

02	MAR/14	ETAPA FINAL	ARF	ARF	ARF
01	JUL./12	MEMORIA DE QUANTIDADES	ARF		ARF
00	FEV./11	EMISSÃO INICIAL			ARF
REV	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.



Extrema Construção Ltda

Adelcke Rossetto Filho
Adelcke Rossetto Filho
CREA DF 1726/D
CONSÓRCIO INFRA DF



NOVACAP

COMPANHIA URBANIZADORA DA
NOVA CAPITAL DO BRASIL

SERVIÇO:

Elaboração de Projetos executivos Viários de Duplicação da Ligação QE32 Guará II ao Núcleo Bandeirantes – DF 075, com acessos à Via EPVT/ SMPW Q3, Inclusive Passagens Superiores Sobre a Estrada de Ferro no Acesso à Via EPVT e Sobre a Pista Contorno do Guará II (Q 32), e Ponte Sobre o Córrego Vicente Pires

FASE:

ETAPA FINAL

TÍTULO DO DOCUMENTO:

**VOLUME IV – CADERNO DE PROJ. EXECUTIVOS DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
TOMO I - II**

NÚMERO DO CLIENTE:

536-10_NVP

REVISÃO:

NÚMERO DO DOCUMENTO:

NVP-536-10-OAE-FINAL

REVISÃO:

02

ELAB.

MVS/MAF/MRS

VERIF.

ARF

APROV.

ARF

Rua TEC.:

ARF

CREA NO

1726/D-DF

C/C:

TEC 536-10

DATA:

MARÇO / 2014

PÁGINA:

1

DE:

25



SUMÁRIO

1. Apresentação.....	3
2. Croqui de Locação da obra	4
3. Croqui de localização das OAE's	5
4. PONTE SOBRE O CÓRREGO VICENTE PIRES.....	6
4.1 – MEMORIA DE CALCULO	6
4.2 – MEMORIA DE CALCULO DE QUANTITATIVOS.....	7
4.3 – ORÇAMENTO.....	8
4.4 - PLANTAS.....	9

1. Apresentação

O presente relatório, integrante da Ordem de serviço Externa OES no 356/2010 – ASJUR/PRES tem como objeto apresentar as atividades desenvolvidas para a elaboração do Projeto Executivo de Duplicação da Via de Ligação QE32 Guará II ao Núcleo Bandeirantes, inclusive passagens superiores sobre a Estrada de Ferro e a pista Contorno Guará II, e Ponte sobre o Córrego Vicente Pires.

O Projeto Executivo de Obras de Arte Especiais tem como finalidade apresentar os Projetos de Fundações e Estrutura dos Viadutos e Ponte objeto do contrato. É apresentado neste, todos os projetos executivos e respectivas memórias de cálculos, assim como planilha de orçamento. Consta do mesmo as obras referentes aos seus acessos de terra armada.

Em sua totalidade o serviço contratado inclui os seguintes produtos:

- **Volume I** - Relatório de Planejamento;
- **Volume II** - Caderno de Estudos Preliminares;
 - Tomo I-IV – Levantamento de Dados, Interferências e Respectivos Cadastramentos.
 - Tomo II-VI – Levantamento Cadastral Topográfico
 - Tomo III-VI – Estudos Geológicos, Geotécnicos e Avaliação de Parâmetros Funcionais do Pavimento
 - Tomo IV-VI – Estudo Hidrológico
 - Tomo V-VI – Estudo de Tráfego
 - Tomo VI-VI – Projeto de Urbanismo
- **Volume III** - Caderno de Projetos Executivos – Vias
 - Tomo I-V – Projeto Geométrico e Terraplenagem
 - Tomo II-V – Projeto de Readequação da Drenagem Pluvial e Obras Correntes
 - Tomo III-V – Projeto de Pavimento
 - Tomo IV-V – Projeto de Sinalização Viária
 - Tomo V-V – Projeto de Desapropriação e Afetação
- **Volume IV** - **Caderno de Projetos Executivos – Obras de Arte Especiais**
- **Volume V** - Caderno de Especificações e Orçamento

Este relatório foi dividido em 2 Tomos devido o seu tamanho, sendo:

- **Tomo I : Croqui de locação da obra, Croqui de localização das OAE's e Viadutos 1 e 2.**
 - Tomo II : Viadutos 3, 4 e Ponte.
-

2. Croqui de Localização da obra



ILUST. 01 - SITUAÇÃO



3. Croqui de localização das OAE's



4.2 – MEMORIA DE CALCULO DE QUANTITATIVOS

SUMÁRIO

1	Características Geométricas	3
1.1	SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA	3
1.2	CÁLCULO DA LARGURA EQUIVALENTE DE CONTRIBUIÇÃO DA LAJE / PRÉ-LAJE	3
1.2.1	<i>Vigas Extremas</i>	3
1.2.2	<i>Vigas Internas</i>	4
1.3	SEÇÃO TRANSVERSAL DO PRÉ-MOLDADO	4
1.3.1	<i>Seções da viga</i>	4
1.3.2	<i>Propriedades</i>	4
1.4	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO MODELO DE CÁLCULO.....	5
2	Programa de cálculo	5
3	Carregamentos	6
3.1	CARREGAMENTO PERMANENTE	6
3.2	CARREGAMENTO MÓVEL.....	6
3.2.1	<i>Hipóteses para as cargas móveis:</i>	7
4	Esforços Solicitantes.....	7
4.1	MOMENTOS FLETORES	7
4.2	FORÇAS CORTANTES.....	8
5	Dimensionamento da Armadura Longitudinal.....	9
5.1	DIAGRAMA DE ÁREAS	13
5.1.1	<i>Cálculo de a_L</i>	13
5.1.2	<i>Cálculo de l_b</i>	13
5.1.3	<i>Comprimento das Barras</i>	13
6	Dimensionamento da Armadura Transversal	14
6.1	VERIFICAÇÃO DO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FADIGA.....	17
7	Cálculo da Laje	18
7.1	ESFORÇOS SOLICITANTES.....	18
7.1.1	<i>MX - Momentos Fletores na direção X</i>	18
7.1.2	<i>MY - Momentos Fletores na direção Y</i>	20
7.1.3	<i>Resumo tabelado dos momentos fletores</i>	22
7.2	DIMENSIONAMENTO.....	23
7.2.1	<i>Mxm</i>	25
7.2.2	<i>Mxe</i>	26
7.2.3	<i>Mym</i>	27
7.2.3	<i>8.2.4 Mye</i>	28
7.3	QUADRO-RESUMO.....	29
7.3.1	<i>Armadura calculada (cm²/m)</i>	29
7.3.2	<i>Armadura Adotada</i>	29
8	Cálculo das alas	30

MEMORIAL DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Comprimento da viga = 15,90 m

Largura média do tabuleiro = 18,40 m

Ponte Classe 45 / ITEM 3.5 DA NBR 7188/84

□ Materiais

Aço comum : CA – 50

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Concreto : Vigas

$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$

Lajes da superestrutura

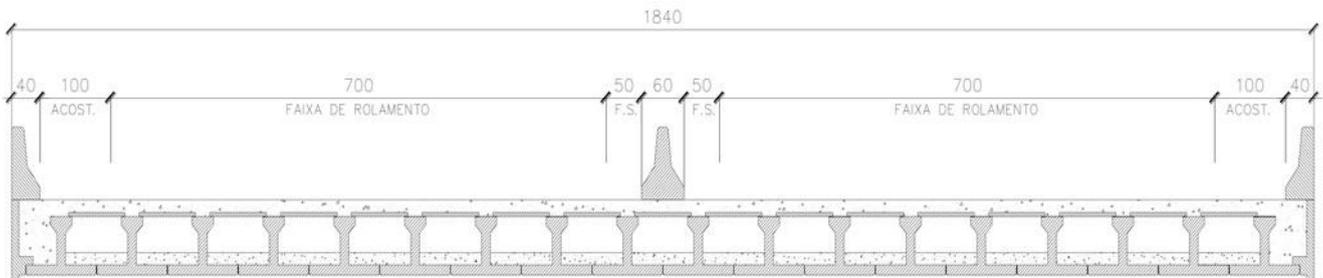
$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$

□ Bibliografia

- NBR 6118/2003, NBR 7187/2003, NBR 8681/2003, NBR 7188/1984
- Fundamentos da técnica de armar - P. B. Fusco
- Técnicas de armar as estruturas de concreto - Péricles B. Fusco
- Construções de concreto - F. Leonhardt / E. Monnig
- Tabelas para dimensionamento de concreto armado – PROMON
- Sub-rotinas básicas do dimensionamento do concreto – Lauro Modesto dos Santos

1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

1.1 Seção transversal típica



1.2 Cálculo da largura equivalente de contribuição da laje / pré-laje

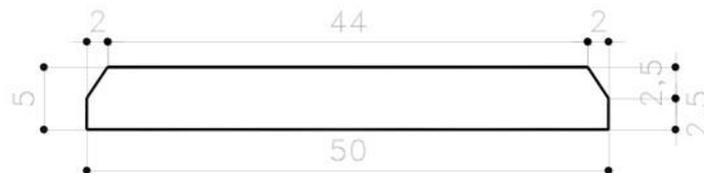
Entre-eixo de vigas = 1,00 m

Mesa superior da viga = 0,30 m

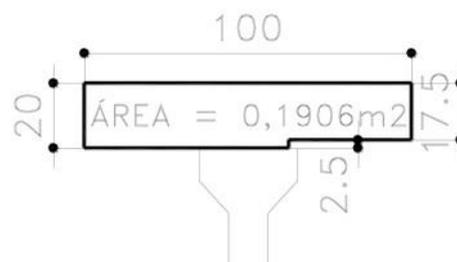
Espessura média da laje \cong 0,20 m

Apoio da pré-laje na viga = 0,05 m

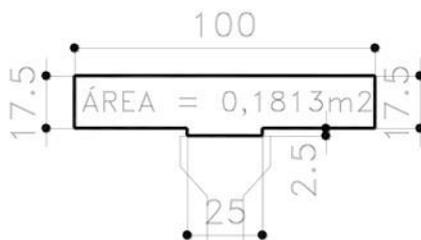
Altura da pré-laje 5 cm, sendo 2,5 cm com dente (chanfro penetração de concreto) e 2,5 cm sem contato ou sem solidarização.



1.2.1 Vigas Extremas



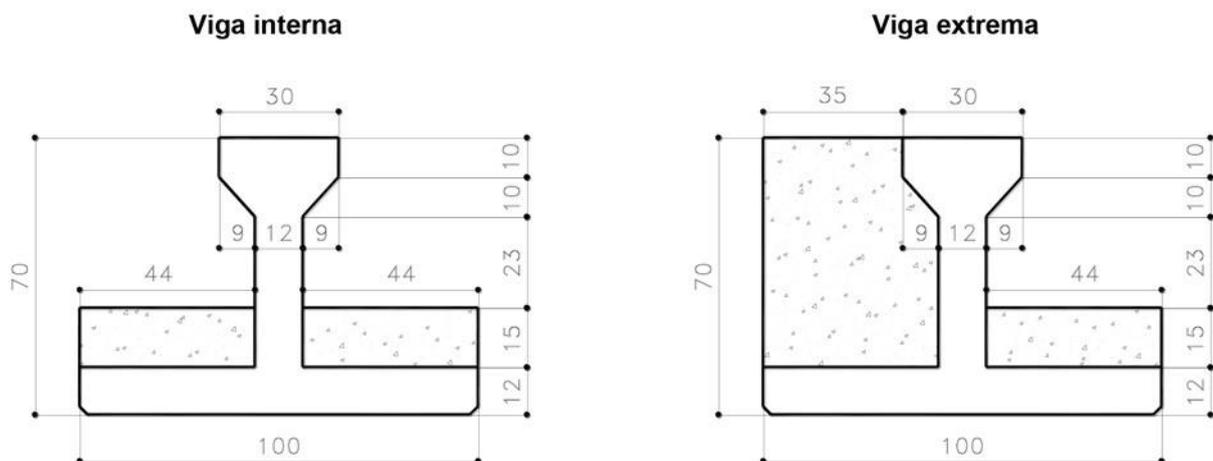
1.2.2 Vigas Internas



1.3 Seção Transversal do Pré-Moldado

1.3.1 Seções da viga

Seção Típica



1.3.2 Propriedades

Características geométricas das vigas internas:

Seção típica

	Altura (m)	Área (m ²)	Y _{superior} (m)	Y _{inferior} (m)	Mom. Inércia (m ⁴)	W _{inferior} (m ³)	W _{superior} (m ³)
P.S.	0,70	0,349	0,475	0,225	0,012	0,055	0,026
P.C.	0,90	0,530	0,476	0,424	0,054	0,126	0,113

Características geométricas das vigas extremas

Seção típica

	Altura (m)	Área (m ²)	Y _{superior} (m)	Y _{inferior} (m)	Mom. Inércia (m ⁴)	W _{inferior} (m ³)	W _{superior} (m ³)
P.S.	0,70	0,524	0,392	0,308	0,022	0,072	0,057
P.C.	0,90	0,715	0,459	0,441	0,057	0,130	0,125

1.4 Características Geométricas do Modelo de Cálculo

O tabuleiro é constituído de:

- 18 (dezoito) longarinas (representadas por elementos de barra);
- Elementos finitos que dividem as longarinas. As seções transversais foram divididas em 20 partes mais 2 partes nas bordas (inferior e superior). Entre vigas temos 2 elementos igualmente espaçados;
- Largura média do tabuleiro de cálculo (laje) é de 18,40 m.

2 PROGRAMA DE CÁLCULO

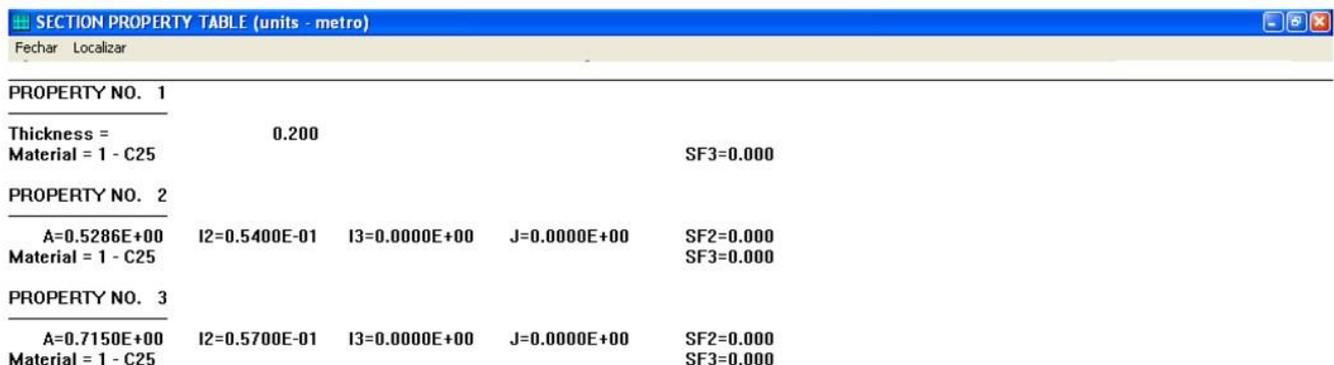
Para a determinação dos esforços solicitantes será utilizado o software de análise estrutural STRAP (*Structural Analysis Program*), versão 12.5.

Trata-se de um conjunto de programas destinados a geração da geometria do modelo, composição de cargas e verificação de resultados.

Para facilitar a construção de modelos estruturais, o programa está subdividido com relação ao tipo de estrutura em: Frame Plane – estruturas planas, Grid – grelha, Space – estruturas espaciais e Truss-treliças. As etapas de análise de um modelo são as descritas a seguir:

1. Geração da geometria: determinação das propriedades mecânicas das barras e dos elementos;
2. Definição das condições de contorno (rótulas, apoios simples, engastes, etc.);
3. Definição dos carregamentos considerados (peso próprio, sobrecargas, cargas móveis, vento, etc.);
4. Cálculo do modelo;
5. Verificação dos resultados.

Propriedades e materiais das barras e elementos:



SECTION PROPERTY TABLE (units - metro)

Fechar Localizar

PROPERTY NO. 1				
Thickness =	0.200			
Material = 1 - C25				SF3=0.000
PROPERTY NO. 2				
A=0.5286E+00	I2=0.5400E-01	I3=0.0000E+00	J=0.0000E+00	SF2=0.000
Material = 1 - C25				SF3=0.000
PROPERTY NO. 3				
A=0.7150E+00	I2=0.5700E-01	I3=0.0000E+00	J=0.0000E+00	SF2=0.000
Material = 1 - C25				SF3=0.000

3 CARREGAMENTOS

3.1 Carregamento Permanente

- Peso próprio da viga (g1): $g1_{\text{vigainterna}} = 0,3486 \times 2,5 =$ **0,87 tf/m** (seção típica)
 $g1_{\text{vigaextrema}} = 0,524 \times 2,5 =$ **1,31 tf/m** (seção típica)
- Pré-lajes e laje (g2): $g2 = 0,20 \times 2,5 =$ **0,50 tf/m²**
- Barreiras e pavimento (g3):
 $g3_{\text{barr.ladoV1}} = (0,25 \times 2,5) / 0,40 =$ **1,56 tf/m²**
 $g3_{\text{barr.ladoV11}} = (0,31 \times 2,5) / 0,40 =$ **1,94 tf/m²**
 $g3_{\text{pavimento}} = 0,1265 \times 2,4 =$ **0,30 tf/m²**

3.2 Carregamento móvel

O veículo utilizado é o Trem-Tipo 45.

- Coeficiente de impacto: $\varphi = 1,4 - 0,007 \times 16,0 =$ **1,2877**
- Multidão (q): $q = 0,5 \times 1,2877 =$ **0,64 tf/m²**
 $q = 0,5 \times 1,2838 =$ **0,64 tf/m²**
- Veículo : $Q = \frac{45}{6} \times 1,2877 =$ **9,66 tf/roda**
 $Q = \frac{45}{6} \times 1,2838 =$ **9,63 tf/roda**

Consideraremos esta carga da roda distribuída até o eixo da laje.

Dimensões da roda 20 x 50 cm.

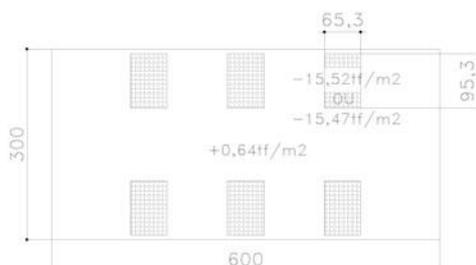
Pavimento + metade da espessura da laje = 22,65 cm

Desta forma temos uma área de distribuição de $20 + 2 \times 22,65 = 65,3$ cm e $50 + 2 \times 22,65 = 95,3$ cm

Carga da roda c/ impacto = $9,66 / (0,653 \times 0,953) = 15,52 \text{ tf/m}^2$

$9,63 / (0,653 \times 0,953) = 15,47 \text{ tf/m}^2$

Além da carga acima descrita foi prevista uma carga uniformemente distribuída na projeção do veículo de $0,64 \text{ tf/m}^2$. Este carregamento teve sinal positivo (contrário ao da multidão). A figura a seguir apresenta o carregamento previsto para o veículo anteriormente descrito.



3.2.1 Hipóteses para as cargas móveis:

- 1) Para a carga móvel devido à multidão com impacto, foram consideradas as seguintes hipóteses:
 - a) Em todo o tabuleiro (exceto na região das barreiras);
 - b) Nas faixas laterais do tabuleiro (2 x 25% da largura do tabuleiro);
 - c) Na faixa central do tabuleiro (50% da largura do tabuleiro);
 - d) Nas faixas laterais do tabuleiro (2 x 30% da largura do tabuleiro);
 - e) Na faixa central do tabuleiro (40% da largura do tabuleiro);
- 2) Para a carga móvel devido ao veículo considerou-se uma combinação de carregamentos, conforme descrito a seguir:
 - veículo deslocando-se no tabuleiro a cada décimo do vão com as seguintes hipóteses :
 - a) Veículo com impacto, deslocando-se na borda inferior do tabuleiro junto à defesa inferior;
 - b) Veículo com impacto, deslocando-se sobre a viga V6;
 - c) Veículo com impacto, deslocando-se na borda superior do tabuleiro junto à defesa superior.

4 ESFORÇOS SOLICITANTES

4.1 Momentos fletores

Todos os valores dos quadros-resumo abaixo estão expressos em **tf.m**.

$$M_g = M_{g1} + M_{g2} + M_{g3}$$

$$M_q = M_{multidão} + M_{veículo}$$

$$M_d' = 1,35 \times M_g + 1,5 \times M_q$$

- Momentos fletores positivos

MOMENTO FLETOR: VIGA 11

SEÇÃO	M_{g1}	M_{g2}	M_{g3}	M_{recapa}	$M_{mult.}$	$M_{veículo}$	M_{gk}	M_{qk}	M_d
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	11.70	4.50	7.00	0.00	4.60	16.30	23.20	20.90	62.67
3	20.00	7.60	11.50	0.00	8.00	27.60	39.10	35.60	106.19
4	25.00	9.50	14.00	0.00	10.20	34.80	48.50	45.00	132.98
5	26.60	10.10	14.70	0.00	10.90	37.90	51.40	48.80	142.59
6	24.80	9.50	13.70	0.00	10.10	37.10	48.00	47.20	135.60
7	19.60	7.50	10.90	0.00	7.90	32.70	38.00	40.60	112.20
8	11.10	4.20	6.20	0.00	4.30	25.20	21.50	29.50	73.28
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	15.30	0.00	15.71	23.57
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.50	0.00	16.50	24.75
14	3.10	1.20	2.80	0.00	1.40	25.20	7.10	26.60	49.49
15	8.50	3.20	5.90	0.00	3.70	30.70	17.60	34.40	75.36
16	10.30	3.90	6.90	0.00	4.50	32.60	21.10	37.10	84.14

- Momentos fletores negativos

MOMENTO FLETOR: VIGA 11

SEÇÃO	M _{g1}	M _{g2}	M _{g3}	M _{recapa}	M _{mult.}	M _{veículo}	M _{gk}	M _{qk}	M _d
9	0.86	0.33	0.58	0.00	0.67	14.20	1.77	14.87	24.69
10	16.20	6.20	9.80	0.00	6.70	16.10	32.20	22.80	77.67
11	34.80	13.30	22.10	0.00	13.60	21.80	70.20	35.40	147.87
12	18.60	7.10	10.80	0.00	7.60	19.00	36.50	26.60	89.18
13	5.90	2.30	2.70	0.00	2.60	16.20	10.90	18.80	42.92
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	13.40	0.00	14.11	21.17

4.2 Forças cortantes

$$V_{gk} = V_{g1} + V_{g2} + V_{g3}$$

$$V_{qk \text{ máx}} = V_{\text{mult.}, \text{máx}} + V_{\text{veic.}, \text{máx}}$$

$$V_{qk \text{ mín}} = V_{\text{mult.}, \text{mín}} + V_{\text{veic.}, \text{mín}}$$

$$V'_{sd} = 1,35 \times V_g + 1,5 \times V_q \text{ máx}$$

FORÇA CORTANTE: VIGA 11

SEÇÃO	V _{g1}	V _{g2}	V _{g3}	V _{recapa}	V _{multidão}		V _{veículo}		V _{gk}	V _{qk}		V _{sd}
					Max.	Min.	Max.	Min.		Max.	Min.	
1	8.30	3.20	5.00	0.00	3.10	0.00	10.40	-1.10	16.50	13.50	-1.10	42.53
2	6.20	2.40	3.70	0.00	2.60	0.00	9.20	-1.00	12.30	11.80	-1.00	34.31
3	4.10	1.60	2.40	0.00	1.90	0.00	8.00	-1.10	8.10	9.90	-1.10	25.79
4	2.00	0.78	1.20	0.00	1.00	0.00	6.90	-2.00	3.98	7.90	-2.00	17.22
5	0.07	0.03	0.08	0.00	0.14	0.00	5.00	-3.90	0.17	5.14	-3.90	7.94
6	2.20	0.83	1.40	0.00	1.10	0.00	3.40	-6.00	4.43	4.50	-6.00	12.73
7	4.30	1.60	2.50	0.00	2.00	0.00	7.60	-1.80	8.40	9.60	-1.80	25.74
8	6.40	2.40	3.80	0.00	2.80	0.00	9.50	-1.00	12.60	12.30	-1.00	35.46
9	8.50	3.20	5.20	0.00	3.50	0.00	10.40	0.00	16.90	13.90	0.00	43.67
10	10.60	4.00	6.90	0.00	4.20	-0.34	11.10	0.00	21.50	15.30	-0.34	51.98
11	12.70	4.80	8.30	0.00	4.50	-0.59	11.90	-1.60	25.80	16.40	-2.19	59.43
12	8.70	3.30	6.10	0.00	3.50	-0.48	10.30	-1.60	18.10	13.80	-2.08	45.14
13	6.50	2.50	4.30	0.00	2.80	-0.37	9.30	-1.60	13.30	12.10	-1.97	36.11
14	4.30	1.70	2.80	0.00	2.00	-0.27	8.30	-1.60	8.80	10.30	-1.87	27.33
15	2.20	0.83	1.50	0.00	1.10	-0.15	6.50	-2.90	4.53	7.60	-3.05	17.52
16	0.00	0.00	0.21	0.00	0.16	-0.02	4.40	-4.60	0.21	4.56	-4.62	7.12

5 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA LONGITUDINAL

O dimensionamento da armadura longitudinal foi elaborado para a seguinte seção de cálculo:



COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{fg} =$	1.35	$\gamma_{fq} =$	1.50
$\gamma_{fg} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Freqüente das Ações):

$\gamma_{fg} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	$Es/Ec_{\text{fissuração}} =$	15
$\gamma_s =$	1.15	$Es/Ec_{\text{fadiga}} =$	10

Armadura

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - VIGA V11

Esforços solicitantes		Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7
Mgk	(tfm)	23.20	39.10	48.50	51.40	48.00	38.00
Mqk max	(tfm)	20.90	35.60	45.00	48.80	47.20	40.60
Mqk min	(tfm)						

Propriedades dos materiais

fck	(MPa)	25	25	25	25	25	25
fyk	(MPa)	500	500	500	500	500	500

Propriedades da seção

bf	(cm)	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00
hf	(cm)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
bw	(cm)	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00
h	(cm)	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
binf							
hinf							

Armadura inferior

ϕ (mm)	(mm)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
barras por camada		15	15	15	15	15	15
cobrimento na armadura	(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

Armadura superior

As'	(cm ²)						
d'	(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

DIMENSIONAMENTO

Md	(tfm)	62.7	106.2	133.0	142.6	135.6	112.2
d	(cm)	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8
x	(cm)	6.62	11.48	14.61	15.76	14.92	12.18
As	(cm ²)	17.56	30.47	38.76	41.81	39.59	32.31
As' nec.	(cm ²)						

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm)	34	56.90	71.00	75.80	71.60	58.30
M _{Dmin} tensões	(tfm)	23	39.10	48.50	51.40	48.00	38.00
σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2441	2429	2409	2393	2381	2354
σ_{smin}	(kgf/cm ²)	1683	1669	1646	1623	1596	1534
$\Delta\sigma_s$	(kgf/cm ²)	758	760	763	770	785	819
$\Delta\sigma_s$ Admissível	(kgf/cm ²)	1750	1750	1750	1750	1750	1750
K < 1.79		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ²)	17.56	30.47	38.76	41.81	39.59	32.31

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2469	2465	2448	2433	2420	2389
ρ_{ri}		0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
w1	(mm)	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54	0.53
w2	(mm)	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37
ELS-W wk ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.27	1.26	1.26	1.25	1.24	1.22
A _{scorr.}	(cm ²)	22.22	38.51	48.64	52.15	49.11	39.57

Armadura sugerida	(5Ø25mm)	(8Ø25mm)	(10Ø25mm)	(11Ø25mm)	(10Ø25mm)	(8Ø25mm)
CG barras	(cm)	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
número de camadas		1	1	1	1	1

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - VIGA V11

Esforços solicitantes		Seção 8	Seção 9	Seção 13	Seção 14	Seção 15	Seção 16
Mgk	(tfm)	21.50	0.00	0.00	7.10	17.60	21.10
Mqk max	(tfm)	29.50	15.71	16.50	26.60	34.40	37.10
Mqk min	(tfm)						

Propriedades dos materiais

fck	(MPa)	25	25	25	25	25	25
fyk	(MPa)	500	500	500	500	500	500

Propriedades da seção

bf	(cm)	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00
hf	(cm)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
bw	(cm)	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00
h	(cm)	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
binf							
hinf							

Armadura inferior

ϕ (mm)	(mm)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
barras por camada		15	15	15	15	15	15
cobrimento na armadura	(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

Armadura superior

As'	(cm ²)						
d'	(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

DIMENSIONAMENTO

Md	(tfm)	73.3	23.6	24.8	49.5	75.4	84.1
d	(cm)	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8
x	(cm)	7.78	2.44	2.56	5.19	8.01	8.99
As	(cm ²)	20.64	6.47	6.80	13.77	21.26	23.84
As' nec.	(cm ²)						

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

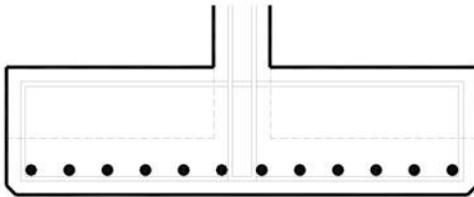
M _{Dmax} tensões	(tfm)	36	7.86	8.25	20.40	34.80	39.65
M _{Dmin} tensões	(tfm)	22	0.00	0.00	7.10	17.60	21.10
σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2249	1504	1505	1872	2099	2141
σ_{smin}	(kgf/cm ²)	1334	0	0	652	1062	1140
$\Delta\sigma_s$	(kgf/cm ²)	915	1504	1505	1221	1037	1002
$\Delta\sigma_s$ Admissível	(kgf/cm ²)	1750	1750	1750	1750	1750	1750
K < 1.79		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ²)	20.64	6.47	6.80	13.77	21.26	23.84

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2277	1516	1517	1892	2126	2170
ρ_{fi}		0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
w1	(mm)	0.48	0.21	0.21	0.33	0.42	0.44
w2	(mm)	0.35	0.23	0.23	0.29	0.33	0.33
ELS-W wk ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.17	1.00	1.00	1.00	1.09	1.11
A _{scorr.}	(cm ²)	24.10	6.47	6.80	13.77	23.17	26.53
Armadura sugerida		(5Ø25mm)	(2Ø25mm)	(2Ø25mm)	(3Ø25mm)	(5Ø25mm)	(6Ø25mm)
CG barras	(cm)	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
número de camadas		1	1	1	1	1	1

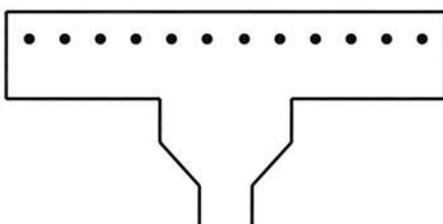
RESUMO DAS ARMADURAS POSITIVAS (V11)		
SEÇÃO	AS _{calculada} (cm ²)	AS _{sugerida} (cm ²)
2	22,22	5 ϕ 25.0 = 25,00
3	38,51	8 ϕ 25.0 = 40,00
4	48,64	10 ϕ 25.0 = 50,00
5	52,15	11 ϕ 25.0 = 55,00
6	49,11	10 ϕ 25.0 = 50,00
7	39,57	8 ϕ 25.0 = 40,00
8	24,10	5 ϕ 25.0 = 25,00
9	6,47	2 ϕ 25.0 = 10,00
13	6,80	2 ϕ 25.0 = 10,00
14	13,77	3 ϕ 25.0 = 15,00
15	23,17	5 ϕ 25.0 = 25,00
16	26,53	6 ϕ 25.0 = 30,00

Esquema da distribuição das barras na seção 5:



RESUMO DAS ARMADURAS NEGATIVAS (V11)		
SEÇÃO	AS _{calculada} (cm ²)	AS _{sugerida} (cm ²)
9	6,78	2 ϕ 25.0 = 10,00
10	29,06	6 ϕ 25.0 = 30,00
11	60,60	12 ϕ 25.0 = 60,00
12	33,41	7 ϕ 25.0 = 35,00
13	13,22	3 ϕ 25.0 = 15,00
14	5,80	2 ϕ 25.0 = 10,00

Esquema da distribuição das barras na seção 11:



5.1 Diagrama de Áreas

5.1.1 Cálculo de a_L

De acordo com o item 17.4.2.2 (Modelo de Cálculo I da armadura de armadura transversal) da N^E 6118/2003, “ a_L ” deverá ser determinado através da expressão abaixo indicada:

$$a_L = d \left[\frac{V_{SD,max}}{2(V_{SD,max} - V_c)} \right] (1 + \cot g\alpha) - \cot g\alpha \therefore a_L \cong 120 \text{ cm}^1 \text{ (ver item 6.1)}$$

5.1.2 Cálculo de I_b

$$I_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}}$$

sendo $f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd}$

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_c = 0,7 \times 0,3 \times f_{ck}^{2/3} = 1,80 \text{ MPa}$$

$\eta_1 = 2,25$ (barras nervuradas – item 9.3.2.1)

$\eta_2 = 1,0$ (situações de boa aderência)

$\eta_3 = 1,0$ para $\phi < 32\text{mm}$

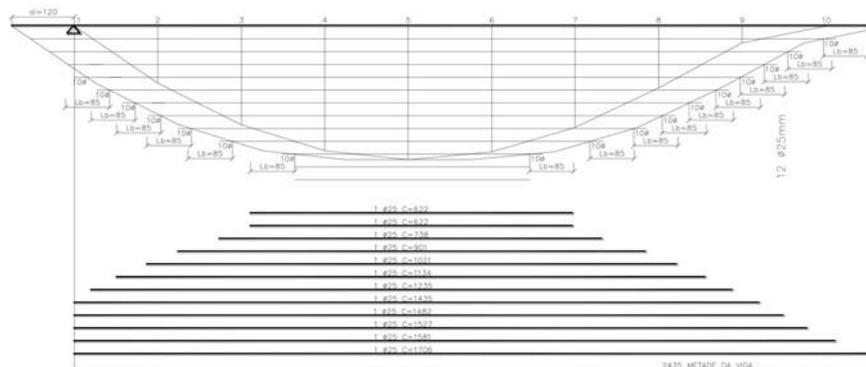
$$I_b = (\phi / 4) \cdot ((500 / 1,15) / ((2,25 \times 1,80) / 1,4)) \cong 38 \cdot \phi$$

I_b para armadura positiva:

$$I_b = I_b \times (A_{s,calc} / A_{s,ef}) = (38 \times 2,54) \times (52,15 / 60,00) \cong 83,9 \text{ cm} \Rightarrow \text{adotado (a favor da segurança)} \quad I_b = 85 \text{ cm}^1$$

5.1.3 Comprimento das Barras

Armadura positiva



¹ Para a determinação do Cortante de Cálculo ($V_{SD,max}$), foi tomado o valor médio das seções 1 a 6

6 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL

Segundo o item 17.4.2.1 da NBR-6118/2003 , devem ser satisfeitas as seguintes desigualdades:

a) $V_{Sd} < V_{Rd2}$;

b) $V_{Sd} < V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$

onde:

$$V_{Rd2} = 0,27 \alpha_v \times f_{ctd} \times b_w \times d, \text{ com } \alpha_v = (1 - f_{ck} / 250) \text{ em MPa}$$

$$V_{sw} = (A_{sw} / s) \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

$V_c = V_{co}$ na flexão simples e na flexo-tração, com a linha neutra cortando a seção

$$V_{co} = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$$

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_c$$

$$f_{ctk,inf} = 0,21 \cdot f_{ck}^{2/3}$$

f_{ywd} = tensão na armadura transversal passiva, limitada ao valor f_{yd} no caso de estribos (≤ 435 MPa)

d = altura total menos a distância da base ao CG da armadura longitudinal

Para cálculo de V_{Sd} temos a seguinte expressão:

$$V_{Sd} = \left\{ \begin{matrix} 1,35 \\ 1,00 \end{matrix} \right\} V_{gk} + \left\{ \begin{matrix} 1,5 \\ 0 \end{matrix} \right\} V_{qk}$$

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{fg} =$	1.35	$\gamma_{fq} =$	1.50
$\gamma_{fg} =$	1.00	$\gamma_{fp} =$	0.90

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{fg} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06	Δ_{fsd} fadiga (MPa)	85

Modelo de verificação

- Modelo I 1
 Modelo II

COEF. DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

$\gamma_c =$	1.4
$\gamma_s =$	1.15

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIBOS:

f_{ck} (MPa)	25	TETA (°)	45
f_{yk} (MPa)	500		
α (graus)	90		

Estado limite último - Cisalhamento/Torção

ESFORÇOS SOLICITANTES:

		Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7
Vgk	(tf)	16.50	12.30	8.10	3.98	0.17	4.43	8.40
Vqkmax	(tf)	13.50	11.80	9.90	7.90	5.14	4.50	9.60
Vqkmin	(tf)	-1.10	-1.00	-1.10	-2.00	-3.90	-6.00	-1.80
Vpk	(tf)							
Tgk	(tf m)							
Tqk	(tf m)							

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

		Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7
d	(cm)	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00
bw	(cm)	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00
bainha na alma		n	n	n	n	n	n	n
bw útil	(cm)	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00
bitola (mm)	(mm)	8	8	8	8	8	8	8
Ramos de estribo		2	2	2	2	2	2	2

ESFORÇOS SOLICITANTES:

		Seção 8	Seção 9	Seção 10	Seção 11	Seção 12	Seção 13	Seção 14
Vgk	(tf)	12.60	16.90	21.50	25.80	18.10	13.30	8.80
Vqkmax	(tf)	12.30	13.90	15.30	16.40	13.80	12.10	10.30
Vqkmin	(tf)	-1.00	0.00	-0.34	-2.19	-2.08	-1.97	-1.87
Vpk	(tf)							
Tgk	(tf m)							
Tqk	(tf m)							

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

		Seção 8	Seção 9	Seção 10	Seção 11	Seção 12	Seção 13	Seção 14
d	(cm)	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00
bw	(cm)	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00
bainha na alma		n	n	n	n	n	n	n
bw útil	(cm)	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00
bitola (mm)	(mm)	8	8	10	10	10	8	8
Ramos de estribo		2	2	2	2	2	2	2

Estado limite último - Cisalhamento/Torção

ESFORÇOS SOLICITANTES:

		Seção 15	Seção 16
Vgk	(tf)	4.53	0.21
Vqkmax	(tf)	7.60	4.56
Vqkmin	(tf)	-3.05	-4.62
Vpk	(tf)		
Tgk	(tf m)		
Tqk	(tf m)		

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

		Seção 15	Seção 16
d	(cm)	86.00	86.00
bw	(cm)	56.00	56.00
bainha na alma		n	n
bw útil	(cm)	56.00	56.00
bitola (mm)	(mm)	8	8
Ramos de estribo		2	2

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

		Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7
Vsd	(tf)	43	34	26	17	8	13	26
Vrd2	(tf)	209	209	209	209	209	209	209
Tsd	(tf m)	0	0	0	0	0	0	0
Trd2	(tf m)							
Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2		0.20	0.16	0.12	0.08	0.04	0.06	0.12

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

fctm	(MPa)	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
fctd	(MPa)	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
Vc = Vco	(tf)	37	37	37	37	37	37	37
Taxa mínima		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Aswmin	(cm2/m)	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75
Asw	(cm2/m)	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

		Seção 8	Seção 9	Seção 10	Seção 11	Seção 12	Seção 13	Seção 14
Vsd	(tf)	35	44	52	59	45	36	27
Vrd2	(tf)	209	209	209	209	209	209	209
Tsd	(tf m)	0	0	0	0	0	0	0
Trd2	(tf m)							
Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2		0.17	0.21	0.25	0.28	0.22	0.17	0.13

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

fctm	(MPa)	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
fctd	(MPa)	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
Vc = Vco	(tf)	37	37	37	37	37	37	37
Taxa mínima		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Aswmin	(cm2/m)	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75
Asw	(cm2/m)	0.00	1.96	4.43	6.65	2.40	0.00	0.00

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

		Seção 15	Seção 16
Vsd	(tf)	18	7
Vrd2	(tf)	209	209
Tsd	(tf m)	0	0
Trd2	(tf m)		
Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2		0.08	0.03

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

fctm	(MPa)	2.56	2.56
fctd	(MPa)	1.28	1.28
Vc = Vco	(tf)	37	37
Taxa mínima		0.10	0.10
Aswmin	(cm2/m)	5.75	5.75
Asw	(cm2/m)	0.00	0.00

6.1 Verificação do Estado Limite Último de Fadiga

De acordo com a NBR-6118 (2003), a verificação do Estado Limite Último de Fadiga consiste na limitação na variação de tensões da armadura dimensionada. No caso de estribos, a norma estabelece um valor limite igual a 850 kgf/cm^2 para qualquer diâmetro. O cálculo das tensões na armadura deve ser realizado para a Combinação Frequente das Ações com ψ_1 igual a 0,5. Além disso, na determinação das tensões máximas e mínimas, deverá ser adotado 50% do valor de V_{∞} descrito anteriormente.

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISLHAMENTO

		Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7
VSdmax	(tf)	23	18	13	8	3	7	13
VSdmin	(tf)	16	12	8	3	-2	1	8
$\sigma_{\sigma wmax}$	(MPa)	106	0	0	0	0	0	0
σ_{swmin}	(MPa)	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta\sigma_s$	(MPa)	106	0	0	0	0	0	0
$\Delta\sigma_{sadm}$	(MPa)	85	85	85	85	85	85	85
$K < 1.79$ (EB-3)		1.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Aswcorrig.	(cm ² /m)	7.18	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75
Armadura cisalham. (cm ² /m)		7.2	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
Sugerido cisalhamento		2R08 c/13,9	2R08 c/17,4					

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISLHAMENTO

		Seção 8	Seção 9	Seção 10	Seção 11	Seção 12	Seção 13	Seção 14
VSdmax	(tf)	19	24	29	34	25	19	14
VSdmin	(tf)	12	17	21	25	17	12	8
$\sigma_{\sigma wmax}$	(MPa)	5	120	239	301	146	18	0
σ_{swmin}	(MPa)	0	0	63	120	0	0	0
$\Delta\sigma_s$	(MPa)	5	120	176	181	146	18	0
$\Delta\sigma_{sadm}$	(MPa)	85	85	85	85	85	85	85
$K < 1.79$ (EB-3)		1.00	1.41	1.79	1.79	1.71	1.00	1.00
Aswcorrig.	(cm ² /m)	5.75	8.09	10.28	11.90	9.84	5.75	5.75
Armadura cisalham. (cm ² /m)		5.7	8.1	10.3	11.9	9.8	5.7	5.7
Sugerido cisalhamento		2R08 c/17,4	2R08 c/12,3	2R010 c/15,5	2R010 c/13,4	2R010 c/16,2	2R08 c/17,4	2R08 c/17,4

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISLHAMENTO

		Seção 15	Seção 16
VSdmax	(tf)	8	2
VSdmin	(tf)	3	-2
$\sigma_{\sigma wmax}$	(MPa)	0	0
σ_{swmin}	(MPa)	0	0
$\Delta\sigma_s$	(MPa)	0	0
$\Delta\sigma_{sadm}$	(MPa)	85	85
$K < 1.79$ (EB-3)		1.00	1.00
Aswcorrig.	(cm ² /m)	5.75	5.75
Armadura cisalham. (cm ² /m)		5.7	5.7
Sugerido cisalhamento		2R08 c/17,4	2R08 c/17,4

7 CÁLCULO DA LAJE

Conforme resultado do processamento do "STRAP", a seguir serão apresentados os esforços solicitantes. Serão analisadas as seções abaixo indicadas.

7.1 Esforços Solicitantes

7.1.1 MX - Momentos Fletores na direção X

Momentos fletores devido ao peso da laje + pré-laje

-0.058	-0.051	-0.051	-0.051	-0.059	-0.051	-0.052	-0.051
-0.058	-0.051	-0.051	-0.052	-0.059	-0.052	-0.052	-0.052
-0.024	0.026	0.027	0.026	-0.063	-0.037	-0.027	0.025
0.038	0.046	0.050	0.049	-0.063	-0.037	0.039	0.043
0.039	0.046	0.050	0.049	-0.062	-0.035	0.039	0.043
0.037	0.054	0.062	0.061	-0.062	-0.035	0.043	0.048
0.037	0.054	0.062	0.061	-0.063	-0.036	0.043	0.049
0.038	0.056	0.066	0.064	-0.063	-0.036	0.042	0.047
0.038	0.056	0.066	0.064	-0.063	-0.037	0.042	0.047
0.038	0.056	0.066	0.065	-0.063	-0.037	0.040	0.045
0.038	0.056	0.066	0.065	-0.063	-0.038	0.040	0.045
0.038	0.056	0.066	0.065	-0.063	-0.037	0.040	0.045
0.038	0.056	0.066	0.064	-0.063	-0.037	0.042	0.047
0.038	0.056	0.066	0.064	-0.063	-0.036	0.042	0.047
0.037	0.054	0.062	0.061	-0.063	-0.036	0.043	0.049
0.037	0.054	0.062	0.061	-0.062	-0.035	0.043	0.048
0.039	0.046	0.050	0.049	-0.062	-0.035	0.039	0.043
0.038	0.046	0.050	0.049	-0.063	-0.037	0.039	0.043
-0.024	0.026	0.027	0.026	-0.063	-0.037	-0.027	0.025
-0.058	-0.051	-0.051	-0.051	-0.059	-0.052	-0.052	-0.052
-0.058	-0.051	-0.051	-0.052	-0.059	-0.051	-0.052	-0.051

Momentos fletores devido ao g3

-0.335	-0.134	-0.129	-0.132	-0.250	-0.170	-0.147	-0.141
-0.365	-0.176	-0.214	-0.219	-0.276	-0.197	-0.192	-0.205
-0.140	-0.264	-0.348	-0.355	-0.099	-0.169	-0.287	-0.320
0.019	-0.266	-0.349	-0.355	0.009	-0.169	-0.287	-0.320
-0.065	-0.206	-0.312	-0.324	-0.051	-0.093	-0.201	-0.239
-0.064	-0.208	-0.314	-0.325	-0.050	-0.092	-0.194	-0.239
-0.033	-0.142	-0.221	-0.231	-0.030	-0.042	-0.099	-0.130
-0.032	-0.142	-0.208	-0.216	-0.029	-0.042	-0.080	-0.101
-0.030	-0.085	-0.126	-0.132	-0.032	0.012	-0.005	-0.015
-0.029	-0.085	-0.121	-0.126	-0.031	0.035	0.046	0.049
-0.024	-0.059	-0.082	-0.087	-0.030	0.035	0.046	0.049
-0.024	-0.059	-0.082	-0.087	-0.030	0.037	0.050	0.054
-0.027	-0.069	-0.098	-0.103	-0.032	0.037	0.051	0.055
-0.027	-0.069	-0.097	-0.102	-0.032	0.018	0.011	0.006
-0.029	-0.110	-0.159	-0.165	-0.031	-0.033	-0.057	-0.070
-0.029	-0.109	-0.160	-0.168	-0.031	-0.033	-0.064	-0.086
-0.053	-0.159	-0.240	-0.249	-0.047	-0.073	-0.148	-0.181
-0.054	-0.158	-0.238	-0.248	-0.048	-0.073	-0.147	-0.180
0.015	-0.206	-0.269	-0.274	0.007	-0.134	-0.233	-0.248
-0.104	-0.205	-0.269	-0.274	-0.075	-0.134	-0.233	-0.247
-0.290	-0.133	-0.160	-0.164	-0.220	-0.158	-0.145	-0.154
-0.266	-0.110	-0.106	-0.109	-0.200	-0.138	-0.120	-0.115

Envoltória máxima de momentos fletores devido a multidão com impacto

0.098	-0.007			0.004	0.003			0.030		0.009	-0.004		-0.009
0.098		0.147		0.185	0.187			0.047		0.103		0.160	0.178
0.091		0.146		0.206	0.210			0.049		0.103		0.163	0.196
0.077		0.216		0.288	0.291			0.025		0.136		0.250	0.289
0.076		0.215		0.287	0.291			0.025		0.137		0.250	0.289
0.068		0.143		0.214	0.216			0.037		0.108		0.185	0.228
0.064		0.168		0.248	0.254			0.035		0.107		0.175	0.199
0.087		0.278		0.385	0.394			0.026		0.086		0.171	0.202
0.089		0.278		0.387	0.396			0.027		0.086		0.171	0.203
0.096		0.347		0.495	0.507			0.012		0.109		0.237	0.288
0.096		0.347		0.495	0.507			0.011		0.109		0.237	0.288
0.096		0.347		0.495	0.507			0.012		0.109		0.237	0.288
0.096		0.347		0.495	0.507			0.011		0.109		0.237	0.288
0.089		0.278		0.387	0.396			0.027		0.086		0.171	0.203
0.087		0.278		0.385	0.394			0.026		0.086		0.171	0.202
0.064		0.168		0.248	0.254			0.035		0.107		0.175	0.199
0.068		0.143		0.214	0.216			0.037		0.108		0.185	0.228
0.076		0.215		0.287	0.291			0.025		0.137		0.250	0.289
0.077		0.216		0.288	0.291			0.025		0.136		0.250	0.289
0.091		0.146		0.206	0.210			0.049		0.103		0.163	0.196
0.098		0.147		0.185	0.187			0.047		0.103		0.160	0.178
0.098	-0.007			0.004	0.003			0.030		0.009	-0.004		-0.009

Envoltória mínima de momentos fletores devido a multidão com impacto

-0.054	-0.025	-0.028	-0.027					-0.021		-0.020		-0.021	-0.023
-0.042		-0.040	-0.062	-0.062				0.010		-0.019		-0.049	-0.061
-0.047		-0.067	-0.102	-0.104				-0.097		-0.047		-0.092	-0.109
-0.044		-0.071	-0.103	-0.103				-0.097		-0.061		-0.113	-0.132
-0.022		-0.078	-0.101	-0.100				-0.074		-0.083		-0.140	-0.158
-0.021		-0.077	-0.098	-0.097				-0.075		-0.083		-0.140	-0.157
-0.029		-0.123	-0.163	-0.169				-0.084		-0.056		-0.074	-0.079
-0.033		-0.164	-0.237	-0.245				-0.084		-0.053		-0.108	-0.128
-0.037		-0.230	-0.333	-0.342				-0.086		-0.084		-0.180	-0.216
-0.043		-0.247	-0.368	-0.379				-0.086		-0.087		-0.197	-0.240
-0.049		-0.272	-0.410	-0.423				-0.087		-0.089		-0.217	-0.272
-0.049		-0.272	-0.410	-0.423				-0.087		-0.089		-0.217	-0.272
-0.043		-0.247	-0.368	-0.379				-0.086		-0.087		-0.197	-0.240
-0.037		-0.230	-0.333	-0.342				-0.086		-0.084		-0.180	-0.216
-0.033		-0.164	-0.237	-0.245				-0.084		-0.053		-0.108	-0.128
-0.029		-0.123	-0.163	-0.169				-0.084		-0.056		-0.074	-0.079
-0.021		-0.077	-0.098	-0.097				-0.075		-0.083		-0.140	-0.157
-0.022		-0.078	-0.101	-0.100				-0.074		-0.083		-0.140	-0.158
-0.044		-0.071	-0.103	-0.103				-0.097		-0.061		-0.113	-0.132
-0.047		-0.067	-0.102	-0.104				-0.097		-0.047		-0.092	-0.109
-0.042		-0.040	-0.062	-0.062				0.010		-0.019		-0.049	-0.061
-0.054	-0.025	-0.028	-0.027					-0.021		-0.020		-0.021	-0.023

Envoltória máxima de momentos fletores devido ao veículo com impacto

0.177	0.081	0.095	0.098					0.050		0.073		0.080	0.091
0.929	0.768	0.842	0.816					0.739		0.752		0.796	0.810
0.876	0.720	0.795	0.768					0.691		0.709		0.751	0.761
0.063	0.166	0.195	0.189					0.015		0.110		0.169	0.158
0.081	0.326	0.355	0.369					0.039		0.252		0.317	0.340
0.944	1.04	1.14	1.08					0.726		0.968		1.09	1.07
0.894	0.990	1.1	1.03					0.684		0.924		1.04	1.02
0.343	0.738	1.02	1.05					0.250		0.606		0.873	0.948
0.552	0.901	1.2	1.26					0.436		0.768		1.03	1.15
0.451	0.906	1.29	1.35					0.365		0.712		1.08	1.22
0.233	0.759	1.13	1.17					0.172		0.566		0.922	1.05
0.233	0.759	1.13	1.17					0.172		0.566		0.922	1.05
0.451	0.906	1.29	1.35					0.365		0.712		1.08	1.22
0.552	0.901	1.2	1.26					0.436		0.768		1.03	1.15
0.343	0.738	1.02	1.05					0.250		0.606		0.873	0.948
0.894	0.990	1.1	1.03					0.684		0.924		1.04	1.02
0.944	1.04	1.14	1.08					0.726		0.968		1.09	1.07
0.081	0.326	0.355	0.369					0.039		0.252		0.317	0.340
0.063	0.166	0.195	0.189					0.015		0.110		0.169	0.158
0.876	0.720	0.795	0.768					0.691		0.709		0.751	0.761
0.929	0.768	0.842	0.816					0.739		0.752		0.796	0.810
0.177	0.081	0.095	0.098					0.050		0.073		0.080	0.091

Envoltória mínima de momentos fletores devido ao veículo com impacto

-0.261	-0.175	-0.154	-0.133			-0.207	-0.182	-0.163	-0.150
-0.178	-0.090	-0.127	-0.125			-0.129	-0.075	-0.109	-0.120
-0.244	-0.196	-0.214	-0.207			-0.240	-0.239	-0.189	-0.204
-0.355	-0.284	-0.239	-0.220			-0.308	-0.311	-0.241	-0.232
-0.280	-0.262	-0.273	-0.242			-0.249	-0.218	-0.280	-0.269
-0.148	-0.259	-0.270	-0.240			-0.164	-0.215	-0.277	-0.267
-0.246	-0.176	-0.270	-0.292			-0.246	-0.179	-0.209	-0.242
-0.358	-0.226	-0.345	-0.368			-0.310	-0.204	-0.271	-0.313
-0.169	-0.386	-0.497	-0.518			-0.201	-0.318	-0.451	-0.489
-0.163	-0.390	-0.512	-0.532			-0.200	-0.322	-0.453	-0.491
-0.302	-0.380	-0.540	-0.565			-0.246	-0.332	-0.458	-0.513
-0.302	-0.380	-0.540	-0.565			-0.246	-0.332	-0.458	-0.513
-0.163	-0.390	-0.512	-0.532			-0.200	-0.322	-0.453	-0.491
-0.169	-0.386	-0.497	-0.518			-0.201	-0.318	-0.451	-0.489
-0.358	-0.226	-0.345	-0.368			-0.310	-0.204	-0.271	-0.313
-0.248	-0.176	-0.270	-0.292			-0.248	-0.179	-0.209	-0.242
-0.148	-0.259	-0.270	-0.240			-0.164	-0.215	-0.277	-0.267
-0.280	-0.262	-0.273	-0.242			-0.249	-0.218	-0.280	-0.269
-0.355	-0.284	-0.239	-0.220			-0.308	-0.311	-0.241	-0.232
-0.244	-0.196	-0.214	-0.207			-0.240	-0.239	-0.189	-0.204
-0.178	-0.090	-0.127	-0.125			-0.129	-0.075	-0.109	-0.120
-0.261	-0.175	-0.154	-0.133			-0.207	-0.182	-0.163	-0.150

7.1.2 MY - Momentos Fletores na direção Y

Momentos fletores devido ao peso da laje + pré-laje

0.019	0.094	0.126	0.120			-0.150	-0.047	0.030	0.051
0.024	0.096	0.129	0.123			-0.150	-0.047	0.033	0.054
0.023	0.096	0.128	0.123			-0.151	-0.043	0.033	0.054
0.026	0.101	0.134	0.128			-0.152	-0.044	0.037	0.058
0.027	0.101	0.134	0.128			-0.153	-0.043	0.037	0.058
0.026	0.103	0.137	0.132			-0.153	-0.043	0.038	0.060
0.026	0.103	0.137	0.131			-0.154	-0.044	0.038	0.060
0.026	0.104	0.139	0.133			-0.155	-0.044	0.038	0.061
0.026	0.104	0.139	0.133			-0.155	-0.044	0.038	0.061
0.026	0.104	0.140	0.134			-0.155	-0.044	0.038	0.061
0.026	0.105	0.140	0.134			-0.156	-0.044	0.038	0.061
0.026	0.105	0.140	0.134			-0.156	-0.044	0.038	0.061
0.026	0.104	0.140	0.134			-0.155	-0.044	0.038	0.061
0.026	0.104	0.139	0.133			-0.155	-0.044	0.038	0.061
0.026	0.104	0.139	0.133			-0.155	-0.044	0.038	0.061
0.026	0.103	0.137	0.131			-0.154	-0.044	0.038	0.060
0.026	0.103	0.137	0.132			-0.153	-0.043	0.038	0.060
0.027	0.101	0.134	0.128			-0.153	-0.043	0.037	0.058
0.026	0.101	0.134	0.128			-0.152	-0.044	0.037	0.058
0.023	0.096	0.128	0.123			-0.151	-0.043	0.033	0.054
0.024	0.096	0.129	0.123			-0.150	-0.047	0.033	0.054
0.019	0.094	0.126	0.120			-0.150	-0.047	0.030	0.051

Momentos fletores devido ao g3

-0.046		0.157	0.200	0.190		-0.275	-0.081	0.073	0.106
-0.021		0.095	0.137	0.128		-0.265	-0.083	0.015	0.046
-0.025		0.073	0.105	0.097		-0.193	-0.075	-0.029	0.025
0.021	0.041	0.058	0.048			-0.132	-0.076	-0.031	-0.017
0.030	0.036	0.049	0.043			-0.110	-0.052	-0.022	-0.016
0.015	0.036	0.043	0.038			-0.106	-0.049	-0.025	-0.020
0.014	0.033	0.039	0.033			-0.088	-0.032	-0.008	
0.014	0.039	0.049	0.044			-0.086	-0.032	0.013	0.004
0.016	0.037	0.046	0.041			-0.081	-0.022	0.011	0.022
0.014	0.044	0.055	0.052			-0.081	-0.022	0.023	0.034
0.015	0.043	0.054	0.050			-0.080	-0.019	0.022	0.033
0.014	0.045	0.057	0.053			-0.080	-0.019	0.024	0.035
0.014	0.045	0.057	0.054			-0.082	-0.021	0.024	0.036
0.016	0.042	0.052	0.048			-0.082	-0.021	0.015	0.025
0.015	0.044	0.055	0.051			-0.086	-0.030	0.017	0.027
0.014	0.039	0.048	0.042			-0.088	-0.029	0.003	0.012
0.015	0.042	0.052	0.047			-0.102	-0.043	-0.015	0.013
0.027	0.042	0.056	0.050			-0.106	-0.044	-0.012	-0.004
0.019	0.046	0.061	0.054			-0.123	-0.064	-0.020	-0.006
-0.016		0.069	0.099	0.092		-0.167	-0.064	-0.019	0.027
0.017		0.085	0.121	0.113		-0.225	-0.070	0.015	0.041
-0.033		0.134	0.172	0.163		-0.233	-0.069	0.061	0.089

Envoltória mínima de momentos fletores devido ao veículo com impacto

-0.056	-0.041	-0.075	-0.108	-0.262	-0.207	-0.153	-0.100
-0.014	-0.038	-0.071	-0.103	-0.249	-0.198	-0.146	-0.095
-0.036	-0.035	-0.065	-0.096	-0.240	-0.188	-0.137	-0.088
-0.028	-0.032	-0.060	-0.090	-0.227	-0.178	-0.129	-0.083
-0.026	-0.028	-0.053	-0.080	-0.209	-0.164	-0.117	-0.073
-0.020	-0.030	-0.047	-0.073	-0.192	-0.148	-0.105	-0.066
-0.024	-0.038	-0.054	-0.076	-0.175	-0.127	-0.097	-0.072
-0.031	-0.041	-0.063	-0.087	-0.154	-0.141	-0.115	-0.082
-0.048	-0.048	-0.067	-0.101	-0.199	-0.167	-0.131	-0.094
-0.039	-0.046	-0.071	-0.103	-0.208	-0.176	-0.138	-0.096
-0.031	-0.047	-0.072	-0.110	-0.219	-0.186	-0.146	-0.103
-0.031	-0.047	-0.072	-0.110	-0.219	-0.186	-0.146	-0.103
-0.039	-0.046	-0.071	-0.103	-0.208	-0.176	-0.138	-0.096
-0.048	-0.048	-0.067	-0.101	-0.199	-0.167	-0.131	-0.094
-0.031	-0.041	-0.063	-0.087	-0.154	-0.141	-0.115	-0.082
-0.024	-0.038	-0.054	-0.076	-0.175	-0.127	-0.097	-0.072
-0.020	-0.030	-0.047	-0.073	-0.192	-0.148	-0.105	-0.066
-0.026	-0.028	-0.053	-0.080	-0.209	-0.164	-0.117	-0.073
-0.028	-0.032	-0.060	-0.090	-0.227	-0.178	-0.129	-0.083
-0.036	-0.035	-0.065	-0.096	-0.240	-0.188	-0.137	-0.088
-0.014	-0.038	-0.071	-0.103	-0.249	-0.198	-0.146	-0.095
-0.056	-0.041	-0.075	-0.108	-0.262	-0.207	-0.153	-0.100

7.1.3 Resumo tabelado dos momentos fletores

- Momentos Mxm

Mxm	Seção A V3-V4 (tf.m/m)	Seção B V5-V6 (tf.m/m)	Seção C V5-V6 (tf.m/m)	Seção D V5-V6 (tf.m/m)
PP _(Laje)	0.037	0.056	0.066	0.065
M _{g3}	0.000	-0.025	-0.015	-0.040
M _{recapa}	0.000	0.000	0.000	0.000
M _{mult. - max}	0.068	0.347	0.495	0.507
M _{veic. - max}	0.944	0.906	1.290	1.350
M _{mult. - min}	0.000	-0.247	-0.368	-0.379
M _{veic. - min}	-0.100	-0.380	-0.512	-0.532
M _g	0.037	0.031	0.051	0.025
M _{q - max}	1.095	1.356	1.931	2.009
M _{q - min}	-0.108	-0.678	-0.952	-0.986
M_D	1.692	2.075	2.965	3.047

- Momentos Mxe

Mxe	Seção A V11 (tf.m/m)	Seção B V6 (tf.m/m)	Seção C V6 (tf.m/m)	Seção D V6 (tf.m/m)
PP _(Laje)	-0.058	0.000	0.000	0.000
M _{g3}	-0.365	-0.059	-0.082	-0.087
M _{recapa}	0.000	0.000	0.000	0.000
M _{mult. - max}	0.098	0.330	0.470	0.500
M _{veic. - max}	0.177	0.700	0.900	1.000
M _{mult. - min}	-0.054	-0.272	-0.410	-0.423
M _{veic. - min}	-0.261	-0.380	-0.540	-0.565
M _g	-0.423	-0.059	-0.082	-0.087
M _{q - max}	0.297	1.114	1.482	1.623
M _{q - min}	-0.341	-0.705	-1.028	-1.069
M_D	-1.082	-1.138	-1.652	-1.721

Coefficientes de impacto: $\varphi_{laje} = 1,4 - 0,007 \times 1,00 = 1,3930$

$\varphi_{viga} = 1,4 - 0,007 \times 16,05 = 1,2877$

Correção do coeficiente de impacto = $\frac{\varphi_{laje}}{\varphi_{viga}} = 1,0818$

Os momentos devido à carga móvel (Mq) foram multiplicados por 1,0818

$$M_g = M_{g2} + M_{g3}$$

$$M_q = (M_{multid\tilde{a}o} + M_{ve\tilde{u}culo}) \times 1,0818 \quad M_d = (1,00 \text{ ou } 1,35) \times M_g + 1,5 \times M_q$$

- Momentos Mym

Mym	Seção A V10-V11 (tf.m/m)	Seção B V10-V11 (tf.m/m)	Seção C V10-V11 (tf.m/m)	Seção D V10-V11 (tf.m/m)
PP _(Laje)	0.024	0.096	0.129	0.123
M _{g3}	-0.025	0.073	0.105	0.097
M _{recapa}	0.000	0.000	0.000	0.000
M _{mult. - max}	0.057	0.121	0.162	0.157
M _{veic. - max}	0.325	0.577	0.713	0.694
M _{mult. - min}	0.013	-0.004	-0.005	-0.008
M _{veic. - min}	-0.014	-0.035	-0.065	-0.096
M _g	-0.001	0.169	0.234	0.220
M _{q - max}	0.382	0.698	0.875	0.851
M _{q - min}	-0.001	-0.039	-0.070	-0.104
M_D	0.572	1.275	1.628	1.574

- Momentos Mye

Mye	Seção A V11 (tf.m/m)	Seção B V11 (tf.m/m)	Seção C V10 (tf.m/m)	Seção D V10 (tf.m/m)
PP _(Laje)	-0.150	-0.047	0.033	0.054
M _{g3}	-0.275	-0.083	-0.031	-0.017
M _{recapa}	0.000	0.000	0.000	0.000
M _{mult. - max}	0.016	0.000	0.063	0.092
M _{veic. - max}	0.060	0.197	0.270	0.306
M _{mult. - min}	-0.150	-0.041	-0.021	-0.024
M _{veic. - min}	-0.249	-0.198	-0.129	-0.083
M _g	-0.425	-0.130	0.002	0.037
M _{q - max}	0.076	0.197	0.333	0.398
M _{q - min}	-0.399	-0.239	-0.150	-0.107
M_D	-1.172	-0.534	-0.223	-0.124

$$M_g = M_{g2} + M_{g3}$$

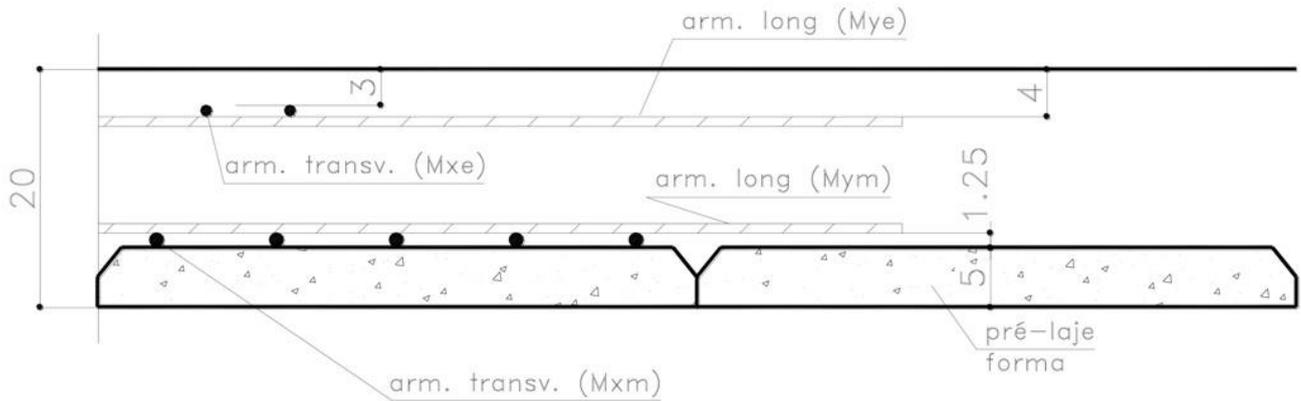
$$M_q = M_{multidão} + M_{veículo}$$

$$M_d = (1,00 \text{ ou } 1,35) \times M_g + 1,5 \times M_q$$

7.2 Dimensionamento

Será feito o dimensionamento à flexão, com verificação do estado limite último de resistência à fadiga e do estado limite de fissuração de acordo com as prescrições da NBR-6118/2003.

- Para Mxm altura da seção de cálculo = 20,0 cm (transversal positiva) – (armadura principal, disposta fora da pré-laje)
- Para Mxe altura da seção de cálculo = 20,0 cm (transversal negativa)
- Para Mym altura da seção de cálculo = 20,0 – 2,5 = 17,5 cm (seção útil) (longitudinal positiva)
- Para Mye altura da seção de cálculo = 20,0 cm (longitudinal negativa sobre a viga) – espessura da laje a favor da segurança



COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{fg} =$	1.35	$\gamma_{fq} =$	1.50
$\gamma_{fg} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{fg} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.80
Nº de Ciclos	2.00E+06		

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/Ec _{fissuração} =	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/Ec _{fadiga} =	10

7.2.1 Mxm

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		A	B	C	D
Mgk	(tfm/m)	0.04	0.03	0.05	0.03
Mqk max	(tfm/m)	1.09	1.36	1.93	2.01
Mqk min	(tfm/m)	-0.11	-0.68	-0.95	-0.99

Propriedades dos materiais

fck	(MPa)	25	25	25	25
fyk	(MPa)	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	20.0	20.0	20.0	20.0
bw	(cm)	100.0	100.0	100.0	100.0

Armadura inferior

ϕ (mm)	(mm)	12.5	12.5	12.5	12.5
cobrimento na armadura	(cm)	5.00	5.00	5.00	5.00

Armadura superior

As'	(cm ² /m)				
d'	(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00

DIMENSIONAMENTO

Md	(tfm/m)	1.69	2.08	2.97	3.05
d	(cm)	14.38	14.38	14.38	14.38
x	(cm)	1.00	1.23	1.79	1.84
As	(cm ²)	2.78	3.44	4.99	5.14
As' nec.	(cm ²)				

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	0.91	1.12	1.60	1.63
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	-0.05	-0.51	-0.71	-0.76
σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2372	2380	2395	2384
σ_{smin}	(kgf/cm ²)	21	212	280	300
$\Delta\sigma_s$	(kgf/cm ²)	2351	2168	2115	2085
$\Delta\sigma_s$ Admissível	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900
K		1.24	1.14	1.11	1.10
A _{scorr.}	(cm ² /m)	3.45	3.92	5.56	5.64

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2422	2430	2447	2435
ρ_{ri}		0.004	0.004	0.004	0.004
w1	(mm)	0.15	0.15	0.15	0.15
w2	(mm)	0.48	0.49	0.49	0.49
ELS-W wk ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	2.78	3.44	4.99	5.14

Armadura e espaçamento	(Ø12,5c/36,2cm)	(Ø12,5c/31,8cm)	(Ø12,5c/22,4cm)	(Ø12,5c/22,1cm)
Quantidade de barras	3	4	5	5

Armadura mínima: $0,15 h = 0,15 \times 20,0 = \underline{3,00 \text{ cm}^2/\text{m}}$.

7.2.2 Mxe

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		A	B	C	D
M _{gk}	(tfm/m)	0.42	0.06	0.08	0.09
M _{qk max}	(tfm/m)	0.34	0.71	1.03	1.07
M _{qk min}	(tfm/m)	-0.30	-1.11	-1.48	-1.62

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	25	25	25	25
f _{yk}	(MPa)	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	20.0	20.0	20.0	20.0
bw	(cm)	100.0	100.0	100.0	100.0

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	10.0	10.0	10.0	10.0
cobrimento na armadura	(cm)	3.00	3.00	3.00	3.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ² /m)				
d'	(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm/m)	1.08	1.14	1.65	1.72
d	(cm)	16.50	16.50	16.50	16.50
x	(cm)	0.55	0.58	0.84	0.88
A _s	(cm ²)	1.53	1.61	2.35	2.45
A _{s' nec.}	(cm ²)				

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	0.70	0.62	0.90	0.94
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	0.19	-0.83	-1.10	-1.21
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2771	2369	2412	2417
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	737	92	119	130
Δσ _s	(kgf/cm ²)	2034	2278	2293	2287
Δσ _{s Admissível}	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900
K		1.07	1.20	1.21	1.20
A _{s corr.}	(cm ² /m)	1.64	1.93	2.84	2.95

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2823	2413	2456	2461
ρ _{ri}		0.005	0.005	0.005	0.005
w ₁	(mm)	0.16	0.12	0.12	0.12
w ₂	(mm)	0.42	0.36	0.36	0.36
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00
A _{s corr.}	(cm ² /m)	1.53	1.61	2.35	2.45

Armadura e espaçamento	(Ø10c/48,8cm)	(Ø10c/41,4cm)	(Ø10c/28,1cm)	(Ø10c/27,1cm)
Quantidade de barras	3	3	4	4

Armadura mínima: $0,15 h = 0,15 \times 20,0 = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$.

8.2.3 Mym

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		A	B	C	D
M _{gk}	(tfm/m)	0.00	0.17	0.23	0.22
M _{qk max}	(tfm/m)	0.38	0.70	0.88	0.85
M _{qk min}	(tfm/m)	0.00	-0.04	-0.07	-0.10

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	25	25	25	25
f _{yk}	(MPa)	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	20.0	20.0	20.0	20.0
bw	(cm)	100.0	100.0	100.0	100.0

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	8.0	8.0	8.0	8.0
cobertura na armadura	(cm)	6.25	6.25	6.25	6.25

Armadura superior

A _{s'}	(cm ² /m)				
d'	(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm/m)	0.57	1.28	1.63	1.57
d	(cm)	13.35	13.35	13.35	13.35
x	(cm)	0.36	0.81	1.04	1.00
A _s	(cm ²)	1.00	2.25	2.90	2.79
A _{s' nec.}	(cm ²)				

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	0.30	0.73	0.93	0.90
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	0.00	0.14	0.18	0.14
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2118	2465	2512	2503
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	1	467	479	380
Δσ _s	(kgf/cm ²)	2117	1998	2033	2123
Δσ _{s Admissível}	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900
K		1.11	1.05	1.07	1.12
A _{s corr.}	(cm ² /m)	1.11	2.37	3.10	3.12

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2169	2520	2567	2558
ρ _{ri}		0.003	0.003	0.003	0.003
w ₁	(mm)	0.07	0.10	0.10	0.10
w ₂	(mm)	0.37	0.43	0.44	0.44
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00
A _{s corr.}	(cm ² /m)	1.00	2.25	2.90	2.79

Armadura e espaçamento	(Ø8c/45cm)	(Ø8c/21,1cm)	(Ø8c/16,1cm)	(Ø8c/16cm)
Quantidade de barras	3	5	7	7

Armadura mínima: $0,15 h = 0,15 \times 20,0 = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$.

7.2.3 8.2.4 Mye

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		A	B	C	D
Mgk	(tfm/m)	0.43	0.13	0.00	-0.04
Mqk max	(tfm/m)	0.40	0.24	0.15	0.11
Mqk min	(tfm/m)	-0.08	-0.20	-0.33	-0.40

Propriedades dos materiais

fck	(MPa)	25	25	25	25
fyk	(MPa)	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	20.0	20.0	20.0	20.0
bw	(cm)	100.0	100.0	100.0	100.0

Armadura inferior

ϕ (mm)	(mm)	8.0	8.0	8.0	8.0
cobrimento na armadura	(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00

Armadura superior

As'	(cm ² /m)				
d'	(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00

DIMENSIONAMENTO

Md	(tfm/m)	1.17	0.53	0.22	0.12
d	(cm)	15.60	15.60	15.60	15.60
x	(cm)	0.63	0.28	0.12	0.07
As	(cm ²)	1.76	0.79	0.33	0.18
As' nec.	(cm ²)				

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	0.74	0.32	0.12	0.05
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	0.36	-0.03	-0.27	-0.36
σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2746	2410	1775	1076
σ_{smin}	(kgf/cm ²)	1344	7	71	94
$\Delta\sigma_s$	(kgf/cm ²)	1402	2403	1704	982
$\Delta\sigma_s$ Admissível	(kgf/cm ²)	1900	1900	1900	1900
K		1.00	1.26	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	1.76	1.00	0.33	0.18

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ_{smax}	(kgf/cm ²)	2799	2462	1824	1112
ρ_{ri}		0.004	0.004	0.004	0.004
w1	(mm)	0.12	0.10	0.05	0.02
w2	(mm)	0.40	0.35	0.26	0.16
ELS-W wk ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ² /m)	1.76	0.79	0.33	0.18

Armadura e espaçamento	(Ø8c/28,4cm)	(Ø8c/49,8cm)	(Ø8c/151,6cm)	(Ø8c/274,1cm)
Quantidade de barras	4	3	1	1

Armadura mínima: $0,15 h = 0,15 \times 20,0 = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$

7.3 Quadro-Resumo

7.3.1 Armadura calculada (cm²/m)

	Seção A	Seção B	Seção C	Seção D
Mxm	3,00	3,44	4,99	5,14
Mxe	3,00	3,00	3,00	3,00
Mym	3,00	3,00	3,10	3,12
Mye	3,00	3,00	3,00	3,00

7.3.2 Armadura Adotada

Sentido transversal:

Armadura positiva na laje: Ø12.5 mm c/15 - As = 8,33 cm²/m

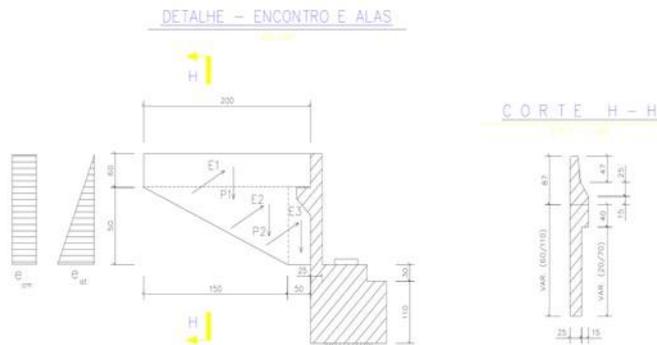
Armadura negativa na laje: Ø10 mm c/20 - As = 4,00 cm²/m

Sentido longitudinal:

Armadura positiva: Ø8 mm c/15 - As = 3,33 cm²/m

Armadura negativa na laje: Ø8 mm c/15 - As = 3,33 cm²/m

8 CÁLCULO DAS ALAS



Alas laterais

Empuxo do aterro

$$e_{at} = 1/3 \times 1.8 \times 1.1 = 0,66 \text{ t/m}^2$$

Empuxo da carga móvel

$$\text{Carga media} = 45 / (3 \times 6) = 2.5 \text{ t/m}^2 \quad h_{fict} = 2.5 / 1.8 = 1.39 \text{ m} \quad e_{cm} = 1/3 \times 1,8 \times 0,66 \times 1.39 = 0.55 \text{ t/m}^2$$

Verificação como laje

$$e_1 = 1/3 \times 1.80 \times 0.60 = 0.36 \text{ t/m}^2 \quad E_1 = 0.36 \times 0.60 \times 2,0 / 2 = 0.22 \text{ t} \quad M_1 = 0.22 \times 2,0 / 2 = 0,22 \text{ tm}$$

$$E_1 = 0.55 \times 0.60 \times 2,0 = 0,66 \text{ t} \quad M_1 = 0,66 \times 2,0 / 2 = 0,66 \text{ tm}$$

$$e_2 = (0.36 + 0,66) / 2 = 0.51 \text{ t/m}^2 \quad E_2 = 0.51 \times 0,50 / 2 \times 2,0 = 0,26 \text{ t} \quad M_2 = 0,26 \times (1,50 / 3 + 0.50) = 0,26 \text{ tm}$$

$$E_2 = 0.55 \times 0,50 / 2 \times 2,0 = 0,28 \text{ t} \quad M_2 = 0,28 \times (1,50 / 3 + 0.50) = 0,28 \text{ tm}$$

$$e_3 = (0.36 + 0,66) / 2 = 0.51 \text{ t/m}^2 \quad E_3 = 0.51 \times 0.50 \times 0,50 = 0.13 \text{ t} \quad M_3 = 0.13 \times 0.25 = 0.03 \text{ tm}$$

$$E_3 = 0.55 \times 0.50 \times 0,50 = 0.14 \text{ t} \quad M_3 = 0.14 \times 0.25 = 0.04 \text{ tm}$$

$$M_{td} = 1.5 \times (0,22 + 0,66 + 0,26 + 0,28 + 0.03 + 0.04) = 2,23 \text{ tm} \quad k_{md} = 2,23 / (1,1 \times 0,37^2 \times 1333) = 0.01$$

$$k_x = 0.04 \times 0.37 = 0.01 \quad \kappa < 0.25 \text{ m} \quad k_z = 0.98 \times 0.37 = 0.36 \text{ m} \quad A_s = 2,24 / (0.36 \times 4.35) = 1,43 \text{ cm}^2$$

Verificação como viga

$$P1a=2.5 \times 0.40 \times 0.40 \times 2.0 = 0,80 \text{ t} \quad M1a=0,80 \times 2,0 / 2 = 0,80 \text{ tm}$$

$$P1b=2.5 \times 0.20 \times 0.25 \times 2,0 = 0.25 \text{ t} \quad M2b=0,25 \times 2,0 / 2 = 0,25 \text{ tm}$$

$$P3=2.5 \times 1.50 \times 0.25 \times 0,50 / 2 = 0,23 \text{ t} \quad M3=0,23 \times (1,50 / 3 + 0.50) = 0,23 \text{ tm}$$

$$P3=2.5 \times 0.50 \times 0.25 \times 0,50 = 0.15 \text{ t} \quad M3=0,15 \times 0.25 = 0.04 \text{ tm}$$

$$Mtd=1.5 \times (0,80 + 0,25 + 0,23 + 0,04) = 1,98 \text{ tm} \quad kmd=1,98 / (0.25 \times 1.07^2 \times 1333) = 0.05 \quad z=0.994 \times 1.07 = 1.06 \text{ m}$$

$$As=1,98 / (1.03 \times 4.35) = 0,41 \text{ cm}^2 \quad Asmin=.15 \times 107,0 \times 25 / 100 = 4.01 \text{ cm}^2$$



4.2 – MEMORIA DE CALCULO DE QUANTITATIVOS

Memória de Cálculo de Quantitativos

Obra: **Ponte Núcleo Bandeirante**

1 - SUPERESTRUTURA

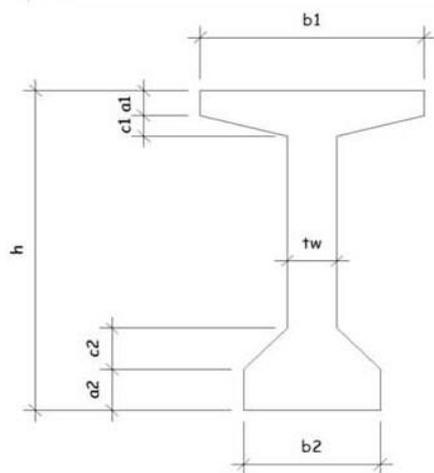
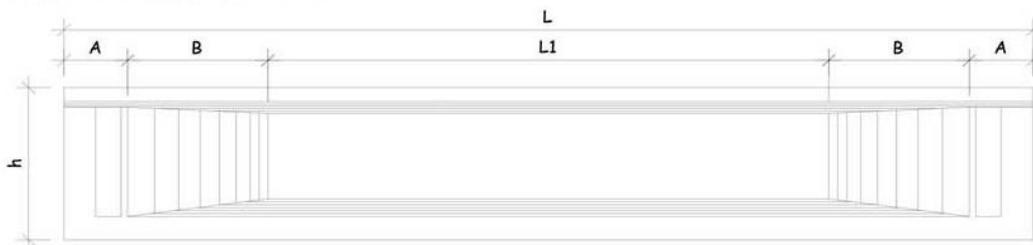
1.1 - LAJE

Concreto:	Comprimento:	40,00	Volume:	99,44 m ³
	Largura:	11,30	Fôrma da laje:	84,000 m ²
	Espessura da laje:	0,22		
			Aço:	14.325,00 kg

Fôrma das pré-lajes:

Especif.	Quant	Perímetro (m)	Área de projeção (m ²)	Fôrmas (m ²)
Tipo 1:	312,00	4,0000	1,0000	411,84
Tipo 2:				0,00
Tipo 3:				0,00
			Total (m ²):	411,84

1.2 - P/ VIGAS LONGARINAS - 20m



L:	19,80 m	
A:	0,90 m	
B:	1,10 m	
h:	1,30 m	
L1:	L-2*(A+B) =	15,80 m
a1:	0,15 m	
a2:	0,20 m	
b1:	0,90 m	
b2:	0,55 m	
c1:	0,10 m	
c2:	0,20 m	
tw:	0,22 m	

1.2.1 - Vigas

a) Concreto:

Área da seção típica (A1): $tw \cdot h + a1 \cdot (b1 - tw) + a2 \cdot (b2 - tw) + \frac{(b1 - tw)}{2} \cdot c1 + \frac{(b2 - tw)}{2} \cdot c2 = 0,521 \text{ m}^2$

Área da seção Engrossada (A2): $b2 \cdot h + (b1 - b2) \cdot a1 + \left(\frac{b1 - b2}{2} \cdot \frac{b1 - b2}{b1 - tw} \right) \cdot c1 = 0,777 \text{ m}^2$

Área média (Am): $0,5 \times (0,521 + 0,777) = 0,649 \text{ m}^2$

Quantidade de vigas por vão:		5
Quantidade de vãos na obra:		2
Volume de uma viga:	$0,521 \times 15,8 + 2(0,777 \times 0,9 + 0,649 \times 1,1) =$	11,058 m ³
Volume total das vigas:	$5 \times 2 \times 11,0582 =$	110,582 m³

b) Fôrma:
 Perímetro da seção típica (P1): $b2 + 2 \cdot \left(h - c1 - c2 + \sqrt{c2^2 + \left(\frac{c2 - tw}{2}\right)^2} + \sqrt{c1^2 + \left(\frac{b1 - tw}{2}\right)^2} \right) = 3,778 \text{ m}$

Perímetro da seção Engrossada (P2): $b2 + 2 \cdot \left(h - \frac{(b1 - b2) \cdot c1}{b1 - tw} + \sqrt{\left(\frac{b1 - b2}{2}\right)^2 + ((b1 - b2) \cdot c1)^2} \right) = 3,404 \text{ m}$

Perímetro médio (Pm): $0,5 \times (3,778 + 3,404) = 3,591 \text{ m}$

Fôrma de uma viga: $3,778 \times 15,8 + 2(3,404 \times 0,9 + 3,591 \times 1,1) = 73,720 \text{ m}^2$
Fôrma total das vigas: $5 \times 2 \times 73,72 =$ **737,200 m²**

c) Aço:
17.630,00 kg

1.2.1 - Transversinas

Base (b):		0,30 m
Altura (h):		0,95 m
Comprimento (c):		10,40 m
Quantidade de transv na obra:		4

a) Concreto:
 Volume e uma transversina: $0,3 \times 0,95 \times 10,4 = 2,964 \text{ m}^3$
Volume total das Transversinas: $2,964 \times 4 =$ **11,856 m³**

b) Fôrma:
 Fôrma de uma transversina: $2 \times 0,3 \times 0,95 + 10,4(2 \times 0,95 + 0,3) = 23,450 \text{ m}^2$
Fôrma total das transversinas: $23,45 \times 4 =$ **93,800 m²**

c) Aço:
 CA-50 **1.238,40 kg**
 CA-25 **72,00 kg**

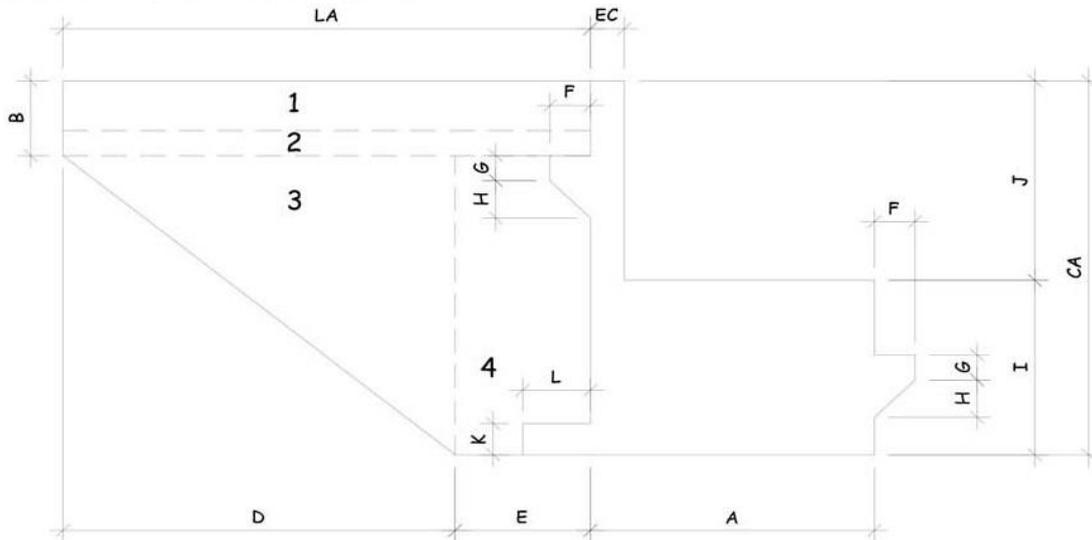
1.2.2 - Protensão

Vigas:				
Cabos 12Ø12,7:	Cabos por viga:	2	Aço protensão:	3.359,00 kg
	Peso dos cabos/viga	335,90 kg	Ancoragens vigas:	40 Unid.
	Bainha por viga	42,34 m	Bainha e injeção:	423,40 m
Transversinas:				
Cabos 4Ø12,7:	Cabos por viga:	2	Aço protensão:	141,00 kg
	Peso dos cabos/vão	70,50 kg	Ancoragens vigas:	16 Unid.
	Bainha por vão	21,70 m	Bainha e injeção:	43,40 m

2 - MESOESTRUTURA

2.1 - P/Vigas 20 m

2.1.1 - Travessas de extremidade, ala e cortina:



2.1.1.1. - Travessas de extremidade e cortinas

Comprimento:	11,300 m
Largura (A):	1,900 m
Altura (I):	1,400 m
Quantidade:	2

a) Concreto:

Concreto para uma Travessa:	$11,3 \times 1,9 \times 1,4 =$	30,058 m ³
Concreto total das travessas de extremidade:	$30,058 \times 2 =$	60,116 m³

b) Fôrma:

Fôrma de uma travessa:	$(2 \times 1,4 + 1,9) \times 11,3 =$	74,580 m ²
Fôrma total das travessas de extremidade:	$74,58 \times 2 =$	149,160 m²

2.1.1.2- Alas

LA:	2,350 m
B:	0,600 m
J:	1,550 m
D:	1,850 m
E:	0,500 m
FA:	0,250 m

a) Concreto:

Concreto para uma Ala:	$0,6 \times 2,35 \times 0,25 + 0,4 \times 2,35(0,4 - 0,25) + 0,5 \times 0,25(1,55 - 0,6) + 0,5 \times 0,25(1,55 - 0,6) =$	0,832 m ³
Concreto total das Alas:	$4 \times 0,8319375 =$	3,328 m³

b) Fôrma:

Fôrma de uma Ala:		7,003 m²
F1 + F2	$2,35(0,6 \times 2 + 0,2) + 0,6 \times 0,60 =$	3,650 m ²
F3	$1,85(1,55 - 0,6) + (1,85^2 + (1,55 - 0,6)^2)^{0,5} =$	2,277 m ²
F4	$0,5[2 \times (1,55 - 0,6) + 0,25] =$	1,075 m ²

Fôrma total das Alas:	$7,003 \times 4 =$	28,012 m²
------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------

c) Aço:

2.1.1.3 - Travessas intermediárias:

Comprimento (CT):		11,300 m
Largura (LT):		2,100 m
Altura (HT):		1,400 m
Quantidade (QT):		1
Altura do apoio para o binário:		0,000 m
Largura do apoio para o binário:		0,000 m

a) Concreto:		
Concreto para uma Travessa:		33,222 m ³
Concreto total das travessas intermediárias TIPO 1:	33,222 x 1=	33,222 m³

b) Fôrma:		
Fôrma de uma travessa:		61,250 m ²
Fôrma total das travessas intermediárias TIPO 1:		61,250 m²

2.1.1.4 - Cortinas:

Comprimento (CT):		11,300 m
Seção Transversal:		0,518 m ²
Perímetro:		4,233 m
Quantidade (QT):		2

a) Concreto:		
Concreto para uma Cortina:	11,3 x 0,518 x 2=	11,707 m ³
Concreto total das Cortinas:	11,7068 x 2=	23,414 m³

b) Fôrma:		
Fôrma de uma Cortina:		48,869 m ²
Fôrma total das Cortinas:		97,738 m²

c) Aço:		
Considerando cortina, travessa intermediária e travessa central	8.544,00 kg	

2.2 - Aparelhos de apoio:

Comprimento (C):		0,300 m
Largura (L):		0,300 m
Altura (H):		0,048 m
Quantidade de aparelhos de apoio:		20
Volume de um aparelho de apoio (V1):	0,3 x 0,3 x 0,048=	0,00432 m ³
Peso específico (P):		3,10 tf/m ³
Peso de um aparelho de apoio (P1):	0,00432 x 3,1=	13,39 kgf
Peso total de aparelhos de apoio:	13,392 x 20=	267,84 kgf

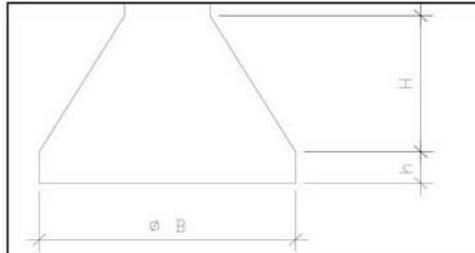
3 - Infra-estrutura

3.1 - Tubulões

Peça	L fuste (m)
T1E1	3,20 m
T2E1	3,20 m
T1A1	3,20 m
T2A1	3,20 m
T1A2	
T2A2	
T1A2	
T2A2	
T1A3	
T2A3	
T1E2	3,20 m
T2E2	3,20 m
TOTAL	6,40 m

ALARGAMENTO DE BASE

$$Vb = \frac{\pi \cdot (\phi B)^2}{4} \cdot h + \frac{\pi \cdot H}{12} [\phi B^2 + \phi B \cdot \phi f + \phi f^2]$$



H	h	Ø f	Ø B	Vol Base Unit.	Quant.	Vol Base Total
1,50	0,30	1,40	3,00	8,07	6,00	48,44

Encontro 1

Tub.ar c.d=1,4m prof.até12m lâm.d'água lf/ac/bc/pc	Comprimento	N de tubulões	Comp total
	3,2	2	6,40 m

Apoio 1

Tub.ar c.d=1,4m prof.até12m lâm.d'água lf/ac/bc/pc	Comprimento	N de tubulões	Comp total
	3,2	2	6,40 m

Encontro 2

Tub.ar c.d=1,4m prof.até12m lâm.d'água lf/ac/bc/pc	Comprimento	N de tubulões	Comp total
	3,2	2	6,40 m

4 - LAJE DE TRANSIÇÃO

Concreto:	Comprimento:	10,40	Volume:	24,96 m ³
	Largura:	4,00		
	Espessura da laje:	0,30		

Concreto magro:	C x L x 0,10 x 2	8,32 m ³
-----------------	------------------	---------------------

Aço:	2.969,00 kg
------	-------------

Fôrma das lajes de transição:	2(C+L)Espessura x 2	17,28 m ²
-------------------------------	---------------------	----------------------

5 - ACABAMENTOS

Junta Jeene:	2 x 11,3	22,60 m
Barreira New Jersey:		80,00 m
Defensa metálica		80,00 m
CBUQ	0,07 x 2,4 x 11,3 x 40	75,94 ton
Aquisição de Cap	0,06 x 75,936	4,56 ton
Pintura de ligação	12,80 x 50,5	452,00 m ²
Aquisição de RR1C	0,0004 x 452	0,18 ton
Dreno de PVC	(comp ponte/5)*2	16,00 unid