272
6 PY -24.429
7 PY -7.587
10 PY 9.256
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 11.390
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa Pl - Ponte 36,5m

-----  
 DATA : 1/27/2006(sexta-feira)  
 HORA : 4:34:35 PM  
 ARQUIVO DE DADOS : trav pl -viga36,5m.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.10E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.10E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.10E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

barra	propriedades dos elementos			comprimento
	material	seção	nó inicial	
1	1	1	1	2
2	1	1	2	3
3	1	1	3	5
4	1	1	5	6
5	1	1	6	7
6	1	1	7	8
7	1	1	8	10
8	1	1	10	11
9	1	2	3	4
10	1	2	8	9

número de elementos ..... 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade ..... 2.885E+0006  
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006  
 C. Poisson ..... 2.000E-0001  
 C. D. Térmica ..... 1.000E-0005  
 P. Específico ..... 2.500E+0000

número de tipos de material ..... 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.04E+0000	1.04E+0000	1.46E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções ..... 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-88.96	0.00
5	global	0.00	-77.14	0.00
6	global	0.00	-77.14	0.00
7	global	0.00	-77.14	0.00
10	global	0.00	-88.96	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wxb	wya	
			f1	f2	wxa	wxb	wya	
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	cargas	noda is	momento
		força	força	
		x	y	z
2	global	0.00	-55.86	0.00
5	global	0.00	-47.60	0.00
6	global	0.00	-39.34	0.00
7	global	0.00	-31.08	0.00
10	global	0.00	-22.81	0.00

fim do carregamento ..... 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	cargas	noda is	momento
		força	força	
		x	y	z
2	global	0.00	-58.12	0.00
5	global	0.00	-41.27	0.00
6	global	0.00	-24.43	0.00
7	global	0.00	-7.59	0.00
10	global	0.00	9.26	0.00

fim do carregamento ..... 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	cargas	noda is	momento
		força	força	
		x	y	z
1	global	11.39	0.00	0.00

fim do carregamento ..... 4  
 número de carregamentos ..... 4

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23  
 perfil após a renumeração : 21

-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 9.2E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 9  
 -----

carregamento 1

Título : Peso Proprio

deslocamentos nodais					
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	-1.60624E-0005	-2.12272E-0003	7.28184E-0004	
2	global	-1.60624E-0005	-1.68541E-0003	7.27929E-0004	
3	global	-1.60624E-0005	-3.73378E-0004	2.86093E-0004	
4	global	6.07468E-0031	-9.25040E-0030	-5.63921E-0031	
5	global	-1.28985E-0005	-3.16869E-0004	1.07966E-0004	
6	global	1.63963E-0018	-4.20230E-0004	1.66427E-0019	
7	global	1.28985E-0005	-3.16869E-0004	-1.07966E-0004	
8	global	1.60624E-0005	-3.73378E-0004	-2.86093E-0004	
9	global	-6.07468E-0031	-9.25040E-0030	5.63921E-0031	
10	global	1.60624E-0005	-1.68541E-0003	-7.27929E-0004	
11	global	1.60624E-0005	-2.12272E-0003	-7.28184E-0004	

reações nos apoios				
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-14.60	222.37	13.56
9	global	14.60	222.37	-13.56

---

Resultante		0.00	444.74	2623.97
------------	--	------	--------	---------

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força				momento
	x	y	z	
	0.000	0.000	0.000	

esforços nas barras					
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	1.80	-0.54
2	local	2	-0.00	-90.76	0.54
		3	0.00	96.76	-188.06
3	local	3	-14.60	125.61	156.35
		5	14.60	-123.66	-75.33
4	local	5	-14.60	46.52	75.33
		6	14.60	-38.57	37.41
5	local	6	-14.60	-38.57	-37.41
		7	14.60	46.52	-75.33
6	local	7	-14.60	-123.66	75.33
		8	14.60	125.61	-156.35
7	local	8	0.00	96.76	188.06
		10	-0.00	-90.76	-0.54
8	local	10	0.00	1.80	0.54
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	222.37	14.60	31.71
		4	-222.37	-14.60	13.56
10	local	8	222.37	-14.60	-31.71
		9	-222.37	14.60	-13.56

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais					
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	-1.48172E-0004	-1.31185E-0003	4.53650E-0004	
2	global	-1.48172E-0004	-1.03966E-0003	4.53650E-0004	
3	global	-1.48172E-0004	-2.19352E-0004	1.89098E-0004	
4	global	2.05999E-0031	-5.43442E-0030	-6.96815E-0032	
5	global	-1.47099E-0004	-1.76261E-0004	7.55897E-0005	
6	global	-1.42725E-0004	-2.45116E-0004	-8.78022E-0006	
7	global	-1.38351E-0004	-1.44408E-0004	3.16011E-0005	
8	global	-1.37278E-0004	-1.10913E-0004	-4.93647E-0006	
9	global	-2.05999E-0031	-2.74787E-0030	3.12781E-0031	
10	global	-1.37278E-0004	-3.01331E-0004	-1.12970E-0004	
11	global	-1.37278E-0004	-3.69114E-0004	-1.12970E-0004	

reações nos apoios				
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-4.95	130.64	1.68
9	global	4.95	66.06	-7.52

Resultante                    0.00                    196.69                    941.53

NOTA:  
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a   d e   e q u i l í b r i o  
( o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )

		força			momento
		x	y	z	
		0.000	-0.000	0.000	

barra	e s f o r ç o s		n a s		b a r r a s	
	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	-0.00	-0.00	-0.00	
2	local	2	0.00	0.00	-0.00	
2	local	2	-0.00	-55.86	0.00	
3	local	3	0.00	55.86	-111.73	
3	local	3	-4.95	74.77	98.05	
4	local	5	4.95	-74.77	-49.45	
4	local	5	-4.95	27.17	49.45	
5	local	6	4.95	-27.17	22.56	
5	local	6	-4.95	-12.17	-22.56	
6	local	7	4.95	12.17	-9.69	
6	local	7	-4.95	-43.24	9.69	
7	local	8	4.95	43.24	-37.79	
7	local	8	-0.00	22.81	45.63	
8	local	10	0.00	-22.81	-0.00	
8	local	10	0.00	0.00	0.00	
9	local	11	-0.00	-0.00	-0.00	
9	local	3	130.64	4.95	13.68	
10	local	4	-130.64	-4.95	1.68	
10	local	8	66.06	-4.95	-7.83	
		9	-66.06	4.95	-7.52	

c a r r e g a m e n t o                    3

Título : PMC

d e s l o c a m e n t o s   n o d a i s

no	sistema	deslocamento			rotacao
		x	y	z	
1	global	-2.94314E-0004	-1.48279E-0003	5.23161E-0004	
2	global	-2.94314E-0004	-1.16889E-0003	5.23161E-0004	
3	global	-2.94314E-0004	-2.13067E-0004	2.47949E-0004	
4	global	1.27934E-0031	-5.27870E-0030	1.29004E-0031	
5	global	-2.93647E-0004	-1.32028E-0004	1.22911E-0004	
6	global	-2.90931E-0004	-1.52208E-0004	-1.78985E-0005	
7	global	-2.88214E-0004	-6.71022E-0005	9.55864E-0005	
8	global	-2.87548E-0004	7.97165E-0006	1.27445E-0004	
9	global	-1.27934E-0031	1.97497E-0031	3.66531E-0031	
10	global	-2.87548E-0004	3.36115E-0004	1.71279E-0004	
11	global	-2.87548E-0004	4.38883E-0004	1.71279E-0004	

r e a ç õ e s   n o s   a p o i o s

nó	sistema	força			momento
		x	y	z	
4	global	-3.08	126.89	-3.10	
9	global	3.08	-4.75	-8.81	

Resultante                    0.00                    122.15                    274.34

NOTA:  
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a   d e   e q u i l í b r i o  
( o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )

		força			momento
		x	y	z	
		0.000	-0.000	-0.000	

barra	e s f o r ç o s		n a s		b a r r a s	
	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00	
2	local	2	0.00	-0.00	-0.00	
2	local	2	-0.00	-58.11	0.00	

3	local	3	0.00	58.11	-116.23
		3	-3.08	68.78	103.60
		5	3.08	-68.78	-58.89
4	local	5	-3.08	27.51	58.89
		6	3.08	-27.51	14.01
5	local	6	-3.08	3.08	-14.01
		7	3.08	-3.08	22.17
6	local	7	-3.08	-4.51	-22.17
		8	3.08	4.51	19.23
7	local	8	-0.00	-9.26	-18.51
		10	0.00	9.26	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	0.00
9	local	3	126.89	3.08	12.63
		4	-126.89	-3.08	-3.10
10	local	8	-4.75	-3.08	-0.72
		9	4.75	3.08	-8.81

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z
1	global	2.20151E-0004	7.04725E-0005	-2.55275E-0005
2	global	2.17873E-0004	5.51560E-0005	-2.55275E-0005
3	global	2.10280E-0004	4.10087E-0006	-2.55275E-0005
4	global	2.42645E-0031	1.01598E-0031	-4.09798E-0031
5	global	2.09076E-0004	-7.36960E-0006	-1.40809E-0005
6	global	2.04168E-0004	-2.20901E-0006	7.29969E-0006
7	global	1.99259E-0004	5.80057E-0006	-1.19307E-0005
8	global	1.98055E-0004	-4.10087E-0006	-2.28500E-0005
9	global	2.31168E-0031	-1.01598E-0031	-3.88474E-0031
10	global	1.98055E-0004	-4.98008E-0005	-2.28500E-0005
11	global	1.98055E-0004	-6.35108E-0005	-2.28500E-0005

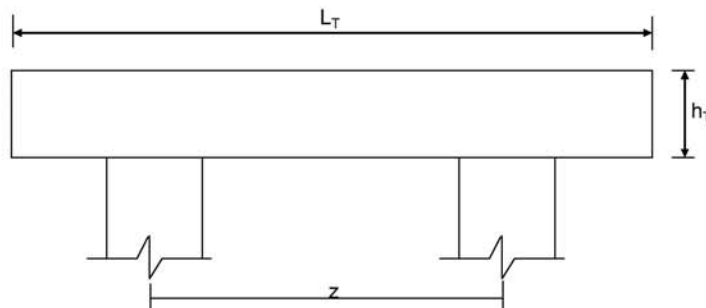
		reações nos apoios		
nó sistema	força	força	momento	
		x	y	z
4	global	-5.83	-2.44	9.85
9	global	-5.56	2.44	9.34
Resultante		-11.39	0.00	35.31

NOTA:  
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

		diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)		
		força	força	momento
		x	y	z
		-0.000	0.000	0.000

		esforços nas barras		momento	
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	11.39	0.00	-0.00
		2	-11.39	-0.00	0.00
2	local	2	11.39	-0.00	-0.00
		3	-11.39	0.00	-0.00
3	local	3	5.56	-2.44	-8.23
		5	-5.56	2.44	6.64
4	local	5	5.56	-2.44	-6.64
		6	-5.56	2.44	0.17
5	local	6	5.56	-2.44	-0.17
		7	-5.56	2.44	-6.30
6	local	7	5.56	-2.44	6.30
		8	-5.56	2.44	-7.89
7	local	8	0.00	0.00	0.00
		10	-0.00	-0.00	-0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	-2.44	5.83	8.23
		4	2.44	-5.83	9.85
10	local	8	2.44	5.56	7.89
		9	-2.44	-5.56	9.34

Fim Do Programa

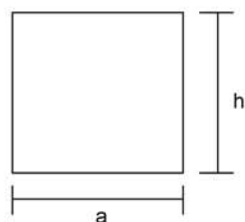
**10 - Dimensionamento da Travessa de P2**


$$L_T \text{ (m)} = 11.80$$

$$h_T \text{ (m)} = 1.50$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$



$$a \text{ (m)} = 0.800$$

$$h \text{ (m)} = 1.500$$

$$d \text{ (m)} = 1.40 \quad \text{d é a altura efetiva da seção}$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.2$$

$$g = S * 2,50$$

$$N_{trav} = g * L_T$$

$$g \text{ (tf/m)} = 3.00$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento à Flexão**

**a) Seção do apoio**  $b_w \text{ (m)} = 0.80$

$$M_g \text{ (tf.m)} = -188.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = -116.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = -9.6 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 432.7$$

$$a = f_{cd} * b_w * 0,272 \quad Z = d - 0,4 * x$$

$$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$$

$$c = M_d$$

a	b	c	$\Delta$
310.857	-1088	432.7	645671

$$x \text{ (m)} = 0.458$$

$$z \text{ (m)} = 1.217$$

$$x / d = 0.327$$

$$k_{md} = 0.193$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{81.78}$$

**b) Seção do vão**

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = 35.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = 21.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 80.4$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	$a$	$b$	$c$	$\Delta$
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		310.857	-1088	80.4	1083752
$c = M_d$					
	$x (m) = 0.076$		$k_{md} = 0.036$		
	$z (m) = 1.370$		$A_s^+ (cm^2) = 13.50$		
	$x / d = 0.054$				

**c) Armadura mínima**

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_f$$

$$A_s^{min} (cm^2) = 18.0$$

**Dimensionamento ao Cisalhamento**

**a) Seção do apoio à esquerda**

$$b_w (m) = 0.80$$

$$V_g (tf) = 96.8 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q (tf) = 58.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} (tf) = 216.8$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$



Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 144.4$$

$$A_{sw}/s = 26.4 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 32.95 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

**b) Seção do apoio à direita**

$$V_g (tf) = 125.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 74.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.9 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 282.7$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 210.3$$

$$A_{sw}/s = 38.4 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 47.98 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P2 - Ponte 36,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      3.6000
  2      0.6000      3.6000
  3      2.6000      3.6000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      3.6000
  6      5.9000      3.6000
  7      8.5500      3.6000
  8      9.2000      3.6000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      3.6000
 11     11.8000      3.6000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.040E+0000 1.040E+0000 1.464E-0001 1.0
  2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 4
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -88.960
  5  PY -77.140
  6  PY -77.140
  7  PY -77.140
 10  PY -88.960
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  2 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  3 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  4 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  5 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  6 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  7 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  8 U 0.000 0.000 WYA -3.000
0
fim
    
```

```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -55.864
5 PY -47.602
6 PY -39.339
7 PY -31.076
10 PY -22.813
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -58.115
5 PY -41.272
6 PY -24.429
7 PY -7.587
10 PY 9.256
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 11.390
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P2 - Ponte 36,5m

-----  
 DATA : 26/12/2005(segunda-feira)  
 HORA : 13:27:21  
 ARQUIVO DE DADOS : trav p2 -viga36,5m.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.60E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.60E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.60E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

barra	propriedades dos elementos			comprimento
	material	seção	nó	
1	1	1	1	2
2	1	1	2	3
3	1	1	3	5
4	1	1	5	6
5	1	1	6	7
6	1	1	7	8
7	1	1	8	10
8	1	1	10	11
9	1	2	3	4
10	1	2	8	9

número de elementos ..... 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade ..... 2.885E+0006  
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006  
 C. Poisson ..... 2.000E-0001  
 C. D. Térmica ..... 1.000E-0005  
 P. Específico ..... 2.500E+0000

número de tipos de material ..... 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.04E+0000	1.04E+0000	1.46E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções ..... 2

carregamento 1 - Peso Proprio

nó	sistema	cargas nodais		
		força	força	momento

		x	y	z
2	global	0.00	-88.96	0.00
5	global	0.00	-77.14	0.00
6	global	0.00	-77.14	0.00
7	global	0.00	-77.14	0.00
10	global	0.00	-88.96	0.00

cargas aplicadas nas barras		lx		ly		lz	
barra	sistema	tipo	f1	f2	px	py	mz
					wxa	wxb	wya
					f3	p	wyb
1	local	U	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000
2	local	U	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000
3	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000
4	local	U	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000
5	local	U	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000
6	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000
7	local	U	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000
8	local	U	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	cargas	nó da is		momento
		força	força	força	
		x	y	z	
2	global	0.00	-55.86	0.00	
5	global	0.00	-47.60	0.00	
6	global	0.00	-39.34	0.00	
7	global	0.00	-31.08	0.00	
10	global	0.00	-22.81	0.00	

fim do carregamento ..... 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	cargas	nó da is		momento
		força	força	força	
		x	y	z	
2	global	0.00	-58.12	0.00	
5	global	0.00	-41.27	0.00	
6	global	0.00	-24.43	0.00	
7	global	0.00	-7.59	0.00	
10	global	0.00	9.26	0.00	

fim do carregamento ..... 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	cargas	nó da is		momento
		força	força	força	
		x	y	z	
1	global	11.39	0.00	0.00	

fim do carregamento ..... 4  
número de carregamentos ..... 4

-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.3E+0002  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 8  
 -----

carregamento 1

=====

Título : Peso Proprio

deslocamentos		nó da is		rotacao
no	sistema	deslocamento	deslocamento	
		x	y	z
1	global	-1.31648E-0005	-2.22231E-0003	7.43328E-0004
2	global	-1.31648E-0005	-1.77592E-0003	7.43072E-0004
3	global	-1.31648E-0005	-4.33600E-0004	3.01236E-0004
4	global	5.00598E-0031	-9.30079E-0030	-5.56795E-0031
5	global	-1.05717E-0005	-3.68217E-0004	1.20127E-0004
6	global	3.27351E-0019	-4.55466E-0004	2.04082E-0019
7	global	1.05717E-0005	-3.68217E-0004	-1.20127E-0004
8	global	1.31648E-0005	-4.33600E-0004	-3.01236E-0004
9	global	-5.00598E-0031	-9.30079E-0030	5.56795E-0031
10	global	1.31648E-0005	-1.77592E-0003	-7.43072E-0004

11 global 1.31648E-0005 -2.22231E-0003 -7.43328E-0004

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-11.97	222.37	13.31
9	global	11.97	222.37	-13.31
Resultante		0.00	444.74	2623.97

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio  
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força		momento z
		x	y	
		0.000	0.000	-0.000
barra	esforços nas barras	força normal	força cortante	momento fletor
1	local 1	-0.00	0.00	-0.00
	2	0.00	1.80	-0.54
2	local 2	-0.00	-90.76	0.54
	3	0.00	96.76	-188.06
3	local 3	-11.97	125.61	158.29
	5	11.97	-123.66	-77.27
4	local 5	-11.97	46.52	77.27
	6	11.97	-38.57	35.47
5	local 6	-11.97	-38.57	-35.47
	7	11.97	46.52	-77.27
6	local 7	-11.97	-123.66	77.27
	8	11.97	125.61	-158.29
7	local 8	-0.00	96.76	188.06
	10	0.00	-90.76	-0.54
8	local 10	-0.00	1.80	0.54
	11	0.00	0.00	-0.00
9	local 3	222.37	11.97	29.77
	4	-222.37	-11.97	13.31
10	local 8	222.37	-11.97	-29.77
	9	-222.37	11.97	-13.31

carregamento 2

Título : PTC

		deslocamentos nodais		rotacao z
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	
1	global	-1.76657E-0004	-1.37007E-0003	4.62367E-0004
2	global	-1.76657E-0004	-1.09265E-0003	4.62367E-0004
3	global	-1.76657E-0004	-2.54913E-0004	1.97815E-0004
4	global	1.69758E-0031	-5.46793E-0030	-7.94830E-0032
5	global	-1.75778E-0004	-2.06677E-0004	8.28680E-0005
6	global	-1.72193E-0004	-2.63277E-0004	-6.40147E-0006
7	global	-1.68608E-0004	-1.61242E-0004	3.06319E-0005
8	global	-1.67728E-0004	-1.28621E-0004	-6.48985E-0006
9	global	-1.69758E-0031	-2.75894E-0030	2.98147E-0031
10	global	-1.67728E-0004	-3.22145E-0004	-1.14524E-0004
11	global	-1.67728E-0004	-3.90860E-0004	-1.14524E-0004

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-4.06	130.73	1.90
9	global	4.06	65.96	-7.13
Resultante		0.00	196.69	941.53

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	força			momento fletor
			x	y	z	
			0.000	0.000	-0.000	
1	local	1	-0.00	0.00	0.00	0.00
2	local	2	0.00	-55.86	0.00	-0.00
3	local	3	0.00	55.86	0.00	-111.73
4	local	5	-4.06	74.87	0.00	99.02
5	local	5	4.06	-74.87	0.00	-50.35
6	local	6	-4.06	27.27	0.00	50.35
7	local	6	4.06	-27.27	0.00	21.90
8	local	7	-4.06	12.07	0.00	-21.90
9	local	7	4.06	-43.15	0.00	-10.10
10	local	8	-4.06	43.15	0.00	10.10
11	local	8	4.06	-43.15	0.00	-38.14
12	local	10	0.00	22.81	0.00	45.63
13	local	10	-0.00	-22.81	0.00	0.00
14	local	11	0.00	0.00	0.00	-0.00
15	local	3	130.73	4.06	0.00	12.71
16	local	4	-130.73	-4.06	0.00	1.90
17	local	8	65.96	-4.06	0.00	-7.48
18	local	9	-65.96	4.06	0.00	-7.13

carregamento 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-3.53770E-0004	-1.54480E-0003	5.33652E-0004
2 global	-3.53770E-0004	-1.22461E-0003	5.33652E-0004
3 global	-3.53770E-0004	-2.47803E-0004	2.58440E-0004
4 global	1.05427E-0031	-5.31542E-0030	1.05599E-0031
5 global	-3.53224E-0004	-1.60542E-0004	1.31903E-0004
6 global	-3.50997E-0004	-1.63485E-0004	-1.30496E-0005
7 global	-3.48771E-0004	-6.79303E-0005	9.94556E-0005
8 global	-3.48225E-0004	9.62831E-0006	1.31557E-0004
9 global	-1.05427E-0031	2.06529E-0031	3.40125E-0031
10 global	-3.48225E-0004	3.45996E-0004	1.75391E-0004
11 global	-3.48225E-0004	4.51230E-0004	1.75391E-0004

reações nos apoios

nó sistema	força x	força y	momento z
4 global	-2.52	127.08	-2.52
9 global	2.52	-4.94	-8.13
Resultante	0.00	122.15	274.34

NOTA: O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	força			momento fletor
			x	y	z	
			0.000	0.000	-0.000	
1	local	1	-0.00	0.00	0.00	-0.00
2	local	2	0.00	-58.11	0.00	0.00
3	local	3	0.00	58.11	0.00	-116.23
4	local	5	-2.52	68.97	0.00	104.63
5	local	5	2.52	-68.97	0.00	-59.80
6	local	6	-2.52	27.70	0.00	59.80
7	local	6	2.52	-27.70	0.00	13.60
8	local	7	-2.52	3.27	0.00	-13.60
9	local	7	2.52	-3.27	0.00	22.26
10	local	8	-2.52	4.32	0.00	-22.26
11	local	8	2.52	-4.32	0.00	19.45
12	local	10	0.00	-9.26	0.00	-18.51
13	local	9	-0.00	9.26	0.00	-0.00

8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	127.08	2.52	11.60
		4	-127.08	-2.52	-2.52
10	local	8	-4.94	-2.52	-0.94
		9	4.94	2.52	-8.13

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	3.19344E-0004	8.29405E-0005	-2.97484E-0005
2	global	3.17066E-0004	6.50914E-0005	-2.97484E-0005
3	global	3.09473E-0004	5.59451E-0006	-2.97484E-0005
4	global	2.42157E-0031	1.20003E-0031	-4.69883E-0031
5	global	3.08260E-0004	-7.75485E-0006	-1.63952E-0005
6	global	3.03313E-0004	-1.81052E-0006	8.33985E-0006
7	global	2.98367E-0004	6.46886E-0006	-1.46329E-0005
8	global	2.97153E-0004	-5.59451E-0006	-2.75539E-0005
9	global	2.34238E-0031	-1.20003E-0031	-4.53119E-0031
10	global	2.97153E-0004	-6.07023E-0005	-2.75539E-0005
11	global	2.97153E-0004	-7.72346E-0005	-2.75539E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-5.79	-2.87	11.23
9	global	-5.60	2.87	10.83
Resultante		-11.39	0.00	41.00

NOTA:  
o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	0.000	0.000

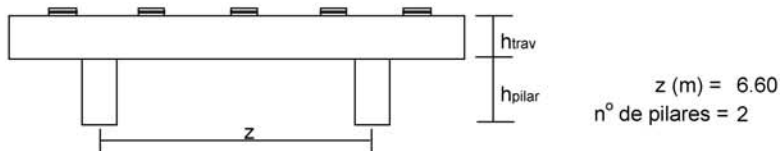
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	11.39	-0.00	0.00
		2	-11.39	0.00	-0.00
2	local	2	11.39	-0.00	-0.00
		3	-11.39	0.00	-0.00
3	local	3	5.60	-2.87	-9.61
		5	-5.60	2.87	7.74
4	local	5	5.60	-2.87	-7.74
		6	-5.60	2.87	0.14
5	local	6	5.60	-2.87	-0.14
		7	-5.60	2.87	-7.46
6	local	7	5.60	-2.87	7.46
		8	-5.60	2.87	-9.33
7	local	8	-0.00	-0.00	-0.00
		10	0.00	0.00	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	-2.87	5.79	9.61
		4	2.87	-5.79	11.23
10	local	8	2.87	5.60	9.33
		9	-2.87	-5.60	10.83

Fim Do Programa



**11 - Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar**

**Apoio 1**



P.P. do pilar ( tf ) = 2.56       $h^{\text{Pilar}} (m) = 1.60$        $h^{\text{Traves.}} (m) = 1.50$

**Esforços na base do pilar**

- \*  $g_1 + g_2 + g_3$
  - \* Carga móvel
  - \* Peso próprio do pilar
- } -  $N$  e  $M_T$  provenientes do SALT
- \* Temperatura
  - \* Empuxo de terra sobre as cortinas
  - \* Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
-  $M_L = H_L * (h_{\text{pilar}} + h_{\text{travessa}})$
- \* Vento
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
-  $N$  e  $M_T$  provenientes do SALT

**1ª Hipótese :  $N_{\text{máx}}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplia</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	222.4	130.6	2.6	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	358.0
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	8.8	3.5	0.0	4.3	1.2	0.0	17.7
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	5.7
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	27.2	10.9	0.0	13.2	3.6	0.0	54.9
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	13.6	1.7	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0	0.0	24.6

**2ª Hipótese :  $N_{\text{min}}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplia</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	222.4	-4.8	2.6	0.0	0.0	-2.4	0.0	0.0	0.0	217.7
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	8.8	3.5	0.0	4.3	1.2	0.0	17.7
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	5.7
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	27.2	10.9	0.0	13.2	3.6	0.0	54.9
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	13.6	-8.8	0.0	0.0	0.0	9.9	0.0	0.0	0.0	14.6

**Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)**

Direção Longitudinal

$$I_x \text{ (m)} = 1.60$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0107 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((I_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0069$$

$$e_{\text{total\_long. (m)}} = 0.027 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$I_x \text{ (m)} = 1.60$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0107 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((I_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0069$$

$$e_{\text{total\_transv. (m)}} = 0.027 \text{ m}$$

**Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses**

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total\_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N_d * e_{\text{Total\_Transv.}}$$

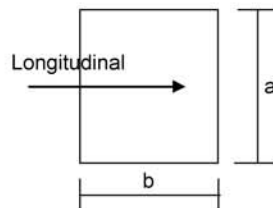
**1ª Hipótese : N<sub>máx</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplia</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	311.3	182.9	3.6	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	499.51
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	10.5	4.9	0.0	6.0	0.8	0.0	22.24
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	3.99
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	32.7	15.3	0.0	18.5	2.5	0.0	82.40
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	19.0	2.4	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	41.32

**2ª Hipótese : N<sub>min</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplia</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	311.3	-6.7	3.6	0.0	0.0	-1.7	0.0	0.0	0.0	306.54
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	12.6	4.9	0.0	6.0	0.8	0.0	24.35
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	3.99
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	39.2	15.3	0.0	18.5	2.5	0.0	83.74
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	19.0	-12.3	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	21.80

**Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya**



a (m) = 0.80  
b (m) = 0.80

Ac (m<sup>2</sup>) = 0.64  
f<sub>ck</sub> (MPa) = 20.0  
f<sub>yk</sub> (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

**Dimensionamento da Base do Pilar**

**1ª Hipótese**

N <sub>d</sub> (tf) = 499.5	v = 0.546	} <b>Ábaco</b> → ω = 0.186
M <sub>d</sub> <sup>long</sup> (tf.m) = 82.4	μ <sub>long</sub> = 0.113	
M <sub>d</sub> <sup>transv</sup> (tf.m) = 41.3	μ <sub>transv</sub> = 0.056	

A<sub>s</sub> (cm<sup>2</sup>) = 39.11

**2ª Hipótese**

$$\begin{array}{l}
 N_d \text{ (tf)} = 306.5 \\
 M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 83.7 \\
 M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 21.8
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 v = 0.335 \\
 \mu_{\text{long}} = 0.114 \\
 \mu_{\text{transv}} = 0.030
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} N_d \\ M_d^{\text{long}} \\ M_d^{\text{transv}} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{Ábaco} \\ \omega = 0.100 \end{array}$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 21.03$$

**Compressão pela NB-1/78**

$$\begin{array}{l}
 N_d \text{ (tf)} = 499.5 \\
 E \text{ (MPa)} = 288,476 \\
 \varepsilon_o = 0.002 \\
 f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0
 \end{array}
 \quad
 A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2981$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

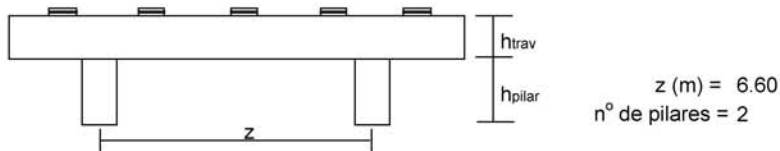
$$\begin{array}{l}
 A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 23.84 \\
 A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}} \\
 A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}
 \end{array}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 39.11$$

**12 - Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar**

**Apoio 2**



P.P. do pilar ( tf ) = 3.36       $h^{Pilar} (m) = 2.10$        $h^{Traves.} (m) = 1.50$

**Esforços na base do pilar**

- \*  $g_1 + g_2 + g_3$
  - \* Carga móvel
  - \* Peso próprio do pilar
- } - N e  $M_T$  provenientes do SALT
- \* Temperatura
  - \* Empuxo de terra sobre as cortinas
  - \* Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
-  $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
- \* Vento
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
- N e  $M_T$  provenientes do SALT

**1ª Hipótese :  $N_{máx}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplia</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	222.4	130.7	3.4	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	359.3
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	8.8	3.2	0.0	3.9	1.1	0.0	17.0
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	5.7
<b><math>M_L</math>(tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	31.6	11.6	0.0	14.1	3.8	0.0	61.2
<b><math>M_T</math>(tf.m)</b>	13.3	1.9	0.0	0.0	0.0	10.8	0.0	0.0	0.0	26.0

**2ª Hipótese :  $N_{min}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplia</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	222.4	-4.9	3.4	0.0	0.0	-2.9	0.0	0.0	0.0	217.9
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	8.8	3.2	0.0	3.9	1.1	0.0	17.0
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	5.7
<b><math>M_L</math>(tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	31.6	11.6	0.0	14.1	3.8	0.0	61.2
<b><math>M_T</math>(tf.m)</b>	13.3	-8.1	0.0	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	16.4

**Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)**

Direção Longitudinal

$$I_x \text{ (m)} = 2.10$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0140 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((I_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0119$$

$$e_{\text{total\_long. (m)}} = 0.032 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$I_x \text{ (m)} = 2.10$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0140 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((I_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0119$$

$$e_{\text{total\_transv. (m)}} = 0.032 \text{ m}$$

**Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses**

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total\_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N_d * e_{\text{Total\_Transv.}}$$

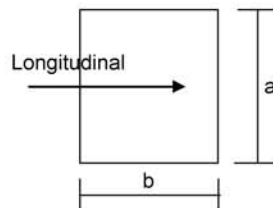
**1ª Hipótese : N<sub>máx</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplia</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	311.3	183.0	4.7	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	501.05
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	10.5	4.5	0.0	5.5	0.7	0.0	21.32
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	3.99
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	37.9	16.3	0.0	19.8	2.7	0.0	92.73
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	18.6	2.7	0.0	0.0	0.0	7.6	0.0	0.0	0.0	44.87

**2ª Hipótese : N<sub>min</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>teplia</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	311.3	-6.9	4.7	0.0	0.0	-2.0	0.0	0.0	0.0	307.10
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	12.6	4.5	0.0	5.5	0.7	0.0	23.42
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	3.99
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	45.5	16.3	0.0	19.8	2.7	0.0	94.13
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	18.6	-11.4	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	24.92

**Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya**



a (m) = 0.80  
b (m) = 0.80

Ac (m<sup>2</sup>) = 0.64  
f<sub>ck</sub> (MPa) = 20.0  
f<sub>yk</sub> (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$

**Dimensionamento da Base do Pilar**

**1ª Hipótese**

$N_d$  (tf) = 501.1  
 $M_d^{long}$  (tf.m) = 92.7  
 $M_d^{transv}$  (tf.m) = 44.9

$v = 0.548$   
 $\mu_{long} = 0.127$   
 $\mu_{transv} = 0.061$

Ábaco  $\omega = 0.215$

As (cm<sup>2</sup>) = 45.21

**2ª Hipótese**

$$\left. \begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 307.1 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 94.1 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 24.9 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.336 \\ \mu_{\text{long}} = 0.129 \\ \mu_{\text{transv}} = 0.034 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.170$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 35.75$$

**Compressão pela NB-1/78**

$$\begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 501.1 \\ E \text{ (MPa)} = 288,476 \\ \varepsilon_o = 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 \end{array} \quad A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2990$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 23.92$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}}$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

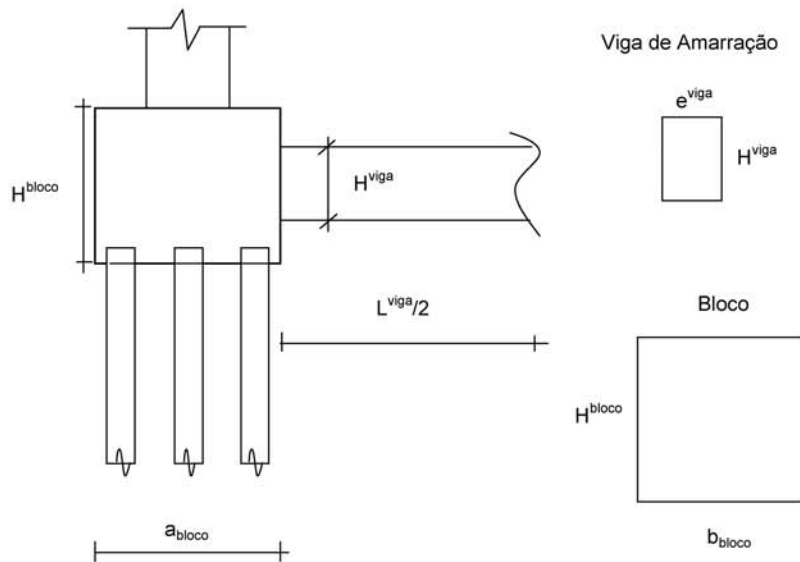
logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 45.21$$



**13 - Apoio P1**

**Esforços em Serviço na Base do Bloco**



- $h_{bloco}$  (m) = 1.30
- $a_{bloco}$  (m) = 2.80
- $b_{bloco}$  (m) = 2.80
- $h_{Viga\ de\ Amarração}$  (m) = 1.10
- $L_{Viga\ de\ Amarração}$  (m) = 3.80
- $e_{Viga\ de\ Amarração}$  (m) = 0.60
- p.p.bloco (tf) = 25.48
- p.p.viga de amarração (tf) = 6.27

**\* Cálculo de N (tf)**

$$\begin{aligned}
 g1 + g2 + g3 &= 444.74 \\
 \text{carga móvel Pesq} &= 130.6 \\
 \text{carga móvel Pdir} &= 66.1 \\
 \text{p.p. pilar} &= 5.1 \\
 \text{p.p. bloco} &= 57.2
 \end{aligned}$$

$$N = 703.8 \text{ tf}$$

**\* Cálculo de HL**

$$HL \text{ (tf)} = 35.4$$

\* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 11.4$$

\* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 155.9$$

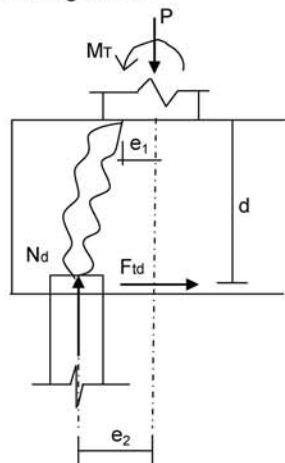
\* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 50.1$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

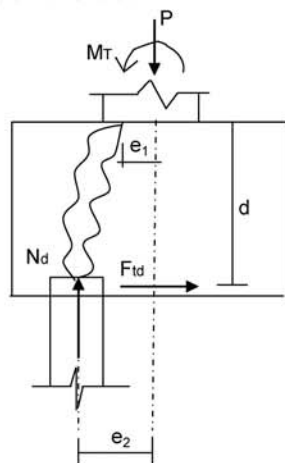
**Dimensionamento do Bloco (Para 1/2 bloco)**

**Direção Longitudinal**



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 95.9$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 89.5$	$A_s (cm^2) = 20.6$

**Direção Transversal**



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 95.9$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 89.5$	$A_s (cm^2) = 20.6$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 1  
Ref:viga36,5mM  
Data: 19/12/05

Viga de 36,5 m Estaca Metálica - Apoio P1

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2,M,M2,M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	21000000,00	8100000,00	500,00

N EST	COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA	
1	-4,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
2	-2,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
3	2,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
4	4,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
5	-3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
7	-4,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
8	-2,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
9	2,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
10	4,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
2	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
3	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
4	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
5	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
6	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
7	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
8	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
9	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
10	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 2  
Ref:viga36,5mM  
Data: 19/12/05

NRO CARREG 1

Nmax

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-11,40	-699,70	-35,80	-157,40	0,00	50,10

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

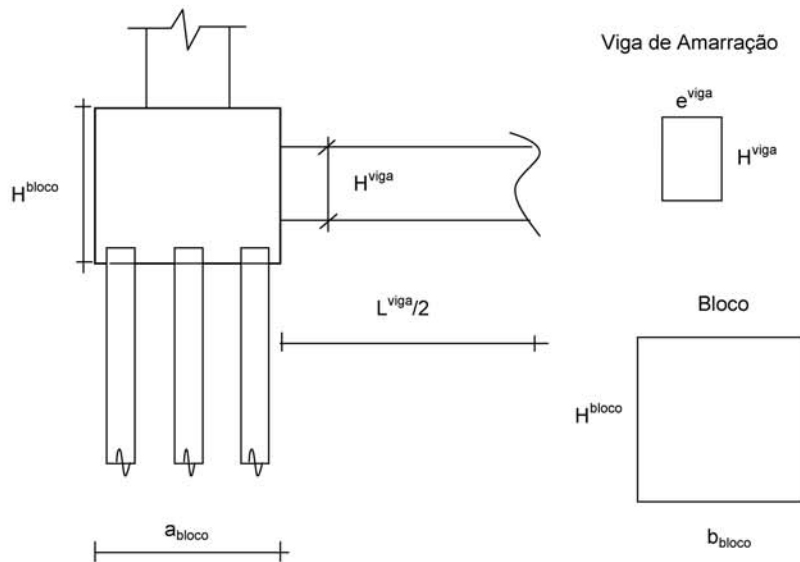
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0,003097	-0,002137	-0,004367	-0,000709	0,000000	0,000014

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	95,18	-1,14	-3,58	0,00	2,83	-0,42
2	94,25	-1,14	-3,58	0,00	2,83	-0,42
3	92,12	-1,14	-3,58	0,00	2,83	-0,42
4	91,19	-1,14	-3,58	0,00	2,83	-0,42
5	71,50	-1,14	-3,58	0,00	2,83	-0,42
6	68,44	-1,14	-3,58	0,00	2,83	-0,42
7	48,75	-1,14	-3,58	0,00	2,83	-0,42
8	47,82	-1,14	-3,58	0,00	2,83	-0,42
9	45,69	-1,14	-3,58	0,00	2,83	-0,42
10	44,76	-1,14	-3,58	0,00	2,83	-0,42

**14 - Apoio P2**

**Esforços em Serviço na Base do Bloco**



- hBloco (m) = 1.30
- aBloco (m) = 2.80
- bBloco (m) = 2.80
- hViga de Amarração (m) = 1.10
- LViga de Amarração (m) = 3.80
- eViga de Amarração (m) = 0.60
- p.p.bloco (tf) = 25.48
- p.p.viga de amarração (tf) = 6.27

**\* Cálculo de N (tf)**

- g1 + g2 + g3 = 444.74
  - carga móvel Pesq = 130.7
  - carga móvel Pdir = 66.0
  - p.p. pilar = 6.7
  - p.p. bloco = 57.2
- N = 705.4 tf**

**\* Cálculo de HL**

HL (tf) = 34.0

\* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 11.4$$

\* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 166.7$$

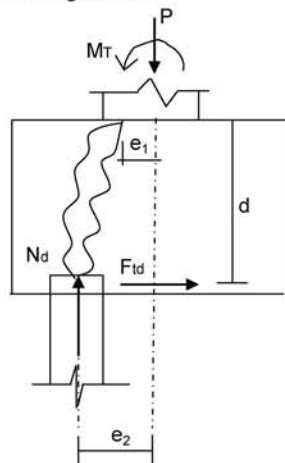
\* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 55.8$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

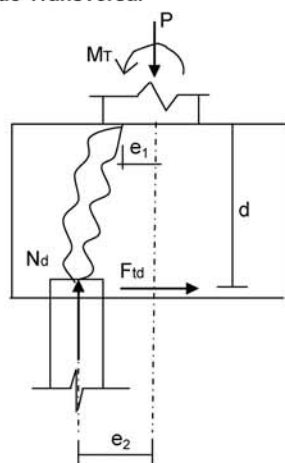
**Dimensionamento do Bloco (Para 1/2 bloco)**

**Direção Longitudinal**



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 97.4$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 90.9$	$A_s (cm^2) = 20.9$

**Direção Transversal**



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 97.4$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 90.9$	$A_s (cm^2) = 20.9$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 1  
Ref: viga36,5mM  
Data: 19/12/05

Viga de 36,5 m Estaca Metálica - Apoio P2

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	21000000,00	8100000,00	500,00

N EST	COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA	
1	-4,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
2	-2,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
3	2,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
4	4,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
5	-3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
7	-4,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
8	-2,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
9	2,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
10	4,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
2	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
3	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
4	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
5	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
6	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
7	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
8	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
9	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
10	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 2  
Ref: viga36,5mM  
Data: 19/12/05

NRO CARREG 1

Nmax

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-11,40	-701,30	-34,30	-168,30	0,00	55,80

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0,003098	-0,002142	-0,004247	-0,000744	0,000000	0,000016

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	96,69	-1,14	-3,43	0,00	2,65	-0,42
2	95,66	-1,14	-3,43	0,00	2,65	-0,42
3	93,30	-1,14	-3,43	0,00	2,65	-0,42
4	92,28	-1,14	-3,43	0,00	2,65	-0,42
5	71,82	-1,14	-3,43	0,00	2,65	-0,42
6	68,44	-1,14	-3,43	0,00	2,65	-0,42
7	47,98	-1,14	-3,43	0,00	2,65	-0,42
8	46,96	-1,14	-3,43	0,00	2,65	-0,42
9	44,60	-1,14	-3,43	0,00	2,65	-0,42
10	43,57	-1,14	-3,43	0,00	2,65	-0,42

## **5 PONTE SOBRE O RIO SANTA LUZIA**

## **5 PONTE SOBRE O RIO SANTA LUZIA**

### **5.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA**

Vão de 28,00 m com balanços de 4,25 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Maurício no Volume 3 B – 1ª Parte).



## **5.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA**

Duas linhas de apoio com pilares de 1,70 m de altura, para as obras de 36,50 m constituídas por vão de 28,00 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Infra-estrutura da Ponte sobre o Rio José Preto no Volume 3 B – 1ª Parte).

## **6 PONTE SOBRE O RIO JAMANXINZINHO**

## **6 PONTE SOBRE O RIO JAMANXINZINHO**

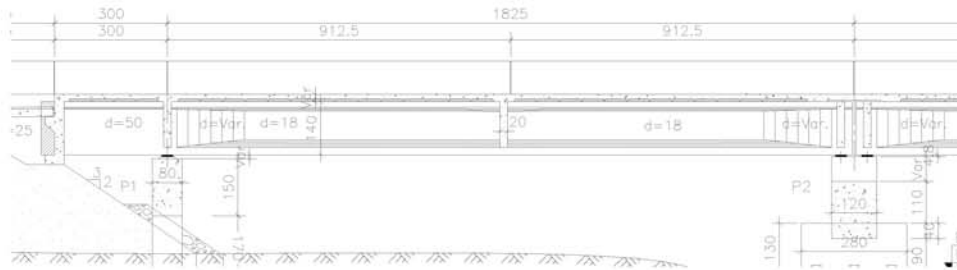
### **6.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA**

Vãos de 18,25 m com balanços de 3,00 m.

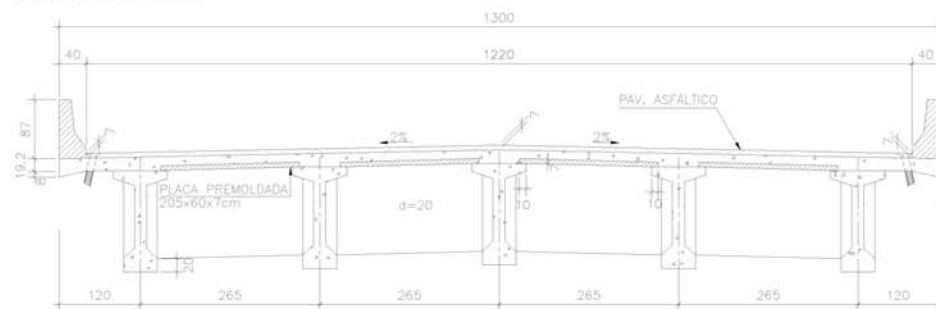
**OBRA: Ponte sobre o Rio Jamanxinzinho**

**1 – Cálculo da superestrutura**

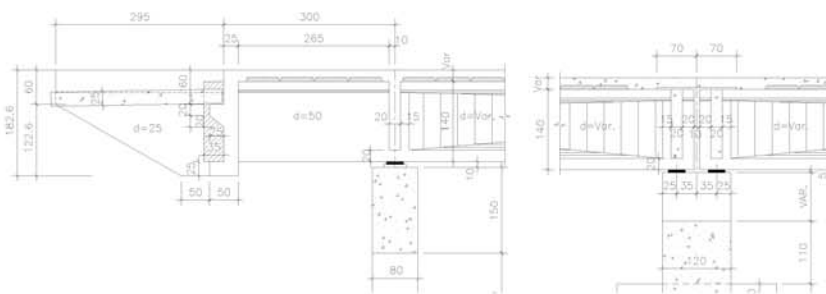
**Perfil Longitudinal**



**Seção Transversal**

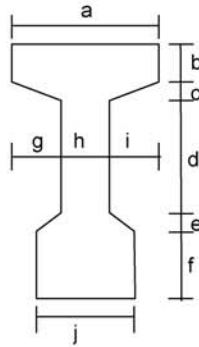


**Detalhe das vigas nos apoios**



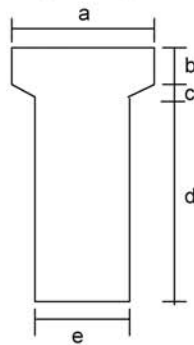
2 - Seção Transversal das Vigas

Seção Corrente



- a (m) = 0.800
- b (m) = 0.120
- c (m) = 0.100
- d (m) = 0.830
- e (m) = 0.150
- f (m) = 0.200
- g (m) = 0.310
- h (m) = 0.180
- i (m) = 0.310
- j (m) = 0.500

Seção no Apoio



- a (m) = 0.800
- b (m) = 0.120
- c (m) = 0.048
- d (m) = 1.232
- e (m) = 0.500

3 - Cálculo das cargas permanentes

3.1 - Características geométricas das vigas

	Viga Isolada	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.445	0.743
J (m <sup>4</sup> )	0.109	0.130
Vs (m)	-	-
Vs' (m)	0.666	0.664
Vi (m)	0.734	0.736
Ws (m <sup>3</sup> )	-	-
Ws' (m <sup>3</sup> )	0.163	0.197
Wi (m <sup>3</sup> )	0.148	0.177

**Viga de Bordo**

bf (m) = 2.525

**Viga Central**

bf (m) = 2.65

bf é a largura efetiva da mesa de contribuição

	Viga Conjunto	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.950	1.248
J (m <sup>4</sup> )	0.249	0.307
Vs (m)	0.459	0.555
Vs' (m)	0.259	0.355
Vi (m)	1.141	1.045
Ws (m <sup>3</sup> )	0.543	0.554
Ws' (m <sup>3</sup> )	0.961	0.865
Wi (m <sup>3</sup> )	0.218	0.294

	Viga Conjunto	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.975	1.273
J (m <sup>4</sup> )	0.252	0.313
Vs (m)	0.450	0.546
Vs' (m)	0.250	0.346
Vi (m)	1.150	1.054
Ws (m <sup>3</sup> )	0.561	0.573
Ws' (m <sup>3</sup> )	1.008	0.905
Wi (m <sup>3</sup> )	0.219	0.296

3.2 - Peso próprio da viga ( g<sub>1</sub> )

Carga distribuída

$g_1 = S_{corrente} * 2,50$

$g_1 \text{ (tf/m)} = 1.113$

Trecho em balanço

$L_{bal} \text{ (m)} = 3.000$

$g_{bal} = S_{apoio} * 2,50$

$g_{bal} \text{ (tf/m)} = 1.858$

Carga Concentrada

Alargamento da Viga

$P_1 = ( S_{apoio} - S_{corrente} ) * ( L_1 / 2 ) * 2,50$

$L_1 \text{ (m)} = 1.800$

$P_1 \text{ (tf)} = 0.67$

Alargamento no Apoio

$P_{apoio} = ( S_{apoio} - S_{corrente} ) * L_{apoio} * 2,5$

$L_{esq} \text{ (m)} = 0.250$

$P_{esq} \text{ (tf)} = 0.19$

$L_{dir} \text{ (m)} = 0.550$

$P_{dir} \text{ (tf)} = 0.41$

Placa de ancoragem

$$P_{pl} = L3 * h1 * L4 * 2,50$$

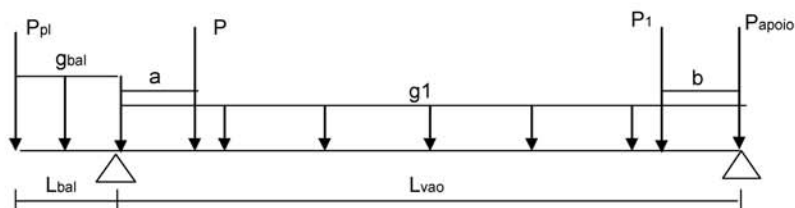
$$L3 \text{ (m)} = 0.350$$

$$L4 \text{ (m)} = 0.500$$

$$h1 \text{ (m)} = 1.400$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0.613$$

resumo do carregamento peso próprio



$$P = P_1 + P_{esq}$$

$$P_{apoio} = P_{pl} + P_{dir}$$

$$L_{vao} \text{ (m)} = 17.90$$

$$L_{bal} \text{ (m)} = 3.000$$

$$a \text{ (m)} = 0.683$$

$$b \text{ (m)} = 0.600$$

$$g_{bal} \text{ (tf/m)} = 1.858$$

$$g_1 \text{ (tf/m)} = 1.113$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0.61$$

$$P \text{ (tf)} = 0.86$$

$$P_1 \text{ (tf)} = 0.67$$

$$P_{apoio} \text{ (tf)} = 1.02$$

Esforços Seccionais

Os esforços seccionais foram obtidos com o uso do programa "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 17.56$$

$$R2 \text{ (tf)} = 11.09$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-0.61	0.00
S1/2Bal	-3.40	-3.01
0 esq	-6.18	-10.19
0 dir	11.38	-10.19
1	8.53	7.44
2	6.54	20.93
3	4.54	30.84
4	2.55	37.19
5	0.56	39.98
6	-1.43	39.19
7	-3.43	34.85
8	-5.42	26.93
9	-7.41	15.45
10	-10.07	0.00

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
S <sub>ExtBal</sub>	-	0	0
S <sub>1/2Bal</sub>	-	-15	17
0	-	-52	58
1	-	46	-50
2	-	128	-141
3	-	189	-208
4	-	228	-251
5	-	245	-270
6	-	240	-265
7	-	214	-235
8	-	165	-182
9	-	95	-104
10	-	0	0

3.3 - Laje + Transversina (g2)

Viga de Bordo

carga distribuída

$$g_2 = h * L * 2,50$$

$$h \text{ (m)} = 0.200 \quad g_2 \text{ (tf/m)} = 1.263$$

$$L \text{ (m)} = 2.525$$

carga concentrada

Transversina de apoio

$$P1 = \{ [ L * h - ( S_{apoio} - j * f ) / 2 ] \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 1.325 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.63$$

Transversina Central

$$P2 = \{ [ L * h - ( S_{corrent} - j * f ) / 2 ] \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 1.325 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P2 \text{ (tf)} = 0.71$$

Viga Central

carga distribuída

$$g_2 = h * L * 2,50$$

$$h \text{ (m)} = 0.200 \quad g_2 \text{ (tf/m)} = 1.325$$

$$L \text{ (m)} = 2.650$$

cargas concentradas

Transversina de apoio

$$P1 = \{ [ L * h - ( S_{apoio} - j * f ) ] \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P1 \text{ (tf)} = 1.27$$

Transversina Central

$$P2 = \{ [ L * h - ( S_{corrent} - j * f ) ] \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P2 \text{ (tf)} = 1.42$$

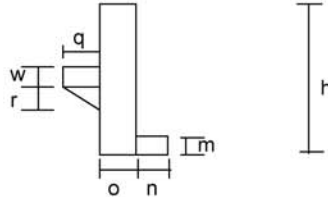


Seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g2 \quad L (m) = 0.300$$

$$P3 (tf) = 0.38$$

Cortina



$$P_{cort} = [ ( m * n * L_{total} ) + ( w + r + w ) * 0,5 * q * L_{cons} + o * h * L_{total} ] * \gamma_{conc}$$

$$L_{total} (m) = 13.000$$

$$L_{cons} (m) = 9.700$$

$$h (m) = 1.850 \quad q (m) = 0.250$$

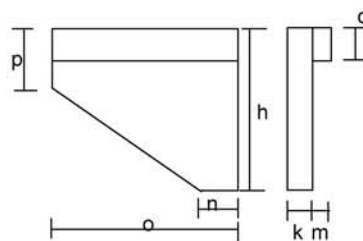
$$m (m) = 0.250 \quad w (m) = 0.200$$

$$n (m) = 0.250 \quad r (m) = 0.200$$

$$o (m) = 0.250$$

$$P4 = P_{cort} / 5 \text{ vigas} \quad P4 (tf) = 3.78$$

Abas das Cortinas



$$P5 = [ d * o * ( k + m ) + ( o + n ) * 0,5 * ( h - p ) * k + ( p - d ) * k * o ] * \gamma_{conc}$$

$$h (m) = 1.850 \quad n (m) = 0.750$$

$$k (m) = 0.250 \quad o (m) = 2.950$$

$$d (m) = 0.400 \quad p (m) = 0.600$$

$$m (m) = 0.150$$

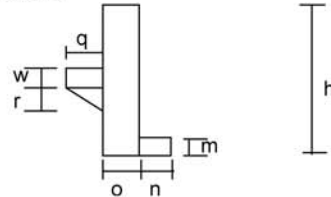
$$P5 (tf) = 2.99$$

Seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g2 \quad L (m) = 0.300$$

$$P3 (tf) = 0.40$$

Cortina



$$P_{cort} = [ ( m * n * L_{total} ) + ( w + r + w ) * 0,5 * q * L_{cons} + o * h * L_{total} ] * \gamma_{conc}$$

$$L_{total} (m) = 13.000$$

$$L_{cons} (m) = 9.700$$

$$h (m) = 1.850 \quad q (m) = 0.250$$

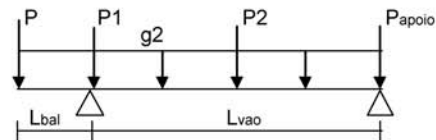
$$m (m) = 0.250 \quad w (m) = 0.200$$

$$n (m) = 0.250 \quad r (m) = 0.200$$

$$o (m) = 0.250$$

$$P4 = P_{cort} / 5 \text{ vigas} \quad P4 (tf) = 3.78$$

resumo dos esforços



$$P = P4 \quad P (tf) = 3.78$$

$$P_{apoio} = P1 + P3 \quad P_{apoio} (tf) = 1.67$$

$$g2 (tf/m) = 1.325$$

$$P (tf) = 3.78$$

$$P_{apoio} (tf) = 1.67$$

$$P1 (tf) = 1.27$$

$$P2 (tf) = 1.42$$

Esforços Seccionais

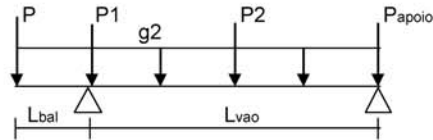
Os esforços seccionais foram obtidos com o uso do programa "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Reações

$$R1 (tf) = 22.56$$

$$R2 (tf) = 13.27$$

resumo dos esforços



$$P = P4 + P5 \quad P \text{ (tf)} = 6.77$$

$$P_{\text{apoio}} = P1 + P3 \quad P_{\text{apoio}} \text{ (tf)} = 1.01$$

$$g_2 \text{ (tf/m)} = 1.263$$

$$P \text{ (tf)} = 6.77$$

$$P_{\text{apoio}} \text{ (tf)} = 1.01$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.63$$

$$P2 \text{ (tf)} = 0.71$$

Esforços Seccionais

Os esforços seccionais foram obtidos com o uso do programa "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 24.3$$

$$R2 \text{ (tf)} = 11.22$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-6.77	0.00
S1/2Bal	-8.66	-11.58
0 esq	-10.56	-25.99
0 dir	13.11	-25.99
1	10.85	-4.55
2	8.59	12.85
3	6.33	26.20
4	4.07	35.51
5	1.10	40.77
6	-1.16	40.71
7	-3.42	36.60
8	-5.69	28.45
9	-7.95	16.25
10	-10.21	0.00

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-3.78	0.00
S1/2Bal	-5.77	-7.16
0 esq	-7.75	-17.30
0 dir	13.54	-17.30
1	11.16	4.80
2	8.79	22.66
3	6.42	36.28
4	4.05	45.65
5	0.26	50.77
6	-2.12	49.11
7	-4.49	43.20
8	-6.86	33.04
9	-9.23	18.65
10	-11.60	0.00

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{\text{isolada}}$$

$$\sigma_i = -M / W_{i \text{ isolada}}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-36	40
0	-	-88	98
1	-	29	-32
2	-	139	-153
3	-	223	-245
4	-	280	-308
5	-	311	-343
6	-	301	-332
7	-	265	-292
8	-	203	-223
9	-	114	-126
10	-	0	0

**Tensões**

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_i \text{ isolada}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
S <sub>ExtBal</sub>	-	0	0
S <sub>1/2Bal</sub>	-	-59	65
0	-	-132	147
1	-	-28	31
2	-	79	-87
3	-	161	-177
4	-	218	-240
5	-	250	-275
6	-	250	-275
7	-	225	-247
8	-	175	-192
9	-	100	-110
10	-	0	0

**3.4 - Sobrecarga Permanente ( g<sub>3</sub> )**
**Viga de Bordo**

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_a = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.07$$

$$L \text{ (m)} = 2.125$$

guarda-rodas

$$g_a \text{ (tf/m)} = 0.357$$

$$g_b \text{ (tf/m)} = 0.580$$

$$g_3 = g_a + g_b$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0.937$$

carga concentrada

Guarda rodas sobre a aba

$$P_1 = g_b * L$$

$$L \text{ (m)} = 2.950 \quad P_1 \text{ (tf)} = 1.71$$

Laje de acesso

$$P_2 = ( k * h * L * 2,50 / 2 ) / 5 \text{ vigas}$$

$$k \text{ (m)} = 3.000$$

$$h \text{ (m)} = 0.250 \quad P_2 \text{ (tf)} = 1.86$$

**Viga Central**

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_3 = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.07$$

$$L \text{ (m)} = 2.65$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0.445$$

carga concentrada

Laje de acesso

$$P_1 = ( k * h * L * 2,50 / 2 ) / 5 \text{ vigas}$$

$$k \text{ (m)} = 3.000$$

$$h \text{ (m)} = 0.250$$

$$L \text{ (m)} = 9.900$$

$$P_1 \text{ (tf)} = 1.86$$

seção fora do vão de cálculo

$$P_2 = L * g_3$$

$$L \text{ (m)} = 0.300$$

$$P_3 \text{ (tf)} = 0.13$$

$L (m) = 9.900$

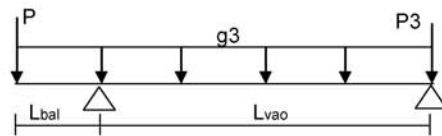
seção fora do vão de cálculo

$P3 = L * g_3$

$L (m) = 0.300$

$P3 (tf) = 0.28$

resumo dos esforços



$P = P1 + P2$

$g_3 (tf/m) = 0.937$

$P (tf) = 3.57$

$P3 (tf) = 0.28$

Reações

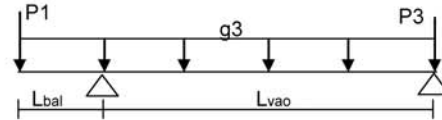
$R1 (tf) = 15.6$

$R2 (tf) = 7.83$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S <sub>ExtBal</sub>	-3.57	0.00
S <sub>1/2Bal</sub>	-4.98	-6.41
0 esq	-6.38	-14.93
0 dir	9.22	-14.93
1	7.54	0.08
2	5.87	12.08
3	4.19	21.07
4	2.51	27.07
5	0.83	30.06
6	-0.84	30.06
7	-2.52	27.05
8	-4.20	21.03
9	-5.88	12.02
10	-7.55	0.00

resumo dos esforços



$g_3 (tf/m) = 0.445$

$P1 (tf) = 1.86$

$P3 (tf) = 0.13$

Reações

$R1 (tf) = 7.6$

$R2 (tf) = 3.69$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S <sub>ExtBal</sub>	-1.86	0.00
S <sub>1/2Bal</sub>	-2.53	-3.29
0 esq	-3.19	-7.58
0 dir	4.41	-7.58
1	3.61	-0.41
2	2.81	5.34
3	2.02	9.66
4	1.22	12.56
5	0.42	14.03
6	-0.37	14.08
7	-1.17	12.70
8	-1.97	9.89
9	-2.76	5.66
10	-3.56	0.00

**Tensões**

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = - M / Wi_{conjunto}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-12	-7	22
0	-27	-17	51
1	0	0	0
2	22	13	-55
3	39	22	-97
4	50	28	-124
5	55	31	-138
6	55	31	-138
7	50	28	-124
8	39	22	-96
9	22	13	-55
10	0	0	0

**Tensões**

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = - M / Wi_{conjunto}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-6	-4	11
0	-13	-8	26
1	-1	0	2
2	10	5	-24
3	17	10	-44
4	22	12	-57
5	25	14	-64
6	25	14	-64
7	23	13	-58
8	18	10	-45
9	10	6	-26
10	0	0	0

```
Portico plano Ponte de 21.25 m - Viga Bordo - G1 e G2
coordenadas dos nos
1 0.000 0.00
2 1.500 0.00
3 3.000 0.00
4 4.790 0.00
5 6.580 0.00
6 8.370 0.00
7 10.160 0.00
8 11.950 0.00
9 13.740 0.00
10 15.530 0.00
11 17.320 0.00
12 19.110 0.00
13 20.900 0.00
0
condicoes de contorno
3 110
13 010
0
tipos de material
1 3.19e6 0.2 1.0e-5 2.5
0
tipos de secao
1 0.44500 0.44500 0.1090
0
propriedades dos elementos
1 1 2 1 1
2 2 3 1 1
3 3 4 1 1
4 4 5 1 1
5 5 6 1 1
6 6 7 1 1
7 7 8 1 1
8 8 9 1 1
9 9 10 1 1
10 10 11 1 1
11 11 12 1 1
12 12 13 1 1
0
numero de carregamentos 2
carregamento 1 Peso Proprio (G1) - Viga Bordo
cargas nodais
1 py -0.61
13 py -1.02
0
cargas nos elementos
1 u 0.0 0.0 wya -1.858
2 u 0.0 0.0 wya -1.858
3 u 0.0 0.0 wya -1.113 g 9 1
3 c 0.683 py -0.860
12 c 1.19 py -0.670
0
fim
carregamento 2 Laje + Transversina (g2) - Viga Bordo
cargas nodais
1 py -6.77
```

```
3 py -0.63
13 py -1.01
8 py -0.71
0
cargas nos elementos
1 u 0.0 0.0 wya -1.263 g 11 1
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 21.25 m - Viga Bordo - G1 e G2

-----  
 DATA : 17/12/2005(sábado)  
 HORA : 20:04:33  
 ARQUIVO DE DADOS : vb\_3,00+18,25\_glg2.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

c o o r d e n a d a s n o d a i s				
nó	sistema	coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.50E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	4.79E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	6.58E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	8.37E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	1.01E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	1.19E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.37E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.55E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.73E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.91E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	2.09E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 13

r e s t r i ç õ e s n o d a i s				
constante de mola				
nó	código	transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

p r o p r i e d a d e s d o s e l e m e n t o s					
barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	1.50E+0000
2	1	1	2	3	1.50E+0000
3	1	1	3	4	1.79E+0000
4	1	1	4	5	1.79E+0000
5	1	1	5	6	1.79E+0000
6	1	1	6	7	1.79E+0000
7	1	1	7	8	1.79E+0000
8	1	1	8	9	1.79E+0000
9	1	1	9	10	1.79E+0000
10	1	1	10	11	1.79E+0000



```

11      1      1      11      12  1.79E+0000
12      1      1      12      13  1.79E+0000
    
```

número de elementos ..... 12

propriedades dos materiais

material : 1

```

M. Elasticidade ..... 3.190E+0006
M. E. Transversal ... 1.329E+0006
C. Poisson ..... 2.000E-0001
C. D. Térmica ..... 1.000E-0005
P. Específico ..... 2.500E+0000
    
```

número de tipos de material ..... 1

propriedades das seções

```

tipo   área x   área y   inércia z
1  4.45E-0001  4.45E-0001  1.09E-0001
    
```

módulos de flexão

```

tipo   wz
1  1.00E+0000
    
```

número de tipos seções ..... 1

carregamento 1 - Peso Proprio (G1) - Viga Bordo

cargas nodais

nó	sistema	força x	força y	momento z
1	global	0.00	-0.61	0.00
13	global	0.00	-1.02	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t	f1	wxa	wxb	wya	
				f2	f3	p		
1	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-1.9E+0000	
2	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-1.9E+0000	
3	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.1E+0000	
4	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.1E+0000	
5	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.1E+0000	
6	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.1E+0000	
7	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.1E+0000	
8	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.1E+0000	
9	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.1E+0000	
10	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.1E+0000	
11	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.1E+0000	
12	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.1E+0000	
3	local	C	0.68		0.0E+0000	-8.6E-0001	0.0E+0000	
12	local	C	1.19		0.0E+0000	-6.7E-0001	0.0E+0000	

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - Laje + Transversina (g2) - Viga Bordo

cargas nodais					
nó	sistema	força		momento	
		x	y	z	
1	global	0.00	-6.77	0.00	
3	global	0.00	-0.63	0.00	
13	global	0.00	-1.01	0.00	
8	global	0.00	-0.71	0.00	

cargas aplicadas nas barras							
barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz
			t	f2	wxa	wxb	wya
			f1	f3	f3	p	wyb
1	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-1.3E+0000
2	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-1.3E+0000
3	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.3E+0000
4	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.3E+0000
5	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.3E+0000
6	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.3E+0000
7	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.3E+0000
8	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.3E+0000
9	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.3E+0000
10	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.3E+0000
11	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.3E+0000
12	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000		-1.3E+0000

fim do carregamento ..... 2  
 número de carregamentos ..... 2

-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 9  
 -----

carregamento 1

Título : Peso Proprio (G1) - Viga Bordo

deslocamentos nodais					
no	sistema	deslocamento		rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	1.71904E-0003	-5.70113E-0004	
2	global	0.00000E+0000	8.66835E-0004	-5.75092E-0004	
3	global	0.00000E+0000	-1.98484E-0030	-6.02053E-0004	
4	global	0.00000E+0000	-1.12494E-0003	-6.06657E-0004	
5	global	0.00000E+0000	-2.17728E-0003	-5.32100E-0004	
6	global	0.00000E+0000	-3.03348E-0003	-3.97316E-0004	
7	global	0.00000E+0000	-3.60219E-0003	-2.20664E-0004	
8	global	0.00000E+0000	-3.82487E-0003	-2.05026E-0005	
9	global	0.00000E+0000	-3.67590E-0003	1.84809E-0004	
10	global	0.00000E+0000	-3.16246E-0003	3.76914E-0004	
11	global	0.00000E+0000	-2.32465E-0003	5.37452E-0004	
12	global	0.00000E+0000	-1.23538E-0003	6.48066E-0004	

13 global 0.00000E+0000 -1.25348E-0030 6.90049E-0004

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	17.56	0.00
13	global	-0.00	11.09	-0.00

---

Resultante		0.00	28.66	284.52
------------	--	------	-------	--------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio  
( o equilíbrio de momento é feito em relação à origem )

	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	esforços		nas barras		momento
	sistema	nó	força normal	força cortante	
1	local	1	0.00	-0.61	0.00
		2	0.00	3.40	-3.01
2	local	2	0.00	-3.40	3.01
		3	0.00	6.18	-10.19
3	local	3	0.00	11.38	10.19
		4	0.00	-8.53	7.44
4	local	4	0.00	8.53	-7.44
		5	0.00	-6.54	20.93
5	local	5	0.00	6.54	-20.93
		6	0.00	-4.54	30.84
6	local	6	0.00	4.54	-30.84
		7	0.00	-2.55	37.19
7	local	7	0.00	2.55	-37.19
		8	0.00	-0.56	39.98
8	local	8	0.00	0.56	-39.98
		9	0.00	1.43	39.19
9	local	9	0.00	-1.43	-39.19
		10	0.00	3.43	34.85
10	local	10	0.00	-3.43	-34.85
		11	0.00	5.42	26.93
11	local	11	0.00	-5.42	-26.93
		12	0.00	7.41	15.45
12	local	12	0.00	-7.41	-15.45
		13	0.00	10.07	-0.00

c a r r e g a m e n t o      2

=====

Título : Laje + Transversina (g2) - Viga Bordo

d e s l o c a m e n t o s   n o d a i s					
no	sistema	deslocamento		rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	1.12530E-0003	-3.56457E-0004	
2	global	0.00000E+0000	5.98467E-0004	-3.80404E-0004	
3	global	0.00000E+0000	-2.74600E-0030	-4.60419E-0004	
4	global	0.00000E+0000	-9.45680E-0004	-5.37296E-0004	
5	global	0.00000E+0000	-1.92954E-0003	-5.14191E-0004	
6	global	0.00000E+0000	-2.79125E-0003	-4.11935E-0004	
7	global	0.00000E+0000	-3.40777E-0003	-2.51360E-0004	
8	global	0.00000E+0000	-3.69337E-0003	-5.33006E-0005	
9	global	0.00000E+0000	-3.59939E-0003	1.58140E-0004	
10	global	0.00000E+0000	-3.12658E-0003	3.58859E-0004	
11	global	0.00000E+0000	-2.31278E-0003	5.28022E-0004	
12	global	0.00000E+0000	-1.23311E-0003	6.44797E-0004	
13	global	0.00000E+0000	-1.26753E-0030	6.88352E-0004	

r e a ç õ e s   n o s   a p o i o s				
nó	sistema	força		momento
		x	y	z
3	global	-0.00	24.30	0.00
13	global	-0.00	11.22	-0.00

-----

Resultante	0.00	35.52	307.33
------------	------	-------	--------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

-----

d i f e r e n ç a   d e   e q u i l í b r i o			
( o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

e s f o r ç o s   n a s   b a r r a s						
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	0.00	-6.77	-0.00	
		2	0.00	8.66	-11.58	
2	local	2	0.00	-8.66	11.58	
		3	0.00	10.56	-25.99	
3	local	3	0.00	13.11	25.99	
		4	0.00	-10.85	-4.55	
4	local	4	0.00	10.85	4.55	
		5	0.00	-8.59	12.85	
5	local	5	0.00	8.59	-12.85	
		6	0.00	-6.33	26.20	
6	local	6	0.00	6.33	-26.20	
		7	0.00	-4.07	35.51	
7	local	7	0.00	4.07	-35.51	

		8	0.00	-1.81	40.77
8	local	8	0.00	1.10	-40.77
		9	0.00	1.16	40.71
9	local	9	0.00	-1.16	-40.71
		10	0.00	3.42	36.60
10	local	10	0.00	-3.42	-36.60
		11	0.00	5.69	28.45
11	local	11	0.00	-5.69	-28.45
		12	0.00	7.95	16.25
12	local	12	0.00	-7.95	-16.25
		13	0.00	10.21	0.00

Fim Do Programa

```

Portico plano Ponte de 21,25 m - Viga Bordo - G3
coordenadas dos nos
1 0.000 0.00
2 1.500 0.00
3 3.000 0.00
4 4.790 0.00
5 6.580 0.00
6 8.370 0.00
7 10.160 0.00
8 11.950 0.00
9 13.740 0.00
10 15.530 0.00
11 17.320 0.00
12 19.110 0.00
13 20.900 0.00
0
condicoes de contorno
3 110
13 010
0
tipos de material
1 3.19e6 0.2 1.0e-5 2.5
0
tipos de secao
1 0.95000 0.95000 0.2490
0
propriedades dos elementos
1 1 2 1 1
2 2 3 1 1
3 3 4 1 1
4 4 5 1 1
5 5 6 1 1
6 6 7 1 1
7 7 8 1 1
8 8 9 1 1
9 9 10 1 1
10 10 11 1 1
11 11 12 1 1
12 12 13 1 1
0
numero de carregamentos 1
carregamento 1 Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Bordo
cargas nodais
1 py -3.57
13 py -0.28
0
cargas nos elementos
1 u 0.0 0.0 wya -0.937 g 11 1
0
fim
    
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 21,25 m - Viga Bordo - G3

-----  
 DATA : 17/12/2005(sábado)  
 HORA : 20:04:39  
 ARQUIVO DE DADOS : vb\_3,00+18,25\_g3.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

coordenadas nodais

nó	sistema	coordenada		
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.50E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	4.79E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	6.58E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	8.37E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	1.01E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	1.19E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.37E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.55E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.73E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.91E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	2.09E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 13

restrições nodais

nó	código	constante de mola		
		transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

propriedades dos elementos

barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	1.50E+0000
2	1	1	2	3	1.50E+0000
3	1	1	3	4	1.79E+0000
4	1	1	4	5	1.79E+0000
5	1	1	5	6	1.79E+0000
6	1	1	6	7	1.79E+0000
7	1	1	7	8	1.79E+0000
8	1	1	8	9	1.79E+0000
9	1	1	9	10	1.79E+0000
10	1	1	10	11	1.79E+0000

```

11      1      1      11      12  1.79E+0000
12      1      1      12      13  1.79E+0000
    
```

número de elementos ..... 12

propriedades dos materiais

material : 1

```

M. Elasticidade ..... 3.190E+0006
M. E. Transversal ... 1.329E+0006
C. Poisson ..... 2.000E-0001
C. D. Térmica ..... 1.000E-0005
P. Específico ..... 2.500E+0000
    
```

número de tipos de material ..... 1

propriedades das seções

```

tipo   área x   área y   inércia z
1  9.50E-0001  9.50E-0001  2.49E-0001
    
```

módulos de flexão

```

tipo   wz
1  1.00E+0000
    
```

número de tipos seções ..... 1

carregamento 1 - Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Bordo

```

cargas nodais
nó   sistema   força x   força y   momento z
1    global    0.00    -3.57    0.00
13   global    0.00    -0.28    0.00
    
```

cargas aplicadas nas barras

```

barra sistema tipo   la   lb   px   py   mz   wyb
      t      fl   f2   wxa  wxb  wya
      p
1    local  U   0.00  1.50  0.0E+0000  -9.4E-0001
2    local  U   0.00  1.50  0.0E+0000  -9.4E-0001
3    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -9.4E-0001
4    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -9.4E-0001
5    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -9.4E-0001
6    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -9.4E-0001
7    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -9.4E-0001
8    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -9.4E-0001
9    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -9.4E-0001
10   local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -9.4E-0001
11   local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -9.4E-0001
12   local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -9.4E-0001
    
```

fim do carregamento ..... 1  
número de carregamentos ..... 1



-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 10  
 -----

c a r r e g a m e n t o 1  
 =====

Título : Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Bordo

deslocamentos nodais					
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	4.43135E-0004	-1.43583E-0004	
2	global	0.00000E+0000	2.30059E-0004	-1.49303E-0004	
3	global	0.00000E+0000	-8.13139E-0031	-1.69117E-0004	
4	global	0.00000E+0000	-3.34115E-0004	-1.85286E-0004	
5	global	0.00000E+0000	-6.66554E-0004	-1.71028E-0004	
6	global	0.00000E+0000	-9.48909E-0004	-1.33110E-0004	
7	global	0.00000E+0000	-1.14488E-0003	-7.82975E-0005	
8	global	0.00000E+0000	-1.23029E-0003	-1.33551E-0005	
9	global	0.00000E+0000	-1.19305E-0003	5.49509E-0005	
10	global	0.00000E+0000	-1.03320E-0003	1.19855E-0004	
11	global	0.00000E+0000	-7.62891E-0004	1.74592E-0004	
12	global	0.00000E+0000	-4.06368E-0004	2.12395E-0004	
13	global	0.00000E+0000	-4.08224E-0031	2.26500E-0004	

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	15.60	0.00
13	global	-0.00	7.83	-0.00

-----  
 Resultante                      0.00                      23.43                      210.50  
 -----

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.  
 -----

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

esforços nas barras						
barra	sistema	nó	força	força	momento	
			normal	cortante	fletor	
1	local	1	0.00	-3.57	0.00	
		2	0.00	4.98	-6.41	
2	local	2	0.00	-4.98	6.41	
		3	0.00	6.38	-14.93	
3	local	3	0.00	9.22	14.93	
		4	0.00	-7.54	0.08	
4	local	4	0.00	7.54	-0.08	

		5	0.00	-5.87	12.08
5	local	5	0.00	5.87	-12.08
		6	0.00	-4.19	21.07
6	local	6	0.00	4.19	-21.07
		7	0.00	-2.51	27.07
7	local	7	0.00	2.51	-27.07
		8	0.00	-0.83	30.06
8	local	8	0.00	0.83	-30.06
		9	0.00	0.84	30.06
9	local	9	0.00	-0.84	-30.06
		10	0.00	2.52	27.05
10	local	10	0.00	-2.52	-27.05
		11	0.00	4.20	21.03
11	local	11	0.00	-4.20	-21.03
		12	0.00	5.88	12.02
12	local	12	0.00	-5.88	-12.02
		13	0.00	7.55	0.00

Fim Do Programa

```

Portico plano Ponte de 21,25 m - Viga Central - G1 e G2
coordenadas dos nos
1 0.000 0.00
2 1.500 0.00
3 3.000 0.00
4 4.790 0.00
5 6.580 0.00
6 8.370 0.00
7 10.160 0.00
8 11.950 0.00
9 13.740 0.00
10 15.530 0.00
11 17.320 0.00
12 19.110 0.00
13 20.900 0.00
0
condicoes de contorno
3 110
13 010
0
tipos de material
1 3.19e6 0.2 1.0e-5 2.5
0
tipos de secao
1 0.44500 0.44500 0.1090
0
propriedades dos elementos
1 1 2 1 1
2 2 3 1 1
3 3 4 1 1
4 4 5 1 1
5 5 6 1 1
6 6 7 1 1
7 7 8 1 1
8 8 9 1 1
9 9 10 1 1
10 10 11 1 1
11 11 12 1 1
12 12 13 1 1
0
numero de carregamentos 2
carregamento 1 Peso Proprio - Viga Central
cargas nodais
1 py -0.61
13 py -1.02
0
cargas nos elementos
1 u 0.0 0.0 wya -1.858
2 u 0.0 0.0 wya -1.858
3 u 0.0 0.0 wya -1.113 g 9 1
3 c 0.683 py -0.860
12 c 1.19 py -0.670
0
fim
carregamento 2 Laje + Transversina (g2) - Viga Central
cargas nodais
1 py -3.78
    
```

```
3 py -1.27
13 py -1.67
8 py -1.42
0
cargas nos elementos
1 u 0.0 0.0 wya -1.325 g 11 1
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 21,25 m - Viga Central - G1 e G2

-----  
 DATA : 17/12/2005(sábado)  
 HORA : 20:04:43  
 ARQUIVO DE DADOS : vc\_3,00+18,25\_glg2.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

		c o o r d e n a d a s n o d a i s		
nó	sistema	coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.50E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	4.79E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	6.58E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	8.37E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	1.01E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	1.19E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.37E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.55E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.73E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.91E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	2.09E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 13

		r e s t r i ç õ e s n o d a i s		
		constante de mola		
nó	código	transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

		p r o p r i e d a d e s d o s e l e m e n t o s				
barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento	
1	1	1	1	2	1.50E+0000	
2	1	1	2	3	1.50E+0000	
3	1	1	3	4	1.79E+0000	
4	1	1	4	5	1.79E+0000	
5	1	1	5	6	1.79E+0000	
6	1	1	6	7	1.79E+0000	
7	1	1	7	8	1.79E+0000	
8	1	1	8	9	1.79E+0000	
9	1	1	9	10	1.79E+0000	
10	1	1	10	11	1.79E+0000	

```

11      1      1      11      12      1.79E+0000
12      1      1      12      13      1.79E+0000
    
```

número de elementos ..... 12

propriedades dos materiais

material : 1

```

M. Elasticidade ..... 3.190E+0006
M. E. Transversal ... 1.329E+0006
C. Poisson ..... 2.000E-0001
C. D. Térmica ..... 1.000E-0005
P. Específico ..... 2.500E+0000
    
```

número de tipos de material ..... 1

propriedades das seções

```

tipo      área x      área y      inércia z
1 4.45E-0001 4.45E-0001 1.09E-0001
    
```

módulos de flexão

```

tipo      wz
1 1.00E+0000
    
```

número de tipos seções ..... 1

carregamento 1 - Peso Proprio - Viga Central

cargas nodais

```

nó      sistema      força      força      momento
          x          y          z
1      global      0.00      -0.61      0.00
13     global      0.00      -1.02      0.00
    
```

cargas aplicadas nas barras

```

barra sistema tipo      la      lb      px      py      mz
          t          f1      f2      wxa      wxb      wya      wyb
1      local      U      0.00      1.50      0.0E+0000      -1.9E+0000
2      local      U      0.00      1.50      0.0E+0000      -1.9E+0000
3      local      U      0.00      1.79      0.0E+0000      -1.1E+0000
4      local      U      0.00      1.79      0.0E+0000      -1.1E+0000
5      local      U      0.00      1.79      0.0E+0000      -1.1E+0000
6      local      U      0.00      1.79      0.0E+0000      -1.1E+0000
7      local      U      0.00      1.79      0.0E+0000      -1.1E+0000
8      local      U      0.00      1.79      0.0E+0000      -1.1E+0000
9      local      U      0.00      1.79      0.0E+0000      -1.1E+0000
10     local      U      0.00      1.79      0.0E+0000      -1.1E+0000
11     local      U      0.00      1.79      0.0E+0000      -1.1E+0000
12     local      U      0.00      1.79      0.0E+0000      -1.1E+0000
3      local      C      0.68      0.0E+0000      -8.6E-0001      0.0E+0000
12     local      C      1.19      0.0E+0000      -6.7E-0001      0.0E+0000
    
```

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - Laje + Transversina (g2) - Viga Central

nó	sistema	cargas nodais		
		força x	força y	momento z
1	global	0.00	-3.78	0.00
3	global	0.00	-1.27	0.00
13	global	0.00	-1.67	0.00
8	global	0.00	-1.42	0.00

barra	sistema	tipo	cargas aplicadas nas barras						
			la t	lb f2	px wxa f3	py wxb p	mz wya	wyb	
1	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000			-1.3E+0000	
2	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000			-1.3E+0000	
3	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000			-1.3E+0000	
4	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000			-1.3E+0000	
5	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000			-1.3E+0000	
6	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000			-1.3E+0000	
7	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000			-1.3E+0000	
8	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000			-1.3E+0000	
9	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000			-1.3E+0000	
10	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000			-1.3E+0000	
11	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000			-1.3E+0000	
12	local	U	0.00	1.79	0.0E+0000			-1.3E+0000	

fim do carregamento ..... 2  
 número de carregamentos ..... 2

-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 9  
 -----

carregamento 1

Título : Peso Proprio - Viga Central

no	sistema	deslocamentos nodais		
		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	0.00000E+0000	1.71904E-0003	-5.70113E-0004
2	global	0.00000E+0000	8.66835E-0004	-5.75092E-0004
3	global	0.00000E+0000	-1.98484E-0030	-6.02053E-0004
4	global	0.00000E+0000	-1.12494E-0003	-6.06657E-0004
5	global	0.00000E+0000	-2.17728E-0003	-5.32100E-0004
6	global	0.00000E+0000	-3.03348E-0003	-3.97316E-0004
7	global	0.00000E+0000	-3.60219E-0003	-2.20664E-0004
8	global	0.00000E+0000	-3.82487E-0003	-2.05026E-0005
9	global	0.00000E+0000	-3.67590E-0003	1.84809E-0004
10	global	0.00000E+0000	-3.16246E-0003	3.76914E-0004
11	global	0.00000E+0000	-2.32465E-0003	5.37452E-0004
12	global	0.00000E+0000	-1.23538E-0003	6.48066E-0004

13 global 0.00000E+0000 -1.25348E-0030 6.90049E-0004

		reações nos apoios		
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	17.56	0.00
13	global	-0.00	11.09	-0.00

---

Resultante	0.00	28.66	284.52
------------	------	-------	--------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio  
( o equilíbrio de momento é feito em relação à origem )

	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	esforços		nas barras		momento fletor
	sistema	nó	força normal	força cortante	
1	local	1	0.00	-0.61	0.00
		2	0.00	3.40	-3.01
2	local	2	0.00	-3.40	3.01
		3	0.00	6.18	-10.19
3	local	3	0.00	11.38	10.19
		4	0.00	-8.53	7.44
4	local	4	0.00	8.53	-7.44
		5	0.00	-6.54	20.93
5	local	5	0.00	6.54	-20.93
		6	0.00	-4.54	30.84
6	local	6	0.00	4.54	-30.84
		7	0.00	-2.55	37.19
7	local	7	0.00	2.55	-37.19
		8	0.00	-0.56	39.98
8	local	8	0.00	0.56	-39.98
		9	0.00	1.43	39.19
9	local	9	0.00	-1.43	-39.19
		10	0.00	3.43	34.85
10	local	10	0.00	-3.43	-34.85
		11	0.00	5.42	26.93
11	local	11	0.00	-5.42	-26.93
		12	0.00	7.41	15.45
12	local	12	0.00	-7.41	-15.45
		13	0.00	10.07	-0.00



c a r r e g a m e n t o      2

=====

Título : Laje + Transversina (g2) - Viga Central

deslocamentos nodais

no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	0.00000E+0000	1.91596E-0003	-6.27810E-0004
2	global	0.00000E+0000	9.79431E-0004	-6.42184E-0004
3	global	0.00000E+0000	-2.54941E-0030	-6.93878E-0004
4	global	0.00000E+0000	-1.32355E-0003	-7.24230E-0004
5	global	0.00000E+0000	-2.59893E-0003	-6.51711E-0004
6	global	0.00000E+0000	-3.66156E-0003	-4.98176E-0004
7	global	0.00000E+0000	-4.38596E-0003	-2.85480E-0004
8	global	0.00000E+0000	-4.68582E-0003	-3.54794E-0005
9	global	0.00000E+0000	-4.51351E-0003	2.23429E-0004
10	global	0.00000E+0000	-3.88477E-0003	4.62846E-0004
11	global	0.00000E+0000	-2.85404E-0003	6.60918E-0004
12	global	0.00000E+0000	-1.51488E-0003	7.95788E-0004
13	global	0.00000E+0000	-1.49980E-0030	8.45601E-0004

reações nos apoios

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	22.56	0.00
13	global	-0.00	13.27	-0.00

-----

Resultante	0.00	35.83	345.07
------------	------	-------	--------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

-----

diferença de equilíbrio  
( o equilíbrio de momento é feito em relação à origem )

	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

esforços nas barras

barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-3.78	-0.00
		2	0.00	5.77	-7.16
2	local	2	0.00	-5.77	7.16
		3	0.00	7.75	-17.30
3	local	3	0.00	13.54	17.30
		4	0.00	-11.16	4.80
4	local	4	0.00	11.16	-4.80
		5	0.00	-8.79	22.66
5	local	5	0.00	8.79	-22.66
		6	0.00	-6.42	36.28
6	local	6	0.00	6.42	-36.28
		7	0.00	-4.05	45.65
7	local	7	0.00	4.05	-45.65

		8	0.00	-1.68	50.77
8	local	8	0.00	0.26	-50.77
		9	0.00	2.12	49.11
9	local	9	0.00	-2.12	-49.11
		10	0.00	4.49	43.20
10	local	10	0.00	-4.49	-43.20
		11	0.00	6.86	33.04
11	local	11	0.00	-6.86	-33.04
		12	0.00	9.23	18.65
12	local	12	0.00	-9.23	-18.65
		13	0.00	11.60	0.00

Fim Do Programa

```

Portico plano Ponte de 21,25 m - Viga Central - G3
coordenadas dos nos
1  0.000 0.00
2  1.500 0.00
3  3.000 0.00
4  4.790 0.00
5  6.580 0.00
6  8.370 0.00
7  10.160 0.00
8  11.950 0.00
9  13.740 0.00
10 15.530 0.00
11 17.320 0.00
12 19.110 0.00
13 20.900 0.00
0
condicoes de contorno
3  110
13 010
0
tipos de material
1  3.19e6  0.2  1.0e-5  2.5
0
tipos de secao
1  0.97500  0.97500  0.2520
0
propriedades dos elementos
1  1  2  1  1
2  2  3  1  1
3  3  4  1  1
4  4  5  1  1
5  5  6  1  1
6  6  7  1  1
7  7  8  1  1
8  8  9  1  1
9  9  10 1  1
10 10 11 1  1
11 11 12 1  1
12 12 13 1  1
0
numero de carregamentos 1
carregamento 1 Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Central
cargas nodais
1 py -1.86
13 py -0.13
0
cargas nos elementos
1 u 0.0 0.0 wya -0.445 g 11 1
0
fim
    
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 21,25 m - Viga Central - G3

-----  
 DATA : 17/12/2005(sábado)  
 HORA : 20:04:49  
 ARQUIVO DE DADOS : vc\_3,00+18,25\_g3.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

coordenadas nodais

nó	sistema	coordenada		
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.50E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	4.79E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	6.58E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	8.37E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	1.01E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	1.19E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.37E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.55E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.73E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.91E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	2.09E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 13

restrições nodais

nó	código	constante de mola		
		transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

propriedades dos elementos

barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	1.50E+0000
2	1	1	2	3	1.50E+0000
3	1	1	3	4	1.79E+0000
4	1	1	4	5	1.79E+0000
5	1	1	5	6	1.79E+0000
6	1	1	6	7	1.79E+0000
7	1	1	7	8	1.79E+0000
8	1	1	8	9	1.79E+0000
9	1	1	9	10	1.79E+0000
10	1	1	10	11	1.79E+0000

```

11      1      1      11      12      1.79E+0000
12      1      1      12      13      1.79E+0000
    
```

número de elementos ..... 12

propriedades dos materiais

material : 1

```

M. Elasticidade ..... 3.190E+0006
M. E. Transversal ... 1.329E+0006
C. Poisson ..... 2.000E-0001
C. D. Térmica ..... 1.000E-0005
P. Específico ..... 2.500E+0000
    
```

número de tipos de material ..... 1

propriedades das seções

```

tipo   área x   área y   inércia z
1      9.75E-0001 9.75E-0001 2.52E-0001
    
```

módulos de flexão

```

tipo   wz
1      1.00E+0000
    
```

número de tipos seções ..... 1

carregamento 1 - Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Centra

```

cargas nodais
nó   sistema   força x   força y   momento z
1    global    0.00    -1.86    0.00
13   global    0.00    -0.13    0.00
    
```

cargas aplicadas nas barras

```

barra sistema tipo   la   lb   px   py   mz   wyb
      t   fl   f2   wxa  wxb  wya
1    local  U   0.00  1.50  0.0E+0000  -4.5E-0001
2    local  U   0.00  1.50  0.0E+0000  -4.5E-0001
3    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -4.5E-0001
4    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -4.5E-0001
5    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -4.5E-0001
6    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -4.5E-0001
7    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -4.5E-0001
8    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -4.5E-0001
9    local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -4.5E-0001
10   local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -4.5E-0001
11   local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -4.5E-0001
12   local  U   0.00  1.79  0.0E+0000  -4.5E-0001
    
```

fim do carregamento ..... 1

número de carregamentos ..... 1

-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 9  
 -----

c a r r e g a m e n t o 1  
 =====

Título : Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Central

deslocamentos nodais					
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	1.94761E-0004	-6.27771E-0005	
2	global	0.00000E+0000	1.01715E-0004	-6.56914E-0005	
3	global	0.00000E+0000	-3.87275E-0031	-7.56801E-0005	
4	global	0.00000E+0000	-1.51112E-0004	-8.43118E-0005	
5	global	0.00000E+0000	-3.03223E-0004	-7.85556E-0005	
6	global	0.00000E+0000	-4.33422E-0004	-6.15863E-0005	
7	global	0.00000E+0000	-5.24477E-0004	-3.65788E-0005	
8	global	0.00000E+0000	-5.64843E-0004	-6.70811E-0006	
9	global	0.00000E+0000	-5.48655E-0004	2.48510E-0005	
10	global	0.00000E+0000	-4.75733E-0004	5.49236E-0005	
11	global	0.00000E+0000	-3.51579E-0004	8.03349E-0005	
12	global	0.00000E+0000	-1.87379E-0004	9.79099E-0005	
13	global	0.00000E+0000	-1.87955E-0031	1.04473E-0004	

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	7.60	0.00
13	global	-0.00	3.69	-0.00
Resultante		0.00	11.29	99.91

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	0.000

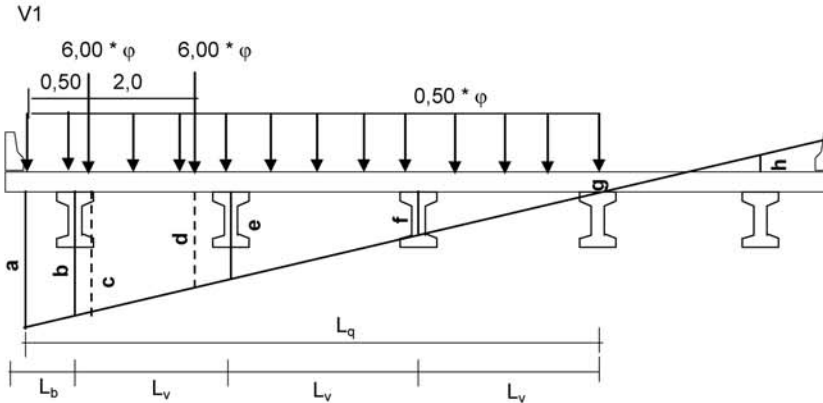
esforços nas barras						
barra	sistema	nó	força	força	momento	
			normal	cortante	fletor	
1	local	1	0.00	-1.86	0.00	
		2	0.00	2.53	-3.29	
2	local	2	0.00	-2.53	3.29	
		3	0.00	3.19	-7.58	
3	local	3	0.00	4.41	7.58	
		4	0.00	-3.61	-0.41	
4	local	4	0.00	3.61	0.41	

		5	0.00	-2.81	5.34
5	local	5	0.00	2.81	-5.34
		6	0.00	-2.02	9.66
6	local	6	0.00	2.02	-9.66
		7	0.00	-1.22	12.56
7	local	7	0.00	1.22	-12.56
		8	0.00	-0.42	14.03
8	local	8	0.00	0.42	-14.03
		9	0.00	0.37	14.08
9	local	9	0.00	-0.37	-14.08
		10	0.00	1.17	12.70
10	local	10	0.00	-1.17	-12.70
		11	0.00	1.97	9.89
11	local	11	0.00	-1.97	-9.89
		12	0.00	2.76	5.66
12	local	12	0.00	-2.76	-5.66
		13	0.00	3.56	-0.00

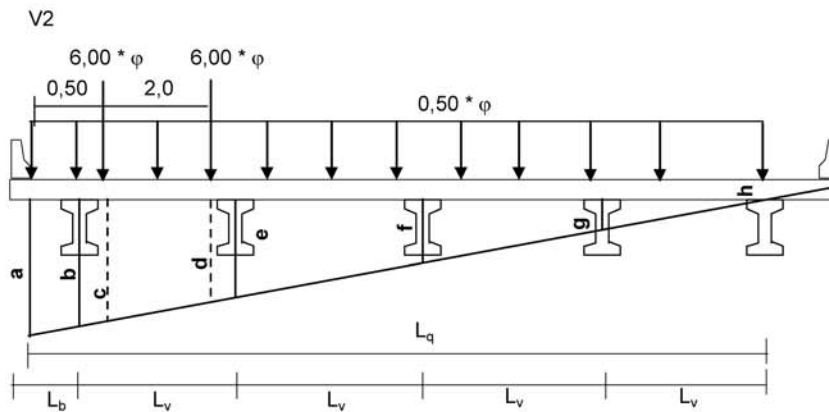
Fim Do Programa

4 - Cálculo Esforços de Carga Móvel

4.1 - Distribuição transversal do trem-tipo para obtenção do trem-tipo longitudinal



$L_b (m) = 1.20$	$V\tilde{a}o (m) = 17.9$		
$L_v (m) = 2.65$	$\varphi = 1.275$		
$a = 0.660$	$c = 0.623$	$e = 0.400$	$g = 0.000$
$b = 0.600$	$d = 0.472$	$f = 0.200$	$L_q (m) = 8.750$
$P = 6 * \varphi * (c + d)$		$P (tf) = 8.370$	
$q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$		$q (tf/m) = 1.841$	



$a = 0.430$	$c = 0.411$	$e = 0.300$	$g = 0.100$
$b = 0.400$	$d = 0.336$	$f = 0.200$	$h = 0.000$
$L_q (m) = 11.40$			
$P = 6 * \varphi * (c + d)$		$P (tf) = 5.715$	
$q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$		$q (tf/m) = 1.563$	

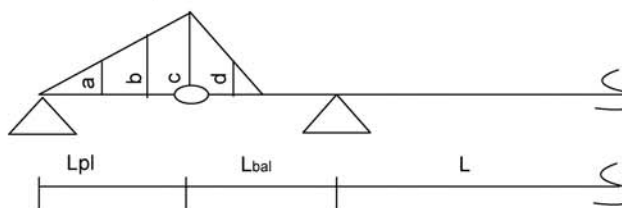


4.2 - Esforços internos devido ao carregamento do trem-tipo longitudinal

$L_{pl} \text{ (m)} = 3.000$                        $L \text{ (m)} = 17.900$   
 $L_{bal} \text{ (m)} = 3.000$

Linha de Influência Momento Fletor

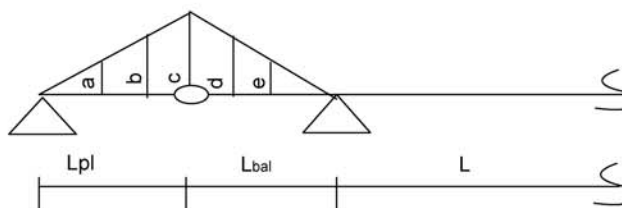
LI Momento S1/2 balanço



$a = (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl})$	$a = 0,000$
$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl})$	$b = 0,750$
$c = 0,50 * L_{bal}$	$c = 1,500$
$d = (0,5 * L_{bal} - 1,50) * [c / (0,50 * L_{bal})]$	$d = 0,000$

$M_{1/2\_min} = -p * [c * (L_{pl} + 0,50 * L_{bal}) * 0,50] - P * \text{maior} (a + b + c ; b + c + d)$   
 $M_{1/2\_max} = 0$

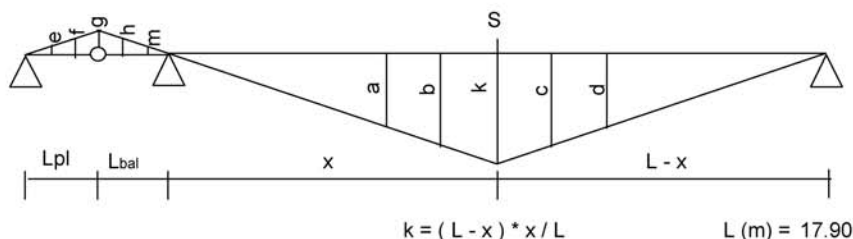
LI Momento S0



$a = (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl})$	$a = 0,000$
$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl})$	$b = 1,500$
$c = L_{bal}$	$c = 3,000$
$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal})$	$d = 1,500$
$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal})$	$e = 0,000$

$M_{S0\_min} = -p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) * 0,50] - P * [c + \text{maior} (a + b ; b + d ; d + e)]$   
 $M_{S0\_max} = 0$

LI Momento S1 a S10



$$a = (x - 3,0) * (L - x) / L$$

$$b = (x - 1,5) * (L - x) / L$$

$$c = [(L - x) - 1,5] * k / (L - x)$$

$$d = [(L - x) - 3,0] * k / (L - x)$$

$$e = (L_{pl} - 3,00) * (g / L_{pl})$$

$$f = (L_{pl} - 1,50) * (g / L_{pl})$$

$$g = L_{bal} * (k / x)$$

$$h = (L_{bal} - 1,50) * (g / L_{bal})$$

$$m = (L_{bal} - 3,00) * (g / L_{bal})$$

Seção	x (m)	k	a	b	c	d
S1	1.79	1.611	-1.089	0.261	1.461	1.311
S2	3.58	2.864	0.464	1.664	2.564	2.264
S3	5.37	3.759	1.659	2.709	3.309	2.859
S4	7.16	4.296	2.496	3.396	3.696	3.096
S5	8.95	4.475	2.975	3.725	3.725	2.975
S6	10.74	4.296	3.096	3.696	3.396	2.496
S7	12.53	3.759	2.859	3.309	2.709	1.659
S8	14.32	2.864	2.264	2.564	1.664	0.464
S9	16.11	1.611	1.311	1.461	0.261	-1.089
S10	17.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

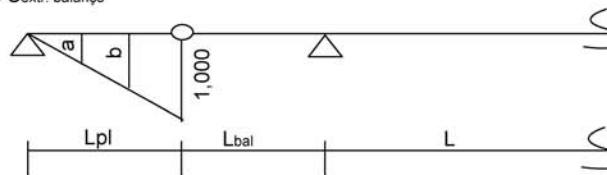
$$M_{max} = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

Seção	x (m)	e	f	g	h	m
S1	1.79	0.000	1.350	2.700	1.350	0.000
S2	3.58	0.000	1.200	2.400	1.200	0.000
S3	5.37	0.000	1.050	2.100	1.050	0.000
S4	7.16	0.000	0.900	1.800	0.900	0.000
S5	8.95	0.000	0.750	1.500	0.750	0.000
S6	10.74	0.000	0.600	1.200	0.600	0.000
S7	12.53	0.000	0.450	0.900	0.450	0.000
S8	14.32	0.000	0.300	0.600	0.300	0.000
S9	16.11	0.000	0.150	0.300	0.150	0.000
S10	17.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

$$M_{min} = - P * [\text{maior}(e + f + g; f + g + h; g + h + m)] - p * [(L_{pl} + L_{bal}) * g / 2]$$

Linha de Influência de Esforço Cortante

LI Cortante  $S_{extr. balanço}$



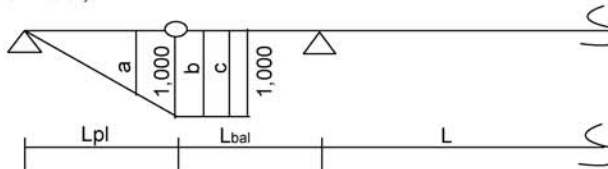
$$a = (L_{pl} - 3,00) / L_{pl} \quad a = 0,000$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} \quad b = 0,500$$

$$Q_{extr\_max} = p * L_{pl} / 2 + P * (a + b + 1,000)$$

$$Q_{extr\_min} = 0$$

LI Cortante S<sub>1/2</sub>. balanço



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

$$a = 0.500$$

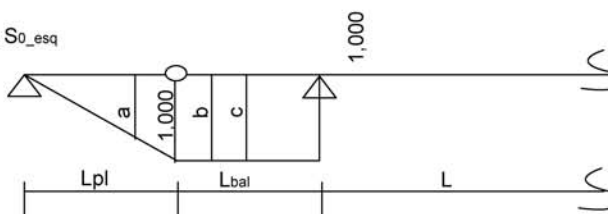
$$b = 0.000$$

$$c = 0.000$$

$$Q_{1/2bal\_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal} / 2) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$Q_{1/2bal\_min} = 0$$

LI Cortante S<sub>0</sub>\_esq



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

$$a = 0.500$$

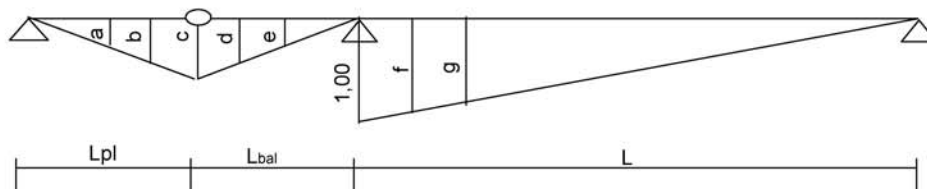
$$b = 0.000$$

$$c = 0.000$$

$$QS_{0esq\_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal}) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$QS_{0esq\_min} = 0$$

LI Cortante S<sub>0</sub>\_dir



$$a = (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl}$$

$$a = 0.000$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl}$$

$$b = 0.084$$

$$c = L_{bal} * (1 / L)$$

$$c = 0.168$$

$$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal})$$

$$d = 0.084$$

$$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal})$$

$$e = 0.000$$

$$f = (L - 1,50) * (1,000 / L)$$

$$f = 0.916$$

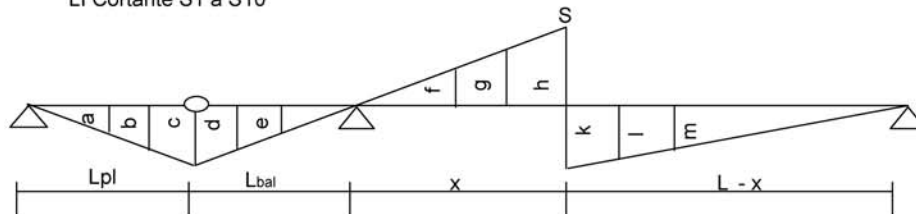
$$g = (L - 3,00) * (1,000 / L)$$

$$g = 0.832$$

$$QS_{0dir\_max} = p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + 1,000 * L / 2] + P * [\text{maior}(a + b + c; b + c + d; c + d + e; 1,000 + f + g)]$$

$$QS_{0dir\_min} = 0$$

LI Cortante S1 a S10



$$\begin{aligned}
 a &= (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl} & e &= (L_{bal} - 3,00) * c / L_{bal} & k &= (L - x) / L \\
 b &= (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl} & f &= (x - 3,00) * h / x & l &= (L - x - 1,50) * k / (L - x) \\
 c &= L_{bal} * h / x & g &= (x - 1,5) * h / x & m &= (L - x - 3,00) * k / (L - x) \\
 d &= (L_{bal} - 1,50) * c / L_{bal} & h &= x / L
 \end{aligned}$$

$L (m) = 17.900$

$L_{pl} (m) = 3.000$   
 $L_{bal} (m) = 3.000$

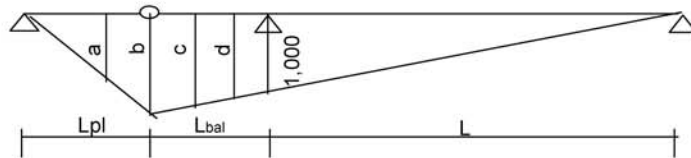
Seção	x (m)	a	b	c	d	e	k	l	m
S1	1.79	0.000	0.084	0.168	0.084	0.000	0.900	0.816	0.732
S2	3.58	0.000	0.084	0.168	0.084	0.000	0.800	0.716	0.632
S3	5.37	0.000	0.084	0.168	0.084	0.000	0.700	0.616	0.532
S4	7.16	0.000	0.084	0.168	0.084	0.000	0.600	0.516	0.432
S5	8.95	0.000	0.084	0.168	0.084	0.000	0.500	0.416	0.332
S6	10.74	0.000	0.084	0.168	0.084	0.000	0.400	0.316	0.232
S7	12.53	0.000	0.084	0.168	0.084	0.000	0.300	0.216	0.132
S8	14.32	0.000	0.084	0.168	0.084	0.000	0.200	0.116	0.032
S9	16.11	0.000	0.084	0.168	0.084	0.000	0.100	0.016	-0.068
S10	17.90	0.000	0.084	0.168	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000

$Q_{max} = P * [\text{maior}(a + b + c; b + c + d; c + d + e; k + l + m)] + p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + k * (L - x) / 2]$

Seção	x (m)	f	g	h
S1	1.79	-0.068	0.016	0.100
S2	3.58	0.032	0.116	0.200
S3	5.37	0.132	0.216	0.300
S4	7.16	0.232	0.316	0.400
S5	8.95	0.332	0.416	0.500
S6	10.74	0.432	0.516	0.600
S7	12.53	0.532	0.616	0.700
S8	14.32	0.632	0.716	0.800
S9	16.11	0.732	0.816	0.900
S10	17.90	0.832	0.916	1.000

$Q_{min} = -P * (f + g + h) - p * h * x / 2$

LI Reação de apoio



$$a = (L_{pl} - 1,50) * b / L_{pl} \quad a = 0.584$$

$$b = (L_{bal} + L) * (1 / L) \quad b = 1.168$$

$$c = (L_{bal} + L - 1,50) * (1 / L) \quad c = 1.084$$

$$d = (L_{bal} + L - 3,00) * (1 / L) \quad d = 1.000$$

$$R_{max} = p * [ b * (L_{pl} + L_{bal} + L) / 2 ] + P * [ \text{maior} ( a + b + c ; b + c + d ) ]$$

$$R_{min} = 0$$

**Esforços Viga V1**

$$P \text{ (tf)} = 8.370$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.841$$

$$R_{max} \text{ (tf)} = 52.9$$

$$R_{min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	15.3	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	18.1	0.0	0.0	-25.0
S0 esq	20.8	0.0	0.0	-66.8
S0 dir	40.4	0.0	0.0	-66.8
S1	34.8	-0.6	63.2	-60.1
S2	29.5	-3.6	111.6	-53.4
S3	24.5	-6.9	145.0	-46.8
S4	19.8	-10.6	166.1	-40.1
S5	15.5	-14.6	173.6	-33.4
S6	11.5	-18.9	166.1	-26.7
S7	7.8	-23.5	145.0	-20.0
S8	4.5	-28.5	111.6	-13.4
S9	3.9	-33.8	63.2	-6.7
S10	3.7	-39.5	0.0	0.0

**Tensões normais**

$$\sigma_s = M / Ws_{corrente}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{corrente}$$

$$\sigma_i = - M / Wi_{corrente}$$

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0.554	0.865	0.294	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0.554	0.865	0.294	0	0	0	-45	-29	85
0	0.554	0.865	0.294	0	0	0	-121	-77	227
1	0.543	0.961	0.218	116	66	-290	-111	-63	276
2	0.543	0.961	0.218	205	116	-512	-98	-56	245
3	0.543	0.961	0.218	267	151	-665	-86	-49	214
4	0.543	0.961	0.218	306	173	-762	-74	-42	184
5	0.543	0.961	0.218	320	181	-796	-62	-35	153
6	0.543	0.961	0.218	306	173	-762	-49	-28	123
7	0.543	0.961	0.218	267	151	-665	-37	-21	92
8	0.543	0.961	0.218	205	116	-512	-25	-14	61
9	0.543	0.961	0.218	116	66	-290	-12	-7	31
10	0.543	0.961	0.218	0	0	0	0	0	0

**Esforços Viga V2**

$$P \text{ (tf)} = 5.715$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.563$$

$$R_{\max} \text{ (tf)} = 40.4$$

$$R_{\min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	10.9	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	13.3	0.0	0.0	-18.1
S0 esq	15.6	0.0	0.0	-48.4
S0 dir	30.5	0.0	0.0	-48.4
S1	26.1	-0.4	47.6	-43.5
S2	22.0	-2.6	84.0	-38.7
S3	18.2	-5.0	109.3	-33.8
S4	14.7	-7.7	125.2	-29.0
S5	11.4	-10.6	130.7	-24.2
S6	8.4	-13.9	125.2	-19.3
S7	5.8	-17.4	109.3	-14.5
S8	3.3	-21.2	84.0	-9.7
S9	2.8	-25.3	47.6	-4.8
S10	2.7	-29.7	0.0	0.0

**Tensões normais**

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0.573	0.905	0.296	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0.573	0.905	0.296	0	0	0	-32	-20	61
0	0.573	0.905	0.296	0	0	0	-84	-53	163
1	0.561	1.008	0.219	85	47	-217	-78	-43	199
2	0.561	1.008	0.219	150	83	-384	-69	-38	177
3	0.561	1.008	0.219	195	108	-499	-60	-34	155
4	0.561	1.008	0.219	223	124	-572	-52	-29	132
5	0.561	1.008	0.219	233	130	-597	-43	-24	110
6	0.561	1.008	0.219	223	124	-572	-34	-19	88
7	0.561	1.008	0.219	195	108	-499	-26	-14	66
8	0.561	1.008	0.219	150	83	-384	-17	-10	44
9	0.561	1.008	0.219	85	47	-217	-9	-5	22
10	0.561	1.008	0.219	0	0	0	0	0	0

**Esforços de Protensão**

Os esforços de protensão foram obtidos com o uso do programa "VEPRO" cuja listagem encontra-se anexa. Os resumos dos esforços em cada etapa de protensão estão resumidos a seguir.

**Primeira etapa de protensão**

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	188.6	24.7	13.4
0 esq	198.2	3.5	43.3
0 dir	198.2	0.0	43.3
1	203.2	-20.7	29.7
2	206.8	-41.5	-37.0
3	215.1	-23.3	-107.1
4	215.6	-7.7	-137.2
5	213.1	0.0	-139.9
6	212.2	0.0	-139.3
7	211.2	0.0	-138.7
8	204.6	17.8	-124.2
9	201.6	23.5	-82.4
10	0.0	0.0	0.0

Tempo T = ∞			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	162.3	21.3	11.5
0 esq	171.6	3.0	37.5
0 dir	171.6	0.0	37.5
1	171.2	-17.5	25.1
2	176.5	-35.4	-31.6
3	181.6	-19.7	-90.4
4	180.6	-6.5	-114.9
5	179.2	0.0	-117.7
6	178.3	0.0	-117.0
7	175.9	0.0	-115.5
8	169.0	14.7	-102.6
9	168.0	19.6	-68.7
10	0.0	0.0	0.0

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Tempo T = 0							
Seção	S (m <sup>2</sup> )	Ws (m <sup>3</sup> )	Ws' (m <sup>3</sup> )	Wi (m <sup>3</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
S1/2Bal	0.743	-	0.197	0.177	-	322	178
0	0.743	-	0.197	0.177	-	487	22
1	0.445	-	0.163	0.148	-	639	256
2	0.445	-	0.163	0.148	-	238	715
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-174	1207
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-357	1412
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-379	1424
6	0.445	-	0.163	0.148	-	-378	1418
7	0.445	-	0.163	0.148	-	-376	1412
8	0.445	-	0.163	0.148	-	-302	1299
9	0.445	-	0.163	0.148	-	-52	1010
10	0.445	-	0.163	0.148	-	0	0

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = oo		
					$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
S1/2Bal	0.743	-	0.197	0.177	-	277	153
0	0.743	-	0.197	0.177	-	421	19
1	0.445	-	0.163	0.148	-	539	215
2	0.445	-	0.163	0.148	-	203	610
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-147	1019
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-299	1182
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-319	1198
6	0.445	-	0.163	0.148	-	-317	1191
7	0.445	-	0.163	0.148	-	-313	1176
8	0.445	-	0.163	0.148	-	-250	1073
9	0.445	-	0.163	0.148	-	-44	842
10	0.445	-	0.163	0.148	-	0	0

**Segunda etapa de protensão**

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	68.4	3.6	12.7
0 esq	69.7	0.6	17.8
0 dir	69.7	0.0	17.8
1	70.2	-1.2	9.7
2	72.5	-11.5	-0.2
3	73.2	-21.0	-31.6
4	71.2	-2.5	-59.3
5	70.4	0.0	-66.3
6	70.0	0.0	-66.0
7	69.7	0.0	-65.7
8	65.9	10.4	-54.9
9	63.1	15.7	-27.9
10	0.0	0.0	0.0

Tempo T = oo			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	61.4	3.2	11.4
0 esq	62.8	0.5	16.1
0 dir	62.8	0.0	16.1
1	63.0	-1.1	8.7
2	65.1	-10.3	-0.1
3	63.2	-18.2	-27.3
4	57.3	-2.0	-47.7
5	55.7	0.0	-52.5
6	55.5	0.0	-52.3
7	54.7	0.0	-51.5
8	52.1	8.3	-43.3
9	53.1	13.2	-23.5
10	0.0	0.0	0.0

$$\sigma'_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$



Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = 0		
					$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
S1/2Bal	1.248	0.554	0.865	0.294	78	69	12
0	1.248	0.554	0.865	0.294	88	76	-5
1	0.95	0.543	0.961	0.218	92	84	29
2	0.95	0.543	0.961	0.218	76	76	77
3	0.95	0.543	0.961	0.218	19	44	222
4	0.95	0.543	0.961	0.218	-34	13	347
5	0.95	0.543	0.961	0.218	-48	5	378
6	0.95	0.543	0.961	0.218	-48	5	376
7	0.95	0.543	0.961	0.218	-48	5	375
8	0.95	0.543	0.961	0.218	-32	12	321
9	0.95	0.543	0.961	0.218	15	37	194
10	0.95	0.543	0.961	0.218	0	0	0

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = oo		
					$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
S1/2Bal	1.248	0.554	0.865	0.294	70	62	10
0	1.248	0.554	0.865	0.294	79	69	-4
1	0.95	0.543	0.961	0.218	82	75	26
2	0.95	0.543	0.961	0.218	68	68	69
3	0.95	0.543	0.961	0.218	16	38	192
4	0.95	0.543	0.961	0.218	-28	11	279
5	0.95	0.543	0.961	0.218	-38	4	299
6	0.95	0.543	0.961	0.218	-38	4	298
7	0.95	0.543	0.961	0.218	-37	4	294
8	0.95	0.543	0.961	0.218	-25	10	253
9	0.95	0.543	0.961	0.218	13	31	164
10	0.95	0.543	0.961	0.218	0	0	0

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA  
=====

1

Viga de 21,25 m - Viga de Bordo - Primeira Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

17.90      3.00      .01

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB  
FPTK=19000.0 KG/CM2      FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2      ASP= 5.92 CM2  
MODULO E= 1950000. KC/CM2      ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM  
TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25      DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)  
FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)  
PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)  
P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	.743	.130	.197	.177	.734
0	.743	.130	.197	.177	.734
1	.445	.109	.163	.148	.736
2	.445	.109	.163	.148	.736
3	.445	.109	.163	.148	.736
4	.445	.109	.163	.148	.736
5	.445	.109	.163	.148	.736
6	.445	.109	.163	.148	.736
7	.445	.109	.163	.148	.736
8	.445	.109	.163	.148	.736
9	.445	.109	.163	.148	.736

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C2

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 1.79 /  
DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .50 /FINAL= .00 /  
O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	APOS CRAV.
-1	1.03	6.00	14153.	11232.
0	1.15	1.00	13796.	11590.
1	1.12	-4.50	13526.	11859.
2	.84	-11.00	13089.	12296.
3	.46	-11.00	13031.	12355.

4	.14	-6.00	12693.	12693.
5	.08	.00	12310.	12310.
6	.08	.00	12255.	12255.
7	.08	.00	12200.	12200.
8	.19	9.00	11678.	11678.
9	.51	10.00	11575.	11575.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C3

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 1.79 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.79	7.00	14122.	10936.
0	.95	1.00	13706.	11352.
1	.88	-6.00	13350.	11708.
2	.55	-13.00	12891.	12167.
3	.18	-7.50	12529.	12529.
4	.08	.00	12072.	12072.
5	.08	.00	12018.	12018.
6	.08	.00	11964.	11964.
7	.08	.00	11911.	11911.
8	.11	5.00	11602.	11602.
9	.32	7.00	11449.	11449.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 3 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C4

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 1.79 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .50 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.58	9.50	14153.	10525.
0	.75	1.00	13587.	11091.
1	.64	-7.00	13177.	11502.
2	.27	-10.00	12947.	11731.
3	.08	.00	12339.	12339.
4	.08	.00	12284.	12284.
5	.08	.00	12229.	12229.
6	.08	.00	12175.	12175.
7	.08	.00	12120.	12120.
8	.09	1.00	12014.	12014.
9	.16	3.00	11856.	11856.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 184.5 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.07	2.97	10714.2
0	.22	3.00	11159.9
1	.15	2.98	11505.4
2	-.18	2.94	11879.7
3	-.50	2.97	12223.1

1

4	- .64	2.99	12164.4
5	- .66	3.00	12001.0
6	- .66	3.00	11946.6
7	- .66	3.00	11892.5
8	- .61	2.98	11580.4
9	- .41	2.98	11442.9

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	188.6	24.7	13.4	321.8	178.2	.0	.0	.0
0	198.2	3.5	43.3	486.5	22.1	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	203.2	-20.7	29.7	639.2	255.8	.0	.0	.0
2	206.8	-41.5	-37.0	237.6	714.9	.0	.0	.0
3	215.1	-23.3	-107.1	-173.7	1207.2	.0	.0	.0
4	215.6	-7.7	-137.2	-356.8	1411.3	.0	.0	.0
5	213.1	.0	-139.9	-379.5	1424.4	.0	.0	.0
6	212.2	.0	-139.3	-377.7	1417.9	.0	.0	.0
7	211.2	.0	-138.7	-376.0	1411.5	.0	.0	.0
8	204.6	17.8	-124.2	-302.1	1298.7	.0	.0	.0
9	201.6	23.5	-82.4	-52.4	1009.7	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-15.0	17.0	-59.0	65.0	-7.0	22.0	.0	.0	-29.0	85.0
0	-52.0	58.0	-132.0	147.0	-17.0	51.0	.0	.0	-77.0	227.0
1	46.0	-50.0	-28.0	31.0	.0	.0	66.0	-290.0	-63.0	276.0
2	128.0	-141.0	79.0	-87.0	13.0	-55.0	116.0	-512.0	-56.0	245.0
3	189.0	-208.0	161.0	-177.0	22.0	-97.0	151.0	-665.0	-49.0	214.0
4	228.0	-251.0	218.0	-240.0	28.0	-124.0	173.0	-762.0	-42.0	184.0
5	245.0	-270.0	250.0	-275.0	31.0	-138.0	181.0	-796.0	-35.0	153.0
6	240.0	-265.0	250.0	-275.0	31.0	-138.0	173.0	-762.0	-28.0	123.0
7	214.0	-235.0	225.0	-247.0	28.0	-124.0	151.0	-665.0	-21.0	92.0
8	165.0	-182.0	175.0	-192.0	22.0	-96.0	116.0	-512.0	-14.0	61.0
9	95.0	-104.0	100.0	-110.0	13.0	-55.0	66.0	-290.0	-7.0	31.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F1=P+G1
- F2=F1+G2
- F3=F2+G3
- F4=F3+I.QMAX
- F5=F3+I.QMIN

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
-1	S	306.8	247.8	240.8	240.8	211.8
-1	I	195.2	260.2	282.2	282.2	367.2
0	S	434.5	302.5	285.5	285.5	208.5
0	I	80.1	227.1	278.1	278.1	505.1
1	S	685.2	657.2	657.2	723.2	594.2
1	I	205.8	236.8	236.8	-53.2	512.8
2	S	365.6	444.6	457.6	573.6	401.6
2	I	573.9	486.9	431.9	-80.1	676.9
3	S	15.3	176.3	198.3	349.3	149.3
3	I	999.2	822.2	725.2	60.2	939.2
4	S	-128.8	89.2	117.2	290.2	75.2
4	I	1160.3	920.3	796.3	34.3	980.3
5	S	-134.5	115.5	146.5	327.5	111.5

5	I	1154.4	879.4	741.4	-54.6	894.4
6	S	-137.7	112.3	143.3	316.3	115.3
6	I	1152.9	877.9	739.9	-22.1	862.9
7	S	-162.0	63.0	91.0	242.0	70.0
7	I	1176.5	929.5	805.5	140.5	897.5
8	S	-137.1	37.9	59.9	175.9	45.9
8	I	1116.7	924.7	828.7	316.7	889.7
9	S	42.6	142.6	155.6	221.6	148.6
9	I	905.7	795.7	740.7	450.7	771.7

1

**TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)**

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-1	503.5	360.2	630.0	1493.7	9220.6
0	498.1	373.7	630.0	1501.8	9658.1
1	487.1	694.4	630.0	1811.5	9693.8
2	486.2	632.7	630.0	1748.9	10130.9
3	458.1	844.3	630.0	1932.5	10290.7
4	439.5	943.7	630.0	2013.2	10151.2
5	436.4	886.3	630.0	1952.7	10048.3
6	436.4	884.4	630.0	1950.8	9995.8
7	436.4	956.8	630.0	2023.2	9869.3
8	443.8	965.7	630.0	2039.5	9540.9
9	468.1	817.0	630.0	1915.0	9527.9

1

**ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO**

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	162.3	21.3	11.5	276.9	153.3	.0	.0	.0
0	171.5	3.0	37.5	421.0	19.1	.0	.0	.0
0		.0						
1	171.2	-17.5	25.1	538.5	215.5	.0	.0	.0
2	176.4	-35.4	-31.6	202.7	609.7	.0	.0	.0
3	181.1	-19.6	-90.2	-146.2	1016.3	.0	.0	.0
4	180.0	-6.5	-114.5	-297.8	1177.7	.0	.0	.0
5	178.5	.0	-117.2	-317.7	1192.6	.0	.0	.0
6	177.5	.0	-116.5	-316.1	1186.4	.0	.0	.0
7	175.3	.0	-115.1	-312.1	1171.4	.0	.0	.0
8	168.5	14.6	-102.3	-248.9	1070.0	.0	.0	.0
9	167.9	19.5	-68.6	-43.6	840.7	.0	.0	.0

**REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO**

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

**TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)**

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-15.0	17.0	-59.0	65.0	-7.0	22.0	.0	.0	-29.0	85.0
0	-52.0	58.0	-132.0	147.0	-17.0	51.0	.0	.0	-77.0	227.0
1	46.0	-50.0	-28.0	31.0	.0	.0	66.0	-290.0	-63.0	276.0
2	128.0	-141.0	79.0	-87.0	13.0	-55.0	116.0	-512.0	-56.0	245.0
3	189.0	-208.0	161.0	-177.0	22.0	-97.0	151.0	-665.0	-49.0	214.0
4	228.0	-251.0	218.0	-240.0	28.0	-124.0	173.0	-762.0	-42.0	184.0
5	245.0	-270.0	250.0	-275.0	31.0	-138.0	181.0	-796.0	-35.0	153.0
6	240.0	-265.0	250.0	-275.0	31.0	-138.0	173.0	-762.0	-28.0	123.0
7	214.0	-235.0	225.0	-247.0	28.0	-124.0	151.0	-665.0	-21.0	92.0
8	165.0	-182.0	175.0	-192.0	22.0	-96.0	116.0	-512.0	-14.0	61.0
9	95.0	-104.0	100.0	-110.0	13.0	-55.0	66.0	-290.0	-7.0	31.0

1

**TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO**

 =====  
 TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

1) TENSÕES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2  
 2) COMPRESSÃO = + / TRACAO = -  
 3) F1=P+G1  
 F2=F1+G2  
 F3=F2+G3  
 F4=F3+I.QMAX  
 F5=F3+I.QMIN

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
-1	S	261.9	202.9	195.9	195.9	166.9
-1	I	170.3	235.3	257.3	257.3	342.3
0	S	369.0	237.0	220.0	220.0	143.0
0	I	77.1	224.1	275.1	275.1	502.1
1	S	584.5	556.5	556.5	622.5	493.5
1	I	165.5	196.5	196.5	-93.5	472.5
2	S	330.7	409.7	422.7	538.7	366.7
2	I	468.7	381.7	326.7	-185.3	571.7
3	S	42.8	203.8	225.8	376.8	176.8
3	I	808.3	631.3	534.3	-130.7	748.3
4	S	-69.8	148.2	176.2	349.2	134.2
4	I	926.7	686.7	562.7	-199.3	746.7
5	S	-72.7	177.3	208.3	389.3	173.3
5	I	922.6	647.6	509.6	-286.4	662.6
6	S	-76.1	173.9	204.9	377.9	176.9
6	I	921.4	646.4	508.4	-253.6	631.4
7	S	-98.1	126.9	154.9	305.9	133.9
7	I	936.4	689.4	565.4	-99.6	657.4
8	S	-83.9	91.1	113.1	229.1	99.1
8	I	888.0	696.0	600.0	88.0	661.0
9	S	51.4	151.4	164.4	230.4	157.4
9	I	736.7	626.7	571.7	281.7	602.7

1

**ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)**

 =====  
 APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	133.	0.	133.
2	130.	0.	130.
3	132.	0.	132.

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA  
=====

1

Viga de 21,25 m - Viga de Bordo - Segunda Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

17.90      3.00      .01

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2      FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2      ASP= 2.96 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2      ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25      DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	1.248	.307	.865	.294	1.044
0	1.248	.307	.865	.294	1.044
1	.950	.249	.961	.218	1.142
2	.950	.249	.961	.218	1.142
3	.950	.249	.961	.218	1.142
4	.950	.249	.961	.218	1.142
5	.950	.249	.961	.218	1.142
6	.950	.249	.961	.218	1.142
7	.950	.249	.961	.218	1.142
8	.950	.249	.961	.218	1.142
9	.950	.249	.961	.218	1.142

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C1-A

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 1.79 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.23	3.00	14184.	11595.
0	1.30	.50	13978.	11801.
1	1.28	-1.00	13885.	11894.
2	1.14	-9.00	13349.	12430.
3	.71	-16.00	12890.	12890.

4	.31	-2.00	12072.	12072.
5	.20	.00	11913.	11913.
6	.20	.00	11860.	11860.
7	.20	.00	11807.	11807.
8	.31	9.00	11302.	11302.
9	.70	14.00	11008.	11008.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C1-B

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 1.79 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.23	3.00	14184.	11595.
0	1.30	.50	13978.	11801.
1	1.28	-1.00	13885.	11894.
2	1.14	-9.00	13349.	12430.
3	.71	-16.00	12890.	12890.
4	.31	-2.00	12072.	12072.
5	.20	.00	11913.	11913.
6	.20	.00	11860.	11860.
7	.20	.00	11807.	11807.
8	.31	9.00	11302.	11302.
9	.70	14.00	11008.	11008.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 29.1 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.19	2.00	11565.7
0	.26	2.00	11772.1
1	.14	2.00	11864.9
2	-.00	1.98	12401.0
3	-.43	1.92	12860.4
4	-.83	2.00	12042.5
5	-.94	2.00	11884.1
6	-.94	2.00	11830.9
7	-.94	2.00	11778.0
8	-.83	1.98	11272.6
9	-.44	1.94	10979.4

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	68.4	3.6	12.7	69.5	11.6	.0	.0	.0
0	69.7	.6	17.8	76.4	-4.8	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	70.2	-1.2	9.7	84.0	29.5	.0	.0	.0
2	72.5	-11.5	-.2	76.2	77.1	.0	.0	.0
3	73.2	-21.0	-31.6	44.1	222.1	.0	.0	.0
4	71.2	-2.5	-59.3	13.3	347.0	.0	.0	.0
5	70.4	.0	-66.3	5.1	378.1	.0	.0	.0
6	70.0	.0	-66.0	5.1	376.4	.0	.0	.0
7	69.7	.0	-65.7	5.0	374.8	.0	.0	.0
8	65.9	10.4	-54.9	12.3	321.0	.0	.0	.0
9	63.1	15.7	-27.9	37.4	194.3	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO REACAO



(T)  
.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	247.8	260.2	-7.0	22.0	.0	.0	.0	.0	-29.0	85.0
0	302.5	227.1	-17.0	51.0	.0	.0	.0	.0	-77.0	227.0
1	657.2	236.8	.0	.0	.0	.0	66.0	-290.0	-63.0	276.0
2	444.6	486.9	13.0	-55.0	.0	.0	116.0	-512.0	-56.0	245.0
3	176.3	822.2	22.0	-97.0	.0	.0	151.0	-665.0	-49.0	214.0
4	89.2	920.3	28.0	-124.0	.0	.0	173.0	-762.0	-42.0	184.0
5	115.5	879.4	31.0	-138.0	.0	.0	181.0	-796.0	-35.0	153.0
6	112.3	877.9	31.0	-138.0	.0	.0	173.0	-762.0	-28.0	123.0
7	63.0	929.5	28.0	-124.0	.0	.0	151.0	-665.0	-21.0	92.0
8	37.9	924.7	22.0	-96.0	.0	.0	116.0	-512.0	-14.0	61.0
9	142.6	795.7	13.0	-55.0	.0	.0	66.0	-290.0	-7.0	31.0

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F1=P+G1  
F2=F1+G2  
F3=F2+G3  
F4=F3+I.QMAX  
F5=F3+I.QMIN

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
-1	S	317.3	310.3	310.3	310.3	281.3
-1	I	271.8	293.8	293.8	293.8	378.8
0	S	378.9	361.9	361.9	361.9	284.9
0	I	222.3	273.3	273.3	273.3	500.3
1	S	741.2	741.2	741.2	807.2	678.2
1	I	266.3	266.3	266.3	-23.7	542.3
2	S	520.8	533.8	533.8	649.8	477.8
2	I	564.0	509.0	509.0	-3.0	754.0
3	S	220.4	242.4	242.4	393.4	193.4
3	I	1044.3	947.3	947.3	282.3	1161.3
4	S	102.5	130.5	130.5	303.5	88.5
4	I	1267.3	1143.3	1143.3	381.3	1327.3
5	S	120.6	151.6	151.6	332.6	116.6
5	I	1257.5	1119.5	1119.5	323.5	1272.5
6	S	117.4	148.4	148.4	321.4	120.4
6	I	1254.3	1116.3	1116.3	354.3	1239.3
7	S	68.0	96.0	96.0	247.0	75.0
7	I	1304.3	1180.3	1180.3	515.3	1272.3
8	S	50.2	72.2	72.2	188.2	58.2
8	I	1245.7	1149.7	1149.7	637.7	1210.7
9	S	180.0	193.0	193.0	259.0	186.0
9	I	990.0	935.0	935.0	645.0	966.0

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-1	521.2	18.2	630.0	1169.4	10396.3
0	520.6	3.8	630.0	1154.5	10617.7
1	520.0	75.1	630.0	1225.1	10639.7
2	520.5	114.4	630.0	1264.9	11136.1
3	516.6	598.0	630.0	1744.6	11115.8
4	505.0	1227.8	630.0	2362.8	9679.6
5	500.8	1336.2	630.0	2467.0	9417.1
6	500.8	1332.4	630.0	2463.2	9367.7
7	500.8	1407.5	630.0	2538.3	9239.6
8	505.3	1232.9	630.0	2368.2	8904.4

1 9 516.3 592.3 630.0 1738.6 9240.8

**ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO**

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF (T/M2)
-1	61.5	3.2	11.4	62.4	10.4	.0	.0	.0
0	62.9	.5	16.1	69.0	-4.3	.0	.0	.0
1	63.0	-1.1	8.7	75.3	26.5	.0	.0	.0
2	65.1	-10.3	-1.1	68.4	69.2	.0	.0	.0
3	63.3	-18.1	-27.3	38.1	192.0	.0	.0	.0
4	57.3	-2.0	-47.7	10.7	278.9	.0	.0	.0
5	55.7	.0	-52.5	4.0	299.6	.0	.0	.0
6	55.5	.0	-52.3	4.0	298.1	.0	.0	.0
7	54.7	.0	-51.5	3.9	294.0	.0	.0	.0
8	52.1	8.2	-43.3	9.7	253.6	.0	.0	.0
9	53.1	13.2	-23.5	31.4	163.5	.0	.0	.0

**REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO**

APOIO	REACAO (T)
1	.00

**TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)**

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	202.9	235.3	-7.0	22.0	.0	.0	.0	.0	-29.0	85.0
0	237.0	224.1	-17.0	51.0	.0	.0	.0	.0	-77.0	227.0
1	556.5	196.5	.0	.0	.0	.0	66.0	-290.0	-63.0	276.0
2	409.7	381.7	13.0	-55.0	.0	.0	116.0	-512.0	-56.0	245.0
3	203.8	631.3	22.0	-97.0	.0	.0	151.0	-665.0	-49.0	214.0
4	148.2	686.7	28.0	-124.0	.0	.0	173.0	-762.0	-42.0	184.0
5	177.3	647.6	31.0	-138.0	.0	.0	181.0	-796.0	-35.0	153.0
6	173.9	646.4	31.0	-138.0	.0	.0	173.0	-762.0	-28.0	123.0
7	126.9	689.4	28.0	-124.0	.0	.0	151.0	-665.0	-21.0	92.0
8	91.1	696.0	22.0	-96.0	.0	.0	116.0	-512.0	-14.0	61.0
9	151.4	626.7	13.0	-55.0	.0	.0	66.0	-290.0	-7.0	31.0

**TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO**

TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F1=P+G1
- F2=F1+G2
- F3=F2+G3
- F4=F3+I.QMAX
- F5=F3+I.QMIN

SECAO	F1	F2	F3	F4	F5
-1 S	265.3	258.3	258.3	258.3	229.3
-1 I	245.7	267.7	267.7	267.7	352.7
0 S	306.0	289.0	289.0	289.0	212.0
0 I	219.8	270.8	270.8	270.8	497.8
1 S	631.8	631.8	631.8	697.8	568.8
1 I	223.0	223.0	223.0	-67.0	499.0
2 S	478.1	491.1	491.1	607.1	435.1
2 I	450.9	395.9	395.9	-116.1	640.9
3 S	241.9	263.9	263.9	414.9	214.9
3 I	823.3	726.3	726.3	61.3	940.3
4 S	158.9	186.9	186.9	359.9	144.9
4 I	965.6	841.6	841.6	79.6	1025.6
5 S	181.3	212.3	212.3	393.3	177.3
5 I	947.2	809.2	809.2	13.2	962.2
6 S	177.9	208.9	208.9	381.9	180.9
6 I	944.5	806.5	806.5	44.5	929.5

7	S	130.8	158.8	158.8	309.8	137.8
7	I	983.4	859.4	859.4	194.4	951.4
8	S	100.8	122.8	122.8	238.8	108.8
8	I	949.6	853.6	853.6	341.6	914.6
9	S	182.8	195.8	195.8	261.8	188.8
9	I	790.2	735.2	735.2	445.2	766.2

1

**ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)**  
 =====

**APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM**

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	131.	0.	131.
2	131.	0.	131.

**Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga de bordo**
**Fases de verificação das tensões**

$$F1 = G1 + 1^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F2 = F1 + G2$$

$$F3 = F2 + 2^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F4 = F3 + G3$$

$$F5 = F4 + CM_{\text{mínima}}$$

$$F6 = F4 + CM_{\text{máxima}}$$

**Tempo T = 0**

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	78	<b>78</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-15	322	<b>307</b>	-59	<b>248</b>	69	<b>317</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	17	178	<b>195</b>	65	<b>261</b>	12	<b>272</b>
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	88	<b>88</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-52	487	<b>435</b>	-132	<b>303</b>	76	<b>379</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	58	22	<b>80</b>	147	<b>227</b>	-5	<b>222</b>
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	92	<b>92</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	46	639	<b>684</b>	-28	<b>657</b>	84	<b>741</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-50	256	<b>206</b>	31	<b>236</b>	29	<b>266</b>
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	76	<b>76</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	128	238	<b>366</b>	79	<b>445</b>	76	<b>521</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-141	715	<b>573</b>	-87	<b>486</b>	77	<b>564</b>
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	19	<b>19</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	189	-174	<b>16</b>	161	<b>176</b>	44	<b>220</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-208	1207	<b>999</b>	-177	<b>822</b>	222	<b>1044</b>
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-34	<b>-34</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	228	-357	<b>-129</b>	218	<b>89</b>	13	<b>102</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-251	1412	<b>1160</b>	-240	<b>920</b>	347	<b>1267</b>
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-48	<b>-48</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	245	-379	<b>-134</b>	250	<b>116</b>	5	<b>121</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-270	1424	<b>1154</b>	-275	<b>879</b>	378	<b>1257</b>
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-48	<b>-48</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	240	-378	<b>-137</b>	250	<b>112</b>	5	<b>117</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-265	1418	<b>1153</b>	-275	<b>878</b>	376	<b>1255</b>
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-48	<b>-48</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	214	-376	<b>-163</b>	225	<b>62</b>	5	<b>67</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-235	1412	<b>1176</b>	-247	<b>929</b>	375	<b>1304</b>
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-32	<b>-32</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	165	-302	<b>-137</b>	175	<b>38</b>	12	<b>50</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-182	1299	<b>1117</b>	-192	<b>925</b>	321	<b>1246</b>
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	15	<b>15</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	95	-52	<b>42</b>	100	<b>142</b>	37	<b>179</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-104	1010	<b>905</b>	-110	<b>796</b>	194	<b>990</b>

Seção	G3	Fase 4	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 5	Fase 6	
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-12	<b>66</b>	-45	0	<b>21</b>	<b>66</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-7	<b>310</b>	-29	0	<b>281</b>	<b>310</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	22	<b>294</b>	85	0	<b>379</b>	<b>294</b>
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-27	<b>61</b>	-121	0	<b>-60</b>	<b>61</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-17	<b>362</b>	-77	0	<b>285</b>	<b>362</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	51	<b>273</b>	227	0	<b>500</b>	<b>273</b>
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	<b>92</b>	-111	116	<b>-19</b>	<b>208</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	<b>741</b>	-63	66	<b>678</b>	<b>806</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	<b>265</b>	276	-290	<b>541</b>	<b>-25</b>
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	22	<b>98</b>	-98	205	<b>0</b>	<b>304</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	13	<b>534</b>	-56	116	<b>478</b>	<b>650</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-55	<b>508</b>	245	-512	<b>753</b>	<b>-4</b>
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	39	<b>58</b>	-86	267	<b>-28</b>	<b>325</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	22	<b>242</b>	-49	151	<b>194</b>	<b>393</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-97	<b>947</b>	214	-665	<b>1161</b>	<b>282</b>
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	50	<b>16</b>	-74	306	<b>-58</b>	<b>322</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	28	<b>130</b>	-42	173	<b>89</b>	<b>303</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-124	<b>1143</b>	184	-762	<b>1327</b>	<b>381</b>
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	55	<b>7</b>	-62	320	<b>-54</b>	<b>327</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	31	<b>152</b>	-35	181	<b>118</b>	<b>333</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-138	<b>1119</b>	153	-796	<b>1272</b>	<b>323</b>
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	55	<b>7</b>	-49	306	<b>-42</b>	<b>313</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	31	<b>149</b>	-28	173	<b>121</b>	<b>322</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-138	<b>1117</b>	123	-762	<b>1239</b>	<b>355</b>
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	50	<b>2</b>	-37	267	<b>-35</b>	<b>269</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	28	<b>95</b>	-21	151	<b>74</b>	<b>246</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-124	<b>1180</b>	92	-665	<b>1272</b>	<b>514</b>
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	39	<b>7</b>	-25	205	<b>-18</b>	<b>212</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	22	<b>72</b>	-14	116	<b>58</b>	<b>188</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-96	<b>1150</b>	61	-512	<b>1211</b>	<b>638</b>
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	22	<b>37</b>	-12	116	<b>25</b>	<b>154</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	13	<b>192</b>	-7	66	<b>185</b>	<b>258</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-55	<b>935</b>	31	-290	<b>966</b>	<b>645</b>

**Tempo T = 00**

Fase 7 = Fase4 +  $\Delta\sigma$   
 F8 = F7 + CM<sub>mínima</sub>

F9 = F7 + CM<sub>máxima</sub>  
 $\Delta\sigma = \sigma_{t=\infty} - \sigma_{t=0}$

**1ª prot**

Seção	Tempo T = ∞			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0	-	0	0	-	0	0
S1/2Bal	-	277	153	-	322	178	-	-45	-25
0	-	421	19	-	487	22	-	-65	-3
1	-	539	215	-	639	256	-	-100	-41
2	-	203	610	-	238	715	-	-35	-105
3	-	-147	1019	-	-174	1207	-	27	-188
4	-	-299	1182	-	-357	1412	-	58	-229
5	-	-319	1198	-	-379	1424	-	60	-226
6	-	-317	1191	-	-378	1418	-	61	-227
7	-	-313	1176	-	-376	1412	-	63	-236
8	-	-250	1073	-	-302	1299	-	53	-226
9	-	-44	842	-	-52	1010	-	9	-168
10	-	0	0	-	0	0	-	0	0

**2ª prot**

Seção	Tempo T = ∞			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	70	62	10	78	69	12	-8	-7	-1
0	79	69	-4	88	76	-5	-9	-7	0
1	82	75	26	92	84	29	-9	-9	-3
2	68	68	69	76	76	77	-8	-8	-8
3	16	38	192	19	44	222	-3	-6	-30
4	-28	11	279	-34	13	347	7	-3	-68
5	-38	4	299	-48	5	378	10	-1	-79
6	-38	4	298	-48	5	376	10	-1	-78
7	-37	4	294	-48	5	375	10	-1	-81
8	-25	10	253	-32	12	321	7	-2	-68
9	13	31	164	15	37	194	-2	-6	-31
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Perda total de protensão**

Seção	$\Delta\sigma_{total}$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-8	-52	-26
0	-9	-73	-3
1	-9	-109	-44
2	-8	-43	-113
3	-3	21	-218
4	7	56	-297
5	10	59	-305
6	10	60	-305
7	10	62	-317
8	7	50	-294
9	-2	3	-199
10	0	0	0

**Tempo T = 00**

Seção	Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 8	Fase 9	
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>66</b>	-8	<b>58</b>	-45	0	<b>13</b>	<b>58</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>310</b>	-52	<b>258</b>	-29	0	<b>229</b>	<b>258</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>294</b>	-26	<b>268</b>	85	0	<b>353</b>	<b>268</b>
		<b>0</b>						
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>61</b>	-9	<b>52</b>	-121	0	<b>-68</b>	<b>52</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>362</b>	-73	<b>289</b>	-77	0	<b>212</b>	<b>289</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>273</b>	-3	<b>270</b>	227	0	<b>497</b>	<b>270</b>
		<b>0</b>						
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>92</b>	-9	<b>82</b>	-111	116	<b>-28</b>	<b>199</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>741</b>	-109	<b>632</b>	-63	66	<b>569</b>	<b>698</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>265</b>	-44	<b>222</b>	276	-290	<b>497</b>	<b>-68</b>
		<b>0</b>						
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>98</b>	-8	<b>91</b>	-98	205	<b>-8</b>	<b>296</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>534</b>	-43	<b>491</b>	-56	116	<b>435</b>	<b>607</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>508</b>	-113	<b>395</b>	245	-512	<b>641</b>	<b>-116</b>
		<b>0</b>						
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>58</b>	-3	<b>55</b>	-86	267	<b>-31</b>	<b>322</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>242</b>	21	<b>263</b>	-49	151	<b>215</b>	<b>414</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>947</b>	-218	<b>729</b>	214	-665	<b>943</b>	<b>63</b>
		<b>0</b>						
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>16</b>	7	<b>22</b>	-74	306	<b>-51</b>	<b>328</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>130</b>	56	<b>186</b>	-42	173	<b>144</b>	<b>359</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1143</b>	-297	<b>846</b>	184	-762	<b>1030</b>	<b>84</b>
		<b>0</b>						
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>7</b>	10	<b>17</b>	-62	320	<b>-44</b>	<b>337</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>152</b>	59	<b>211</b>	-35	181	<b>177</b>	<b>392</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1119</b>	-305	<b>814</b>	153	-796	<b>967</b>	<b>18</b>
		<b>0</b>						
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>7</b>	10	<b>17</b>	-49	306	<b>-32</b>	<b>323</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>149</b>	60	<b>208</b>	-28	173	<b>181</b>	<b>381</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1117</b>	-305	<b>812</b>	123	-762	<b>934</b>	<b>50</b>
		<b>0</b>						
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>2</b>	10	<b>13</b>	-37	267	<b>-24</b>	<b>280</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>95</b>	62	<b>157</b>	-21	151	<b>136</b>	<b>308</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1180</b>	-317	<b>863</b>	92	-665	<b>955</b>	<b>197</b>
		<b>0</b>						
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>7</b>	7	<b>14</b>	-25	205	<b>-11</b>	<b>219</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>72</b>	50	<b>122</b>	-14	116	<b>108</b>	<b>238</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1150</b>	-294	<b>856</b>	61	-512	<b>917</b>	<b>344</b>
		<b>0</b>						
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>37</b>	-2	<b>35</b>	-12	116	<b>22</b>	<b>151</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>192</b>	3	<b>194</b>	-7	66	<b>188</b>	<b>260</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>935</b>	-199	<b>736</b>	31	-290	<b>767</b>	<b>446</b>

**Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga central**
**Fases de verificação das tensões**

$$F1 = G1 + 1^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F2 = F1 + G2$$

$$F3 = F2 + 2^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F4 = F3 + G3$$

$$F5 = F4 + CM_{\text{mínima}}$$

$$F6 = F4 + CM_{\text{máxima}}$$

**Tempo T = 0**

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	78	<b>78</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-15	322	<b>307</b>	-36	<b>270</b>	69	<b>340</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	17	178	<b>195</b>	40	<b>236</b>	12	<b>247</b>
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	88	<b>88</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-52	487	<b>435</b>	-88	<b>347</b>	76	<b>423</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	58	22	<b>80</b>	98	<b>177</b>	-5	<b>173</b>
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	92	<b>92</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	46	639	<b>684</b>	29	<b>714</b>	84	<b>798</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-50	256	<b>206</b>	-32	<b>173</b>	29	<b>203</b>
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	76	<b>76</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	128	238	<b>366</b>	139	<b>505</b>	76	<b>581</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-141	715	<b>573</b>	-153	<b>420</b>	77	<b>497</b>
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	19	<b>19</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	189	-174	<b>16</b>	223	<b>238</b>	44	<b>282</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-208	1207	<b>999</b>	-245	<b>754</b>	222	<b>976</b>
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-34	<b>-34</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	228	-357	<b>-129</b>	280	<b>151</b>	13	<b>164</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-251	1412	<b>1160</b>	-308	<b>852</b>	347	<b>1199</b>
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-48	<b>-48</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	245	-379	<b>-134</b>	311	<b>177</b>	5	<b>182</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-270	1424	<b>1154</b>	-343	<b>811</b>	378	<b>1189</b>
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-48	<b>-48</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	240	-378	<b>-137</b>	301	<b>164</b>	5	<b>169</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-265	1418	<b>1153</b>	-332	<b>821</b>	376	<b>1198</b>
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-48	<b>-48</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	214	-376	<b>-163</b>	265	<b>103</b>	5	<b>108</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-235	1412	<b>1176</b>	-292	<b>884</b>	375	<b>1259</b>
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-32	<b>-32</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	165	-302	<b>-137</b>	203	<b>66</b>	12	<b>78</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-182	1299	<b>1117</b>	-223	<b>894</b>	321	<b>1215</b>
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	15	<b>15</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	95	-52	<b>42</b>	114	<b>157</b>	37	<b>194</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-104	1010	<b>905</b>	-126	<b>779</b>	194	<b>974</b>



Seção	G3	Fase 4	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 5	Fase 6	
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-6	<b>72</b>	-32	0	<b>40</b>	<b>72</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-4	<b>336</b>	-20	0	<b>316</b>	<b>336</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	11	<b>258</b>	61	0	<b>320</b>	<b>258</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-13	<b>75</b>	-84	0	<b>-10</b>	<b>75</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-8	<b>415</b>	-53	0	<b>362</b>	<b>415</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	26	<b>198</b>	163	0	<b>362</b>	<b>198</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-1	<b>91</b>	-78	85	<b>13</b>	<b>176</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	<b>798</b>	-43	47	<b>754</b>	<b>845</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	2	<b>205</b>	199	-217	<b>403</b>	<b>-13</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	10	<b>85</b>	-78	150	<b>8</b>	<b>235</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	5	<b>587</b>	-43	83	<b>543</b>	<b>670</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-24	<b>473</b>	199	-384	<b>672</b>	<b>89</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	17	<b>36</b>	-60	195	<b>-24</b>	<b>231</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	10	<b>292</b>	-34	108	<b>258</b>	<b>400</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-44	<b>931</b>	155	-499	<b>1086</b>	<b>432</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	22	<b>-12</b>	-52	223	<b>-64</b>	<b>211</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	12	<b>177</b>	-29	124	<b>148</b>	<b>301</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-57	<b>1141</b>	132	-572	<b>1274</b>	<b>570</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	25	<b>-23</b>	-43	233	<b>-66</b>	<b>210</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	14	<b>196</b>	-24	130	<b>172</b>	<b>326</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-64	<b>1125</b>	110	-597	<b>1236</b>	<b>528</b>
		<b>0</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	25	<b>-23</b>	-34	223	<b>-57</b>	<b>200</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	14	<b>183</b>	-19	124	<b>164</b>	<b>307</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-64	<b>1134</b>	88	-572	<b>1222</b>	<b>562</b>
		<b>0</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	23	<b>-25</b>	-26	195	<b>-51</b>	<b>170</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	13	<b>120</b>	-14	108	<b>106</b>	<b>229</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-58	<b>1201</b>	66	-499	<b>1267</b>	<b>702</b>
		<b>0</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	18	<b>-14</b>	-17	150	<b>-31</b>	<b>136</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	10	<b>88</b>	-10	83	<b>78</b>	<b>171</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-45	<b>1170</b>	44	-384	<b>1214</b>	<b>786</b>
		<b>0</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	10	<b>25</b>	-9	85	<b>17</b>	<b>110</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	6	<b>200</b>	-5	47	<b>195</b>	<b>247</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-26	<b>948</b>	22	-217	<b>970</b>	<b>731</b>

Tempo T = 00

$$\text{Fase 7} = \text{Fase 4} + \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$$

$$\text{F8} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{mínima}}$$

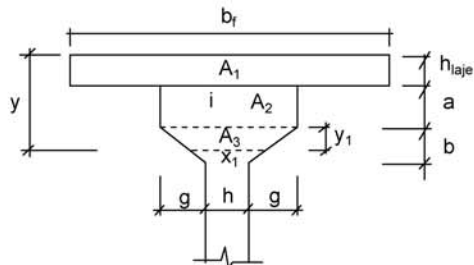
$$\text{F9} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{máxima}}$$

Seção		Fase 4	$\Delta\sigma_{\text{total}}$	Fase 7	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 8	Fase 9
S1/2Bal	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	72	-8	64	-32	0	32	64
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	336	-52	284	-20	0	264	284
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	258	-26	232	61	0	294	232
S0	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	75	-9	66	-84	0	-18	66
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	415	-73	342	-53	0	289	342
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	198	-3	196	163	0	359	196
S1	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	91	-9	82	-78	85	4	166
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	798	-109	689	-43	47	646	736
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	205	-44	161	199	-217	359	-57
S2	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	85	-8	78	-78	150	0	228
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	587	-43	544	-43	83	501	627
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	473	-113	360	199	-384	559	-23
S3	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	36	-3	33	-60	195	-27	228
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	292	21	313	-34	108	279	421
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	931	-218	713	155	-499	868	214
S4	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-12	7	-5	-52	223	-57	218
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	177	56	232	-29	124	204	356
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1141	-297	844	132	-572	977	273
S5	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-23	10	-13	-43	233	-56	220
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	196	59	255	-24	130	231	385
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1125	-305	820	110	-597	931	223
S6	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-23	10	-13	-34	223	-47	210
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	183	60	243	-19	124	223	367
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1134	-305	829	88	-572	917	257
S7	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-25	10	-15	-26	195	-40	180
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	120	62	182	-14	108	168	291
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1201	-317	884	66	-499	950	385
S8	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-14	7	-7	-17	150	-25	142
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	88	50	138	-10	83	128	221
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1170	-294	876	44	-384	920	492
S9	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	25	-2	23	-9	85	14	108
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	200	3	202	-5	47	198	250
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	948	-199	749	22	-217	771	532





**Cálculo da resultante de compressão**



- $b_f$  (m) = 2.525
- $h_{laje}$  (m) = 0.200
- $a$  (m) = 0.120
- $b$  (m) = 0.100
- $g$  (m) = 0.310
- $h$  (m) = 0.180
- $i$  (m) = 0.800
- $y_1$  (m) = -0.011
- $x_1$  (m) = 0.868
- $y$  (m) = 0.309

$$R_{cc} = 0,85 * f_{cd} * (A_1 + A_2 + A_3) / 1,4$$

- $A_1$  (m<sup>2</sup>) = 0.505
- $A_2$  (m<sup>2</sup>) = 0.087
- $A_3$  (m<sup>2</sup>) = 0.000

$$R_{cc} (tf) = 1258.5$$

**Cálculo da resultante de tração**

$$\epsilon_{sp}^{total} = \epsilon_{sp}^{pré-along.} + \epsilon_{sp}^{descomp.} + \epsilon_{sp}$$

$$\epsilon_{sp}^{total} (\text{‰}) = 15.32$$

Da tabela do livro de concreto protendido do Prof. Walter do Couto Pfeil tem-se:

$$\sigma_{sp} (\text{kgf/cm}^2) = 15,732$$

$$A_{sp}^{1\text{cabo } 6\phi 12,7} (\text{cm}^2) = 5.92$$

$$A_{sp}^{total} (\text{cm}^2) = 23.7$$

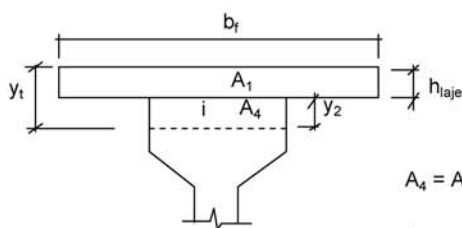
$$R_{st} = A_{sp}^{total} * s_{sp}$$

$$R_{st} (tf) = 372.5$$

Como  $R_{st} < R_{cc}$ , devemos diminuir o valor de  $x$  para reduzir a mesa de compressão e conseqüentemente  $R_{cc}$ .

Logo devemos ter:

$$R_{cc} = R_{st} (tf) = 372.5$$



$$A_c^{total} = A_1 + A_4 = R_{cc} / (0,85 * f_{cd})$$

$$A_1 (\text{m}^2) = 0.505$$

$$A_c^{total} (\text{m}^2) = 0.175$$

$$A_4 = A_c^{total} - A_1 \quad A_4 (\text{m}^2) = 0.000 \quad (y_t < h_{laje})$$

$$\text{logo:} \quad y_2 (\text{m}) = 0.000$$

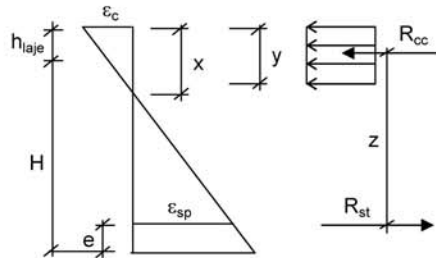
$$y_t (\text{m}) = 0.0694 \quad y_t < h_{laje}$$

$$x = y_t / 0,8$$

$$x (\text{m}) = 0.087$$

Cálculo do C.G da mesa comprimida

$$y_{C.G.} = \frac{\sum(A_i \cdot y_i)}{\sum A_i} \quad y_{C.G.} \text{ (m)} = 0.0347$$



$$z = H + h_{laje} - y_{C.G.} - e \quad z \text{ (m)} = 1.455$$

Assim temos:

$$M_u = R_{cc} \cdot z \quad M_u \text{ (tf.m)} = 542.1$$

$$M_d = 1.4 \cdot (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \quad M_d \text{ (tf.m)} = 398.1$$

Então:  $M_u / M_d = 1.36 > 1.00$  (Atende)  
Ruptura unicamente pelo escoamento do aço

Os quadros a seguir apresentam o cálculo do cisalhamento

**Esforços cortantes característicos**

$$V_{k,max} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,max}$$

$$V_{k,min} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,min}$$

onde:  $V_{p,k} = V_p^{1^{prot}} + V_p^{2^{prot}}$  em tempo  $t = \infty$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 35,0$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500,0$$

Seção	$V_{g1,k}$ (tf)	$V_{g2,k}$ (tf)	$V_{g3,k}$ (tf)	$V_{p,k}$ (tf)	$V_{q,max,k}$ (tf)	$V_{q,min,k}$ (tf)	$V_k^{max}$ (tf)	$V_k^{min}$ (tf)
1/2 bal	-3.4	-8.7	-5.0	24.5	18.1	0.0	16.5	7.5
0 esq	-6.2	-10.6	-6.4	3.5	20.8	0.0	-19.6	-9.2
0 dir	11.4	13.1	9.2	0.0	40.4	0.0	53.9	33.7
1	8.5	10.9	7.5	-18.6	34.8	-0.6	25.7	8.0
2	6.5	8.6	5.9	-45.7	29.5	-3.6	-26.5	-10.0
3	4.5	6.3	4.2	-37.9	24.5	-6.9	-26.3	-10.6
4	2.6	4.1	2.5	-8.5	19.8	-10.6	10.5	-4.7
5	0.6	1.1	0.8	0.0	15.5	-14.6	10.2	-4.8

**Verificação do concreto**

$$\phi \text{ bainha (m)} = 0,055$$

$$V_{sd} = 1,40 * (V_{g1} + V_{g2} + V_{g3}) + 0,90 * V_p + 1,40 * V_q$$

$$V_{rd2} = 0,3 * f_{cd} * b_w * \text{nom} * d$$

$$d = H_{viga} + h_{laje} - 0,15$$

Seção	$V_{sd}$ (tf)	$b_w$ (m)	$\Sigma \phi/2$ (m)	$b_w^{nom}$ (m)	$d$ (m)	$V_{rd2}$ (tf)
1/2 bal	23.5	0.50	0.028	0.500	1.45	507.5
0 esq	-29.2	0.50	0.028	0.500	1.45	507.5
0 dir	103.8	0.50	0.028	0.500	1.45	507.5
1	69.6	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
2	29.5	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
3	-22.7	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
4	32.9	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
5	25.2	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8

Para todas as seções  $V_{rd2} > V_{sd}$

**Parcela do esforço cortante absorvida pelo concreto**

$$M_{sdu} = 1,40 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3}) + 1,40 * M_q$$

Seção	$M_{g1,k}$	$M_{g2,k}$	$M_{g3,k}$	$M_{q,k}$	$M_{sdu}$ (tf.m)
1/2 bal	-3.0	-11.6	-6.4	-25.0	-64.5
0 esq	-10.2	-26.0	-14.9	-66.8	-165.1
0 dir	-10.2	-26.0	-14.9	-66.8	-165.1
1	7.4	-4.6	0.1	63.2	92.7
2	20.9	12.9	12.1	111.6	220.4
3	30.8	26.2	21.1	145.0	312.4
4	37.2	35.5	27.1	166.1	372.2
5	40.0	40.8	30.1	173.6	398.1

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * \text{nom} * d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1 + (M_o / M_{sdu}) \leq 2$$

$$M_o = 0,90 * (\sigma_p^{1^{prot}} * W^{isol} + \sigma_p^{2^{prot}} * W^{conj})$$

$\tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.376$ 

Seção	$\sigma_p^{1^{\text{prot.00}}}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$W^{\text{isol.}}$ (m <sup>3</sup> )	$\sigma_p^{2^{\text{prot.00}}}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$W^{\text{conj.}}$ (m <sup>3</sup> )	Mo (tf.m)	$\beta_1$
1/2 bal	277	0.197	62	0.865	97.63	2.000
0 esq	421	0.197	69	0.865	128.35	1.778
0 dir	421	0.197	69	0.865	128.35	1.778
1	610	0.148	26	0.218	86.45	1.933
2	1019	0.148	69	0.218	149.25	1.677
3	1182	0.148	192	0.218	195.09	1.624
4	1198	0.148	279	0.218	214.33	1.576
5	1191	0.148	299	0.218	217.42	1.546

Seção	$b_w^{\text{nom}}$ (m)	d (m)	$V_{cd}$ (tf)
1/2 bal	0.500	1.450	136.1
0 esq	0.500	1.450	121.0
0 dir	0.500	1.450	121.0
1	0.153	1.450	40.1
2	0.153	1.450	34.8
3	0.153	1.450	33.7
4	0.153	1.450	32.7
5	0.153	1.450	32.1

**Parcela do cortante absorvida pela armadura transversal**

Seção	$V_{sd}$ (tf)	$V_{cd}$ (tf)	$V_{wd}$ (tf)
1/2 bal	23.5	136.1	0.00
0 esq	29.2	121.0	0.00
0 dir	103.8	121.0	0.00
1	69.6	40.1	29.50
2	29.5	34.8	0.00
3	22.7	33.7	0.00
4	32.9	32.7	0.16
5	25.2	32.1	0.00

**Cálculo da taxa volumétrica de armadura transversal**

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0.90 * d * f_{ywd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w)$$



Seção	b <sub>w</sub> (m)	V <sub>wd</sub> (tf)	A <sub>sw</sub> /s (cm <sup>2</sup> /m)	ρ <sub>wu</sub> (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
1/2 bal	0.50	0.0	0.00	0.00
0 esq	0.50	0.0	0.00	0.00
0 dir	0.50	0.0	0.00	0.00
1	0.18	29.5	5.20	28.88
2	0.18	0.0	0.00	0.00
3	0.18	0.0	0.00	0.00
4	0.18	0.2	0.03	0.16
5	0.18	0.0	0.00	0.00

**Cálculo do Fator de Fadiga**

$$\Delta\sigma_w = (V_{\max} - V_c) / (b_w * d * \rho_{wu}) - (V_{\min} - V_c) / (b_w * d * \rho_{wu})$$

$$\Delta f_{sd}^{\text{fad}} = 850 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f.f. = \Delta\sigma_w / \Delta f_{sd}$$

Seção	V <sup>máx</sup> (tf)	V <sup>min</sup> (tf)	V <sub>c</sub> (tf)	ρ <sub>wu</sub> (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> )	σ <sub>wmax</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ <sub>wmin</sub> (tf/m <sup>2</sup> )
1/2 bal	16.50	7.46	90.76	0.00000	0	0
0 esq	-19.62	-9.20	80.67	0.00000	0	0
0 dir	53.92	33.71	80.67	0.00000	0	0
1	25.70	8.03	26.75	0.00289	0	0
2	-26.49	-9.97	23.21	0.00000	0	0
3	-26.30	-10.60	22.48	0.00000	0	0
4	10.54	-4.66	21.81	0.00002	0	0
5	10.24	-4.80	21.40	0.00000	0	0

Δσ <sub>w</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	f.f.
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00

**Cálculo dos estribos e seus espaçamentos**

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w) \geq 15 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

$$s = 2 * A_{S1\text{perna}} / (\rho_w * f.f. * b_w)$$

$$\phi \text{ (mm)} = 10.00$$

$$A_{S1\text{perna}} \text{ (cm}^2) = 0.785$$

Seção	$b_w$ (m)	$\rho_{wu}$	$\rho_{wu} \times f.f.$	$\rho_{wu} \times f.f.$ Médio	Espaçam. (m)
1/2 bal	0.50	0.00	0.00		
				15.0	20.9
0 esq	0.50	0.00	0.00		
0 dir	0.50	0.00	0.00		
				15.0	30.8
1	0.18	28.88	28.88		
				15.0	58.1
2	0.18	0.00	0.00		
				15.0	58.1
3	0.18	0.00	0.00		
				15.0	58.1
4	0.18	0.16	0.16		
				15.0	58.1
5	0.18	0.00	0.00		

**Verificação dos Aparelhos de Apoio**
**Apoio1**
**Viga de Bordo**
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 17.6$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 24.3$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 15.6$$

$$N_{CM\_max} \text{ (tf)} = 52.9$$

$$N_{CM\_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 110.4$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 919.7 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 57.5$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 478.8 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

**Viga Central**
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 17.6$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 22.6$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 7.6$$

$$N_{CM\_max} \text{ (tf)} = 40.4$$

$$N_{CM\_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 88.1$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 734.2 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 47.7$$

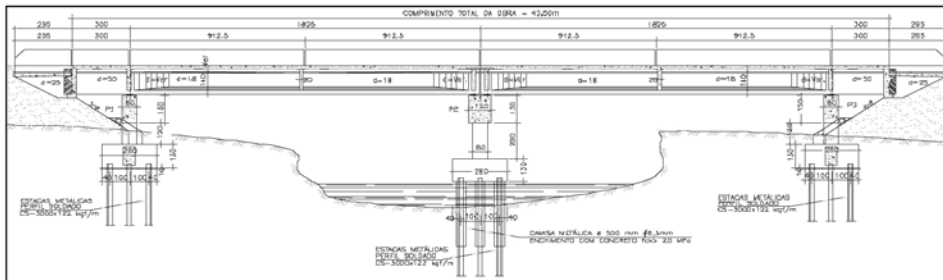
$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 397.7 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

## **6.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA**

Três linhas de apoio com pilares de respectivamente 1,20 m, 2,00 m e 1,20 m de altura, para as obras de 42,50 m com dois vão de 18,25 m e balanços de 3,00 m.

Cálculo da Infraestrutura - (2 vãos de 18,25m com balanços de 3,00)

1 - Sistema estrutural



$$L^{\text{vão1}} \text{ (m)} = 18.25$$

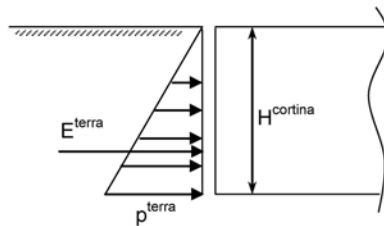
$$L^{\text{vão2}} \text{ (m)} = 18.25$$

$$L^{\text{bal}} \text{ (m)} = 3.00$$

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma^{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 1.85$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma^{\text{solo}} \times H^{\text{cortina}}$$

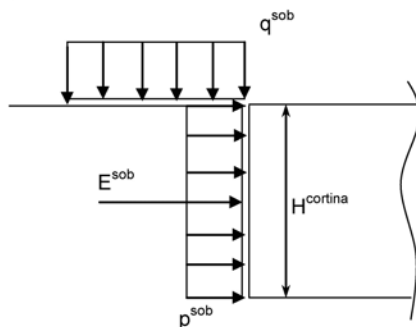
$$p^{\text{terra}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.110$$

$$E^{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times H^{\text{cortina}})/2) \times L^{\text{obra}}$$

$$E^{\text{terra}} \text{ (tf)} = 13.3$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$



$$q^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

$$L^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$H^{cortina} \text{ (m)} = 1.85$$

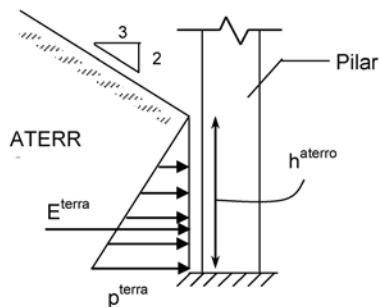
$$p^{sob} = K_a \times q^{sob}$$

$$p^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.167$$

$$E_{sob} = p^{sob} \times L^{obra} \times H^{cortina}$$

$$E_{sob} \text{ (tf)} = 4.0$$

2.1.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos



$$K_a = 0.75$$

$$\gamma_{solo} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$h^{aterro P1} \text{ (m)} = 1.20$$

$$b^{pilar} \text{ (m)} = 0.80$$

$$h^{aterro P3} \text{ (m)} = 1.20$$

$$b^{pilar} \text{ (m)} = 0.80$$

$$p^{terra} = K_a \times \gamma^{solo} \times h^{aterro}$$

$$p^{terra P1} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.62$$

$$p^{terra P3} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.62$$

$$E_{terra} = ((p^{terra} \times h^{aterro})/2) \times 3b^{pilar}$$

$$E_{terra P1} \text{ (tf)} = 2.33$$

$$E_{terra P3} \text{ (tf)} = 2.33$$

2.1.4 - Deformações impostas

Para simular os efeitos de retração do concreto, deformação imediata e lenta do concreto devidas à protensão e variação ambiental de temperatura assumiremos queda de temperatura e coeficiente de dilatação térmica respectivamente de:

$$\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = -65$$

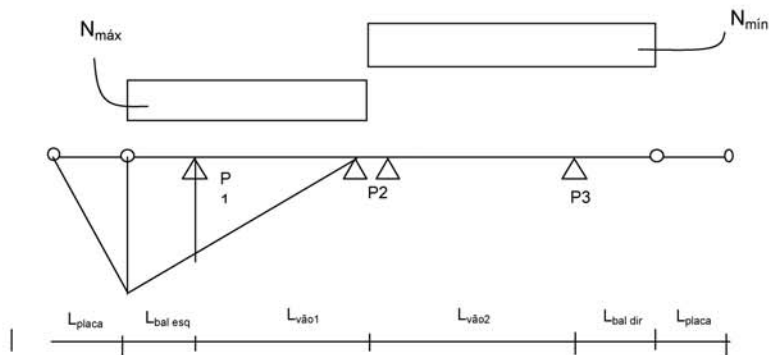
$$\alpha = 0.00001$$

2.1.5 - Frenagem e aceleração

$$F^{fren} \geq \begin{cases} 30\% \text{ do peso do veículo tipo} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} P^{concentrado} \text{ (tf)} &= 45.0 & L^{bal \text{ esq}} \text{ (m)} &= 3.00 & L^{vão1} \text{ (m)} &= 18.25 \\ q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 0.50 & L^{bal \text{ dir}} \text{ (m)} &= 3.00 & L^{vão2} \text{ (m)} &= 18.25 \\ Larg^{obra} \text{ (m)} &= 13.00 & & & & \end{aligned}$$

Linha de influência de reação em P1 e P3



1ª Hipótese - N<sub>máx</sub>

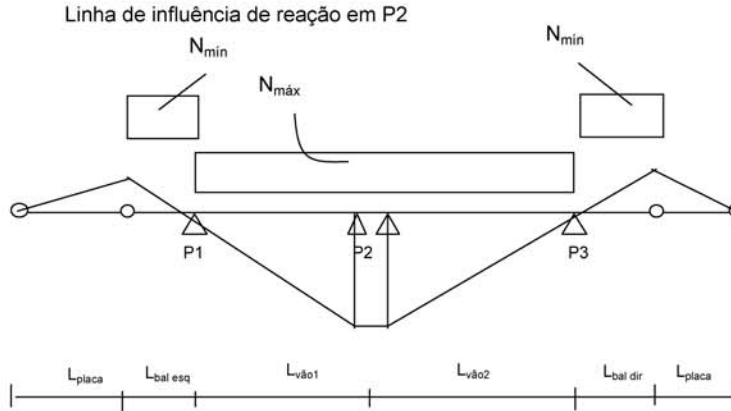
$$\begin{aligned} 30\% \text{ do peso do veículo tipo} &= 0,30 \times P^{concentrado} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} &= 0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{bal \text{ esq} +vão1} \text{ para PTC} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} &= 0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{bal \text{ esq} +vão1} \text{ para PMC} \end{aligned}$$

$$F^{fren} \text{ (tf)} \geq \begin{cases} 13.50 \\ 6.48 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 3.24 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

2ª Hipótese - N<sub>min</sub>

$$\begin{aligned} 30\% \text{ do peso do veículo tipo} &= 0,30 \times P^{concentrado} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} &= 0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{bal \text{ dir} +vão2} \text{ para PTC} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} &= 0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{bal \text{ dir} +vão2} \text{ para PMC} \end{aligned}$$

$$F^{fren} \text{ (tf)} \geq \begin{cases} 13.50 \\ 6.48 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 3.24 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$



**1ª Hipótese - N<sub>máx</sub>**

30% do peso do veículo tipo =  $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$   
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{vão1} + \text{vão2}}$  para PTC  
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{vão1} + \text{vão2}}$  para PMC

$$F^{\text{fren}}(\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 11.13 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 5.57 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

**2ª Hipótese - N<sub>min</sub>**

30% do peso do veículo tipo =  $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$   
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{bal esq} + \text{bal dir}}$  para PTC  
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{bal esq} + \text{bal dir}}$  para PMC

$$F^{\text{fren}}(\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 1.83 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 0.92 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

**2.2 Direção transversal**

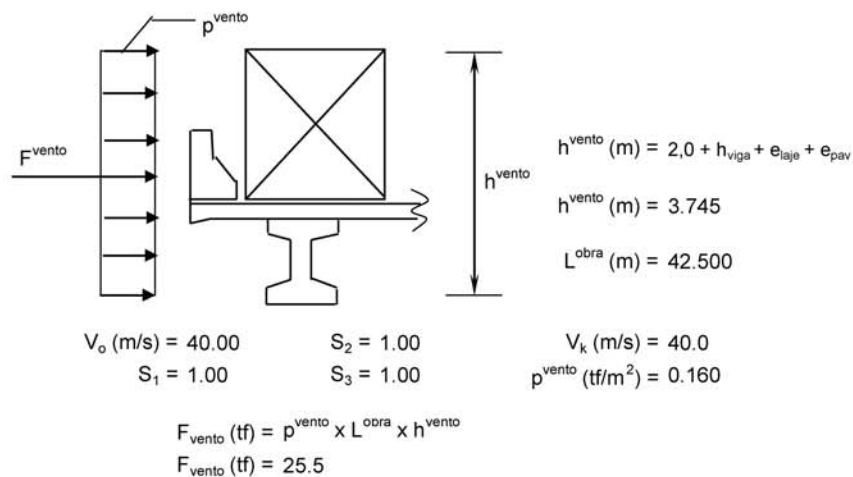
**2.2.1 - Vento na superestrutura**

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo com o prescreve a NBR-6123

$$p^{\text{vento}} = C_x \cdot (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \qquad C_x = 1.60$$





3 - Cálculo das rizezas dos apoios

3.1 - Linha de apoio 1

3.1.1 - Aparelhos de apoio (50x30)

$n^\circ$  de aparelhos de apoio (n) = 5  
 $S_{1\text{ apar}}$  (m<sup>2</sup>) = 0.15  
 $G$  (tf/m<sup>2</sup>) = 100.0       $k_{transv}^{neop} = k_{long}^{neop} = (n * G * S) / h_{borr}$   
 $h_{borr}$  (m) = 0.03  
 $K^{neop}$  (tf/m) = 2500.0

3.1.2 - Pilares

$f_{ck\text{ pilar}}$  (MPa) = 20  
 $h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$   
 $h_{total}$  (m) = 3.35  
 $n^\circ$  de pilares (n) = 2

- longitudinal

$K = n * 3 * E * J / (H^3)$   
 $J_{1\text{ pilar}}^{long}$  (m<sup>4</sup>) = 0.0341  
 $E_c$  (tf/m<sup>2</sup>) =  $9,5 \times (f_{ckj} + 8)^{1/3}$   
 $E_c$  (tf/m<sup>2</sup>) = 2,884,760  
 $K_{1\text{ pilar}}^{long}$  (tf/m) = 15714.7

- transversal

$K = n * 3 * E * J / (H^3)$   
 $J_{1\text{ pilar}}^{transv}$  (m<sup>4</sup>) = 0.0341  
 $E_c$  (tf/m<sup>2</sup>) = 2,884,760  
 $K_{1\text{ pilar}}^{transv}$  (tf/m) = 15714.7

## 3.1.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/k_{neop}) + (1/k_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K^{long - conj}_1 (tf/m) = 2156.9$$

- transversal

$$K^{transv - conj}_1 (tf/m) = 2156.9$$

## 3.2 - Linha de apoio 2

## 3.2.1 - Aparelhos de apoio (40x30)

nº de aparelhos de apoio (n) = 10

 $S_{1 \text{ apar}} (m^2) = 0.12$ 
 $G (tf/m^2) = 100$ 
 $h (m) = 0.03$ 

$$k^{neop}_{transv} = k^{neop}_{long} = (n * G * S) / h_{borr}$$

$$K^{neop} (tf/m) = 4000.0$$

## 3.2.2 - Pilares

 $fck_{pilar} (MPa) = 20$ 

$$h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$$

 $h_{total} (m) = 4.15$ 

nº de pilares (n) = 2

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

 $J^{long}_{2 \text{ pilar}} (m^4) = 0.0476$ 
 $E_c (tf/m^2) = 9,5 * (fck_j + 8)^{1/3}$ 
 $E_c (tf/m^2) = 2,884,760$ 
 $K^{long}_2 (tf/m) = 11539.0$ 

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

 $J^{transv}_{2 \text{ pilar}} (m^4) = 0.0667$ 
 $E_c (tf/m^2) = 2,884,760$ 
 $K^{transv}_2 (tf/m) = 16144.5$ 

## 3.2.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/k_{neop}) + (1/k_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K^{long - conj}_2 (tf/m) = 2970.3$$

- transversal

$$K^{transv - conj}_2 (tf/m) = 3205.7$$

## 3.3 - Linha de apoio 3

## 3.3.1 - Aparelhos de apoio (50x30)

$$\begin{aligned}
 n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\
 S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.15 \\
 G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\
 h \text{ (m)} &= 0.03 \\
 k_{\text{transv}}^{\text{neop}} &= k_{\text{long}}^{\text{neop}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}} \\
 K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} &= 2500.0
 \end{aligned}$$

## 3.3.2 - Pilares

$$\begin{aligned}
 f_{ck}^{\text{pilar}} \text{ (MPa)} &= 20 \\
 h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\
 h_{\text{total}} \text{ (m)} &= 3.35 \\
 n^{\circ} \text{ de pilares (n)} &= 2
 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$\begin{aligned}
 K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\
 J_{3 \text{ pilar}}^{\text{long}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0341 \\
 E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 9,5 * (f_{ck} + 8)^{1/3} \\
 E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\
 K_{3}^{\text{long}} \text{ (tf/m)} &= 15714.7
 \end{aligned}$$

- transversal

$$\begin{aligned}
 K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\
 J_{3 \text{ pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0341 \\
 E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\
 K_{3}^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} &= 15714.7
 \end{aligned}$$

## 3.3.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long - conj}}_3 \text{ (tf/m)} = 2156.9$$

- transversal

$$K^{\text{transv - conj}}_3 \text{ (tf/m)} = 2156.9$$

## 3.4 - Cálculo dos coeficientes de distribuição

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K^{\text{long}}_{\text{conj}} = 7284.1$$

$$\mu^{\text{long}}_1 = 0.2961$$

$$\mu^{\text{long}}_2 = 0.4078$$

$$\mu^{\text{long}}_3 = 0.2961$$

- transversal

$$\Sigma K_{conj}^{transv} = 7519.5$$

$$\mu_1^{transv} = 0.2868$$

$$\mu_2^{transv} = 0.4263$$

$$\mu_3^{transv} = 0.2868$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversa	longitudinal	transversa
1	2156.9	2156.9	0.2961	0.2868
2	2970.3	3205.7	0.4078	0.4263
3	2156.9	2156.9	0.2961	0.2868
Total	7284.1	7519.5	1.0	1.0

4 - Distribuição dos esforços longitudinais

$$F^1 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{long}^{Apoio1}$$

$$F^2 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{long}^{Apoio2}$$

$$F^3 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{long}^{Apoio3}$$

4.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 3.95$$

$$F^2 (tf) = 5.44$$

$$F^3 (tf) = 3.95$$

4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 1.19$$

$$F^2 (tf) = 1.63$$

$$F^3 (tf) = 1.19$$

4.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos (para cada pilar)  
(aplicado diretamente sobre os pilares)

$$\text{Pilar}^{apoi1} (tf) = 2.33$$

$$\text{Pilar}^{apoi3} (tf) = 2.33$$

4.4 - Deformações impostas por linha de apoio

centro elástico longitudinal

$$X_{c.e.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i} \quad F = K_i \cdot X_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

$$X_{c.e. Longitudinal} (m) = 21.25$$

Apoio	$K_{long} (tf/m)$	$X_i (m)$	F (tf)
1	2156.9	18.25	25.6
2	2970.3	0.00	0.0
3	2156.9	18.25	25.6

4.4 - Frenagem e aceleração por linha de apoio

Hipótese de  $N_{máx}$

- PTC

$F^1$  (tf) = 4.0  
 $F^2$  (tf) = 5.5  
 $F^3$  (tf) = 4.0

- PMC

$F^1$  (tf) = 4.0  
 $F^2$  (tf) = 5.5  
 $F^3$  (tf) = 4.0

Hipótese de  $N_{mín}$

- PTC

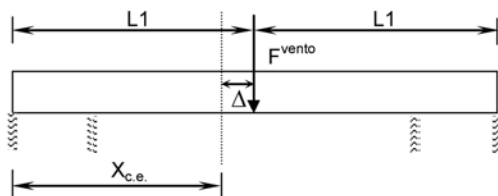
$F^1$  (tf) = 4.0  
 $F^2$  (tf) = 5.5  
 $F^3$  (tf) = 4.0

- PMC

$F^1$  (tf) = 4.0  
 $F^2$  (tf) = 5.5  
 $F^3$  (tf) = 4.0

5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio

5.1 - Vento na superestrutura



$L1$  (m) = 21.25  
 $X_{c.e. Transversal}$  (m) = 21.25  
 $\Delta$  (m) = 0.000  
 $F_{vento}$  (tf) = 25.5

$$F^T_i = F_{vento} * K_{i Trans} * [ ( 1 / \sum k_{i Trans} ) \pm ( \Delta * X_i ) / ( \sum (k_{i Trans} * X_i^2) ) ]$$

Linha	$k_{i Trans}$ (tf/m)	$X_i$ (m)	$k_{i Trans} * X_i$	$F^T_i$ (tf)
1	2156.9	-18.25	718372	7.30
2	3205.7	0.00	0	10.86
3	2156.9	18.25	718372	7.30
<b>TOTAL</b>	<b>7519.5</b>		<b>1436745</b>	<b>25.47</b>

**Cálculo das Travessas dos apoios P1 e P3**

1 - Reação das vigas devido aos carregamentos permanentes e peso próprio da travessa

Obtidos diretamente do programa "SALT"

Vigas de Bordo (  $V_1 = V_5$  )

	g1	g2	g3	Rg (tf)
Rv (tf)	17.56	24.3	15.6	57.46

Vigas Centrais (  $V_2 = V_3 = V_4$  )

	g1	g2	g3	Rg (tf)
Rv (tf)	17.56	22.56	7.6	47.72

Peso próprio da Travessa

$$\gamma_{conc} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 2.50$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.2$$

$$g_{trav} = S * \gamma_{conc}$$

$$g_{trav} \text{ (tf/m)} = 3.00$$

2 - Distribuição transversal da carga móvel para obtenção do trem-tipo longitudinal por Courbon

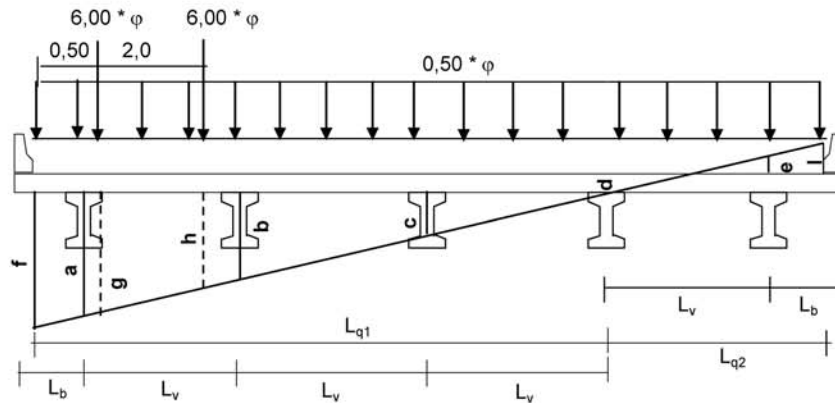
Cálculo do coeficiente de impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,007 * L_{teórico}$$

$$L_{teórico} \text{ (m)} = 17.90$$

$$\varphi = 1.275$$

2.1 - Para Ponte Total Carregada - V1



$$L_b \text{ (m)} = 1.2$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65$$

$$L_{q1} \text{ (m)} = 8.75$$

$$L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$\begin{aligned} a &= 0.600 & d &= 0.000 \\ b &= 0.400 & e &= -0.200 \\ c &= 0.200 \end{aligned}$$

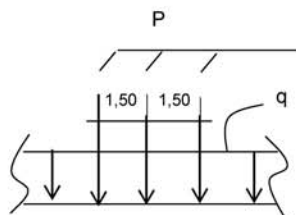
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= 0.660 & h &= 0.472 \\ g &= 0.623 & i &= -0.260 \end{aligned}$$

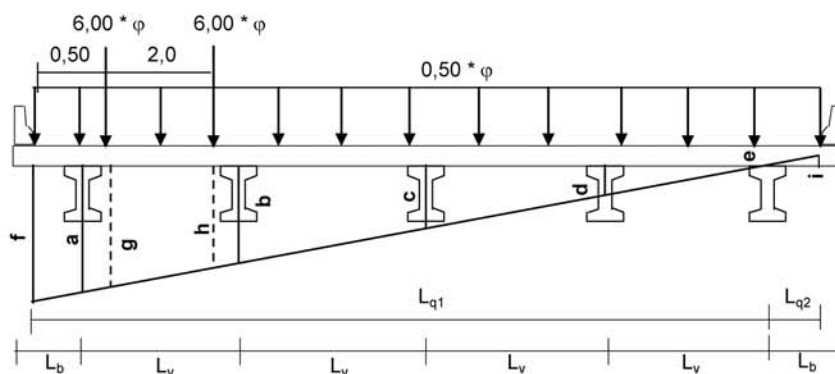
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1})/2 + (i * L_{q2})/2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 8.370 \\ q \text{ (tf/m)} &= 1.555 \end{aligned}$$



2.2 - Para Ponte Total Carregada - V2



$$\begin{aligned} L_b \text{ (m)} &= 1.2 & L_{q1} \text{ (m)} &= 11.40 \\ L_v \text{ (m)} &= 2.65 & L_{q2} \text{ (m)} &= 0.80 \end{aligned}$$

Ordenadas de Courbon para V2:

$$\begin{aligned} a &= 0.400 & d &= 0.100 \\ b &= 0.300 & e &= 0.000 \\ c &= 0.200 \end{aligned}$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= 0.430 & h &= 0.336 \\ g &= 0.411 & i &= -0.030 \end{aligned}$$

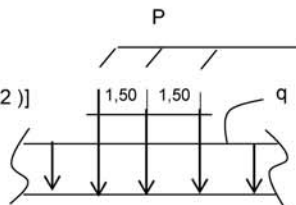
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

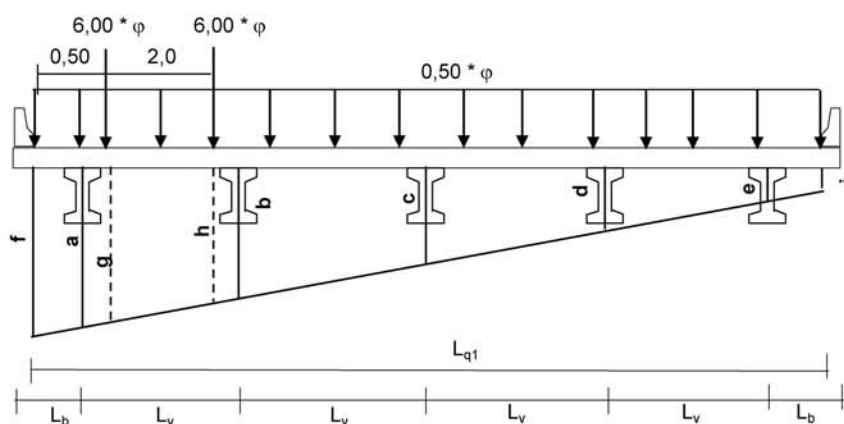
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1} / 2) + (i * L_{q2} / 2)]$$

$$P (tf) = 5.715$$

$$q (tf/m) = 1.555$$



2.3 - Para Ponte Total Carregada - V3



$$L_b (m) = 1.2 \quad L_{q1} (m) = 12.20$$

$$L_v (m) = 2.65$$

Ordenadas de Courbon para V3:

$$a = 0.200 \quad d = 0.200$$

$$b = 0.200 \quad e = 0.200$$

$$c = 0.200$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = 0.200 \quad h = 0.200$$

$$g = 0.200 \quad i = 0.200$$

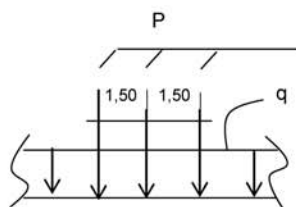
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

$$q = 0,50 * \varphi * [(f + i) * L_{q1} / 2]$$

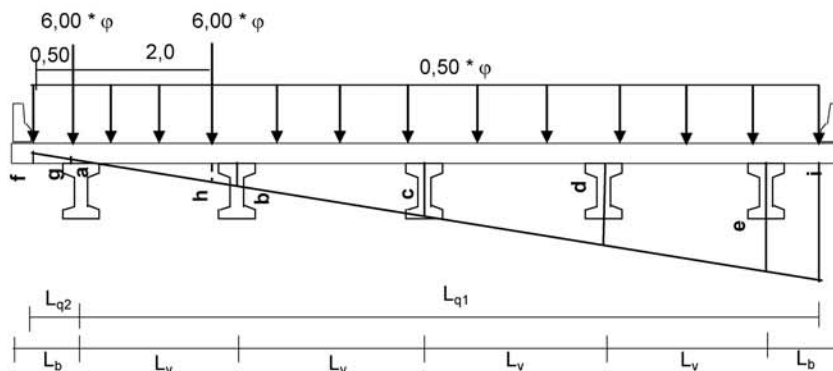
$$P (tf) = 3.059$$

$$q (tf/m) = 1.555$$





2.4 - Para Ponte Total Carregada - V4



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 11.40$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 0.80$$

Ordenadas de Courbon para V4:

$$a = 0.000 \qquad d = 0.300$$

$$b = 0.100 \qquad e = 0.400$$

$$c = 0.200$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.030 \qquad h = 0.064$$

$$g = -0.011 \qquad i = 0.430$$

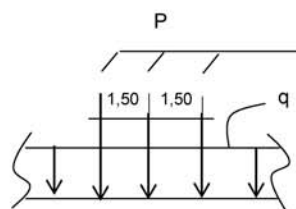
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

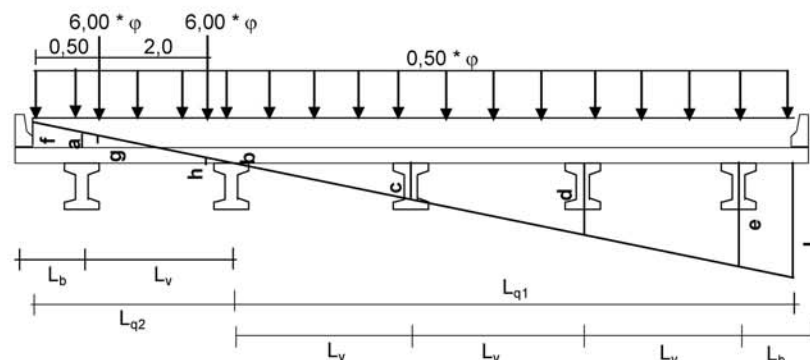
$$q = 0,50 * \varphi * [(i * L_{q1})/2 + (f * L_{q2})/2]$$

$$P (tf) = 0.404$$

$$q (tf/m) = 1.555$$



2.5 - Para Ponte Total Carregada - V5



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 8.75$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = -0.200$$

$$b = 0.000$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.400$$

$$e = 0.600$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.260 \qquad i = 0.660$$

$$g = -0.223$$

$$h = -0.072$$

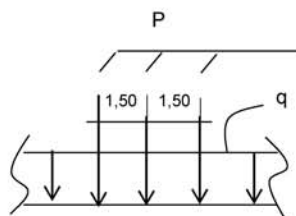
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

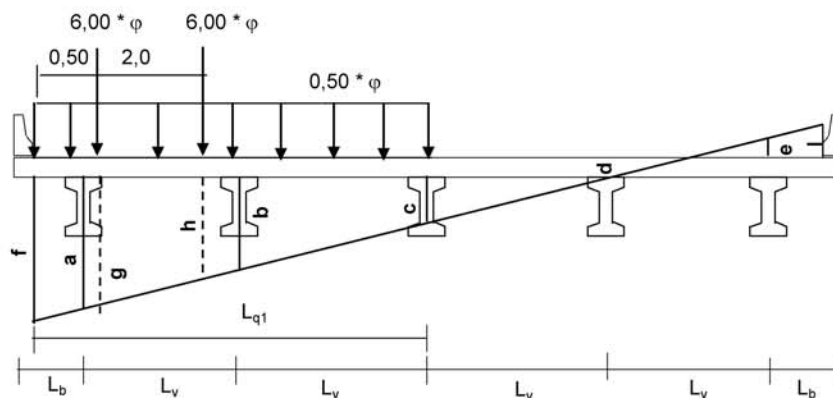
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q2})/2 + (i * L_{q1})/2]$$

$$P (tf) = -2.251$$

$$q (tf/m) = 1.555$$



2.6 - Para Ponte Metade Carregada - V1



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 6.10$$

$$L_v (m) = 2.65$$

$$a = 0.600$$

$$b = 0.400$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.000$$

$$e = -0.200$$

$$f = 0.460$$

$$g = 0.423$$

$$h = 0.272$$

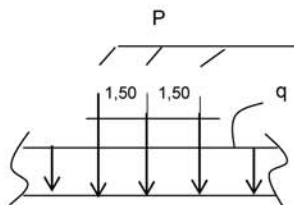
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

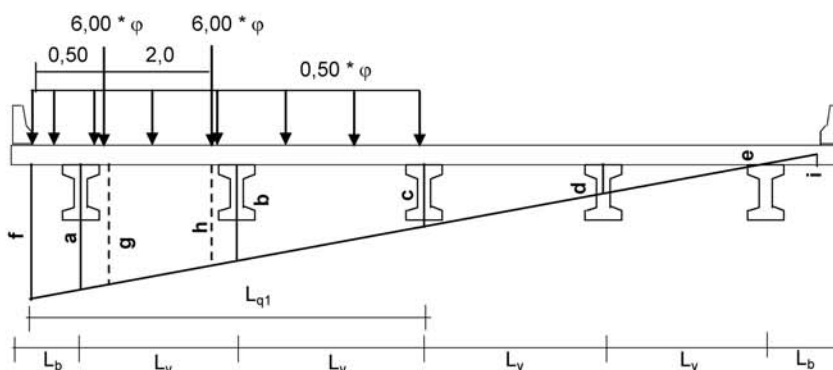
$$q = 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2$$

$$P (tf) = 8.370$$

$$q (tf/m) = 1.284$$



2.7 - Para Ponte Metade Carregada - V2



$$L_b (m) = 1.2$$

$$L_v (m) = 2.65$$

$$L_{q1} (m) = 6.10$$

$$a = 0.400$$

$$b = 0.300$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.100$$

$$e = 0.000$$

$$f = 0.230$$

$$g = 0.211$$

$$h = 0.136$$

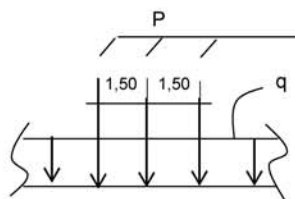
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

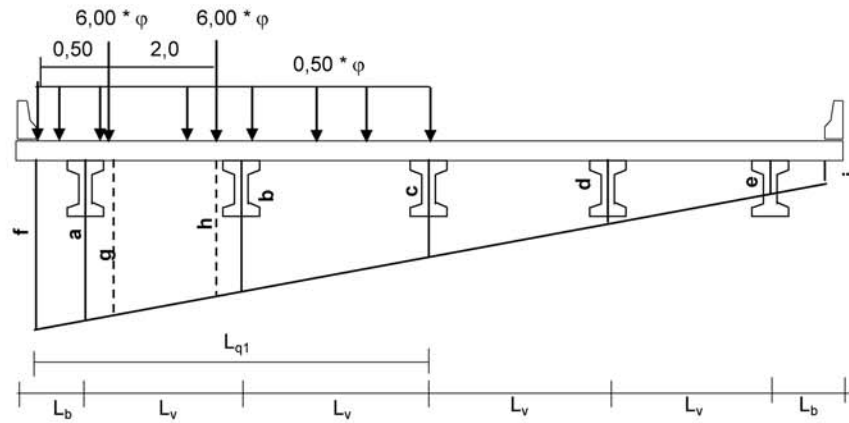
$$q = 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2$$

$$P (tf) = 5.715$$

$$q (tf/m) = 0.836$$



2.8 - Para Ponte Metade Carregada - V3



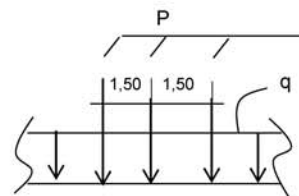
$L_b (m) = 1.2$                        $L_{q1} (m) = 6.10$   
 $L_v (m) = 2.65$

- a = 0.200
- b = 0.200
- c = 0.200
- d = 0.200
- e = 0.200
- f = 0.200
- g = 0.200
- h = 0.200

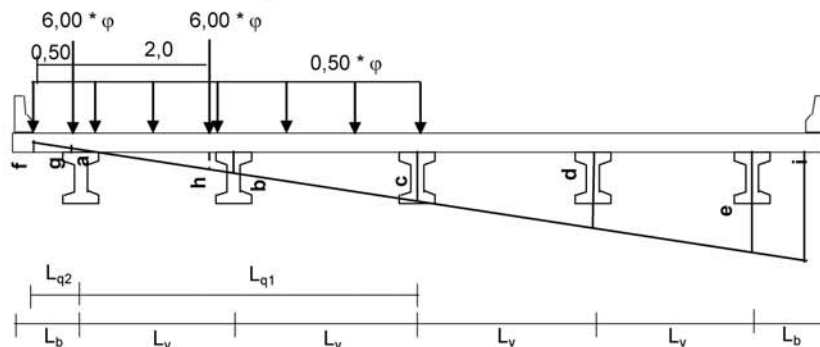
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$   
 $q = 0,50 * \phi * ((f + c) * L_{q1})/2$

$P (tf) = 3.059$   
 $q (tf/m) = 0.778$



2.9 - Para Ponte Metade Carregada - V4



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 5.30$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65 \qquad L_{q2} \text{ (m)} = 0.80$$

$$a = 0.000$$

$$b = 0.100$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.300$$

$$e = 0.400$$

$$f = -0.030$$

$$g = -0.011$$

$$h = 0.064$$

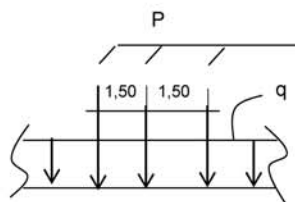
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

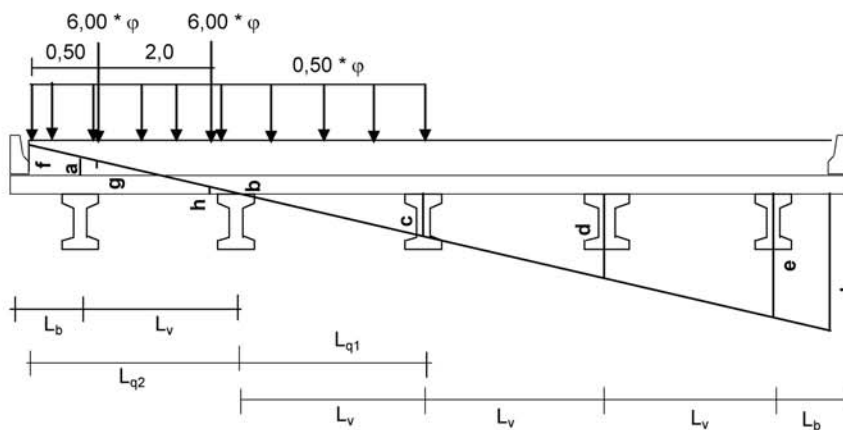
$$q = 0,50 * \varphi * ((f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2)$$

$$P \text{ (tf)} = 0.404$$

$$q \text{ (tf/m)} = 0.330$$



#### 2.10 - Para Ponte Metade Carregada - V5



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 2.65$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65 \qquad L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V5:

$$a = -0.200$$

$$b = 0.000$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.400$$

$$e = 0.600$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.260 \qquad i = 0.660$$

$$g = -0.223$$

$$h = -0.072$$

P

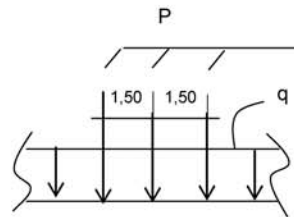
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

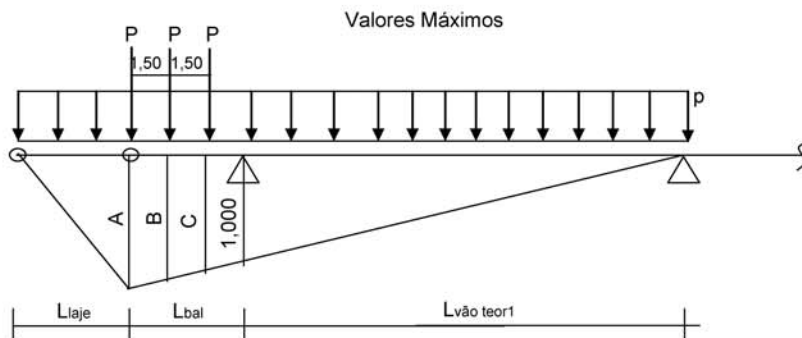
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2]$$

$$P \text{ (tf)} = -2.251$$

$$q \text{ (tf/m)} = -0.117$$



2 - Cálculo das reações das vigas na travessa devido à Carga Móvel



$$L_{laje} \text{ (m)} = 2.950 \quad A = (L_{bal} + L_{vao \text{ teor}1}) * (1,0 / L_{vao \text{ teor}1}) \quad A = 1.168$$

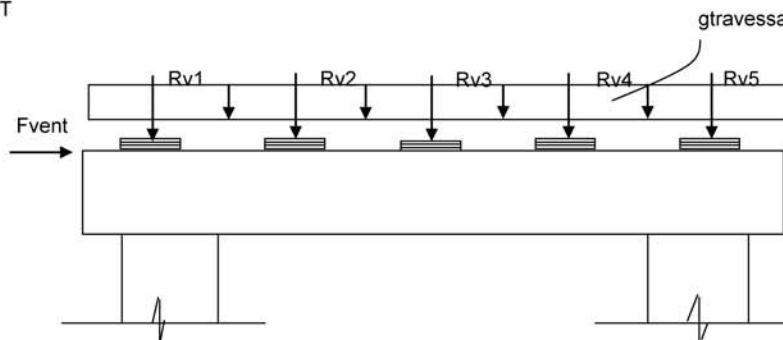
$$L_{bal} \text{ (m)} = 3.000 \quad B = (L_{bal} + L_{vao \text{ teor}1} - 1,50) * (1,0 / L_{vao \text{ teor}1}) \quad B = 1.084$$

$$L_{vao \text{ teor}1} \text{ (m)} = 17.900 \quad C = (L_{bal} + L_{vao \text{ teor}1} - 3,00) * (1,0 / L_{vao \text{ teor}1}) \quad C = 1.000$$

$$R_v = P * (A + B + C) + p * [(A * L_{laje} / 2) + A * (L_{bal} + L_{vao1}) / 2]$$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V1	8.370	1.555	<b>48.87</b>	V1	8.370	1.284	<b>45.09</b>
V2	5.715	1.555	<b>40.23</b>	V2	5.715	0.836	<b>30.22</b>
V3	3.059	1.555	<b>31.60</b>	V3	3.059	0.778	<b>20.77</b>
V4	0.404	1.555	<b>22.97</b>	V4	0.404	0.330	<b>5.91</b>
V5	-2.251	1.555	<b>14.33</b>	V5	-2.251	-0.117	<b>-8.95</b>

O Cálculo dos esforços para o dimensionamento da travessa e dos pilares será feito pelo programa SALT



**\* Para o apoio 1:**

- Peso Próprio

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 57.460$$

$$g_{travessa} \text{ (tf/m)} = 3.000$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 47.720$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 47.720$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 47.720$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 57.460$$

- Carga Móvel - PTC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 48.87$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 40.23$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 31.60$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 22.97$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 14.33$$

- Carga Móvel - PMC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 45.09$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 30.22$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 20.77$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 5.91$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = -8.95$$

- Vento

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 7.30$$

**\* Para o apoio 3:**

- Peso Próprio

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 57.460$$

$$g_{travessa} \text{ (tf/m)} = 3.000$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 47.720$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 47.720$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 47.720$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 57.460$$

- Carga Móvel - PTC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 48.866$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 40.233$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 31.600$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 22.967$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 14.334$$

- Carga Móvel - PMC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 45.087$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 30.224$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 20.773$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 5.910$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = -8.954$$

- Vento

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 7.305$$

**Cálculo da Travessa do apoio P2**

1 - Reação das vigas devido aos carregamentos permanentes e peso próprio da travessa

Obtidos diretamente do programa "SALT"

Vigas de Bordo (  $V_1 = V_4$  )

	g1	g2	g3	R <sub>g</sub> (tf)
RV viga21,25m(esq) (tf)	11.09	11.22	7.83	60.28
RV viga21,25m(dir) (tf)	11.09	11.22	7.83	

Vigas Centrais (  $V_2 = V_3$  )

	g1	g2	g3	R <sub>g</sub> (tf)
RV viga21,25m(esq) (tf)	11.09	13.27	3.69	58.07
RV viga21,25m(dir) (tf)	11.09	13.27	5.66	

Peso próprio da Travessa

$$\gamma_{\text{conc}} (\text{tf/m}^3) = 2.50$$

$$S (\text{m}^2) = 1.8$$

$$g_{\text{trav}} = S * \gamma_{\text{conc}}$$

$$g_{\text{trav}} (\text{tf/m}) = 4.50$$

2 - Distribuição transversal da carga móvel para obtenção do trem-tipo longitudinal por Courbon

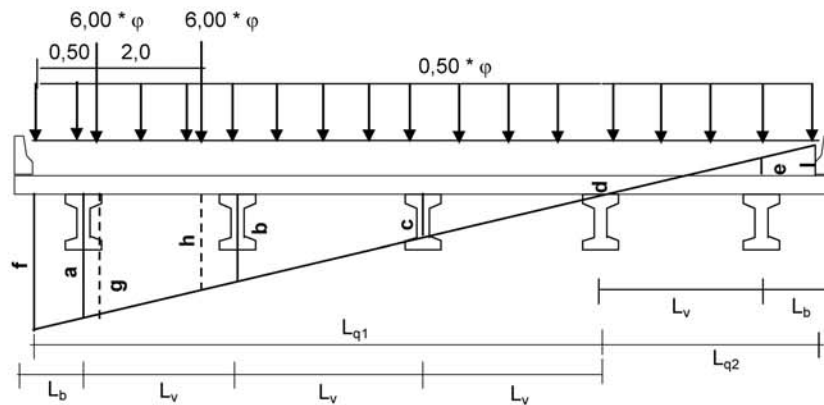
Cálculo do coeficiente de impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,007 * L_{\text{teórico}}$$

$$L_{\text{teórico}} (\text{m}) = 17.90$$

$$\varphi = 1.275$$

2.1 - Para Ponte Total Carregada - V1



$$L_b (\text{m}) = 1.2$$

$$L_{q1} (\text{m}) = 8.75$$

$$L_v (\text{m}) = 2.65$$

$$L_{q2} (\text{m}) = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = 0.600$$

$$d = 0.000$$

$$b = 0.400$$

$$e = -0.200$$

$$c = 0.200$$



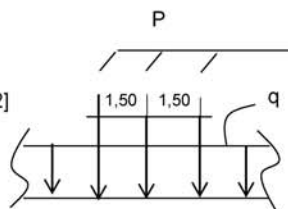
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= 0.660 & h &= 0.472 \\ g &= 0.623 & i &= -0.260 \end{aligned}$$

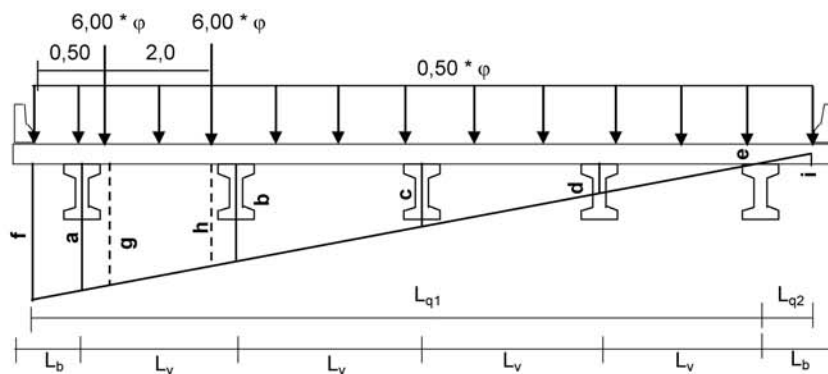
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1})/2 + (i * L_{q2})/2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P (tf) &= 8.370 \\ q (tf/m) &= 1.555 \end{aligned}$$



2.2 - Para Ponte Total Carregada - V2



$$\begin{aligned} L_b (m) &= 1.2 & L_{q1} (m) &= 11.40 \\ L_v (m) &= 2.65 & L_{q2} (m) &= 0.80 \end{aligned}$$

Ordenadas de Courbon para V2:

$$\begin{aligned} a &= 0.400 & d &= 0.100 \\ b &= 0.300 & e &= 0.000 \\ c &= 0.200 \end{aligned}$$

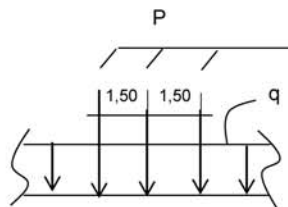
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= 0.430 & h &= 0.336 \\ g &= 0.411 & i &= -0.030 \end{aligned}$$

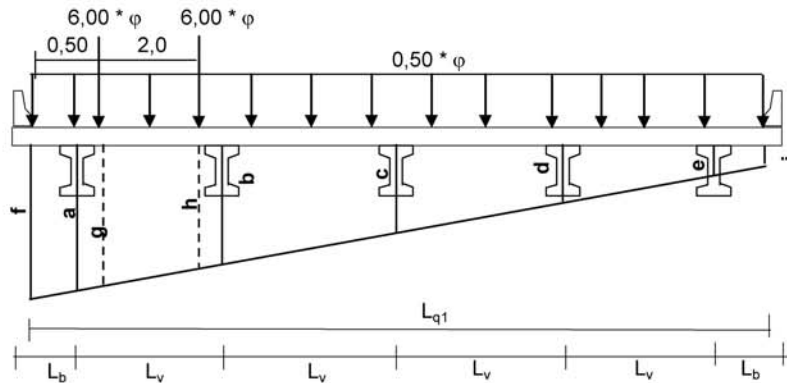
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1})/2 + (i * L_{q2})/2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P (tf) &= 5.715 \\ q (tf/m) &= 1.555 \end{aligned}$$



2.3 - Para Ponte Total Carregada - V3



$L_b (m) = 1.2$                        $L_{q1} (m) = 12.20$   
 $L_v (m) = 2.65$

Ordenadas de Courbon para V3:

$a = 0.200$                                        $d = 0.200$   
 $b = 0.200$                                        $e = 0.200$   
 $c = 0.200$

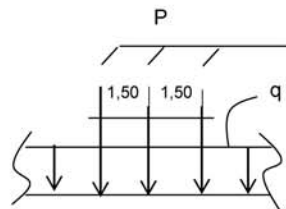
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$f = 0.200$                                        $h = 0.200$   
 $g = 0.200$                                        $i = 0.200$

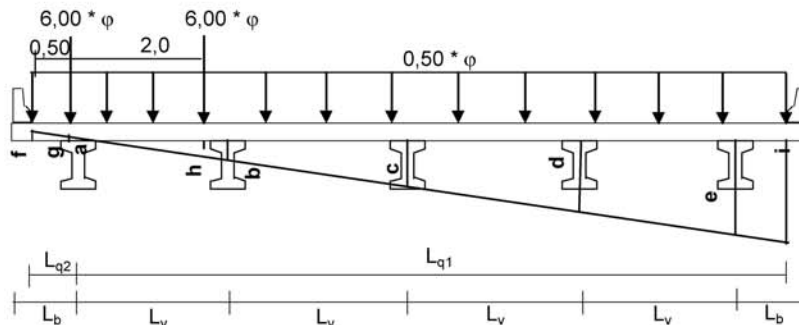
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$   
 $q = 0,50 * \phi * [(f + i) * L_{q1}] / 2$

$P (tf) = 3.059$   
 $q (tf/m) = 1.555$



2.4 - Para Ponte Total Carregada - V4



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 11.40$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65 \qquad L_{q2} \text{ (m)} = 0.80$$

Ordenadas de Courbon para V4:

$$a = 0.000$$

$$b = 0.100 \qquad d = 0.300$$

$$c = 0.200 \qquad e = 0.400$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.030 \qquad h = 0.064$$

$$g = -0.011 \qquad i = 0.430$$

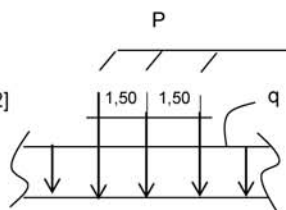
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

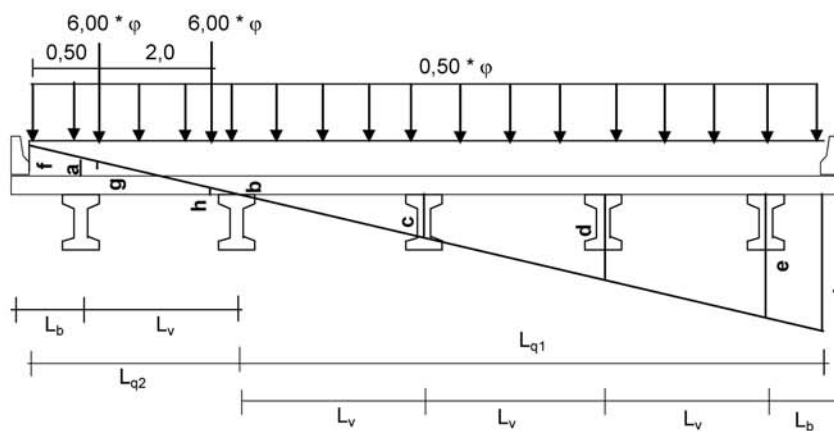
$$q = 0,50 * \varphi * [(i * L_{q1})/2 + (f * L_{q2})/2]$$

$$P \text{ (tf)} = 0.404$$

$$q \text{ (tf/m)} = 1.555$$



2.5 - Para Ponte Total Carregada - V5



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 8.75$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65 \qquad L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = -0.200$$

$$b = 0.000$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.400$$

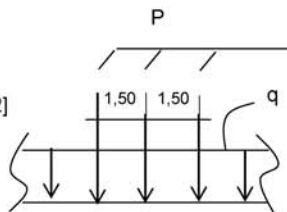
$$e = 0.600$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

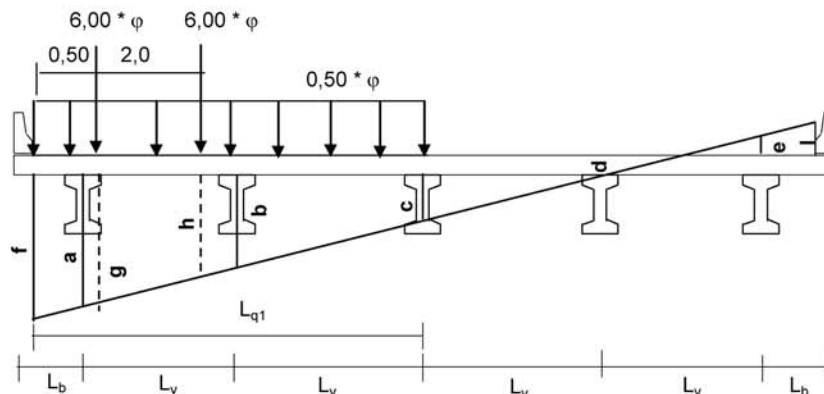
$$\begin{aligned} f &= -0.260 & i &= 0.660 \\ g &= -0.223 \\ h &= -0.072 \end{aligned}$$

Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q2})/2 + (i * L_{q1})/2] \\ P (tf) &= -2.251 \\ q (tf/m) &= 1.555 \end{aligned}$$



2.6 - Para Ponte Metade Carregada - V1

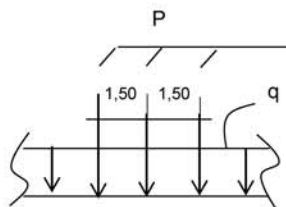


$$\begin{aligned} L_b (m) &= 1.2 & L_{q1} (m) &= 6.10 \\ L_v (m) &= 2.65 \end{aligned}$$

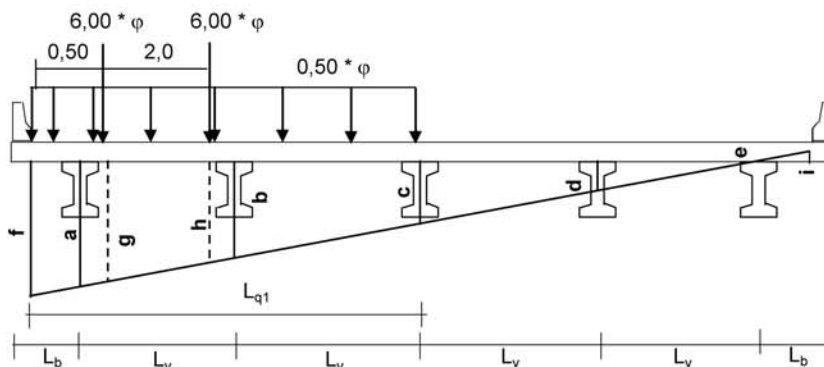
$$\begin{aligned} a &= 0.600 \\ b &= 0.400 \\ c &= 0.200 \\ d &= 0.000 \\ e &= -0.200 \\ f &= 0.460 \\ g &= 0.423 \\ h &= 0.272 \end{aligned}$$

Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2 \\ P (tf) &= 8.370 \\ q (tf/m) &= 1.284 \end{aligned}$$



2.7 - Para Ponte Metade Carregada - V2



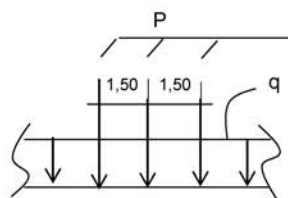
$L_b \text{ (m)} = 1.2$                        $L_{q1} \text{ (m)} = 6.10$   
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$

- a = 0.400
- b = 0.300
- c = 0.200
- d = 0.100
- e = 0.000
- f = 0.230
- g = 0.211
- h = 0.136

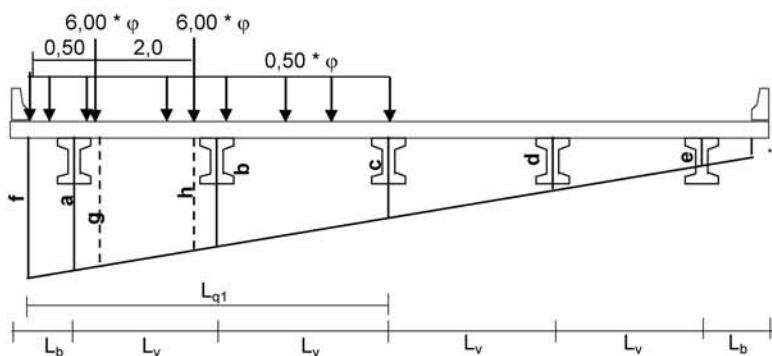
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$   
 $q = 0,50 * \phi * ((f + c) * L_{q1})/2$

$P \text{ (tf)} = 5.715$   
 $q \text{ (tf/m)} = 0.836$



2.8 - Para Ponte Metade Carregada - V3



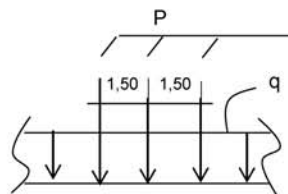
$L_b (m) = 1.2$                        $L_{q1} (m) = 6.10$   
 $L_v (m) = 2.65$

$a = 0.200$   
 $b = 0.200$   
 $c = 0.200$   
 $d = 0.200$   
 $e = 0.200$   
 $f = 0.200$   
 $g = 0.200$   
 $h = 0.200$

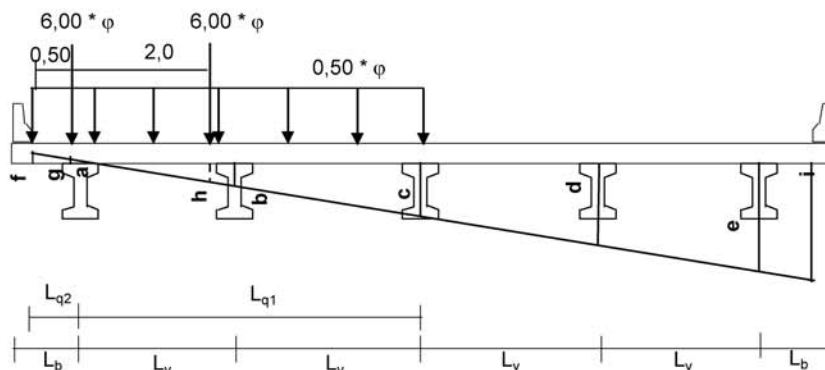
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \varphi * (g + h)$   
 $q = 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2$

$P (tf) = 3.059$   
 $q (tf/m) = 0.778$



2.9 - Para Ponte Metade Carregada - V4



$L_b (m) = 1.2$                        $L_{q1} (m) = 5.30$   
 $L_v (m) = 2.65$                        $L_{q2} (m) = 0.80$

$a = 0.000$   
 $b = 0.100$   
 $c = 0.200$   
 $d = 0.300$   
 $e = 0.400$   
 $f = -0.030$   
 $g = -0.011$   
 $h = 0.064$

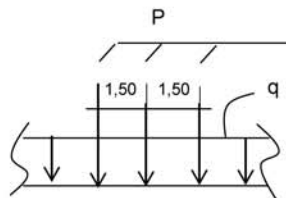
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

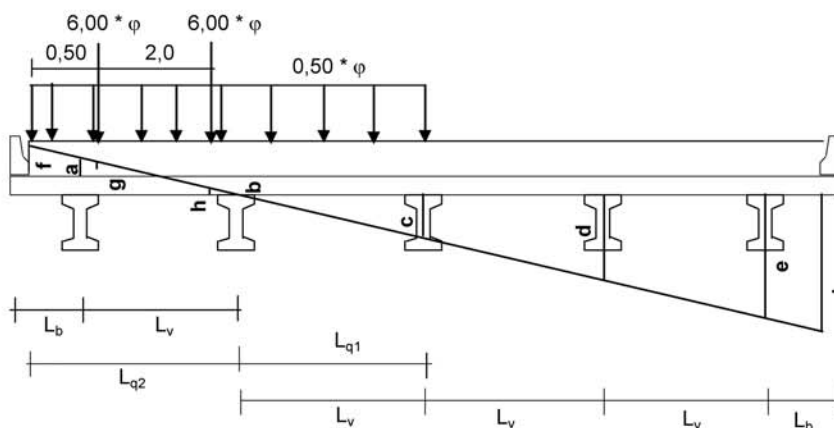
$$q = 0,50 * \varphi * ((f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2)$$

$$P \text{ (tf)} = 0.404$$

$$q \text{ (tf/m)} = 0.330$$



2.10 - Para Ponte Metade Carregada - V5



$$L_b \text{ (m)} = 1.2$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65$$

$$L_{q1} \text{ (m)} = 2.65$$

$$L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V5:

- a = -0.200
- b = 0.000
- c = 0.200
- d = 0.400
- e = 0.600

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.260$$

$$g = -0.223$$

$$h = -0.072$$

$$i = 0.660$$

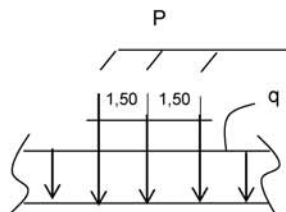
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

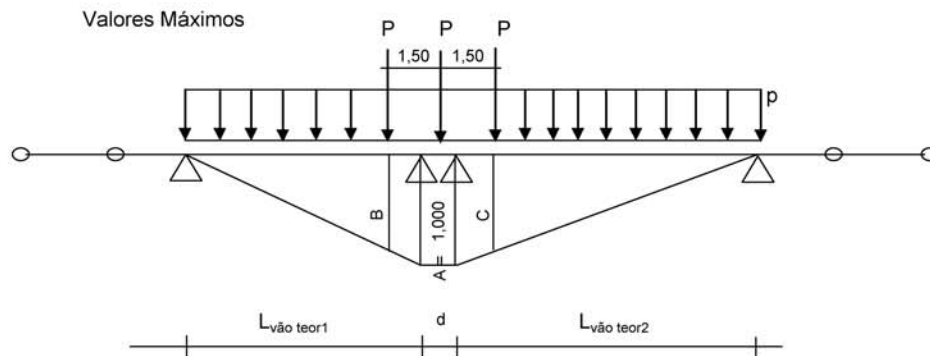
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2]$$

$$P \text{ (tf)} = -2.251$$

$$q \text{ (tf/m)} = -0.117$$



2 - Cálculo das reações das vigas na travessa devido à Carga Móvel

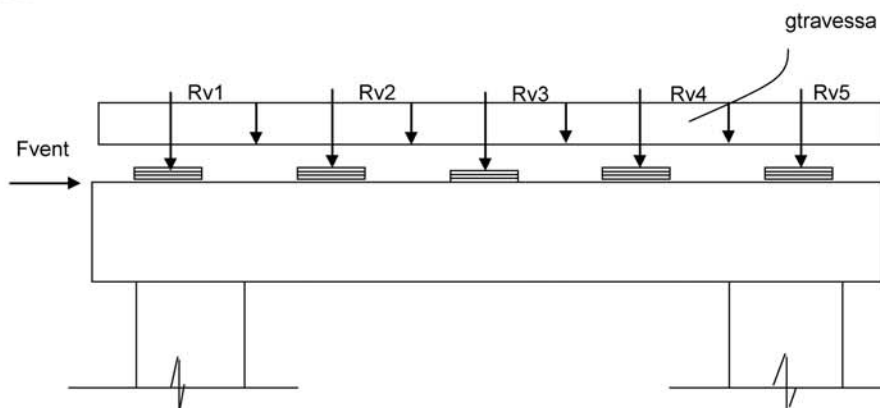


$Lvão\ teor1\ (m) = 17.900$      $B = (Lvão\ teor1 - 1,15) * (1,000 / Lvão\ teor1)$      $A = 1.000$   
 $Lvão\ teor2\ (m) = 17.900$      $C = (Lvão\ teor2 - 1,15) * (1,000 / Lvão\ teor2)$      $B = 0.936$   
 $d = 0.700$      $C = 0.936$

$Rv = P * (A + B + C) + p * [ (A * d) + (A * Lvão\ teor1/2) + (A * Lvão\ teor2/2) ]$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V1	8.370	1.555	<b>52.96</b>	V1	8.370	1.284	<b>47.91</b>
V2	5.715	1.555	<b>45.33</b>	V2	5.715	0.836	<b>31.96</b>
V3	3.059	1.555	<b>37.71</b>	V3	3.059	0.778	<b>23.25</b>
V4	0.404	1.555	<b>30.09</b>	V4	0.404	0.330	<b>7.30</b>
V5	-2.251	1.555	<b>22.46</b>	V5	-2.251	-0.117	<b>-8.65</b>

O Cálculo dos esforços para o dimensionamento da travessa e dos pilares será feito pelo programa SALT





**\* Para o apoio 2:**

- Peso Próprio

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 60.280$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 58.070$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 58.070$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 58.070$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 60.280$$

$$g_{travessa} \text{ (tf/m)} = 4.500$$

- Carga Móvel - PTC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 52.96$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 45.33$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 37.71$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 30.09$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 22.46$$

- Carga Móvel - PMC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 47.91$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 31.96$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 23.25$$

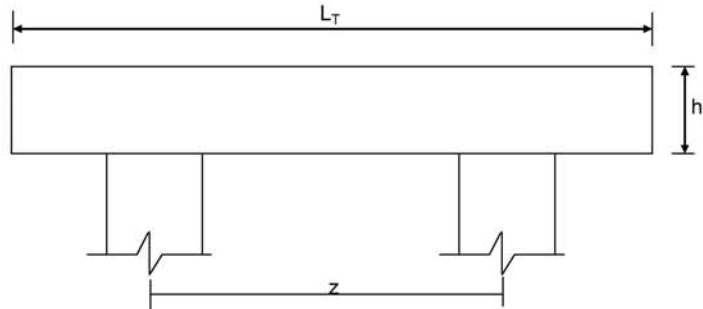
$$R_{v4} \text{ (tf)} = 7.30$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = -8.65$$

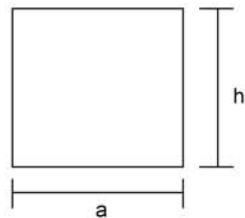
- Vento

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 10.86$$

**Dimensionamento da Travessa de P1 e P3**



$L_T$  (m) = 11.80  
 $h_T$  (m) = 1.50  
 $f_{ck}$  (MPa) = 20.0  
 $f_{yk}$  (MPa) = 500.0



$a$  (m) = 0.800  
 $h$  (m) = 1.500  
 $d$  (m) = 1.40      **d** é a altura efetiva da seção  
 $S$  (m<sup>2</sup>) = 1.2  
 $g = S * 2,50$        $g$  (tf/m) = 3  
 $N_{trav} = g * L_T$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento à Flexão**

**a) Seção do apoio**       $b_w$  (m) = 0.80

$M_g$  (tf.m) = -125.1      (reação de carga permanente das vigas)

$M_{q1}$  (tf.m) = -97.7      (reação de carga móvel das vigas)

$M_{q2}$  (tf.m) = -4.6      (vento na superestrutura)

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d$$
 (tf.m) = 315.1

$a = fcd * bw * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	$a$	$b$	$c$	$\Delta$
$b = -0,68 * bw * d * fcd$		290.133	-1015.47	315.1	665499
$c = M_d$					
	$x$ (m) = 0.344		$kmd = 0.151$		
	$z$ (m) = 1.262		$As^-$ (cm <sup>2</sup> ) = <b>57.41</b>		
	$x / d = 0.246$				

**b) Seção do vão**

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 16.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 15.7 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 45.5$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	$a$	$b$	$c$	$\Delta$
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		290.133	-1015.47	45.5	978417
$c = M_d$					
	$x \text{ (m)} = 0.045$		$k_{md} = 0.022$		
	$z \text{ (m)} = 1.382$		$A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} = 7.57$		
	$x / d = 0.032$				

**c) Armadura mínima**

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_r$$

$$A_s^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 18.0$$

**Dimensionamento ao Cisalhamento**

**a) Seção do apoio à esquerda**

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 65.3 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 48.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 159.8$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 448.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 87.4$$

$$A_{sw}/s = 15.9 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 19.94 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

**b) Seção do apoio à direita**

$$V_g (tf) = 81.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 64.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 1.3 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 204.8$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 132.4$$

$$A_{sw}/s = 24.2 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 30.22 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P1 Ponte 42,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      2.6000
  2      0.6000      2.6000
  3      2.6000      2.6000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      2.6000
  6      5.9000      2.6000
  7      8.5500      2.6000
  8      9.2000      2.6000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      2.6000
 11     11.8000      2.6000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.200E+0000 1.200E+0000 2.250E-0001 1.0
  2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 4
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -57.460
  5  PY -47.720
  6  PY -47.720
  7  PY -47.720
 10  PY -57.460
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  2 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  3 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  4 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  5 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  6 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  7 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  8 U 0.000 0.000 WYA -3.000
0
fim
    
```

```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -48.870
5 PY -40.230
6 PY -31.600
7 PY -22.970
10 PY -14.330
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -45.090
5 PY -30.220
6 PY -20.770
7 PY -5.910
10 PY 8.950
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 7.305
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa Pl Ponte 42,5m

-----  
 DATA : 3/22/2006(quarta-feira)  
 HORA : 2:42:53 PM  
 ARQUIVO DE DADOS : 2-travessapl\_42,5m.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	2.60E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	2.60E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	2.60E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	2.60E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	2.60E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	2.60E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	2.60E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	2.60E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	2.60E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	2.60E+0000
10	1	2	8	9	2.60E+0000

número de elementos ..... 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade ..... 2.885E+0006  
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006  
 C. Poisson ..... 2.000E-0001  
 C. D. Térmica ..... 1.000E-0005  
 P. Específico ..... 2.500E+0000

número de tipos de material ..... 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.20E+0000	1.20E+0000	2.25E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções ..... 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-57.46	0.00
5	global	0.00	-47.72	0.00
6	global	0.00	-47.72	0.00
7	global	0.00	-47.72	0.00
10	global	0.00	-57.46	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wyb	wya	
			f1	f2	wx3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-48.87	0.00
5	global	0.00	-40.23	0.00
6	global	0.00	-31.60	0.00
7	global	0.00	-22.97	0.00
10	global	0.00	-14.33	0.00

fim do carregamento ..... 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-45.09	0.00
5	global	0.00	-30.22	0.00
6	global	0.00	-20.77	0.00
7	global	0.00	-5.91	0.00
10	global	0.00	8.95	0.00

fim do carregamento ..... 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	7.30	0.00	0.00

fim do carregamento ..... 4  
número de carregamentos ..... 4

resultado da renumeração nodal  
perfil antes da renumeração : 23  
perfil após a renumeração : 21

-----  
DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 6.6E+0001  
Existe probabilidade de que o número de algarismos  
corretos nos deslocamentos calculados seja 9  
-----

carregamento 1

=====

Título : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-9.36492E-0006	-1.03973E-0003	3.35852E-0004
2	global	-9.36492E-0006	-8.37872E-0004	3.35686E-0004
3	global	-9.36492E-0006	-2.06648E-0004	1.45260E-0004
4	global	3.39250E-0031	-5.06743E-0030	-2.51234E-0031
5	global	-7.52032E-0006	-1.77555E-0004	6.46214E-0005
6	global	1.41937E-0018	-2.09576E-0004	9.19258E-0020
7	global	7.52032E-0006	-1.77555E-0004	-6.46214E-0005



8	global	9.36492E-0006	-2.06648E-0004	-1.45260E-0004
9	global	-3.39250E-0031	-5.06743E-0030	2.51234E-0031
10	global	9.36492E-0006	-8.37872E-0004	-3.35686E-0004
11	global	9.36492E-0006	-1.03973E-0003	-3.35852E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4	global	-9.82	146.74	7.28
9	global	9.82	146.74	-7.28

Resultante -0.00 293.48 1731.53

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	0.000	0.000

barra	esf	forças	nas	barra	momento
	sistema	nó	força	força	fletor
			normal	cortante	
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	1.80	-0.54
2	local	2	-0.00	-59.26	0.54
		3	0.00	65.26	-125.06
3	local	3	-9.82	81.48	106.79
		5	9.82	-79.53	-54.46
4	local	5	-9.82	31.81	54.46
		6	9.82	-23.86	19.30
5	local	6	-9.82	-23.86	-19.30
		7	9.82	31.81	-54.46
6	local	7	-9.82	-79.53	54.46
		8	9.82	81.48	-106.79
7	local	8	-0.00	65.26	125.06
		10	0.00	-59.26	-0.54
8	local	10	-0.00	1.80	0.54
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	146.74	9.82	18.27
		4	-146.74	-9.82	7.28
10	local	8	146.74	-9.82	-18.27
		9	-146.74	9.82	-7.28

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-9.26899E-0005	-8.45882E-0004	2.76747E-0004
2	global	-9.26899E-0005	-6.79834E-0004	2.76747E-0004
3	global	-9.26899E-0005	-1.58968E-0004	1.26162E-0004
4	global	1.34814E-0031	-3.89820E-0030	-1.04206E-0032
5	global	-9.19569E-0005	-1.29901E-0004	5.89784E-0005
6	global	-8.89684E-0005	-1.54037E-0004	-1.33338E-0006
7	global	-8.59799E-0005	-9.00120E-0005	2.47165E-0005
8	global	-8.52468E-0005	-6.35377E-0005	1.07122E-0005
9	global	-1.34814E-0031	-1.55807E-0030	1.89255E-0031
10	global	-8.52468E-0005	-1.20857E-0004	-3.34431E-0005
11	global	-8.52468E-0005	-1.40923E-0004	-3.34431E-0005

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4	global	-3.90	112.88	0.30
9	global	3.90	45.12	-5.48

Resultante -0.00 158.00 703.40

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	-0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-48.87	-0.00
		3	0.00	48.87	-97.74
3	local	3	-3.90	64.01	87.89
		5	3.90	-64.01	-46.28
4	local	5	-3.90	23.78	46.28
		6	3.90	-23.78	16.74
5	local	6	-3.90	-7.82	-16.74
		7	3.90	-7.82	-3.98
6	local	7	-3.90	-30.79	3.98
		8	3.90	30.79	-23.99
7	local	8	-0.00	14.33	28.66
		10	0.00	-14.33	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	112.88	3.90	9.85
		4	-112.88	-3.90	0.30
10	local	8	45.12	-3.90	-4.67
		9	-45.12	3.90	-5.48

carregamento 3

Título : PMC

no sistema	deslocamentos nodais			
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-1.41619E-0004	-8.17524E-0004	2.72690E-0004
2	global	-1.41619E-0004	-6.53910E-0004	2.72690E-0004
3	global	-1.41619E-0004	-1.38633E-0004	1.33753E-0004
4	global	6.09791E-0032	-3.39955E-0030	9.54839E-0032
5	global	-1.41288E-0004	-9.89303E-0005	6.81751E-0005
6	global	-1.39936E-0004	-1.10674E-0004	-3.25012E-0006
7	global	-1.38584E-0004	-4.11681E-0005	6.32433E-0005
8	global	-1.38253E-0004	7.60807E-0006	8.15332E-0005
9	global	-6.09791E-0032	1.86565E-0031	1.85801E-0031
10	global	-1.38253E-0004	2.19855E-0004	1.09111E-0004
11	global	-1.38253E-0004	2.85322E-0004	1.09111E-0004

nó sistema	reações nos apoios				
	força x	força y	momento z		
4	global	-1.77	98.44	-2.76	
9	global	1.77	-5.40	-5.38	
Resultante			-0.00	93.04	198.10

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força x	força y	momento z
	-0.000	-0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-45.09	-0.00
		3	0.00	45.09	-90.18
3	local	3	-1.77	53.35	82.82
		5	1.77	-53.35	-48.14
4	local	5	-1.77	23.13	48.14
		6	1.77	-23.13	13.16
5	local	6	-1.77	2.36	-13.16
		7	1.77	-2.36	19.42
6	local	7	-1.77	-3.55	-19.42
		8	1.77	3.55	17.11
7	local	8	-0.00	-8.95	-17.90
		10	0.00	8.95	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	0.00
9	local	3	98.44	1.77	7.36
		4	-98.44	-1.77	-2.76
10	local	8	-5.40	-1.77	0.79

9 5.40 1.77 -5.38

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	8.72298E-0005	2.70980E-0005	-9.69867E-0006
2	global	8.59637E-0005	2.12788E-0005	-9.69867E-0006
3	global	8.17432E-0005	1.88150E-0006	-9.69867E-0006
4	global	1.30682E-0031	4.61380E-0032	-1.82560E-0031
5	global	8.10821E-0005	-2.43307E-0006	-5.57442E-0006
6	global	7.83869E-0005	-1.20498E-0006	2.23955E-0006
7	global	7.56917E-0005	1.57718E-0006	-4.40152E-0006
8	global	7.50307E-0005	-1.88150E-0006	-8.23808E-0006
9	global	1.21583E-0031	-4.61380E-0032	-1.68822E-0031
10	global	7.50307E-0005	-1.83577E-0005	-8.23808E-0006
11	global	7.50307E-0005	-2.33005E-0005	-8.23808E-0006

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-3.78	-1.34	5.29
9	global	-3.52	1.34	4.89
Resultante		-7.30	0.00	18.99

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

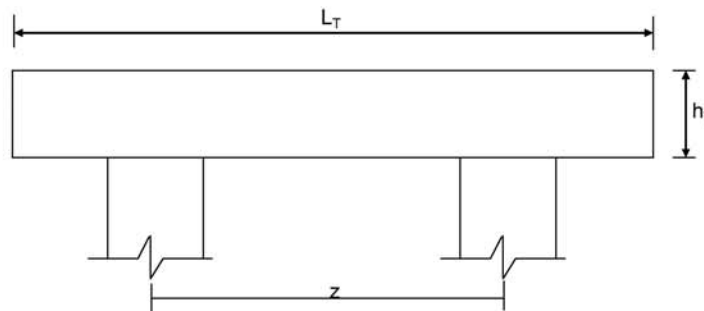
diferença de equilíbrio  
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	0.000	0.000	-0.000

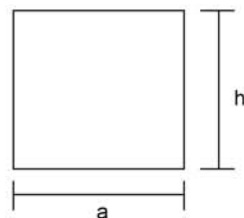
barra	e s f o r ç o s sistema	n o s	n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	força	momento fletor
1	local	1	7.30	-0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	-7.30	0.00	-0.00	-0.00
3	local	3	7.31	-0.00	0.00	0.00
4	local	4	-7.31	0.00	0.00	-0.00
5	local	5	3.52	-1.34	-4.55	-3.68
6	local	6	-3.52	1.34	3.68	-0.14
7	local	7	3.52	-1.34	-0.14	-3.40
8	local	8	-3.52	1.34	-3.40	0.00
9	local	9	3.52	-1.34	0.00	-0.00
10	local	10	-3.52	1.34	-0.00	-0.00
11	local	11	0.00	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	-1.34	3.78	4.55	5.29
10	local	4	1.34	-3.78	5.29	4.27
10	local	8	1.34	3.52	4.27	4.89
		9	-1.34	-3.52	4.89	

Fim Do Programa

**Dimensionamento da Travessa de P2**



$L_T$  (m) = 11.80  
 $h_T$  (m) = 1.50  
 $f_{ck}$  (MPa) = 20.0  
 $f_{yk}$  (MPa) = 500.0



$a$  (m) = 1.200  
 $h$  (m) = 1.500

$d$  (m) = 1.40      **d** é a altura efetiva da seção

$S$  (m<sup>2</sup>) = 1.8  
 $g = S * 2,50$        $g$  (tf/m) = 4.5  
 $N_{trav} = g * L_T$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento à Flexão**

**a) Seção do apoio**       $b_w$  (m) = 1.20

$M_g$  (tf.m) = -135.8      (reação de carga permanente das vigas)

$M_{q1}$  (tf.m) = -105.9      (reação de carga móvel das vigas)

$M_{q2}$  (tf.m) = -8.9      (vento na superestrutura)

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d$$
 (tf.m) = 344.6

$a = fcd * bw * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	$a$	$b$	$c$	$\Delta$
$b = -0,68 * bw * d * fcd$		435.2	-1523.2	344.6	1720241
$c = M_d$					

$x$ (m) = 0.243	
$z$ (m) = 1.303	$kmd = 0.110$
$x / d = 0.174$	

$$A_s$$
 (cm<sup>2</sup>) = **60.84**

**b) Seção do vão**

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 34.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 18.3 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 73.6$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	$a$	$b$	$c$	$\Delta$
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		435.2	-1523.2	73.6	2192068
$c = M_d$					
	$x \text{ (m)} = 0.049$		$k_{md} = 0.023$		
	$z \text{ (m)} = 1.380$		$A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} = 12.26$		
	$x / d = 0.035$				

**c) Armadura mínima**

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_f$$

$$A_s^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 27.0$$

**Dimensionamento ao Cisalhamento**
**a) Seção do apoio à esquerda**

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 72.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 53.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 174.9$$

**Verificação do Concreto**

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 672.0$$

**Contribuição do Concreto**

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 66.3$$

$$A_{sw}/s = 12.1 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 15.00 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

**b) Seção do apoio à direita**

$$V_g (tf) = 102.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 71.4 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.7 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 244.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 108.6$$

$$V_{wd} (tf) = 135.9$$

$$A_{sw}/s = 24.8 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 20.68 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P2 Ponte 42,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      3.4000
  2      0.6000      3.4000
  3      2.6000      3.4000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      3.4000
  6      5.9000      3.4000
  7      8.5500      3.4000
  8      9.2000      3.4000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      3.4000
 11     11.8000      3.4000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.800E+0000 1.800E+0000 3.380E-0001 1.0
  2 8.000E-0001 8.000E-0001 4.267E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 4
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -60.280
  5  PY -58.070
  6  PY -58.070
  7  PY -58.070
 10  PY -60.280
0
cargas nos elementos
  1 U  0.000  0.000 WYA -4.500
  2 U  0.000  0.000 WYA -4.500
  3 U  0.000  0.000 WYA -4.500
  4 U  0.000  0.000 WYA -4.500
  5 U  0.000  0.000 WYA -4.500
  6 U  0.000  0.000 WYA -4.500
  7 U  0.000  0.000 WYA -4.500
  8 U  0.000  0.000 WYA -4.500
0
fim
    
```

```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -52.960
5 PY -45.330
6 PY -37.710
7 PY -30.090
10 PY -22.460
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -47.910
5 PY -31.960
6 PY -23.250
7 PY -7.300
10 PY 8.650
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 10.860
0
fim
```



SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P2 Ponte 42,5m

-----  
 DATA : 3/22/2006(quarta-feira)  
 HORA : 2:44:36 PM  
 ARQUIVO DE DADOS : 4-travessap2\_42,5m.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.40E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.40E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.40E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

barra	propriedades dos elementos			comprimento
	material	seção	nó	
1	1	1	1	2
2	1	1	2	3
3	1	1	3	5
4	1	1	5	6
5	1	1	6	7
6	1	1	7	8
7	1	1	8	10
8	1	1	10	11
9	1	2	3	4
10	1	2	8	9

número de elementos ..... 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade ..... 2.885E+0006  
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006  
 C. Poisson ..... 2.000E-0001  
 C. D. Térmica ..... 1.000E-0005  
 P. Específico ..... 2.500E+0000

número de tipos de material ..... 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.80E+0000	1.80E+0000	3.38E-0001
2	8.00E-0001	8.00E-0001	4.27E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções ..... 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-60.28	0.00
5	global	0.00	-58.07	0.00
6	global	0.00	-58.07	0.00
7	global	0.00	-58.07	0.00
10	global	0.00	-60.28	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			f1	f2	wxa	wyb	wya	
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-52.96	0.00
5	global	0.00	-45.33	0.00
6	global	0.00	-37.71	0.00
7	global	0.00	-30.09	0.00
10	global	0.00	-22.46	0.00

fim do carregamento ..... 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-47.91	0.00
5	global	0.00	-31.96	0.00
6	global	0.00	-23.25	0.00
7	global	0.00	-7.30	0.00
10	global	0.00	8.65	0.00

fim do carregamento ..... 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	10.86	0.00	0.00

fim do carregamento ..... 4  
número de carregamentos ..... 4

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23  
perfil após a renumeração : 21

-----  
DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.5E+0002  
Existe probabilidade de que o número de algarismos  
corretos nos deslocamentos calculados seja 8  
-----

carregamento 1

Titulo : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-3.09291E-0006	-8.13516E-0004	2.25280E-0004
2	global	-3.09291E-0006	-6.77998E-0004	2.25114E-0004
3	global	-3.09291E-0006	-2.56251E-0004	8.81160E-0005
4	global	1.13597E-0031	-4.05995E-0030	-1.18652E-0031
5	global	-2.48370E-0006	-2.51347E-0004	2.71271E-0005
6	global	1.80355E-0018	-3.13932E-0004	1.34779E-0019
7	global	2.48370E-0006	-2.51347E-0004	-2.71271E-0005

8	global	3.09291E-0006	-2.56251E-0004	-8.81160E-0005
9	global	-1.13597E-0031	-4.05995E-0030	1.18652E-0031
10	global	3.09291E-0006	-6.77998E-0004	-2.25114E-0004
11	global	3.09291E-0006	-8.13516E-0004	-2.25280E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4	global	-4.87	173.93	5.08
9	global	4.87	173.94	-5.08
Resultante		0.00	347.87	2052.43

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	0.000

barra	esforços	nos	nas	barra	momento
	sistema	nó	força	força	fletor
			normal	cortante	
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00
		2	0.00	2.70	-0.81
2	local	2	-0.00	-62.98	0.81
		3	0.00	71.98	-135.77
3	local	3	-4.87	101.95	124.31
		5	4.87	-99.03	-58.99
4	local	5	-4.87	40.96	58.99
		6	4.87	-29.03	33.76
5	local	6	-4.87	-29.04	-33.76
		7	4.87	40.96	-58.99
6	local	7	-4.87	-99.03	58.99
		8	4.87	101.96	-124.31
7	local	8	0.00	71.98	135.77
		10	-0.00	-62.98	-0.81
8	local	10	0.00	2.70	0.81
		11	-0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	173.93	4.87	11.46
		4	-173.93	-4.87	5.08
10	local	8	173.94	-4.87	-11.46
		9	-173.94	4.87	-5.08

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-7.99739E-0005	-6.97437E-0004	2.06790E-0004
2	global	-7.99739E-0005	-5.73363E-0004	2.06790E-0004
3	global	-7.99739E-0005	-1.83247E-0004	9.81594E-0005
4	global	6.72870E-0032	-2.90330E-0030	-3.14373E-0032
5	global	-7.96131E-0005	-1.58665E-0004	4.86596E-0005
6	global	-7.81419E-0005	-1.62481E-0004	3.89980E-0006
7	global	-7.66708E-0005	-1.09681E-0004	1.12640E-0005
8	global	-7.63099E-0005	-9.45358E-0005	-6.22771E-0006
9	global	-6.72870E-0032	-1.49779E-0030	1.09125E-0031
10	global	-7.63099E-0005	-1.89179E-0004	-5.22972E-0005
11	global	-7.63099E-0005	-2.20557E-0004	-5.22972E-0005

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4	global	-2.88	124.38	1.35
9	global	2.88	64.17	-4.68
Resultante		0.00	188.55	910.41

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	-0.00	-0.00
		2	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-52.96	-0.00
		3	0.00	52.96	-105.92
3	local	3	-2.88	71.42	97.47
		5	2.88	-71.42	-51.04
4	local	5	-2.88	26.09	51.04
		6	2.88	-26.09	18.10
5	local	6	-2.88	-11.62	-18.10
		7	2.88	11.62	-12.68
6	local	7	-2.88	-41.71	12.68
		8	2.88	41.71	-39.79
7	local	8	-0.00	22.46	44.92
		10	0.00	-22.46	-0.00
8	local	10	0.00	0.00	-0.00
		11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	124.38	2.88	8.45
		4	-124.38	-2.88	1.35
10	local	8	64.17	-2.88	-5.13
		9	-64.17	2.88	-4.68

carregamento 3

Título : PMC

no sistema	deslocamentos nodais			rotacao
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-1.46118E-0004	-6.64154E-0004	2.03959E-0004
2	global	-1.46118E-0004	-5.41778E-0004	2.03959E-0004
3	global	-1.46118E-0004	-1.55086E-0004	1.05687E-0004
4	global	2.59792E-0032	-2.45713E-0030	4.51474E-0032
5	global	-1.45979E-0004	-1.20449E-0004	5.80494E-0005
6	global	-1.45411E-0004	-1.07145E-0004	5.95478E-0006
7	global	-1.44843E-0004	-3.50079E-0005	5.30515E-0005
8	global	-1.44703E-0004	5.15252E-0006	6.53839E-0005
9	global	-2.59792E-0032	8.16346E-0032	9.94180E-0032
10	global	-1.44703E-0004	1.67573E-0004	8.31266E-0005
11	global	-1.44703E-0004	2.17449E-0004	8.31266E-0005

nó sistema	reações nos apoios			
	força x	força y	momento z	
4	global	-1.11	105.27	-1.93
9	global	1.11	-3.50	-4.26
Resultante		0.00	101.77	235.33

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força x	força y	momento z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-47.91	-0.00
		3	0.00	47.91	-95.82
3	local	3	-1.11	57.36	90.10
		5	1.11	-57.36	-52.82
4	local	5	-1.11	25.40	52.82
		6	1.11	-25.40	14.48
5	local	6	-1.11	2.15	-14.48
		7	1.11	-2.15	20.17
6	local	7	-1.11	-5.15	-20.17
		8	1.11	5.15	16.82
7	local	8	-0.00	-8.65	-17.30
		10	0.00	8.65	0.00
8	local	10	0.00	0.00	-0.00
		11	-0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	105.27	1.11	5.72
		4	-105.27	-1.11	-1.93
10	local	8	-3.50	-1.11	0.48

9 3.50 1.11 -4.26

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	1.93477E-0004	3.71422E-0005	-1.27770E-0005
2	global	1.92222E-0004	2.94759E-0005	-1.27770E-0005
3	global	1.88040E-0004	3.92183E-0006	-1.27770E-0005
4	global	1.28785E-0031	6.21361E-0032	-2.29733E-0031
5	global	1.87371E-0004	-1.77655E-0006	-7.40945E-0006
6	global	1.84644E-0004	-7.38975E-0007	2.53637E-0006
7	global	1.81918E-0004	1.25167E-0006	-6.69015E-0006
8	global	1.81249E-0004	-3.92183E-0006	-1.18813E-0005
9	global	1.24706E-0031	-6.21361E-0032	-2.22041E-0031
10	global	1.81249E-0004	-2.76845E-0005	-1.18813E-0005
11	global	1.81249E-0004	-3.48133E-0005	-1.18813E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-5.52	-2.66	9.84
9	global	-5.34	2.66	9.51
Resultante		-10.86	0.00	36.92

NOTA:  
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

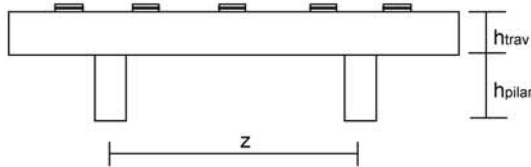
diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)				
		força x	força y	momento z
		-0.000	0.000	0.000

barra	esforços sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	10.86	-0.00	-0.00
2	local	2	-10.86	0.00	-0.00
3	local	3	-10.86	0.00	-0.00
4	local	4	5.34	-2.66	-8.92
5	local	5	-5.34	2.66	7.19
6	local	6	5.34	-2.66	-7.19
7	local	7	-5.34	2.66	0.13
8	local	8	5.34	-2.66	-0.13
9	local	9	-5.34	2.66	-6.92
10	local	10	5.34	-2.66	6.92
11	local	11	-5.34	2.66	-8.65
1	local	10	0.00	0.00	0.00
2	local	11	-0.00	-0.00	-0.00
3	local	3	-2.66	5.52	8.92
4	local	4	2.66	-5.52	9.84
5	local	5	2.66	5.34	8.65
6	local	6	-2.66	-5.34	9.51

Fim Do Programa

**Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar**

**Apoio 1**



$z$  (m) = 6.60  
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 2.96

$h^{Pilar}$  (m) = 1.85

$h^{Traves.}$  (m) = 1.50

$h^{aterro}$  (m) = 1.20

**Esforços na base do pilar**

- \*  $g_1 + g_2 + g_3$
  - \* Carga móvel
  - \* Peso próprio do pilar
- } - N e  $M_T$  provenientes do SALT
- \* Temperatura
  - \* Empuxo de terra sobre as cortinas
  - \* Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
-  $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
- \* Vento
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
- N e  $M_T$  provenientes do SALT
- \* Empuxo de terra sobre os pilares
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços já calculado por pilar  
-  $M_L = H_L * (h_{aterro}/3)$

**1ª Hipótese :  $N_{máx}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	146.7	113.0	5.9	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	267.0
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	12.8	2.0	0.0	2.0	0.6	2.3	19.7
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	3.7
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	42.9	6.7	0.0	6.6	2.0	0.9	59.1
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	7.0	0.7	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	13.1

**2ª Hipótese :  $N_{mín}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	146.7	-5.7	5.9	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	148.3
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	12.8	2.0	0.0	2.0	0.6	2.3	19.7
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	3.7
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	42.9	6.7	0.0	6.6	2.0	0.9	59.1
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	7.0	4.5	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	16.8

**Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)**

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 1.85$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0123 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0091$$

$$e_{\text{total\_long. (m)}} = 0.029 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 1.85$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0123 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0091$$

$$e_{\text{total\_transv. (m)}} = 0.029 \text{ m}$$

**Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses**

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total\_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{T\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{T\text{vento}}) + N_d * e_{\text{Total\_Transv.}}$$

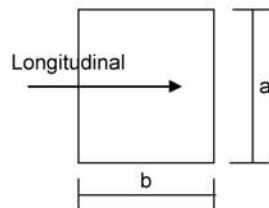
**1ª Hipótese : N<sub>máx</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	205.4	158.3	8.3	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	372.9
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	12.8	3.0	0.0	2.8	0.4	3.3	22.2
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	2.6
<b>M<sub>dL</sub>(tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	42.9	9.4	0.0	9.3	1.4	1.3	75.1
<b>M<sub>dT</sub>(tf.m)</b>	9.9	1.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	25.5

**2ª Hipótese : N<sub>min</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	205.4	-7.9	8.3	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	206.7
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	12.8	3.0	0.0	2.8	0.4	3.3	22.2
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	2.6
<b>M<sub>dL</sub>(tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	42.9	9.4	0.0	9.3	1.4	1.3	70.2
<b>M<sub>dT</sub>(tf.m)</b>	9.9	6.3	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	25.9

**Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya**



a (m) = 0.80  
b (m) = 0.80

Ac (m<sup>2</sup>) = 0.64  
f<sub>ck</sub> (MPa) = 20.0  
f<sub>yk</sub> (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$

**Dimensionamento da Base do Pilar**

**1ª Hipótese**

N<sub>d</sub> (tf) = 372.92  
M<sub>d</sub><sup>long</sup> (tf.m) = 75.06  
M<sub>d</sub><sup>transv</sup> (tf.m) = 25.46

v = 0.408  
μ<sub>long</sub> = 0.103  
μ<sub>transv</sub> = 0.035

Ábaco → ω = 0.200

A<sub>s</sub> (cm<sup>2</sup>) = 39.25



**2ª Hipótese**

$$\left. \begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 206.74 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 70.22 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 25.87 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.226 \\ \mu_{\text{long}} = 0.096 \\ \mu_{\text{transv}} = 0.035 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.145$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 28.46$$

**Compressão pela NB-1/78**

$$\begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 372.92 \\ E \text{ (MPa)} = 288476 \\ \epsilon_o = 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 \end{array} \quad A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2338$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 18.71$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}}$$

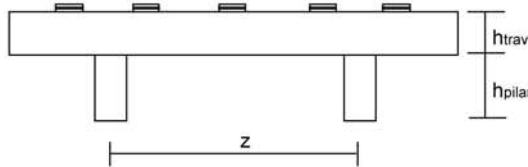
$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 39.25$$

**Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar**

**Apoio 2**



$z (m) = 6.60$   
 $n^\circ \text{ de pilares} = 2$

P.P. do pilar (tf) = 4.24

$h^{\text{Pilar}} (m) = 2.65$

$h^{\text{Traves}} (m) = 1.50$

$h^{\text{aterro}} (m) = 0.00$

**Esforços na base do pilar**

- \*  $g_1 + g_2 + g_3$
  - \* Carga móvel
  - \* Peso próprio do pilar
  - 
  - \* Temperatura
  - \* Empuxo de terra sobre as cortinas
  - \* Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
  - 
  - \* Vento
  - 
  - \* Empuxo de terra sobre os pilares
- } - N e  $M_T$  provenientes do SALT
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- } -  $M_L = H_L * (h_{\text{pilar}} + h_{\text{travessa}})$
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- } - N e  $M_T$  provenientes do SALT
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços já calculado por pilar
- } -  $M_L = H_L * (h_{\text{aterro}}/3)$

**1ª Hipótese :  $N_{\text{máx}}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>te pilar</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	173.9	124.4	8.5	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	309.4
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	2.7	0.8	0.0	6.3
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	5.4
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	11.3	3.4	0.0	26.1
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	5.2	1.3	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	16.3

**2ª Hipótese :  $N_{\text{min}}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>te pilar</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	173.9	-3.5	8.5	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	181.6
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	2.7	0.8	0.0	6.3
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	5.4
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	11.3	3.4	0.0	26.1
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	5.2	4.4	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	19.4

**Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)**

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.65$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0177 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0187$$

$$e_{\text{total\_long. (m)}} = 0.039 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.65$$

$$d \text{ (m)} = 0.95$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0177 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0148$$

$$e_{\text{total\_transv. (m)}} = 0.035 \text{ m}$$

**Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses**

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total\_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N_d * e_{\text{Total\_Transv.}}$$

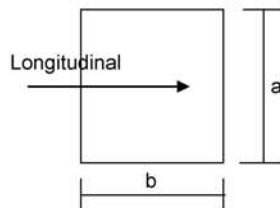
**1ª Hipótese : N<sub>máx</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	243.5	174.1	11.9	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	431.3
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	3.8	0.6	0.0	8.5
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	3.8
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	15.8	2.4	0.0	34.2
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	7.2	1.8	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	16.0

**2ª Hipótese : N<sub>mín</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	243.5	-4.8	11.9	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	252.4
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	3.8	0.6	0.0	8.5
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	3.8
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	15.8	2.4	0.0	34.2
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	7.2	6.2	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	20.3

**Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya**



a (m) = 1.00  
b (m) = 0.80

Ac (m<sup>2</sup>) = 0.80  
f<sub>ck</sub> (MPa) = 20.0  
f<sub>yk</sub> (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

**Dimensionamento da Base do Pilar**

**1ª Hipótese**

N<sub>d</sub> (tf) = 431.34  
M<sub>d<sup>long</sup></sub> (tf.m) = 34.18  
M<sub>d<sup>transv</sup></sub> (tf.m) = 15.96

v = 0.377  
μ<sub>long</sub> = 0.037  
μ<sub>transv</sub> = 0.014  
} **Ábaco** → ω = 0.000

A<sub>s</sub> (cm<sup>2</sup>) = 0.00

**2ª Hipótese**

$$\begin{array}{l}
 N_d \text{ (tf)} = 252.39 \\
 M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 34.18 \\
 M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 20.29
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 v = 0.221 \\
 \mu_{\text{long}} = 0.037 \\
 \mu_{\text{transv}} = 0.018
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} N_d \\ M_d^{\text{long}} \\ M_d^{\text{transv}} \end{array}} \right\} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.100$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 24.53$$

**Compressão pela NB-1/78**

$$\begin{array}{l}
 N_d \text{ (tf)} = 431.34 \\
 E \text{ (MPa)} = 288476 \\
 \varepsilon_o = 0.002 \\
 f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0
 \end{array}
 \quad
 A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2705$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 21.64$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}}$$

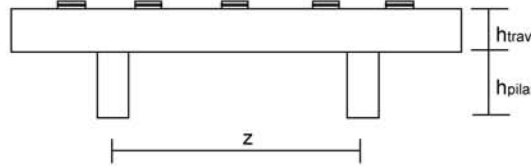
$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

**Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar**

**Apoio 3**



$z (m) = 6.60$   
 $n^\circ \text{ de pilares} = 2$

P.P. do pilar (tf) = 2.96

$h^{\text{Pilar}} (m) = 1.85$

$h^{\text{Traves}} (m) = 1.50$

$h^{\text{aterro}} (m) = 1.20$

**Esforços na base do pilar**

- \*  $g_1 + g_2 + g_3$
  - \* Carga móvel
  - \* Peso próprio do pilar
- } - N e  $M_T$  provenientes do SALT
- 
- \* Temperatura
  - \* Empuxo de terra sobre as cortinas
  - \* Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
 -  $M_L = H_L * (h_{\text{pilar}} + h_{\text{travessa}})$
- 
- \* Vento
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
 - N e  $M_T$  provenientes do SALT
- 
- \* Empuxo de terra sobre os pilares
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços já calculado por pilar  
 -  $M_L = H_L * (h_{\text{aterro}}/3)$

**1ª Hipótese :  $N_{\text{máx}}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	146.7	113.1	5.9	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	267.1
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	12.8	2.0	0.0	2.0	0.6	2.3	19.7
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	3.7
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	42.9	6.7	0.0	6.6	2.0	0.9	59.1
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	6.7	0.8	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	12.8

**2ª Hipótese :  $N_{\text{min}}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	146.7	-5.7	5.9	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	148.3
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	12.8	2.0	0.0	2.0	0.6	2.3	19.7
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	3.7
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	42.9	6.7	0.0	6.6	2.0	0.9	59.1
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	6.7	4.2	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	16.2

**Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)**

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 1.85$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0123 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0091$$

$$e_{\text{total\_long. (m)}} = 0.029 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 1.85$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0123 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0091$$

$$e_{\text{total\_transv. (m)}} = 0.029 \text{ m}$$

**Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses**

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total\_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N_d * e_{\text{Total\_Transv.}}$$

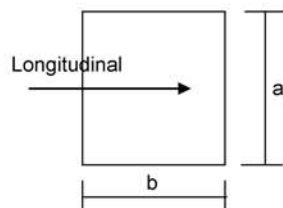
**1ª Hipótese : N<sub>máx</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepar</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	205.4	158.3	8.3	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	373.0
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	12.8	3.0	0.0	2.8	0.4	3.3	22.2
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	2.6
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	42.9	9.4	0.0	9.3	1.4	1.3	75.1
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	9.4	1.1	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	25.1

**2ª Hipótese : N<sub>mín</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepar</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	205.4	-8.0	8.3	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	206.6
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	12.8	3.0	0.0	2.8	0.4	3.3	22.2
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	2.6
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	42.9	9.4	0.0	9.3	1.4	1.3	70.2
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	9.4	5.8	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	24.9

**Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya**



a (m) = 0.80  
b (m) = 0.80

Ac (m<sup>2</sup>) = 0.64  
f<sub>ck</sub> (MPa) = 20.0  
f<sub>yk</sub> (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$

**Dimensionamento da Base do Pilar**

**1ª Hipótese**

N<sub>d</sub> (tf) = 373.00  
M<sub>d<sup>long</sup></sub> (tf.m) = 75.06  
M<sub>d<sup>transv</sup></sub> (tf.m) = 25.08

v = 0.408  
μ<sub>long</sub> = 0.103  
μ<sub>transv</sub> = 0.034

Ábaco → ω = 0.260

As (cm<sup>2</sup>) = 51.03



**2ª Hipótese**

$$\left. \begin{array}{ll} N_d \text{ (tf)} = 206.63 & v = 0.226 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 70.21 & \mu_{\text{long}} = 0.096 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 24.94 & \mu_{\text{transv}} = 0.034 \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.210$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 41.22$$

**Compressão pela NB-1/78**

$$\begin{array}{ll} N_d \text{ (tf)} = 373.00 & \\ E \text{ (MPa)} = 288476 & A_c^{\text{neq}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o = 0.002 & \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 & \end{array}$$

$$A_c^{\text{neq}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2339$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 18.71$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{neq}}$$

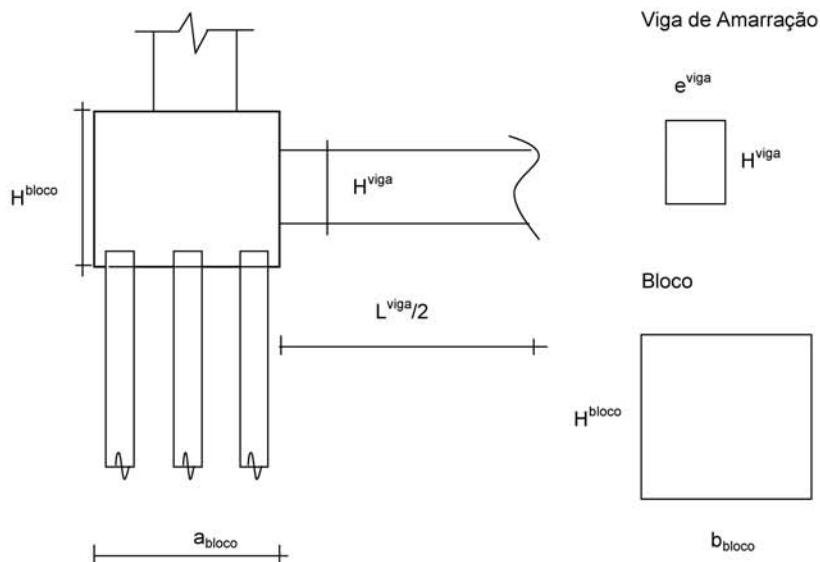
$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 51.03$$

**Apoio P1**

**Esforços em Serviço na Base do Bloco**



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$
- $p.p. \text{ bloco (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração (tf)} = 6.27$

**\* Cálculo de N (tf)**

- $g1 + g2 + g3 = 293.48$
  - carga móvel Pesq = 113.0
  - carga móvel Pdir = 45.0
  - p.p. pilar = 5.9
  - p.p. bloco = 57.2
- $N = 514.6 \text{ tf}$

**\* Cálculo de HL**

$HL \text{ (tf)} = 39.4$

\* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 7.3$$

\* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 118.2$$

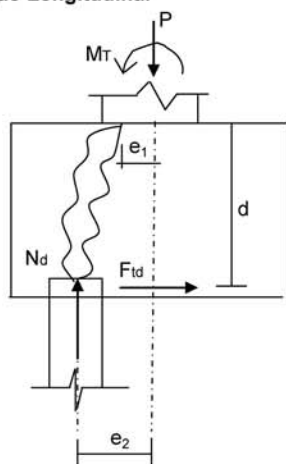
\* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 34.0$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento do Bloco de P1 (Para 1/2 bloco)**

**Direção Longitudinal**



$$d (m) = 1.20$$

$$e_1 (m) = 0.20$$

$$e_2 (m) = 0.85$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$N (tf) = 71.7$$

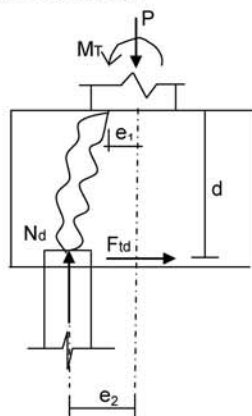
$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 54.4$$

$$A_s (cm^2) = 12.5$$

**Direção Transversal**



$$d (m) = 1.20$$

$$e_1 (m) = 0.200$$

$$e_2 (m) = 0.85$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$N (tf) = 71.7$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 54.4$$

$$A_s (cm^2) = 12.5$$

PONTIS Consultoria e Projetos  
 Cálculo dos esforços de estaqueamento  
 Programa ESTEL

Pag: 1  
 Ref: 6-42\_5\_BR163b1  
 Data: 3/22/2006

Ponte 42,5 - BR-163 / B1

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	-3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
2	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
3	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
4	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
5	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
6	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
7	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
8	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
9	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
10	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000

PONTIS Consultoria e Projetos  
 Cálculo dos esforços de estaqueamento  
 Programa ESTEL

Pag: 2  
 Ref: 6-42\_5\_BR163b1  
 Data: 3/22/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-7.30	-514.60	-39.40	-118.20	0.00	34.00

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

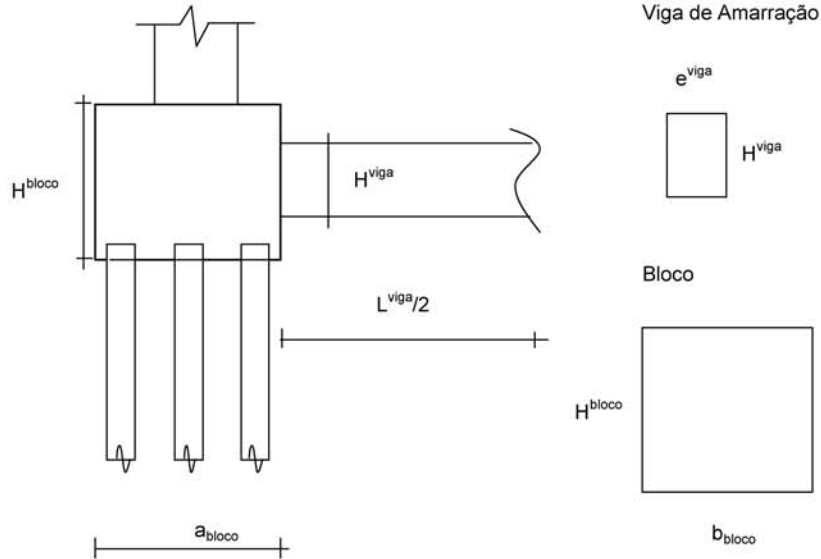
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.019835	-0.015718	-0.046088	-0.005774	0.000000	0.000096

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	71.71	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
2	71.09	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
3	69.64	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
4	69.01	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
5	52.50	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
6	50.42	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
7	33.91	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
8	33.28	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
9	31.83	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
10	31.21	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27

**Apoio P2**

**Esforços em Serviço na Base do Bloco**



- hBloco (m) = 1.30
- a\_bloco (m) = 2.80
- b\_bloco (m) = 2.80
- hViga de Amarração (m) = 1.10
- LViga de Amarração (m) = 3.80
- eViga de Amarração (m) = 0.60
- p.p.bloco (tf) = 25.48
- p.p.viga de amarração (tf) = 6.27

**\* Cálculo de N (tf)**

- g1 + g2 + g3 = 347.86
  - carga móvel Pesq = 124.4
  - carga móvel Pdir = 64.2
  - p.p. pilar = 17.0
  - p.p. bloco = 57.2
- N = 610.6 tf**

**\* Cálculo de HL**

HL (tf) = 12.6

\* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 10.9$$

\* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 52.2$$

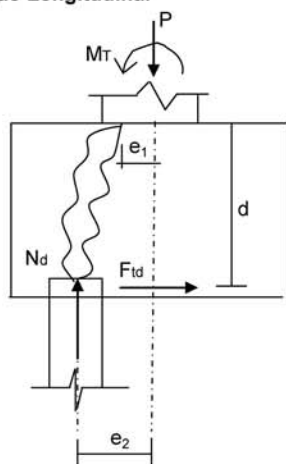
\* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 59.2$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento do Bloco Para P2 (Para 1/2 bloco)**

**Direção Longitudinal**



$$d (m) = 1.20$$

$$e_1 (m) = 0.20$$

$$e_2 (m) = 0.85$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$N (tf) = 71.2$$

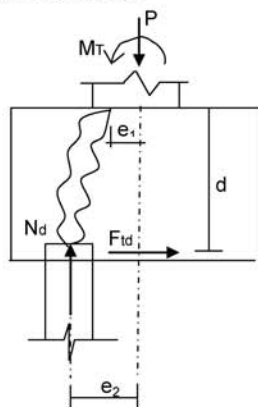
$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 54.0$$

$$A_s (cm^2) = 12.4$$

**Direção Transversal**



$$d (m) = 1.20$$

$$e_1 (m) = 0.200$$

$$e_2 (m) = 0.85$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$N (tf) = 71.2$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 54.0$$

$$A_s (cm^2) = 12.4$$

PONTIS Consultoria e Projetos  
 Cálculo dos esforços de estaqueamento  
 Programa ESTEL

Pag: 1  
 Ref: 7-42\_5\_BR163b2  
 Data: 3/22/2006

Ponte 42,5 - BR-163 / B2

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	-3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
2	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
3	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
4	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
5	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
6	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
7	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
8	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
9	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
10	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000

PONTIS Consultoria e Projetos  
 Cálculo dos esforços de estaqueamento  
 Programa ESTEL

Pag: 2  
 Ref: 7-42\_5\_BR163b2  
 Data: 3/22/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-10.90	-610.60	-12.60	-52.20	0.00	59.20

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

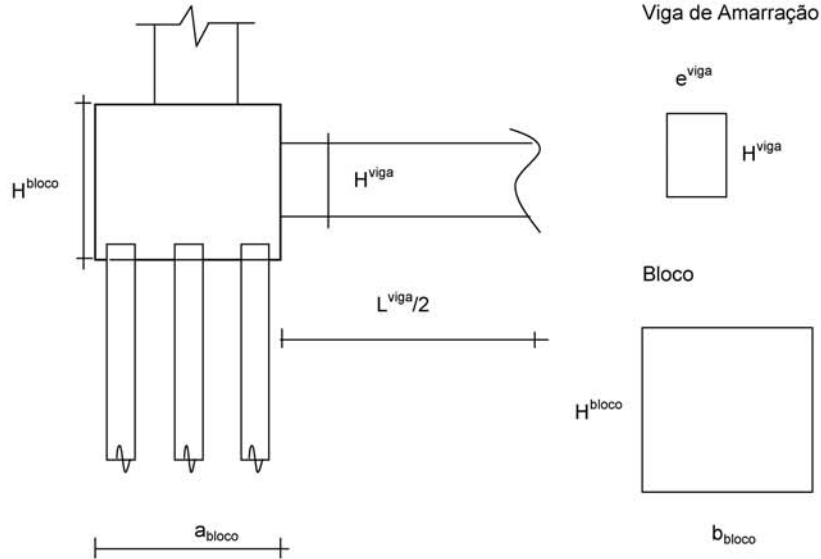
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.029624	-0.018651	-0.015256	-0.002378	0.000000	0.000165

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	71.17	-1.09	-1.26	0.00	1.01	-0.40
2	70.09	-1.09	-1.26	0.00	1.01	-0.40
3	67.60	-1.09	-1.26	0.00	1.01	-0.40
4	66.52	-1.09	-1.26	0.00	1.01	-0.40
5	62.84	-1.09	-1.26	0.00	1.01	-0.40
6	59.28	-1.09	-1.26	0.00	1.01	-0.40
7	55.60	-1.09	-1.26	0.00	1.01	-0.40
8	54.52	-1.09	-1.26	0.00	1.01	-0.40
9	52.03	-1.09	-1.26	0.00	1.01	-0.40
10	50.95	-1.09	-1.26	0.00	1.01	-0.40

**Apoio P3**

**Esforços em Serviço na Base do Bloco**



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$
- $p.p. \text{ bloco (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração (tf)} = 6.27$

**\* Cálculo de N (tf)**

- $g1 + g2 + g3 = 293.48$
  - carga móvel Pesq = 113.1
  - carga móvel Pdir = 44.9
  - p.p. pilar = 5.9
  - p.p. bloco = 57.2
- $N = 514.6 \quad \text{tf}$

**\* Cálculo de HL**

$HL \text{ (tf)} = 39.4$



\* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 7.3$$

\* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 118.2$$

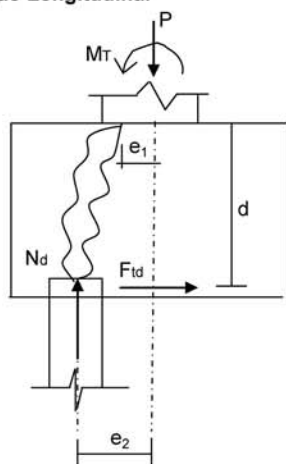
\* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 34.0$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento do Bloco de P3 (Para 1/2 bloco)**

**Direção Longitudinal**



$$d (m) = 1.20$$

$$e_1 (m) = 0.20$$

$$e_2 (m) = 0.85$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$N (tf) = 71.7$$

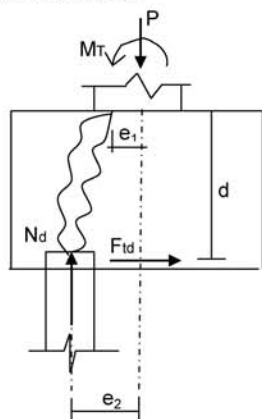
$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 54.4$$

$$A_s (cm^2) = 12.5$$

**Direção Transversal**



$$d (m) = 1.20$$

$$e_1 (m) = 0.200$$

$$e_2 (m) = 0.85$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$N (tf) = 71.7$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 54.4$$

$$A_s (cm^2) = 12.5$$

PONTIS Consultoria e Projetos  
 Cálculo dos esforços de estaqueamento  
 Programa ESTEL

Pag: 1  
 Ref: 8-42\_5\_BR163b3  
 Data: 3/22/2006

Ponte 42,5 - BR-163 / B3

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	-3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
2	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
3	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
4	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
5	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
6	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
7	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
8	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
9	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
10	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000

PONTIS Consultoria e Projetos  
 Cálculo dos esforços de estaqueamento  
 Programa ESTEL

Pag: 2  
 Ref: 8-42\_5\_BR163b3  
 Data: 3/22/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-7.30	-514.60	-39.40	-118.20	0.00	34.00

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.019835	-0.015718	-0.046088	-0.005774	0.000000	0.000096

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	71.71	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
2	71.09	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
3	69.64	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
4	69.01	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
5	52.50	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
6	50.42	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
7	33.91	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
8	33.28	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
9	31.83	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27
10	31.21	-0.73	-3.94	0.00	3.30	-0.27

## **7 PONTE SOBRE O RIO IRIRI**

## **7 PONTE SOBRE O RIO IRIRI**

### **7.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA**

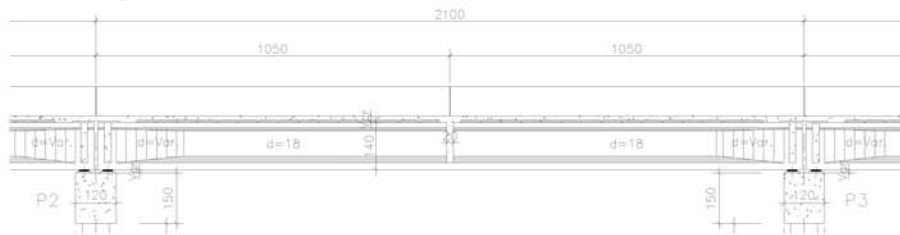
Vão de 21,00 m.

Vãos de 16,95 m com balanços de 1,30 m.

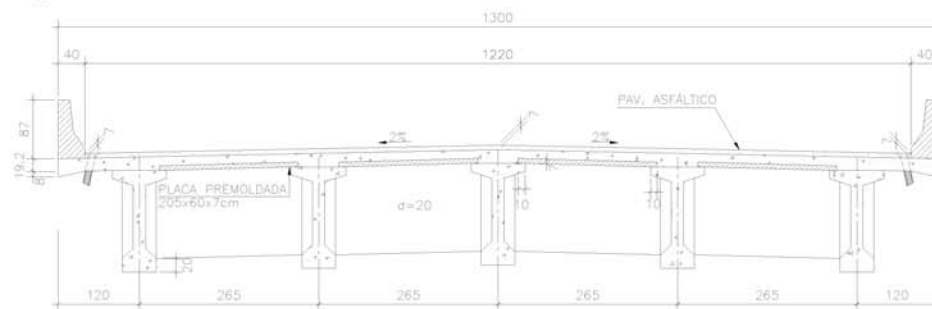
**OBRA: Ponte sobre o Rio Iriri**

**1 – Cálculo da superestrutura – Vão de 21,0 m**

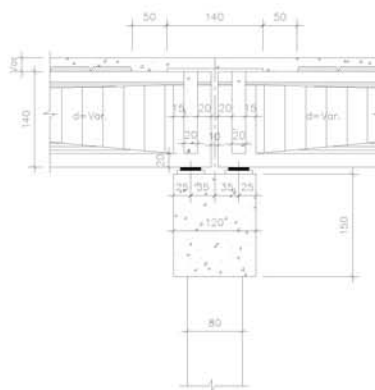
**Perfil Longitudinal**



**Seção Transversal**

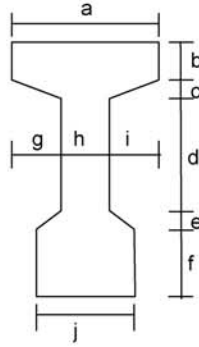


**Detalhe das vigas nos apoios**



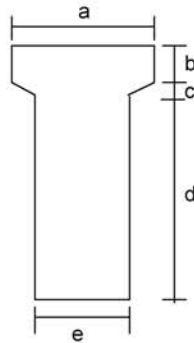
**2 - Características das seções transversais Viga vão 21**

Seção Corrente



- a (m) = 0.800
- b (m) = 0.120
- c (m) = 0.100
- d (m) = 0.830
- e (m) = 0.150
- f (m) = 0.200
- g (m) = 0.310
- h (m) = 0.180
- i (m) = 0.310
- j (m) = 0.500

Seção no Apoio



- a (m) = 0.800
- b (m) = 0.120
- c (m) = 0.048
- d (m) = 1.232
- e (m) = 0.500

**3 - Cálculo das cargas permanentes**

**3.1 - Características geométricas das vigas**

	Viga Isolada	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.445	0.743
J (m <sup>4</sup> )	0.109	0.130
Vs (m)	-	-
Vs' (m)	0.666	0.664
Vi (m)	0.734	0.736
Ws (m <sup>3</sup> )	-	-
Ws' (m <sup>3</sup> )	0.163	0.197
Wi (m <sup>3</sup> )	0.148	0.177

**Viga de Bordo**

bf (m) = 2.525

**Viga Central**

bf (m) = 2.650

bf é a largura efetiva da mesa de contribuição

	Viga Conjunto	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.950	1.248
J (m <sup>4</sup> )	0.249	0.307
Vs (m)	0.459	0.555
Vs' (m)	0.259	0.355
Vi (m)	1.141	1.045
Ws (m <sup>3</sup> )	0.543	0.554
Ws' (m <sup>3</sup> )	0.962	0.865
Wi (m <sup>3</sup> )	0.218	0.294

	Viga Conjunto	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.975	1.273
J (m <sup>4</sup> )	0.252	0.313
Vs (m)	0.450	0.546
Vs' (m)	0.250	0.346
Vi (m)	1.150	1.054
Ws (m <sup>3</sup> )	0.561	0.573
Ws' (m <sup>3</sup> )	1.008	0.905
Wi (m <sup>3</sup> )	0.214	0.296

**3.2 - Peso próprio da viga ( g1 )**

Carga distribuída

$g1 = S_{corrente} * 2,50$

$g1 \text{ (tf/m)} = 1.113$

Carga Concentrada

Alargamento da Viga

$L1 \text{ (m)} = 2.000$

$P1 = ( S_{apoio} - S_{corrente} ) * ( L1 / 2 ) * 2,50$

$P1 \text{ (tf)} = 0.75$

Alargamento no Apoio

$P2 = ( S_{apoio} - S_{corrente} ) * L2 * 2,5$

$L2 \text{ (m)} = 0.250$

$P2 \text{ (tf)} = 0.19$

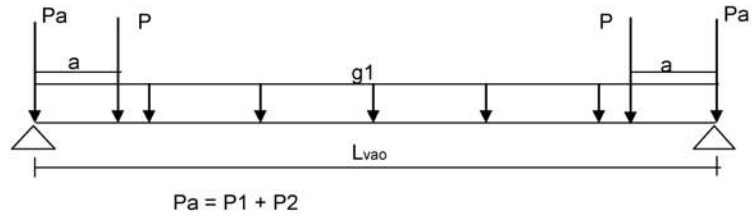
Seção fora do vão de cálculo

$P3 = g1 * L3$

$L3 \text{ (m)} = 0.300$

$P3 \text{ (tf)} = 0.33$

Resumo g1



$L_{vao} \text{ (m)} = 20.30$   
 $g_1 \text{ (tf/m)} = 1.113$

$a \text{ (m)} = 0.917$   
 $P \text{ (tf)} = 0.75$

$P_a \text{ (tf)} = 0.52$

Esforços Seccionais

Reações

$R_1 \text{ (tf)} = 12.56$   
 $R_2 \text{ (tf)} = 12.56$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
0	12.0	0.0
1	9.0	21.3
2	6.8	37.4
3	4.5	48.8
4	2.3	55.7
5	0.0	58.0

Tensões

$\sigma_s = M / W_{isolada}$

$\sigma_i = - M / W_i \text{ isolada}$

Seção	$\sigma_s \text{ (tf/m}^2\text{)}$	$\sigma_s^* \text{ (tf/m}^2\text{)}$	$\sigma_i \text{ (tf/m}^2\text{)}$
0	-	0	0
1	-	131	-144
2	-	229	-252
3	-	300	-330
4	-	342	-376
5	-	356	-392



3.3 - Laje + Transversina (g2)

Viga de Bordo

carga distribuída

$$g2 = h * L * 2,50$$

$h (m) = 0.200$   
 $L (m) = 2.525 \quad g2 (tf/m) = 1.263$

carga concentrada

Transversina de apoio

$$P1 = \{ [ L * h - ( S_{apoio} - j * f ) ] / 2 \} * esp * 2,50$$

$L (m) = 2.65 \quad j (m) = 0.50$   
 $h (m) = 1.40 \quad esp (m) = 0.20$   
 $f (m) = 0.20$

$$P1 (tf) = 0.77$$

Transversina Central

$$P2 = \{ [ L * h - ( S_{corrent} - j * f ) ] / 2 \} * esp * 2,50$$

$L (m) = 2.65 \quad j (m) = 0.50$   
 $h (m) = 1.40 \quad esp (m) = 0.20$   
 $f (m) = 0.20$

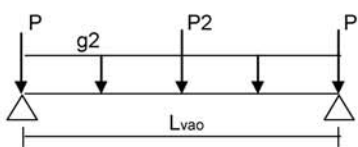
$$P2 (tf) = 0.84$$

Seção fora vão de cálculo

$$P3 = g2 * L1$$

$L1 (m) = 0.300$   
 $P3 (tf) = 0.37875$

resumo dos esforços



$P = P1 + P3 \quad P (tf) = 1.15$

$g2 (tf/m) = 1.263$   
 $P (tf) = 1.15$   
 $P2 (tf) = 0.84$   
 $L_{vao} (m) = 20.30$

Viga Central

carga distribuída

$$g2 = h * L * 2,50$$

$h (m) = 0.200$   
 $L (m) = 2.650 \quad g2 (tf/m) = 1.325$

cargas concentradas

Transversina de apoio

$$P1 = \{ [ L * h - ( S_{apoio} - j * f ) ] \} * esp * 2,50$$

$L (m) = 2.65 \quad j (m) = 0.50$   
 $h (m) = 1.40 \quad esp (m) = 0.20$   
 $f (m) = 0.20$

$$P1 (tf) = 1.53$$

Transversina Central

$$P2 = \{ [ L * h - ( S_{corrent} - j * f ) ] \} * esp * 2,50$$

$L (m) = 2.65 \quad j (m) = 0.50$   
 $h (m) = 1.40 \quad esp (m) = 0.20$   
 $f (m) = 0.20$

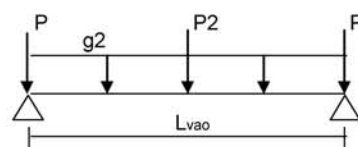
$$P2 (tf) = 1.68$$

Seção fora vão de cálculo

$$P3 = g2 * L1$$

$L1 (m) = 0.300$   
 $P3 (tf) = 0.3975$

resumo dos esforços



$P = P1 + P3 \quad P (tf) = 1.93$

$g2 (tf/m) = 1.325$   
 $P (tf) = 1.93$   
 $P2 (tf) = 1.68$   
 $L_{vao} (m) = 20.30$

Esforços Seccionais

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 14.38$$

$$R2 \text{ (tf)} = 14.38$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
0	13.2	0.0
1	10.7	24.3
2	8.1	43.3
3	5.5	57.2
4	3.0	65.8
5	0.4	69.3

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = -M / W_{isolada}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	-	0	0
1	-	149	-164
2	-	266	-293
3	-	351	-386
4	-	404	-445
5	-	425	-468

Esforços Seccionais

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 16.22$$

$$R2 \text{ (tf)} = 16.22$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
0	14.3	0.0
1	11.6	26.3
2	8.9	47.1
3	6.2	62.5
4	3.5	72.4
5	0.8	76.8

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = -M / W_{isolada}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	-	0	0
1	-	161	-178
2	-	289	-318
3	-	383	-422
4	-	444	-489
5	-	471	-519

3.4 - Sobrecarga Permanente ( g3 )

Viga de Bordo

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_a = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.10$$

$$L \text{ (m)} = 2.13$$

$$g_a \text{ (tf/m)} = 0.510$$

guarda-rodas

$$g_b \text{ (tf/m)} = 0.580$$

$$g_3 = g_a + g_b$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 1.090$$

Viga Central

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_3 = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.10$$

$$L \text{ (m)} = 2.65$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0.636$$

carga concentrada

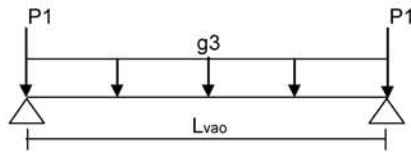
Seção fora vão de cálculo

$$P1 = g3 * L1$$

$$L1 \text{ (m)} = 0.300$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.327$$

resumo dos esforços



$$P1 \text{ (tf)} = 0.33$$

$$g3 \text{ (tf/m)} = 1.090$$

$$Lvão \text{ (m)} = 20.30$$

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 11.39$$

$$R2 \text{ (tf)} = 11.39$$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
0	11.1	0.0
1	8.9	20.2
2	6.6	35.9
3	4.4	47.2
4	2.2	53.9
5	0.0	56.1

Tensões

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = -M / Wi_{conjunto}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	0	0	0
1	37	21	-93
2	66	37	-165
3	87	49	-216
4	99	56	-247
5	103	58	-257

carga concentrada

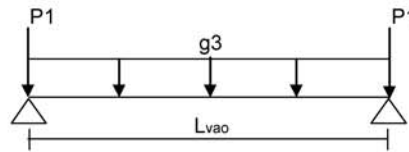
Seção fora vão de cálculo

$$P1 = g3 * L1$$

$$L1 \text{ (m)} = 0.300$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.191$$

resumo dos esforços



$$P1 \text{ (tf)} = 0.19$$

$$g3 \text{ (tf/m)} = 0.636$$

$$Lvão \text{ (m)} = 20.30$$

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 6.65$$

$$R2 \text{ (tf)} = 6.65$$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
0	6.5	0.0
1	5.2	11.8
2	3.9	21.0
3	2.6	27.5
4	1.3	31.5
5	0.0	32.8

Tensões

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

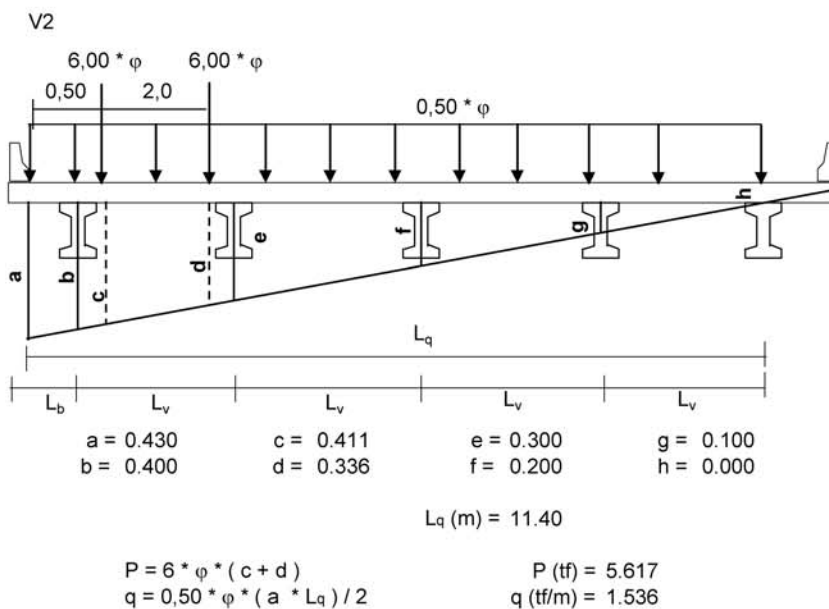
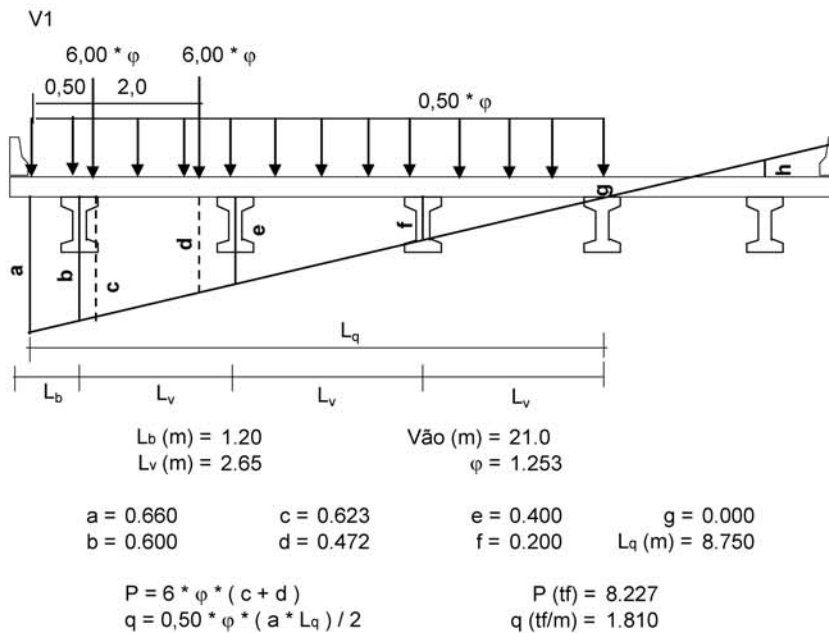
$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = -M / Wi_{conjunto}$$

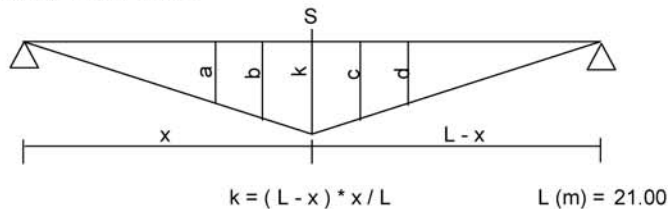
Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	0	0	0
1	21	12	-55
2	37	21	-98
3	49	27	-129
4	56	31	-147
5	58	33	-153

**4 - Cálculo dos esforços de carga móvel**

**4.1 - Distribuição transversal do trem-tipo para obtenção do trem-tipo longitudinal**



**Linha de Influência Momento Fletor**



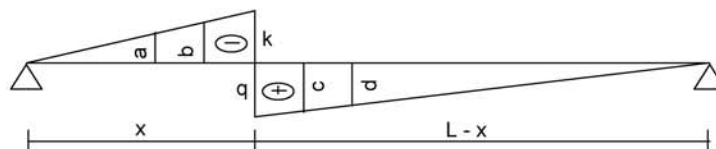
$$a = (x - 3,0) * (L - x) / L \quad c = [(L - x) - 1,5] * x / L$$

$$b = (x - 1,5) * (L - x) / L \quad d = [(L - x) - 3,0] * x / L$$

Seção	x (m)	k	a	b	c	d
S0	0.000	0.000	-3.000	-1.500	0.000	0.000
S1	2.1	1.890	-0.810	0.540	1.740	1.590
S2	4.2	3.360	0.960	2.160	3.060	2.760
S3	6.3	4.410	2.310	3.360	3.960	3.510
S4	8.4	5.040	3.240	4.140	4.440	3.840
S5	10.5	5.250	3.750	4.500	4.500	3.750

$$M+ = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

**Linha de Influência de Esforço Cortante**



$$k = -x / L \quad a = -(x - 3,0) * k / x$$

$$q = (L - x) / L \quad b = -(x - 1,5) * k / x$$

$$L (m) = 21.0 \quad c = (L - x - 1,5) * q / (L - x)$$

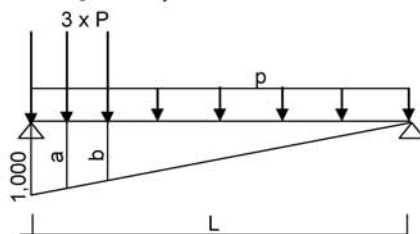
$$d = (L - x - 3,0) * q / (L - x)$$

Seção	x (m)	k	q	a	b	c	d
S0	0.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.929	0.857
S1	2.10	-0.100	0.900	0.000	-0.029	0.829	0.757
S2	4.20	-0.200	0.800	-0.057	-0.129	0.729	0.657
S3	6.30	-0.300	0.700	-0.157	-0.229	0.629	0.557
S4	8.40	-0.400	0.600	-0.257	-0.329	0.529	0.457
S5	10.50	-0.500	0.500	-0.357	-0.429	0.429	0.357

$$V+ = P * (q + c + d) + p * q * (L - x) / 2$$

$$V- = P * (k + a + b) + p * k * x / 2$$

**LI Reação de apoio**



$$L(m) = 21.0$$

$$a = (L - 1,50) / L \quad a = 0.929$$

$$b = (L - 3,00) / L \quad b = 0.857$$

$$R_{\max} = p * L / 2 + P * (1 + a + b)$$

$$R_{\min} = 0$$

**Viga de bordo (V1)**

$$R_{\max} = 41.92$$

$$R_{\min} = 0$$

**Viga de central (V2)**

$$R_{\max} = 31.78$$

$$R_{\min} = 0$$

**Esforços Viga V1**

$$P \text{ (tf)} = 8.227$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.810$$

Seção	Cortante		Momento	
	V+ (tf.m)	V- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
S0	41.9	0.0	0.0	0.0
S1	35.8	-1.2	78.9	0.0
S2	30.1	-3.9	139.4	0.0
S3	24.8	-7.4	181.6	0.0
S4	19.9	-11.2	207.8	0.0
S5	15.3	-15.3	217.0	0.0

**Tensões normais**

$$\sigma_s = M / Ws_{\text{corrente}}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{\text{corrente}}$$

$$\sigma_i = -M / Wi_{\text{corrente}}$$

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
0	0.554	0.86479	0.294	0	0	0
1	0.5428	0.96213	0.2182	145	82	-361
2	0.5428	0.96213	0.2182	257	145	-639
3	0.5428	0.96213	0.2182	334	189	-832
4	0.5428	0.96213	0.2182	383	216	-953
5	0.5428	0.96213	0.2182	400	226	-995

**Esforços Viga V2**

$$P \text{ (tf)} = 5.617$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.536$$

Seção	Cortante		Momento	
	V+ (tf.m)	V- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
S0	31.8	0.0	0.0	0.0
S1	27.0	-0.9	59.8	0.0
S2	22.6	-2.8	105.8	0.0
S3	18.5	-5.3	137.9	0.0
S4	14.7	-8.1	157.8	0.0
S5	11.3	-11.3	164.7	0.0

**Tensões normais**

$$\sigma_s = M / Ws_{\text{corrente}}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{\text{corrente}}$$

$$\sigma_i = -M / Wi_{\text{corrente}}$$

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
0	0.573	0.905	0.296	0	0	0
1	0.561	1.008	0.214	107	59	-279
2	0.561	1.008	0.214	189	105	-494
3	0.561	1.008	0.214	246	137	-644
4	0.561	1.008	0.214	281	157	-737
5	0.561	1.008	0.214	294	163	-770

**Esforços de Protensão**

Os esforços de protensão foram obtidos com o uso do programa "VEPRO" cuja listagem encontra-se anexa. Os resumos dos esforços em cada etapa de protensão estão resumidos a seguir.

**Primeira etapa de protensão**

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
0	0.0	0.0	0.0
1	192.6	-40.6	-46.9
2	267.7	-30.3	-129.6
3	278.9	0.0	-163.9
4	279.7	0.0	-164.4
5	280.4	0.0	-164.8

Tempo T = oo			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
0	0.0	0.0	0.0
1	163.2	-34.4	-39.8
2	218.6	-24.8	-105.8
3	227.1	0.0	-133.4
4	230.1	0.0	-135.2
5	231.6	0.0	-136.1

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Seção	S (m <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	W <sub>s</sub> ' (m <sup>3</sup> )	W <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	Tempo T = 0		
					$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
1	0.445	-	0.163	0.148	-	145	750
2	0.445	-	0.163	0.148	-	-194	1477
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-379	1734
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-380	1739
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-381	1744

Seção	S (m <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	W <sub>s</sub> ' (m <sup>3</sup> )	W <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	Tempo T = oo		
					$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
1	0.445	-	0.163	0.148	-	123	636
2	0.445	-	0.163	0.148	-	-158	1206
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-308	1412
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-312	1431
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-315	1440

**Segunda etapa de protensão**

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	67.9	-10.1	-51.1
4	71.9	0.0	-75.6
5	72.3	0.0	-76.0

Tempo T = ∞			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	54.9	-8.2	-41.3
4	56.7	0.0	-59.7
5	57.4	0.0	-60.4

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Seção	S (m <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	W <sub>s</sub> ' (m <sup>3</sup> )	W <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	Tempo T = 0		
					σ <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ <sub>i</sub> (tf/m <sup>2</sup> )
0	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
1	0.9504	0.543	0.962	0.218	0	0	0
2	0.9504	0.543	0.962	0.218	0	0	0
3	0.9504	0.543	0.962	0.218	-23	18	306
4	0.9504	0.543	0.962	0.218	-64	-3	422
5	0.9504	0.543	0.962	0.218	-64	-3	424

Seção	S (m <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	W <sub>s</sub> ' (m <sup>3</sup> )	W <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	Tempo T = ∞		
					σ <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>s</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	σ <sub>i</sub> (tf/m <sup>2</sup> )
0	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
1	0.9504	0.543	0.962	0.218	0	0	0
2	0.9504	0.543	0.962	0.218	0	0	0
3	0.9504	0.543	0.962	0.218	-18	15	247
4	0.9504	0.543	0.962	0.218	-50	-2	333
5	0.9504	0.543	0.962	0.218	-51	-2	337



1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA  
=====

1

BR-163 - Viga de 27,00m - Viga de Bordo - Primeira Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

23.65      3.00      .01

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2      FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2      ASP= 5.92 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2      ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25      DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	.743	.130	.197	.177	.734
0	.743	.130	.197	.177	.734
1	.445	.109	.163	.148	.736
2	.445	.109	.163	.148	.736
3	.445	.109	.163	.148	.736
4	.445	.109	.163	.148	.736
5	.445	.109	.163	.148	.736
6	.445	.109	.163	.148	.736
7	.445	.109	.163	.148	.736
8	.445	.109	.163	.148	.736
9	.445	.109	.163	.148	.736

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C1

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.37 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.50 /FINAL= 4.50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.26	3.00	14092.	10197.
0	1.30	.00	13856.	10432.
1	1.07	-10.20	13175.	11114.
2	.49	-13.33	12920.	11369.
3	.20	-.50	12144.	12144.
4	.20	.00	12046.	12046.
5	.20	.00	11975.	11975.
6	.20	.00	11905.	11905.
7	.20	.00	11835.	11835.
8	.24	3.62	11581.	11581.
9	.53	10.50	11172.	11172.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 ( 1 CABOS )

=====

CABOS NUM. C2

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.37 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= 2.80 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.02	5.50	14184.	10113.
0	1.10	.00	13796.	10501.
1	.86	-10.20	13118.	11179.
2	.27	-12.54	12908.	11389.
3	.08	.00	12149.	12149.
4	.08	.00	12077.	12077.
5	.08	.00	12006.	12006.
6	.08	.00	11935.	11935.
7	.08	.00	11865.	11865.
8	.12	3.22	11630.	11630.
9	.36	8.70	11288.	11288.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 3 ( 1 CABOS )

=====

CABOS NUM. C3

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.37 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.76	6.50	14184.	10936.
0	.85	.00	13736.	11384.
1	.60	-11.60	12981.	12139.
2	.12	-5.40	12560.	12560.
3	.08	.00	12195.	12195.
4	.08	.00	12123.	12123.
5	.08	.00	12052.	12052.
6	.08	.00	11981.	11981.
7	.08	.00	11910.	11910.
8	.08	.00	11840.	11840.
9	.23	7.00	11416.	11416.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 4 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C4

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.37 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= 1.46 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	PERDAS APOS CRAV.
-1	.49	7.50	14184.	10674.
0	.55	.00	13676.	11182.
1	.28	-9.60	13038.	11821.
2	.08	.00	12429.	12429.
3	.08	.00	12356.	12356.
4	.08	.00	12283.	12283.
5	.08	.00	12211.	12211.
6	.08	.00	12139.	12139.
7	.08	.00	12067.	12067.
8	.08	.00	11996.	11996.
9	.10	2.04	11820.	11820.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 291.4 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.14	3.98	10188.1
0	.21	4.00	10583.6
1	-.04	3.93	11271.3
2	-.50	3.94	11652.0
3	-.63	4.00	11919.7
4	-.63	4.00	11841.1
5	-.63	4.00	11769.6
6	-.63	4.00	11698.5
7	-.63	4.00	11627.8
8	-.61	4.00	11470.5
9	-.44	3.96	11134.1

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	240.0	23.8	34.1	495.8	130.6	.0	.0	.0
0	250.6	.0	51.8	600.3	44.7	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	262.5	-48.2	-11.2	521.3	665.4	.0	.0	.0
2	272.1	-36.2	-137.4	-231.2	1539.5	.0	.0	.0
3	282.3	-.6	-176.9	-450.8	1829.4	.0	.0	.0
4	280.4	.0	-175.7	-448.0	1817.4	.0	.0	.0
5	278.7	.0	-174.7	-445.3	1806.5	.0	.0	.0
6	277.0	.0	-173.6	-442.6	1795.5	.0	.0	.0
7	275.3	.0	-172.6	-439.9	1784.7	.0	.0	.0
8	271.4	8.0	-164.8	-401.2	1723.3	.0	.0	.0
9	261.3	32.0	-113.8	-111.1	1356.0	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

1

APOIO      REACAO  
                  (T)  
                  .00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-15.0	17.0	-59.0	66.0
0	-52.0	58.0	-133.0	148.0
1	120.0	-132.0	57.0	-63.0
2	259.0	-286.0	231.0	-254.0
3	361.0	-398.0	361.0	-398.0
4	424.0	-467.0	448.0	-494.0
5	450.0	-495.0	492.0	-542.0
6	437.0	-481.0	480.0	-529.0
7	385.0	-425.0	425.0	-468.0
8	296.0	-326.0	327.0	-360.0
9	169.0	-186.0	185.0	-204.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO  
=====

TEMPO T=0

NOTAS :

1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2  
2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -  
3)F1=1ªPROT.+G1  
F2=F1+G2

SECAO		F1	F2
-1	S	480.8	421.8
-1	I	147.6	213.6
0	S	548.3	415.3
0	I	102.7	250.7
1	S	641.3	698.3
1	I	533.4	470.4
2	S	27.8	258.8
2	I	1253.5	999.5
3	S	-89.8	271.2
3	I	1431.4	1033.4
4	S	-24.0	424.0
4	I	1350.4	856.4
5	S	4.7	496.7
5	I	1311.5	769.5
6	S	-5.6	474.4
6	I	1314.5	785.5
7	S	-54.9	370.1
7	I	1359.7	891.7
8	S	-105.2	221.8
8	I	1397.3	1037.3
9	S	57.9	242.9
9	I	1170.0	966.0

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-------	--------------------	---------------	------------------	-------------	----------------------

	-1	493.8	484.1	630.0	1607.9	8580.2
	0	490.1	505.0	630.0	1625.1	8958.6
	1	479.1	795.8	630.0	1904.9	9366.4
	2	438.5	1096.1	630.0	2164.6	9487.4
	3	417.9	1159.6	630.0	2207.6	9712.1
	4	417.9	979.6	630.0	2027.5	9813.6
	5	417.9	890.8	630.0	1938.7	9830.9
	6	417.9	906.4	630.0	1954.4	9744.2
	7	417.9	1013.3	630.0	2061.2	9566.6
	8	421.3	1155.0	630.0	2206.3	9264.2
	9	447.9	1035.2	630.0	2113.1	9020.9

1

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF (T/M2)
-1	202.1	20.0	28.7	417.6	110.0	.0	.0	.0
0	212.1	.0	43.8	508.1	37.8	.0	.0	.0
1	218.1	-40.1	-9.3	433.2	552.9	.0	.0	.0
2	221.6	-29.5	-111.8	-188.2	1253.5	.0	.0	.0
3	230.0	-.5	-144.1	-367.3	1490.6	.0	.0	.0
4	232.4	.0	-145.6	-371.3	1506.2	.0	.0	.0
5	232.8	.0	-145.9	-371.9	1508.9	.0	.0	.0
6	230.7	.0	-144.6	-368.6	1495.6	.0	.0	.0
7	226.5	.0	-142.0	-361.9	1468.3	.0	.0	.0
8	219.2	6.5	-133.1	-324.0	1391.9	.0	.0	.0
9	211.7	26.0	-92.2	-90.0	1098.7	.0	.0	.0

1

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-15.0	17.0	-60.0	67.0
0	-52.0	58.0	-135.0	150.0
1	120.0	-132.0	61.0	-67.0
2	260.0	-286.0	240.0	-264.0
3	361.0	-398.0	374.0	-412.0
4	425.0	-468.0	463.0	-510.0
5	450.0	-495.0	509.0	-560.0
6	437.0	-481.0	496.0	-546.0
7	386.0	-425.0	439.0	-483.0
8	296.0	-326.0	337.0	-371.0
9	169.0	-186.0	191.0	-210.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

- NOTAS :
- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
  - 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
  - 3)F1=1ªPROT.+G1  
F2=F1+G2

SECAO		F1	F2
-1	S	402.6	342.6
-1	I	127.0	194.0

0	S	456.1	321.1
0	I	95.8	245.8
1	S	553.2	614.2
1	I	420.9	353.9
2	S	71.8	311.8
2	I	967.5	703.5
3	S	-6.3	367.7
3	I	1092.6	680.6
4	S	53.7	516.7
4	I	1038.2	528.2
5	S	78.1	587.1
5	I	1013.9	453.9
6	S	68.4	564.4
6	I	1014.6	468.6
7	S	24.1	463.1
7	I	1043.3	560.3
8	S	-28.0	309.0
8	I	1065.9	694.9
9	S	79.0	270.0
9	I	912.7	702.7

1

**ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)**

=====

**APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM**

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	165.	0.	165.
2	166.	0.	166.
3	166.	0.	166.
4	167.	0.	167.

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA  
=====

1 Vao biapoiado de 21,00m -Viga de Bordo - Segunda Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

20.30 .00 .00

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2 FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2 ASP= 2.96 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2 ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25 DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
1	.950	.249	.962	.218	1.142
2	.950	.249	.962	.218	1.142
3	.950	.249	.962	.218	1.142
4	.950	.249	.962	.218	1.142
5	.950	.249	.962	.218	1.142
6	.950	.249	.962	.218	1.142
7	.950	.249	.962	.218	1.142
8	.950	.249	.962	.218	1.142
9	.950	.249	.962	.218	1.142

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 ( 2 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C5

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.64 /FINAL= 2.63 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 16.50 /FINAL= 11.00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO COTAS DECL. TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO

			ANTES DA CRAV.	APOS CRAV.
3	.39	-8.50	13173.	11628.
4	.09	.00	12629.	12172.
5	.09	.00	12565.	12235.
6	.09	2.00	12740.	12061.
7	.39	14.00	13493.	11308.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 30.5 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
1	.00	.00	-30.5
2	.00	.00	-30.5
3	-.75	1.98	11597.3
4	-1.05	2.00	12141.1
5	-1.05	2.00	12204.7
6	-1.05	2.00	12030.1
7	-.75	1.94	11277.0
8	.00	.00	-30.5
9	.00	.00	-30.5

1

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	67.9	-10.1	-51.1	18.4	305.8	.0	.0	.0
4	71.9	.0	-75.6	-3.0	422.6	.0	.0	.0
5	72.3	.0	-76.0	-3.0	424.8	.0	.0	.0
6	71.2	2.5	-74.9	-2.9	418.5	.0	.0	.0
7	64.8	16.2	-48.7	17.5	291.7	.0	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
1	424.8	441.9	21.0	-93.0	.0	.0	81.0	-355.0	.0	.0
2	301.4	931.4	37.0	-165.0	.0	.0	142.0	-628.0	.0	.0
3	272.5	1017.0	49.0	-216.0	.0	.0	186.0	-818.0	.0	.0
4	366.2	917.0	56.0	-247.0	.0	.0	212.0	-937.0	.0	.0
5	399.9	884.0	58.0	-258.0	.0	.0	222.0	-978.0	.0	.0
6	363.6	926.9	56.0	-247.0	.0	.0	212.0	-937.0	.0	.0
7	270.6	1022.9	49.0	-216.0	.0	.0	186.0	-818.0	.0	.0
8	300.0	939.5	37.0	-165.0	.0	.0	142.0	-628.0	.0	.0
9	430.0	445.4	21.0	-93.0	.0	.0	81.0	-355.0	.0	.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

=====

TEMPO T=0



**NOTAS :**

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2  
 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -  
 3)F1=P+G1  
 F2=F1+G2  
 F3=F2+G3  
 F4=F3+I.QMAX  
 F5=F3+I.QMIN

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
1	S	424.8	445.8	445.8	526.8	445.8
1	I	441.9	348.9	348.9	-6.1	348.9
2	S	301.4	338.4	338.4	480.4	338.4
2	I	931.4	766.4	766.4	138.4	766.4
3	S	290.9	339.9	339.9	525.9	339.9
3	I	1322.8	1106.8	1106.8	288.8	1106.8
4	S	363.2	419.2	419.2	631.2	419.2
4	I	1339.6	1092.6	1092.6	155.6	1092.6
5	S	396.9	454.9	454.9	676.9	454.9
5	I	1308.8	1050.8	1050.8	72.8	1050.8
6	S	360.7	416.7	416.7	628.7	416.7
6	I	1345.4	1098.4	1098.4	161.4	1098.4
7	S	288.1	337.1	337.1	523.1	337.1
7	I	1314.6	1098.6	1098.6	280.6	1098.6
8	S	300.0	337.0	337.0	479.0	337.0
8	I	939.5	774.5	774.5	146.5	774.5
9	S	430.0	451.0	451.0	532.0	451.0
9	I	445.4	352.4	352.4	-2.6	352.4

1

**TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)**

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
1	526.5	.0	630.0	1156.5	-1187.0
2	526.5	.0	630.0	1156.5	-1187.0
3	508.0	1090.1	630.0	2228.1	9369.2
4	496.2	1431.3	630.0	2557.5	9583.6
5	496.2	1376.9	630.0	2503.1	9701.6
6	496.2	1438.8	630.0	2565.0	9465.1
7	508.3	1081.4	630.0	2219.7	9057.2
8	526.5	.0	630.0	1156.5	-1187.0
9	526.5	.0	630.0	1156.5	-1187.0

1

**ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO**

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF (T/M2)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	54.9	-8.2	-41.3	14.9	247.0	.0	.0	.0
4	56.7	.0	-59.7	-2.3	333.6	.0	.0	.0
5	57.4	.0	-60.4	-2.4	337.7	.0	.0	.0
6	56.0	2.0	-58.9	-2.3	329.2	.0	.0	.0
7	52.0	13.0	-39.1	14.1	234.3	.0	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

**REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO**

APOIO REACAO

1 (T)  
.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
1	402.7	327.4	21.0	-93.0	.0	.0	81.0	-355.0	.0	.0
2	337.0	660.1	37.0	-165.0	.0	.0	142.0	-628.0	.0	.0
3	342.8	694.8	49.0	-216.0	.0	.0	186.0	-818.0	.0	.0
4	433.5	608.8	56.0	-247.0	.0	.0	212.0	-937.0	.0	.0
5	466.2	580.4	58.0	-258.0	.0	.0	222.0	-978.0	.0	.0
6	431.3	617.1	56.0	-247.0	.0	.0	212.0	-937.0	.0	.0
7	341.3	699.6	49.0	-216.0	.0	.0	186.0	-818.0	.0	.0
8	335.7	667.1	37.0	-165.0	.0	.0	142.0	-628.0	.0	.0
9	407.2	330.9	21.0	-93.0	.0	.0	81.0	-355.0	.0	.0

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

=====

TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F1=P+G1
- F2=F1+G2
- F3=F2+G3
- F4=F3+I.QMAX
- F5=F3+I.QMIN

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
1	S	402.7	423.7	423.7	504.7	423.7
1	I	327.4	234.4	234.4	-120.6	234.4
2	S	337.0	374.0	374.0	516.0	374.0
2	I	660.1	495.1	495.1	-132.9	495.1
3	S	357.7	406.7	406.7	592.7	406.7
3	I	941.8	725.8	725.8	-92.2	725.8
4	S	431.2	487.2	487.2	699.2	487.2
4	I	942.4	695.4	695.4	-241.6	695.4
5	S	463.8	521.8	521.8	743.8	521.8
5	I	918.1	660.1	660.1	-317.9	660.1
6	S	429.0	485.0	485.0	697.0	485.0
6	I	946.3	699.3	699.3	-237.7	699.3
7	S	355.4	404.4	404.4	590.4	404.4
7	I	933.9	717.9	717.9	-100.1	717.9
8	S	335.7	372.7	372.7	514.7	372.7
8	I	667.1	502.1	502.1	-125.9	502.1
9	S	407.2	428.2	428.2	509.2	428.2
9	I	330.9	237.9	237.9	-117.1	237.9

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

=====

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	39.	40.	79.

**Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga de bordo**
**Fases de verificação das tensões**

$$F1 = G1 + 1^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F2 = F1 + G2$$

$$F3 = F2 + 2^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F4 = F3 + G3$$

$$F5 = F4 + CM_{\text{mínima}}$$

$$F6 = F4 + CM_{\text{máxima}}$$

**Tempo T = 0**

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	131	145	276	149	425	0	425
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-144	750	606	-164	442	0	442
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	229	-194	36	266	301	0	301
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-252	1477	1225	-293	932	0	932
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-23	-23
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	300	-379	-79	351	272	18	290
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-330	1734	1404	-386	1018	306	1324
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-64	-64
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	342	-380	-38	404	366	-3	363
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-376	1739	1363	-445	918	422	1340
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-64	-64
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	356	-381	-25	425	400	-3	397
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-392	1744	1352	-468	884	424	1308

Seção		G3	Fase 4	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 5	Fase 6
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	37	37	0	145	37	183
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	21	446	0	82	446	528
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-93	349	0	-361	349	-12
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	66	66	0	257	66	323
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	37	339	0	145	339	484
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-165	767	0	-639	767	129
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	87	64	0	334	64	399
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	49	339	0	189	339	528
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-216	1107	0	-832	1107	275
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	99	36	0	383	36	419
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	56	419	0	216	419	635
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-247	1093	0	-953	1093	141
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	103	39	0	400	39	439
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	58	455	0	226	455	681
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-257	1051	0	-995	1051	56

**1ª prot**

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
1	-	123	636	-	145	750	-	-23	-114
2	-	-158	1206	-	-194	1477	-	36	-271
3	-	-308	1412	-	-379	1734	-	71	-322
4	-	-312	1431	-	-380	1739	-	68	-309
5	-	-315	1440	-	-381	1744	-	66	-304

**2ª prot**

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-18	15	247	-23	18	306	4	-3	-59
4	-50	-2	333	-64	-3	422	13	1	-89
5	-51	-2	337	-64	-3	424	13	1	-87

**Perda total de protensão**

Seção	$\Delta\sigma_{total}$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	0	0	0
1	0	-23	-114
2	0	36	-271
3	4	67	-381
4	13	68	-398
5	13	67	-391

**Tempo T = 00**

Seção		Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 8	Fase 9
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0
		0					0	0
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	37	0	37	0	145	37	183
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	446	-23	423	0	82	423	505
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	349	-114	235	0	-361	235	-126
		0					0	0
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	66	0	66	0	257	66	323
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	339	36	375	0	145	375	519
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	767	-271	496	0	-639	496	-143
		0					0	0
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	64	4	69	0	334	69	403
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	339	67	406	0	189	406	595
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1107	-381	726	0	-832	726	-106
		0					0	0
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	36	13	49	0	383	49	432
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	419	68	487	0	216	487	703
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1093	-398	696	0	-953	696	-257
		0					0	0
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	39	13	53	0	400	53	452
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	455	67	522	0	226	522	748
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1051	-391	660	0	-995	660	-335

**Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga central**
**Fases de verificação das tensões**

$$F1 = G1 + 1^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F2 = F1 + G2$$

$$F3 = F2 + 2^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F4 = F3 + G3$$

$$F5 = F4 + CM_{\text{mínima}}$$

$$F6 = F4 + CM_{\text{máxima}}$$

**Tempo T = 0**

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	131	145	276	161	437	0	437
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-144	750	606	-178	428	0	428
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	229	-194	36	289	325	0	325
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-252	1477	1225	-318	907	0	907
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-23	-23
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	300	-379	-79	383	304	18	322
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-330	1734	1404	-422	982	306	1288
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-64	-64
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	342	-380	-38	444	406	-3	403
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-376	1739	1363	-489	874	422	1296
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-64	-64
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	356	-381	-25	471	446	-3	443
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-392	1744	1352	-519	833	424	1257

Seção		G3	Fase 4	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 5	Fase 6
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	21	21	0	107	21	128
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	12	449	0	59	449	508
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-55	373	0	-279	373	94
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	37	37	0	189	37	226
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	21	345	0	105	345	450
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-98	809	0	-494	809	314
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	49	26	0	246	26	272
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	27	350	0	137	350	486
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-129	1159	0	-644	1159	515
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	56	-8	0	281	-8	274
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	31	434	0	157	434	590
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-147	1149	0	-737	1149	412
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	58	-6	0	294	-6	288
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	33	476	0	163	476	639
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-153	1104	0	-770	1104	334

**Tempo T = 00**

Fase 7 = Fase4 +  $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma = \sigma_{t=\infty} - \sigma_{t=0}$

F8 = F7 + CM<sub>mínima</sub>

F9 = F7 + CM<sub>máxima</sub>

**1ª prot**

Seção	Tempo T = ∞			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
1	-	123	636	-	145	750	-	-23	-114
2	-	-158	1206	-	-194	1477	-	36	-271
3	-	-308	1412	-	-379	1734	-	71	-322
4	-	-312	1431	-	-380	1739	-	68	-309
5	-	-315	1440	-	-381	1744	-	66	-304

**2ª prot**

Seção	Tempo T = ∞			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-18	15	247	-23	18	306	4	-3	-59
4	-50	-2	333	-64	-3	422	13	1	-89
5	-51	-2	337	-64	-3	424	13	1	-87

**Perda total de protensão**

Seção	$\Delta\sigma_{total}$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	0	0	0
1	0	-23	-114
2	0	36	-271
3	4	67	-381
4	13	68	-398
5	13	67	-391

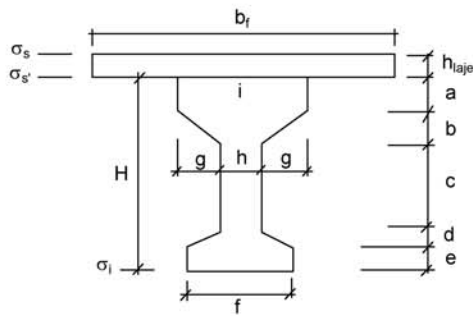
**Tempo T = 00**

Seção	Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 8	Fase 9
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0
		0				0	0
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	21	0	21	0	107	21
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	449	-23	426	0	59	426
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	373	-114	259	0	-279	259
		0					0
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	37	0	37	0	189	37
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	345	36	381	0	105	381
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	809	-271	537	0	-494	537
		0					0
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	26	4	31	0	246	31
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	350	67	417	0	137	417
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1159	-381	778	0	-644	778
		0					0
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-8	13	6	0	281	6
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	434	68	502	0	157	502
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1149	-398	752	0	-737	752
		0					0
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-6	13	8	0	294	8
	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	476	67	542	0	163	542
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	1104	-391	713	0	-770	713
							-56



**Verificação do Estado Limite Último (Verificação à Ruptura da Seção S<sub>5</sub>)**

**Verificação da Seção do Meio do Vão (S<sub>5</sub>)**



- b<sub>f</sub> (m) = 2.525
- h<sub>laje</sub> (m) = 0.200
- a (m) = 0.120
- b (m) = 0.100
- c (m) = 0.830
- d (m) = 0.150
- e (m) = 0.200
- f (m) = 0.500
- g (m) = 0.310
- h (m) = 0.180
- i (m) = 0.800
- H (m) = 1.400

**Materiais:**

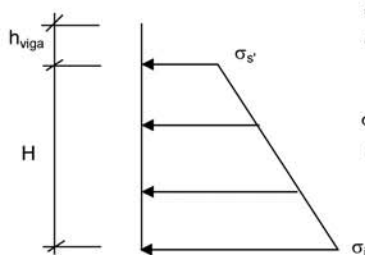
Concreto: f<sub>ck</sub> (MPa) = 35.0

E<sub>c</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>) = 330,000

Aço: CP-190-RB

E<sub>sp</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>) = 1,950,000

**Tensões de peso próprio + protensão em t = ∞**



σ<sub>s</sub>' = σ<sub>s</sub>' da seção S<sub>5</sub> na Fase 7

σ<sub>i</sub> = σ<sub>i</sub> da seção S<sub>5</sub> na Fase 7

σ<sub>s</sub>' (tf/m<sup>2</sup>) = 522.4

σ<sub>i</sub> (tf/m<sup>2</sup>) = 659.9

**Tensões no aço de protensão após as perdas (t = ∞)**

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} = \sigma_{sp}^{t=0} - 1^{prot.} + \sigma_{sp}^{t=0} - 2^{prot.}$$

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 97,635$$

**Solicitações atuantes na seção S<sub>5</sub>**

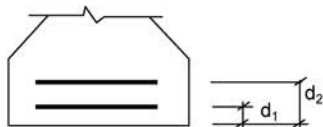
M<sub>g1</sub> (tf.m) = 58.0

M<sub>g2</sub> (tf.m) = 69.3

M<sub>g3</sub> (tf.m) = 56.1

M<sub>p</sub> (tf.m) = 217.0

**Cálculo do C.G. da armadura de protensão**

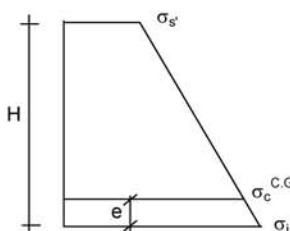


1ª camada: n° cabos = 3  
 $d_1$  (m) = 0.09  
 2ª camada: n° cabos = 2  
 $d_2$  (m) = 0.21  
 C.G. (cm) = 0.138

**Cálculo do pré-alongamento da armadura**

$\epsilon_{sp}^{pré-along.} = \sigma_{sp}^{t=00} / E_{sp}$        $\epsilon_{sp}^{pré-along.} = 0.0050$

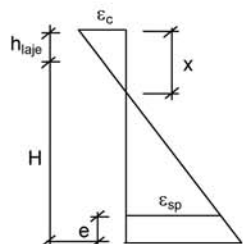
**Cálculo da deformação específica devida a descompressão do concreto**



$\sigma_c^{CG, cabos} = [ (H - e) * (\sigma_i - \sigma_s') / H ] + \sigma_s'$   
 $\sigma_c^{CG, cabos} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 646.3$   
 $\epsilon_{sp}^{descomp.} = \sigma_c^{CG, cabos} / E_c$        $\epsilon_{sp}^{descomp.} = 0.00020$   
 $e$  (m) = 0.138

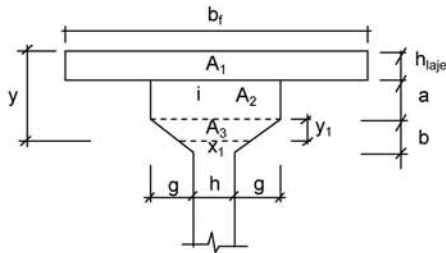
**1ª Tentativa:**

Deformada admitida para a seção S<sub>5</sub>       $\epsilon_c$  (‰) = 3.5  
 $\epsilon_{sp}$  (‰) = 10.0



$x = [ \epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_{sp}) ] * [ H - e + h_{laje} ]$   
 $x$  (m) = 0.379  
 $y = 0,8 * x$        $y$  (m) = 0.303

**Cálculo da resultante de compressão**



- $b_f$  (m) = 2.525
- $h_{laje}$  (m) = 0.200
- $a$  (m) = 0.120
- $b$  (m) = 0.100
- $g$  (m) = 0.310
- $h$  (m) = 0.180
- $i$  (m) = 0.800
- $y_1$  (m) = -0.017
- $x_1$  (m) = 0.904
- $y$  (m) = 0.303

$$R_{cc} = 0,85 * f_{cd} * (A_1 + A_2 + A_3) / 1,4$$

- $A_1$  (m<sup>2</sup>) = 0.505
- $A_2$  (m<sup>2</sup>) = 0.083
- $A_3$  (m<sup>2</sup>) = 0.000

$$R_{cc} \text{ (tf)} = 1248.6$$

**Cálculo da resultante de tração**

$$\epsilon_{sp}^{total} = \epsilon_{sp}^{pré-along.} + \epsilon_{sp}^{descomp.} + \epsilon_{sp}$$

$$\epsilon_{sp}^{total} \text{ (‰)} = 15.20$$

Da tabela do livro de concreto protendido do Prof. Walter do Couto Pfeil tem-se:

$$\sigma_{sp} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 15,720$$

$$A_{sp}^{1cabo\ 6\phi\ 12,7} \text{ (cm}^2\text{)} = 5.92$$

$$A_{sp}^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 29.6$$

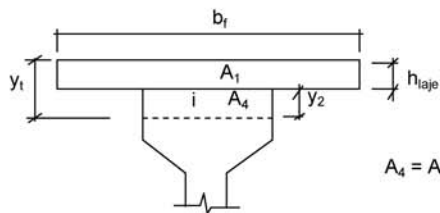
$$R_{st} = A_{sp}^{total} * \sigma_{sp}$$

$$R_{st} \text{ (tf)} = 465.3$$

Como  $R_{st} < R_{cc}$ , devemos diminuir o valor de  $x$  para reduzir a mesa de compressão e conseqüentemente  $R_{cc}$ .

Logo devemos ter:

$$R_{cc} = R_{st} \text{ (tf)} = 465.3$$



$$A_c^{total} = A_1 + A_4 = R_{cc} / (0,85 * f_{cd})$$

$$A_1 \text{ (m}^2\text{)} = 0.505$$

$$A_c^{total} \text{ (m}^2\text{)} = 0.219$$

$$A_4 = A_c^{total} - A_1$$

$$A_4 \text{ (m}^2\text{)} = 0.000$$

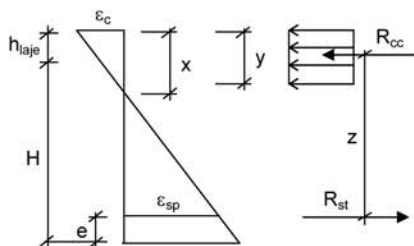
$$(y_t < h_{laje})$$

$$y_1 (m) = 0.0867 \quad \text{logo:} \quad y_2 (m) = 0.000$$

$$x = y_1 / 0,8 \quad \text{yt} < \text{hlaje} \quad x (m) = 0.108$$

Cálculo do C.G da mesa comprimida

$$y_{C.G.} = \Sigma(A_i * y_i) / \Sigma A_i \quad y_{C.G.} (m) = 0.0434$$



$$z = H + h_{laje} - y_{C.G.} - e \quad z (m) = 1.419$$

Assim temos:

$$M_u = R_{cc} * z \quad M_u (tf.m) = 660.1$$

$$M_d = 1,4 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \quad M_d (tf.m) = 560.6$$

Então:  $M_u / M_d = 1.18 > 1,00$  (Atende)  
Ruptura unicamente pelo escoamento do aço

Os quadros a seguir apresentam o cálculo do cisalhamento

**Esforços cortantes característicos**

$$V_{k,max} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,max} \quad f_{ck} \text{ (MPa)} = 30,0$$

$$V_{k,min} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,min} \quad f_{yk} \text{ (MPa)} = 500,0$$

onde:  $V_{p,k} = V_p^{1^{prot}} + V_p^{2^{prot}}$  em tempo  $t = \infty$

Seção	$V_{g1,k}$ (tf)	$V_{g2,k}$ (tf)	$V_{g3,k}$ (tf)	$V_{p,k}$ (tf)	$V_{q,max,k}$ (tf)	$V_{q,min,k}$ (tf)	$V_k^{max}$ (tf)	$V_k^{min}$ (tf)
0	12.0	13.2	11.1	0.0	41.9	0.0	57.3	36.3
1	9.0	10.7	8.9	-34.4	35.8	-1.2	12.1	-6.5
2	6.8	8.1	6.6	-24.8	30.1	-3.9	11.8	-5.2
3	4.5	5.5	4.4	-8.2	24.8	-7.4	18.7	2.6
4	2.3	3.0	2.2	0.0	19.9	-11.2	17.4	1.9
5	0.0	0.4	0.0	0.0	15.3	-15.3	8.1	-7.2

**Verificação do concreto**

$$\phi_{bainha} \text{ (m)} = 0,055 \quad V_{sd} = 1,40 * (V_{g1} + V_{g2} + V_{g3}) + 0,90 * V_p + 1,40 * V_q$$

$$d = H_{viga} + h_{laje} - 0,15 \quad V_{rd2} = 0,3 * f_{cd} * b_w * d$$

Seção	$V_{sd}$ (tf)	$b_w$ (m)	$\Sigma \phi/2$ (m)	$b_w^{nom}$ (m)	$d$ (m)	$V_{rd2}$ (tf)
0	109.6	0.50	0.028	0.500	1.45	435.0
1	59.2	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
2	50.0	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
3	47.7	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
4	38.3	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
5	22.0	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7

Para todas as seções  $V_{rd2} > V_{sd}$

**Parcela do esforço cortante absorvida pelo concreto**

$$M_{sdu} = 1,40 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3}) + 1,40 * M_q$$

Seção	$M_{g1,k}$	$M_{g2,k}$	$M_{g3,k}$	$M_{q,k}$	$M_{sdu}$ (tf.m)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	21.3	24.3	20.2	78.9	202.5
2	37.4	43.3	35.9	139.4	358.4
3	48.8	57.2	47.2	181.6	468.6
4	55.7	65.8	53.9	207.8	536.6
5	58.0	69.3	56.1	217.0	560.6

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1 + (M_0 / M_{sdu}) \leq 2$$

$$M_0 = 0,90 * (\sigma_p^{1^{prot}} * W^{isol} + \sigma_p^{2^{prot}} * W^{conj})$$

$\tau_{rd}$  (MPa) = 0.339

Seção	$\sigma_p^{1^{o}prot.00}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$W^{sol.}$ (m <sup>3</sup> )	$\sigma_p^{2^{o}prot.00}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$W^{conj.}$ (m <sup>3</sup> )	$M_o$ (tf.m)	$\beta_1$
0	0	0.177	0	0.294	0.00	1.000
1	636	0.148	0	0.218	84.67	1.418
2	1206	0.148	0	0.218	160.65	1.448
3	1412	0.148	247	0.218	236.55	1.505
4	1431	0.148	333	0.218	256.00	1.477
5	1440	0.148	337	0.218	258.03	1.460

Seção	$b_w^{nom}$ (m)	d (m)	$V_{cd}$ (tf)
0	0.500	1.450	61.4
1	0.153	1.450	26.6
2	0.153	1.450	27.1
3	0.153	1.450	28.2
4	0.153	1.450	27.7
5	0.153	1.450	27.4

**Parcela do cortante absorvida pela armadura transversal**

Seção	$V_{sd}$ (tf)	$V_{cd}$ (tf)	$V_{wd}$ (tf)
0	109.6	61.4	48.14
1	59.2	26.6	32.64
2	50.0	27.1	22.88
3	47.7	28.2	19.47
4	38.3	27.7	10.61
5	22.0	27.4	0.00

**Cálculo da taxa volumétrica de armação transversal**

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{ywd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w)$$

Seção	$b_w$ (m)	$V_{wd}$ (tf)	$A_{sw}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)	$\rho_w$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
0	0.50	48.1	8.48	16.97
1	0.18	32.6	5.75	31.95
2	0.18	22.9	4.03	22.41
3	0.18	19.5	3.43	19.06
4	0.18	10.6	1.87	10.39
5	0.18	0.0	0.00	0.00

**Cálculo do Fator de Fadiga**

$$\Delta\sigma_w = (V_{max} - V_c) / (b_w * d * \rho_w) - (V_{min} - V_c) / (b_w * d * \rho_w)$$

$$\Delta f_{sd}^{fad} = 850 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f.f. = \Delta\sigma_w / \Delta f_{sd}$$

Seção	V <sup>máx</sup> (tf)	V <sup>min</sup> (tf)	V <sub>c</sub> (tf)	$\rho_{wu}$ (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{wmax}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{wmin}$ (tf/m <sup>2</sup> )
0	57.30	36.34	43.87	0.00170	10911	0
1	12.08	-6.47	18.98	0.00320	0	0
2	11.80	-5.24	19.38	0.00224	0	0
3	18.70	2.61	20.14	0.00191	0	0
4	17.40	1.88	19.77	0.00104	0	0
5	8.09	-7.24	19.54	0.00000	0	0

$\Delta\sigma_w$ (tf/m <sup>2</sup> )	f.f.
10911	1.28
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00

**Cálculo dos estribos e seus espaçamentos**

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w) \geq 15 \text{ (cm}^2/\text{m}^2\text{)}$$

$$s = 2 * A_{s1perna} / (\rho_w * f.f. * b_w)$$

$$\phi \text{ (mm)} = 10.00$$

$$A_{s1perna} \text{ (cm}^2\text{)} = 0.785$$

Seção	b <sub>w</sub> (m)	$\rho_{wu}$	$\rho_{wu} \times f.f.$	$\rho_{wu} \times f.f.$ Médio	Espaçam. (m)
0	0.50	16.97	21.78		
				26.9	17.2
1	0.18	31.95	31.95		
				27.2	32.1
2	0.18	22.41	22.41		
				20.7	42.1
3	0.18	19.06	19.06		
				15.0	58.1
4	0.18	10.39	10.39		
				15.0	58.1
5	0.18	0.00	0.00		

**Verificação dos Aparelhos de Apoio**
**Apoio1**
**Viga de Bordo**
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 12.6$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 14.4$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 11.4$$

$$N_{CM\_max} \text{ (tf)} = 41.9$$

$$N_{CM\_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 80.3$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 668.8 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 38.3$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 319.4 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

**Viga Central**
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 12.6$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 16.2$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 6.6$$

$$N_{CM\_max} \text{ (tf)} = 31.8$$

$$N_{CM\_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 67.2$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 560.0 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 35.4$$

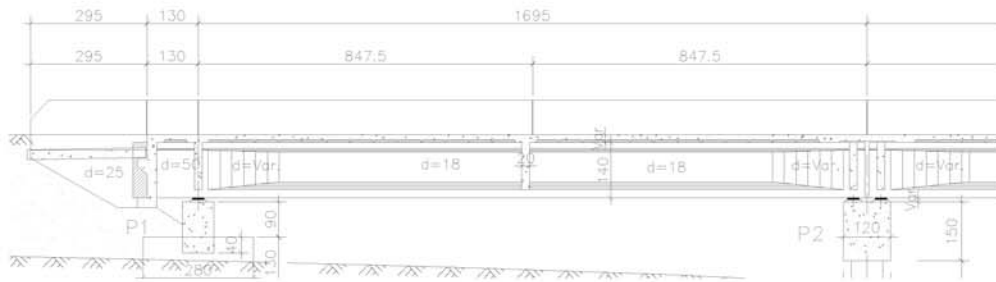
$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 295.2 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$



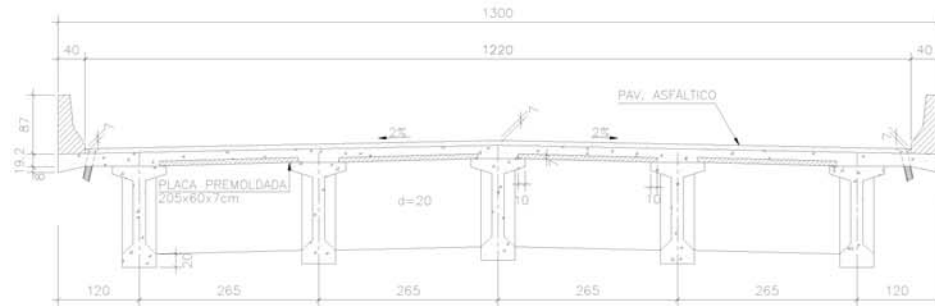
**OBRA: Ponte sobre o Rio Iriri**

**1 – Cálculo da superestrutura – Vão de 16,95 m com balanço de 1,30 m**

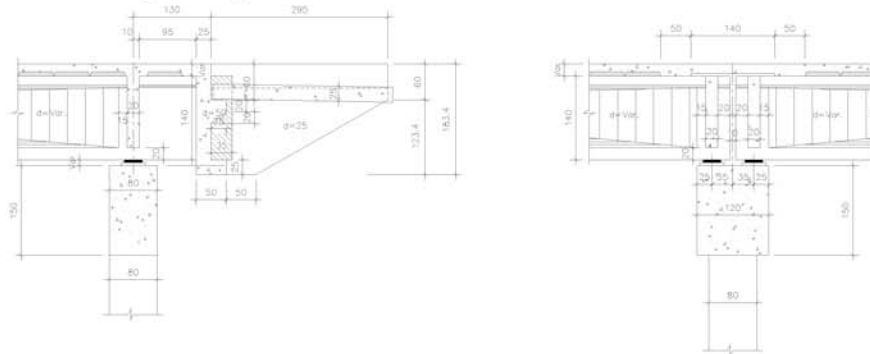
**Perfil Longitudinal**



**Seção Transversal**

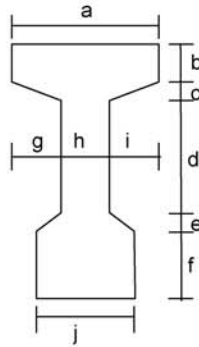


**Detalhe das vigas nos apoios**



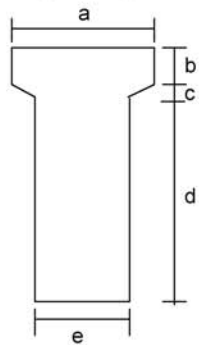
2 - Seção Transversal das Vigas

Seção Corrente



- a (m) = 0.800
- b (m) = 0.120
- c (m) = 0.100
- d (m) = 0.830
- e (m) = 0.150
- f (m) = 0.200
- g (m) = 0.310
- h (m) = 0.180
- i (m) = 0.310
- j (m) = 0.500

Seção no Apoio



- a (m) = 0.800
- b (m) = 0.120
- c (m) = 0.048
- d (m) = 1.232
- e (m) = 0.500

3 - Cálculo das cargas permanentes

3.1 - Características geométricas das vigas

	Viga Isolada	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.445	0.743
J (m <sup>4</sup> )	0.109	0.130
Vs (m)	-	-
Vs' (m)	0.666	0.664
Vi (m)	0.734	0.736
Ws (m <sup>3</sup> )	-	-
Ws' (m <sup>3</sup> )	0.163	0.197
Wi (m <sup>3</sup> )	0.148	0.177

**Viga de Bordo**

bf (m) = 2.525

**Viga Central**

bf (m) = 2.65

bf é a largura efetiva da mesa de contribuição

	Viga Conjunto	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.950	1.248
J (m <sup>4</sup> )	0.249	0.307
Vs (m)	0.459	0.555
Vs' (m)	0.259	0.355
Vi (m)	1.141	1.045
Ws (m <sup>3</sup> )	0.543	0.554
Ws' (m <sup>3</sup> )	0.961	0.865
Wi (m <sup>3</sup> )	0.218	0.294

	Viga Conjunto	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m <sup>2</sup> )	0.975	1.273
J (m <sup>4</sup> )	0.252	0.313
Vs (m)	0.450	0.546
Vs' (m)	0.250	0.346
Vi (m)	1.150	1.054
Ws (m <sup>3</sup> )	0.561	0.573
Ws' (m <sup>3</sup> )	1.008	0.905
Wi (m <sup>3</sup> )	0.219	0.296

3.2 - Peso próprio da viga ( g<sub>1</sub> )

Carga distribuída

$g_1 = S_{\text{corrente}} * 2,50$

$g_1 \text{ (tf/m)} = 1.113$

Trecho em balanço

$L_{\text{bal}} \text{ (m)} = 1.300$

$g_{\text{bal}} = S_{\text{apoio}} * 2,50$

$g_{\text{bal}} \text{ (tf/m)} = 1.858$

Carga Concentrada

Alargamento da Viga

$P_1 = ( S_{\text{apoio}} - S_{\text{corrente}} ) * ( L_1 / 2 ) * 2,50$

$L_1 \text{ (m)} = 2.000$

$P_1 \text{ (tf)} = 0.75$

Alargamento no Apoio

$P_{\text{apoio}} = ( S_{\text{apoio}} - S_{\text{corrente}} ) * L_{\text{apoio}} * 2,5$

$L_{\text{esq}} \text{ (m)} = 0.250$

$P_{\text{esq}} \text{ (tf)} = 0.19$

$L_{\text{dir}} \text{ (m)} = 0.550$

$P_{\text{dir}} \text{ (tf)} = 0.41$

Placa de ancoragem

$$P_{pl} = L3 * h1 * L4 * 2,50$$

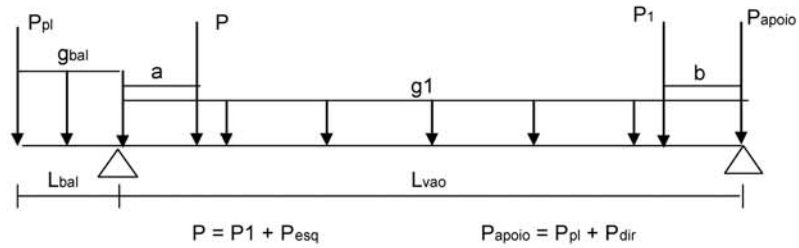
$$L3 \text{ (m)} = 0.350$$

$$L4 \text{ (m)} = 0.500$$

$$h1 \text{ (m)} = 1.400$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0.613$$

resumo do carregamento peso próprio



$$L_{vao} \text{ (m)} = 16.60$$

$$L_{bal} \text{ (m)} = 1.300$$

$$a \text{ (m)} = 0.750$$

$$b \text{ (m)} = 0.667$$

$$g_{bal} \text{ (tf/m)} = 1.858$$

$$g_1 \text{ (tf/m)} = 1.113$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0.61$$

$$P \text{ (tf)} = 0.93$$

$$P_1 \text{ (tf)} = 0.75$$

$$P_{apoio} \text{ (tf)} = 1.02$$

Esforços Seccionais

Os esforços seccionais foram obtidos com o uso do programa "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 13.32$$

$$R2 \text{ (tf)} = 10.88$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-0.61	0.00
S1/2Bal	-1.82	-0.79
0 esq	-3.03	-2.36
0 dir	10.30	-2.36
1	7.52	12.35
2	5.67	23.30
3	3.83	31.19
4	1.98	36.00
5	0.13	37.75
6	-1.72	36.44
7	-3.56	32.05
8	-5.41	24.60
9	-7.26	14.09
10	-9.86	0.00

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-4	4
0	-	-12	13
1	-	76	-83
2	-	143	-157
3	-	191	-211
4	-	221	-243
5	-	232	-255
6	-	224	-246
7	-	197	-217
8	-	151	-166
9	-	86	-95
10	-	0	0

3.3 - Laje + Transversina (g2)

Viga de Bordo

carga distribuída

$$g_2 = h * L * 2,50$$

$$h \text{ (m)} = 0.200 \quad g_2 \text{ (tf/m)} = 1.263$$

$$L \text{ (m)} = 2.525$$

carga concentrada

Transversina de apoio

$$P1 = \{ [ L * h - ( S_{apoio} - j * f ) / 2 ] \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 1.325 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.63$$

Transversina Central

$$P2 = \{ [ L * h - ( S_{corrent} - j * f ) / 2 ] \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 1.325 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P2 \text{ (tf)} = 0.71$$

Viga Central

carga distribuída

$$g_2 = h * L * 2,50$$

$$h \text{ (m)} = 0.200 \quad g_2 \text{ (tf/m)} = 1.325$$

$$L \text{ (m)} = 2.650$$

cargas concentradas

Transversina de apoio

$$P1 = \{ [ L * h - ( S_{apoio} - j * f ) ] \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P1 \text{ (tf)} = 1.27$$

Transversina Central

$$P2 = \{ [ L * h - ( S_{corrent} - j * f ) ] \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

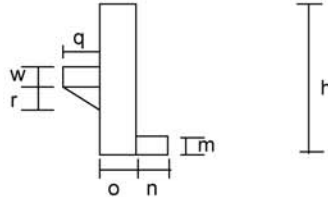
$$P2 \text{ (tf)} = 1.42$$

Seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g2 \quad L (m) = 0.300$$

$$P3 (tf) = 0.38$$

Cortina



$$P_{cort} = [ ( m * n * L_{total} ) + ( w + r + w ) * 0,5 * q * L_{cons} + o * h * L_{total} ] * \gamma_{conc}$$

$$L_{total} (m) = 13.000$$

$$L_{cons} (m) = 9.700$$

$$h (m) = 1.850 \quad q (m) = 0.250$$

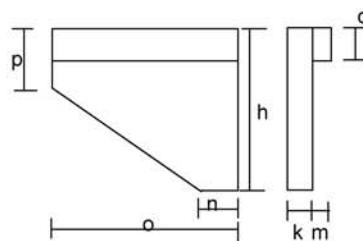
$$m (m) = 0.250 \quad w (m) = 0.200$$

$$n (m) = 0.250 \quad r (m) = 0.200$$

$$o (m) = 0.250$$

$$P4 = P_{cort} / 5 \text{ vigas} \quad P4 (tf) = 3.78$$

Abas das Cortinas



$$P5 = [ d * o * ( k + m ) + ( o + n ) * 0,5 * ( h - p ) * k + ( p - d ) * k * o ] * \gamma_{conc}$$

$$h (m) = 1.850 \quad n (m) = 0.750$$

$$k (m) = 0.250 \quad o (m) = 2.950$$

$$d (m) = 0.400 \quad p (m) = 0.600$$

$$m (m) = 0.150$$

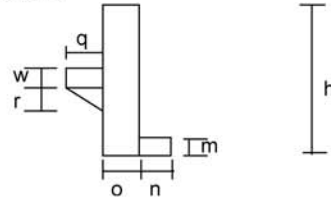
$$P5 (tf) = 2.99$$

Seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g2 \quad L (m) = 0.300$$

$$P3 (tf) = 0.40$$

Cortina



$$P_{cort} = [ ( m * n * L_{total} ) + ( w + r + w ) * 0,5 * q * L_{cons} + o * h * L_{total} ] * \gamma_{conc}$$

$$L_{total} (m) = 13.000$$

$$L_{cons} (m) = 9.700$$

$$h (m) = 1.850 \quad q (m) = 0.250$$

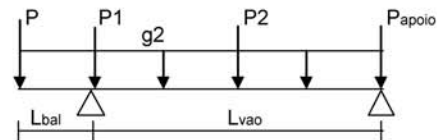
$$m (m) = 0.250 \quad w (m) = 0.200$$

$$n (m) = 0.250 \quad r (m) = 0.200$$

$$o (m) = 0.250$$

$$P4 = P_{cort} / 5 \text{ vigas} \quad P4 (tf) = 3.78$$

resumo dos esforços



$$P = P4 \quad P (tf) = 3.78$$

$$P_{apoio} = P1 + P3 \quad P_{apoio} (tf) = 1.67$$

$$g2 (tf/m) = 1.325$$

$$P (tf) = 3.78$$

$$P_{apoio} (tf) = 1.67$$

$$P1 (tf) = 1.27$$

$$P2 (tf) = 1.42$$

Esforços Seccionais

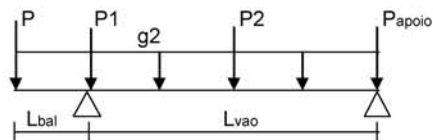
Os esforços seccionais foram obtidos com o uso do programa "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Reações

$$R1 (tf) = 18.84$$

$$R2 (tf) = 13.01$$

resumo dos esforços



$$P = P4 + P5 \quad P \text{ (tf)} = 6.77$$

$$P_{\text{apoio}} = P1 + P3 \quad P_{\text{apoio}} \text{ (tf)} = 1.01$$

$$g_2 \text{ (tf/m)} = 1.263$$

$$P \text{ (tf)} = 6.77$$

$$P_{\text{apoio}} \text{ (tf)} = 1.01$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.63$$

$$P2 \text{ (tf)} = 0.71$$

Esforços Seccionais

Os esforços seccionais foram obtidos com o uso do programa "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 20.47$$

$$R2 \text{ (tf)} = 11.25$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-6.77	0.00
S1/2Bal	-7.59	-4.67
0 esq	-8.41	-9.87
0 dir	11.43	7.37
1	9.34	7.37
2	7.24	21.13
3	5.14	31.40
4	3.05	38.20
5	0.24	41.52
6	-1.86	40.17
7	-3.95	35.35
8	-6.05	27.05
9	-8.15	15.26
10	-10.24	0.00

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-0.61	0.00
S1/2Bal	-1.82	-0.79
0 esq	-3.03	-2.36
0 dir	10.30	-2.36
1	7.52	12.35
2	5.67	23.30
3	3.83	31.19
4	1.98	36.00
5	0.13	37.75
6	-1.72	36.44
7	-3.56	32.05
8	-5.41	24.60
9	-7.26	14.09
10	-9.86	0.00

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{\text{isolada}}$$

$$\sigma_i = -M / W_{i \text{ isolada}}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-4	4
0	-	-12	13
1	-	76	-83
2	-	143	-157
3	-	191	-211
4	-	221	-243
5	-	232	-255
6	-	224	-246
7	-	197	-217
8	-	151	-166
9	-	86	-95
10	-	0	0

**Tensões**

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
S <sub>ExtBal</sub>	-	0	0
S <sub>1/2Bal</sub>	-	-24	26
0	-	-50	56
1	-	45	-50
2	-	130	-143
3	-	193	-212
4	-	234	-258
5	-	255	-281
6	-	246	-271
7	-	217	-239
8	-	166	-183
9	-	94	-103
10	-	0	0

**3.4 - Sobrecarga Permanente ( g<sub>3</sub> )**
**Viga de Bordo**

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_a = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.07$$

$$L \text{ (m)} = 2.125$$

guarda-rodas

$$g_a \text{ (tf/m)} = 0.357$$

$$g_b \text{ (tf/m)} = 0.580$$

$$g_3 = g_a + g_b$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0.937$$

carga concentrada

Guarda rodas sobre a aba

$$P_1 = g_b * L$$

$$L \text{ (m)} = 2.950 \quad P_1 \text{ (tf)} = 1.71$$

Laje de acesso

$$P_2 = (k * h * L * 2,50 / 2) / 5 \text{ vigas}$$

$$k \text{ (m)} = 3.000$$

$$h \text{ (m)} = 0.250 \quad P_2 \text{ (tf)} = 1.86$$

**Viga Central**

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_3 = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.07$$

$$L \text{ (m)} = 2.65$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0.445$$

carga concentrada

Laje de acesso

$$P_1 = (k * h * L * 2,50 / 2) / 5 \text{ vigas}$$

$$k \text{ (m)} = 3.000$$

$$h \text{ (m)} = 0.250$$

$$L \text{ (m)} = 9.900$$

$$P_1 \text{ (tf)} = 1.86$$

seção fora do vão de cálculo

$$P_2 = L * g_3$$

$$L \text{ (m)} = 0.300$$

$$P_3 \text{ (tf)} = 0.13$$



$L (m) = 9.900$

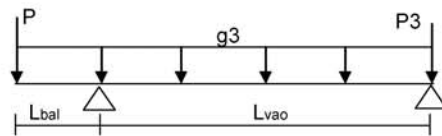
seção fora do vão de cálculo

$P3 = L * g3$

$L (m) = 0.300$

$P3 (tf) = 0.28$

resumo dos esforços



$P = P1 + P2$

$g3 (tf/m) = 0.937$

$P (tf) = 3.57$

$P3 (tf) = 0.28$

Reações

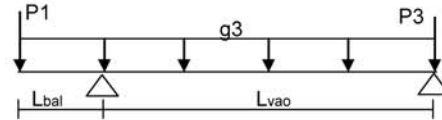
$R1 (tf) = 12.89$

$R2 (tf) = 7.73$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S <sub>ExtBal</sub>	-3.57	0.00
S <sub>1/2Bal</sub>	-4.18	-2.52
0 esq	-4.79	-5.43
0 dir	8.10	-5.43
1	6.55	6.73
2	4.99	16.31
3	3.44	23.31
4	1.88	27.72
5	0.33	29.56
6	-1.23	28.81
7	-2.78	25.48
8	-4.34	19.57
9	-5.89	11.08
10	-7.45	0.00

resumo dos esforços



$g3 (tf/m) = 0.445$

$P1 (tf) = 1.86$

$P3 (tf) = 0.13$

Reações

$R1 (tf) = 6.3$

$R2 (tf) = 3.66$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S <sub>ExtBal</sub>	-1.86	0.00
S <sub>1/2Bal</sub>	-2.15	-1.30
0 esq	-2.44	-2.79
0 dir	3.86	-2.79
1	3.12	3.00
2	2.38	7.57
3	1.65	10.92
4	0.91	13.04
5	0.17	13.93
6	-0.57	13.60
7	-1.31	12.04
8	-2.05	9.25
9	-2.79	5.24
10	-3.53	0.00

Tensões

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = - M / Wi_{conjunto}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-5	-3	9
0	-10	-6	18
1	12	7	-31
2	30	17	-75
3	43	24	-107
4	51	29	-127
5	54	31	-136
6	53	30	-132
7	47	27	-117
8	36	20	-90
9	20	12	-51
10	0	0	0

Tensões

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = - M / Wi_{conjunto}$$

Seção	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-2	-1	4
0	-5	-3	9
1	5	3	-14
2	13	8	-35
3	19	11	-50
4	23	13	-60
5	25	14	-64
6	24	13	-62
7	21	12	-55
8	16	9	-42
9	9	5	-24
10	0	0	0

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 18.25 m - Viga Bordo - G1 e G2

-----  
 DATA : 17/12/2005(sábado)  
 HORA : 20:35:16  
 ARQUIVO DE DADOS : vb\_1,30+16.95\_g1g2.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

coordenadas nodais

nó	sistema	coordenada x	coordenada y	coordenada z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	6.50E-0001	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	1.30E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	2.96E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	4.62E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	6.28E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	7.94E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	9.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.12E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.29E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.45E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.62E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	1.79E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 13

restrições nodais

nó	código	transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

propriedades dos elementos

barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	6.50E-0001
2	1	1	1	3	6.50E-0001
3	1	1	1	4	1.66E+0000
4	1	1	1	5	1.66E+0000
5	1	1	1	6	1.66E+0000
6	1	1	1	7	1.66E+0000
7	1	1	1	8	1.66E+0000
8	1	1	1	9	1.66E+0000
9	1	1	1	10	1.66E+0000
10	1	1	1	11	1.66E+0000
11	1	1	1	12	1.66E+0000

```

12      1      1      12      13  1.66E+0000
                                número de elementos ..... 12

propriedades dos materiais
material : 1

M. Elasticidade ..... 3.190E+0006
M. E. Transversal ... 1.329E+0006
C. Poisson ..... 2.000E-0001
C. D. Térmica ..... 1.000E-0005
P. Específico ..... 2.500E+0000

                                número de tipos de material ..... 1

propriedades das seções
tipo   área x   área y   inércia z
1  4.45E-0001  4.45E-0001  1.09E-0001

módulos de flexão
tipo   wz
1  1.00E+0000

                                número de tipos seções ..... 1

carregamento 1 - Peso Proprio (G1) - Viga Bordo

cargas nodais
nó   sistema   força   força   momento
      x         y         z
1   global   0.00   -0.61   0.00
13  global   0.00   -1.02   0.00

cargas aplicadas nas barras
barra sistema tipo   la   lb   px   py   mz   wyb
      t         f1  f2   wxa  wxb  wya
1   local  U   0.00  0.65  0.0E+0000  -1.9E+0000
2   local  U   0.00  0.65  0.0E+0000  -1.9E+0000
3   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
4   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
5   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
6   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
7   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
8   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
9   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
10  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
11  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
12  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
3   local  C   0.75  0.0E+0000  -9.3E-0001  0.0E+0000
12  local  C   0.99  0.0E+0000  -7.5E-0001  0.0E+0000

                                fim do carregamento ..... 1
    
```

## carregamento 2 - Laje + Transversina (g2) - Viga Bordo

cargas nodais							
nó	sistema	força			momento		
		x	y	z			
1	global	0.00	-6.77	0.00			
3	global	0.00	-0.63	0.00			
13	global	0.00	-1.01	0.00			
8	global	0.00	-0.71	0.00			

cargas aplicadas nas barras							
barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz
			t		wxa	wxb	wya
			f1	f2	f3	p	wyb
1	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.3E+0000
2	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.3E+0000
3	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
4	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
5	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
6	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
7	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
8	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
9	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
10	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
11	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
12	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000

fim do carregamento ..... 2  
 número de carregamentos ..... 2

-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 10  
 -----

## carregamento 1

Título : Peso Proprio (G1) - Viga Bordo

deslocamentos nodais						
no	sistema	deslocamento			rotacao	
		x	y	z		
1	global	0.00000E+0000	7.55356E-0004	-5.83133E-0004		
2	global	0.00000E+0000	3.77533E-0004	-5.83748E-0004		
3	global	0.00000E+0000	-1.16457E-0030	-5.86572E-0004		
4	global	0.00000E+0000	-9.86658E-0004	-5.60594E-0004		
5	global	0.00000E+0000	-1.87133E-0003	-4.74261E-0004		
6	global	0.00000E+0000	-2.56817E-0003	-3.42968E-0004		
7	global	0.00000E+0000	-3.01469E-0003	-1.81357E-0004		
8	global	0.00000E+0000	-3.17270E-0003	-4.07014E-0006		
9	global	0.00000E+0000	-3.02836E-0003	1.74251E-0004		
10	global	0.00000E+0000	-2.59208E-0003	3.38964E-0004		
11	global	0.00000E+0000	-1.89862E-0003	4.75426E-0004		
12	global	0.00000E+0000	-1.00702E-0003	5.68996E-0004		
13	global	0.00000E+0000	-9.50751E-0031	6.04553E-0004		

		reações nos apoios		
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	13.32	0.00
13	global	-0.00	10.88	-0.00
Resultante		0.00	24.20	212.03

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio					
( o equilíbrio de momento é feito em relação à origem )					
		força	força	momento	
		x	y	z	
		0.000	0.000	-0.000	
barra	e s f o r ç o s	n a s	b a r r a s		
	sistema	nó	força	força	momento
			normal	cortante	fletor
1	local	1	0.00	-0.61	0.00
		2	0.00	1.82	-0.79
2	local	2	0.00	-1.82	0.79
		3	0.00	3.03	-2.36
3	local	3	0.00	10.30	2.36
		4	0.00	-7.52	12.35
4	local	4	0.00	7.52	-12.35
		5	0.00	-5.67	23.30
5	local	5	0.00	5.67	-23.30
		6	0.00	-3.83	31.19
6	local	6	0.00	3.83	-31.19
		7	0.00	-1.98	36.00
7	local	7	0.00	1.98	-36.00
		8	0.00	-0.13	37.75
8	local	8	0.00	0.13	-37.75
		9	0.00	1.72	36.44
9	local	9	0.00	-1.72	-36.44
		10	0.00	3.56	32.05
10	local	10	0.00	-3.56	-32.05
		11	0.00	5.41	24.60
11	local	11	0.00	-5.41	-24.60
		12	0.00	7.26	14.09
12	local	12	0.00	-7.26	-14.09
		13	0.00	9.86	0.00

c a r r e g a m e n t o      2

=====

Título : Laje + Transversina (g2) - Viga Bordo

deslocamentos nodais

no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	0.00000E+0000	7.08020E-0004	-5.51648E-0004
2	global	0.00000E+0000	3.56421E-0004	-5.55927E-0004
3	global	0.00000E+0000	-1.78957E-0030	-5.69430E-0004
4	global	0.00000E+0000	-9.89583E-0004	-5.74011E-0004
5	global	0.00000E+0000	-1.91718E-0003	-5.04605E-0004
6	global	0.00000E+0000	-2.67376E-0003	-3.77828E-0004
7	global	0.00000E+0000	-3.17788E-0003	-2.10297E-0004
8	global	0.00000E+0000	-3.37569E-0003	-1.86249E-0005
9	global	0.00000E+0000	-3.24045E-0003	1.77758E-0004
10	global	0.00000E+0000	-2.78325E-0003	3.59423E-0004
11	global	0.00000E+0000	-2.04231E-0003	5.09756E-0004
12	global	0.00000E+0000	-1.08343E-0003	6.12140E-0004
13	global	0.00000E+0000	-9.83615E-0031	6.49960E-0004

reações nos apoios

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	20.47	0.00
13	global	-0.00	11.25	-0.00

-----

Resultante	0.00	31.73	228.05
------------	------	-------	--------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

-----

diferença de equilíbrio  
( o equilíbrio de momento é feito em relação à origem )

	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	-0.000

esforços nas barras

barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-6.77	0.00
		2	0.00	7.59	-4.67
2	local	2	0.00	-7.59	4.67
		3	0.00	8.41	-9.87
3	local	3	0.00	11.43	9.87
		4	0.00	-9.34	7.37
4	local	4	0.00	9.34	-7.37
		5	0.00	-7.24	21.13
5	local	5	0.00	7.24	-21.13
		6	0.00	-5.14	31.40
6	local	6	0.00	5.14	-31.40
		7	0.00	-3.05	38.20
7	local	7	0.00	3.05	-38.20

		8	0.00	-0.95	41.52
8	local	8	0.00	0.24	-41.52
		9	0.00	1.86	40.17
9	local	9	0.00	-1.86	-40.17
		10	0.00	3.95	35.35
10	local	10	0.00	-3.95	-35.35
		11	0.00	6.05	27.05
11	local	11	0.00	-6.05	-27.05
		12	0.00	8.15	15.26
12	local	12	0.00	-8.15	-15.26
		13	0.00	10.24	-0.00

Fim Do Programa



SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 18,25 m - Viga Bordo - G3

-----  
 DATA : 17/12/2005(sábado)  
 HORA : 20:35:11  
 ARQUIVO DE DADOS : vb\_1,30+16,95\_g3.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

coordenadas nodais

nó	sistema	coordenada		
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	6.50E-0001	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	1.30E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	2.96E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	4.62E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	6.28E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	7.94E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	9.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.12E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.29E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.45E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.62E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	1.79E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 13

restrições nodais  
 constante de mola

nó	código	transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

propriedades dos elementos

barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	6.50E-0001
2	1	1	2	3	6.50E-0001
3	1	1	3	4	1.66E+0000
4	1	1	4	5	1.66E+0000
5	1	1	5	6	1.66E+0000
6	1	1	6	7	1.66E+0000
7	1	1	7	8	1.66E+0000
8	1	1	8	9	1.66E+0000
9	1	1	9	10	1.66E+0000
10	1	1	10	11	1.66E+0000

```

11      1      1      11      12      1.66E+0000
12      1      1      12      13      1.66E+0000
    
```

número de elementos ..... 12

propriedades dos materiais

material : 1

```

M. Elasticidade ..... 3.190E+0006
M. E. Transversal ... 1.329E+0006
C. Poisson ..... 2.000E-0001
C. D. Térmica ..... 1.000E-0005
P. Específico ..... 2.500E+0000
    
```

número de tipos de material ..... 1

propriedades das seções

```

tipo      área x      área y      inércia z
1  9.50E-0001  9.50E-0001  2.49E-0001
    
```

módulos de flexão

```

tipo      wz
1  1.00E+0000
    
```

número de tipos seções ..... 1

carregamento 1 - Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Bordo

cargas nodais

nó	sistema	força x	força y	momento z
1	global	0.00	-3.57	0.00
13	global	0.00	-0.28	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t	f1	wxa	wxb	wya	
				f2	f3	p		
1	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-9.4E-0001	
2	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-9.4E-0001	
3	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-9.4E-0001	
4	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-9.4E-0001	
5	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-9.4E-0001	
6	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-9.4E-0001	
7	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-9.4E-0001	
8	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-9.4E-0001	
9	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-9.4E-0001	
10	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-9.4E-0001	
11	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-9.4E-0001	
12	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-9.4E-0001	

fim do carregamento ..... 1

número de carregamentos ..... 1

-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 10  
 -----

c a r r e g a m e n t o 1  
 =====

Título : Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Bordo

deslocamentos nodais					
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	2.34733E-0004	-1.82500E-0004	
2	global	0.00000E+0000	1.17888E-0004	-1.83503E-0004	
3	global	0.00000E+0000	-5.20623E-0031	-1.86729E-0004	
4	global	0.00000E+0000	-3.21621E-0004	-1.84925E-0004	
5	global	0.00000E+0000	-6.18597E-0004	-1.60401E-0004	
6	global	0.00000E+0000	-8.57694E-0004	-1.18552E-0004	
7	global	0.00000E+0000	-1.01463E-0003	-6.47779E-0005	
8	global	0.00000E+0000	-1.07409E-0003	-4.47154E-0006	
9	global	0.00000E+0000	-1.02971E-0003	5.69702E-0005	
10	global	0.00000E+0000	-8.84080E-0004	1.14151E-0004	
11	global	0.00000E+0000	-6.48753E-0004	1.61676E-0004	
12	global	0.00000E+0000	-3.44237E-0004	1.94148E-0004	
13	global	0.00000E+0000	-3.12145E-0031	2.06171E-0004	

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	12.89	0.00
13	global	-0.00	7.73	-0.00

-----  
 Resultante                      0.00                      20.62                      155.12  
 -----

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.  
 -----

diferença de equilíbrio  
 ( o equilíbrio de momento é feito em relação à origem )

	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

esforços nas barras						
barra	sistema	nó	força	força	momento	
			normal	cortante	fletor	
1	local	1	0.00	-3.57	0.00	
		2	0.00	4.18	-2.52	
2	local	2	0.00	-4.18	2.52	
		3	0.00	4.79	-5.43	
3	local	3	0.00	8.10	5.43	
		4	0.00	-6.55	6.73	
4	local	4	0.00	6.55	-6.73	

		5	0.00	-4.99	16.31
5	local	5	0.00	4.99	-16.31
		6	0.00	-3.44	23.31
6	local	6	0.00	3.44	-23.31
		7	0.00	-1.88	27.72
7	local	7	0.00	1.88	-27.72
		8	0.00	-0.33	29.56
8	local	8	0.00	0.33	-29.56
		9	0.00	1.23	28.81
9	local	9	0.00	-1.23	-28.81
		10	0.00	2.78	25.48
10	local	10	0.00	-2.78	-25.48
		11	0.00	4.34	19.57
11	local	11	0.00	-4.34	-19.57
		12	0.00	5.89	11.08
12	local	12	0.00	-5.89	-11.08
		13	0.00	7.45	-0.00

Fim Do Programa

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 18,25 m - Viga Central - G1 e G2

-----  
 DATA : 17/12/2005(sábado)  
 HORA : 20:35:23  
 ARQUIVO DE DADOS : vc\_1,30+16,95\_glg2.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

c o o r d e n a d a s n o d a i s					
nó	sistema	coordenada	coordenada	coordenada	
		x	y	z	
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
2	global	6.50E-0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
3	global	1.30E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
4	global	2.96E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
5	global	4.62E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
6	global	6.28E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
7	global	7.94E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
8	global	9.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
9	global	1.12E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
10	global	1.29E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
11	global	1.45E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
12	global	1.62E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
13	global	1.79E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	

número de nós ..... 13

r e s t r i ç õ e s n o d a i s				
constante de mola				
nó	código	transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

p r o p r i e d a d e s d o s e l e m e n t o s					
barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	6.50E-0001
2	1	1	2	3	6.50E-0001
3	1	1	3	4	1.66E+0000
4	1	1	4	5	1.66E+0000
5	1	1	5	6	1.66E+0000
6	1	1	6	7	1.66E+0000
7	1	1	7	8	1.66E+0000
8	1	1	8	9	1.66E+0000
9	1	1	9	10	1.66E+0000
10	1	1	10	11	1.66E+0000

```

11      1      1      11      12  1.66E+0000
12      1      1      12      13  1.66E+0000
    
```

número de elementos ..... 12

propriedades dos materiais

material : 1

```

M. Elasticidade ..... 3.190E+0006
M. E. Transversal ... 1.329E+0006
C. Poisson ..... 2.000E-0001
C. D. Térmica ..... 1.000E-0005
P. Específico ..... 2.500E+0000
    
```

número de tipos de material ..... 1

propriedades das seções

tipo	área x	área y	inércia z
1	4.45E-0001	4.45E-0001	1.09E-0001

módulos de flexão

tipo	wz
1	1.00E+0000

número de tipos seções ..... 1

carregamento 1 - Peso Proprio - Viga Central

cargas nodais

nó	sistema	força x	força y	momento z
1	global	0.00	-0.61	0.00
13	global	0.00	-1.02	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t	f1	wxa	wxb	wya	
				f2	f3	p		
1	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.9E+0000	
2	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.9E+0000	
3	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.1E+0000	
4	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.1E+0000	
5	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.1E+0000	
6	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.1E+0000	
7	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.1E+0000	
8	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.1E+0000	
9	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.1E+0000	
10	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.1E+0000	
11	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.1E+0000	
12	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.1E+0000	
3	local	C	0.75		0.0E+0000	-9.3E-0001	0.0E+0000	
12	local	C	0.99		0.0E+0000	-7.5E-0001	0.0E+0000	

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - Laje + Transversina (g2) - Viga Central

cargas nodais							
nó	sistema	força			momento		
		x	y	z			
1	global	0.00	-3.78	0.00			
3	global	0.00	-1.27	0.00			
13	global	0.00	-1.67	0.00			
8	global	0.00	-1.42	0.00			

cargas aplicadas nas barras							
barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz
			t		wxa	wxb	wya
			f1	f2	f3	p	wyb
1	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.3E+0000
2	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.3E+0000
3	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
4	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
5	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
6	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
7	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
8	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
9	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
10	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
11	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
12	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000

fim do carregamento ..... 2  
 número de carregamentos ..... 2

-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 10  
 -----

carregamento 1

Título : Peso Proprio - Viga Central

deslocamentos nodais						
no	sistema	deslocamento			rotacao	
		x	y	z		
1	global	0.00000E+0000	7.55356E-0004	-5.83133E-0004		
2	global	0.00000E+0000	3.77533E-0004	-5.83748E-0004		
3	global	0.00000E+0000	-1.16457E-0030	-5.86572E-0004		
4	global	0.00000E+0000	-9.86658E-0004	-5.60594E-0004		
5	global	0.00000E+0000	-1.87133E-0003	-4.74261E-0004		
6	global	0.00000E+0000	-2.56817E-0003	-3.42968E-0004		
7	global	0.00000E+0000	-3.01469E-0003	-1.81357E-0004		
8	global	0.00000E+0000	-3.17270E-0003	-4.07014E-0006		
9	global	0.00000E+0000	-3.02836E-0003	1.74251E-0004		
10	global	0.00000E+0000	-2.59208E-0003	3.38964E-0004		
11	global	0.00000E+0000	-1.89862E-0003	4.75426E-0004		
12	global	0.00000E+0000	-1.00702E-0003	5.68996E-0004		
13	global	0.00000E+0000	-9.50751E-0031	6.04553E-0004		

nó	sistema	reações nos apoios		momento z
		força		
		x	y	
3	global	-0.00	13.32	0.00
13	global	-0.00	10.88	-0.00
Resultante		0.00	24.20	212.03

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	-0.000

barra	sistema	esforços nas barras			
		nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-0.61	0.00
		2	0.00	1.82	-0.79
2	local	2	0.00	-1.82	0.79
		3	0.00	3.03	-2.36
3	local	3	0.00	10.30	2.36
		4	0.00	-7.52	12.35
4	local	4	0.00	7.52	-12.35
		5	0.00	-5.67	23.30
5	local	5	0.00	5.67	-23.30
		6	0.00	-3.83	31.19
6	local	6	0.00	3.83	-31.19
		7	0.00	-1.98	36.00
7	local	7	0.00	1.98	-36.00
		8	0.00	-0.13	37.75
8	local	8	0.00	0.13	-37.75
		9	0.00	1.72	36.44
9	local	9	0.00	-1.72	-36.44
		10	0.00	3.56	32.05
10	local	10	0.00	-3.56	-32.05
		11	0.00	5.41	24.60
11	local	11	0.00	-5.41	-24.60
		12	0.00	7.26	14.09
12	local	12	0.00	-7.26	-14.09
		13	0.00	9.86	0.00



c a r r e g a m e n t o      2

=====

Título : Laje + Transversina (g2) - Viga Central

d e s l o c a m e n t o s   n o d a i s					
no	sistema	deslocamento		rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	8.90472E-0004	-6.89414E-0004	
2	global	0.00000E+0000	4.46454E-0004	-6.91885E-0004	
3	global	0.00000E+0000	-1.64703E-0030	-6.99996E-0004	
4	global	0.00000E+0000	-1.19143E-0003	-6.83875E-0004	
5	global	0.00000E+0000	-2.28258E-0003	-5.89522E-0004	
6	global	0.00000E+0000	-3.15807E-0003	-4.34370E-0004	
7	global	0.00000E+0000	-3.73141E-0003	-2.35848E-0004	
8	global	0.00000E+0000	-3.94510E-0003	-1.13876E-0005	
9	global	0.00000E+0000	-3.76967E-0003	2.15953E-0004	
10	global	0.00000E+0000	-3.22501E-0003	4.23117E-0004	
11	global	0.00000E+0000	-2.35909E-0003	5.92672E-0004	
12	global	0.00000E+0000	-1.24881E-0003	7.07188E-0004	
13	global	0.00000E+0000	-1.13750E-0030	7.49233E-0004	

r e a ç õ e s   n o s   a p o i o s				
nó	sistema	força		momento
		x	y	z
3	global	-0.00	18.84	0.00
13	global	-0.00	13.01	-0.00

-----

Resultante	0.00	31.86	257.45
------------	------	-------	--------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

-----

d i f e r e n ç a   d e   e q u i l í b r i o			
( o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	-0.000

e s f o r ç o s   n a s   b a r r a s						
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	0.00	-3.78	0.00	
		2	0.00	4.64	-2.74	
2	local	2	0.00	-4.64	2.74	
		3	0.00	5.50	-6.03	
3	local	3	0.00	12.07	6.03	
		4	0.00	-9.87	12.18	
4	local	4	0.00	9.87	-12.18	
		5	0.00	-7.67	26.74	
5	local	5	0.00	7.67	-26.74	
		6	0.00	-5.47	37.65	
6	local	6	0.00	5.47	-37.65	
		7	0.00	-3.27	44.91	
7	local	7	0.00	3.27	-44.91	

		8	0.00	-1.07	48.52
8	local	8	0.00	-0.35	-48.52
		9	0.00	2.55	46.11
9	local	9	0.00	-2.55	-46.11
		10	0.00	4.75	40.06
10	local	10	0.00	-4.75	-40.06
		11	0.00	6.95	30.36
11	local	11	0.00	-6.95	-30.36
		12	0.00	9.14	17.01
12	local	12	0.00	-9.14	-17.01
		13	0.00	11.34	-0.00

Fim Do Programa

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 18,25 m - Viga Central - G3

-----  
 DATA : 17/12/2005(sábado)  
 HORA : 20:35:28  
 ARQUIVO DE DADOS : vc\_1,30+16,95\_g3.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

c o o r d e n a d a s n o d a i s					
nó	sistema	coordenada	coordenada	coordenada	
		x	y	z	
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
2	global	6.50E-0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
3	global	1.30E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
4	global	2.96E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
5	global	4.62E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
6	global	6.28E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
7	global	7.94E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
8	global	9.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
9	global	1.12E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
10	global	1.29E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
11	global	1.45E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
12	global	1.62E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
13	global	1.79E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	

número de nós ..... 13

r e s t r i ç õ e s n o d a i s				
constante de mola				
nó	código	transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

p r o p r i e d a d e s d o s e l e m e n t o s					
barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	6.50E-0001
2	1	1	2	3	6.50E-0001
3	1	1	3	4	1.66E+0000
4	1	1	4	5	1.66E+0000
5	1	1	5	6	1.66E+0000
6	1	1	6	7	1.66E+0000
7	1	1	7	8	1.66E+0000
8	1	1	8	9	1.66E+0000
9	1	1	9	10	1.66E+0000
10	1	1	10	11	1.66E+0000

```

11      1      1      11      12  1.66E+0000
12      1      1      12      13  1.66E+0000
    
```

número de elementos ..... 12

propriedades dos materiais

material : 1

```

M. Elasticidade ..... 3.190E+0006
M. E. Transversal ... 1.329E+0006
C. Poisson ..... 2.000E-0001
C. D. Térmica ..... 1.000E-0005
P. Específico ..... 2.500E+0000
    
```

número de tipos de material ..... 1

propriedades das seções

```

tipo   área x   área y   inércia z
1  9.75E-0001  9.75E-0001  2.52E-0001
    
```

módulos de flexão

```

tipo   wz
1  1.00E+0000
    
```

número de tipos seções ..... 1

carregamento 1 - Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Centra

```

cargas nodais
nó   sistema   força x   força y   momento z
1    global    0.00    -1.86    0.00
13   global    0.00    -0.13    0.00
    
```

cargas aplicadas nas barras

```

barra sistema tipo   la   lb   px   py   mz
          t      fl   f2   wxa  wxb  wya  wyb
1  local  U   0.00  0.65  0.0E+0000  -4.5E-0001
2  local  U   0.00  0.65  0.0E+0000  -4.5E-0001
3  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -4.5E-0001
4  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -4.5E-0001
5  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -4.5E-0001
6  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -4.5E-0001
7  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -4.5E-0001
8  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -4.5E-0001
9  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -4.5E-0001
10 local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -4.5E-0001
11 local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -4.5E-0001
12 local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -4.5E-0001
    
```

fim do carregamento ..... 1  
número de carregamentos ..... 1

-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 9  
 -----

c a r r e g a m e n t o 1  
 =====

Título : Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Central

deslocamentos nodais					
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	1.07940E-0004	-8.39873E-0005	
2	global	0.00000E+0000	5.42443E-0005	-8.45015E-0005	
3	global	0.00000E+0000	-2.48610E-0031	-8.61452E-0005	
4	global	0.00000E+0000	-1.48776E-0004	-8.57179E-0005	
5	global	0.00000E+0000	-2.86661E-0004	-7.45850E-0005	
6	global	0.00000E+0000	-3.97984E-0004	-5.52786E-0005	
7	global	0.00000E+0000	-4.71280E-0004	-3.03309E-0005	
8	global	0.00000E+0000	-4.99286E-0004	-2.27413E-0006	
9	global	0.00000E+0000	-4.78942E-0004	2.63597E-0005	
10	global	0.00000E+0000	-4.11393E-0004	5.30382E-0005	
11	global	0.00000E+0000	-3.01985E-0004	7.52294E-0005	
12	global	0.00000E+0000	-1.60269E-0004	9.04011E-0005	
13	global	0.00000E+0000	-1.44233E-0031	9.60210E-0005	

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	6.30	0.00
13	global	-0.00	3.66	-0.00
Resultante		0.00	9.96	73.62

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio  
 ( o equilíbrio de momento é feito em relação à origem )

	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	0.000

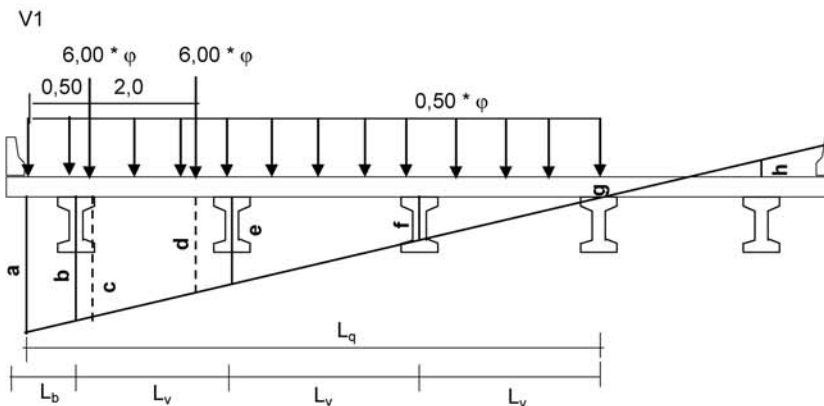
esforços nas barras						
barra	sistema	nó	força	força	momento	
			normal	cortante	fletor	
1	local	1	0.00	-1.86	-0.00	
		2	0.00	2.15	-1.30	
2	local	2	0.00	-2.15	1.30	
		3	0.00	2.44	-2.79	
3	local	3	0.00	3.86	2.79	
		4	0.00	-3.12	3.00	
4	local	4	0.00	3.12	-3.00	

		5	0.00	-2.38	7.57
5	local	5	0.00	2.38	-7.57
		6	0.00	-1.65	10.92
6	local	6	0.00	1.65	-10.92
		7	0.00	-0.91	13.04
7	local	7	0.00	0.91	-13.04
		8	0.00	-0.17	13.93
8	local	8	0.00	0.17	-13.93
		9	0.00	0.57	13.60
9	local	9	0.00	-0.57	-13.60
		10	0.00	1.31	12.04
10	local	10	0.00	-1.31	-12.04
		11	0.00	2.05	9.25
11	local	11	0.00	-2.05	-9.25
		12	0.00	2.79	5.24
12	local	12	0.00	-2.79	-5.24
		13	0.00	3.53	0.00

Fim Do Programa

4 - Cálculo Esforços de Carga Móvel

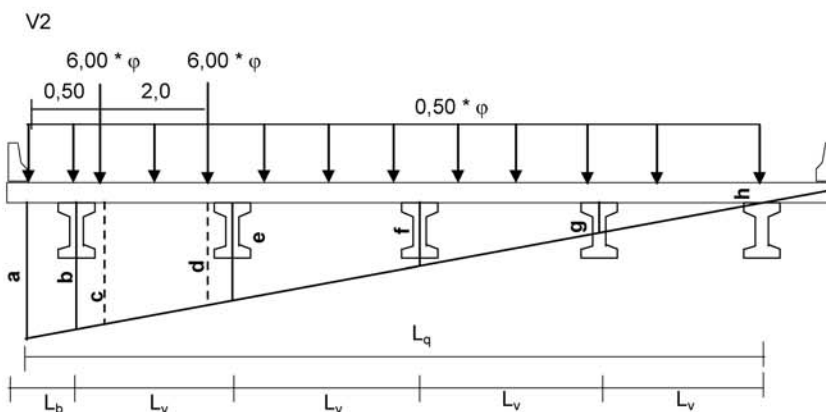
4.1 - Distribuição transversal do trem-tipo para obtenção do trem-tipo longitudinal



$L_b (m) = 1.20$       Vão (m) = 16.6  
 $L_v (m) = 2.65$        $\varphi = 1.284$

$a = 0.660$        $c = 0.623$        $e = 0.400$        $g = 0.000$   
 $b = 0.600$        $d = 0.472$        $f = 0.200$        $L_q (m) = 8.750$

$P = 6 * \varphi * (c + d)$        $P (tf) = 8.429$   
 $q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$        $q (tf/m) = 1.855$



$a = 0.430$        $c = 0.411$        $e = 0.300$        $g = 0.100$   
 $b = 0.400$        $d = 0.336$        $f = 0.200$        $h = 0.000$

$L_q (m) = 11.40$

$P = 6 * \varphi * (c + d)$        $P (tf) = 5.755$   
 $q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$        $q (tf/m) = 1.574$

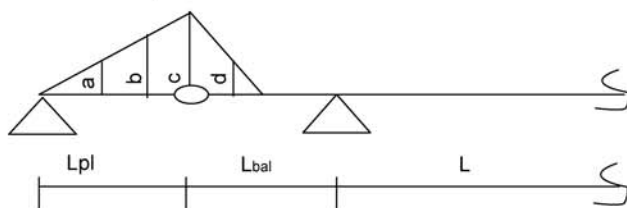
4.2 - Esforços internos devido ao carregamento do trem-tipo longitudinal

as

$L_{pl} \text{ (m)} = 3.000$                        $L \text{ (m)} = 16.600$   
 $L_{bal} \text{ (m)} = 1.300$

Linha de Influência Momento Fletor

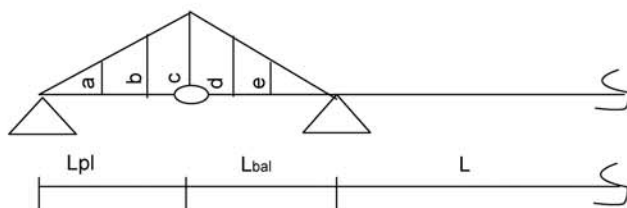
LI Momento S1/2 balanço



$a = (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl})$	$a = 0,000$
$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl})$	$b = 0,325$
$c = 0,50 * L_{bal}$	$c = 0,650$
$d = (0,5 * L_{bal} - 1,50) * [c / (0,50 * L_{bal})]$	$d = -0,850$

$M_{1/2\_min} = -p * [c * (L_{pl} + 0,50 * L_{bal}) * 0,50] - P * \text{maior} (a + b + c; b + c + d)$   
 $M_{1/2\_max} = 0$

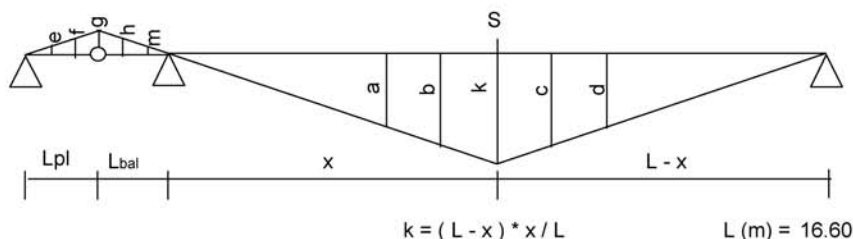
LI Momento S0



$a = (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl})$	$a = 0,000$
$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl})$	$b = 0,650$
$c = L_{bal}$	$c = 1,300$
$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal})$	$d = -0,200$
$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal})$	$e = -1,700$

$M_{S0\_min} = -p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) * 0,50] - P * [c + \text{maior} (a + b; b + d; d + e)]$   
 $M_{S0\_max} = 0$

LI Momento S1 a S10



$k = (L - x) * x / L$

$L \text{ (m)} = 16.60$



$$a = (x - 3,0) * (L - x) / L$$

$$b = (x - 1,5) * (L - x) / L$$

$$c = [(L - x) - 1,5] * k / (L - x)$$

$$d = [(L - x) - 3,0] * k / (L - x)$$

$$e = (L_{pl} - 3,00) * (g / L_{pl})$$

$$f = (L_{pl} - 1,50) * (g / L_{pl})$$

$$g = L_{bal} * (k / x)$$

$$h = (L_{bal} - 1,50) * (g / L_{bal})$$

$$m = (L_{bal} - 3,00) * (g / L_{bal})$$

Seção	x (m)	k	a	b	c	d
S1	1.66	1.494	-1.206	0.144	1.344	1.194
S2	3.32	2.656	0.256	1.456	2.356	2.056
S3	4.98	3.486	1.386	2.436	3.036	2.586
S4	6.64	3.984	2.184	3.084	3.384	2.784
S5	8.30	4.150	2.650	3.400	3.400	2.650
S6	9.96	3.984	2.784	3.384	3.084	2.184
S7	11.62	3.486	2.586	3.036	2.436	1.386
S8	13.28	2.656	2.056	2.356	1.456	0.256
S9	14.94	1.494	1.194	1.344	0.144	-1.206
S10	16.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

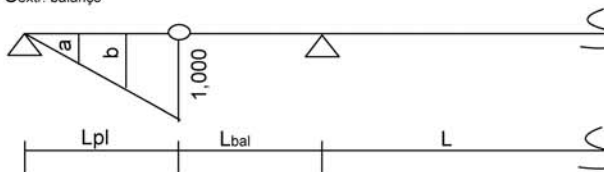
$$M_{max} = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

Seção	x (m)	e	f	g	h	m
S1	1.66	0.000	0.585	1.170	-0.180	-1.530
S2	3.32	0.000	0.520	1.040	-0.160	-1.360
S3	4.98	0.000	0.455	0.910	-0.140	-1.190
S4	6.64	0.000	0.390	0.780	-0.120	-1.020
S5	8.30	0.000	0.325	0.650	-0.100	-0.850
S6	9.96	0.000	0.260	0.520	-0.080	-0.680
S7	11.62	0.000	0.195	0.390	-0.060	-0.510
S8	13.28	0.000	0.130	0.260	-0.040	-0.340
S9	14.94	0.000	0.065	0.130	-0.020	-0.170
S10	16.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

$$M_{min} = - P * [\text{maior}(e + f + g; f + g + h; g + h + m)] - p * [(L_{pl} + L_{bal}) * g / 2]$$

Linha de Influência de Esforço Cortante

LI Cortante  $S_{extr. balanço}$



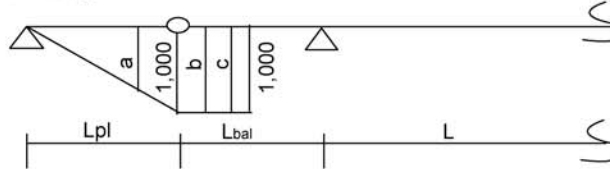
$$a = (L_{pl} - 3,00) / L_{pl} \quad a = 0,000$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} \quad b = 0,500$$

$$Q_{extr\_max} = p * L_{pl} / 2 + P * (a + b + 1,000)$$

$$Q_{extr\_min} = 0$$

LI Cortante S<sub>1/2</sub>. balanço



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} \qquad a = 0.500$$

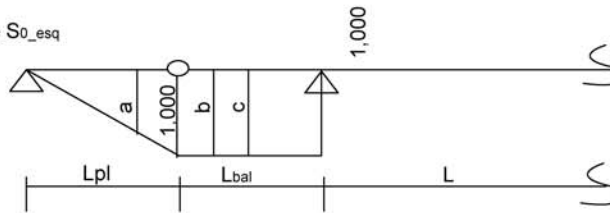
$$b = 0.000$$

$$c = 0.000$$

$$Q_{1/2bal\_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal} / 2) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$Q_{1/2bal\_min} = 0$$

LI Cortante S<sub>0</sub>\_esq



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} \qquad a = 0.500$$

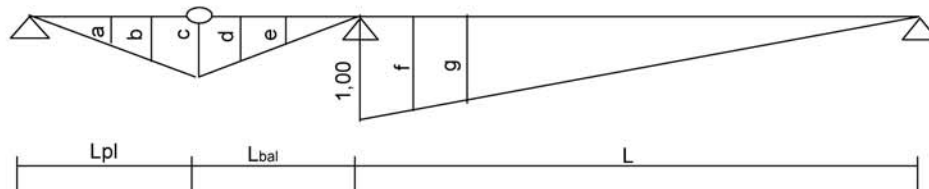
$$b = 0.000$$

$$c = 0.000$$

$$QS_{0esq\_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal}) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$QS_{0esq\_min} = 0$$

LI Cortante S<sub>0</sub>\_dir



$$a = (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl} \qquad a = 0.000$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl} \qquad b = 0.039$$

$$c = L_{bal} * (1 / L) \qquad c = 0.078$$

$$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal}) \qquad d = -0.012$$

$$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal}) \qquad e = -1.700$$

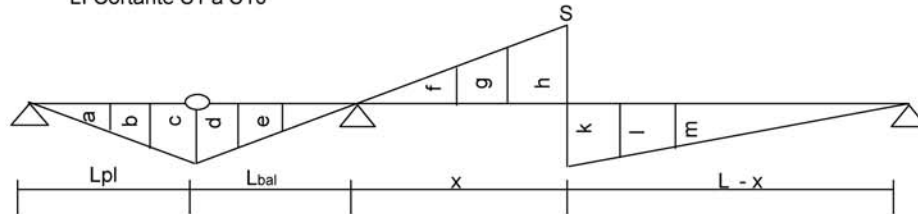
$$f = (L - 1,50) * (1,000 / L) \qquad f = 0.910$$

$$g = (L - 3,00) * (1,000 / L) \qquad g = 0.819$$

$$QS_{0dir\_max} = p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + 1,000 * L / 2] + P * [\text{maior}(a + b + c; b + c + d; c + d + e; 1,000 + f + g)]$$

$$QS_{0dir\_min} = 0$$

LI Cortante S1 a S10



$$\begin{aligned}
 a &= (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl} & e &= (L_{bal} - 3,00) * c / L_{bal} & k &= (L - x) / L \\
 b &= (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl} & f &= (x - 3,00) * h / x & l &= (L - x - 1,50) * k / (L - x) \\
 c &= L_{bal} * h / x & g &= (x - 1,5) * h / x & m &= (L - x - 3,00) * k / (L - x) \\
 d &= (L_{bal} - 1,50) * c / L_{bal} & h &= x / L
 \end{aligned}$$

$L (m) = 16.600$

$L_{pl} (m) = 3.000$   
 $L_{bal} (m) = 1.300$

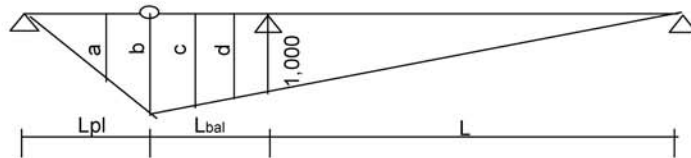
Seção	x (m)	a	b	c	d	e	k	l	m
S1	1.66	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.900	0.810	0.719
S2	3.32	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.800	0.710	0.619
S3	4.98	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.700	0.610	0.519
S4	6.64	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.600	0.510	0.419
S5	8.30	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.500	0.410	0.319
S6	9.96	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.400	0.310	0.219
S7	11.62	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.300	0.210	0.119
S8	13.28	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.200	0.110	0.019
S9	14.94	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.100	0.010	-0.081
S10	16.60	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.000	0.000	0.000

$Q_{max} = P * [\text{maior}(a + b + c; b + c + d; c + d + e; k + l + m)] + p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + k * (L - x) / 2]$

Seção	x (m)	f	g	h
S1	1.66	-0.081	0.010	0.100
S2	3.32	0.019	0.110	0.200
S3	4.98	0.119	0.210	0.300
S4	6.64	0.219	0.310	0.400
S5	8.30	0.319	0.410	0.500
S6	9.96	0.419	0.510	0.600
S7	11.62	0.519	0.610	0.700
S8	13.28	0.619	0.710	0.800
S9	14.94	0.719	0.810	0.900
S10	16.60	0.819	0.910	1.000

$Q_{min} = -P * (f + g + h) - p * h * x / 2$

LI Reação de apoio



$$a = (L_{pl} - 1,50) * b / L_{pl} \quad a = 0.539$$

$$b = (L_{bal} + L) * (1 / L) \quad b = 1.078$$

$$c = (L_{bal} + L - 1,50) * (1 / L) \quad c = 0.988$$

$$d = (L_{bal} + L - 3,00) * (1 / L) \quad d = 0.898$$

$$R_{max} = p * [ b * (L_{pl} + L_{bal} + L) / 2 ] + P * [ \text{maior} ( a + b + c ; b + c + d ) ]$$

$$R_{min} = 0$$

**Esforços Viga V1**

$$P \text{ (tf)} = 8.429$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.855$$

$$R_{max} \text{ (tf)} = 45.9$$

$$R_{min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	15.4	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	16.6	0.0	0.0	-10.4
S0 esq	17.8	0.0	0.0	-21.6
S0 dir	38.7	0.0	0.0	-21.6
S1	33.3	-0.4	57.0	-19.5
S2	28.1	-3.4	100.5	-17.3
S3	23.3	-6.7	130.4	-15.1
S4	18.7	-10.3	149.4	-13.0
S5	14.5	-14.2	156.2	-10.8
S6	10.6	-18.4	149.4	-8.6
S7	7.0	-23.0	130.4	-6.5
S8	3.7	-27.8	100.5	-4.3
S9	1.5	-32.9	57.0	-2.2
S10	1.3	-38.4	0.0	0.0

**Tensões normais**

$$\sigma_s = M / Ws_{corrente}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{corrente}$$

$$\sigma_i = - M / Wi_{corrente}$$

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0.554	0.865	0.294	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0.554	0.865	0.294	0	0	0	-19	-12	35
0	0.554	0.865	0.294	0	0	0	-39	-25	74
1	0.543	0.961	0.218	105	59	-261	-36	-20	89
2	0.543	0.961	0.218	185	104	-461	-32	-18	79
3	0.543	0.961	0.218	240	136	-598	-28	-16	69
4	0.543	0.961	0.218	275	155	-685	-24	-13	60
5	0.543	0.961	0.218	288	162	-716	-20	-11	50
6	0.543	0.961	0.218	275	155	-685	-16	-9	40
7	0.543	0.961	0.218	240	136	-598	-12	-7	30
8	0.543	0.961	0.218	185	104	-461	-8	-4	20
9	0.543	0.961	0.218	105	59	-261	-4	-2	10
10	0.543	0.961	0.218	0	0	0	0	0	0

**Esforços Viga V2**

$$P \text{ (tf)} = 5.755$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.574$$

$$R_{\max} \text{ (tf)} = 34.8$$

$$R_{\min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	11.0	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	12.0	0.0	0.0	-7.5
S0 esq	13.0	0.0	0.0	-15.6
S0 dir	29.0	0.0	0.0	-15.6
S1	24.8	-0.3	42.7	-14.1
S2	20.9	-2.4	75.4	-12.5
S3	17.2	-4.8	98.0	-10.9
S4	13.8	-7.4	112.2	-9.4
S5	10.6	-10.3	117.2	-7.8
S6	7.7	-13.5	112.2	-6.2
S7	5.1	-16.9	98.0	-4.7
S8	2.7	-20.6	75.4	-3.1
S9	1.1	-24.6	42.7	-1.6
S10	0.9	-28.8	0.0	0.0

**Tensões normais**

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)	$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0.573	0.905	0.296	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0.573	0.905	0.296	0	0	0	-13	-8	25
0	0.573	0.905	0.296	0	0	0	-27	-17	53
1	0.561	1.008	0.219	76	42	-195	-25	-14	64
2	0.561	1.008	0.219	134	75	-344	-22	-12	57
3	0.561	1.008	0.219	175	97	-447	-19	-11	50
4	0.561	1.008	0.219	200	111	-512	-17	-9	43
5	0.561	1.008	0.219	209	116	-535	-14	-8	36
6	0.561	1.008	0.219	200	111	-512	-11	-6	29
7	0.561	1.008	0.219	175	97	-447	-8	-5	21
8	0.561	1.008	0.219	134	75	-344	-6	-3	14
9	0.561	1.008	0.219	76	42	-195	-3	-2	7
10	0.561	1.008	0.219	0	0	0	0	0	0

**5 - Esforços de Protensão**

Os esforços de protensão foram obtidos com o uso do programa "VEPRO" cuja listagem encontra-se anexa. Os resumos dos esforços em cada etapa de protensão estão resumidos a seguir.

**Primeira etapa de protensão**

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	64.0	7.9	15.7
0 esq	136.5	6.0	0.9
0 dir	136.5	0.0	0.9
1	139.6	-18.3	-13.8
2	141.0	-19.1	-51.9
3	143.9	-12.1	-77.3
4	147.4	-5.0	-95.4
5	149.6	0.0	-98.2
6	149.6	0.0	-98.2
7	148.9	2.5	-97.8
8	145.4	12.1	-82.4
9	144.3	14.1	-59.6
10	0.0	0.0	0.0

Tempo T = ∞			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	56.4	6.9	13.8
0 esq	119.8	5.2	0.8
0 dir	119.8	0.0	0.8
1	121.2	-15.9	-12.0
2	122.3	-16.5	-45.1
3	124.7	-10.5	-67.0
4	127.5	-4.4	-82.5
5	129.8	0.0	-85.2
6	129.5	0.0	-85.0
7	128.0	2.2	-84.1
8	124.9	10.4	-70.8
9	124.1	12.1	-51.2
10	0.0	0.0	0.0

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Seção	S (m <sup>2</sup> )	Ws (m <sup>3</sup> )	Ws' (m <sup>3</sup> )	Wi (m <sup>3</sup> )	Tempo T = 0		
					$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
S1/2Bal	0.743	-	0.197	0.177	-	166	-3
0	0.743	-	0.197	0.177	-	188	179
1	0.445	-	0.163	0.148	-	229	407
2	0.445	-	0.163	0.148	-	-2	668
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-151	846
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-254	976
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-266	1000
6	0.445	-	0.163	0.148	-	-266	1000
7	0.445	-	0.163	0.148	-	-265	995
8	0.445	-	0.163	0.148	-	-179	883
9	0.445	-	0.163	0.148	-	-41	727
10	0.445	-	0.163	0.148	-	0	0

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = oo		
					$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
S1/2Bal	0.743	-	0.197	0.177	-	146	-2
0	0.743	-	0.197	0.177	-	165	157
1	0.445	-	0.163	0.148	-	199	353
2	0.445	-	0.163	0.148	-	-2	580
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-131	733
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-220	844
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-231	867
6	0.445	-	0.163	0.148	-	-230	865
7	0.445	-	0.163	0.148	-	-228	856
8	0.445	-	0.163	0.148	-	-154	759
9	0.445	-	0.163	0.148	-	-35	625
10	0.445	-	0.163	0.148	-	0	0

Segunda etapa de protensão

Seção	Tempo T = 0		
	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	65.4	8.0	-23.8
0 esq	136.6	4.8	-2.3
0 dir	136.6	0.0	-2.3
1	140.2	-19.1	-30.2
2	141.6	-25.6	-72.2
3	144.0	-22.2	-115.6
4	150.2	-7.3	-146.7
5	148.1	0.0	-148.5
6	147.5	0.0	-147.9
7	145.3	5.6	-143.6
8	140.1	18.3	-119.4
9	138.0	22.4	-80.2
10	0.0	0.0	0.0

Seção	Tempo T = oo		
	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	57.9	7.1	-21.1
0 esq	121.1	4.2	-2.1
0 dir	121.1	0.0	-2.1
1	123.0	-16.7	-26.5
2	121.2	-22.0	-61.8
3	118.8	-18.3	-95.4
4	120.7	-5.8	-117.9
5	118.5	0.0	-118.7
6	117.6	0.0	-117.9
7	114.9	4.5	-113.5
8	112.7	14.7	-96.1
9	115.2	18.7	-67.0
10	0.0	0.0	0.0

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = 0		
					$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
S1/2Bal	1.248	0.554	0.865	0.294	9	25	133
0	1.248	0.554	0.865	0.294	105	107	117
1	0.95	0.543	0.961	0.218	92	116	286
2	0.95	0.543	0.961	0.218	16	74	480
3	0.95	0.543	0.961	0.218	-61	31	682
4	0.95	0.543	0.961	0.218	-112	6	831
5	0.95	0.543	0.961	0.218	-118	1	837
6	0.95	0.543	0.961	0.218	-117	1	834
7	0.95	0.543	0.961	0.218	-112	4	812
8	0.95	0.543	0.961	0.218	-72	23	695
9	0.95	0.543	0.961	0.218	-2	62	513
10	0.95	0.543	0.961	0.218	0	0	0

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = oo		
					$\sigma_s$ (tf/m2)	$\sigma_s'$ (tf/m2)	$\sigma_i$ (tf/m2)
SExtBal	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
S1/2Bal	1.248	0.554	0.865	0.294	8	22	118
0	1.248	0.554	0.865	0.294	93	95	104
1	0.95	0.543	0.961	0.218	81	102	251
2	0.95	0.543	0.961	0.218	14	63	411
3	0.95	0.543	0.961	0.218	-51	26	563
4	0.95	0.543	0.961	0.218	-90	4	668
5	0.95	0.543	0.961	0.218	-94	1	669
6	0.95	0.543	0.961	0.218	-93	1	665
7	0.95	0.543	0.961	0.218	-88	3	642
8	0.95	0.543	0.961	0.218	-58	19	559
9	0.95	0.543	0.961	0.218	-2	52	429
10	0.95	0.543	0.961	0.218	0	0	0



1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA  
=====

1 Obra de 1,30m+16,95m - Viga de Bordo - Primeira Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

16.60 1.30 .01

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2 FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2 ASP= 5.92 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2 ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25 DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	.743	.130	.197	.177	.734
0	.743	.130	.197	.177	.734
1	.445	.109	.163	.148	.736
2	.445	.109	.163	.148	.736
3	.445	.109	.163	.148	.736
4	.445	.109	.163	.148	.736
5	.445	.109	.163	.148	.736
6	.445	.109	.163	.148	.736
7	.445	.109	.163	.148	.736
8	.445	.109	.163	.148	.736
9	.445	.109	.163	.148	.736

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C2

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /FINAL= 1.66 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.98	7.00	14153.	10993.
0	1.05	2.50	13855.	11291.
1	.93	-8.50	13441.	11704.
2	.62	-10.00	13298.	11847.
3	.33	-10.00	13243.	11902.
4	.10	-4.00	12847.	12298.
5	.08	.00	12573.	12573.
6	.08	.00	12521.	12521.
7	.08	2.00	12360.	12360.
8	.27	10.00	11887.	11887.
9	.56	10.00	11838.	11838.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C4

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.65 /FINAL= 1.66 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /FINAL= 3.50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 0 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
0	.45	2.50	14130.	11983.
1	.36	-6.50	13828.	12285.
2	.13	-5.50	13710.	12402.
3	.08	.00	13330.	12782.
4	.08	.00	13275.	12838.
5	.08	.00	13220.	12893.
6	.08	.00	13165.	12947.
7	.08	.00	13110.	13002.
8	.08	.00	13056.	13056.
9	.11	1.50	12917.	12917.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 99.5 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.25	.99	10893.3
0	.01	2.00	11537.0
1	-.10	1.98	11895.6
2	-.37	1.98	12026.5
3	-.54	1.98	12246.2
4	-.65	2.00	12468.6
5	-.66	2.00	12633.1
6	-.66	2.00	12634.4
7	-.66	2.00	12581.7
8	-.57	1.98	12376.5
9	-.41	1.98	12282.0

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	64.0	7.9	15.7	165.9	-2.6	.0	.0	.0

0	136.5	6.0	.9	188.3	178.6	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	139.6	-18.3	-13.8	228.9	407.2	.0	.0	.0
2	141.0	-19.1	-51.9	-1.8	667.8	.0	.0	.0
3	143.9	-12.1	-77.3	-150.6	845.4	.0	.0	.0
4	147.4	-5.0	-95.4	-253.7	975.6	.0	.0	.0
5	149.6	.0	-98.2	-266.3	999.6	.0	.0	.0
6	149.6	.0	-98.2	-266.3	999.7	.0	.0	.0
7	148.9	2.5	-97.8	-265.1	995.2	.0	.0	.0
8	145.4	12.1	-82.4	-178.8	883.6	.0	.0	.0
9	144.3	14.1	-59.6	-41.3	726.9	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO		REACAO
		(T)
1		.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-4.0	4.0	-24.0	26.0	.0	.0	.0	.0	-12.0	35.0
0	-12.0	13.0	-50.0	56.0	.0	.0	.0	.0	-25.0	74.0
1	76.0	-83.0	45.0	-50.0	.0	.0	59.0	-261.0	-20.0	89.0
2	143.0	-157.0	130.0	-143.0	.0	.0	104.0	-461.0	-18.0	79.0
3	191.0	-211.0	193.0	-212.0	.0	.0	136.0	-598.0	-16.0	69.0
4	221.0	-243.0	234.0	-258.0	.0	.0	155.0	-685.0	-13.0	60.0
5	232.0	-255.0	255.0	-281.0	.0	.0	162.0	-716.0	-11.0	50.0
6	224.0	-246.0	246.0	-271.0	.0	.0	155.0	-685.0	-9.0	40.0
7	197.0	-217.0	217.0	-239.0	.0	.0	136.0	-598.0	-7.0	30.0
8	151.0	-166.0	166.0	-183.0	.0	.0	104.0	-461.0	-4.0	20.0
9	86.0	-95.0	94.0	-103.0	.0	.0	59.0	-261.0	-2.0	10.0

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

- NOTAS :
- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
  - 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
  - 3)F1=P+G1
  - F2=F1+G2
  - F3=F2+G3
  - F4=F3+I.QMAX
  - F5=F3+I.QMIN

SECAO	F1	F2	F3	F4	F5
-1 S	161.9	137.9	137.9	137.9	125.9
-1 I	1.4	27.4	27.4	27.4	62.4
0 S	176.3	126.3	126.3	126.3	101.3
0 I	191.6	247.6	247.6	247.6	321.6
1 S	304.9	349.9	349.9	408.9	329.9
1 I	324.2	274.2	274.2	13.2	363.2
2 S	141.2	271.2	271.2	375.2	253.2
2 I	510.8	367.8	367.8	-93.2	446.8
3 S	40.4	233.4	233.4	369.4	217.4
3 I	634.4	422.4	422.4	-175.6	491.4
4 S	-32.7	201.3	201.3	356.3	188.3
4 I	732.6	474.6	474.6	-210.4	534.6
5 S	-34.3	220.7	220.7	382.7	209.7
5 I	744.6	463.6	463.6	-252.4	513.6
6 S	-42.3	203.7	203.7	358.7	194.7
6 I	753.7	482.7	482.7	-202.3	522.7
7 S	-68.1	148.9	148.9	284.9	141.9
7 I	778.2	539.2	539.2	-58.8	569.2
8 S	-27.8	138.2	138.2	242.2	134.2

8	I	717.6	534.6	534.6	73.6	554.6
9	S	44.7	138.7	138.7	197.7	136.7
9	I	631.9	528.9	528.9	267.9	538.9

1

**TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)**

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-1	516.2	155.6	630.0	1301.8	9591.5
0	511.2	266.7	630.0	1407.9	10129.1
1	500.7	440.0	630.0	1570.8	10324.9
2	489.0	476.8	630.0	1595.8	10430.7
3	475.3	535.6	630.0	1640.9	10605.4
4	463.9	604.3	630.0	1698.2	10770.4
5	462.8	593.0	630.0	1685.8	10947.3
6	462.8	615.5	630.0	1708.2	10926.1
7	462.8	681.7	630.0	1774.5	10807.2
8	472.4	655.1	630.0	1757.5	10618.9
9	485.7	607.5	630.0	1723.2	10558.8

1

**ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO**

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	56.4	6.9	13.8	146.1	-2.3	.0	.0	.0
0	119.8	5.2	.8	165.3	156.8	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	121.2	-15.9	-12.0	198.7	353.4	.0	.0	.0
2	122.3	-16.5	-45.0	-1.6	579.2	.0	.0	.0
3	124.6	-10.5	-66.9	-130.4	732.1	.0	.0	.0
4	127.4	-4.4	-82.4	-219.1	842.8	.0	.0	.0
5	129.6	.0	-85.1	-230.8	866.2	.0	.0	.0
6	129.4	.0	-84.9	-230.3	864.5	.0	.0	.0
7	127.9	2.2	-84.0	-227.7	854.9	.0	.0	.0
8	124.8	10.4	-70.7	-153.4	758.1	.0	.0	.0
9	124.0	12.1	-51.2	-35.5	624.9	.0	.0	.0

**REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO**

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

**TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)**

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-4.0	4.0	-24.0	26.0	.0	.0	.0	.0	-12.0	35.0
0	-12.0	13.0	-50.0	56.0	.0	.0	.0	.0	-25.0	74.0
1	76.0	-83.0	45.0	-50.0	.0	.0	59.0	-261.0	-20.0	89.0
2	143.0	-157.0	130.0	-143.0	.0	.0	104.0	-461.0	-18.0	79.0
3	191.0	-211.0	193.0	-212.0	.0	.0	136.0	-598.0	-16.0	69.0
4	221.0	-243.0	234.0	-258.0	.0	.0	155.0	-685.0	-13.0	60.0
5	232.0	-255.0	255.0	-281.0	.0	.0	162.0	-716.0	-11.0	50.0
6	224.0	-246.0	246.0	-271.0	.0	.0	155.0	-685.0	-9.0	40.0
7	197.0	-217.0	217.0	-239.0	.0	.0	136.0	-598.0	-7.0	30.0
8	151.0	-166.0	166.0	-183.0	.0	.0	104.0	-461.0	-4.0	20.0
9	86.0	-95.0	94.0	-103.0	.0	.0	59.0	-261.0	-2.0	10.0

1

**TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO**

 =====  
 TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

1) TENSÕES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2  
 2) COMPRESSÃO = + / TRACAO = -  
 3) F1=P+G1  
 F2=F1+G2  
 F3=F2+G3  
 F4=F3+I.QMAX  
 F5=F3+I.QMIN

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
-1	S	142.1	118.1	118.1	118.1	106.1
-1	I	1.7	27.7	27.7	27.7	62.7
0	S	153.3	103.3	103.3	103.3	78.3
0	I	169.8	225.8	225.8	225.8	299.8
1	S	274.7	319.7	319.7	378.7	299.7
1	I	270.4	220.4	220.4	-40.6	309.4
2	S	141.4	271.4	271.4	375.4	253.4
2	I	422.2	279.2	279.2	-181.8	358.2
3	S	60.6	253.6	253.6	389.6	237.6
3	I	521.1	309.1	309.1	-288.9	378.1
4	S	1.9	235.9	235.9	390.9	222.9
4	I	599.8	341.8	341.8	-343.2	401.8
5	S	1.2	256.2	256.2	418.2	245.2
5	I	611.2	330.2	330.2	-385.8	380.2
6	S	-6.3	239.7	239.7	394.7	230.7
6	I	618.5	347.5	347.5	-337.5	387.5
7	S	-30.7	186.3	186.3	322.3	179.3
7	I	637.9	398.9	398.9	-199.1	428.9
8	S	-2.4	163.6	163.6	267.6	159.6
8	I	592.1	409.1	409.1	-51.9	429.1
9	S	50.5	144.5	144.5	203.5	142.5
9	I	529.9	426.9	426.9	165.9	436.9

1

**ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)**

=====

**APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM**

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	114.	0.	114.
2	119.	0.	119.

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA  
=====

1 obra de 1,30m+16,95m - Viga de Bordo - Segunda Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

16.60 1.30 .01

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2 FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2 ASP= 5.92 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2 ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25 DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	1.248	.307	.865	.294	1.044
0	1.248	.307	.865	.294	1.044
1	.950	.249	.961	.218	1.142
2	.950	.249	.961	.218	1.142
3	.950	.249	.961	.218	1.142
4	.950	.249	.961	.218	1.142
5	.950	.249	.961	.218	1.142
6	.950	.249	.961	.218	1.142
7	.950	.249	.961	.218	1.142
8	.950	.249	.961	.218	1.142
9	.950	.249	.961	.218	1.142

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 ( 1 CABOS )  
=====

CABOS NUM. C1

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.65 /FINAL= 1.66 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.50 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 0 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
0	1.30	2.00	14099.	11708.
1	1.20	-7.50	13707.	12099.
2	.88	-11.50	13414.	12392.
3	.54	-12.00	13330.	12477.
4	.25	-5.50	12903.	12903.
5	.20	.00	12545.	12545.
6	.20	.00	12493.	12493.
7	.23	4.50	12200.	12200.
8	.48	11.00	11809.	11809.
9	.81	11.00	11761.	11761.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 ( 1 CABOS )

CABOS NUM. C3

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /FINAL= 1.66 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.68	7.00	14153.	11208.
0	.75	2.00	13825.	11536.
1	.65	-8.00	13412.	11949.
2	.38	-9.00	13298.	12062.
3	.14	-5.50	13042.	12318.
4	.08	.00	12680.	12680.
5	.08	.00	12628.	12628.
6	.08	.00	12575.	12575.
7	.08	.00	12523.	12523.
8	.11	4.00	12256.	12256.
9	.32	7.50	12020.	12020.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 74.8 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	-.36	.99	11133.0
0	-.02	2.00	11547.1
1	-.22	1.98	11949.3
2	-.51	1.97	12152.0
3	-.80	1.97	12322.1
4	-.98	2.00	12716.8
5	-1.00	2.00	12511.7
6	-1.00	2.00	12459.6
7	-.99	2.00	12287.0
8	-.85	1.98	11959.6
9	-.58	1.97	11816.1

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	65.4	8.0	-23.8	24.9	133.5	.0	.0	.0

0	136.6	4.8	-2.3	106.8	117.5	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	140.2	-19.1	-30.2	116.2	286.0	.0	.0	.0
2	141.5	-25.6	-72.2	73.9	480.0	.0	.0	.0
3	144.0	-22.2	-115.6	31.3	681.6	.0	.0	.0
4	150.2	-7.3	-146.7	5.5	831.1	.0	.0	.0
5	148.1	.0	-148.5	1.4	837.1	.0	.0	.0
6	147.5	.0	-147.9	1.4	833.6	.0	.0	.0
7	145.3	5.6	-143.6	3.5	811.4	.0	.0	.0
8	140.1	18.3	-119.4	23.3	695.2	.0	.0	.0
9	138.0	22.4	-80.2	61.8	513.2	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

		APOIO	REACAO (T)
1		1	.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	137.9	27.4	-3.0	9.0	.0	.0	.0	.0	-12.0	35.0
0	126.3	247.6	-6.0	18.0	.0	.0	.0	.0	-25.0	74.0
1	349.9	274.2	7.0	-31.0	.0	.0	59.0	-261.0	-20.0	89.0
2	271.2	367.8	17.0	-75.0	.0	.0	104.0	-461.0	-18.0	79.0
3	233.4	422.4	24.0	-107.0	.0	.0	136.0	-598.0	-16.0	69.0
4	201.3	474.6	29.0	-127.0	.0	.0	155.0	-685.0	-13.0	60.0
5	220.7	463.6	31.0	-136.0	.0	.0	162.0	-716.0	-11.0	50.0
6	203.7	482.7	30.0	-132.0	.0	.0	155.0	-685.0	-9.0	40.0
7	148.9	539.2	27.0	-117.0	.0	.0	136.0	-598.0	-7.0	30.0
8	138.2	534.6	20.0	-90.0	.0	.0	104.0	-461.0	-4.0	20.0
9	138.7	528.9	12.0	-51.0	.0	.0	59.0	-261.0	-2.0	10.0

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F1=P+G1
- F2=F1+G2
- F3=F2+G3
- F4=F3+I.QMAX
- F5=F3+I.QMIN

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
-1	S	162.8	159.8	159.8	159.8	147.8
-1	I	160.9	169.9	169.9	169.9	204.9
0	S	233.1	227.1	227.1	227.1	202.1
0	I	365.1	383.1	383.1	383.1	457.1
1	S	466.1	473.1	473.1	532.1	453.1
1	I	560.2	529.2	529.2	268.2	618.2
2	S	345.1	362.1	362.1	466.1	344.1
2	I	847.8	772.8	772.8	311.8	851.8
3	S	264.7	288.7	288.7	424.7	272.7
3	I	1104.0	997.0	997.0	399.0	1066.0
4	S	206.8	235.8	235.8	390.8	222.8
4	I	1305.7	1178.7	1178.7	493.7	1238.7
5	S	222.1	253.1	253.1	415.1	242.1
5	I	1300.7	1164.7	1164.7	448.7	1214.7
6	S	205.1	235.1	235.1	390.1	226.1
6	I	1316.3	1184.3	1184.3	499.3	1224.3
7	S	152.4	179.4	179.4	315.4	172.4
7	I	1350.6	1233.6	1233.6	635.6	1263.6
8	S	161.5	181.5	181.5	285.5	177.5



8	I	1229.8	1139.8	1139.8	678.8	1159.8
9	S	200.5	212.5	212.5	271.5	210.5
9	I	1042.1	991.1	991.1	730.1	1001.1

1

**TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)**

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-1	519.4	138.2	630.0	1287.6	9845.4
0	517.3	168.0	630.0	1315.3	10231.8
1	512.5	320.5	630.0	1463.1	10486.3
2	503.4	613.1	630.0	1746.5	10405.4
3	487.6	1035.9	630.0	2153.5	10168.6
4	475.1	1395.3	630.0	2500.4	10216.4
5	473.1	1403.3	630.0	2506.4	10005.3
6	473.1	1426.4	630.0	2529.5	9930.1
7	474.2	1469.9	630.0	2574.1	9712.9
8	484.3	1224.9	630.0	2339.2	9620.4
9	500.1	820.1	630.0	1950.2	9865.9

1

**ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO**

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	57.9	7.1	-21.1	22.0	118.0	.0	.0	.0
0	121.1	4.2	-2.1	94.6	104.1	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	123.0	-16.7	-26.5	101.9	251.0	.0	.0	.0
2	121.2	-22.0	-61.8	63.3	411.0	.0	.0	.0
3	118.8	-18.3	-95.4	25.8	562.5	.0	.0	.0
4	120.7	-5.8	-117.9	4.4	667.7	.0	.0	.0
5	118.5	.0	-118.7	1.1	669.4	.0	.0	.0
6	117.6	.0	-117.9	1.1	664.4	.0	.0	.0
7	114.8	4.5	-113.5	2.8	641.4	.0	.0	.0
8	112.7	14.7	-96.1	18.7	559.3	.0	.0	.0
9	115.2	18.7	-67.0	51.6	428.5	.0	.0	.0

**REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO**

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

**TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)**

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	118.1	27.7	-3.0	9.0	.0	.0	.0	.0	-12.0	35.0
0	103.3	225.8	-6.0	18.0	.0	.0	.0	.0	-25.0	74.0
1	319.7	220.4	7.0	-31.0	.0	.0	59.0	-261.0	-20.0	89.0
2	271.4	279.2	17.0	-75.0	.0	.0	104.0	-461.0	-18.0	79.0
3	253.6	309.1	24.0	-107.0	.0	.0	136.0	-598.0	-16.0	69.0
4	235.9	341.8	29.0	-127.0	.0	.0	155.0	-685.0	-13.0	60.0
5	256.2	330.2	31.0	-136.0	.0	.0	162.0	-716.0	-11.0	50.0
6	239.7	347.5	30.0	-132.0	.0	.0	155.0	-685.0	-9.0	40.0
7	186.3	398.9	27.0	-117.0	.0	.0	136.0	-598.0	-7.0	30.0
8	163.6	409.1	20.0	-90.0	.0	.0	104.0	-461.0	-4.0	20.0
9	144.5	426.9	12.0	-51.0	.0	.0	59.0	-261.0	-2.0	10.0

1

**TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO**

TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2  
 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -  
 3)F1=P+G1  
 F2=F1+G2  
 F3=F2+G3  
 F4=F3+I.QMAX  
 F5=F3+I.QMIN

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
-1	S	140.1	137.1	137.1	137.1	125.1
-1	I	145.7	154.7	154.7	154.7	189.7
0	S	197.9	191.9	191.9	191.9	166.9
0	I	329.9	347.9	347.9	347.9	421.9
1	S	421.6	428.6	428.6	487.6	408.6
1	I	471.4	440.4	440.4	179.4	529.4
2	S	334.7	351.7	351.7	455.7	333.7
2	I	690.2	615.2	615.2	154.2	694.2
3	S	279.4	303.4	303.4	439.4	287.4
3	I	871.6	764.6	764.6	166.6	833.6
4	S	240.3	269.3	269.3	424.3	256.3
4	I	1009.5	882.5	882.5	197.5	942.5
5	S	257.3	288.3	288.3	450.3	277.3
5	I	999.6	863.6	863.6	147.6	913.6
6	S	240.8	270.8	270.8	425.8	261.8
6	I	1011.9	879.9	879.9	194.9	919.9
7	S	189.1	216.1	216.1	352.1	209.1
7	I	1040.3	923.3	923.3	325.3	953.3
8	S	182.3	202.3	202.3	306.3	198.3
8	I	968.4	878.4	878.4	417.4	898.4
9	S	196.1	208.1	208.1	267.1	206.1
9	I	855.4	804.4	804.4	543.4	814.4

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

=====

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	114.	0.	114.
2	114.	0.	114.

**6 - Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga de bordo**
**Fases de verificação das tensões**

$$F1 = G1 + 1^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F2 = F1 + G2$$

$$F3 = F2 + 2^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F4 = F3 + G3$$

$$F5 = F4 + CM_{\text{mínima}}$$

$$F6 = F4 + CM_{\text{máxima}}$$

**Tempo T = 0**

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	9	9
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-4	166	<b>162</b>	-24	<b>138</b>	25	<b>163</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	4	-3	<b>2</b>	26	<b>28</b>	133	<b>162</b>
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	105	<b>105</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-12	188	<b>176</b>	-50	<b>126</b>	107	<b>233</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	13	179	<b>192</b>	56	<b>248</b>	117	<b>365</b>
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	92	<b>92</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	76	229	<b>305</b>	45	<b>350</b>	116	<b>466</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-83	407	<b>324</b>	-50	<b>274</b>	286	<b>560</b>
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	16	<b>16</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	143	-2	<b>141</b>	130	<b>271</b>	74	<b>345</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-157	668	<b>510</b>	-143	<b>367</b>	480	<b>848</b>
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-61	<b>-61</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	191	-151	<b>40</b>	193	<b>233</b>	31	<b>264</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-211	846	<b>635</b>	-212	<b>423</b>	682	<b>1105</b>
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-112	<b>-112</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	221	-254	<b>-33</b>	234	<b>201</b>	6	<b>207</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-243	976	<b>733</b>	-258	<b>474</b>	831	<b>1306</b>
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-118	<b>-118</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	232	-266	<b>-35</b>	255	<b>220</b>	1	<b>221</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-255	1000	<b>745</b>	-281	<b>464</b>	837	<b>1301</b>
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-117	<b>-117</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	224	-266	<b>-43</b>	246	<b>204</b>	1	<b>205</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-246	1000	<b>753</b>	-271	<b>482</b>	834	<b>1316</b>
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-112	<b>-112</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	197	-265	<b>-69</b>	217	<b>148</b>	4	<b>152</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-217	995	<b>779</b>	-239	<b>540</b>	812	<b>1352</b>
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-72	<b>-72</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	151	-179	<b>-28</b>	166	<b>138</b>	23	<b>161</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-166	883	<b>717</b>	-183	<b>535</b>	695	<b>1230</b>
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-2	<b>-2</b>
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	86	-41	<b>45</b>	94	<b>139</b>	62	<b>201</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-95	727	<b>632</b>	-103	<b>529</b>	513	<b>1042</b>

Seção	G3	Fase 4	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 5	Fase 6	
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-5	<b>5</b>	-19	0	<b>-14</b>	<b>5</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-3	<b>160</b>	-12	0	<b>148</b>	<b>160</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	9	<b>170</b>	35	0	<b>206</b>	<b>170</b>
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-10	<b>96</b>	-39	0	<b>56</b>	<b>96</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-6	<b>227</b>	-25	0	<b>202</b>	<b>227</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	18	<b>383</b>	74	0	<b>457</b>	<b>383</b>
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	12	<b>104</b>	-36	105	<b>69</b>	<b>209</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	7	<b>473</b>	-20	59	<b>453</b>	<b>532</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-31	<b>529</b>	89	-261	<b>618</b>	<b>268</b>
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	30	<b>46</b>	-32	185	<b>14</b>	<b>231</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	17	<b>362</b>	-18	104	<b>344</b>	<b>466</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-75	<b>773</b>	79	-461	<b>852</b>	<b>312</b>
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	43	<b>-18</b>	-28	240	<b>-46</b>	<b>222</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	24	<b>289</b>	-16	136	<b>273</b>	<b>424</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-107	<b>998</b>	69	-598	<b>1067</b>	<b>399</b>
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	51	<b>-61</b>	-24	275	<b>-85</b>	<b>214</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	29	<b>236</b>	-13	155	<b>222</b>	<b>391</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-127	<b>1178</b>	60	-685	<b>1238</b>	<b>493</b>
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	54	<b>-63</b>	-20	288	<b>-83</b>	<b>224</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	31	<b>252</b>	-11	162	<b>241</b>	<b>415</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-136	<b>1166</b>	50	-716	<b>1215</b>	<b>449</b>
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	53	<b>-64</b>	-16	275	<b>-80</b>	<b>211</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	30	<b>235</b>	-9	155	<b>226</b>	<b>391</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-132	<b>1184</b>	40	-685	<b>1223</b>	<b>498</b>
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	47	<b>-65</b>	-12	240	<b>-77</b>	<b>176</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	27	<b>178</b>	-7	136	<b>171</b>	<b>314</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-117	<b>1235</b>	30	-598	<b>1265</b>	<b>636</b>
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	36	<b>-36</b>	-8	185	<b>-44</b>	<b>149</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	20	<b>182</b>	-4	104	<b>177</b>	<b>286</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-90	<b>1140</b>	20	-461	<b>1160</b>	<b>679</b>
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	20	<b>18</b>	-4	105	<b>14</b>	<b>123</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	12	<b>212</b>	-2	59	<b>210</b>	<b>271</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-51	<b>991</b>	10	-261	<b>1001</b>	<b>730</b>

**Tempo T = 00**

Fase 7 = Fase4 +  $\Delta\sigma$   
 F8 = F7 + CM<sub>mínima</sub>

F9 = F7 + CM<sub>máxima</sub>  
 $\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$

**1ª prot**

Seção	Tempo T = ∞			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	-	0	0	-	0	0	-	0	0
S1/2Bal	-	146	-2	-	166	-3	-	-20	1
0	-	165	157	-	188	179	-	-23	-22
1	-	199	353	-	229	407	-	-30	-54
2	-	-2	580	-	-2	668	-	0	-88
3	-	-131	733	-	-151	846	-	20	-113
4	-	-220	844	-	-254	976	-	34	-132
5	-	-231	867	-	-266	1000	-	35	-132
6	-	-230	865	-	-266	1000	-	36	-134
7	-	-228	856	-	-265	995	-	37	-140
8	-	-154	759	-	-179	883	-	25	-124
9	-	-35	625	-	-41	727	-	6	-102
10	-	0	0	-	0	0	-	0	0

**2ª prot**

Seção	Tempo T = ∞			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	8	22	118	9	25	133	-1	-3	-15
0	93	95	104	105	107	117	-12	-12	-13
1	81	102	251	92	116	286	-11	-14	-35
2	14	63	411	16	74	480	-2	-11	-69
3	-51	26	563	-61	31	682	11	-6	-119
4	-90	4	668	-112	6	831	22	-1	-163
5	-94	1	669	-118	1	837	24	0	-168
6	-93	1	665	-117	1	834	24	0	-169
7	-88	3	642	-112	4	812	23	-1	-170
8	-58	19	559	-72	23	695	14	-5	-136
9	-2	52	429	-2	62	513	0	-10	-85
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Perda total de protensão**

Seção	$\Delta\sigma_{total}$		
	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_s'$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-1	-23	-15
0	-12	-35	-35
1	-11	-45	-89
2	-2	-11	-157
3	11	15	-232
4	22	33	-295
5	24	35	-300
6	24	36	-303
7	23	36	-310
8	14	20	-260
9	0	-4	-187
10	0	0	0

**Tempo T = 00**

Seção		Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 8	Fase 9
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>5</b>	-1	<b>4</b>	-19	0	<b>-15</b>	<b>4</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>160</b>	-23	<b>137</b>	-12	0	<b>125</b>	<b>137</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>170</b>	-15	<b>156</b>	35	0	<b>191</b>	<b>156</b>
		<b>0</b>						
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>96</b>	-12	<b>83</b>	-39	0	<b>44</b>	<b>83</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>227</b>	-35	<b>192</b>	-25	0	<b>167</b>	<b>192</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>383</b>	-35	<b>348</b>	74	0	<b>422</b>	<b>348</b>
		<b>0</b>						
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>104</b>	-11	<b>93</b>	-36	105	<b>57</b>	<b>198</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>473</b>	-45	<b>429</b>	-20	59	<b>408</b>	<b>488</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>529</b>	-89	<b>440</b>	89	-261	<b>530</b>	<b>179</b>
		<b>0</b>						
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>46</b>	-2	<b>44</b>	-32	185	<b>12</b>	<b>229</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>362</b>	-11	<b>351</b>	-18	104	<b>333</b>	<b>455</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>773</b>	-157	<b>616</b>	79	-461	<b>695</b>	<b>155</b>
		<b>0</b>						
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-18</b>	11	<b>-8</b>	-28	240	<b>-36</b>	<b>233</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>289</b>	15	<b>303</b>	-16	136	<b>287</b>	<b>439</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>998</b>	-232	<b>766</b>	69	-598	<b>835</b>	<b>167</b>
		<b>0</b>						
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-61</b>	22	<b>-39</b>	-24	275	<b>-63</b>	<b>236</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>236</b>	33	<b>269</b>	-13	155	<b>255</b>	<b>424</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1178</b>	-295	<b>883</b>	60	-685	<b>943</b>	<b>198</b>
		<b>0</b>						
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-63</b>	24	<b>-39</b>	-20	288	<b>-59</b>	<b>248</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>252</b>	35	<b>287</b>	-11	162	<b>276</b>	<b>450</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1166</b>	-300	<b>865</b>	50	-716	<b>915</b>	<b>149</b>
		<b>0</b>						
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-64</b>	24	<b>-40</b>	-16	275	<b>-56</b>	<b>235</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>235</b>	36	<b>271</b>	-9	155	<b>262</b>	<b>426</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1184</b>	-303	<b>880</b>	40	-685	<b>920</b>	<b>195</b>
		<b>0</b>						
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-65</b>	23	<b>-41</b>	-12	240	<b>-53</b>	<b>199</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>178</b>	36	<b>215</b>	-7	136	<b>208</b>	<b>350</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1235</b>	-310	<b>925</b>	30	-598	<b>955</b>	<b>327</b>
		<b>0</b>						
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-36</b>	14	<b>-22</b>	-8	185	<b>-30</b>	<b>163</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>182</b>	20	<b>202</b>	-4	104	<b>198</b>	<b>307</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1140</b>	-260	<b>880</b>	20	-461	<b>900</b>	<b>419</b>
		<b>0</b>						
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>18</b>	0	<b>18</b>	-4	105	<b>14</b>	<b>123</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>212</b>	-4	<b>208</b>	-2	59	<b>206</b>	<b>267</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>991</b>	-187	<b>804</b>	10	-261	<b>814</b>	<b>543</b>

7 - Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga central

Fases de verificação das tensões

F1 = G1 + 1ª Protensão  
F2 = F1 + G2

F3 = F2 + 2ª Protensão  
F4 = F3 + G3

F5 = F4 + CM<sub>mínima</sub>  
F6 = F4 + CM<sub>máxima</sub>

Tempo T = 0

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	9	9
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-4	166	162	-4	158	25	183
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	4	-3	2	4	6	133	140
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	105	105
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-12	188	176	-12	164	107	271
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	13	179	192	13	205	117	323
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	92	92
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	76	229	305	76	381	116	497
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-83	407	324	-83	240	286	526
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	16	16
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	143	-2	141	143	284	74	358
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-157	668	510	-157	353	480	833
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-61	-61
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	191	-151	40	191	232	31	263
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-211	846	635	-211	424	682	1106
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-112	-112
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	221	-254	-33	221	188	6	193
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-243	976	733	-243	489	831	1320
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-118	-118
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	232	-266	-35	232	197	1	198
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-255	1000	745	-255	490	837	1327
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-117	-117
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	224	-266	-43	224	181	1	182
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-246	1000	753	-246	507	834	1341
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-112	-112
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	197	-265	-69	197	128	4	131
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-217	995	779	-217	562	812	1374
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-72	-72
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	151	-179	-28	151	123	23	146
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-166	883	717	-166	551	695	1246
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-2	-2
	$\sigma^{\cdot}_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	86	-41	45	86	132	62	193
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-95	727	632	-95	537	513	1050

Seção	G3	Fase 4	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 5	Fase 6	
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-2	<b>7</b>	-13	0	<b>-6</b>	<b>7</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-1	<b>181</b>	-8	0	<b>173</b>	<b>181</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	4	<b>144</b>	25	0	<b>169</b>	<b>144</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-5	<b>100</b>	-27	0	<b>73</b>	<b>100</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	-3	<b>268</b>	-17	0	<b>251</b>	<b>268</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	9	<b>332</b>	53	0	<b>385</b>	<b>332</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	5	<b>97</b>	-25	76	<b>72</b>	<b>173</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	3	<b>500</b>	-14	42	<b>486</b>	<b>542</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-14	<b>512</b>	64	-195	<b>577</b>	<b>317</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	13	<b>30</b>	-25	134	<b>5</b>	<b>164</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	8	<b>366</b>	-14	75	<b>352</b>	<b>441</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-35	<b>798</b>	64	-344	<b>863</b>	<b>454</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	19	<b>-42</b>	-19	175	<b>-61</b>	<b>133</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	11	<b>274</b>	-11	97	<b>263</b>	<b>371</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-50	<b>1056</b>	50	-447	<b>1106</b>	<b>609</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	23	<b>-89</b>	-17	200	<b>-106</b>	<b>111</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	13	<b>206</b>	-9	111	<b>197</b>	<b>317</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-60	<b>1261</b>	43	-512	<b>1304</b>	<b>749</b>
					<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	25	<b>-93</b>	-14	209	<b>-107</b>	<b>116</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	14	<b>212</b>	-8	116	<b>204</b>	<b>328</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-64	<b>1263</b>	36	-535	<b>1299</b>	<b>728</b>
		<b>0</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	24	<b>-93</b>	-11	200	<b>-104</b>	<b>107</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	13	<b>196</b>	-6	111	<b>190</b>	<b>307</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-62	<b>1279</b>	29	-512	<b>1307</b>	<b>767</b>
		<b>0</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	21	<b>-90</b>	-8	175	<b>-98</b>	<b>85</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	12	<b>143</b>	-5	97	<b>139</b>	<b>241</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-55	<b>1319</b>	21	-447	<b>1340</b>	<b>872</b>
		<b>0</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	16	<b>-56</b>	-6	134	<b>-61</b>	<b>78</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	9	<b>156</b>	-3	75	<b>152</b>	<b>230</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-42	<b>1204</b>	14	-344	<b>1218</b>	<b>860</b>
		<b>0</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	9	<b>7</b>	-3	76	<b>4</b>	<b>83</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	5	<b>199</b>	-2	42	<b>197</b>	<b>241</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	-24	<b>1026</b>	7	-195	<b>1033</b>	<b>831</b>



**Tempo T = 00**

$$\text{Fase 7} = \text{Fase 4} + \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$$

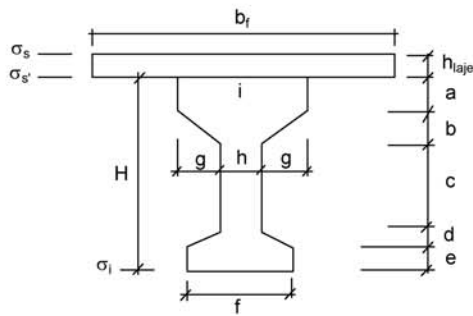
$$\text{F8} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{mínima}}$$

$$\text{F9} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{máxima}}$$

Seção		Fase 4	$\Delta\sigma_{\text{total}}$	Fase 7	CM <sub>mínima</sub>	CM <sub>máxima</sub>	Fase 8	Fase 9
S <sub>1/2Bal</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>7</b>	-1	<b>6</b>	-13	0	<b>-7</b>	<b>6</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>181</b>	-23	<b>158</b>	-8	0	<b>150</b>	<b>158</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>144</b>	-15	<b>129</b>	25	0	<b>155</b>	<b>129</b>
S <sub>0</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>100</b>	-12	<b>88</b>	-27	0	<b>61</b>	<b>88</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>268</b>	-35	<b>233</b>	-17	0	<b>216</b>	<b>233</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>332</b>	-35	<b>297</b>	53	0	<b>350</b>	<b>297</b>
S <sub>1</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>97</b>	-11	<b>86</b>	-25	76	<b>61</b>	<b>162</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>500</b>	-45	<b>455</b>	-14	42	<b>441</b>	<b>498</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>512</b>	-89	<b>424</b>	64	-195	<b>488</b>	<b>229</b>
S <sub>2</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>30</b>	-2	<b>27</b>	-25	134	<b>2</b>	<b>162</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>366</b>	-11	<b>355</b>	-14	75	<b>341</b>	<b>430</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>798</b>	-157	<b>641</b>	64	-344	<b>705</b>	<b>297</b>
S <sub>3</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-42</b>	11	<b>-31</b>	-19	175	<b>-51</b>	<b>143</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>274</b>	15	<b>289</b>	-11	97	<b>278</b>	<b>386</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1056</b>	-232	<b>824</b>	50	-447	<b>874</b>	<b>377</b>
S <sub>4</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-89</b>	22	<b>-67</b>	-17	200	<b>-84</b>	<b>133</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>206</b>	33	<b>239</b>	-9	111	<b>230</b>	<b>351</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1261</b>	-295	<b>966</b>	43	-512	<b>1009</b>	<b>453</b>
S <sub>5</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-93</b>	24	<b>-69</b>	-14	209	<b>-83</b>	<b>140</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>212</b>	35	<b>247</b>	-8	116	<b>240</b>	<b>364</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1263</b>	-300	<b>963</b>	36	-535	<b>999</b>	<b>428</b>
S <sub>6</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-93</b>	24	<b>-69</b>	-11	200	<b>-80</b>	<b>131</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>196</b>	36	<b>231</b>	-6	111	<b>225</b>	<b>343</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1279</b>	-303	<b>975</b>	29	-512	<b>1004</b>	<b>463</b>
S <sub>7</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-90</b>	23	<b>-67</b>	-8	175	<b>-75</b>	<b>108</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>143</b>	36	<b>180</b>	-5	97	<b>175</b>	<b>277</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1319</b>	-310	<b>1009</b>	21	-447	<b>1031</b>	<b>562</b>
S <sub>8</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>-56</b>	14	<b>-42</b>	-6	134	<b>-47</b>	<b>93</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>156</b>	20	<b>176</b>	-3	75	<b>173</b>	<b>251</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1204</b>	-260	<b>944</b>	14	-344	<b>958</b>	<b>600</b>
S <sub>9</sub>	$\sigma_s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>7</b>	0	<b>7</b>	-3	76	<b>4</b>	<b>83</b>
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>199</b>	-4	<b>194</b>	-2	42	<b>193</b>	<b>237</b>
	$\sigma_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	<b>1026</b>	-187	<b>839</b>	7	-195	<b>846</b>	<b>644</b>

**8 - Verificação do Estado Limite Último (Verificação à Ruptura da Seção S<sub>5</sub>)**

**Verificação da Seção do Meio do Vão (S<sub>5</sub>)**



- b<sub>f</sub> (m) = 2.525
- h<sub>laje</sub> (m) = 0.200
- a (m) = 0.120
- b (m) = 0.100
- c (m) = 0.830
- d (m) = 0.150
- e (m) = 0.200
- f (m) = 0.500
- g (m) = 0.310
- h (m) = 0.180
- i (m) = 0.800
- H (m) = 1.400

**Materiais:**

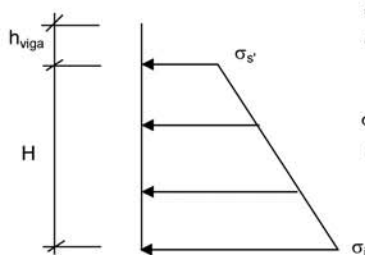
Concreto: f<sub>ck</sub> (MPa) = 30.0

E<sub>c</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>) = 330,000

Aço: CP-190-RB

E<sub>sp</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>) = 1,950,000

**Tensões de peso próprio + protensão em t = ∞**



σ<sub>s</sub>' = σ<sub>s</sub>' da seção S<sub>5</sub> na Fase 7

σ<sub>i</sub> = σ<sub>i</sub> da seção S<sub>5</sub> na Fase 7

σ<sub>s</sub>' (tf/m<sup>2</sup>) = 287.3

σ<sub>i</sub> (tf/m<sup>2</sup>) = 865.4

**Tensões no aço de protensão após as perdas (t = ∞)**

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} = \sigma_{sp}^{t=0} - 1^{prot.} + \sigma_{sp}^{t=0} - 2^{prot.}$$

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 104,856$$

**Solicitações atuantes na seção S<sub>5</sub>**

$$M_{g1} \text{ (tf.m)} = 37.8$$

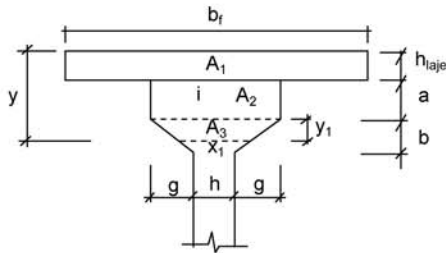
$$M_{g2} \text{ (tf.m)} = 41.5$$

$$M_{g3} \text{ (tf.m)} = 29.6$$

$$M_p \text{ (tf.m)} = 156.2$$



**Cálculo da resultante de compressão**



- $b_f$  (m) = 2.525
- $h_{laje}$  (m) = 0.200
- $a$  (m) = 0.120
- $b$  (m) = 0.100
- $g$  (m) = 0.310
- $h$  (m) = 0.180
- $i$  (m) = 0.800
- $y_1$  (m) = -0.011
- $x_1$  (m) = 0.868
- $y$  (m) = 0.309

$$R_{cc} = 0,85 * f_{cd} * (A_1 + A_2 + A_3) / 1,4$$

- $A_1$  (m<sup>2</sup>) = 0.505
- $A_2$  (m<sup>2</sup>) = 0.087
- $A_3$  (m<sup>2</sup>) = 0.000

$$R_{cc} (tf) = 1078.7$$

**Cálculo da resultante de tração**

$$\epsilon_{sp}^{total} = \epsilon_{sp}^{pré-along.} + \epsilon_{sp}^{descomp.} + \epsilon_{sp}$$

$$\epsilon_{sp}^{total} (\%) = 15.63$$

Da tabela do livro de concreto pretendido do Prof. Walter do Couto Pfeil tem-se:

$$\sigma_{sp} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 15,763$$

$$A_{sp}^{1cabo \ 6\phi 12,7} \text{ (cm}^2\text{)} = 5.92$$

$$A_{sp}^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 23.7$$

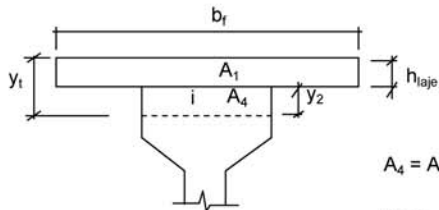
$$R_{st} = A_{sp}^{total} * \sigma_{sp}$$

$$R_{st} (tf) = 373.3$$

Como  $R_{st} < R_{cc}$ , devemos diminuir o valor de x para reduzir a mesa de compressão e conseqüentemente Rcc.

Logo devemos ter:

$$R_{cc} = R_{st} (tf) = 373.3$$



$$A_c^{total} = A_1 + A_4 = R_{cc} / (0,85 * f_{cd})$$

$$A_1 \text{ (m}^2\text{)} = 0.505$$

$$A_c^{total} \text{ (m}^2\text{)} = 0.205$$

$$A_4 = A_c^{total} - A_1 \quad A_4 \text{ (m}^2\text{)} = 0.000 \quad (y_t < h_{laje})$$

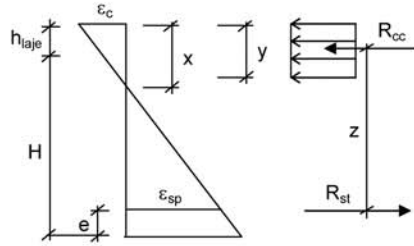
logo:  $y_2$  (m) = 0.000

$$y_t \text{ (m)} = 0.0812 \quad y_t < h_{\text{laje}}$$

$$x = y_t / 0,8 \quad x \text{ (m)} = 0.101$$

Cálculo do C.G da mesa comprimida

$$y_{C.G.} = \Sigma(A_i * y_i) / \Sigma A_i \quad y_{C.G.} \text{ (m)} = 0.0406$$



$$z = H + h_{\text{laje}} - y_{C.G.} - e \quad z \text{ (m)} = 1.449$$

Assim temos:

$$M_u = R_{cc} * z \quad M_u \text{ (tf.m)} = 541.0$$

$$M_d = 1,4 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \quad M_d \text{ (tf.m)} = 371.0$$

Então:  $M_u / M_d = 1.46 > 1,00$  (Atende)  
Ruptura unicamente pelo escoamento do aço

**9 - Os quadros a seguir apresentam o cálculo do cisalhamento**
**Esforços cortantes característicos**

$$V_{k,max} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,max}$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 35,0$$

$$V_{k,min} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,min}$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500,0$$

$$\text{onde: } V_{p,k} = V_p^{1^{prot}} + V_p^{2^{prot}} \text{ em tempo } t = \infty$$

Seção	$V_{g1,k}$ (tf)	$V_{g2,k}$ (tf)	$V_{g3,k}$ (tf)	$V_{p,k}$ (tf)	$V_{q,max,k}$ (tf)	$V_{q,min,k}$ (tf)	$V_k^{max}$ (tf)	$V_k^{min}$ (tf)
1/2 bal	-1.8	-7.6	-4.2	14.0	16.6	0.0	8.7	0.4
0 esq	-3.0	-8.4	-4.8	9.4	17.8	0.0	-6.8	2.1
0 dir	10.3	11.4	8.1	0.0	38.7	0.0	49.2	29.8
1	7.5	9.3	6.6	-32.6	33.3	-0.4	-9.4	7.4
2	5.7	7.2	5.0	-38.5	28.1	-3.4	-22.3	-6.5
3	3.8	5.1	3.4	-28.8	23.3	-6.7	-19.7	-4.8
4	2.0	3.1	1.9	-10.2	18.7	-10.3	-8.4	6.1
5	0.1	0.2	0.3	0.0	14.5	-14.2	8.0	-6.4

**Verificação do concreto**

$$\phi \text{ bainha (m)} = 0,055$$

$$V_{sd} = 1,40 * (V_{g1} + V_{g2} + V_{g3}) + 0,90 * V_p + 1,40 * V_q$$

$$V_{rd2} = 0,3 * f_{cd} * b_w * \text{nom} * d$$

$$d = H_{viga} + h_{laje} - 0,15$$

Seção	$V_{sd}$ (tf)	$b_w$ (m)	$\Sigma \phi/2$ (m)	$b_w^{nom}$ (m)	$d$ (m)	$V_{rd2}$ (tf)
1/2 bal	16.9	0.50	0.028	0.500	1.45	507.5
0 esq	-14.3	0.50	0.028	0.500	1.45	507.5
0 dir	96.0	0.50	0.028	0.500	1.45	507.5
1	50.0	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
2	29.8	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
3	24.0	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
4	26.7	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
5	21.3	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8

Para todas as seções  $V_{rd2} > V_{sd}$

**Parcela do esforço cortante absorvida pelo concreto**

$$M_{sdu} = 1,40 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3}) + 1,40 * M_q$$

Seção	$M_{g1,k}$	$M_{g2,k}$	$M_{g3,k}$	$M_{q,k}$	$M_{sdu}$ (tf.m)
1/2 bal	-0.8	-4.7	-2.5	-10.4	-25.8
0 esq	-2.4	-9.9	-5.4	-21.6	-55.0
0 dir	-2.4	7.4	-5.4	-21.6	-30.9
1	12.4	7.4	6.7	57.0	116.8
2	23.3	21.1	16.3	100.5	225.7
3	31.2	31.4	23.3	130.4	302.9
4	36.0	38.2	27.7	149.4	351.9
5	37.8	41.5	29.6	156.2	371.0

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w, \text{nom} * d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ MPa}$$

$$\tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.376$$

$$\beta_1 = 1 + (M_o / M_{sdu}) \leq 2$$

$$M_o = 0,90 * (\sigma_p^{1\text{prot.}} * W^{\text{isol.}} + \sigma_p^{2\text{prot.}} * W^{\text{conj.}})$$

Seção	$\sigma_p^{1\text{prot.00}}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$W^{\text{isol.}}$ (m <sup>3</sup> )	$\sigma_p^{2\text{prot.00}}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$W^{\text{conj.}}$ (m <sup>3</sup> )	$M_o$ (tf.m)	$\beta_1$
1/2 bal	146	0.197	22	0.865	43.00	2.000
0 esq	165	0.197	95	0.865	102.94	2.000
0 dir	165	0.197	95	0.865	102.94	2.000
1	580	0.148	251	0.218	126.45	2.000
2	733	0.148	411	0.218	178.28	1.790
3	844	0.148	563	0.218	222.81	1.736
4	867	0.148	668	0.218	246.57	1.701
5	865	0.148	669	0.218	246.57	1.665

Seção	$b_w^{\text{nom}}$ (m)	d (m)	$V_{cd}$ (tf)
1/2 bal	0.500	1.450	136.1
0 esq	0.500	1.450	136.1
0 dir	0.500	1.450	136.1
1	0.153	1.450	41.5
2	0.153	1.450	37.2
3	0.153	1.450	36.0
4	0.153	1.450	35.3
5	0.153	1.450	34.6

**Parcela do cortante absorvida pela armadura transversal**

Seção	$V_{sd}$ (tf)	$V_{cd}$ (tf)	$V_{wd}$ (tf)
1/2 bal	16.9	136.1	0.00
0 esq	14.3	136.1	0.00
0 dir	96.0	136.1	0.00
1	50.0	41.5	8.47
2	29.8	37.2	0.00
3	24.0	36.0	0.00
4	26.7	35.3	0.00
5	21.3	34.6	0.00

**Cálculo da taxa volumétrica de armadura transversal**

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / ( 0,90 * d * f_{ywd} )$$

$$\rho_w = ( A_{sw} / s ) * ( 1 / b_w )$$

Seção	$b_w$ (m)	$V_{wd}$ (tf)	$A_{sw}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)	$\rho_w$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
1/2 bal	0.50	0.0	0.00	0.00
0 esq	0.50	0.0	0.00	0.00
0 dir	0.50	0.0	0.00	0.00
1	0.18	8.5	1.49	8.29
2	0.18	0.0	0.00	0.00
3	0.18	0.0	0.00	0.00
4	0.18	0.0	0.00	0.00
5	0.18	0.0	0.00	0.00

**Cálculo do Fator de Fadiga**

$$\Delta\sigma_w = ( V_{max} - V_c ) / ( b_w * d * \rho_w ) - ( V_{min} - V_c ) / ( b_w * d * \rho_w )$$

$$\Delta f_{sd}^{fad} = 850 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f.f. = \Delta\sigma_w / \Delta f_{sd}$$

Seção	$V^{max}$ (tf)	$V^{min}$ (tf)	$V_c$ (tf)	$\rho_w$ (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> )	$\sigma_w^{max}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\sigma_w^{min}$ (tf/m <sup>2</sup> )
1/2 bal	8.73	0.41	90.76	0.00000	0	0
0 esq	-6.83	2.09	90.76	0.00000	0	0
0 dir	49.18	29.83	90.76	0.00000	0	0
1	-9.39	7.44	27.68	0.00083	0	0
2	-22.29	-6.55	24.77	0.00000	0	0
3	-19.73	-4.75	24.02	0.00000	0	0
4	-8.44	6.08	23.54	0.00000	0	0
5	7.96	-6.40	23.04	0.00000	0	0

$\Delta\sigma_w$ (tf/m <sup>2</sup> )	f.f.
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00



**Cálculo dos estribos e seus espaçamentos**

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w) \geq 15 \text{ (cm}^2/\text{m}^2\text{)}$$

$$s = 2 * A_{s1perna} / (\rho_w * f.f. * b_w)$$

$$\phi \text{ (mm)} = 10.00$$

$$A_{s1perna} \text{ (cm}^2\text{)} = 0.785$$

Seção	b <sub>w</sub> (m)	ρ <sub>wu</sub>	ρ <sub>wu</sub> x f.f.	ρ <sub>wu</sub> x f.f. Médio	Espaçam. (m)
1/2 bal	0.50	0.00	0.00		
				15.0	20.9
0 esq	0.50	0.00	0.00		
0 dir	0.50	0.00	0.00		
				15.0	30.8
1	0.18	8.29	8.29		
				15.0	58.1
2	0.18	0.00	0.00		
				15.0	58.1
3	0.18	0.00	0.00		
				15.0	58.1
4	0.18	0.00	0.00		
				15.0	58.1
5	0.18	0.00	0.00		

**10 - Verificação dos Aparelhos de Apoio**
**Apoio1**
**Viga de Bordo**
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 13.3$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 20.5$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 12.9$$

$$N_{CM\_max} \text{ (tf)} = 45.9$$

$$N_{CM\_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 92.6$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 771.3 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 46.7$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 389.0 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

**Viga Central**
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 13.3$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 18.8$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 6.3$$

$$N_{CM\_max} \text{ (tf)} = 34.8$$

$$N_{CM\_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 73.3$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 610.5 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM\_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 38.5$$

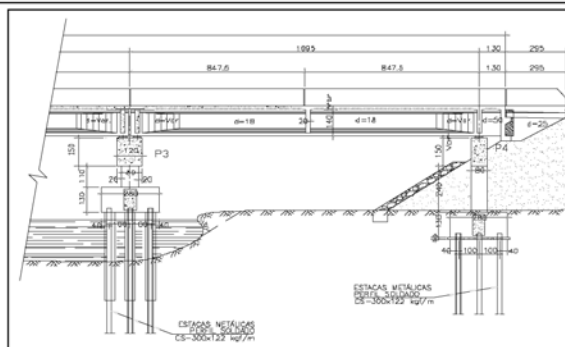
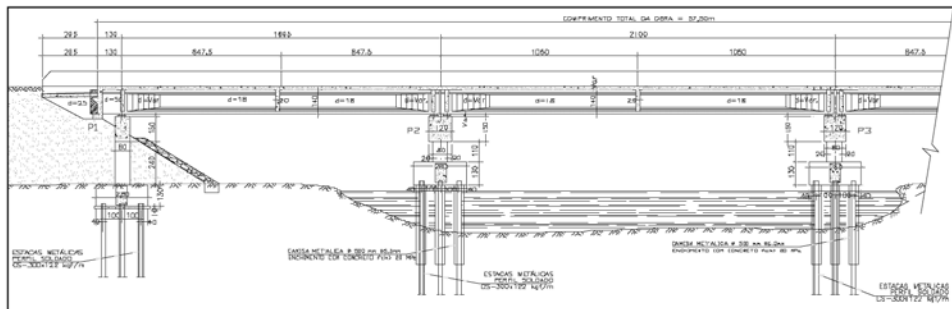
$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 320.5 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

## **7.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA**

Quatro linhas de apoio com pilares de respectivamente 2,40 m, 1,10 m, 1,10 m e 2,40 m de altura, para obras de 57,50 m com vãos de 21,00 m e 16,95 m com balanços de 1,30 m.

Cálculo da Infraestrutura - ( 2 vãos de 16,95m e 1 vão de 21,00m com balanços de 1,30m )

**1 - Sistema estrutural**

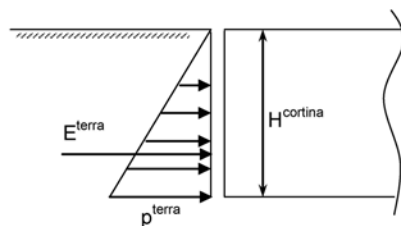


- $L_{vão1}$  (m) = 16.95
- $L_{vão2}$  (m) = 21.00
- $L_{vão3}$  (m) = 16.95
- $L_{bal\_esq}$  (m) = 1.30
- $L_{bal\_dir}$  (m) = 1.30

**2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais**

**2.1 - Direção longitudinal**

**2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas**



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma_{solo} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H_{cortina} \text{ (m)} = 1.85$$

$$L_{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p_{terra} = K_a \times \gamma_{solo} \times H_{cortina}$$

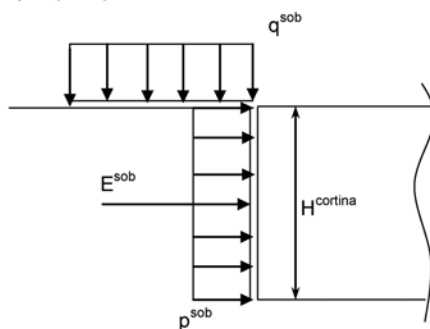
$$p_{terra} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.110$$

$$E_{terra} = ((p_{terra} \times H_{cortina})/2) \times L_{obra}$$

$$E_{terra} \text{ (tf)} = 13.3$$

## 2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{\text{mult}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$



$$q^{\text{sob}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 1.85$$

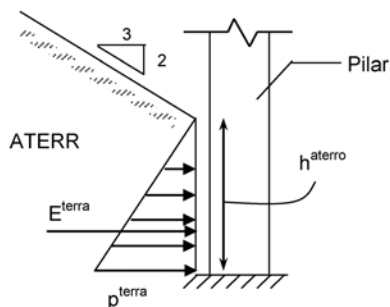
$$p^{\text{sob}} = K_a \times q^{\text{sob}}$$

$$p^{\text{sob}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.167$$

$$E_{\text{sob}} = p^{\text{sob}} \times L^{\text{obra}} \times H^{\text{cortina}}$$

$$E_{\text{sob}} \text{ (tf)} = 4.0$$

## 2.1.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos



$$K_a = 0.75$$

$$\gamma_{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$h^{\text{aterro P1}} \text{ (m)} = 2.40$$

$$b^{\text{pilar}} \text{ (m)} = 0.00$$

$$h^{\text{aterro P4}} \text{ (m)} = 2.40$$

$$b^{\text{pilar}} \text{ (m)} = 0.80$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma_{\text{solo}} \times h^{\text{aterro}}$$

$$p^{\text{terra P1}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 3.24$$

$$p^{\text{terra P4}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 3.24$$

$$E_{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times h^{\text{aterro}})/2) \times 3b^{\text{pilar}}$$

$$E_{\text{terra P1}} \text{ (tf)} = 0.00$$

$$E_{\text{terra P4}} \text{ (tf)} = 9.33$$

## 2.1.4 - Deformações impostas

Para simular os efeitos de retração do concreto, deformação imediata e lenta do concreto devidas à protensão e variação ambiental de temperatura assumiremos queda de temperatura e coeficiente de dilatação térmica respectivamente de:

$$\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = -65$$

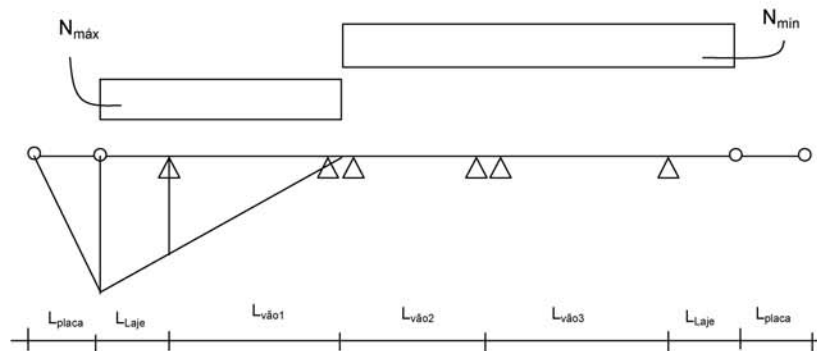
$$\alpha = 0.00001$$

2.1.5 - Frenagem e aceleração

$$F^{fren} \geq \begin{cases} 30\% \text{ do peso do veículo tipo} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} \end{cases}$$

$P^{concentrado} (tf) = 45.0$	$Larg^{obra} (m) = 13.00$	$L^{V\grave{a}o1} (m) = 16.95$
$q^{mult} (tf/m^2) = 0.5$	$L^{bal\_esq} (m) = 1.30$	$L^{V\grave{a}o2} (m) = 21.00$
$Larg^{obra} (m) = 13.00$	$L^{bal\_dir} (m) = 1.30$	$L^{V\grave{a}o3} (m) = 16.95$

Linha de influência da reação máxima em P1 e P4



1ª Hipótese - N<sub>máx</sub>

30% do peso do veículo tipo =  $0,30 \times P^{concentrado}$   
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{Bal\_esq+V\grave{a}o1}$  para PTC  
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{Bal\_esq+V\grave{a}o1}$  para PMC

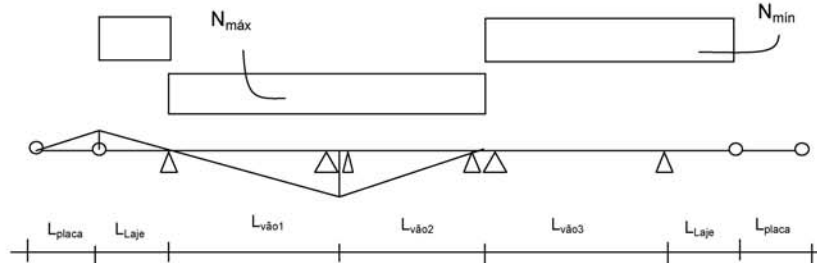
$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 5.57 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 2.78 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

2ª Hipótese - N<sub>min</sub>

30% do peso do veículo tipo =  $0,30 \times P^{concentrado}$   
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{bal\_dir+v\grave{a}o2+v\grave{a}o3}$  para PTC  
 5% da carga de multidão =  $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{bal\_dir+v\grave{a}o2+v\grave{a}o3}$  para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 11.97 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 5.99 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

Linha de influência da reação máxima em P2 e P3



**1ª Hipótese - N<sub>máx</sub>**

30% do peso do veículo tipo = 0,30 x P<sup>concentrado</sup>

5% da carga de multidão = 0,05 x q<sup>mult</sup> x (L<sup>obra</sup> - 0,80) x L<sup>Vão1+Vão2</sup> para PTC

5% da carga de multidão = 0,05 x q<sup>mult</sup> x (L<sup>obra</sup> - 0,80)/2 x L<sup>Vão1+Vão2</sup> para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 11.57 \\ 5.79 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

**2ª Hipótese - N<sub>min</sub>**

30% do peso do veículo tipo = 0,30 x P<sup>concentrado</sup>

5% da carga de multidão = 0,05 x q<sup>mult</sup> x (L<sup>obra</sup> - 0,80) x L<sup>bal\_esq+vão3+bal\_dir</sup> para PTC

5% da carga de multidão = 0,05 x q<sup>mult</sup> x (L<sup>obra</sup> - 0,80)/2 x L<sup>bal\_esq+vão3+bal\_dir</sup> para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 5.96 \\ 2.98 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

**2.2 Direção transversal**

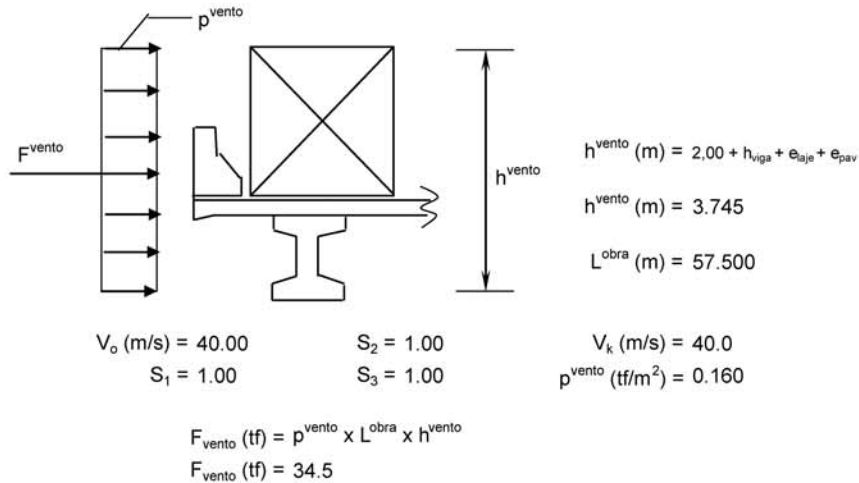
**2.2.1 - Vento na superestrutura**

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo com o prescreve a NBR-6123

$$p_{vento} = C_x * (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o * S_1 * S_2 * S_3$$

$$C_x = 1.60$$



### 3 - Cálculo das rizezas dos apoios

#### 3.1 - Linha de apoio 1

##### 3.1.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

$n^\circ$  de aparelhos de apoio (n) = 5  
 $S_1$  apar (m<sup>2</sup>) = 0.15  
 $G$  (tf/m<sup>2</sup>) = 100.0       $k_{transv}^{neop} = k_{long}^{neop} = (n * G * S) / h_{borr}$   
 $h_{borr}$  (m) = 0.03

$K^{neop}$  (tf/m) = 2500.0

##### 3.1.2 - Pilares

$fck_{pilar}$  (MPa) = 20  
 $h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$   
 $h_{total} = 4.55$   
 $n^\circ$  de pilares (n) = 2

- longitudinal

$K = n * 3 * E * J / (H^3)$   
 $J_{1\ pilar}^{long}$  (m<sup>4</sup>) = 0.0341  
 $E_c$  (tf/m<sup>2</sup>) =  $9,5 \times (fck_j + 8)^{1/3}$   
 $E_c$  (tf/m<sup>2</sup>) = 2,884,760  
 $K_2^{long}$  (tf/m) = 6272.0

- transversal

$K = n * 3 * E * J / (H^3)$   
 $J_{1\ pilar}^{transv}$  (m<sup>4</sup>) = 0.0341  
 $E_c$  (tf/m<sup>2</sup>) = 2,884,760  
 $K_2^{transv}$  (tf/m) = 6272.0



**3.1.3 - Rigidez do conjunto**

$$K^{conj} = 1 / ((1/K_{neop}) + (1/K_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K^{long - conj}_1 (tf/m) = 1787.5$$

- transversal

$$K^{transv - conj}_1 (tf/m) = 1787.5$$

**3.2 - Linha de apoio 2**
**3.2.1 - Aparelhos de apoio (30x40)**

$$n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio (n)} = 10$$

$$S_1 \text{ apar (m}^2\text{)} = 0.12$$

$$G \text{ (tf/m}^2\text{)} = 100$$

$$h \text{ (m)} = 0.03$$

$$K^{neop}_{transv} = K^{neop}_{long} = (n * G * S) / h_{barr}$$

$$K^{neop} (tf/m) = 4000.0$$

**3.2.2 - Pilares**

$$f_{ck \text{ pilar}} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$$

$$h_{total} = 3.25$$

$$n^{\circ} \text{ de pilares (n)} = 2$$

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J^{long}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0427$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3}$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K^{long}_2 (tf/m) = 21512.9$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J^{transv}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0667$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K^{transv}_2 (tf/m) = 33613.9$$

**3.2.3 - Rigidez do conjunto**

$$K^{conj} = 1 / ((1/K_{neop}) + (1/K_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K^{long - conj}_2 (tf/m) = 3372.9$$

- transversal

$$K^{transv - conj}_2 (tf/m) = 3574.6$$

**3.3 - Linha de apoio 3**
**3.3.1 - Aparelhos de apoio (30x40)**

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 10 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.12 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\ h \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned} \quad k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{barr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 4000.0$$

**3.3.2 - Pilares**

$$\begin{aligned} f_{ck_{\text{pilar}}} \text{ (MPa)} &= 20 \\ h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\ h_{\text{total}} &= 3.25 \\ n^{\circ} \text{ de pilares (n)} &= 2 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$\begin{aligned} J^{\text{long}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0427 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3} \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K^{\text{long}}_3 \text{ (tf/m)} &= 21512.9 \end{aligned}$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$\begin{aligned} J^{\text{transv}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0667 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K^{\text{transv}}_3 \text{ (tf/m)} &= 33613.9 \end{aligned}$$

**3.3.3 - Rigidez do conjunto**

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long - conj}}_3 \text{ (tf/m)} = 3372.9$$

- transversal

$$K^{\text{transv - conj}}_3 \text{ (tf/m)} = 3574.6$$

**3.4 - Linha de apoio 4**
**3.4.1 - Aparelhos de apoio (30x50)**

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.15 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\ h \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned} \quad k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{barr}}$$

$$K^{neop} \text{ (tf/m)} = 2500.0$$

**3.4.2 - Pilares**

$$fck_{\text{ pilar}} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{\text{ total}} = h_{\text{ travessa}} + H_{\text{ pilar}} + h_{\text{ bloco}}/2$$

$$h_{\text{ total}} = 4.55$$

$$n^{\circ} \text{ de pilares (n)} = 2$$

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{\text{ 1 pilar}}^{\text{ long}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$Ec \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9,5 \times (fckj + 8)^{1/3}$$

$$Ec \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_{\text{ 4}}^{\text{ long}} \text{ (tf/m)} = 6272.0$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{\text{ 1 pilar}}^{\text{ transv}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$Ec \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_{\text{ 4}}^{\text{ transv}} \text{ (tf/m)} = 6272.0$$

**3.4.3 - Rigidez do conjunto**

$$K^{\text{ conj}} = 1 / ((1/K_{neop}) + (1/K_{\text{ pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_{\text{ 4}}^{\text{ long - conj}} \text{ (tf/m)} = 1787.5$$

- transversal

$$K_{\text{ 4}}^{\text{ transv - conj}} \text{ (tf/m)} = 1787.5$$

**3.5 - Cálculo dos coeficientes de distribuição**

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K_{\text{ conj}}^{\text{ long}} = 10320.7$$

$$\mu_{\text{ 1}}^{\text{ long}} = 0.1732$$

$$\mu_{\text{ 2}}^{\text{ long}} = 0.3268$$

$$\mu_{\text{ 3}}^{\text{ long}} = 0.3268$$

$$\mu_{\text{ 4}}^{\text{ long}} = 0.1732$$

- transversal

$$\sum K_{\text{ conj}}^{\text{ transv}} = 10724.3$$

$$\mu_{\text{ 1}}^{\text{ transv}} = 0.1667$$

$$\mu_{\text{ 2}}^{\text{ transv}} = 0.3333$$

$$\mu_{\text{ 3}}^{\text{ transv}} = 0.3333$$

$$\mu_4^{\text{transv}} = 0.1667$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	1787.5	1787.5	0.17320	0.16668
2	3372.9	3574.6	0.32680	0.33332
3	3372.9	3574.6	0.32680	0.33332
4	1787.5	1787.5	0.17320	0.16668
Total	10320.7	10724.3	1.0	1.0

4 - Distribuição dos esforços longitudinais

$$F^1(\text{tf}) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio1}}$$

$$F^2(\text{tf}) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio2}}$$

$$F^3(\text{tf}) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio3}}$$

$$F^4(\text{tf}) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio4}}$$

4.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1(\text{tf}) = 2.31$$

$$F^2(\text{tf}) = 4.36$$

$$F^3(\text{tf}) = 4.36$$

$$F^4(\text{tf}) = 2.31$$

4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1(\text{tf}) = 0.69$$

$$F^2(\text{tf}) = 1.31$$

$$F^3(\text{tf}) = 1.31$$

$$F^4(\text{tf}) = 0.69$$

4.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos (para cada pilar)  
(aplicado diretamente sobre os pilares)

$$\text{Pilar}^{\text{apoio1}}(\text{tf}) = 0.00$$

$$\text{Pilar}^{\text{apoio4}}(\text{tf}) = 9.33$$

4.4 - Deformações impostas por linha de apoio

centro elástico longitudinal

$$X_{c.e.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i} \quad F = K_i \cdot X_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

Xc.e. Longitudinal (m) = 28.8

Apoio	K <sub>long</sub> (tf/m)	X <sub>i</sub> (m)	F (tf)
1	1787.5	27.45	31.89

2	3372.9	10.50	23.02
3	3372.9	10.50	23.02
4	1787.5	27.45	31.89

4.5 - Frenagem e aceleração por linha de apoio

Hipótese de  $N_{máx}$

- PTC

$F^1$  (tf) = 2.3  
 $F^2$  (tf) = 4.4  
 $F^3$  (tf) = 4.4  
 $F^4$  (tf) = 2.3

- PMC

$F^1$  (tf) = 2.3  
 $F^2$  (tf) = 4.4  
 $F^3$  (tf) = 4.4  
 $F^4$  (tf) = 2.3

Hipótese de  $N_{mín}$

- PTC

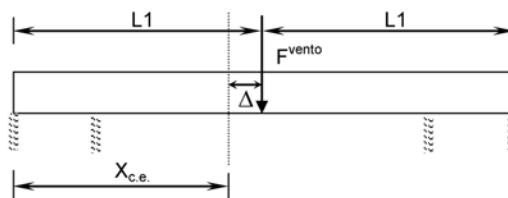
$F^1$  (tf) = 2.3  
 $F^2$  (tf) = 4.4  
 $F^3$  (tf) = 4.4  
 $F^4$  (tf) = 2.3

- PMC

$F^1$  (tf) = 2.3  
 $F^2$  (tf) = 4.4  
 $F^3$  (tf) = 4.4  
 $F^4$  (tf) = 2.3

5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio

5.1 - Vento na superestrutura



$L1$  (m) = 28.75  
 $X_{c.e.Transversal}$  (m) = 28.75  
 $\Delta$  (m) = 0.000  
 $F_{vento}$  (tf) = 34.45

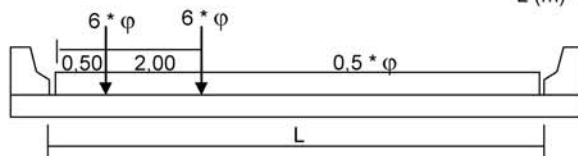
$$F_i^T = F_{vento} * K_i Trans * [ ( 1 / \sum K_i Trans ) \pm ( \Delta * X_i ) / ( \sum (K_i Trans * X_i^2) ) ]$$

Linha	$K_i Trans$ (tf/m)	$X_i$ (m)	$K_i Trans * X_i^2$	$F_i^T$ (tf)
1	1787.5	-27.45	1346889	5.74
2	3574.6	-10.50	394103	11.48
3	3574.6	10.50	394103	11.48
4	1787.5	27.45	1346889	5.74
<b>TOTAL</b>	<b>10724.3</b>		<b>3481984</b>	<b>34.45</b>

**Cálculo dos Esforços na Infra-Estrutura provenientes da superestrutura**

**PTC**

$L (m) = 12.20$



$$P = 2 * 6 * \varphi \qquad Mt = 6 * \varphi * ( 0,5 * L - 0,5 + 0,5 * L - 2,50 )$$

$$p = 0,5 * \varphi * L \qquad mt = 0$$

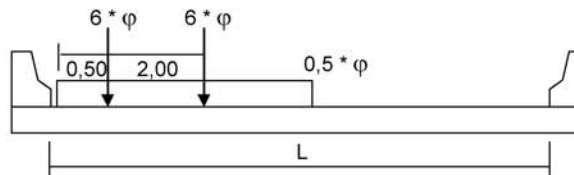
Trem-Tipo Flexão

Vão teórico (m)	$\varphi$	P (tf)	p (tf/m)
L1	16.6	1.284	7.831
L2	20.3	1.258	7.673
L3	16.6	1.284	7.831

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	$\varphi$	Mt	mt
L1	16.6	1.284	0.000
L2	20.3	1.258	0.000
L3	16.6	1.284	0.000

**PMC**



$$P = 2 * 6 * \varphi \qquad Mt = 6 * \varphi * ( 0,5 * L - 0,5 + 0,5 * L - 2,50 )$$

$$p = 0,5 * \varphi * 0,50 * L \qquad mt = 0,50 * \varphi * 0,50 * L * 0,25 * L$$

Trem-Tipo Flexão

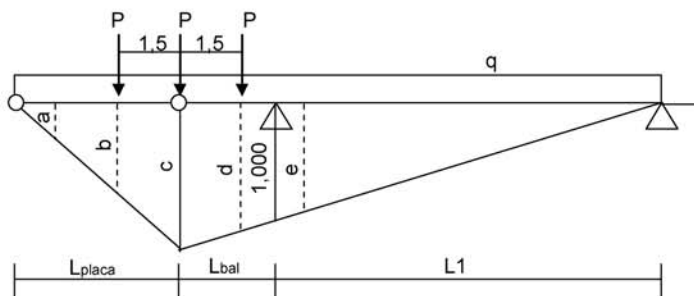
Vão teórico (m)	$\varphi$	P (tf)	p (tf/m)
L1	16.6	1.284	3.916
L2	20.3	1.258	3.837
L3	16.6	1.284	3.916

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	$\varphi$	Mt	mt
L1	16.6	1.284	11.94
L2	20.3	1.258	11.70
L3	16.6	1.284	11.94

**Reações de Carga Móvel nos Apoios**

**Apoio P1**



$L_{placa}$ (m) = 3.00	$a = 0.000$	$d = 0.988$
$L_{bal}$ (m) = 1.30	$b = 0.539$	$e = 0.898$
$L1$ (m) = 16.60	$c = 1.078$	

**Reação Máxima**

$$N_p = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q * [(L_{bal} + L1) * c + c * L_{placa}] / 2$$

PTC

$P$  (tf) = 15.4  
 $q$  (tf/m) = 7.831

$N_p$  (tf) = 128.4  
 $ML$  (tf.m) = 0.0

PMC

$P$  (tf) = 15.4  
 $q$  (tf/m) = 3.916

$N_p$  (tf) = 87.0  
 $ML$  (tf.m) = 0.0

**Reação Mínima**

PTC

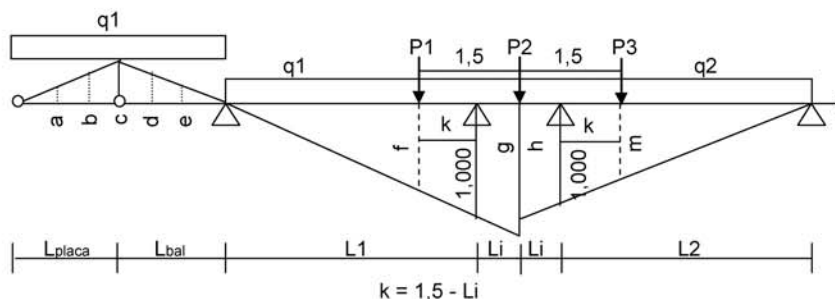
$N_p$  (tf) = 0.0  
 $ML$  (tf.m) = 0.0

PMC

$N_p$  (tf) = 0.0  
 $ML$  (tf.m) = 0.0

**Apoio P2**

**Dois vãos carregados**



$P_{L1} \text{ (tf)} = 15.4$

$P_{L2} \text{ (tf)} = 15.1$

$L_{placa} \text{ (m)} = 3.00$	$a = 0.000$	$f = 0.931$	$P1 \text{ (tf)} = 15.4$
$L_{bal} \text{ (m)} = 1.30$	$b = 0.039$	$g = 1.021$	$P2 \text{ (tf)} = 15.4$
$L1 \text{ (m)} = 16.6$	$c = 0.078$	$h = 1.017$	$P3 \text{ (tf)} = 15.1$
$L2 \text{ (m)} = 20.3$	$d = -0.012$	$m = 0.943$	
$Li \text{ (m)} = 0.35$	$e = -0.102$	$k \text{ (m)} = 1.15$	

**Reação Máxima**

$Ne = P1 * f + (P2 / 2) * g + q1 * [g * (L1 + Li) / 2]$   
 $Nd = (P2 / 2) * h + P3 * m + q2 * [h * (L2 + Li) / 2]$

$ML = (Nd - Ne) * Li$

PTC

$q1 \text{ (tf/m)} = 7.831$   
 $q2 \text{ (tf/m)} = 7.673$

PMC

$q1 \text{ (tf/m)} = 3.916$   
 $q2 \text{ (tf/m)} = 3.837$

$Ne \text{ (tf)} = 90.0$	$Nd \text{ (tf)} = 102.7$	$Ne \text{ (tf)} = 56.1$	$Nd \text{ (tf)} = 62.4$
$Np \text{ (tf)} = 192.6$		$Np \text{ (tf)} = 118.5$	
$ML \text{ (tf.m)} = 4.44$		$ML \text{ (tf.m)} = 2.20$	

**Reação Mínima**

$Ne = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q1 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$   
 $Nd = 0$

$ML = -Ne * Li$

PTC

$P \text{ (tf)} = 15.4$   
 $q1 \text{ (tf/m)} = 7.831$

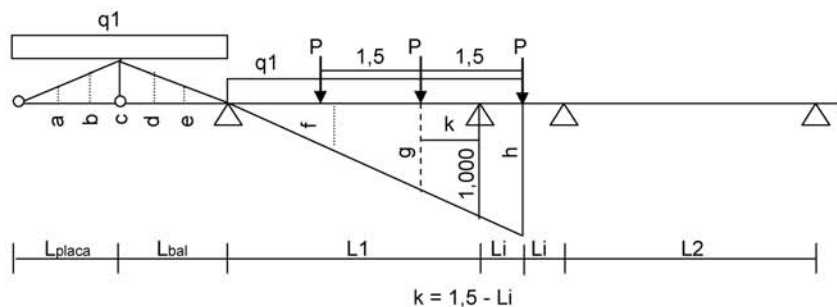
PMC

$P \text{ (tf)} = 15.4$   
 $q1 \text{ (tf/m)} = 3.916$

$Ne \text{ (tf)} = -3.1$	$Ne \text{ (tf)} = -2.5$
$ML \text{ (tf.m)} = 1.09$	$ML \text{ (tf.m)} = 0.86$

**Apenas um vão carregado**

Vão esquerdo



$L_{placa} \text{ (m)} = 3.00$	$a = 0.000$	$f = 0.819$
$L_{bal} \text{ (m)} = 1.30$	$b = 0.039$	$g = 0.931$
$L1 \text{ (m)} = 16.60$	$c = 0.078$	$h = 1.021$
$L2 \text{ (m)} = 20.30$	$d = -0.012$	$k \text{ (m)} = 1.150$
$Li \text{ (m)} = 0.35$	$e = -0.102$	



**Reação Máxima**

$$N_e = P * (f + g + h) + q_1 * [h * (L_1 + L_i) / 2]$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = -N_p * L_i$$

PTC	PMC
P (tf) = 15.4	P (tf) = 15.4
q1 (tf/m) = 7.831	q1 (tf/m) = 3.916
Ne (tf) = 110.5	Ne (tf) = 76.6
ML (tf.m) = -38.7	ML (tf.m) = -26.8

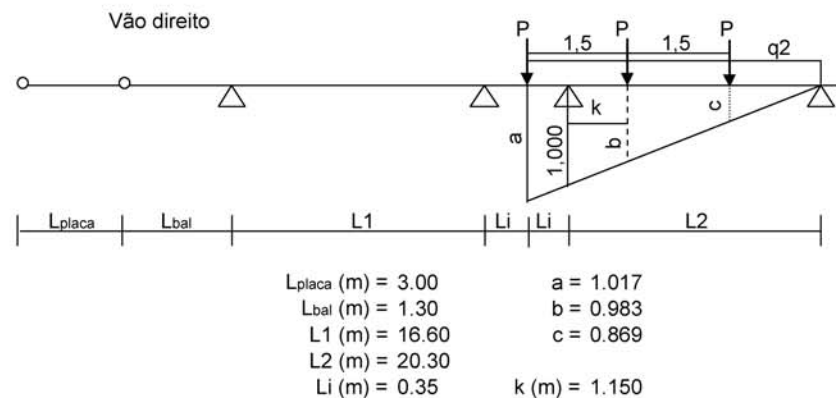
**Reação Mínima**

$$N_e = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q_1 * c * (L_{\text{placa}} + L_{\text{bal}}) / 2$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = -N_p * L_i$$

PTC	PMC
P (tf) = 15.4	P (tf) = 15.4
q1 (tf/m) = 7.831	q1 (tf/m) = 3.916
Ne (tf) = -3.1	Nd (tf) = -2.5
ML (tf.m) = 1.09	ML (tf.m) = 0.86



**Reação Máxima**

$$N_e = 0$$

$$N_d = P * (a + b + c) + q_2 * [a * (L_2 + L_i) / 2]$$

$$M_L = N_p * L_i$$

PTC	PMC
P (tf) = 15.1	P (tf) = 15.1
q1 (tf/m) = 7.673	q1 (tf/m) = 3.837
Nd (tf) = 123.9	Nd (tf) = 83.6
ML (tf.m) = 43.4	ML (tf.m) = 29.3

**Reação Mínima**

$N_e = N_d = 0$   
 $M_L = 0$

PTC

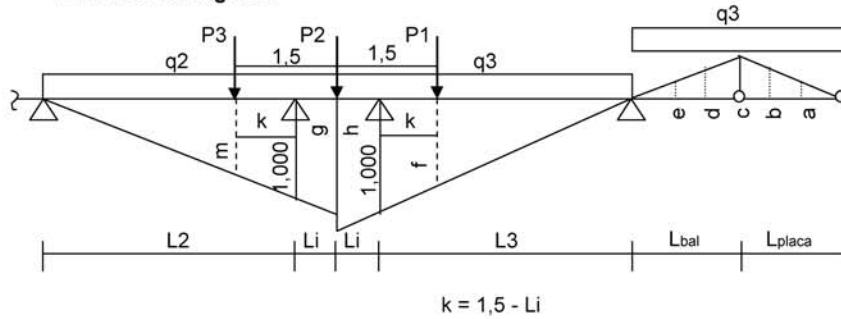
$P \text{ (tf)} = 15.1$   
 $q_1 \text{ (tf/m)} = 7.673$   
 $N_p \text{ (tf)} = 0.0$   
 $ML \text{ (tf.m)} = 0.0$

PMC

$P \text{ (tf)} = 15.1$   
 $q_1 \text{ (tf/m)} = 3.837$   
 $N_p \text{ (tf)} = 0.0$   
 $ML \text{ (tf.m)} = 0.0$

**Apoio P3**

**Dois vãos carregados**



$P_{L2} \text{ (tf)} = 15.1$

$P_{L3} \text{ (tf)} = 15.4$

$L_{placa} \text{ (m)} = 3.00$	$a = 0.000$	$f = 0.931$	$P_1 \text{ (tf)} = 15.4$
$L_{bal} \text{ (m)} = 1.30$	$b = 0.039$	$g = 1.017$	$P_2 \text{ (tf)} = 15.4$
$L_2 \text{ (m)} = 20.3$	$c = 0.078$	$h = 1.021$	$P_3 \text{ (tf)} = 15.1$
$L_3 \text{ (m)} = 16.6$	$d = -0.012$	$m = 0.943$	
$L_i \text{ (m)} = 0.35$	$e = -0.102$	$k \text{ (m)} = 1.150$	

**Reação Máxima**

$N_e = P_3 * m + (P_2 / 2) * g + q_2 * [g * (L_2 + L_i) / 2]$   
 $N_d = P_1 * f + (P_2 / 2) * h + q_3 * [h * (L_3 + L_i) / 2]$   
 $M_L = (N_d - N_e) * L_i$

PTC

$q_2 \text{ (tf/m)} = 7.673$   
 $q_3 \text{ (tf/m)} = 7.831$   
 $N_e \text{ (tf)} = 102.8$   
 $N_d \text{ (tf)} = 89.9$   
 $N_p \text{ (tf)} = 192.6$   
 $ML \text{ (tf.m)} = -4.51$

PMC

$q_2 \text{ (tf/m)} = 3.837$   
 $q_3 \text{ (tf/m)} = 3.916$   
 $N_e \text{ (tf)} = 62.5$   
 $N_d \text{ (tf)} = 56.0$   
 $N_p \text{ (tf)} = 118.5$   
 $ML \text{ (tf.m)} = -2.27$

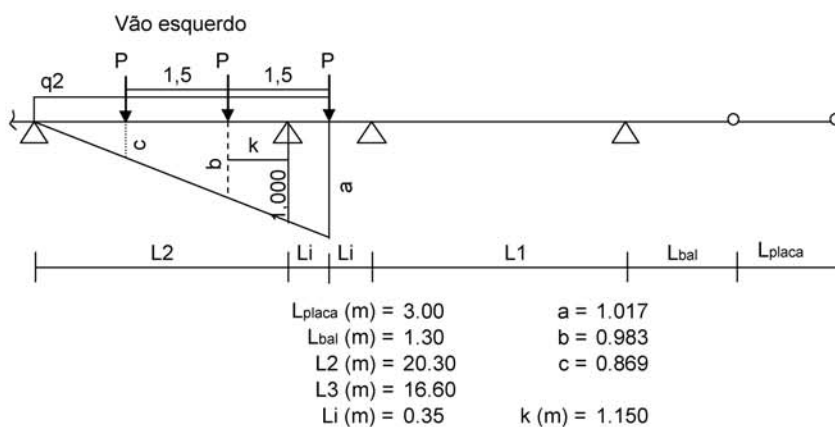
**Reação Mínima**

$N_e = 0$   
 $N_d = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q_3 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$   
 $M_L = N_d * L_i$

PTC

 $P \text{ (tf)} = 15.4$   
 $q_1 \text{ (tf/m)} = 7.831$   
 $N_d \text{ (tf)} = -3.1$   
 $ML \text{ (tf.m)} = -1.09$ 

PMC

 $P \text{ (tf)} = 15.4$   
 $q_1 \text{ (tf/m)} = 3.916$   
 $N_d \text{ (tf)} = -2.5$   
 $ML \text{ (tf.m)} = -0.86$ 
**Apenas um vão carregado**

**Reação Máxima**

$$N_e = P * (a + b + c) + q_2 * [ a * ( L_2 + L_i ) / 2 ]$$

$$M_L = - N_p * L_i$$

PTC

 $P \text{ (tf)} = 15.1$   
 $q_1 \text{ (tf/m)} = 7.673$   
 $N_e \text{ (tf)} = 123.9$   
 $ML \text{ (tf.m)} = -43.4$ 

PMC

 $P \text{ (tf)} = 15.1$   
 $q_1 \text{ (tf/m)} = 3.837$   
 $N_e \text{ (tf)} = 83.6$   
 $ML \text{ (tf.m)} = -29.3$ 
**Reação Mínima**

$$N_e = N_d = 0$$

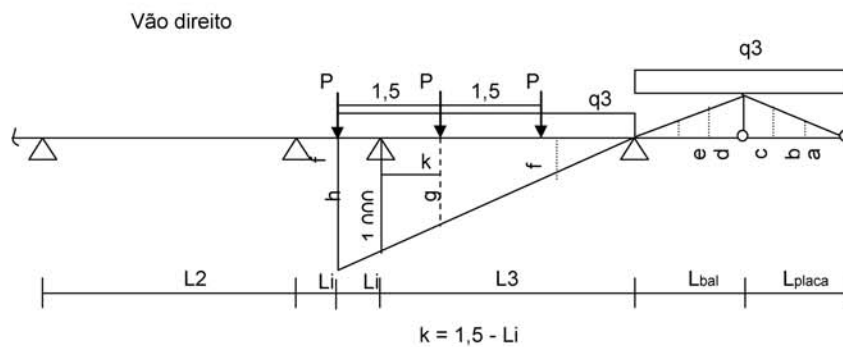
$$M_L = 0$$

PTC

 $P \text{ (tf)} = 15.1$   
 $q_1 \text{ (tf/m)} = 7.673$   
 $N_p \text{ (tf)} = 0.0$   
 $ML \text{ (tf.m)} = 0.0$ 

PMC

 $P \text{ (tf)} = 15.1$   
 $q_1 \text{ (tf/m)} = 3.837$   
 $N_p \text{ (tf)} = 0.0$   
 $ML \text{ (tf.m)} = 0.0$



$L_{placa}$ (m) = 3.00	$a = 0.000$	$f = 0.819$
$L_{bal}$ (m) = 1.30	$b = 0.039$	$g = 0.931$
$L_2$ (m) = 20.30	$c = 0.078$	$h = 1.021$
$L_3$ (m) = 16.60	$d = -0.012$	$k$ (m) = 1.150
$L_i$ (m) = 0.35	$e = -0.102$	

**Reação Máxima**

$$N_d = P * (f + g + h) + q_3 * [h * (L_3 + L_i) / 2]$$

$$M_L = N_p * L_i$$

PTC

$P$ (tf) = 15.4
$q_3$ (tf/m) = 7.831
$N_d$ (tf) = 110.5
$M_L$ (tf.m) = 38.7

PMC

$P$ (tf) = 15.4
$q_3$ (tf/m) = 3.916
$N_d$ (tf) = 76.6
$M_L$ (tf.m) = 26.8

**Reação Mínima**

$$N_d = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q_3 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$M_L = N_p * L_i$$

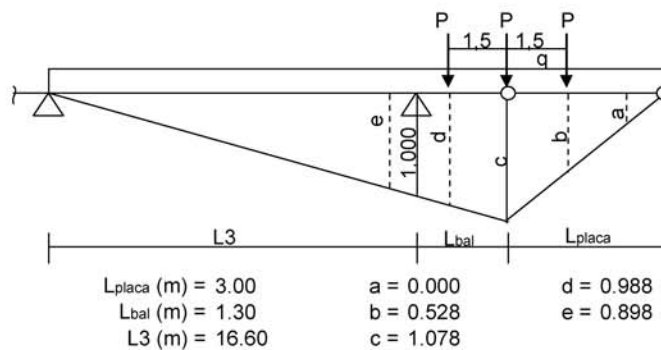
PTC

$P$ (tf) = 15.4
$q_1$ (tf/m) = 7.831
$N_d$ (tf) = -3.1
$M_L$ (tf.m) = -1.09

PMC

$P$ (tf) = 15.4
$q_1$ (tf/m) = 3.916
$N_d$ (tf) = -2.5
$M_L$ (tf.m) = -0.86

**Apoio P4**



**Reação Máxima**

$$N_p = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q * [(L_{bal} + L_1) * c + c * L_{placa}] / 2$$

PTC	P (tf) = 15.4 q (tf/m) = 7.831	PMC	P (tf) = 15.4 q (tf/m) = 3.916
	N <sub>p</sub> (tf) = 128.4 ML (tf.m) = 0.0		N <sub>p</sub> (tf) = 87.0 ML (tf.m) = 0.0

**Reação Mínima**

PTC	N <sub>p</sub> (tf) = 0.0 ML (tf.m) = 0.0	PMC	N <sub>p</sub> (tf) = 0.0 ML (tf.m) = 0.0
-----	--	-----	--

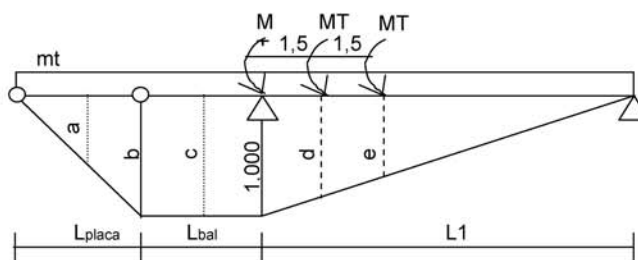
**Resumo das Reações nos Apoios**

Apoio	1 vão carregado							
	Máxima				Mínima			
	PTC		PMC		PTC		PMC	
	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>Lp</sub> (tf.m)	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>Lp</sub> (tf.m)	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>Lp</sub> (tf.m)	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>Lp</sub> (tf.m)
P1	128.4	0.0	87.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	123.9	43.4	83.6	29.3	-3.1	1.1	-2.5	0.9
P3	123.9	-43.4	83.6	-29.3	-3.1	-1.1	-2.5	-0.9
P4	128.4	0.0	87.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Apoio	2 vãos carregados							
	Máxima				Mínima			
	PTC		PMC		PTC		PMC	
	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>Lp</sub> (tf.m)	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>Lp</sub> (tf.m)	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>Lp</sub> (tf.m)	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>Lp</sub> (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	192.6	4.4	118.5	2.2	-3.1	1.09	-2.5	0.86
P3	192.6	-4.5	118.5	-2.3	-3.1	-1.09	-2.5	-0.86
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Momento Transversal de Carga Móvel nos Apoios**

**Apoio P1**



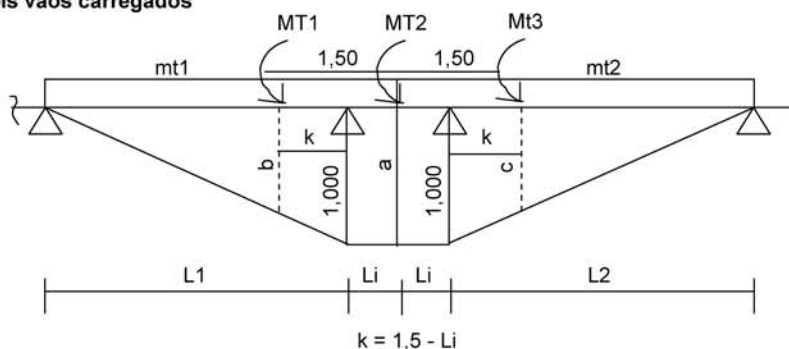
L <sub>placa</sub> (m) = 3.00	a = 0.433	d = 0.910
L <sub>bal</sub> (m) = 1.30	b = 1.000	e = 0.819
L <sub>1</sub> (m) = 16.60	c = 1.000	

$$MT-p = MT * [ 1,000 + \text{maior}( a + b ; b + c ; c + d ; d + e ) ] + mt * ( L1 * 1,000 / 2 + 1,000 * L_{\text{bal}} + b * L_{\text{placa}} / 2 )$$

PTC	PMC
MT (tf) = 70.9	MT (tf) = 70.9
mt (tf.m/m) = 0.000	mt (tf.m/m) = 11.943
Mt-p (tf.m) = 212.6	Mt-p (tf.m) = 345.2

**Apoio P2**

**Dois vãos carregados**



$$Mt\_L1 \text{ (tf.m)} = 70.9 \qquad Mt\_L2 \text{ (tf.m)} = 69.4$$

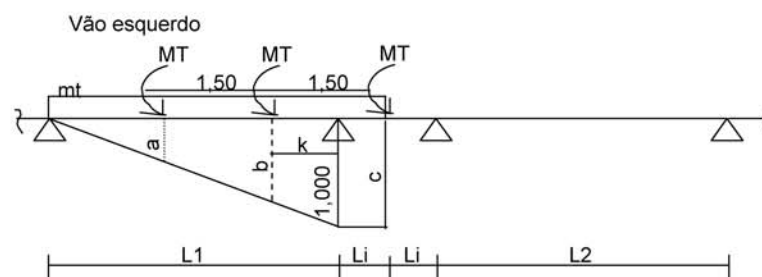
L1 (m) = 16.60	a = 1.000	k (m) = 1.15	MT1 (tf) = 70.9
L2 (m) = 20.30	b = 0.931		MT2 (tf) = 70.9
Li (m) = 0.35	c = 0.943		MT3 (tf) = 69.4

$$Mt-e = MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt1 * [ ( 1,00 * L1 / 2 ) + Li * 1,00 ]$$

$$Mt-d = MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt2 * [ ( 1,00 * L2 / 2 ) + Li * 1,00 ]$$

PTC	PMC
mt1 (tf.m/m) = 0.000	mt1 (tf.m/m) = 11.943
mt2 (tf.m/m) = 0.000	mt2 (tf.m/m) = 11.702
Mt-e (tf.m) = 101.39	Mt-e (tf.m) = 204.69
Mt-d (tf.m) = 100.94	Mt-d (tf.m) = 223.80
Mt-p (tf.m) = 202.3	Mt-p (tf.m) = 428.5

**Apenas um vão carregado**



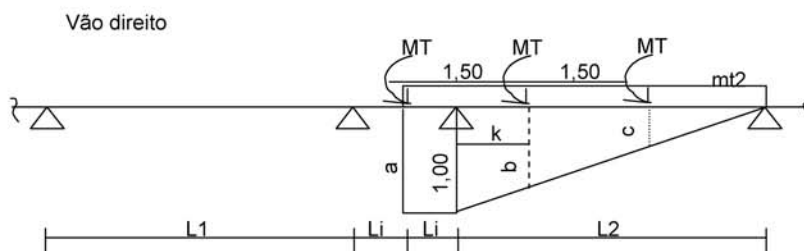
$$k = 1,5 - Li$$

L1 (m) = 16.60      a = 0.840      k (m) = 1.15  
 L2 (m) = 20.30      b = 0.931  
 Li (m) = 0.35      c = 1.000

$$Mt-e = MT * ( a + b + c ) + mt * [ ( 1,00 * L1 / 2 ) + Li * 1,00 ]$$

$$MT \text{ (tf.m)} = 70.9$$

PTC	mt (tf.m/m) = 0.000	PMC	mt (tf.m/m) = 11.943
	Mt-e (tf.m) = 196.4		Mt-e (tf.m) = 299.7



L1 (m) = 16.60      a = 1.000      k (m) = 1.150  
 L2 (m) = 20.30      b = 0.943  
 Li (m) = 0.35      c = 0.869

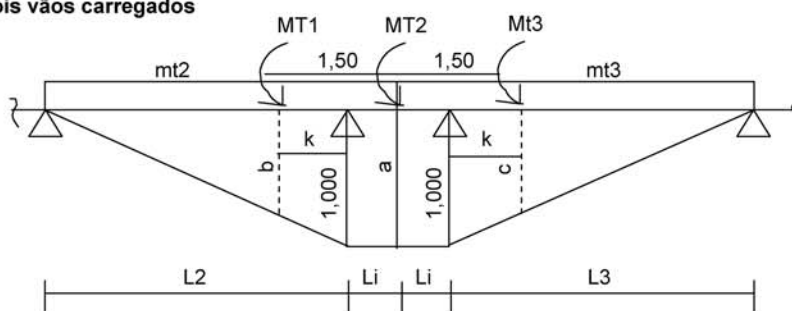
$$Mt-d = MT * ( a + b + c ) + mt * [ ( 1,00 * L1 / 2 ) + Li * 1,00 ]$$

$$MT \text{ (tf.m)} = 69.4$$

PTC	mt (tf.m/m) = 0.000	PMC	mt (tf.m/m) = 11.702
	Mt-d (tf.m) = 195.3		Mt-d (tf.m) = 318.2

**Apoio P3**

**Dois vãos carregados**



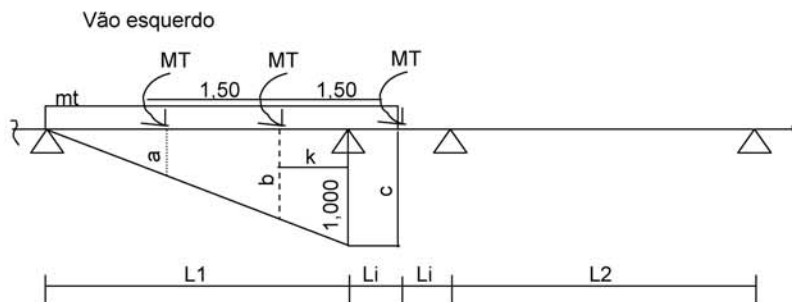
$$k = 1,5 - Li$$

	$Mt\_L2$ (tf.m) = 69.4	$Mt\_L3$ (tf.m) = 70.9	
$L2$ (m) = 20.30	$a = 1.000$	$k$ (m) = 1.15	$MT1$ (tf) = 69.4
$L3$ (m) = 16.60	$b = 0.943$		$MT2$ (tf) = 70.9
$Li$ (m) = 0.35	$c = 0.931$		$MT3$ (tf) = 70.9

$Mt-e = MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt2 * [ ( 1,00 * L2 / 2 ) + Li * 1,00 ]$   
 $Mt-d = MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt3 * [ ( 1,00 * L3 / 2 ) + Li * 1,00 ]$

<b>PTC</b>	<b>PMC</b>
$mt2$ (tf.m/m) = 0.000	$mt2$ (tf.m/m) = 11.702
$mt3$ (tf.m/m) = 0.000	$mt3$ (tf.m/m) = 11.943
$Mt-e$ (tf.m) = 100.94	$Mt-e$ (tf.m) = 223.80
$Mt-d$ (tf.m) = 101.39	$Mt-d$ (tf.m) = 204.69
$Mt-p$ (tf.m) = 202.3	$Mt-p$ (tf.m) = 428.5

**Apenas um vão carregado**

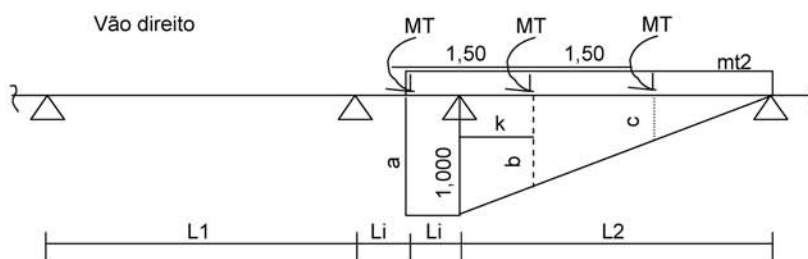


$L2$ (m) = 20.30	$a = 0.869$	$k$ (m) = 1.15
$L3$ (m) = 16.60	$b = 0.943$	
$Li$ (m) = 0.35	$c = 1.000$	

$Mt-e = MT * ( a + b + c ) + mt * [ ( 1,00 * L1 / 2 ) + Li * 1,00 ]$

$MT$  (tf.m) = 69.4

<b>PTC</b>	<b>PMC</b>
$mt$ (tf.m/m) = 0.000	$mt$ (tf.m/m) = 11.702
$Mt-e$ (tf.m) = 195.3	$Mt-e$ (tf.m) = 318.2





$$L2 \text{ (m)} = 20.30 \quad a = 1.000 \quad k \text{ (m)} = 1.150$$

$$L3 \text{ (m)} = 16.60 \quad b = 0.931$$

$$Li \text{ (m)} = 0.35 \quad c = 0.840$$

$$Mt-d = MT * ( a + b + c ) + mt * [ ( 1,00 * L1 / 2 ) + Li * 1,00 ]$$

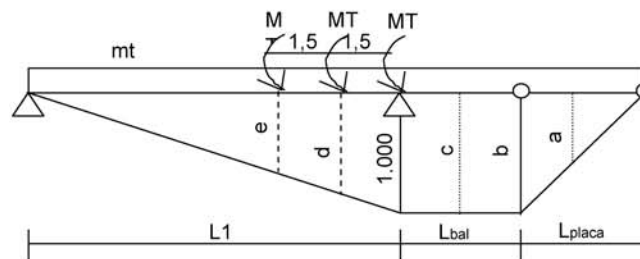
$$MT \text{ (tf.m)} = 70.9$$

PTC PMC

$$mt \text{ (tf.m/m)} = 0.000 \quad mt \text{ (tf.m/m)} = 11.943$$

$$Mt-d \text{ (tf.m)} = 196.4 \quad Mt-d \text{ (tf.m)} = 299.7$$

**Apoio P4**



$$L_{placa} \text{ (m)} = 3.00 \quad a = 0.433 \quad d = 0.910$$

$$L_{bal} \text{ (m)} = 1.30 \quad b = 1.000 \quad e = 0.819$$

$$L3 \text{ (m)} = 16.60 \quad c = 1.000$$

$$MT-p = MT * [ 1,000 + \text{maior}( a + b ; b + c ; c + d ; d + e ) ] +$$

$$+ mt * ( L3 * 1,000 / 2 + 1,000 * L_{bal} + b * L_{placa} / 2 )$$

PTC PMC

$$MT \text{ (tf)} = 70.9 \quad MT \text{ (tf)} = 70.9$$

$$mt \text{ (tf.m/m)} = 0.000 \quad mt \text{ (tf.m/m)} = 11.943$$

$$Mt-p \text{ (tf.m)} = 212.6 \quad Mt-p \text{ (tf.m)} = 345.2$$

**Resumo dos momentos transversais**

Apoio	Máximo			
	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	M <sub>T</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)
P1	212.6	345.2	0.0	0.0
P2	195.3	318.2	202.3	428.5
P3	195.3	318.2	202.3	428.5
P4	212.6	345.2	0.0	0.0

**Esforços Permanentes**
**Esforços verticais**
**Vão L1**

 Vigas de Bordo (  $V_1 = V_5$  )

Apoio		g1	g2	g3	R <sub>g</sub> (tf)
P1	Rv (tf)	13.32	20.47	12.89	46.68
P2	Rv (tf)	10.88	11.25	7.73	29.86

 Vigas Centrais (  $V_2 = V_3 = V_4$  )

Apoio		g1	g2	g3	R <sub>g</sub> (tf)
P1	Rv (tf)	13.32	18.84	6.3	38.46
P2	Rv (tf)	10.88	13.01	3.66	27.55

**Vão (L2)**

 Vigas de Bordo (  $V_1 = V_5$  )

Apoio		g1	g2	g3	R <sub>g</sub> (tf)
P2	Rv (tf)	12.56	14.19	9.79	36.54
P3	Rv (tf)	12.56	14.19	9.79	36.54

 Vigas Centrais (  $V_2 = V_3 = V_4$  )

Apoio		g1	g2	g3	R <sub>g</sub> (tf)
P2	Rv (tf)	12.56	15.83	4.65	33.04
P3	Rv (tf)	12.56	15.83	4.65	33.04

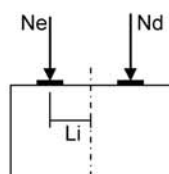
**Vão (L3)**

 Vigas de Bordo (  $V_1 = V_5$  )

Apoio		g1	g2	g3	R <sub>g</sub> (tf)
P3	Rv (tf)	10.88	11.25	7.73	29.86
P4	Rv (tf)	13.32	20.47	12.89	46.68

 Vigas Centrais (  $V_2 = V_3 = V_4$  )

Apoio		g1	g2	g3	R <sub>g</sub> (tf)
P3	Rv (tf)	10.88	13.01	3.66	27.55
P4	Rv (tf)	13.32	18.84	6.3	38.46

**Momentos longitudinais**


$$M_L = (N_d - N_e) * L_i$$

Apoio	N <sub>e</sub> (tf)	N <sub>d</sub> (tf)	L <sub>i</sub> (m)	M <sub>L</sub> (tf.m)
P1	208.7	0.0	0.0	0.0
P2	142.4	172.2	0.35	10.4
P3	172.2	142.4	0.35	-10.4
P4	208.7	0.0	0.0	0.0

**Resumo dos esforços permanentes**

Apoio	Ng (tf)	M <sub>L</sub> (tf.m)
P1	208.7	0.0
P2	314.6	10.4
P3	314.6	-10.4
P4	208.7	0.0

**Resumo dos Esforços em Serviço Provenientes da Superestrutura**

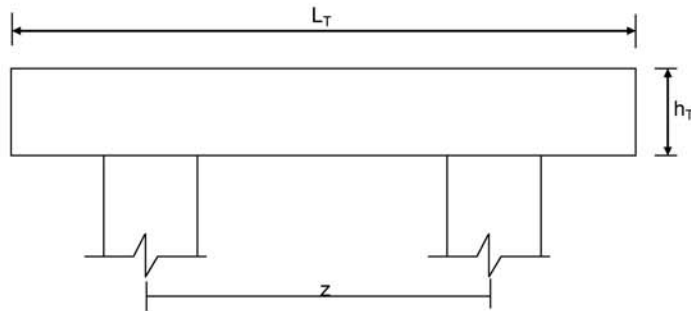
Apoio	1 Vão Carregado - Máxima								
	Permanentes			Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	R <sub>g1+g2+g3</sub>	M <sub>Lg1+g2+g3</sub>	M <sub>Tg1+g2+g3</sub>	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>L</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>L</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)
P1	208.7	0.0	0.0	128.4	0.0	212.6	87.0	0.0	345.2
P2	314.6	10.4	0.0	123.9	43.4	195.3	83.6	29.3	318.2
P3	314.6	-10.4	0.0	123.9	-43.4	195.3	83.6	-29.3	318.2
P4	208.7	0.0	0.0	128.4	0.0	212.6	87.0	0.0	345.2

Apoio	1 Vão Carregado - Mínima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>L</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>L</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	-3.1	1.1	0.0	-2.5	0.9	0.0
P3	-3.1	-1.1	0.0	-2.5	-0.9	0.0
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

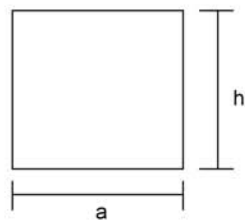
Apoio	2 Vãos Carregados - Máxima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>L</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>L</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	192.6	4.4	202.3	118.5	2.2	428.5
P3	192.6	-4.5	202.3	118.5	-2.3	428.5
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Apoio	2 Vãos Carregados - Mínima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>L</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)	N <sub>p</sub> (tf)	M <sub>L</sub> (tf.m)	M <sub>T</sub> (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	-3.1	1.1	0.0	-2.5	0.9	0.0
P3	-3.1	-1.1	0.0	-2.5	-0.9	0.0
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Dimensionamento da Travessa de P1**



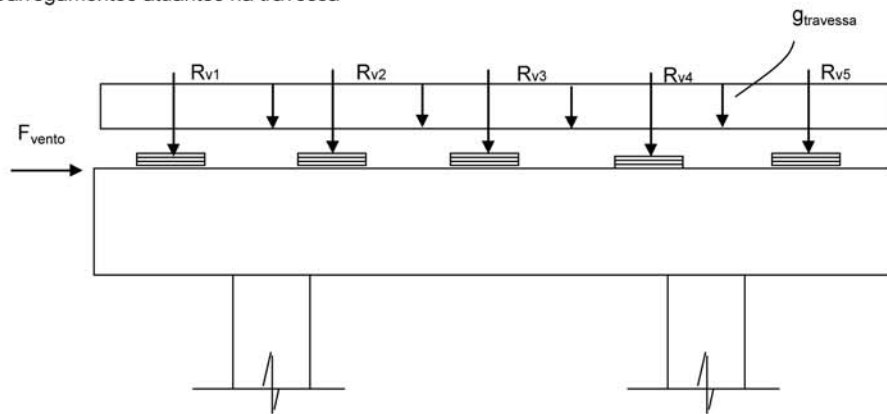
$L_T$  (m) = 11.80  
 $h_T$  (m) = 1.50  
 $f_{ck}$  (MPa) = 20.0  
 $f_{yk}$  (MPa) = 500.0



$a$  (m) = 0.800  
 $h$  (m) = 1.500  
 $d$  (m) = 1.40      **d é a altura efetiva da seção**  
 $S$  (m<sup>2</sup>) = 1.2  
 $g = S * 2,50$   
 $N_{trav} = g * L_T$        $g$  (tf/m) = 3

**Direção transversal**

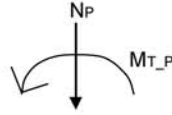
Carregamentos atuantes na travessa



- Peso Próprio

$g$  (tf/m) = 3.000  
 $R_{v1}$  (tf) = 46.68  
 $R_{v2}$  (tf) = 38.46  
 $R_{v3}$  (tf) = 38.46  
 $R_{v4}$  (tf) = 38.46  
 $R_{v5}$  (tf) = 46.68

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{lll} X1 (m) = 5.30 & X3 (m) = 0.00 & n = 5 \\ X2 (m) = 2.65 & X4 (m) = -2.65 & \\ & X5 (m) = -5.30 & \\ & \Sigma(x_i)^2 (m) = 70.225 & \end{array}$$

PTC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 128.4 \\ M_{T\_P} (tf.m) = 212.6 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 41.7 \\ R_{v2} (tf) = 33.7 \\ R_{v3} (tf) = 25.7 \\ R_{v4} (tf) = 17.7 \\ R_{v5} (tf) = 9.6 \end{array}$$

PMC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 87.0 \\ M_{T\_P} (tf.m) = 345.2 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 43.5 \\ R_{v2} (tf) = 30.4 \\ R_{v3} (tf) = 17.4 \\ R_{v4} (tf) = 4.4 \\ R_{v5} (tf) = -8.6 \end{array}$$

- Vento

$$F_{\text{vento}} (tf) = 5.74$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

#### Dimensionamento à Flexão

##### a) Seção do apoio

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -103.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -87.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -5.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 270.4$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 a & b & c & \Delta \\
 310.857 & -1088 & 270.4 & 847561
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.269$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x \qquad z \text{ (m)} = 1.292 \qquad \begin{array}{l} x / d = 0.192 \\ kmd = 0.121 \end{array}$$

$$A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{48.12}$$

**b) Seção do vão**

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 13.8 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 12.7 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.0 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 37.0$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 a & b & c & \Delta \\
 310.857 & -1088 & 37.0 & 1137682
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.034$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x \qquad z \text{ (m)} = 1.386 \qquad \begin{array}{l} x / d = 0.025 \\ kmd = 0.017 \end{array}$$

$$A_s^+ \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{6.15}$$

**c) Armadura mínima**

$$A_{s\_min} = 0,15 \% ( b_w \cdot h_T )$$

$$A_{s\_min} \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{18.0}$$

**Dimensionamento ao Cisalhamento**

**a) Seção do apoio à esquerda**

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 54.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 43.5 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 137.2$$

**Verificação do Concreto**

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

onde:  $V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

**Contribuição do Concreto**

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{Rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \text{ (concreto armado)}$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

**Cálculo da Armadura Transversal**

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{wd} (tf) = 64.8$$

$$A_{sw}/s = 11.8 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 15.00 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

**b) Seção do apoio à direita**

$$V_g (tf) = 67.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 54.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 1.6 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 171.5$$

**Cálculo da Armadura Transversal**

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 99.1$$

$$A_{sw}/s = 18.1 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 22.61 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

Portico Plano Travessa P1 Ponte 18,25x21x18,25 - 57,5m

coordenadas dos nos

1	0.0000	3.8000
2	0.6000	3.8000
3	2.6000	3.8000
4	2.6000	0.0000
5	3.2500	3.8000
6	5.9000	3.8000
7	8.5500	3.8000
8	9.2000	3.8000
9	9.2000	0.0000
10	11.2000	3.8000
11	11.8000	3.8000

0

condicoes de contorno

4 111  
9 111

0

tipos de material

1 2884760.0000 0.2000 0.0000100000 2.5000

0

tipos de secao

1 1.200E+0000 1.200E+0000 2.250E-0001 1.0  
2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	5	1	1
4	5	6	1	1
5	6	7	1	1
6	7	8	1	1
7	8	10	1	1
8	10	11	1	1
9	3	4	1	2
10	8	9	1	2

0

numero de carregamentos 4

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -46.680  
5 PY -38.460  
6 PY -38.460  
7 PY -38.460  
10 PY -46.680

0

cargas nos elementos

1	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
2	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
3	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
4	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
5	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
6	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
7	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
8	U	0.000	0.000	WYA	-3.000

0

fim



```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -41.700
5 PY -33.700
6 PY -25.700
7 PY -17.700
10 PY -9.600
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -43.500
5 PY -30.400
6 PY -17.400
7 PY -4.400
10 PY 8.600
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 5.740
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa Pl Ponte 18,25x21x18,25 - 57,5m

-----  
 DATA : 3/22/2006(quarta-feira)  
 HORA : 3:52:45 PM  
 ARQUIVO DE DADOS : 2-travessapl\_18,25x21x18,25\_57,5m.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.80E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.80E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.80E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	3.80E+0000
10	1	2	8	9	3.80E+0000

número de elementos ..... 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade ..... 2.885E+0006  
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006  
 C. Poisson ..... 2.000E-0001  
 C. D. Térmica ..... 1.000E-0005  
 P. Específico ..... 2.500E+0000

número de tipos de material ..... 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.20E+0000	1.20E+0000	2.25E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções ..... 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-46.68	0.00
5	global	0.00	-38.46	0.00
6	global	0.00	-38.46	0.00
7	global	0.00	-38.46	0.00
10	global	0.00	-46.68	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wyb	wya	
			f1	f2	wxa	wyb	wya	
					f3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-41.70	0.00
5	global	0.00	-33.70	0.00
6	global	0.00	-25.70	0.00
7	global	0.00	-17.70	0.00
10	global	0.00	-9.60	0.00

fim do carregamento ..... 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-43.50	0.00
5	global	0.00	-30.40	0.00
6	global	0.00	-17.40	0.00
7	global	0.00	-4.40	0.00
10	global	0.00	8.60	0.00

fim do carregamento ..... 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	5.74	0.00	0.00

fim do carregamento ..... 4  
número de carregamentos ..... 4

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23  
perfil após a renumeração : 21

-----  
DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.7E+0002  
Existe probabilidade de que o número de algarismos  
corretos nos deslocamentos calculados seja 8  
-----

carregamento 1

Titulo : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-4.54873E-0006	-9.69493E-0004	2.88915E-0004
2	global	-4.54873E-0006	-7.95794E-0004	2.88749E-0004
3	global	-4.54873E-0006	-2.51248E-0004	1.31540E-0004
4	global	1.66832E-0031	-4.26797E-0030	-1.97926E-0031
5	global	-3.65277E-0006	-2.20662E-0004	6.21671E-0005
6	global	4.83061E-0018	-2.36367E-0004	1.15030E-0019
7	global	3.65277E-0006	-2.20662E-0004	-6.21671E-0005

8	global	4.54873E-0006	-2.51248E-0004	-1.31540E-0004
9	global	-1.66832E-0031	-4.26797E-0030	1.97926E-0031
10	global	4.54873E-0006	-7.95794E-0004	-2.88749E-0004
11	global	4.54873E-0006	-9.69493E-0004	-2.88915E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4	global	-4.77	122.07	5.66
9	global	4.77	122.07	-5.66
Resultante		0.00	244.14	1440.43

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	0.000

barra	esforço	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	1.80	-0.54
2	local	2	-0.00	-48.48	0.54
		3	0.00	54.48	-103.50
3	local	3	-4.77	67.59	91.03
		5	4.77	-65.64	-47.73
4	local	5	-4.77	27.18	47.73
		6	4.77	-19.23	13.76
5	local	6	-4.77	-19.23	-13.76
		7	4.77	27.18	-47.73
6	local	7	-4.77	-65.64	47.73
		8	4.77	67.59	-91.03
7	local	8	0.00	54.48	103.50
		10	-0.00	-48.48	-0.54
8	local	10	-0.00	1.80	0.54
		11	0.00	0.00	0.00
9	local	3	122.07	4.77	12.47
		4	-122.07	-4.77	5.66
10	local	8	122.07	-4.77	-12.47
		9	-122.07	4.77	-5.66

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-1.36685E-0004	-8.22238E-0004	2.51080E-0004
2	global	-1.36685E-0004	-6.71590E-0004	2.51080E-0004
3	global	-1.36685E-0004	-1.97270E-0004	1.22588E-0004
4	global	6.54288E-0032	-3.35104E-0030	-1.33609E-0032
5	global	-1.36334E-0004	-1.63123E-0004	6.34298E-0005
6	global	-1.34901E-0004	-1.59277E-0004	4.68704E-0006
7	global	-1.33469E-0004	-9.36064E-0005	2.81120E-0005
8	global	-1.33118E-0004	-6.70066E-0005	1.94132E-0005
9	global	-6.54288E-0032	-1.13824E-0030	1.41885E-0031
10	global	-1.33118E-0004	-8.09326E-0005	-1.01675E-0005
11	global	-1.33118E-0004	-8.70331E-0005	-1.01675E-0005

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4	global	-1.87	95.84	0.38
9	global	1.87	32.56	-4.06
Resultante		-0.00	128.40	545.03

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	-0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-41.70	-0.00
		3	0.00	41.70	-83.40
3	local	3	-1.87	54.14	76.67
		5	1.87	-54.14	-41.48
4	local	5	-1.87	20.44	41.48
		6	1.87	-20.44	12.70
5	local	6	-1.87	-5.26	-12.70
		7	1.87	5.26	-1.23
6	local	7	-1.87	-22.96	1.23
		8	1.87	22.96	-16.15
7	local	8	-0.00	9.60	19.20
		10	0.00	-9.60	-0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	95.84	1.87	6.73
		4	-95.84	-1.87	0.38
10	local	8	32.56	-1.87	-3.05
		9	-32.56	1.87	-4.06

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC

no sistema	d e s l o c a m e n t o s n o d a i s			
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-2.20172E-0004	-9.06744E-0004	2.84774E-0004
2	global	-2.20172E-0004	-7.35880E-0004	2.84774E-0004
3	global	-2.20172E-0004	-1.95374E-0004	1.50736E-0004
4	global	4.50278E-0032	-3.31884E-0030	5.08773E-0032
5	global	-2.19930E-0004	-1.43192E-0004	8.67060E-0005
6	global	-2.18944E-0004	-1.07060E-0004	7.62331E-0006
7	global	-2.17958E-0004	-3.02957E-0005	6.18704E-0005
8	global	-2.17716E-0004	1.61022E-0005	7.97313E-0005
9	global	-4.50278E-0032	2.73529E-0031	1.57717E-0031
10	global	-2.17716E-0004	2.22822E-0004	1.06230E-0004
11	global	-2.17716E-0004	2.86560E-0004	1.06230E-0004

nó sistema	r e a ç õ e s n o s a p o i o s				
	força x	força y	momento z		
4	global	-1.29	94.92	-1.46	
9	global	1.29	-7.82	-4.51	
Resultante			-0.00	87.10	168.86

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o			
( o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )			
	força x	força y	momento z
	-0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-43.50	-0.00
		3	0.00	43.50	-87.00
3	local	3	-1.29	51.42	80.65
		5	1.29	-51.42	-47.23
4	local	5	-1.29	21.02	47.23
		6	1.29	-21.02	8.49
5	local	6	-1.29	3.62	-8.49
		7	1.29	-3.62	18.09
6	local	7	-1.29	-0.78	-18.09
		8	1.29	0.78	17.58
7	local	8	-0.00	-8.60	-17.20
		10	0.00	8.60	-0.00
8	local	10	0.00	-0.00	0.00
		11	-0.00	0.00	0.00
9	local	3	94.92	1.29	6.35
		4	-94.92	-1.29	-1.46
10	local	8	-7.82	-1.29	-0.38

9 7.82 1.29 -4.51

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	1.75174E-0004	3.22709E-0005	-1.11710E-0005
2	global	1.74179E-0004	2.55683E-0005	-1.11710E-0005
3	global	1.70863E-0004	3.22620E-0006	-1.11710E-0005
4	global	1.01739E-0031	5.48037E-0032	-2.03415E-0031
5	global	1.70331E-0004	-1.73383E-0006	-6.43410E-0006
6	global	1.68165E-0004	-5.61777E-0007	2.31875E-0006
7	global	1.65998E-0004	1.33481E-0006	-5.88728E-0006
8	global	1.65467E-0004	-3.22620E-0006	-1.04901E-0005
9	global	9.89503E-0032	-5.48037E-0032	-1.97500E-0031
10	global	1.65467E-0004	-2.42064E-0005	-1.04901E-0005
11	global	1.65467E-0004	-3.05005E-0005	-1.04901E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-2.91	-1.57	5.82
9	global	-2.83	1.57	5.65
Resultante		-5.74	0.00	21.81

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

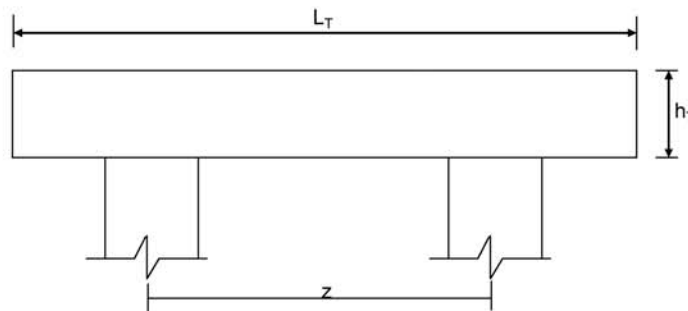
diferença de equilíbrio  
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	0.000	0.000	-0.000

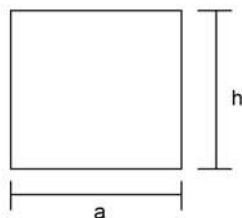
barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		momento fletor
			força normal	força cortante	
1	local	1	5.74	-0.00	-0.00
		2	-5.74	0.00	0.00
2	local	2	5.74	-0.00	0.00
		3	-5.74	0.00	-0.00
3	local	3	2.83	-1.57	-5.24
		5	-2.83	1.57	4.22
4	local	5	2.83	-1.57	-4.22
		6	-2.83	1.57	0.07
5	local	6	2.83	-1.57	-0.07
		7	-2.83	1.57	-4.09
6	local	7	2.83	-1.57	4.09
		8	-2.83	1.57	-5.11
7	local	8	0.00	0.00	0.00
		10	-0.00	-0.00	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	-0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	-1.57	2.91	5.24
		4	1.57	-2.91	5.82
10	local	8	1.57	2.83	5.11
		9	-1.57	-2.83	5.65

Fim Do Programa

**Dimensionamento da Travessa de P2**



$L_T$  (m) = 11.80  
 $h_T$  (m) = 1.50  
 $f_{ck}$  (MPa) = 20.0  
 $f_{yk}$  (MPa) = 500.0



$a$  (m) = 1.200  
 $h$  (m) = 1.500

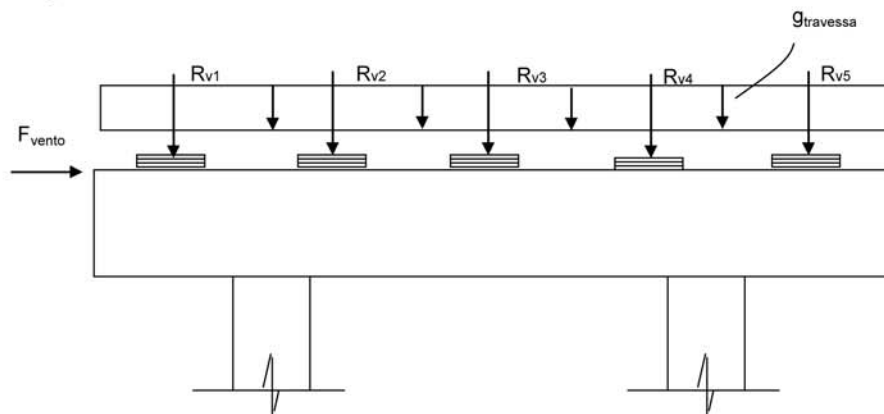
$d$  (m) = 1.40       $d$  é a altura efetiva da seção

$S$  (m<sup>2</sup>) = 1.8  
 $g = S * 2,50$   
 $N_{trav} = g * L_T$

$g$  (tf/m) = 4.50

**Direção transversal**

Carregamentos atuantes na travessa

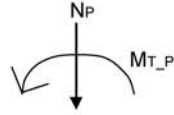


- Peso Próprio

$g$  (tf/m) = 4.500

$R_{v1}$  (tf) = 66.40  
 $R_{v2}$  (tf) = 60.59  
 $R_{v3}$  (tf) = 60.59  
 $R_{v4}$  (tf) = 60.59  
 $R_{v5}$  (tf) = 66.40

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

X1 (m) = 5.30	X3 (m) = 0.00	n = 5
X2 (m) = 2.65	X4 (m) = -2.65	
	X5 (m) = -5.30	
$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$		

PTC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 110.5$	$N_d (tf) = 123.9$
$M_{T-e} (tf.m) = 196.4$	$M_{T-d} (tf.m) = 195.3$
$R_{v1} (tf) = 36.9$	$R_{v1} (tf) = 39.5$
$R_{v2} (tf) = 29.5$	$R_{v2} (tf) = 32.2$
$R_{v3} (tf) = 22.1$	$R_{v3} (tf) = 24.8$
$R_{v4} (tf) = 14.7$	$R_{v4} (tf) = 17.4$
$R_{v5} (tf) = 7.3$	$R_{v5} (tf) = 10.0$

PMC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 76.6$	$N_d (tf) = 83.6$
$M_{T-e} (tf.m) = 299.7$	$M_{T-d} (tf.m) = 318.2$
$R_{v1} (tf) = 37.9$	$R_{v1} (tf) = 40.7$
$R_{v2} (tf) = 26.6$	$R_{v2} (tf) = 28.7$
$R_{v3} (tf) = 15.3$	$R_{v3} (tf) = 16.7$
$R_{v4} (tf) = 4.0$	$R_{v4} (tf) = 4.7$
$R_{v5} (tf) = -7.3$	$R_{v5} (tf) = -7.3$

PTC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 90.0$	$N_d (tf) = 102.7$	$N_P (tf) = 192.6$
$M_{T-e} (tf.m) = 101.4$	$M_{T-d} (tf.m) = 100.9$	$M_{T-P} (tf.m) = 202.3$
$R_{v1} (tf) = 25.6$	$R_{v1} (tf) = 28.2$	$R_{v1} (tf) = 53.8$
$R_{v2} (tf) = 21.8$	$R_{v2} (tf) = 24.3$	$R_{v2} (tf) = 46.2$
$R_{v3} (tf) = 18.0$	$R_{v3} (tf) = 20.5$	$R_{v3} (tf) = 38.5$
$R_{v4} (tf) = 14.2$	$R_{v4} (tf) = 16.7$	$R_{v4} (tf) = 30.9$
$R_{v5} (tf) = 10.3$	$R_{v5} (tf) = 12.9$	$R_{v5} (tf) = 23.3$

PMC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 56.1$	$N_d (tf) = 62.4$	$N_P (tf) = 118.5$
$M_{T-e} (tf.m) = 204.7$	$M_{T-d} (tf.m) = 223.8$	$M_{T-P} (tf.m) = 428.5$
$R_{v1} (tf) = 26.7$	$R_{v1} (tf) = 29.4$	$R_{v1} (tf) = 56.0$
$R_{v2} (tf) = 18.9$	$R_{v2} (tf) = 20.9$	$R_{v2} (tf) = 39.9$
$R_{v3} (tf) = 11.2$	$R_{v3} (tf) = 12.5$	$R_{v3} (tf) = 23.7$
$R_{v4} (tf) = 3.5$	$R_{v4} (tf) = 4.0$	$R_{v4} (tf) = 7.5$
$R_{v5} (tf) = -4.2$	$R_{v5} (tf) = -4.4$	$R_{v5} (tf) = -8.6$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 11.48$$



Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento à Flexão**
**a) Seção do apoio**

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = -148.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = -112.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = -5.7 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 368.0$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	$\Delta$
466.286	-1632	368.0	1977109

$$x \text{ (m)} = 0.242$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z \text{ (m)} = 1.303$$

$$x / d = 0.173$$

$$k_{md} = 0.110$$

$$A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{64.95}$$

**b) Seção do vão**

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 30.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 18.5 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 67.9$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	$\Delta$
466.286	-1632	67.9	2536702

$$x \text{ (m)} = 0.042$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z \text{ (m)} = 1.383$$

$$x / d = 0.030$$

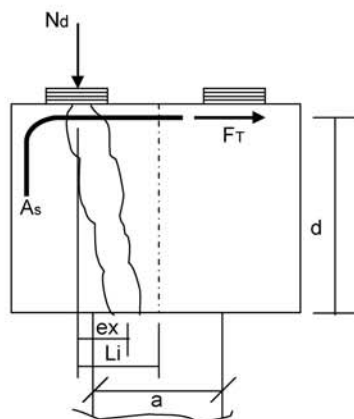
$$k_{md} = 0.020$$

$$A_s^+ \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{11.30}$$

**c) Armadura mínima**

$$A_{s\_min} = 0,15 \% ( b_w \cdot h_T )$$

$$A_{s\_min} (cm^2) = 27.0$$

**Direção Longitudinal**


$$\begin{aligned} a (m) &= 0.80 \\ d (m) &= 1.40 \\ Li (m) &= 0.35 \end{aligned}$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_x = Li - a / 4$$

$$F_{td} = N_d \cdot e_x / d$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$e_x (m) = 0.150$$

**Apoio esquerdo**

$$N_g (tf) = 29.86$$

$$N_p (tf) = 37.9 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 94.9$$

$$F_{td} (tf) = 10.2$$

$$A_s (cm^2) = 2.3$$

**Apoio direito**

$$N_g (tf) = 36.54$$

$$N_p (tf) = 40.7 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 108.1$$

$$F_{td} (tf) = 11.6$$

$$A_s (cm^2) = 2.7$$

**logo será adotado :**

$$A_s (cm^2) = 2.7$$

**Dimensionamento ao Cisalhamento****Parcela do esforço cortante**

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 78.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 39.5 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 40.7 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 53.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 56.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 164.6 \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 166.3 \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 184.7 \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 187.7 \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

$$\text{onde: } V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 720.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 \cdot (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 \cdot d \cdot f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$V_{wd}$ (tf) = 56.0	$A_{sw}/s$ = 10.2	(cm <sup>2</sup> /m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd}$ (tf) = 57.7	$A_{sw}/s$ = 10.5	(cm <sup>2</sup> /m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd}$ (tf) = 76.0	$A_{sw}/s$ = 13.9	(cm <sup>2</sup> /m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd}$ (tf) = 79.1	$A_{sw}/s$ = 14.4	(cm <sup>2</sup> /m)	PMC - 2 Vãos Carregados
	$\rho_w$ = 15.00	(cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	PTC - 1 Vão Carregado
	$\rho_w$ = 15.00	(cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	PMC - 1 Vão Carregado
	$\rho_w$ = 15.00	(cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	PTC - 2 Vãos Carregados
	$\rho_w$ = 15.00	(cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	PMC - 2 Vãos Carregados

**b) Seção do apoio à direita**

$V_g$ (tf) = 105.7	(reação de carga permanente das vigas )
$V_q$ (tf) = 51.6	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
$V_q$ (tf) = 48.5	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
$V_q$ (tf) = 72.7	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
$V_q$ (tf) = 67.2	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
$V_{q2}$ (tf) = 2.1	(vento na superestrutura)

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_{q1} + 0,5 \cdot 1,40 \cdot V_{q2}$$

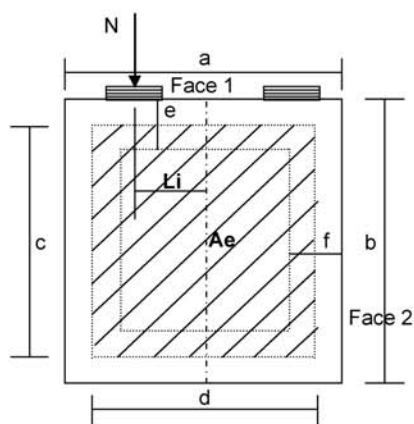
$V_{sd}$ (tf) = 221.8	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{sd}$ (tf) = 217.4	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{sd}$ (tf) = 251.3	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{sd}$ (tf) = 243.5	PMC - 2 Vãos Carregados

**Cálculo da Armadura Transversal**

$V_{wd}$ (tf) = 113.2	$A_{sw}/s$ = 20.7	(cm <sup>2</sup> /m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd}$ (tf) = 108.8	$A_{sw}/s$ = 19.9	(cm <sup>2</sup> /m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd}$ (tf) = 142.7	$A_{sw}/s$ = 26.0	(cm <sup>2</sup> /m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd}$ (tf) = 134.9	$A_{sw}/s$ = 24.6	(cm <sup>2</sup> /m)	PMC - 2 Vãos Carregados

$\rho_w = 17.21$ ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )	PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 16.55$ ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 21.70$ ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 20.52$ ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )	PMC - 2 Vãos Carregados

**Parcela dos momentos torsores**



$$M_{Tsd} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_P}$$

$$A_{sw} / s = M_{Tsd} / ( 2 * A_e * f_{yd} )$$

$$\rho_{wT} = ( A_{sw} / s ) / b_w$$

a (m) = 1.200	e (m) = 0.200
b (m) = 1.500	f (m) = 0.250
c (m) = 1.300	
d (m) = 0.950	

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$A_e = c * d \quad A_e \text{ (m}^2\text{)} = 1.235$$

$$M_T = ( N_e - N_d ) * L_i$$

Para 1 vão carregado

$$M_{T_{CM}} = \text{maior} ( N_e ; N_d ) * L_i$$

Para 2 vãos carregados

$$M_{T_{CM}} = ( N_e - N_d ) * L_i$$

Carga	$N_e$ (tf)	$N_d$ (tf)	$L_i$ (m)	$M_T$ (tf.m)
Peso Prop.	29.86	36.54	0.35	2.34
1 Vão - PTC	36.9	39.5	0.35	13.8
1 Vão - PMC	37.9	40.7	0.35	14.3
2 Vãos - PTC	25.6	28.2	0.35	0.88
2 Vãos - PMC	26.7	29.4	0.35	0.94

Esforço de projeto

$$M_{Td} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_{CM}}$$

C.M.	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	PTC	PMC	PTC	PMC
$M_{Td}$ (tf.m)	22.6	23.2	4.5	4.6

Face	b <sub>w</sub> (m)	1 Vão Carregado				2 Vãos Carregados			
		PTC		PMC		PTC		PMC	
		A <sub>sw</sub> / s (cm <sup>2</sup> / m)	ρ <sub>wt</sub> (cm <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	A <sub>sw</sub> / s (cm <sup>2</sup> / m)	ρ <sub>wt</sub> (cm <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	A <sub>sw</sub> / s (cm <sup>2</sup> / m)	ρ <sub>wt</sub> (cm <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	A <sub>sw</sub> / s (cm <sup>2</sup> / m)	ρ <sub>wt</sub> (cm <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )
1	0.25	2.1	8.4	2.2	8.7	0.4	1.7	0.4	1.7
2	0.20	2.1	10.5	2.2	10.8	0.4	2.1	0.4	2.1

Verificação do concreto

$$M_{T,d} \leq TRD1$$

$$TRD1 = 0,50 * f_{cd} * A_e * b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

Face	b <sub>w</sub> (m)	TRD1
1	0.25	220.5
2	0.20	176.4

Verificação das Solicitações Combinadas

$$M_{T,sd} / TRD1 + V_{sd} / VRD2 \leq 1$$

Face	1 Vão Carregado					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{TRD1}$	$\frac{V_{sd}}{VRD2}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{TRD1}$	$\frac{V_{sd}}{VRD2}$	Soma
1	0.103	0.308	0.411	0.105	0.302	0.407
2	0.128	0.308	0.436	0.132	0.302	0.434

Face	2 Vãos Carregados					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{TRD1}$	$\frac{V_{sd}}{VRD2}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{TRD1}$	$\frac{V_{sd}}{VRD2}$	Soma
1	0.020	0.349	0.369	0.021	0.338	0.359
2	0.026	0.349	0.375	0.026	0.338	0.364

Portico Plano Travessa P2 Ponte 18,25x21x18,25 - 57,5m

coordenadas dos nos

1	0.0000	2.5000
2	0.6000	2.5000
3	2.6000	2.5000
4	2.6000	0.0000
5	3.2500	2.5000
6	5.9000	2.5000
7	8.5500	2.5000
8	9.2000	2.5000
9	9.2000	0.0000
10	11.2000	2.5000
11	11.8000	2.5000

0

condicoes de contorno

4 111  
9 111

0

tipos de material

1 2884760.0000 0.2000 0.0000100000 2.5000

0

tipos de secao

1 1.800E+0000 1.800E+0000 3.380E-0001 1.0  
2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	5	1	1
4	5	6	1	1
5	6	7	1	1
6	7	8	1	1
7	8	10	1	1
8	10	11	1	1
9	3	4	1	2
10	8	9	1	2

0

numero de carregamentos 6

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -66.400  
5 PY -60.590  
6 PY -60.590  
7 PY -60.590  
10 PY -66.400

0

cargas nos elementos

1	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
2	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
3	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
4	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
5	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
6	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
7	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
8	U	0.000	0.000	WYA	-4.500

0

fim

```
carregamento 2 PTC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -39.500
5 PY -32.200
6 PY -24.800
7 PY -17.400
10 PY -10.000
0
fim
carregamento 3 PMC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -40.700
5 PY -28.700
6 PY -16.700
7 PY -4.700
10 PY 7.300
0
fim
carregamento 4 PTC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -53.800
5 PY -46.200
6 PY -38.500
7 PY -30.900
10 PY -23.300
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -56.000
5 PY -39.900
6 PY -23.700
7 PY -7.500
10 PY 8.600
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 11.480
0
fim
```



SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P2 Ponte 18,25x21x18,25 - 57,5m

-----  
 DATA : 3/22/2006(quarta-feira)  
 HORA : 3:55:25 PM  
 ARQUIVO DE DADOS : 4-travessap2\_18,25x21x18,25\_57,5m.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	2.50E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	2.50E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	2.50E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	2.50E+0000
10	1	2	8	9	2.50E+0000

número de elementos ..... 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade ..... 2.885E+0006  
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006  
 C. Poisson ..... 2.000E-0001  
 C. D. Térmica ..... 1.000E-0005  
 P. Específico ..... 2.500E+0000

número de tipos de material ..... 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.80E+0000	1.80E+0000	3.38E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções ..... 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-66.40	0.00
5	global	0.00	-60.59	0.00
6	global	0.00	-60.59	0.00
7	global	0.00	-60.59	0.00
10	global	0.00	-66.40	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wyb	wya	
			f1	f2	wxa	wyb	wya	
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000			-4.5E+0000
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000			-4.5E+0000
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000			-4.5E+0000
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000			-4.5E+0000
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000			-4.5E+0000
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000			-4.5E+0000
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000			-4.5E+0000
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000			-4.5E+0000

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - PTC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-39.50	0.00
5	global	0.00	-32.20	0.00
6	global	0.00	-24.80	0.00
7	global	0.00	-17.40	0.00
10	global	0.00	-10.00	0.00

fim do carregamento ..... 2

carregamento 3 - PMC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-40.70	0.00
5	global	0.00	-28.70	0.00
6	global	0.00	-16.70	0.00
7	global	0.00	-4.70	0.00
10	global	0.00	7.30	0.00

fim do carregamento ..... 3

carregamento 4 - PTC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-53.80	0.00
5	global	0.00	-46.20	0.00
6	global	0.00	-38.50	0.00
7	global	0.00	-30.90	0.00
10	global	0.00	-23.30	0.00

fim do carregamento ..... 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-56.00	0.00
5	global	0.00	-39.90	0.00
6	global	0.00	-23.70	0.00
7	global	0.00	-7.50	0.00
10	global	0.00	8.60	0.00

fim do carregamento ..... 5

carregamento 6 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	11.48	0.00	0.00

fim do carregamento ..... 6  
 número de carregamentos ..... 6

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23  
 perfil após a renumeração : 21

DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 8.5E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos corretos nos deslocamentos calculados seja 9

carregamento 1

Título : Peso Proprio

no sistema		deslocamento		deslocamento		rotacao
		x	y	z		
1	global	-5.02910E-0006	-8.88841E-0004	2.58110E-0004		
2	global	-5.02910E-0006	-7.33626E-0004	2.57944E-0004		
3	global	-5.02910E-0006	-2.48931E-0004	1.08392E-0004		
4	global	1.84245E-0031	-4.28023E-0030	-1.31003E-0031		
5	global	-4.03852E-0006	-2.33873E-0004	4.18586E-0005		
6	global	-4.31139E-0020	-2.80487E-0004	9.57676E-0020		
7	global	4.03852E-0006	-2.33873E-0004	-4.18586E-0005		
8	global	5.02910E-0006	-2.48931E-0004	-1.08392E-0004		
9	global	-1.84245E-0031	-4.28023E-0030	1.31003E-0031		
10	global	5.02910E-0006	-7.33626E-0004	-2.57944E-0004		
11	global	5.02910E-0006	-8.88841E-0004	-2.58110E-0004		

nó sistema		reações nos apoios		força	momento
		x	y	z	
4	global	-7.91	183.84	5.63	
9	global	7.91	183.83	-5.63	

Resultante -0.00 367.67 2169.25

NOTA:  
 o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força		força		momento
x		y		z
-0.000		-0.000		-0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	2.70	-0.81
3	local	3	-0.00	-69.10	0.81
4	local	4	0.00	78.10	-148.01
5	local	5	-7.91	105.73	133.85
6	local	6	7.91	-102.81	-66.08
7	local	7	-7.91	42.22	66.08
8	local	8	7.91	-30.29	30.01
9	local	9	-7.91	-30.30	-30.01
10	local	10	7.91	42.22	-66.08
11	local	11	-7.91	-102.81	66.08
12	local	12	7.91	105.73	-133.85
13	local	13	0.00	78.10	148.01
14	local	14	-0.00	-69.10	-0.81
15	local	15	-0.00	2.70	0.81
16	local	16	0.00	-0.00	0.00
17	local	17	183.84	7.91	14.16
18	local	18	-183.84	-7.91	5.63
19	local	19	183.83	-7.91	-14.16
20	local	20	-183.83	7.91	-5.63

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

no sistema		deslocamento		deslocamento		rotacao
		x	y	z		
1	global	-5.56693E-0005	-5.17502E-0004	1.58343E-0004		
2	global	-5.56693E-0005	-4.22497E-0004	1.58343E-0004		
3	global	-5.56693E-0005	-1.23312E-0004	7.73210E-0005		
4	global	5.78769E-0032	-2.12028E-0030	-1.50916E-0033		

5	global	-5.53582E-0005	-1.01908E-0004	3.99286E-0005
6	global	-5.40895E-0005	-9.98554E-0005	2.76867E-0006
7	global	-5.28209E-0005	-5.99818E-0005	1.57783E-0005
8	global	-5.25097E-0005	-4.44607E-0005	9.22227E-0006
9	global	-5.78769E-0032	-7.64476E-0031	8.07950E-0032
10	global	-5.25097E-0005	-6.26092E-0005	-1.12895E-0005
11	global	-5.25097E-0005	-6.93829E-0005	-1.12895E-0005

r e a ç õ e s n o s a p o i o s				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-2.49	91.07	0.06
9	global	2.49	32.83	-3.47
Resultante		-0.00	123.90	535.44

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l i b r i o			
( o e q u i l i b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	-0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s	n ó	n a s	b a r r a s	m o m e n t o
	sistema		força	força	fletor
			normal	cortante	
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-39.50	-0.00
		3	0.00	39.50	-79.00
3	local	3	-2.49	51.57	72.85
		5	2.49	-51.57	-39.33
4	local	5	-2.49	19.37	39.33
		6	2.49	-19.37	11.99
5	local	6	-2.49	-5.43	-11.99
		7	2.49	5.43	-2.41
6	local	7	-2.49	-22.83	2.41
		8	2.49	22.83	-17.26
7	local	8	-0.00	10.00	20.00
		10	0.00	-10.00	-0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	91.07	2.49	6.15
		4	-91.07	-2.49	0.06
10	local	8	32.83	-2.49	-2.74
		9	-32.83	2.49	-3.47

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC - 1 Vão Carregado

d e s l o c a m e n t o s n o d a i s				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-8.90909E-0005	-5.62769E-0004	1.76985E-0004
2	global	-8.90909E-0005	-4.56578E-0004	1.76985E-0004
3	global	-8.90909E-0005	-1.20639E-0004	9.35023E-0005
4	global	3.92422E-0032	-2.07433E-0030	3.66086E-0032
5	global	-8.88800E-0005	-8.85122E-0005	5.35799E-0005
6	global	-8.80198E-0005	-6.70261E-0005	4.47731E-0006
7	global	-8.71596E-0005	-2.04085E-0005	3.70636E-0005
8	global	-8.69487E-0005	7.57239E-0006	4.73294E-0005
9	global	-3.92422E-0032	1.30203E-0031	9.24132E-0032
10	global	-8.69487E-0005	1.28944E-0004	6.23030E-0005
11	global	-8.69487E-0005	1.66326E-0004	6.23030E-0005

r e a ç õ e s n o s a p o i o s				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-1.69	89.09	-1.57
9	global	1.69	-5.59	-3.97
Resultante		-0.00	83.50	174.65

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l i b r i o			
( o e q u i l i b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )			

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	força		momento	
			x	y	x	z
			-0.000	0.000		0.000
			n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
		2	0.00	-0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-40.70	-0.00	-0.00
		3	0.00	40.70	-81.40	-81.40
3	local	3	-1.69	48.39	75.61	75.61
		5	1.69	-48.39	-44.16	-44.16
4	local	5	-1.69	19.69	44.16	44.16
		6	1.69	-19.69	8.03	8.03
5	local	6	-1.69	2.99	-8.03	-8.03
		7	1.69	-2.99	15.95	15.95
6	local	7	-1.69	-1.71	-15.95	-15.95
		8	1.69	1.71	14.84	14.84
7	local	8	-0.00	-7.30	-14.60	-14.60
		10	0.00	7.30	0.00	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	0.00	0.00
9	local	3	89.09	1.69	5.79	5.79
		4	-89.09	-1.69	-1.57	-1.57
10	local	8	-5.59	-1.69	-0.24	-0.24
		9	5.59	1.69	-3.97	-3.97

carregamento 4

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

no sistema	deslocamentos nodais		
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-5.84004E-0005	-6.89444E-0004	2.08481E-0004
2 global	-5.84004E-0005	-5.64355E-0004	2.08481E-0004
3 global	-5.84004E-0005	-1.71229E-0004	9.81278E-0005
4 global	9.07506E-0032	-2.94418E-0030	-2.35393E-0032
5 global	-5.79125E-0005	-1.47282E-0004	4.79605E-0005
6 global	-5.59233E-0005	-1.54413E-0004	2.86195E-0006
7 global	-5.39341E-0005	-1.03936E-0004	9.63481E-0006
8 global	-5.34462E-0005	-8.97061E-0005	-8.65055E-0006
9 global	-9.07506E-0032	-1.54244E-0030	1.05513E-0031
10 global	-5.34462E-0005	-1.92269E-0004	-5.64430E-0005
11 global	-5.34462E-0005	-2.26135E-0004	-5.64430E-0005

nó sistema	reações nos apoios		
	força x	força y	momento z
4 global	-3.90	126.45	1.01
9 global	3.90	66.25	-4.53
Resultante	-0.00	192.70	934.74

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio  
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	força		momento	
			x	y	x	z
			-0.000	-0.000		-0.000
			n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
		2	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-53.80	-0.00	-0.00
		3	0.00	53.80	-107.60	-107.60
3	local	3	-3.90	72.65	98.87	98.87
		5	3.90	-72.65	-51.64	-51.64
4	local	5	-3.90	26.45	51.64	51.64
		6	3.90	-26.45	18.46	18.46
5	local	6	-3.90	-12.05	-18.46	-18.46
		7	3.90	12.05	-13.47	-13.47
6	local	7	-3.90	-42.95	13.47	13.47
		8	3.90	42.95	-41.39	-41.39
7	local	8	-0.00	23.30	46.60	46.60
		10	0.00	-23.30	0.00	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00	-0.00

9	local	3	126.45	3.90	8.73
		4	-126.45	-3.90	1.01
10	local	8	66.25	-3.90	-5.21
		9	-66.25	3.90	-4.53

carregamento 5

Título : PMC - 2 Vãos Carregados

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-1.19968E-0004	-7.71958E-0004	2.42388E-0004
2	global	-1.19968E-0004	-6.26526E-0004	2.42388E-0004
3	global	-1.19968E-0004	-1.66561E-0004	1.27522E-0004
4	global	5.56910E-0032	-2.86392E-0030	4.72142E-0032
5	global	-1.19668E-0004	-1.23187E-0004	7.27141E-0005
6	global	-1.18448E-0004	-9.51209E-0005	6.05969E-0006
7	global	-1.17227E-0004	-3.13889E-0005	4.92748E-0005
8	global	-1.16927E-0004	6.10019E-0006	6.19950E-0005
9	global	-5.56910E-0032	1.04889E-0031	1.26410E-0031
10	global	-1.16927E-0004	1.61560E-0004	7.96352E-0005
11	global	-1.16927E-0004	2.09341E-0004	7.96352E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-2.39	123.00	-2.03
9	global	2.39	-4.50	-5.43
Resultante		-0.00	118.50	270.91

NOTA:  
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força			momento
		x	y	z	
		-0.000	0.000	0.000	
barra	esforços	força	força	momento	
sistema	nó	normal	cortante	fletor	
1	local	1	0.00	-0.00	
		2	-0.00	0.00	
2	local	2	-0.00	-0.00	
		3	0.00	-112.00	
3	local	3	-2.39	103.99	
		5	2.39	-60.44	
4	local	5	-2.39	60.44	
		6	2.39	-11.39	
5	local	6	-2.39	-11.39	
		7	2.39	20.41	
6	local	7	-2.39	-20.41	
		8	2.39	17.75	
7	local	8	-0.00	-17.20	
		10	0.00	0.00	
8	local	10	-0.00	-0.00	
		11	0.00	0.00	
9	local	3	123.00	8.01	
		4	-123.00	-2.03	
10	local	8	-4.50	-0.55	
		9	4.50	-5.43	

carregamento 6

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	1.15762E-0004	2.90449E-0005	-1.00975E-0005
2	global	1.14435E-0004	2.29863E-0005	-1.00975E-0005
3	global	1.10014E-0004	2.79120E-0006	-1.00975E-0005
4	global	1.37542E-0031	4.79931E-0032	-1.81179E-0031
5	global	1.09316E-0004	-1.73595E-0006	-5.88643E-0006
6	global	1.06472E-0004	-1.03133E-0006	2.03844E-0006
7	global	1.03628E-0004	1.00340E-0006	-4.88256E-0006
8	global	1.02931E-0004	-2.79120E-0006	-8.84747E-0006
9	global	1.29746E-0031	-4.79931E-0032	-1.70288E-0031

```

10 global 1.02931E-0004 -2.04861E-0005 -8.84747E-0006
11 global 1.02931E-0004 -2.57946E-0005 -8.84747E-0006
    
```

```

r e a ç õ e s n o s a p o i o s
nó sistema força força momento
      x y z
4 global -5.91 -2.06 7.78
9 global -5.57 2.06 7.31
-----
Resultante -11.48 -0.00 28.70
    
```

NOTA:  
 O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

```

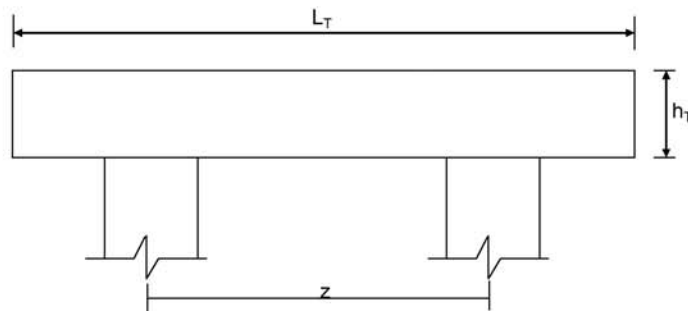
d i f e r e n ç a d e e q u i l i b r i o
( o e q u i l i b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )
      força força momento
      x y z
0.000 -0.000 -0.000
    
```

```

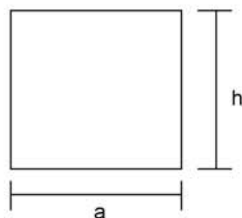
e s f o r ç o s n a s b a r r a s
barra sistema nó força força momento
          normal cortante fletor
1 local 1 11.48 -0.00 -0.00
2 local 2 -11.48 0.00 -0.00
3 local 3 11.48 -0.00 0.00
4 local 4 -11.48 0.00 -0.00
5 local 5 5.57 -2.06 -6.99
6 local 6 -5.57 2.06 5.65
7 local 7 5.57 -2.06 -5.65
8 local 8 -5.57 2.06 0.18
9 local 9 5.57 -2.06 -0.18
10 local 10 -5.57 2.06 -5.28
11 local 11 5.57 -2.06 5.28
12 local 12 -5.57 2.06 -6.62
13 local 13 0.00 -0.00 -0.00
14 local 14 -0.00 0.00 0.00
15 local 15 0.00 0.00 -0.00
16 local 16 0.00 -0.00 -0.00
17 local 17 -2.06 5.91 6.99
18 local 18 2.06 -5.91 7.78
19 local 19 2.06 5.57 6.62
20 local 20 -2.06 -5.57 7.31
    
```

Fim Do Programa

**Dimensionamento da Travessa de P3**



$L_T$  (m) = 11.80  
 $h_T$  (m) = 1.50  
 $f_{ck}$  (MPa) = 25.0  
 $f_{yk}$  (MPa) = 500.0



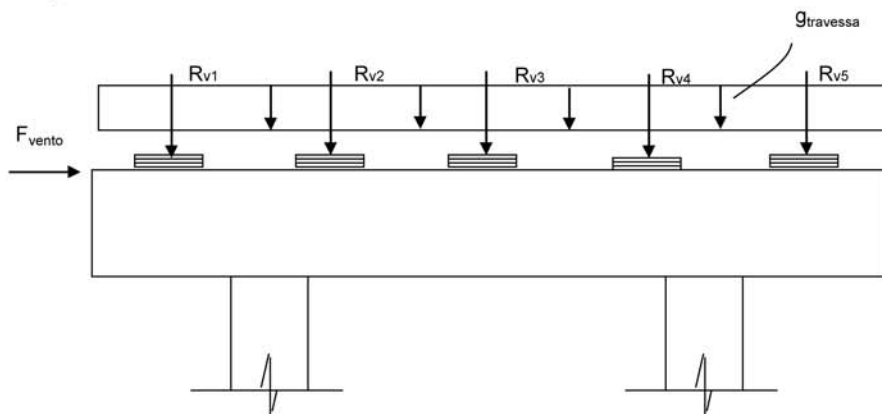
$a$  (m) = 1.200  
 $h$  (m) = 1.500

$d$  (m) = 1.40      **d** é a altura efetiva da seção

$S$  (m<sup>2</sup>) = 1.8  
 $g = S * 2,50$   
 $N_{trav} = g * L_T$        $g$  (tf/m) = 4.50

**Direção transversal**

Carregamentos atuantes na travessa



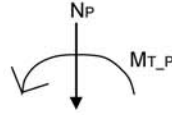
- Peso Próprio

$g$  (tf/m) = 4.500

$R_{v1}$  (tf) = 66.40  
 $R_{v2}$  (tf) = 60.59  
 $R_{v3}$  (tf) = 60.59  
 $R_{v4}$  (tf) = 60.59  
 $R_{v5}$  (tf) = 66.40



- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

X1 (m) = 5.30	X3 (m) = 0.00	n = 5
X2 (m) = 2.65	X4 (m) = -2.65	
	X5 (m) = -5.30	
$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$		

PTC - 1 Vão Carregado

Ne (tf) = 123.9	Nd (tf) = 110.5
MT-e (tf.m) = 195.3	MT-d (tf.m) = 196.4
Rv1 (tf) = 39.5	Rv1 (tf) = 36.9
Rv2 (tf) = 32.2	Rv2 (tf) = 29.5
Rv3 (tf) = 24.8	Rv3 (tf) = 22.1
Rv4 (tf) = 17.4	Rv4 (tf) = 14.7
Rv5 (tf) = 10.0	Rv5 (tf) = 7.3

PMC - 1 Vão Carregado

Ne (tf) = 83.6	Nd (tf) = 76.6
MT-e (tf.m) = 318.2	MT-d (tf.m) = 299.7
Rv1 (tf) = 40.7	Rv1 (tf) = 37.9
Rv2 (tf) = 28.7	Rv2 (tf) = 26.6
Rv3 (tf) = 16.7	Rv3 (tf) = 15.3
Rv4 (tf) = 4.7	Rv4 (tf) = 4.0
Rv5 (tf) = -7.3	Rv5 (tf) = -7.3

PTC - 2 Vãos Carregados

Ne (tf) = 102.8	Nd (tf) = 89.9	NP (tf) = 192.6
MT-e (tf.m) = 100.9	MT-d (tf.m) = 101.4	MT-P (tf.m) = 202.3
Rv1 (tf) = 28.2	Rv1 (tf) = 25.6	Rv1 (tf) = 53.8
Rv2 (tf) = 24.4	Rv2 (tf) = 21.8	Rv2 (tf) = 46.2
Rv3 (tf) = 20.6	Rv3 (tf) = 18.0	Rv3 (tf) = 38.5
Rv4 (tf) = 16.7	Rv4 (tf) = 14.1	Rv4 (tf) = 30.9
Rv5 (tf) = 12.9	Rv5 (tf) = 10.3	Rv5 (tf) = 23.3

PMC - 2 Vãos Carregados

Ne (tf) = 62.5	Nd (tf) = 56.0	NP (tf) = 118.5
MT-e (tf.m) = 223.8	MT-d (tf.m) = 204.7	MT-P (tf.m) = 428.5
Rv1 (tf) = 29.4	Rv1 (tf) = 26.6	Rv1 (tf) = 56.0
Rv2 (tf) = 20.9	Rv2 (tf) = 18.9	Rv2 (tf) = 39.9
Rv3 (tf) = 12.5	Rv3 (tf) = 11.2	Rv3 (tf) = 23.7
Rv4 (tf) = 4.0	Rv4 (tf) = 3.5	Rv4 (tf) = 7.5
Rv5 (tf) = -4.4	Rv5 (tf) = -4.3	Rv5 (tf) = -8.6

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 11.48$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento à Flexão**

**a) Seção do apoio**

$$b_w (m) = 1.20$$

$$M_g (tf.m) = -148.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -112.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = 5.7 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 360.1$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	a	b	c	$\Delta$
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$	582.857	-2040	360.1	3322148
$c = M_d$				

$$x (m) = 0.186$$

$Z = d - 0,4 * x$	$z (m) = 1.325$	$x / d = 0.133$
		$k_{md} = 0.086$

$$A_s^- (cm^2) = 62.48$$

**b) Seção do vão**

$$b_w (m) = 1.20$$

$$M_g (tf.m) = 26.2 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = 16.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 60.0$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	a	b	c	$\Delta$
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$	582.857	-2040	60.0	4021689
$c = M_d$				

$$x (m) = 0.030$$

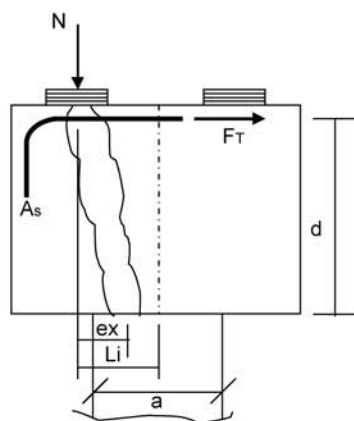
$Z = d - 0,4 * x$	$z (m) = 1.388$	$x / d = 0.021$
		$k_{md} = 0.014$

$$A_s^+ (cm^2) = 9.94$$

**c) Armadura mínima**

$$A_{s\_min} = 0,15 \% ( b_w * h_T )$$

$$A_{s\_min} (cm^2) = 27.0$$

**Direção Longitudinal**


$$\begin{aligned} a (m) &= 0.80 \\ d (m) &= 1.40 \\ Li (m) &= 0.35 \end{aligned}$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_x = Li - a / 4$$

$$F_{td} = N_d * e_x / d_b$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$e_x (m) = 0.150$$

**Apoio esquerdo**

$$N_g (tf) = 36.54$$

$$N_p (tf) = 40.7 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 108.1$$

$$F_{td} (tf) = 11.6$$

$$A_s (cm^2) = 2.7$$

**Apoio direito**

$$N_g (tf) = 29.86$$

$$N_p (tf) = 37.9 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 94.9$$

$$F_{td} (tf) = 10.2$$

$$A_s (cm^2) = 2.3$$

**logo será adotado :**

$$A_s (cm^2) = 2.7$$

**Dimensionamento ao Cisalhamento**

**Parcela do esforço cortante**

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 78.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 39.5 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 40.7 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 53.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 56.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 164.6 \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 166.3 \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 184.7 \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 187.7 \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

**Verificação do Concreto**

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

$$\text{onde: } V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 900.0$$

**Contribuição do Concreto**

$$V_{cd} = 2,5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 \cdot (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.300$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 126.0$$

**Cálculo da Armadura Transversal**

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 \cdot d \cdot f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$V_{wd} \text{ (tf)} = 38.6$	$A_{sw}/s = 7.0$	$(\text{cm}^2/\text{m})$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 40.3$	$A_{sw}/s = 7.4$	$(\text{cm}^2/\text{m})$	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 58.6$	$A_{sw}/s = 10.7$	$(\text{cm}^2/\text{m})$	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} \text{ (tf)} = 61.7$	$A_{sw}/s = 11.3$	$(\text{cm}^2/\text{m})$	PMC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 15.00$	$(\text{cm}^2/\text{m}^2)$		PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 15.00$	$(\text{cm}^2/\text{m}^2)$		PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 15.00$	$(\text{cm}^2/\text{m}^2)$		PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 15.00$	$(\text{cm}^2/\text{m}^2)$		PMC - 2 Vãos Carregados

**b) Seção do apoio à direita**

$V_g \text{ (tf)} = 105.7$	(reação de carga permanente das vigas )
$V_q \text{ (tf)} = 51.7$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
$V_q \text{ (tf)} = 48.6$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
$V_q \text{ (tf)} = 72.8$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
$V_q \text{ (tf)} = 67.3$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
$V_{q2} \text{ (tf)} = 2.1$	(vento na superestrutura)

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_{q1} + 0,5 \cdot 1,40 \cdot V_{q2}$$

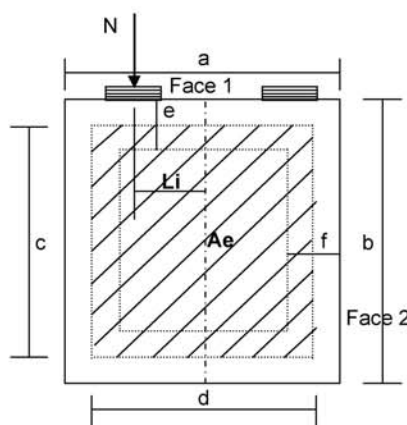
$V_{sd} \text{ (tf)} = 221.9$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} \text{ (tf)} = 217.6$	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} \text{ (tf)} = 251.4$	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{sd} \text{ (tf)} = 243.7$	PMC - 2 Vãos Carregados

**Cálculo da Armadura Transversal**

$V_{wd} \text{ (tf)} = 95.8$	$A_{sw}/s = 17.5$	$(\text{cm}^2/\text{m})$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 91.5$	$A_{sw}/s = 16.7$	$(\text{cm}^2/\text{m})$	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 125.4$	$A_{sw}/s = 22.9$	$(\text{cm}^2/\text{m})$	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} \text{ (tf)} = 117.7$	$A_{sw}/s = 21.5$	$(\text{cm}^2/\text{m})$	PMC - 2 Vãos Carregados

$\rho_w = 15.00$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 15.00$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 19.07$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 17.90$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	PMC - 2 Vãos Carregados

**Parcela dos momentos torsores**



$$M_{Tsd} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_P}$$

$$A_{sw} / s = M_{Tsd} / ( 2 * A_e * f_{yd} )$$

$$\rho_{wT} = ( A_{sw} / s ) / b_w$$

- a (m) = 1.200      e (m) = 0.200
- b (m) = 1.500      f (m) = 0.250
- c (m) = 1.300
- d (m) = 0.950

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$A_e = c * d \quad A_e \text{ (m}^2\text{)} = 1.235$$

$$M_T = ( N_e - N_d ) * L_i$$

Para 1 vão carregado

$$M_{T_{CM}} = \text{maior} ( N_e ; N_d ) * L_i$$

Para 2 vãos carregados

$$M_{T_{CM}} = ( N_e - N_d ) * L_i$$

Carga	Ne (tf)	Nd (tf)	Li (m)	M <sub>T</sub> (tf.m)
Peso Prop.	36.54	29.86	0.35	2.34
1 Vão - PTC	39.5	36.9	0.35	13.8
1 Vão - PMC	40.7	37.9	0.35	14.3
2 Vãos - PTC	28.2	25.6	0.35	0.89
2 Vãos - PMC	29.4	26.6	0.35	0.96

Esforço de projeto

$$M_{Td} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_{CM}}$$

C.M.	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	PTC	PMC	PTC	PMC
M <sub>Td</sub> (tf.m)	22.6	23.2	4.5	4.6

Face	b <sub>w</sub> (m)	1 Vão Carregado				2 Vãos Carregados			
		PTC		PMC		PTC		PMC	
		A <sub>sw</sub> / s (cm <sup>2</sup> / m)	ρ <sub>wt</sub> (cm <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	A <sub>sw</sub> / s (cm <sup>2</sup> / m)	ρ <sub>wt</sub> (cm <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	A <sub>sw</sub> / s (cm <sup>2</sup> / m)	ρ <sub>wt</sub> (cm <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	A <sub>sw</sub> / s (cm <sup>2</sup> / m)	ρ <sub>wt</sub> (cm <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )
1	0.25	2.1	8.4	2.2	8.7	0.4	1.7	0.4	1.7
2	0.20	2.1	10.5	2.2	10.8	0.4	2.1	0.4	2.1

Verificação do concreto

$$M_{T,d} \leq T_{RD1}$$

$$T_{RD1} = 0,50 * f_{cd} * A_e * b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 25.0$$

Face	b <sub>w</sub> (m)	T <sub>RD1</sub>
1	0.25	275.7
2	0.20	220.5

Verificação das Solicitações Combinadas

$$M_{T,sd} / T_{RD1} + V_{sd} / V_{RD2} \leq 1$$

Face	1 Vão Carregado					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma
1	0.082	0.247	0.329	0.084	0.242	0.326
2	0.103	0.247	0.349	0.105	0.242	0.347

Face	2 Vãos Carregados					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma
1	0.016	0.279	0.296	0.017	0.271	0.288
2	0.020	0.279	0.300	0.021	0.271	0.292

Portico Plano Travessa P3 Ponte 18,25x21x18,25 - 57,5m

coordenadas dos nos

1	0.0000	2.5000
2	0.6000	2.5000
3	2.6000	2.5000
4	2.6000	0.0000
5	3.2500	2.5000
6	5.9000	2.5000
7	8.5500	2.5000
8	9.2000	2.5000
9	9.2000	0.0000
10	11.2000	2.5000
11	11.8000	2.5000

0

condicoes de contorno

4 111  
9 111

0

tipos de material

1 2884760.0000 0.2000 0.0000100000 2.5000

0

tipos de secao

1 1.800E+0000 1.800E+0000 3.380E-0001 1.0  
2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	5	1	1
4	5	6	1	1
5	6	7	1	1
6	7	8	1	1
7	8	10	1	1
8	10	11	1	1
9	3	4	1	2
10	8	9	1	2

0

numero de carregamentos 6

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -66.400  
5 PY -60.590  
6 PY -60.590  
7 PY -60.590  
10 PY -66.400

0

cargas nos elementos

1	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
2	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
3	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
4	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
5	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
6	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
7	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
8	U	0.000	0.000	WYA	-4.500

0

fim



```
carregamento 2 PTC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -39.500
5 PY -32.200
6 PY -24.800
7 PY -17.400
10 PY -10.000
0
fim
carregamento 3 PMC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -40.700
5 PY -28.700
6 PY -16.700
7 PY -4.700
10 PY 7.300
0
fim
carregamento 4 PTC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -53.800
5 PY -46.200
6 PY -38.500
7 PY -30.900
10 PY -23.300
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -56.000
5 PY -39.900
6 PY -23.700
7 PY -7.500
10 PY 8.600
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 11.480
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P3 Ponte 18,25x21x18,25 - 57,5m

-----  
 DATA : 3/22/2006(quarta-feira)  
 HORA : 3:58:24 PM  
 ARQUIVO DE DADOS : 6-travessap3\_18,25x21x18,25\_57,5m.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	2.50E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	2.50E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	2.50E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	2.50E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	2.50E+0000
10	1	2	8	9	2.50E+0000

número de elementos ..... 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade ..... 2.885E+0006  
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006  
 C. Poisson ..... 2.000E-0001  
 C. D. Térmica ..... 1.000E-0005  
 P. Específico ..... 2.500E+0000

número de tipos de material ..... 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.80E+0000	1.80E+0000	3.38E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções ..... 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-66.40	0.00
5	global	0.00	-60.59	0.00
6	global	0.00	-60.59	0.00
7	global	0.00	-60.59	0.00
10	global	0.00	-66.40	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wyb	wya	
			f1	f2	wx3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - PTC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-39.50	0.00
5	global	0.00	-32.20	0.00
6	global	0.00	-24.80	0.00
7	global	0.00	-17.40	0.00
10	global	0.00	-10.00	0.00

fim do carregamento ..... 2

carregamento 3 - PMC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-40.70	0.00
5	global	0.00	-28.70	0.00
6	global	0.00	-16.70	0.00
7	global	0.00	-4.70	0.00
10	global	0.00	7.30	0.00

fim do carregamento ..... 3

carregamento 4 - PTC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-53.80	0.00
5	global	0.00	-46.20	0.00
6	global	0.00	-38.50	0.00
7	global	0.00	-30.90	0.00
10	global	0.00	-23.30	0.00

fim do carregamento ..... 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-56.00	0.00
5	global	0.00	-39.90	0.00
6	global	0.00	-23.70	0.00
7	global	0.00	-7.50	0.00
10	global	0.00	8.60	0.00

fim do carregamento ..... 5

carregamento 6 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	11.48	0.00	0.00

fim do carregamento ..... 6  
 número de carregamentos ..... 6

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23  
 perfil após a renumeração : 21

-----  
 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 8.5E+0001  
 Existe probabilidade de que o número de algarismos  
 corretos nos deslocamentos calculados seja 9  
 -----

carregamento 1

Título : Peso Proprio

no sistema		deslocamento		deslocamento		rotacao
		x	y	z		
1	global	-5.02910E-0006	-8.88841E-0004	2.58110E-0004		
2	global	-5.02910E-0006	-7.33626E-0004	2.57944E-0004		
3	global	-5.02910E-0006	-2.48931E-0004	1.08392E-0004		
4	global	1.84245E-0031	-4.28023E-0030	-1.31003E-0031		
5	global	-4.03852E-0006	-2.33873E-0004	4.18586E-0005		
6	global	-4.31139E-0020	-2.80487E-0004	9.57676E-0020		
7	global	4.03852E-0006	-2.33873E-0004	-4.18586E-0005		
8	global	5.02910E-0006	-2.48931E-0004	-1.08392E-0004		
9	global	-1.84245E-0031	-4.28023E-0030	1.31003E-0031		
10	global	5.02910E-0006	-7.33626E-0004	-2.57944E-0004		
11	global	5.02910E-0006	-8.88841E-0004	-2.58110E-0004		

nó sistema		reações nos apoios		força	momento
		x	y	z	
4	global	-7.91	183.84	5.63	
9	global	7.91	183.83	-5.63	

Resultante -0.00 367.67 2169.25

NOTA:  
 o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem  
 do sistema global.

diferença de equilíbrio  
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força		força		momento
x		y		z
-0.000		-0.000		-0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	2.70	-0.81
3	local	3	-0.00	-69.10	0.81
4	local	4	0.00	78.10	-148.01
5	local	5	-7.91	105.73	133.85
6	local	6	7.91	-102.81	-66.08
7	local	7	-7.91	42.22	66.08
8	local	8	7.91	-30.29	-30.01
9	local	9	-7.91	-30.30	-30.01
10	local	10	7.91	42.22	-66.08
11	local	11	-7.91	-102.81	66.08
12	local	12	7.91	105.73	-133.85
13	local	13	0.00	78.10	148.01
14	local	14	-0.00	-69.10	-0.81
15	local	15	-0.00	2.70	0.81
16	local	16	0.00	-0.00	0.00
17	local	17	183.84	7.91	14.16
18	local	18	-183.84	-7.91	5.63
19	local	19	183.83	-7.91	-14.16
20	local	20	-183.83	7.91	-5.63

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

no sistema		deslocamento		deslocamento		rotacao
		x	y	z		
1	global	-5.56693E-0005	-5.17502E-0004	1.58343E-0004		
2	global	-5.56693E-0005	-4.22497E-0004	1.58343E-0004		
3	global	-5.56693E-0005	-1.23312E-0004	7.73210E-0005		
4	global	5.78769E-0032	-2.12028E-0030	-1.50916E-0033		

5	global	-5.53582E-0005	-1.01908E-0004	3.99286E-0005
6	global	-5.40895E-0005	-9.98554E-0005	2.76867E-0006
7	global	-5.28209E-0005	-5.99818E-0005	1.57783E-0005
8	global	-5.25097E-0005	-4.44607E-0005	9.22227E-0006
9	global	-5.78769E-0032	-7.64476E-0031	8.07950E-0032
10	global	-5.25097E-0005	-6.26092E-0005	-1.12895E-0005
11	global	-5.25097E-0005	-6.93829E-0005	-1.12895E-0005

r e a ç õ e s n o s a p o i o s				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-2.49	91.07	0.06
9	global	2.49	32.83	-3.47
Resultante		-0.00	123.90	535.44

NOTA:  
o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o			
( o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	-0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s	n a s	b a r r a s	momento	
	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-39.50	-0.00
		3	0.00	39.50	-79.00
3	local	3	-2.49	51.57	72.85
		5	2.49	-51.57	-39.33
4	local	5	-2.49	19.37	39.33
		6	2.49	-19.37	11.99
5	local	6	-2.49	-5.43	-11.99
		7	2.49	5.43	-2.41
6	local	7	-2.49	-22.83	2.41
		8	2.49	22.83	-17.26
7	local	8	-0.00	10.00	20.00
		10	0.00	-10.00	-0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	91.07	2.49	6.15
		4	-91.07	-2.49	0.06
10	local	8	32.83	-2.49	-2.74
		9	-32.83	2.49	-3.47

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC - 1 Vão Carregado

d e s l o c a m e n t o s n o d a i s				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-8.90909E-0005	-5.62769E-0004	1.76985E-0004
2	global	-8.90909E-0005	-4.56578E-0004	1.76985E-0004
3	global	-8.90909E-0005	-1.20639E-0004	9.35023E-0005
4	global	3.92422E-0032	-2.07433E-0030	3.66086E-0032
5	global	-8.88800E-0005	-8.85122E-0005	5.35799E-0005
6	global	-8.80198E-0005	-6.70261E-0005	4.47731E-0006
7	global	-8.71596E-0005	-2.04085E-0005	3.70636E-0005
8	global	-8.69487E-0005	7.57239E-0006	4.73294E-0005
9	global	-3.92422E-0032	1.30203E-0031	9.24132E-0032
10	global	-8.69487E-0005	1.28944E-0004	6.23030E-0005
11	global	-8.69487E-0005	1.66326E-0004	6.23030E-0005

r e a ç õ e s n o s a p o i o s				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-1.69	89.09	-1.57
9	global	1.69	-5.59	-3.97
Resultante		-0.00	83.50	174.65

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o			
( o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )			



9	local	3	126.45	3.90	8.73
		4	-126.45	-3.90	1.01
10	local	8	66.25	-3.90	-5.21
		9	-66.25	3.90	-4.53

carregamento 5

Título : PMC - 2 Vãos Carregados

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-1.19968E-0004	-7.71958E-0004	2.42388E-0004
2	global	-1.19968E-0004	-6.26526E-0004	2.42388E-0004
3	global	-1.19968E-0004	-1.66561E-0004	1.27522E-0004
4	global	5.56910E-0032	-2.86392E-0030	4.72142E-0032
5	global	-1.19668E-0004	-1.23187E-0004	7.27141E-0005
6	global	-1.18448E-0004	-9.51209E-0005	6.05969E-0006
7	global	-1.17227E-0004	-3.13889E-0005	4.92748E-0005
8	global	-1.16927E-0004	6.10019E-0006	6.19950E-0005
9	global	-5.56910E-0032	1.04889E-0031	1.26410E-0031
10	global	-1.16927E-0004	1.61560E-0004	7.96352E-0005
11	global	-1.16927E-0004	2.09341E-0004	7.96352E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-2.39	123.00	-2.03
9	global	2.39	-4.50	-5.43
Resultante		-0.00	118.50	270.91

NOTA:  
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

		diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)		
		força	força	momento
		x	y	z
		-0.000	0.000	0.000

barra	esf	forças	nas	barra	momento
sistema	nó	força	força	força	fletor
		normal	cortante		
1	local	1	0.00	0.00	-0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-56.00	-0.00
		3	0.00	56.00	-112.00
3	local	3	-2.39	67.00	103.99
		5	2.39	-67.00	-60.44
4	local	5	-2.39	27.10	60.44
		6	2.39	-27.10	11.39
5	local	6	-2.39	3.40	-11.39
		7	2.39	-3.40	20.41
6	local	7	-2.39	-4.10	-20.41
		8	2.39	4.10	17.75
7	local	8	-0.00	-8.60	-17.20
		10	0.00	8.60	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	-0.00
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	123.00	2.39	8.01
		4	-123.00	-2.39	-2.03
10	local	8	-4.50	-2.39	-0.55
		9	4.50	2.39	-5.43

carregamento 6

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	1.15762E-0004	2.90449E-0005	-1.00975E-0005
2	global	1.14435E-0004	2.29863E-0005	-1.00975E-0005
3	global	1.10014E-0004	2.79120E-0006	-1.00975E-0005
4	global	1.37542E-0031	4.79931E-0032	-1.81179E-0031
5	global	1.09316E-0004	-1.73595E-0006	-5.88643E-0006
6	global	1.06472E-0004	-1.03133E-0006	2.03844E-0006
7	global	1.03628E-0004	1.00340E-0006	-4.88256E-0006
8	global	1.02931E-0004	-2.79120E-0006	-8.84747E-0006
9	global	1.29746E-0031	-4.79931E-0032	-1.70288E-0031

```

10 global 1.02931E-0004 -2.04861E-0005 -8.84747E-0006
11 global 1.02931E-0004 -2.57946E-0005 -8.84747E-0006
    
```

```

r e a ç õ e s n o s a p o i o s
nó sistema força força momento
      x y z
4 global -5.91 -2.06 7.78
9 global -5.57 2.06 7.31
-----
Resultante -11.48 -0.00 28.70
    
```

NOTA:  
 O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

```

d i f e r e n ç a d e e q u i l i b r i o
( o e q u i l i b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )
      força força momento
      x y z
0.000 -0.000 -0.000
    
```

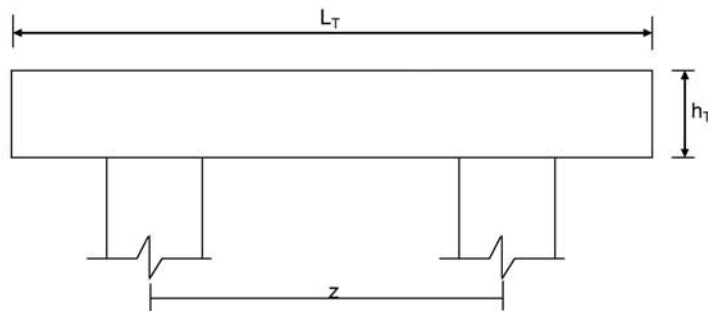
```

b a r r a e s f o r ç o s n a s b a r r a s m o m e n t o
sistema nó força normal força cortante fletor
1 local 1 11.48 -0.00 -0.00
2 local 2 -11.48 0.00 -0.00
3 local 3 11.48 -0.00 0.00
4 local 4 -11.48 0.00 -0.00
5 local 5 5.57 -2.06 -6.99
6 local 6 -5.57 2.06 5.65
7 local 7 5.57 -2.06 -5.65
8 local 8 -5.57 2.06 0.18
9 local 9 5.57 -2.06 -0.18
10 local 10 -5.57 2.06 -5.28
11 local 11 5.57 -2.06 5.28
12 local 12 -5.57 2.06 -6.62
13 local 13 0.00 -0.00 -0.00
14 local 14 -0.00 0.00 0.00
15 local 15 0.00 0.00 -0.00
16 local 16 0.00 -0.00 -0.00
17 local 17 -2.06 5.91 6.99
18 local 18 2.06 -5.91 7.78
19 local 19 2.06 5.57 6.62
20 local 20 -2.06 -5.57 7.31
    
```

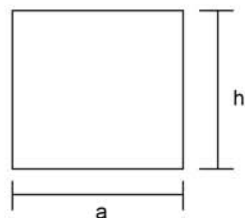
Fim Do Programa



**Dimensionamento da Travessa de P4**



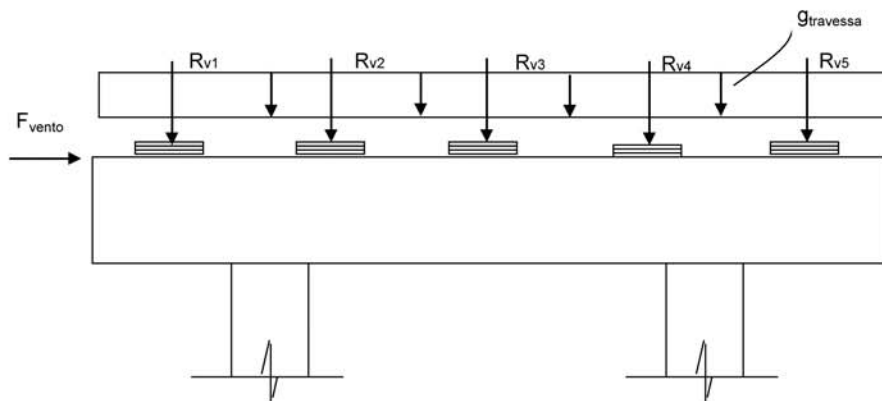
$L_T$  (m) = 11.80  
 $h_T$  (m) = 1.50  
 $f_{ck}$  (MPa) = 20.0  
 $f_{yk}$  (MPa) = 500.0



$a$  (m) = 0.800  
 $h$  (m) = 1.500  
 $d$  (m) = 1.40      **d** é a altura efetiva da seção  
 $S$  (m<sup>2</sup>) = 1.2  
 $g = S * 2,50$   
 $N_{trav} = g * L_T$        $g$  (tf/m) = 3

**Direção transversal**

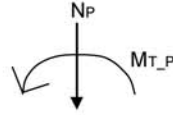
Carregamentos atuantes na travessa



- Peso Próprio

$g$  (tf/m) = 3.000  
 $R_{v1}$  (tf) = 46.68  
 $R_{v2}$  (tf) = 38.46  
 $R_{v3}$  (tf) = 38.46  
 $R_{v4}$  (tf) = 38.46  
 $R_{v5}$  (tf) = 46.68

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{lll} X_1 (m) = 5.30 & X_3 (m) = 0.00 & n = 5 \\ X_2 (m) = 2.65 & X_4 (m) = -2.65 & \\ & X_5 (m) = -5.30 & \\ \Sigma(x_i)^2 (m) = 70.225 & & \end{array}$$

PTC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 128.4 \\ M_{T-P} (tf.m) = 212.6 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 41.7 \\ R_{v2} (tf) = 33.7 \\ R_{v3} (tf) = 25.7 \\ R_{v4} (tf) = 17.7 \\ R_{v5} (tf) = 9.6 \end{array}$$

PMC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 87.0 \\ M_{T-P} (tf.m) = 345.2 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 43.5 \\ R_{v2} (tf) = 30.4 \\ R_{v3} (tf) = 17.4 \\ R_{v4} (tf) = 4.4 \\ R_{v5} (tf) = -8.6 \end{array}$$

- Vento

$$F_{\text{vento}} (tf) = 5.74$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

#### Dimensionamento à Flexão

##### a) Seção do apoio

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -103.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -87.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -5.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 270.4$$

$$\begin{aligned}
 a &= fcd \cdot bw \cdot 0,272 & a &= 310.857 & b &= -1088 & c &= 270.4 & \Delta &= 847561 \\
 b &= -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c &= Md \\
 x \text{ (m)} &= 0.269 \\
 Z = d - 0,4 \cdot x & & z \text{ (m)} &= 1.292 & & & x / d &= 0.192 \\
 & & & & & & kmd &= 0.121 \\
 A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} &= \mathbf{48.12}
 \end{aligned}$$

**b) Seção do vão**

$$\begin{aligned}
 b_w \text{ (m)} &= 0.80 \\
 M_g \text{ (tf.m)} &= 12.1 & \text{(reação de carga permanente das vigas)} \\
 M_{q1} \text{ (tf.m)} &= 12.1 & \text{(reação de carga móvel das vigas)} \\
 M_{q2} \text{ (tf.m)} &= 0.2 & \text{(vento na superestrutura)} \\
 M_d &= 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2} \\
 M_d \text{ (tf.m)} &= 34.0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= fcd \cdot bw \cdot 0,272 & a &= 310.857 & b &= -1088 & c &= 34.0 & \Delta &= 1141477 \\
 b &= -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c &= Md \\
 x \text{ (m)} &= 0.032 \\
 Z = d - 0,4 \cdot x & & z \text{ (m)} &= 1.387 & & & x / d &= 0.023 \\
 & & & & & & kmd &= 0.015 \\
 A_s^+ \text{ (cm}^2\text{)} &= \mathbf{5.64}
 \end{aligned}$$

**c) Armadura mínima**

$$\begin{aligned}
 A_{s\_min} &= 0,15 \% ( b_w \cdot h_T ) \\
 A_{s\_min} \text{ (cm}^2\text{)} &= \mathbf{18.0}
 \end{aligned}$$

**Dimensionamento ao Cisalhamento**

**a) Seção do apoio à esquerda**

$$\begin{aligned}
 b_w \text{ (m)} &= 0.80 \\
 V_g \text{ (tf)} &= 54.5 & \text{(reação de carga permanente das vigas)} \\
 V_q \text{ (tf)} &= 43.5 & \text{(reação de carga móvel das vigas)} \\
 V_{sd} &= 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q \\
 V_{sd} \text{ (tf)} &= 137.2
 \end{aligned}$$

**Verificação do Concreto**

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

onde:  $V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

**Contribuição do Concreto**

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \text{ (concreto armado)}$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

**Cálculo da Armadura Transversal**

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{wd} (tf) = 64.8$$

$$A_{sw}/s = 11.8 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 15.00 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

**b) Seção do apoio à direita**

$$V_g (tf) = 67.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 51.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 1.6 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 167.9$$

**Cálculo da Armadura Transversal**

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 95.5$$

$$A_{sw}/s = 17.4 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 21.79 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

Portico Plano Travessa P4 Ponte 18,25x21x18,25 - 57,5m

coordenadas dos nos

1	0.0000	3.8000
2	0.6000	3.8000
3	2.6000	3.8000
4	2.6000	0.0000
5	3.2500	3.8000
6	5.9000	3.8000
7	8.5500	3.8000
8	9.2000	3.8000
9	9.2000	0.0000
10	11.2000	3.8000
11	11.8000	3.8000

0

condicoes de contorno

4 111  
9 111

0

tipos de material

1 2884760.0000 0.2000 0.0000100000 2.5000

0

tipos de secao

1 1.200E+0000 1.200E+0000 2.250E-0001 1.0  
2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	5	1	1
4	5	6	1	1
5	6	7	1	1
6	7	8	1	1
7	8	10	1	1
8	10	11	1	1
9	3	4	1	2
10	8	9	1	2

0

numero de carregamentos 4

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -46.680  
5 PY -38.460  
6 PY -38.460  
7 PY -38.460  
10 PY -46.680

0

cargas nos elementos

1	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
2	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
3	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
4	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
5	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
6	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
7	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
8	U	0.000	0.000	WYA	-3.000

0

fim

```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -41.700
5 PY -33.700
6 PY -25.700
7 PY -17.700
10 PY -9.600
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -43.500
5 PY -30.400
6 PY -17.400
7 PY -4.400
10 PY 8.600
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 5.740
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ  
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P4 Ponte 18,25x21x18,25 - 57,5m

-----  
 DATA : 3/22/2006(quarta-feira)  
 HORA : 3:59:28 PM  
 ARQUIVO DE DADOS : 8-travessap4\_18,25x21x18,25\_57,5m.slt  
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano  
 -----

Unidades Utilizadas  
 força : não informada.  
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.80E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.80E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.80E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.80E+0000	0.00E+0000

número de nós ..... 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição ..... 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	3.80E+0000
10	1	2	8	9	3.80E+0000

número de elementos ..... 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade ..... 2.885E+0006  
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006  
 C. Poisson ..... 2.000E-0001  
 C. D. Térmica ..... 1.000E-0005  
 P. Específico ..... 2.500E+0000

número de tipos de material ..... 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.20E+0000	1.20E+0000	2.25E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções ..... 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-46.68	0.00
5	global	0.00	-38.46	0.00
6	global	0.00	-38.46	0.00
7	global	0.00	-38.46	0.00
10	global	0.00	-46.68	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			f1	f2	wxa	wyb	wya	
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento ..... 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-41.70	0.00
5	global	0.00	-33.70	0.00
6	global	0.00	-25.70	0.00
7	global	0.00	-17.70	0.00
10	global	0.00	-9.60	0.00

fim do carregamento ..... 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-43.50	0.00
5	global	0.00	-30.40	0.00
6	global	0.00	-17.40	0.00
7	global	0.00	-4.40	0.00
10	global	0.00	8.60	0.00

fim do carregamento ..... 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	5.74	0.00	0.00

fim do carregamento ..... 4  
número de carregamentos ..... 4

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23  
perfil após a renumeração : 21

-----  
DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.7E+0002  
Existe probabilidade de que o número de algarismos  
corretos nos deslocamentos calculados seja 8  
-----

carregamento 1

Titulo : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-4.54873E-0006	-9.69493E-0004	2.88915E-0004
2	global	-4.54873E-0006	-7.95794E-0004	2.88749E-0004
3	global	-4.54873E-0006	-2.51248E-0004	1.31540E-0004
4	global	1.66832E-0031	-4.26797E-0030	-1.97926E-0031
5	global	-3.65277E-0006	-2.20662E-0004	6.21671E-0005
6	global	4.83061E-0018	-2.36367E-0004	1.15030E-0019
7	global	3.65277E-0006	-2.20662E-0004	-6.21671E-0005



8	global	4.54873E-0006	-2.51248E-0004	-1.31540E-0004
9	global	-1.66832E-0031	-4.26797E-0030	1.97926E-0031
10	global	4.54873E-0006	-7.95794E-0004	-2.88749E-0004
11	global	4.54873E-0006	-9.69493E-0004	-2.88915E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4 global	-4.77	122.07		5.66
9 global	4.77	122.07		-5.66
Resultante		0.00	244.14	1440.43

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	1.80	-0.54
2	local	2	-0.00	-48.48	0.54
		3	0.00	54.48	-103.50
3	local	3	-4.77	67.59	91.03
		5	4.77	-65.64	-47.73
4	local	5	-4.77	27.18	47.73
		6	4.77	-19.23	13.76
5	local	6	-4.77	-19.23	-13.76
		7	4.77	27.18	-47.73
6	local	7	-4.77	-65.64	47.73
		8	4.77	67.59	-91.03
7	local	8	0.00	54.48	103.50
		10	-0.00	-48.48	-0.54
8	local	10	-0.00	1.80	0.54
		11	0.00	0.00	0.00
9	local	3	122.07	4.77	12.47
		4	-122.07	-4.77	5.66
10	local	8	122.07	-4.77	-12.47
		9	-122.07	4.77	-5.66

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1 global	-1.36685E-0004	-8.22238E-0004	2.51080E-0004	
2 global	-1.36685E-0004	-6.71590E-0004	2.51080E-0004	
3 global	-1.36685E-0004	-1.97270E-0004	1.22588E-0004	
4 global	6.54288E-0032	-3.35104E-0030	-1.33609E-0032	
5 global	-1.36334E-0004	-1.63123E-0004	6.34298E-0005	
6 global	-1.34901E-0004	-1.59277E-0004	4.68704E-0006	
7 global	-1.33469E-0004	-9.36064E-0005	2.81120E-0005	
8 global	-1.33118E-0004	-6.70066E-0005	1.94132E-0005	
9 global	-6.54288E-0032	-1.13824E-0030	1.41885E-0031	
10 global	-1.33118E-0004	-8.09326E-0005	-1.01675E-0005	
11 global	-1.33118E-0004	-8.70331E-0005	-1.01675E-0005	

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4 global	-1.87	95.84		0.38
9 global	1.87	32.56		-4.06
Resultante		-0.00	128.40	545.03

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	-0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-41.70	-0.00
		3	0.00	41.70	-83.40
3	local	3	-1.87	54.14	76.67
		5	1.87	-54.14	-41.48
4	local	5	-1.87	20.44	41.48
		6	1.87	-20.44	12.70
5	local	6	-1.87	-5.26	-12.70
		7	1.87	5.26	-1.23
6	local	7	-1.87	-22.96	1.23
		8	1.87	22.96	-16.15
7	local	8	-0.00	9.60	19.20
		10	0.00	-9.60	-0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	95.84	1.87	6.73
		4	-95.84	-1.87	0.38
10	local	8	32.56	-1.87	-3.05
		9	-32.56	1.87	-4.06

carregamento 3

Título : PMC

no sistema	deslocamentos nodais			
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-2.20172E-0004	-9.06744E-0004	2.84774E-0004
2	global	-2.20172E-0004	-7.35880E-0004	2.84774E-0004
3	global	-2.20172E-0004	-1.95374E-0004	1.50736E-0004
4	global	4.50278E-0032	-3.31884E-0030	5.08773E-0032
5	global	-2.19930E-0004	-1.43192E-0004	8.67060E-0005
6	global	-2.18944E-0004	-1.07060E-0004	7.62331E-0006
7	global	-2.17958E-0004	-3.02957E-0005	6.18704E-0005
8	global	-2.17716E-0004	1.61022E-0005	7.97313E-0005
9	global	-4.50278E-0032	2.73529E-0031	1.57717E-0031
10	global	-2.17716E-0004	2.22822E-0004	1.06230E-0004
11	global	-2.17716E-0004	2.86560E-0004	1.06230E-0004

nó sistema	reações nos apoios					
	força x	força y	momento z			
4	global	-1.29	94.92	-1.46		
9	global	1.29	-7.82	-4.51		
Resultante				-0.00	87.10	168.86

NOTA:  
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força x	força y	momento z
	-0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-43.50	-0.00
		3	0.00	43.50	-87.00
3	local	3	-1.29	51.42	80.65
		5	1.29	-51.42	-47.23
4	local	5	-1.29	21.02	47.23
		6	1.29	-21.02	8.49
5	local	6	-1.29	3.62	-8.49
		7	1.29	-3.62	18.09
6	local	7	-1.29	-0.78	-18.09
		8	1.29	0.78	17.58
7	local	8	-0.00	-8.60	-17.20
		10	0.00	8.60	-0.00
8	local	10	0.00	-0.00	0.00
		11	-0.00	0.00	0.00
9	local	3	94.92	1.29	6.35
		4	-94.92	-1.29	-1.46
10	local	8	-7.82	-1.29	-0.38

9 7.82 1.29 -4.51

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	1.75174E-0004	3.22709E-0005	-1.11710E-0005
2	global	1.74179E-0004	2.55683E-0005	-1.11710E-0005
3	global	1.70863E-0004	3.22620E-0006	-1.11710E-0005
4	global	1.01739E-0031	5.48037E-0032	-2.03415E-0031
5	global	1.70331E-0004	-1.73383E-0006	-6.43410E-0006
6	global	1.68165E-0004	-5.61777E-0007	2.31875E-0006
7	global	1.65998E-0004	1.33481E-0006	-5.88728E-0006
8	global	1.65467E-0004	-3.22620E-0006	-1.04901E-0005
9	global	9.89503E-0032	-5.48037E-0032	-1.97500E-0031
10	global	1.65467E-0004	-2.42064E-0005	-1.04901E-0005
11	global	1.65467E-0004	-3.05005E-0005	-1.04901E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-2.91	-1.57	5.82
9	global	-2.83	1.57	5.65
Resultante		-5.74	0.00	21.81

NOTA:  
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio  
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

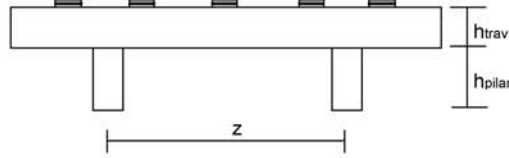
	força x	força y	momento z
	0.000	0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	5.74	-0.00	-0.00
		2	-5.74	0.00	0.00
2	local	2	5.74	-0.00	0.00
		3	-5.74	0.00	-0.00
3	local	3	2.83	-1.57	-5.24
		5	-2.83	1.57	4.22
4	local	5	2.83	-1.57	-4.22
		6	-2.83	1.57	0.07
5	local	6	2.83	-1.57	-0.07
		7	-2.83	1.57	-4.09
6	local	7	2.83	-1.57	4.09
		8	-2.83	1.57	-5.11
7	local	8	0.00	0.00	0.00
		10	-0.00	-0.00	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	-0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	-1.57	2.91	5.24
		4	1.57	-2.91	5.82
10	local	8	1.57	2.83	5.11
		9	-1.57	-2.83	5.65

Fim Do Programa

**Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar**

**Apoio 1**



$z$  (m) = 6.60  
 $n^{\circ}$  de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 4.88

$h^{Pilar}$  (m) = 3.05

$h^{Traves.}$  (m) = 1.50

$h^{aterro}$  (m) = 2.40

**Esforços na base do pilar**

- \*  $g_1 + g_2 + g_3$
  - \* Carga móvel
  - \* Peso próprio do pilar
- } - N e  $M_T$  provenientes do SALT
- \* Temperatura
  - \* Empuxo de terra sobre as cortinas
  - \* Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
 -  $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
- \* Vento
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
 - N e  $M_T$  provenientes do SALT
- \* Empuxo de terra sobre os pilares
- } -  $H_L$  proveniente da aplicação direta no pilar  
 $M_L = H_L * (h_{aterro}/3)$

**1ª Hipótese :  $N_{máx}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	122.1	95.9	4.9	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	224.4
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.7	2.9
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	0.6	10.5
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	5.6	0.4	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	11.8

**2ª Hipótese :  $N_{mín}$**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	122.1	-7.8	4.9	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	120.7
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.7	2.9
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	0.6	10.5

<b>M<sub>7</sub>(tf.m)</b>	5.6	-1.4	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	10.0
----------------------------	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

**Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)**

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 3.05$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0203 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0248$$

$$e_{\text{total\_long. (m)}} = 0.045 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 3.05$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0203 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0248$$

$$e_{\text{total\_transv. (m)}} = 0.045 \text{ m}$$

**Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses**

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,4 \cdot (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 \cdot H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) \cdot H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) \cdot H_{EmpSob}) \cdot h_{pil+trav} + N \cdot e_{Total\_Long.}$$

$$H_T = 1,40 \cdot H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,4 \cdot M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) \cdot M_{Tcargamovel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) \cdot M_{Tvento}) + N \cdot e_{Total\_Transv.}$$

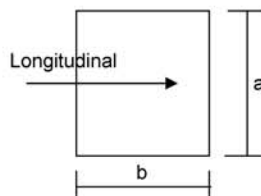
**1ª Hipótese : N<sub>máx</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	170.9	134.2	6.8	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	313.0
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	1.0	4.0
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	0.8	28.8
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	7.9	0.5	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	26.6

**2ª Hipótese : N<sub>min</sub>**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	170.9	-11.0	6.8	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	167.9
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	1.0	4.0
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	0.8	22.2
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	7.9	-2.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	17.5

**Dimensionamento dos pilares com os âbacos do Montoya**



$$a \text{ (m)} = 0.80$$

$$b \text{ (m)} = 0.80$$

$$A_c \text{ (m}^2\text{)} = 0.64$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 25.0$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$$

$$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$$

$$\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$$

$$\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

**Dimensionamento da Base do Pilar**

**1ª Hipótese**

$$\left. \begin{array}{l} N_d (tf) = 313.0 \\ M_d^{long} (tf.m) = 28.8 \\ M_d^{transv} (tf.m) = 26.6 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.274 \\ \mu_{long} = 0.032 \\ \mu_{transv} = 0.029 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.140$$

$$A_s (cm^2) = 36.80$$

**2ª Hipótese**

$$\left. \begin{array}{l} N_d (tf) = 167.85 \\ M_d^{long} (tf.m) = 22.25 \\ M_d^{transv} (tf.m) = 17.52 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.147 \\ \mu_{long} = 0.024 \\ \mu_{transv} = 0.019 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.215$$

$$A_s (cm^2) = 56.51$$

**Compressão pela NB-1/78**

$$\begin{array}{l} N_d (tf) = 313.02 \\ E (MPa) = 288476 \\ \epsilon_o = 0.002 \\ f_{ck} (MPa) = 20.0 \end{array} \quad A_c^{nec} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o)$$

$$A_c^{nec} (m^2) = 0.1868$$

$$A_c^{exist} (m^2) = 0.6400$$

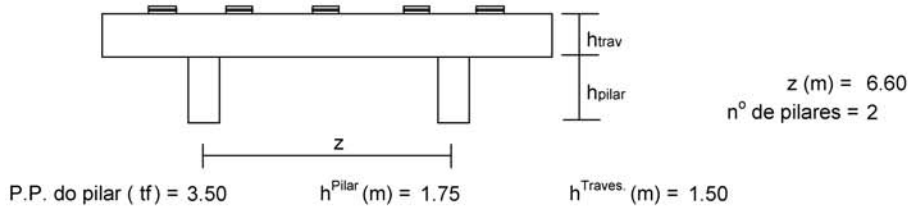
$$\begin{array}{l} A_{s1}^{min} (cm^2) = 14.94 \\ A_{s2}^{min} (cm^2) = 32.00 \end{array} \quad \begin{array}{l} A_s^{min} = 0,8\% * A_c^{nec} \\ A_s^{min} = 0,5\% * A_c^{exist} \end{array}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} (cm^2) = 56.51$$

**Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar**

**Apoio 2**



**Esforços na base do pilar**

- \*  $g_1 + g_2 + g_3$
  - \* Carga móvel
  - \* Peso próprio do pilar
- } - N e  $M_T$  provenientes do SALT
- \* Temperatura
  - \* Empuxo de terra sobre as cortinas
  - \* Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
-  $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
- \* Vento
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
- N e  $M_T$  provenientes do SALT
- \* Empuxo de terra sobre os pilares
- } -  $H_L$  proveniente da aplicação direta no pilar  
 $M_L = H_L * (h_{aterro}/3)$

**1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	183.8	91.1	3.5	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	280.5
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	2.2	0.0	2.2	0.7	16.6
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	5.7
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	5.2	21.7	0.0	37.4	7.2	0.0	7.1	2.1	80.7
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	5.5	0.3	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	13.5

**2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	183.8	89.2	3.5	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	278.6
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	2.2	0.0	2.2	0.7	16.6
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	5.7
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	5.2	14.6	0.0	37.4	7.2	0.0	7.1	2.1	73.6
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	5.5	-1.2	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	12.1



**3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	183.8	126.5	3.5	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	315.9
<b>H<sub>L</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	2.2	0.0	2.2	0.7	16.6
<b>H<sub>T</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	5.7
<b>M<sub>L</sub> (tf.m)</b>	5.2	2.2	0.0	37.4	7.2	0.0	7.1	2.1	61.2
<b>M<sub>T</sub> (tf.m)</b>	5.5	1.2	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	14.4

**4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	183.8	123.2	3.5	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	312.6
<b>H<sub>L</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	2.2	0.0	2.2	0.7	16.6
<b>H<sub>T</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	5.7
<b>M<sub>L</sub> (tf.m)</b>	5.2	1.1	0.0	37.4	7.2	0.0	7.1	2.1	60.1
<b>M<sub>T</sub> (tf.m)</b>	5.5	-1.5	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	11.7

**Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)**

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 1.75$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0117 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0082$$

$$e_{\text{total\_long. (m)}} = 0.028 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 1.75$$

$$d \text{ (m)} = 0.95$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0117 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0064$$

$$e_{\text{total\_transv. (m)}} = 0.026 \text{ m}$$

**Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses**

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{cargamóvel}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}) * h_{pil+trav} + N * e_{Total\_Long}$$

$$H_T = 1,40 * H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tcargamóvel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tvento}) + N * e_{Total\_Transv}$$

**1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	257.4	127.6	4.9	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	391.3
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	3.1	0.0	3.1	0.5	18.1
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	8.0
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	7.3	30.4	0.0	37.4	10.0	0.0	9.9	1.5	107.5
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	7.6	0.2	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	29.1

**2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	257.4	124.9	4.9	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	388.6
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	3.1	0.0	3.1	0.5	18.1
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	4.0
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	7.3	20.5	0.0	37.4	10.0	0.0	9.9	1.5	97.6
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	7.6	-1.7	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	21.7

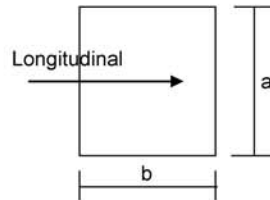
**3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	257.4	177.1	4.9	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	440.9
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	3.1	0.0	3.1	0.5	18.1
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	8.0
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	7.3	3.1	0.0	37.4	10.0	0.0	9.9	1.5	81.7
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	7.6	0.8	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	31.0

**4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	257.4	172.5	4.9	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	436.2
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	3.1	0.0	3.1	0.5	18.1
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	8.0
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	7.3	1.5	0.0	37.4	10.0	0.0	9.9	1.5	80.0
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	7.6	-1.1	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	29.0

**Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya**



a (m) = 1.00  
b (m) = 0.80

$A_c (m^2) = 0.80$   
 $f_{ck} (MPa) = 20.0$   
 $f_{yk} (MPa) = 500$

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$

**Dimensionamento da Base do Pilar**

**1ª Hipótese**

$N_d (tf) = 391.31$	$v = 0.342$	} <b>Ábaco</b> → $\omega = 0.200$
$M_d^{long} (tf.m) = 107.55$	$\mu_{long} = 0.118$	
$M_d^{transv} (tf.m) = 29.07$	$\mu_{transv} = 0.025$	
$A_s (cm^2) = 52.57$		

**2ª Hipótese**

$N_d (tf) = 388.63$	$v = 0.340$	} <b>Ábaco</b> → $\omega = 0.120$
$M_d^{long} (tf.m) = 97.60$	$\mu_{long} = 0.107$	
$M_d^{transv} (tf.m) = 21.70$	$\mu_{transv} = 0.019$	
$A_s (cm^2) = 31.54$		

**3ª Hipótese**

$N_d (tf) = 440.86$	$v = 0.386$	} <b>Ábaco</b> → $\omega = 0.040$
$M_d^{long} (tf.m) = 81.69$	$\mu_{long} = 0.089$	
$M_d^{transv} (tf.m) = 31.04$	$\mu_{transv} = 0.027$	
$A_s (cm^2) = 10.51$		

**4ª Hipótese**

$N_d (tf) = 436.17$	$v = 0.382$	} <b>Ábaco</b> → $\omega = 0.040$
$M_d^{long} (tf.m) = 79.99$	$\mu_{long} = 0.087$	
$M_d^{transv} (tf.m) = 29.01$	$\mu_{transv} = 0.025$	
$A_s (cm^2) = 10.51$		

**Compressão pela NB-1/78**

$$\begin{aligned} N_d \text{ (tf)} &= 391.31 \\ E \text{ (MPa)} &= 288476 & A_c^{nec} &= N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o &= 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} &= 20.0 \end{aligned}$$

$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2335$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

$$\begin{aligned} A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} &= 18.68 & A_s^{min} &= 0,8\% * A_c^{nec} \\ A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} &= 40.00 & A_s^{min} &= 0,5\% * A_c^{exist} \end{aligned}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 52.57$$



**3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	183.8	126.6	3.5	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	316.0
<b>H<sub>L</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	2.2	0.0	2.2	0.7	16.6
<b>H<sub>T</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	5.7
<b>M<sub>L</sub> (tf.m)</b>	5.2	2.3	0.0	37.4	7.2	0.0	7.1	2.1	61.3
<b>M<sub>T</sub> (tf.m)</b>	5.0	1.2	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	13.9

**4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	183.8	123.3	3.5	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	312.7
<b>H<sub>L</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	2.2	0.0	2.2	0.7	16.6
<b>H<sub>T</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	5.7
<b>M<sub>L</sub> (tf.m)</b>	5.2	1.1	0.0	37.4	7.2	0.0	7.1	2.1	60.1
<b>M<sub>T</sub> (tf.m)</b>	5.0	-1.2	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	11.5

**Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)**

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 1.75$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0117 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10) \cdot (1/r) \quad r = (5 \cdot 10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0082$$

$$e_{\text{total\_long. (m)}} = 0.028 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 1.75$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0117 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10) \cdot (1/r) \quad 1/r = (5 \cdot 10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0082$$

$$e_{\text{total\_transv. (m)}} = 0.028 \text{ m}$$

**Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses**

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{cargamóvel}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}) * h_{pil+trav} + N * e_{Total\_Long.}$$

$$H_T = 1,40 * H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tcargamóvel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tvento}) + N * e_{Total\_Transv.}$$

**1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	257.4	127.7	4.9	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	391.4
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	3.1	0.0	3.1	0.5	18.1
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	4.0
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	30.4	0.0	37.4	10.0	0.0	9.9	1.5	100.2
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	6.9	-0.4	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	23.1

**2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	257.4	125.0	4.9	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	388.8
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	3.1	0.0	3.1	0.5	18.1
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	4.0
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	0.0	20.5	0.0	37.4	10.0	0.0	9.9	1.5	90.3
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	6.9	-1.3	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	22.0

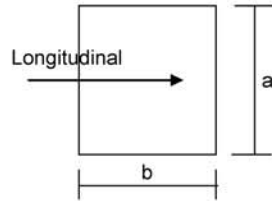
**3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	257.4	177.2	4.9	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	440.9
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	3.1	0.0	3.1	0.5	18.1
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	4.0
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	7.3	3.2	0.0	37.4	10.0	0.0	9.9	1.5	81.7
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	6.9	0.8	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	25.6

**4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC**

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Total
<b>N<sub>d</sub> (tf)</b>	257.4	172.6	4.9	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	436.3
<b>H<sub>dL</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	11.5	3.1	0.0	3.1	0.5	18.1
<b>H<sub>dT</sub> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	4.0
<b>M<sub>dL</sub> (tf.m)</b>	7.3	1.6	0.0	37.4	10.0	0.0	9.9	1.5	80.0
<b>M<sub>dT</sub> (tf.m)</b>	6.9	-0.8	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	23.8

**Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya**



$a \text{ (m)} = 1.00$   
 $b \text{ (m)} = 0.80$

$A_c \text{ (m}^2\text{)} = 0.80$   
 $f_{ck} \text{ (MPa)} = 25.0$   
 $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

**Dimensionamento da Base do Pilar**

**1ª Hipótese**

$N_d \text{ (tf)} = 391.40$	$v = 0.274$	} <b>Ábaco</b> → $\omega = 0.050$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 100.24$	$\mu_{long} = 0.088$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 23.05$	$\mu_{transv} = 0.016$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 16.43$

**2ª Hipótese**

$N_d \text{ (tf)} = 388.75$	$v = 0.272$	} <b>Ábaco</b> → $\omega = 0.040$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 90.29$	$\mu_{long} = 0.079$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 22.00$	$\mu_{transv} = 0.015$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 13.14$

**3ª Hipótese**

$N_d \text{ (tf)} = 440.94$	$v = 0.309$	} <b>Ábaco</b> → $\omega = 0.030$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 81.74$	$\mu_{long} = 0.072$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 25.62$	$\mu_{transv} = 0.018$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 9.86$

**4ª Hipótese**

$N_d \text{ (tf)} = 436.34$	$v = 0.305$	} <b>Ábaco</b> → $\omega = 0.020$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 80.04$	$\mu_{long} = 0.070$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 23.83$	$\mu_{transv} = 0.017$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 6.57$



**Compressão pela NB-1/78**

$$N_d \text{ (tf)} = 391.40$$

$$E \text{ (MPa)} = 288476$$

$$\varepsilon_o = 0.002$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$A_c^{nec} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2336$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

$$A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 18.68$$

$$A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

$$A_s^{min} = 0,8\% * A_c^{nec}$$

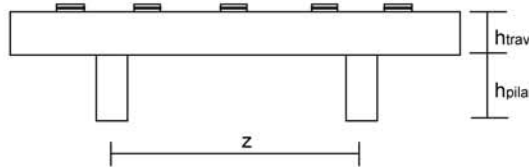
$$A_s^{min} = 0,5\% * A_c^{exist}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 4



$z$  (m) = 6.60  
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 2.80

$h^{Pilar}$  (m) = 1.75

$h^{Traves.}$  (m) = 1.50

$h^{aterro}$  (m) = 2.40

Esforços na base do pilar

- \*  $g_1 + g_2 + g_3$
  - \* Carga móvel
  - \* Peso próprio do pilar
  - 
  - \* Temperatura
  - \* Empuxo de terra sobre as cortinas
  - \* Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
  - 
  - \* Vento
  - 
  - \* Empuxo de terra sobre os pilares
- } - N e  $M_T$  provenientes do SALT
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
-  $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
- } -  $H_L$  proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio  
- N e  $M_T$  provenientes do SALT
- } -  $H_L$  proveniente da aplicação direta no pilar  
 $M_L = H_L * (h_{aterro}/3)$

1ª Hipótese :  $N_{máx}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	122.1	95.9	2.8	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	222.4
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	15.9	1.2	0.0	1.2	0.3	9.3	28.0
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	2.9
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	51.8	3.8	0.0	3.8	1.1	7.46	68.0
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	5.1	0.4	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	11.4

2ª Hipótese :  $N_{mín}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>tepillar</sup>	Total
<b>N (tf)</b>	122.1	-8.0	2.8	0.0	0.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	115.4
<b><math>H_L</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	15.9	1.2	0.0	1.2	0.3	9.3	28.0
<b><math>H_T</math> (tf)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	2.9
<b><math>M_L</math> (tf.m)</b>	0.0	0.0	0.0	51.8	3.8	0.0	3.8	1.1	7.5	68.0
<b><math>M_T</math> (tf.m)</b>	5.1	-3.9	0.0	0.0	0.0	-5.8	0.0	0.0	0.0	-4.6

**Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)**

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 1.75$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0117 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0082$$

$$e_{\text{total\_long. (m)}} = 0.028 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 1.75$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0117 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0082$$

$$e_{\text{total\_transv. (m)}} = 0.028 \text{ m}$$

**Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses**

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p,p.Pilar} + N_{p,p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N * e_{\text{Total\_Long.}}$$

$$H_T = 1,40 * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N * e_{\text{Total\_Transv.}}$$

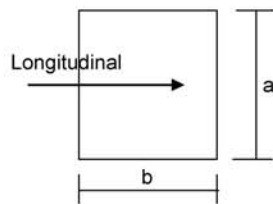
**1ª Hipótese : N<sub>d</sub> máx**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>epilar</sup>	Total
N <sub>d</sub> (tf)	170.9	134.3	3.9	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	310.21
H <sub>dL</sub> (tf)	0.0	0.0	0.0	15.9	1.6	0.0	1.6	0.2	13.1	32.51
H <sub>dT</sub> (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.01
M <sub>dL</sub> (tf.m)	0.0	0.0	0.0	51.8	5.3	0.0	5.3	0.8	10.5	82.38
M <sub>dT</sub> (tf.m)	7.2	0.6	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	20.58

**2ª Hipótese : N<sub>d</sub> mín**

	g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	C. Móvel	p.p. <sup>Pilar</sup>	Temper.	Frenagem	Vento	Emp <sup>terra</sup>	Emp <sup>sobrec</sup>	Emp <sup>epilar</sup>	Total
N <sub>d</sub> (tf)	170.9	-11.1	3.9	0.0	0.0	-1.1	0.0	0.0	0.0	162.59
H <sub>dL</sub> (tf)	0.0	0.0	0.0	15.9	1.6	0.0	1.6	0.2	13.1	32.51
H <sub>dT</sub> (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.01
M <sub>dL</sub> (tf.m)	0.0	0.0	0.0	51.8	5.3	0.0	5.3	0.8	10.5	78.23
M <sub>dT</sub> (tf.m)	7.2	-5.5	0.0	0.0	0.0	-4.1	0.0	0.0	0.0	2.17

**Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya**



a (m) = 0.80  
b (m) = 0.80

Ac (m<sup>2</sup>) = 0.64  
f<sub>ck</sub> (MPa) = 20.0  
f<sub>yk</sub> (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$   
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

**Dimensionamento da Base do Pilar**

**1ª Hipótese**

N <sub>d</sub> (tf) = 310.21	v = 0.339	} <b>Ábaco</b> → ω = 0.360
M <sub>d</sub> <sup>long</sup> (tf.m) = 82.38	μ <sub>long</sub> = 0.113	
M <sub>d</sub> <sup>transv</sup> (tf.m) = 20.58	μ <sub>transv</sub> = 0.028	

As (cm<sup>2</sup>) = 75.70

**2ª Hipótese**

N <sub>d</sub> (tf) = 162.59	v = 0.178	} <b>Ábaco</b> → ω = 0.340
M <sub>d</sub> <sup>long</sup> (tf.m) = 78.23	μ <sub>long</sub> = 0.107	
M <sub>d</sub> <sup>transv</sup> (tf.m) = 2.17	μ <sub>transv</sub> = 0.003	

As (cm<sup>2</sup>) = 71.50

**Compressão pela NB-1/78**

$$N_d \text{ (tf)} = 310.21$$

$$E \text{ (MPa)} = 288476$$

$$\varepsilon_o = 0.002$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$A_c^{nec} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.1851$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 14.81$$

$$A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{min} = 0,8\% * A_c^{nec}$$

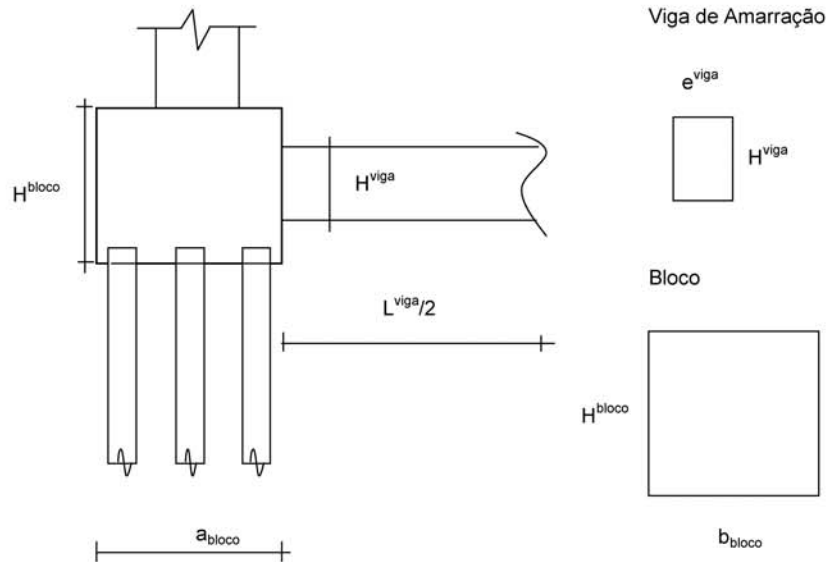
$$A_s^{min} = 0,5\% * A_c^{exist}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 75.70$$

**Apoio P1**

**Esforços em Serviço na Base do Bloco**



- $h_{bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$
- $p.p. \text{ bloco} \text{ (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração} \text{ (tf)} = 6.27$

**\* Cálculo de N (tf)**

- $g1 + g2 + g3 = 244.14$
  - carga móvel Pesq = 95.9
  - carga móvel Pdir = 32.6
  - p.p. pilar = 4.9
  - p.p. bloco = 57.2
- $N = 434.7 \quad \text{tf}$

**\* Cálculo de HL**

$HL \text{ (tf)} = 5.8$

\* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 0.0$$

\* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 26.6$$

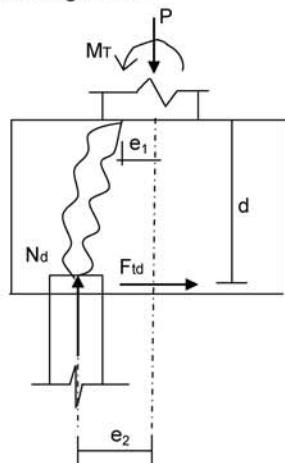
\* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 0.0$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

#### Dimensionamento do Bloco de P1 (Para 1/2 bloco)

##### Direção Longitudinal



$$d (m) = 1.20$$

$$e_1 (m) = 0.20$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$N (tf) = 48.8$$

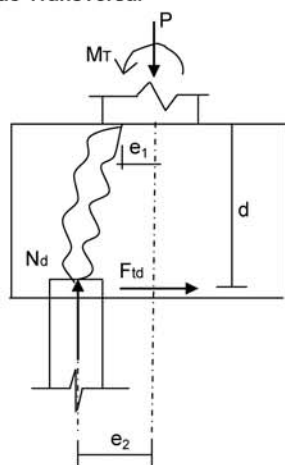
$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 45.5$$

$$A_s (cm^2) = 10.5$$

##### Direção Transversal



$$d (m) = 1.20$$

$$e_1 (m) = 0.200$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$N (tf) = 48.8$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 45.5$$

$$A_s (cm^2) = 10.5$$

ARTE PONTIS Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 1  
Ref: 57\_5\_BR163b1  
Data: 3/22/2006

Ponte 18,25x21x18,25 - BR-163 / B1

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-3.60	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
2	-1.90	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
3	1.90	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
4	3.60	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
5	-2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-3.60	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
8	-1.90	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
9	1.90	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
10	3.60	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTIS Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 2  
Ref: 57\_5\_BR163b1  
Data: 3/22/2006

NRO CARREG 1

Nmax						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
0.00	-434.70	-5.80	-26.60	0.00	0.00	

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
0.000000	-0.001569	-0.003411	-0.000226	0.000000	0.000000

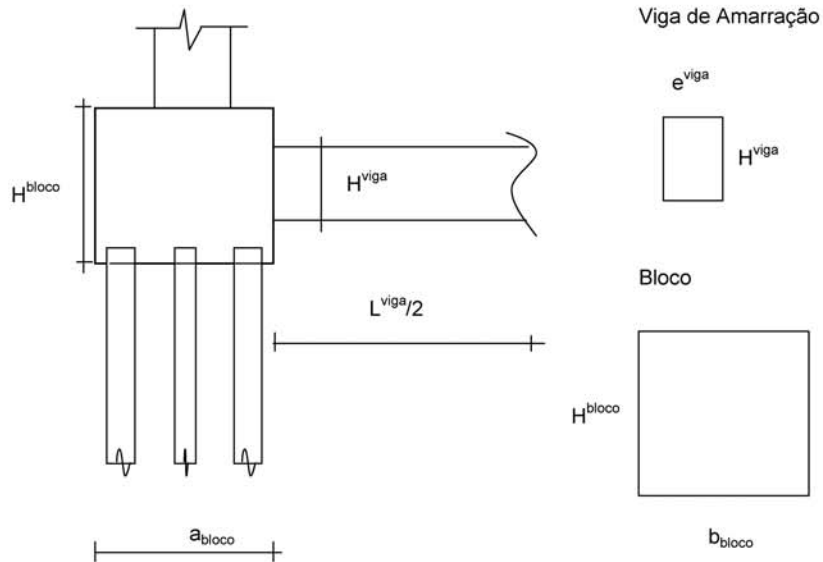
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	48.80	0.00	-0.58	0.00	0.96	0.00
2	48.80	0.00	-0.58	0.00	0.96	0.00
3	48.80	0.00	-0.58	0.00	0.96	0.00
4	48.80	0.00	-0.58	0.00	0.96	0.00
5	43.47	0.00	-0.58	0.00	0.96	0.00
6	43.47	0.00	-0.58	0.00	0.96	0.00
7	38.14	0.00	-0.58	0.00	0.96	0.00
8	38.14	0.00	-0.58	0.00	0.96	0.00
9	38.14	0.00	-0.58	0.00	0.96	0.00
10	38.14	0.00	-0.58	0.00	0.96	0.00



**Apoio P2**

**Esforços em Serviço na Base do Bloco**



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$

- $p.p. \text{ bloco (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração (tf)} = 6.27$

**1 Vão Carregado - PTC**

\* Cálculo de N (tf)

- $g1 + g2 + g3 = 367.68$
  - carga móvel Pesq = 91.1
  - carga móvel Pdir = 46.4
  - p.p. pilar = 7.0
  - p.p. bloco = 57.2
- $N \text{ (tf)} = 569.5 \text{ tf}$

- $HL \text{ (tf)} = 33.1$
- $HT \text{ (tf)} = 11.5$
- $ML \text{ (tf)} = 161.4$
- $MT \text{ (tf)} = 52.3$

**1 Vão Carregado - PMC**

\* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 367.68 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 89.2 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 13.6 \\ \text{p.p. pilar} &= 7.0 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 534.7 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 33.1 & \text{ML (tf)} &= 147.3 \\ \text{HT (tf)} &= 11.5 & \text{MT (tf)} &= 52.3 \end{aligned}$$

**2 Vãos Carregados - PTC**

\* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 367.68 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 126.5 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 73.7 \\ \text{p.p. pilar} &= 7.0 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 632.2 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 33.1 & \text{ML (tf)} &= 122.5 \\ \text{HT (tf)} &= 11.5 & \text{MT (tf)} &= 52.3 \end{aligned}$$

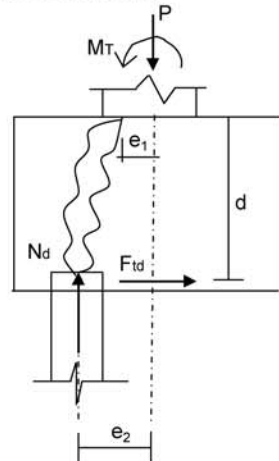
**2 Vãos Carregados - PMC**

\* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 367.68 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 123.2 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 13.2 \\ \text{p.p. pilar} &= 7.0 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 568.3 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 33.1 & \text{ML (tf)} &= 120.2 \\ \text{HT (tf)} &= 11.5 & \text{MT (tf)} &= 52.3 \end{aligned}$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

**Dimensionamento do Bloco de P2 (Para 1/2 bloco)**
**Direção Longitudinal**


$$d \text{ (m)} = 1.20$$

$$e_1 \text{ (m)} = 0.20$$

$$e_2 \text{ (m)} = 1.00$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

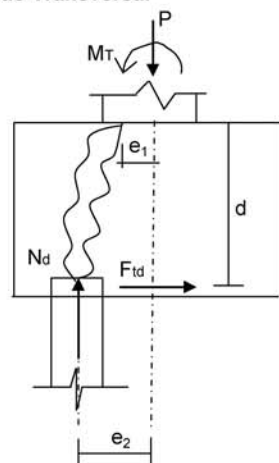
$$N \text{ (tf)} = 93.0$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} \text{ (tf)} = 86.8$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 20.0$$

**Direção Transversal**


$$d \text{ (m)} = 1.20$$

$$e_1 \text{ (m)} = 0.200$$

$$e_2 \text{ (m)} = 1.00$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$N \text{ (tf)} = 93.0$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} \text{ (tf)} = 86.8$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 20.0$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 1  
Ref: 57\_5\_BR163b2  
Data: 3/22/2006

Ponte 18,25x21x18,25 - BR-163 / B2

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	4	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-3.60	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
2	-1.90	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
3	1.90	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
4	3.60	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
5	-2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-3.60	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
8	-1.90	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
9	1.90	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
10	3.60	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 2  
Ref: 57\_5\_BR163b2  
Data: 3/22/2006

NRO CARREG 1

1	Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
	-11.50	-569.50	-33.10	-161.40	0.00	52.30

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005032	-0.002055	-0.019580	-0.001349	0.000000	0.000035

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	92.19	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
2	90.55	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
3	86.88	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
4	85.24	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
5	59.60	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
6	54.30	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
7	28.66	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
8	27.02	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
9	23.35	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
10	21.71	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 3  
Ref: 57\_5\_BR163b2  
Data: 3/22/2006

NRO CARREG 2

1

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-11.50	-534.90	-33.10	-147.30	0.00	52.30

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005032	-0.001930	-0.019416	-0.001264	0.000000	0.000035

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	86.75	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
2	85.11	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
3	81.44	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
4	79.80	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
5	56.14	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
6	50.84	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
7	27.18	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
8	25.54	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
9	21.87	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
10	20.23	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 4  
Ref: 57\_5\_BR163b2  
Data: 3/22/2006

NRO CARREG 3

2

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-11.50	-632.40	-33.10	-122.50	0.00	52.30

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005032	-0.002282	-0.019127	-0.001117	0.000000	0.000035

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	93.01	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
2	91.37	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
3	87.71	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
4	86.06	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
5	65.89	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
6	60.59	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
7	40.42	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
8	38.77	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
9	35.11	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
10	33.47	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 5  
Ref: 57\_5\_BR163b2  
Data: 3/22/2006

NRO CARREG 4

2

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-11.50	-568.50	-33.10	-120.20	0.00	52.30

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005032	-0.002052	-0.019100	-0.001103	0.000000	0.000035

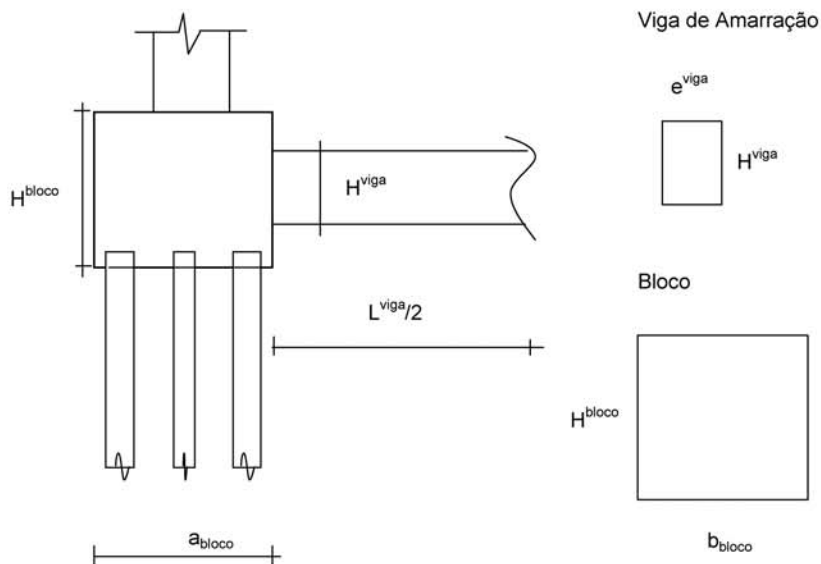
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	86.30	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
2	84.66	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
3	80.99	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63

4	79.35	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
5	59.50	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
6	54.20	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
7	34.35	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
8	32.71	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
9	29.04	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
10	27.40	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63

**Apoio P3**

**Esforços em Serviço na Base do Bloco**



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$

- $p.p. \text{ bloco (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração (tf)} = 6.27$

**1 Vão Carregado - PTC**

\* Cálculo de N (tf)

- $g1 + g2 + g3 = 367.66$
  - carga móvel Pesq = 91.2
  - carga móvel Pdir = 46.4
  - p.p. pilar = 7.0
  - p.p. bloco = 57.2
- $N \text{ (tf)} = 569.5 \text{ tf}$

- $HL \text{ (tf)} = 33.1$
- $HT \text{ (tf)} = 11.5$
- $ML \text{ (tf)} = 161.4$
- $MT \text{ (tf)} = 52.3$

**1 Vão Carregado - PMC**

\* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 367.66 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 89.3 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 13.6 \\ \text{p.p. pilar} &= 7.0 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 534.8 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 33.1 & \text{ML (tf)} &= 147.3 \\ \text{HT (tf)} &= 11.5 & \text{MT (tf)} &= 52.3 \end{aligned}$$

**2 Vãos Carregados - PTC**

\* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 367.66 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 126.6 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 73.7 \\ \text{p.p. pilar} &= 7.0 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 632.2 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 33.1 & \text{ML (tf)} &= 122.5 \\ \text{HT (tf)} &= 11.5 & \text{MT (tf)} &= 52.3 \end{aligned}$$

**2 Vãos Carregados - PMC**

\* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 367.66 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 123.3 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 13.2 \\ \text{p.p. pilar} &= 7.0 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 568.4 \quad \text{tf}$$

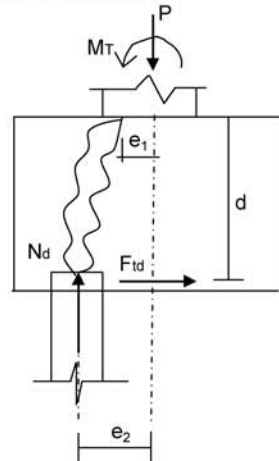
$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 33.1 & \text{ML (tf)} &= 120.3 \\ \text{HT (tf)} &= 11.5 & \text{MT (tf)} &= 52.3 \end{aligned}$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.



**Dimensionamento do Bloco de P3 (Para 1/2 bloco)**

**Direção Longitudinal**



$d$  (m) = 1.20  
 $e_1$  (m) = 0.20  
 $e_2$  (m) = 1.00

$f_{yk}$  (MPa) = 500.0  
 $N$  (tf) = 93.0

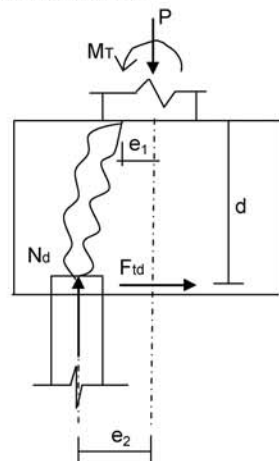
$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$F_{td}$  (tf) = 86.8

$A_s$  (cm<sup>2</sup>) = 20.0

**Direção Transversal**



$d$  (m) = 1.20  
 $e_1$  (m) = 0.200  
 $e_2$  (m) = 1.00

$f_{yk}$  (MPa) = 500.0  
 $N$  (tf) = 93.0

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$F_{td}$  (tf) = 86.8

$A_s$  (cm<sup>2</sup>) = 20.0

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 1  
Ref: 57\_5\_BR163b3  
Data: 3/22/2006

Ponte 18,25x21x18,25 - BR-163 / B3

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	4	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-3.60	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
2	-1.90	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
3	1.90	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
4	3.60	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
5	-2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-3.60	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
8	-1.90	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
9	1.90	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
10	3.60	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 2  
Ref: 57\_5\_BR163b3  
Data: 3/22/2006

NRO CARREG 1

1

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-11.50	-569.50	-33.10	-161.40	0.00	52.30

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005032	-0.002055	-0.019580	-0.001349	0.000000	0.000035

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	92.19	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
2	90.55	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
3	86.88	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
4	85.24	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
5	59.60	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
6	54.30	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
7	28.66	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
8	27.02	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
9	23.35	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63
10	21.71	-1.15	-3.31	0.00	5.46	-2.63

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
 Cálculo dos esforços de estaqueamento  
 Programa ESTEL

 Pag: 3  
 Ref: 57\_5\_BR163b3  
 Data: 3/22/2006

## NRO CARREG 2

1						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-11.50	-534.90	-33.10	-147.30	0.00	52.30	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.005032	-0.001930	-0.019416	-0.001264	0.000000	0.000035	
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	86.75	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
2	85.11	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
3	81.44	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
4	79.80	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
5	56.14	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
6	50.84	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
7	27.18	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
8	25.54	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
9	21.87	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63
10	20.23	-1.15	-3.31	0.00	5.52	-2.63

 ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
 Cálculo dos esforços de estaqueamento  
 Programa ESTEL

 Pag: 4  
 Ref: 57\_5\_BR163b3  
 Data: 3/22/2006

## NRO CARREG 3

2						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-11.50	-632.40	-33.10	-122.50	0.00	52.30	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	

-0.005032   -0.002282   -0.019127   -0.001117   0.000000   0.000035						
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	93.01	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
2	91.37	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
3	87.71	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
4	86.06	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
5	65.89	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
6	60.59	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
7	40.42	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
8	38.77	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
9	35.11	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63
10	33.47	-1.15	-3.31	0.00	5.63	-2.63

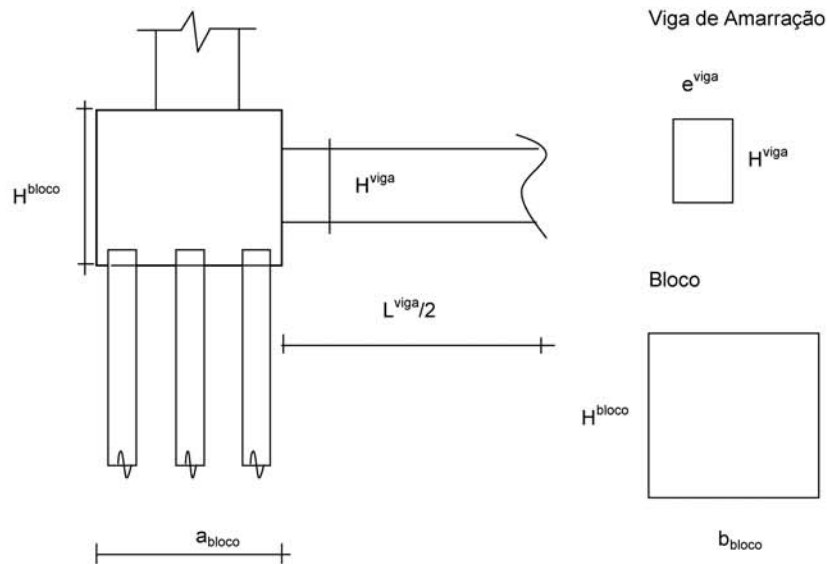
ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
 Cálculo dos esforços de estaqueamento  
 Programa ESTEL

Pag: 5  
 Ref: 57\_5\_BR163b3  
 Data: 3/22/2006

NRO CARREG 4						
2						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-11.50	-568.50	-33.10	-120.20	0.00	52.30	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.005032	-0.002052	-0.019100	-0.001103	0.000000	0.000035	
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	86.30	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
2	84.66	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
3	80.99	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
4	79.35	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
5	59.50	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
6	54.20	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
7	34.35	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
8	32.71	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
9	29.04	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63
10	27.40	-1.15	-3.31	0.00	5.64	-2.63

**Apoio P4**

**Esforços em Serviço na Base do Bloco**



- $h_{bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$
- $p.p. \text{ bloco} \text{ (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração} \text{ (tf)} = 6.27$

**\* Cálculo de N (tf)**

- $g1 + g2 + g3 = 244.14$
  - carga móvel Pesq = 95.9
  - carga móvel Pdir = 32.5
  - p.p. pilar = 5.6
  - p.p. bloco = 57.2
- $N = 435.4 \quad \text{tf}$

**\* Cálculo de HL**

$HL \text{ (tf)} = 55.9$

\* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 5.7$$

\* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 184.4$$

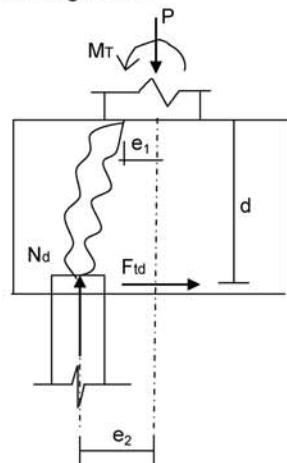
\* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 26.1$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

#### Dimensionamento do Bloco de P4 (Para 1/2 bloco)

##### Direção Longitudinal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 86.6$$

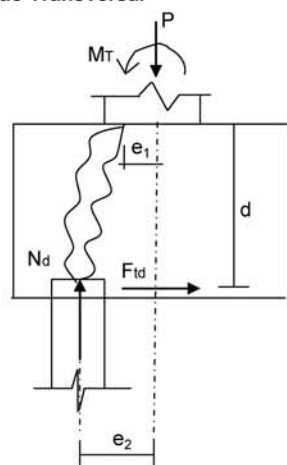
$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 80.8$$

$$A_s (cm^2) = 18.6$$

##### Direção Transversal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.200 \quad N (tf) = 86.6$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 80.8$$

$$A_s (cm^2) = 18.6$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 1  
Ref: 57\_5\_BR163b4  
Data: 3/22/2006

Ponte 18,25x21x18,25 - BR-163 / B4

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-3.60	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
2	-1.90	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
3	1.90	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
4	3.60	0.00	-0.85	0.00	0.00	0.00
5	-2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-3.60	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
8	-1.90	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
9	1.90	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
10	3.60	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos  
Cálculo dos esforços de estaqueamento  
Programa ESTEL

Pag: 2  
Ref: 57\_5\_BR163b4  
Data: 3/22/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-5.70	-435.40	-55.90	-184.40	0.00	26.60

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.002495	-0.001571	-0.032039	-0.001751	0.000000	0.000018

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	86.55	-0.57	-5.59	0.00	9.61	-1.30
2	85.72	-0.57	-5.59	0.00	9.61	-1.30
3	83.87	-0.57	-5.59	0.00	9.61	-1.30
4	83.04	-0.57	-5.59	0.00	9.61	-1.30
5	44.88	-0.57	-5.59	0.00	9.61	-1.30
6	42.20	-0.57	-5.59	0.00	9.61	-1.30
7	4.04	-0.57	-5.59	0.00	9.61	-1.30
8	3.21	-0.57	-5.59	0.00	9.61	-1.30
9	1.36	-0.57	-5.59	0.00	9.61	-1.30
10	0.53	-0.57	-5.59	0.00	9.61	-1.30

## **8 CÁLCULO DAS LAJES**



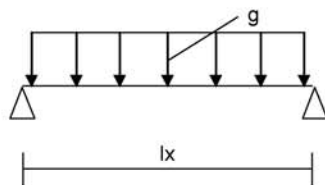
## **8 CÁLCULO DAS LAJES**

### **8.1 CÁLCULO DAS LAJES E PRÉ-LAJES**



#### 4 - ESFORÇOS DEVIDOS À CARGA PERMANENTE

1) Peso próprio da laje



$$lx \text{ (m)} = 1.950$$

$$g \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.500$$

$$MS_3 = g \times (lx)^2 / 8$$

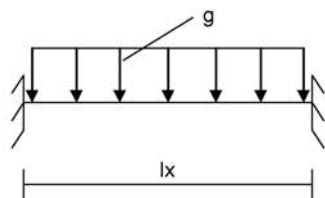
$$MS_3 \text{ (tf.m/m)} = 0.238$$

Da tabela nº 1 de Rüsç tem-se:

$$M_{ym} = 0,0208 \times g \times (lx)^2$$

$$M_{ym} \text{ (tf.m/m)} = 0.040$$

2) Sobrecarga permanente



$$lx \text{ (m)} = 2.650$$

$$g \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.240$$

$$MS_0 = M_{xe} = -g \times (lx)^2 / 12$$

$$MS_0 \text{ (tf.m/m)} = -0.1405$$

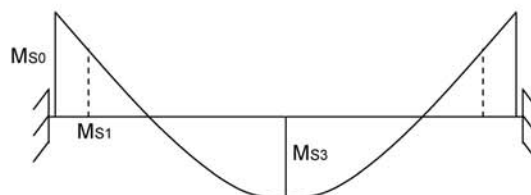
$$MS_3 = M_{xm} = g \times (lx)^2 / 24$$

$$MS_3 \text{ (tf.m/m)} = 0.0702$$

Da tabela NR-27 de Rüsç, tem-se:

$$M_{ym} = 0,0069 \times g \times (lx)^2$$

$$M_{ym} \text{ (tf.m/m)} = 0.0116$$



$$MS_1 = MS_0 + (g \times lx^2 / 2) \times [(z/2) \times (lx - z/2) / lx^2]$$

$$MS_1 \text{ (tf.m/m)} = -0.0325$$

#### 5 - CARGAS MÓVEIS

Trem-tipo - TB 450KN  
Coeficiente de impacto - NBR 7187

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times lx$$

$$\varphi = 1.381$$

$$M = \varphi \times [ P \times K_1 + p \times ( K_2 + K_3 ) ]$$

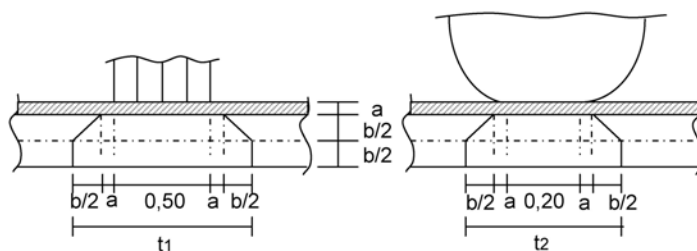
$$P \text{ (tf)} = 7.50$$

$$p \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

Parâmetros de entrada da Tabela de Rüsçh

$$\left\{ \begin{array}{l} l_x / a \\ t / a \end{array} \right. \quad a \text{ (m)} = 2.000 \quad \text{(entre eixos do veículo tipo)}$$

Cálculo de t



$$t_1 \text{ (m)} = 0.900$$

$$t_2 \text{ (m)} = 0.600$$

$$t = ( t_1 \times t_2 )^{0.50}$$

$$t \text{ (m)} = 0.735$$

logo:  $l_x / a = 1.325$   
 $t / a = 0.367$

Da tabela NR-27 de Rüsçh, temos:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{xm} = \varphi \times [ P \times K_1 + p \times ( K_2 + K_3 ) ] \\ M_{ym} = \varphi \times [ P \times K_4 + p \times ( K_5 + K_6 ) ] \\ M_{xe} = - \varphi \times [ P \times K_7 + p \times ( K_8 + K_9 ) ] \end{array} \right.$$

Cálculo dos coeficientes da tabela:

Para  $M_{xm}$ :

lx/a	K1		
	t/a		
	0.250	0.367	0.500
1.000	0.129	0.105	0.078
1.325		<b>0.165</b>	
1.500	0.216	0.197	0.175

lx/a	K2	K3
	p	p'
1.000	0.000	0.000
1.325	<b>0.000</b>	<b>0.033</b>
1.500	0.000	0.050

$$K_1 = 0.165$$

$$K_2 = 0.000$$

$$K_3 = 0.033$$

$$M_{xm} \text{ (tf.m/m)} = 1.728$$

Para  $M_{ym}$ :

lx/a	K4		
	t/a		
	0.250	0.367	0.500
1.000	0.091	0.072	0.051
1.325		<b>0.096</b>	
1.500	0.134	0.109	0.080

lx/a	K5	K6
	p	p'
1.000	0.000	0.010
1.325	<b>0.000</b>	<b>0.023</b>
1.500	0.000	0.030

$K_4 = 0.096$   
 $K_5 = 0.000$   
 $K_6 = 0.023$

$M_{ym} \text{ (tf.m/m)} = 1.009$

Para  $M_{xe}$ :

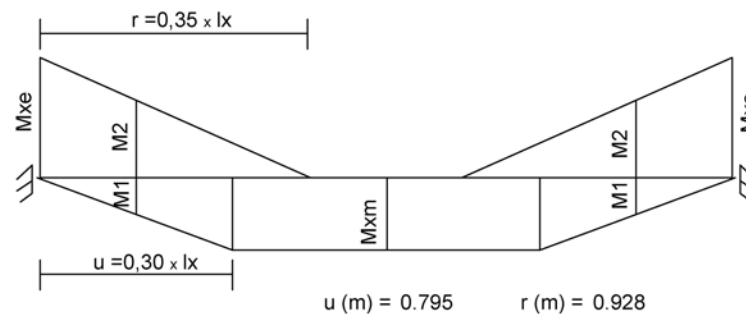
lx/a	K7		
	t/a		
	0.250	0.367	0.500
1.000	0.260	0.222	0.180
1.325		<b>0.320</b>	
1.500	0.400	0.372	0.340

lx/a	K8	K9
	p	p'
1.000	0.000	0.280
1.325	<b>0.000</b>	<b>0.326</b>
1.500	0.000	0.350

$K_7 = 0.320$   
 $K_8 = 0.000$   
 $K_9 = 0.326$

$M_{xe} \text{ (tf.m/m)} = -3.535$

### 6 - DIAGRAMA DE MOMENTOS



$M_1 \text{ (tf.m/m)} = 0.870$   
 $M_2 \text{ (tf.m/m)} = -2.011$

### 7 - ENVOLTÓRIA DE MOMENTOS PARA CÁLCULO DO FATOR DE FADIGA

$\psi_1 = 0.80$  (para verificação de lajes)  
 $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$  (Aço CA-50)  
 $\Delta f_{sd, fad} \text{ (MPa)} = 190$  (para  $\phi < 16,0 \text{ mm}$ )

Seção	Mg (tf.m/m)	Mp_máx (tf.m/m)	Mp_min (tf.m/m)	Mmáx (tf.m/m)	Mmin (tf.m/m)	fator fadiga
S0	-0.1405	0.000	-3.535	-0.140	-2.969	1.557
S1	-0.0325	0.870	-2.011	0.663	-1.641	1.965
S3	0.3079	1.728	0.000	1.691	0.308	1.337
$M_{ym}$	0.0512	1.009	0.000	0.859	0.051	1.537

$$M_{\max} = M_g + \psi_1 \times M_p^{\max} \quad \gamma_{aço} = 1.15$$

$$M_{\min} = M_g + \psi_1 \times M_p^{\min} \quad \gamma_s = 1.40$$

sendo:  $|M_1| > |M_2|$

$$\text{se } M_1 \times M_2 > 0 \quad \longrightarrow \quad f.f = ((|M_1| - |M_2|) / (|M_1|)) \times (f_{yk} / (\Delta f_{sd, fad} \times \gamma_s \times \gamma_{aço}))$$

$$\text{se } M_1 \times M_2 < 0 \quad \longrightarrow \quad f.f = ((|M_1| + 0,5 \times |M_2|) / (|M_1|)) \times (f_{yk} / (\Delta f_{sd, fad} \times \gamma_s \times \gamma_{aço}))$$

### 8 - ENVOLTÓRIA DE MOMENTOS PARA DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO

$$M_d = \left\{ \begin{array}{c} 1.4 \\ 1.00 \end{array} \right\} \times M_g + \left\{ \begin{array}{c} 1.40 \\ 0.00 \end{array} \right\} \times M_p$$

Seção	Mg (tf.m/m)	Mp_max (tf.m/m)	Mp_min (tf.m/m)	Md <sup>+</sup> (tf.m/m)	Md <sup>-</sup> (tf.m/m)
S0	-0.1405	0.000	-3.535	0.000	-5.146
S1	-0.0325	0.870	-2.011	1.185	-2.860
S3	0.3079	1.728	0.000	2.851	0.000
Mym	0.0512	1.009	0.000	1.485	0.000

### 9 - DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO

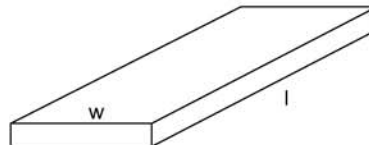
Concreto:  $f_{ck}$  (MPa) = 35  
 Aço:  $f_{yk}$  (MPa) = 500

$$k_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd})$$

$$A_s = M_d / (k_z \times d \times f_{yd})$$

Seção	Md (tf.m/m)	d (m)	kmd	kz	As (cm <sup>2</sup> /m)	As x f.f. (cm <sup>2</sup> /m)
S0	5.146	0.303	0.024	0.986	3.96	6.16
S1	2.860	0.170	0.042	0.974	3.97	7.80
S3	2.851	0.170	0.042	0.974	3.96	5.29
Mym	1.485	0.125	0.041	0.975	2.80	4.30

### 10 - VERIFICAÇÃO DA LAJOTA PRÉ-MOLDADA



n = número de barras  
 $\phi$  = diâmetro das barras

$$n = 4$$

$$\phi \text{ (mm)} = 10$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$$

$$A_s = n \times \pi \times \phi^2 / 4$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 3.14$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{/m)} = 5.24$$

$$l \text{ (m)} = 1.95$$

$$w \text{ (m)} = 0.60$$

#### Peso próprio da laje

$$g_1 = b \times \gamma_{conc} \quad g_1 \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.500$$

$$q_{g1} = w \times g_1 \quad q_{g1} \text{ (tf/m)} = 0.300$$

$$M_{s3\_g1} = [q_{g1} \times (l)^2] / 8 \quad M_{s3\_g1} \text{ (tf.m)} = 0.143$$

$$\sigma_{s\_g1} = M_{s3\_g1} / (0,87 \times k \times A_s) \quad \sigma_{s\_g1} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 870$$

**Pavimentação**

$$g_2 = a \times \gamma_{\text{pavim}} \qquad g_2 \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.240$$

$$q_{g2} = w \times g_2 \qquad q_{g2} \text{ (tf/m)} = 0.144$$

$$M_{s3\_g2} = [ q_{g2} \times ( l_x )^2 ] / 24 \qquad M_{s3\_g2} \text{ (tf.m)} = 0.042$$

$$\sigma_{s\_g2} = M_{s3\_g2} / [ 0,87 \times ( b - c + k ) \times A_s ] \qquad \sigma_{s\_g2} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 56$$

**Carga móvel**

$$M_{s3\_p} = M_{xm} \times w \qquad M_{xm} \text{ (tf.m/m)} = 1.728$$

$$M_{s3\_p} \text{ (tf.m)} = 1.037$$

$$\sigma_{s\_p} = M_{s3\_p} / [ 0,87 \times ( b - c + k ) \times A_s ] \qquad \sigma_{s\_p} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 1371$$

$$1371 \leq 1800 \text{ kgf/cm}^2$$

**Tensão admissível**

$$\sigma_{adm} = f_{yd} / ( 1,4 \times 1,15 ) \qquad \sigma_{adm} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 3106$$

**Tensão total**

$$\sigma_{s\_total} = \sigma_{s\_g1} + \sigma_{s\_g2} + \sigma_{s\_p} \qquad \sigma_{s\_total} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 2297$$

$$\sigma_{s\_total} \leq \sigma_{adm}$$

## **8.2 CALCULO DAS LAJES DE CONTINUIDADE**



### Cálculo da Laje de Continuidade - BR-163-Vãos 21,25 m

- Inércia do conjunto (laje + vigas)

$$\begin{aligned} n_1 &= 2 && (\text{n}^\circ \text{ de vigas de bordo}) \\ n_2 &= 3 && (\text{n}^\circ \text{ de vigas centrais}) \end{aligned}$$

$$J^{\text{conj}}_{\text{VB}} (\text{m}^4) = 0.249$$

$$J^{\text{conj}}_{\text{VC}} (\text{m}^4) = 0.252$$

$$J^{\text{conj}}_{\text{total}} = n_1 \times J^{\text{conj}}_{\text{VB}} + n_2 \times J^{\text{conj}}_{\text{VC}}$$

$$J^{\text{conj}}_{\text{total}} (\text{m}^4) = 1.254$$

- Inércia da laje de continuidade

$$J_{\text{laje}} = (b \times h^3) / 12 \quad \text{onde:}$$

$$b (\text{m}) = 1.00$$

$$J_{\text{laje}} (\text{m}^4 / \text{m de laje}) = 3.41\text{E-}04$$

$$h (\text{m}) = 0.16$$

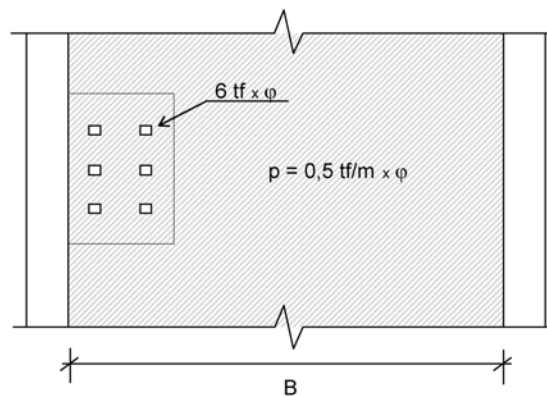
- Módulo de elasticidade longitudinal do concreto

$$E_{\text{cc}} = 9,5 \times (f_{\text{ck}} + 8)^{1/3} \quad (\text{fck em MPa})$$

$$f_{\text{ck}} (\text{MPa}) = 30.0$$

$$E_{\text{cc}} (\text{tf/m}^2) = 3193877$$

- Trem tipo simplificado



$$P = 6 \times 6 \times \varphi$$

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times L_{\text{vão}}$$

$$p = 0,5 \times B \times \varphi$$

$$L_{\text{vão}} (\text{m}) = 20.90 \quad (\text{vão teórico})$$

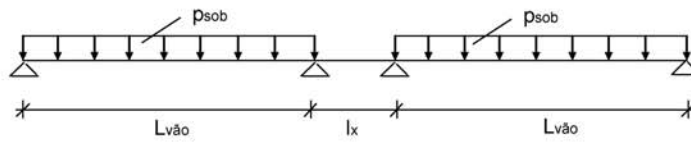
$$\varphi = 1.2537 \quad (\text{coeficiente de impacto})$$

$$B (\text{m}) = 12.20$$

$$P (\text{tf}) = 45.1$$

$$p (\text{tf/m}) = 7.6$$

**1 - Efeito devido à rotação provocada pela sobrecarga permanente**



$$p_{sob} = B \times h_{pav.} \times \gamma_{pav.} + P_{guarda-rodas} \times 2$$

$$h_{pav.} \text{ (m)} = 0.1 \qquad l_x \text{ (m)} = 1.40$$

$$\gamma_{pav.} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 2.40 \qquad P_{guarda-rodas} \text{ (tf/m)} = 0.58$$

$$p_{sob} \text{ (tf/m)} = 4.088$$



$$m_a = (4EJ\phi) / l_x \qquad M_{result.} = m_a + m_b$$

$$m_b = (2EJ\phi) / l_x$$

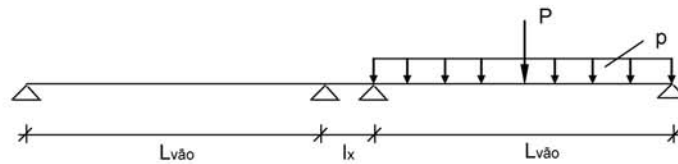
$$\phi = ( p_{sob} \times Lv\grave{a}o^3 ) / ( 24 \times 0,5 \times E_{cc} \times J^{conj_{total}} )$$

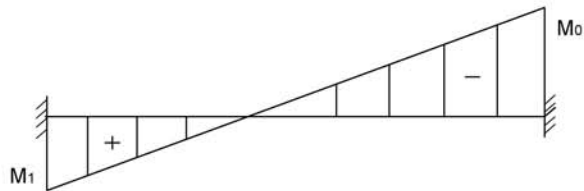
$$\phi \text{ (rad)} = 0.000777$$

$$M_1 = M_0 = ( 2 \times E_{cc} \times J_{laje} \times \phi ) / l_x$$

$$M_1 = M_0 \text{ (tf.m/m)} = -1.209$$

**2 - Efeito devido à rotação de um único vão carregado pelo trem-tipo**





$$M_0 = - ( 4 \times E_{cc} \times J_{laje} \times \varphi ) / l_x$$

$$M_1 = ( 2 \times E_{cc} \times J_{laje} \times \varphi ) / l_x$$

onde:

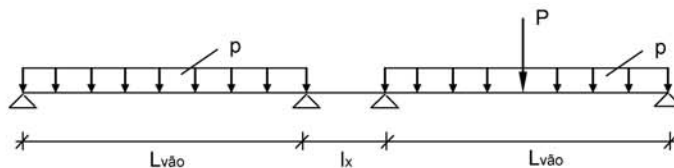
$$\varphi = \underbrace{( P \times L_{vão}^2 ) / ( 16 \times E_{cc} \times J^{conj}_{total} )}_{\varphi_1} + \underbrace{( p \times L_{vão}^3 ) / ( 24 \times E_{cc} \times J^{conj}_{total} )}_{\varphi_2}$$

$$\varphi \text{ (rad)} = 0.00103$$

$$M_0 \text{ (tf.m/m)} = -3.221$$

$$M_1 \text{ (tf.m/m)} = 1.610$$

### 3 - Efeito de dois vãos adjacentes carregados simultaneamente



$$M_0 = - ( E_{cc} \times J_{laje} \times ( 4 \times ( \varphi_1 + \varphi_2 ) - 2 \times \varphi_2 ) ) / l_x$$

$$M_1 = - ( E_{cc} \times J_{laje} \times ( 4 \times \varphi_2 - 2 \times ( \varphi_1 + \varphi_2 ) ) ) / l_x$$

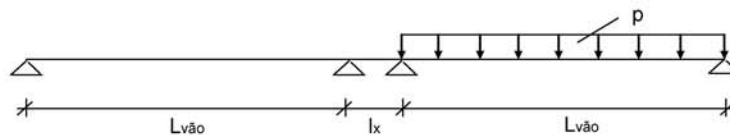
$$\varphi_1 \text{ (rad)} = 0.000308$$

$$\varphi_2 \text{ (rad)} = 0.000726$$

$$M_0 \text{ (tf.m/m)} = -2.09$$

$$M_1 \text{ (tf.m/m)} = -0.65$$

### 4 - Efeito devido à rotação de um único vão carregado com carga distribuída móvel



$$\varphi_2 \text{ (rad)} = 0.000726$$

$$M_0 = - ( 4 \times E_{cc} \times J_{laje} \times \varphi_2 ) / l_x$$

$$M_1 = M_0 / 2$$

$$M_0 \text{ (tf.m/m)} = -2.26$$

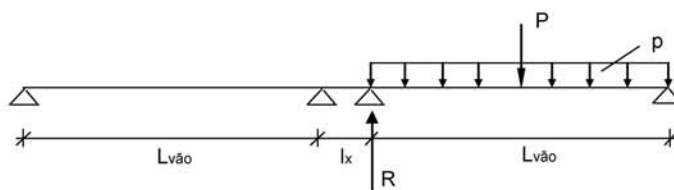
$$M_1 \text{ (tf.m/m)} = -1.13$$

**5 - Efeito devido ao recalque do aparelho de apoio quando um dos vãos adjacentes está carregado com a carga móvel total.**

$$E_m = 2 \times G \times 0,69 \times (b / T)^2$$

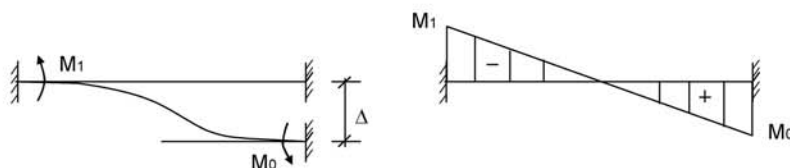
- a (m) = 0.30 (dimensão longitudinal em planta do ap. apoio)
- b (m) = 0.40 (dimensão transversal em planta do ap. apoio)
- T (m) = 0.030 (espessura de borracha do ap. apoio)
- G (tf/m<sup>2</sup>) = 100.0

$$E_n \text{ (tf/m}^2\text{)} = 24533$$



$$R = ( p \times Lv\grave{a}o + P ) / 2$$

$$R \text{ (tf)} = 102.48$$



$$\psi = \Delta / lx \quad M = c \times \psi$$

$$c = (6 \times E \times J) / lx \quad (\text{fator de forma})$$

$$M_0 = ( 6 \times E_{cc} \times J_{laje} \times \Delta ) / lx^2$$

$$M_1 = - M_0$$

Reação vertical por aparelho de apoio:

$$R_{neop} = R / n \quad \text{sendo } n = n^o \text{ de aparelhos de apoio}$$

$$n = 5$$

$$R_{neop} \text{ (tf)} = 20.50$$

$$\sigma_n = R_{neop} / (a \times b) \quad \sigma_n \text{ (tf/m}^2\text{)} = 170.8$$

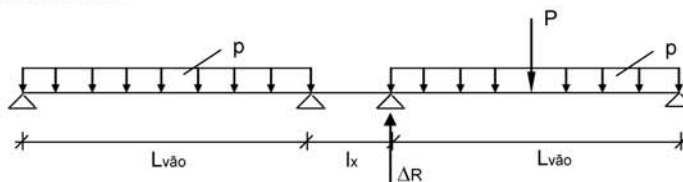
$$\epsilon = \sigma_n / E_n$$

$$\Delta_n = \epsilon \times T$$

$$\Delta_n = ( \sigma_n \times T ) / E_n \quad \Delta_n \text{ (m)} = 0.000208866$$

$$M_0 \text{ (tf.m/m}^2\text{)} = 0.70$$

$$M_1 \text{ (tf.m/m}^2\text{)} = -0.70$$

**6 - Efeito devido ao recalque do aparelho de apoio quando os dois vãos estão carregados simultaneamente**


$$\Delta R = P / 2 \quad \Delta R \text{ (tf)} = 22.57$$

Diferencial de reação por aparelho de apoio:

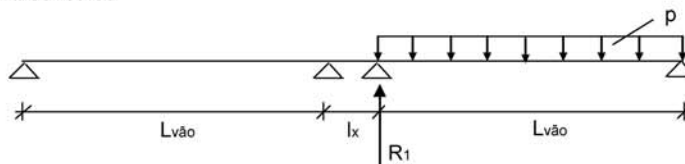
$$\Delta R_{\text{neop}} = \Delta R / n \quad \Delta R_{\text{neop}} \text{ (tf)} = 4.51$$

$$\Delta \sigma_n = \Delta R_{\text{neop}} / (a \times b) \quad \Delta \sigma_n \text{ (tf/m}^2\text{)} = 37.61$$

$$\Delta n = (\Delta \sigma_n \times T) / E_n \quad \Delta n \text{ (m)} = 0.0000460$$

$$M_0 = (6 \times E_{cc} \times J_{\text{laje}} \times \Delta) / l_x^2 \quad M_0 \text{ (tf.m/m)} = 0.15$$

$$M_1 = -M_0 \quad M_1 \text{ (tf.m/m)} = -0.15$$

**7 - Efeito devido ao recalque do aparelho de apoio com um único vão carregado com a carga móvel distribuída**


$$R_1 = (p \times Lvão) / 2 \quad R_1 \text{ (tf)} = 79.92$$

Reação por aparelho de apoio:

$$R_{\text{neop}} = R_1 / n \quad \text{sendo } n = n^\circ \text{ de aparelhos de apoio}$$

$$n = 5$$

$$R_{\text{neop}} \text{ (tf)} = 15.98$$

$$\sigma_n = R_{\text{neop}} / (a \times b) \quad \sigma_n \text{ (tf/m}^2\text{)} = 133.2$$

$$\varepsilon = \sigma_n / E_n$$

$$\Delta n = \varepsilon \times T$$

$$\Delta n = (\sigma_n \times T) / E_n \quad \Delta n \text{ (m)} = 0.000163$$

$$M_0 = (6 \times E_{cc} \times J_{\text{laje}} \times \Delta) / l_x^2 \quad M_0 \text{ (tf.m/m)} = 0.54$$

$$M_1 = -M_0 \quad M_1 \text{ (tf.m/m)} = -0.54$$



$$M_{xe} = -0,0833 \times g \times (lx)^2$$

$$M_{xe} \text{ (tf.m/m)} = -0.121$$

### 8.2) Carga móvel

$$M = \varphi \times [ P \times K_1 + p \times ( K_2 + K_3 ) ]$$

$$P \text{ (tf)} = 7.50$$

$$p \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

Da tabela NR-27 de Rüsçh, temos:

$$\begin{cases} M_{xm} = \varphi \times [ P \times K_1 + p \times ( K_2 + K_3 ) ] \\ M_{ym} = \varphi \times [ P \times K_4 + p \times ( K_5 + K_6 ) ] \\ M_{xe} = -\varphi \times [ P \times K_7 + p \times ( K_8 + K_9 ) ] \end{cases}$$

Cálculo dos coeficientes da tabela:

Para  $M_{xm}$ :

lx/a	K1		
	t/a		
	0.250	0.367	0.500
0.500	0.083	0.063	0.041
0.700		<b>0.080</b>	
1.000	0.129	0.105	0.078

$$K_1 = 0.080$$

$$K_2 = 0.000$$

$$K_3 = 0.000$$

lx/a	K2	K3
	p	p'
0.500	0.000	0.000
0.700	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
1.000	0.000	0.000

$$M_{xm} \text{ (tf.m/m)} = 0.834$$

Para  $M_{ym}$ :

lx/a	K4		
	t/a		
	0.250	0.367	0.500
0.500	0.054	0.044	0.032
0.700		<b>0.057</b>	
1.000	0.092	0.076	0.058

$$K_4 = 0.057$$

$$K_5 = 0.000$$

$$K_6 = 0.000$$

lx/a	K5	K6
	p	p'
0.500	0.000	0.000
0.700	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
1.000	0.000	0.000

$$M_{ym} \text{ (tf.m/m)} = 0.590$$

Para  $M_{xe}$ :

lx/a	K7		
	t/a		
	0.250	0.367	0.500
0.500	0.190	0.157	0.120
0.700		<b>0.183</b>	
1.000	0.260	0.222	0.180

lx/a	K8	K9
	p	p'
0.500	0.000	0.050
0.700	<b>0.000</b>	<b>0.070</b>
1.000	0.000	0.100

$$\begin{aligned} K_7 &= 0.183 \\ K_8 &= 0.000 \\ K_9 &= 0.070 \end{aligned} \quad M_{xe} \text{ (tf.m/m)} = -1.959$$

Envoltória de esforços

1ª hipótese - (1) + (2) + (5) + (8.1)

$$\begin{aligned} M_0 \text{ (tf.m/m)} &= -3.854 \\ M_1 \text{ (tf.m/m)} &= -0.417 \end{aligned}$$

2ª hipótese - (1) + (3) + (6) + (8.1)

$$\begin{aligned} M_0 \text{ (tf.m/m)} &= -3.266 \\ M_1 \text{ (tf.m/m)} &= -2.136 \end{aligned}$$

3ª hipótese - (1) + (4) + (7) + (8.1) + (8.2)

$$\begin{aligned} M_0 \text{ (tf.m/m)} &= -5.008 \\ M_1 \text{ (tf.m/m)} &= -4.964 \end{aligned}$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (tf.m/m)} = 5.008$$

#### 9 - Dimensionamento à flexão simples:

$$\begin{aligned} \text{Concreto: } f_{ck} \text{ (MPa)} &= 30.0 \\ \text{Aço: } f_{yk} \text{ (MPa)} &= 500.0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{md} &= M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) \\ A_s &= M_d / (k_z \times d \times f_{yd}) \end{aligned}$$

Direção Longitudinal:

$$M_d = 1,4 \times M_{\text{máx}}$$

$M_d$ (tf.m/m)	$d$ (m)	$k_{md}$	$k_z$	$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m)
7.01	0.127	0.203	0.861	<b>14.74</b>

Direção Transversal:

$$M_d = 1,4 \times (M_{ym}^{c.perm.} + M_{ym}^{c.móvel})$$

$M_d$ (tf.m/m)	$d$ (m)	$k_{md}$	$k_z$	$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m)
0.84	0.119	0.028	0.983	<b>1.65</b>





### Cálculo da Laje de Continuidade - BR-163-Vãos 24,00 m

- Inércia do conjunto (laje + vigas)

$$\begin{aligned} n_1 &= 2 && (\text{n}^\circ \text{ de vigas de bordo}) \\ n_2 &= 3 && (\text{n}^\circ \text{ de vigas centrais}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J^{\text{conj}}_{VB} (\text{m}^4) &= 0.249 \\ J^{\text{conj}}_{VC} (\text{m}^4) &= 0.252 \end{aligned}$$

$$J^{\text{conj}}_{\text{total}} = n_1 \times J^{\text{conj}}_{VB} + n_2 \times J^{\text{conj}}_{VC}$$

$$J^{\text{conj}}_{\text{total}} (\text{m}^4) = 1.254$$

- Inércia da laje de continuidade

$$J_{\text{laje}} = (b \times h^3) / 12 \quad \text{onde:} \quad \begin{aligned} b (\text{m}) &= 1.00 \\ h (\text{m}) &= 0.16 \end{aligned}$$

$$J_{\text{laje}} (\text{m}^4 / \text{m de laje}) = 0.000341333$$

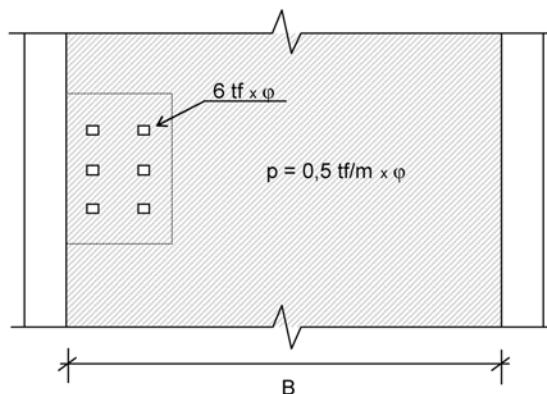
- Módulo de elasticidade longitudinal do concreto

$$E_{cc} = 9,5 \times (f_{ck} + 8)^{1/3} \quad (\text{fck em MPa})$$

$$f_{ck} (\text{MPa}) = 30.0$$

$$E_{cc} (\text{tf/m}^2) = 3193877$$

- Trem tipo simplificado

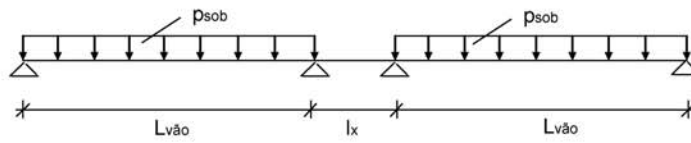


$$\begin{aligned} P &= 6 \times 6 \times \varphi && \varphi = 1,4 - 0,007 \times L_{\text{vão}} \\ p &= 0,5 \times B \times \varphi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{vão}} (\text{m}) &= 23.30 && (\text{vão teórico}) \\ \varphi &= 1.2369 && (\text{coeficiente de impacto}) \\ B (\text{m}) &= 12.20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P (\text{tf}) &= 44.5 \\ p (\text{tf/m}) &= 7.5 \end{aligned}$$

**1 - Efeito devido à rotação provocada pela sobrecarga permanente**



$$p_{sob} = B \times h_{pav.} \times \gamma_{pav.} + P_{guarda-rodas} \times 2$$

$$h_{pav.} \text{ (m)} = 0.1 \qquad l_x \text{ (m)} = 1.40$$

$$\gamma_{pav.} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 2.40 \qquad P_{guarda-rodas} \text{ (tf/m)} = 0.58$$

$$p_{sob} \text{ (tf/m)} = 4.088$$



$$m_a = (4EJ\phi) / l_x \qquad M_{result.} = m_a + m_b$$

$$m_b = (2EJ\phi) / l_x$$

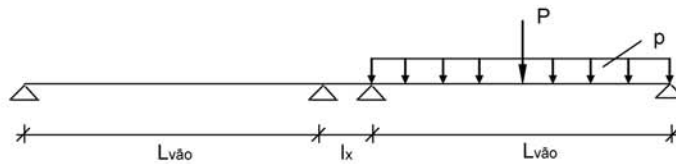
$$\phi = ( p_{sob} \times L_{vão}^3 ) / ( 24 \times 0,5 \times E_{cc} \times J^{conj_{total}} )$$

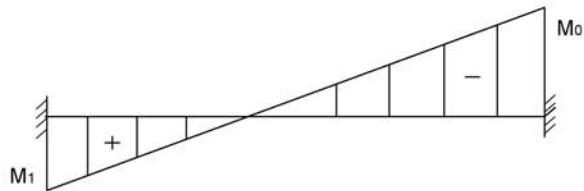
$$\phi \text{ (rad)} = 0.001076$$

$$M_1 = M_0 = ( 2 \times E_{cc} \times J_{laje} \times \phi ) / l_x$$

$$M_1 = M_0 \text{ (tf.m/m)} = -1.676$$

**2 - Efeito devido à rotação de um único vão carregado pelo trem-tipo**





$$M_0 = - ( 4 \times E_{cc} \times J_{laje} \times \varphi ) / l_x$$

$$M_1 = ( 2 \times E_{cc} \times J_{laje} \times \varphi ) / l_x$$

onde:

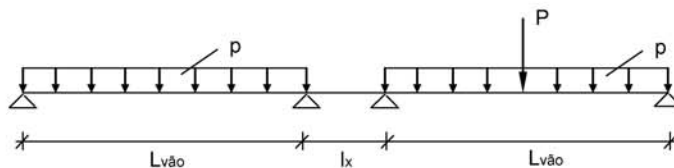
$$\varphi = \underbrace{( P \times Lv\tilde{a}o^2 ) / ( 16 \times E_{cc} \times J^{conj}_{total} )}_{\varphi_1} + \underbrace{( p \times Lv\tilde{a}o^3 ) / ( 24 \times E_{cc} \times J^{conj}_{total} )}_{\varphi_2}$$

$$\varphi \text{ (rad)} = 0.00137$$

$$M_0 \text{ (tf.m/m)} = -4.268$$

$$M_1 \text{ (tf.m/m)} = 2.134$$

**3 - Efeito de dois vãos adjacentes carregados simultaneamente**



$$M_0 = - ( E_{cc} \times J_{laje} \times ( 4 \times ( \varphi_1 + \varphi_2 ) - 2 \times \varphi_2 ) ) / l_x$$

$$M_1 = - ( E_{cc} \times J_{laje} \times ( 4 \times \varphi_2 - 2 \times ( \varphi_1 + \varphi_2 ) ) ) / l_x$$

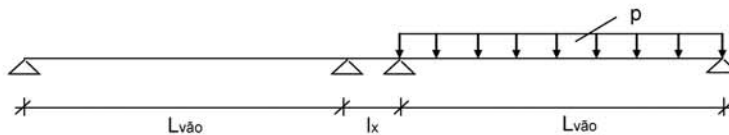
$$\varphi_1 \text{ (rad)} = 0.000377$$

$$\varphi_2 \text{ (rad)} = 0.000993$$

$$M_0 \text{ (tf.m/m)} = -2.72$$

$$M_1 \text{ (tf.m/m)} = -0.96$$

**4 - Efeito devido à rotação de um único vão carregado com carga distribuída móvel**



$$\varphi_2 \text{ (rad)} = 0.000993$$

$$M_0 = - ( 4 \times E_{cc} \times J_{laje} \times \varphi_2 ) / l_x$$

$$M_0 \text{ (tf.m/m)} = -3.09$$

$$M_1 = M_0 / 2$$

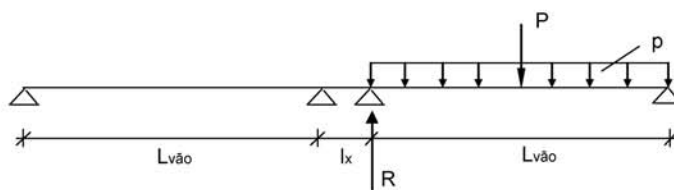
$$M_1 \text{ (tf.m/m)} = -1.55$$

**5 - Efeito devido ao recalque do aparelho de apoio quando um dos vãos adjacentes está carregado com a carga móvel total.**

$$E_m = 2 \times G \times 0,69 \times (b / T)^2$$

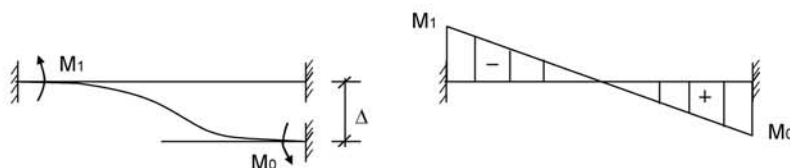
- a (m) = 0.30 (dimensão longitudinal em planta do ap. apoio)
- b (m) = 0.40 (dimensão transversal em planta do ap. apoio)
- T (m) = 0.030 (espessura de borracha do ap. apoio)
- G (tf/m<sup>2</sup>) = 100.0

$$E_n \text{ (tf/m}^2\text{)} = 24533$$



$$R = (p \times Lv\grave{a}o + P) / 2$$

$$R \text{ (tf)} = 110.16$$



$$\psi = \Delta / l_x \quad M = c \times \psi$$

$$c = (6 \times E \times J) / l_x \quad (\text{fator de forma})$$

$$M_0 = (6 \times E_{cc} \times J_{laje} \times \Delta) / l_x^2$$

$$M_1 = -M_0$$

Reação vertical por aparelho de apoio:

$$R_{neop} = R / n \quad \text{sendo } n = n^o \text{ de aparelhos de apoio}$$

$$n = 5$$

$$R_{neop} \text{ (tf)} = 22.03$$

$$\sigma_n = R_{neop} / (a \times b) \quad \sigma_n \text{ (tf/m}^2\text{)} = 183.6$$

$$\epsilon = \sigma_n / E_n$$

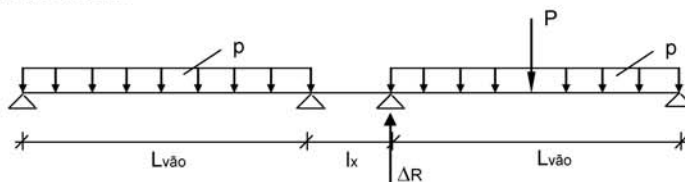
$$\Delta_n = \epsilon \times T$$

$$\Delta_n = (\sigma_n \times T) / E_n \quad \Delta_n \text{ (m)} = 0.00022452$$

$$M_0 \text{ (tf.m/m}^2\text{)} = 0.75$$

$$M_1 \text{ (tf.m/m}^2\text{)} = -0.75$$

**6 - Efeito devido ao recalque do aparelho de apoio quando os dois vãos estão carregados simultaneamente**



$$\Delta R = P / 2 \quad \Delta R \text{ (tf)} = 22.26$$

Diferencial de reação por aparelho de apoio:

$$\Delta R_{\text{neop}} = \Delta R / n \quad \Delta R_{\text{neop}} \text{ (tf)} = 4.45$$

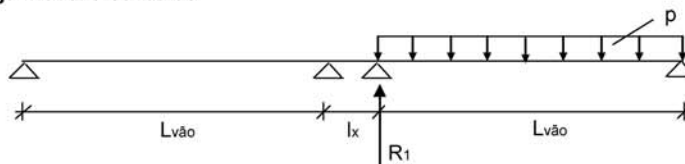
$$\Delta \sigma_n = \Delta R_{\text{neop}} / (a \times b) \quad \Delta \sigma_n \text{ (tf/m}^2\text{)} = 37.11$$

$$\Delta n = (\Delta \sigma_n \times T) / E_n \quad \Delta n \text{ (m)} = 0.0000454$$

$$M_0 = (6 \times E_{cc} \times J_{\text{laje}} \times \Delta) / l_x^2 \quad M_0 \text{ (tf.m/m)} = 0.15$$

$$M_1 = -M_0 \quad M_1 \text{ (tf.m/m)} = -0.15$$

**7 - Efeito devido ao recalque do aparelho de apoio com um único vão carregado com a carga móvel distribuída**



$$R_1 = (p \times L_{\text{vão}}) / 2 \quad R_1 \text{ (tf)} = 87.90$$

Reação por aparelho de apoio:

$$R_{\text{neop}} = R_1 / n \quad \text{sendo } n = n^\circ \text{ de aparelhos de apoio}$$

$$n = 5$$

$$R_{\text{neop}} \text{ (tf)} = 17.58$$

$$\sigma_n = R_{\text{neop}} / (a \times b) \quad \sigma_n \text{ (tf/m}^2\text{)} = 146.5$$

$$\varepsilon = \sigma_n / E_n$$

$$\Delta n = \varepsilon \times T$$

$$\Delta n = (\sigma_n \times T) / E_n \quad \Delta n \text{ (m)} = 0.000179$$

$$M_0 = (6 \times E_{cc} \times J_{\text{laje}} \times \Delta) / l_x^2 \quad M_0 \text{ (tf.m/m)} = 0.60$$

$$M_1 = -M_0 \quad M_1 \text{ (tf.m/m)} = -0.60$$

**8 - Efeito da ação direta do trem-tipo sobre a laje de continuidade**



$l_x (m) = 1.40$   
 $l_y (m) = 12.20$

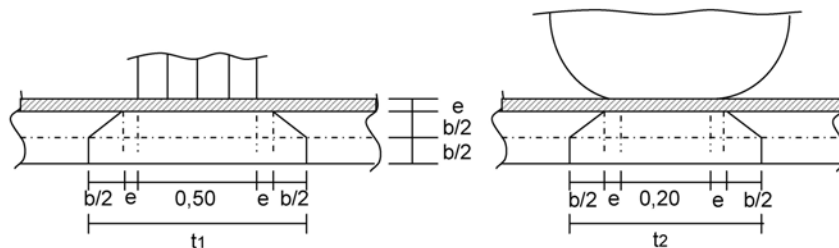
Coefficiente de impacto:  
 $\varphi = 1,4 - 0,007 \times l_x$   
 $\varphi = 1.390$

$l_y / l_x = \infty$

Parâmetros de entrada na tabela de Rüsh (NR-27)

$$\left\{ \begin{array}{l} l_x / a \\ t / a \end{array} \right. \quad a (m) = 2.00 \quad (\text{entre eixos do veículo tipo})$$

Cálculo de t (projeção da roda no eixo médio da laje)



$e (m) = 0.1$   
 $b (m) = 0.2$

(espessura do pavimento)  
 (espessura da laje)

$t_1 (m) = 0.900$

$t_2 (m) = 0.600$

$t = (t_1 \times t_2)^{0,50}$

$t (m) = 0.735$

logo:

$l_x / a = 0.700$   
 $t / a = 0.367$

Pela tabela de Rüsh temos:

**8.1) Carga permanente**

$g = \underbrace{b \times 2,5}_{pp. laje} + \underbrace{e \times 2,4}_{pp. pav.} \quad g (tf/m^2) = 0.74$

$M_{xm} = 0,0417 \times g \times (l_x)^2$

$M_{xm} (tf.m/m) = 0.0605$

$M_{ym} = 0,0069 \times g \times (l_x)^2$

$M_{ym} (tf.m/m) = 0.0100$

$$M_{xe} = -0,0833 \times g \times (lx)^2$$

$$M_{xe} \text{ (tf.m/m)} = -0.121$$

**8.2) Carga móvel**

$$M = \varphi \times [ P \times K_1 + p \times ( K_2 + K_3 ) ]$$

$$P \text{ (tf)} = 7.50$$

$$p \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

Da tabela NR-27 de Rüschi, temos:

$$\begin{cases} M_{xm} = \varphi \times [ P \times K_1 + p \times ( K_2 + K_3 ) ] \\ M_{ym} = \varphi \times [ P \times K_4 + p \times ( K_5 + K_6 ) ] \\ M_{xe} = -\varphi \times [ P \times K_7 + p \times ( K_8 + K_9 ) ] \end{cases}$$

Cálculo dos coeficientes da tabela:

Para  $M_{xm}$ :

		K <sub>1</sub>		
		t/a		
lx/a		0.250	0.367	0.500
0.500		0.083	0.063	0.041
0.700			<b>0.080</b>	
1.000		0.129	0.105	0.078

$$K_1 = 0.080$$

$$K_2 = 0.000$$

$$K_3 = 0.000$$

		K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
		p	p'
lx/a		0.500	0.000
0.500		0.000	0.000
0.700		<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
1.000		0.000	0.000

$$M_{xm} \text{ (tf.m/m)} = 0.834$$

Para  $M_{ym}$ :

		K <sub>4</sub>		
		t/a		
lx/a		0.250	0.367	0.500
0.500		0.054	0.044	0.032
0.700			<b>0.057</b>	
1.000		0.092	0.076	0.058

$$K_4 = 0.057$$

$$K_5 = 0.000$$

$$K_6 = 0.000$$

		K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>
		p	p'
lx/a		0.500	0.000
0.500		0.000	0.000
0.700		<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
1.000		0.000	0.000

$$M_{ym} \text{ (tf.m/m)} = 0.590$$

Para  $M_{xe}$ :

		K <sub>7</sub>		
		t/a		
lx/a		0.250	0.367	0.500
0.500		0.190	0.157	0.120
0.700			<b>0.183</b>	
1.000		0.260	0.222	0.180

$$K_7 = 0.183$$

		K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>
		p	p'
lx/a		0.500	0.050
0.500		0.000	0.050
0.700		<b>0.000</b>	<b>0.070</b>
1.000		0.000	0.100



$$K_8 = 0.000$$

$$K_9 = 0.070$$

$$M_{xe} \text{ (tf.m/m)} = -1.959$$

Envoltória de esforços

1ª hipótese - (1) + (2) + (5) + (8.1)

$$M_0 \text{ (tf.m/m)} = -5.315$$

$$M_1 \text{ (tf.m/m)} = -0.412$$

2ª hipótese - (1) + (3) + (6) + (8.1)

$$M_0 \text{ (tf.m/m)} = -4.366$$

$$M_1 \text{ (tf.m/m)} = -2.907$$

3ª hipótese - (1) + (4) + (7) + (8.1) + (8.2)

$$M_0 \text{ (tf.m/m)} = -6.251$$

$$M_1 \text{ (tf.m/m)} = -5.900$$

$$\mathbf{M_{m\acute{a}x} \text{ (tf.m/m)} = 6.251}$$

#### 9 - Dimensionamento à flexão simples:

Concreto:  $f_{ck} \text{ (MPa)} = 30.0$   
 Aço:  $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$

$$k_{md} = M_d / ( b \times d^2 \times f_{cd} )$$

$$A_s = M_d / ( k_z \times d \times f_{yd} )$$

Direção Longitudinal:

$$M_d = 1,4 \times M_{m\acute{a}x}$$

$M_d \text{ (tf.m/m)}$	$d \text{ (m)}$	$k_{md}$	$k_z$	$A_s \text{ (cm}^2\text{/m)}$
8.75	0.127	0.253	0.818	<b>19.38</b>

Direção Transversal:

$$M_d = 1,4 \times (M_{ym}^{c.perm.} + M_{ym}^{c.m\acute{o}vel})$$

$M_d \text{ (tf.m/m)}$	$d \text{ (m)}$	$k_{md}$	$k_z$	$A_s \text{ (cm}^2\text{/m)}$
0.84	0.119	0.028	0.983	<b>1.65</b>