

LOTE 06  
RODOVIA BR-116/SP  
TRECHO: São Paulo - Curitiba

# **“As Built”**

## **VOLUME I**

### **Relatórios do Projeto**

Implantação de Passarela

km 414+320 - Município de Juquiá/SP

**Fevereiro/2017**

## ÍNDICE

| <i>Documento Projetista</i>    |             | <i>Documento ANTT</i>      |             | <i>Título do Documento</i>                         | <i>pag.</i> |
|--------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|--|-------------|
| <i>Nº</i>                      | <i>Rev.</i> | <i>Nº</i>                  | <i>Rev.</i> |  |             |
| <b>APRESENTAÇÃO</b>            |             |                            |             | .....  | 3           |
| <b>MAPA DE LOCALIZAÇÃO</b>     |             |                            |             | .....  | 5           |
| <b>RELATÓRIOS DO PROJETO</b>   |             |                            |             |  |             |
| <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO</b>      |             |                            |             | .....  | 7           |
| SEC-MC-06-116-SP-414-3-C04-501 | 0           | MC-06-116-SP-414-3-C04-501 | A           | Memória de Cálculo - Travessia/Parecer de Sondagem | 8           |
| SEC-MC-06-116-SP-414-3-C04-502 | 0           | MC-06-116-SP-414-3-C04-502 | A           | Memória de Cálculo - Rampa                         | 48          |
| ARB-MC-06-116/SP-414-3-E01/501 | 0           | MC-06-116/SP-414-3-E01/501 | A           | Memória de Cálculo - Iluminação                    | 93          |
| <b>MEMORIAL DESCRITIVO</b>     |             |                            |             | .....  | 104         |
| SEC-MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | 0           | MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | B           | Memorial Descritivo/Resumo de quantitativos        | 126         |
| <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>       |             |                            |             | .....  | 126         |
| GEO-RT-06-116-SP-414-3-G01-501 | 0           | RT-06-116-SP-414-3-G01-501 | A           | Parecer Geotécnico                                 |             |

APRESENTAÇÃO

## **APRESENTAÇÃO**

O presente documento tem por objetivo apresentar a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, o projeto de implantação da passarela de pedestres no km 414+320, BR-116/SP, município de Juquiá/SP. Essa obra tem por objetivo cumprir parte do Programa de Exploração da Rodovia - 5.1.14 do PER.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO  
FOTO AÉREA

*Implantação de Passarela  
km 414+320 - Juquiá/SP*



MEMÓRIAS DE CÁLCULOS



Autopista  
**Régis Bittencourt**  
arteris

Código  
MC-06-116/SP-414-3-C04/501

REV.  
A

Emissão  
09/04/2012

Folha  
1/40

Lote :  
06

Rodovia :  
BR-116/SP  
REGIS BITTENCOURT

Firma Projetista:  
SEC Engenharia Ltda.

Trecho :  
SÃO PAULO - CURITIBA  
km 414+320

Concessionária:  
Autopista Régis Bittencourt

Objeto :  
MEMÓRIA DE CÁLCULO - TRAVESSIA

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

|      |            |                      |                |      |
|------|------------|----------------------|----------------|------|
|      |            |                      |                |      |
|      |            |                      |                |      |
|      |            |                      |                |      |
|      |            |                      |                |      |
|      |            |                      |                |      |
|      | 09/04/2012 | SEC Engenharia Ltda. | Eneo Palazzi   |      |
| Rev. | Data       | Firma Projetista     | Concessionária | ANTT |

FIRMA PROJETISTA: SEC Engenharia Ltda.  
Nº INTERNO: SEC-MC-06-116/SP-414-3-C04/501 Rev. 0



|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>2/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

## ÍNDICE

---

|     |                                     |    |
|-----|-------------------------------------|----|
| 1.  | INTRODUÇÃO .....                    | 3  |
| 2.  | SOLUÇÃO ESTRUTURAL ADOTADA .....    | 3  |
| 3.  | NORMAS .....                        | 3  |
| 4.  | CARREGAMENTOS .....                 | 4  |
| 5.  | SEÇÃO TÍPICA .....                  | 4  |
| 6.  | ILUSTRAÇÃO MODELO – PASSARELA ..... | 5  |
| 7.  | DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA.....   | 5  |
| 8.  | DIMENSIONAMENTO DOS PILARES:.....   | 21 |
| 9.  | DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES:..... | 24 |
| 10. | VERIFICAÇÃO QUANTO À VIBRAÇÃO:..... | 29 |
| 11. | CONCLUSÃO .....                     | 30 |
| 12. | RELATÓRIO DE SONDAAGEM.....         | 31 |

|                            |          |            |        |
|----------------------------|----------|------------|--------|
| Código:                    | Revisão: | Emissão:   | Folha: |
| MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | A        | 09/04/2012 | 3/40   |

## 1. INTRODUÇÃO

Esta memória tem por objetivo descrever o dimensionamento da travessia de uma passarela de pedestres executada no km 414+320 na Rodovia BR 116 Régis Bittencourt.

## 2. SOLUÇÃO ESTRUTURAL ADOTADA

A estrutura da travessia foi constituída de duas vigas isoladas, denominadas de segmento 1 e segmento 2, ambas com vão de 21.85m, entre o cento das gravatas de apoio das vigas. Ambas as vigas tem seção transversal tipo “T”, ou seja, viga central com laje de piso incorporada em concreto protendido.

As duas vigas que constituem a travessia possuem um balanço em uma de suas extremidades com 2,55m.

A estrutura é isostática, isoladas no pilar central e isoladas da estrutura da rampa.

O gabarito mínimo adotado sobre pista de acordo com orientação do contratante é de 5.50 metros e com largura útil de 2.10 metros, sendo a largura útil mínima recomendada de 2,0m.

Concreto adotado em projeto para as vigas protendidas da travessia com  $F_{ck} = 40$  MPa e módulo de elasticidade tangente inicial de 35 GPa e para os pilares, consoles e elementos de fundação,  $F_{ck} = 30$  MPa com módulo de elasticidade tangente inicial de 30 GPa.

A viga/laje do piso foi apoiada através de aparelhos de apoio em consoles dispostos no topo dos pilares.

Os pilares foram apoiados em blocos sobre estacas, conforme indicado em projeto.

## 3. NORMAS

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>4/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

NBR 6118: Para o dimensionamento da estrutura de concreto

NBR-9062: Projeto de estruturas pré-moldadas

NBR-6123: Forças devidas ao vento em edificações - Procedimentos

NBR-7188: Norma de cargas em pontes e passarelas

NBR -9050: Acessibilidade

#### 4. CARREGAMENTOS

Vento (NBR-6123):

O carregamento devido ao vento foi considerado nos pilares e nas fundações, entretanto, o mesmo não foi aplicado na estrutura do piso (laje tipo "T"), dada à rigidez do elemento.

$$V_0 = 40 \text{ m/s}$$

$$S_1 = 1,0, S_2 = 0,95, S_3 = 1,0 \dots\dots V_k = 38 \text{ m/s}$$

$$p = V_k^2 / 16 \dots\dots p = 91 \text{ kgf/m}^2$$

$$\text{Coeficiente de força (tab. 14 da NBR 6123)} \dots\dots C_x = 2,0$$

$$q_p = 91 \times 2,0 = 182 \text{ kgf/m}^2$$

$$h_{inf} = 1,20 \text{ m} \dots\dots q = 1,20 \times 182 = 219 \text{ kgf/m}$$

Sobrecarga de utilização: 500 kgf/m<sup>2</sup>

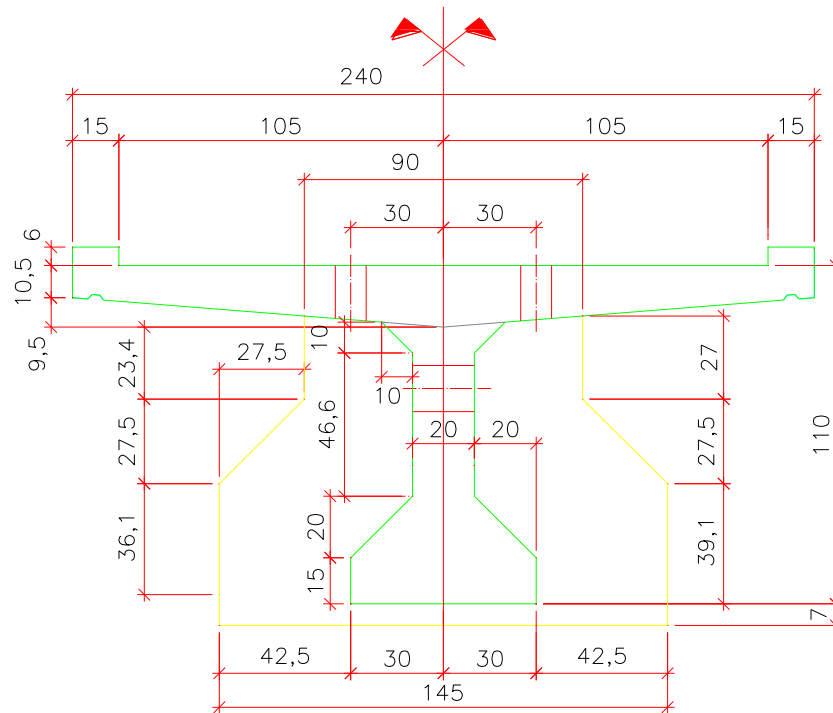
Peso do guarda corpo = 50 kgf/m (peso considerando em ambos os lados)

Peso da estrutura conforme seção transversal prevista (peso concreto = 2500 kg/m<sup>3</sup>)

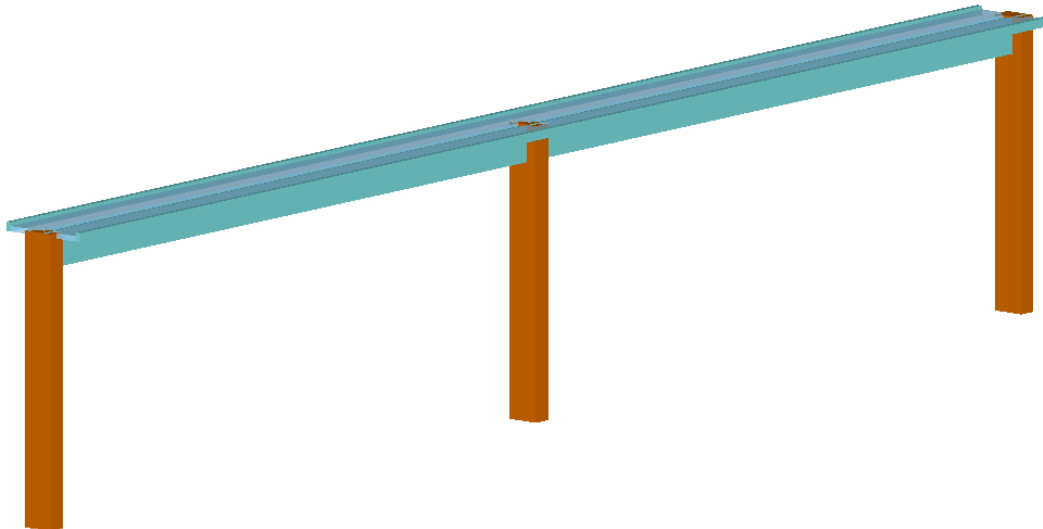
Temperatura não aplicada (elementos com comprimentos menores que 30 metros).

#### 5. SEÇÃO TÍPICA

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>5/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|



## 6. ILUSTRAÇÃO MODELO – PASSARELA



## 7. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

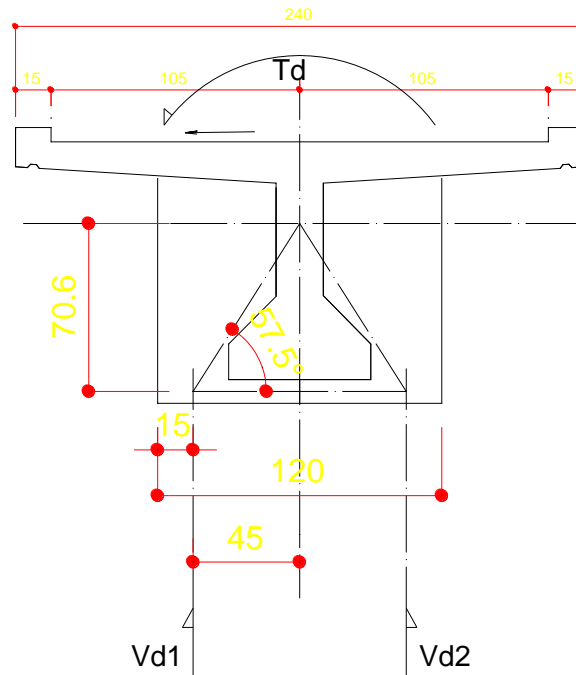
Verificação da estabilidade do conjunto:

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>6/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

Considerando:

1. Metade da laje carregada com a SC;
2. Vento atuando em uma altura equivalente de 1.50m, considerando uma área reduzida de incidência no guarda corpo;
3. Gravata de apoio com largura de 120 cm e distância efetiva dos pontos de apoio de 90 cm.

### CORTE TÍPICO VIGAS DA TRAVESSIA



Momento desestabilizador =  $(0,62 \times 0,4) + (0,3 \times 0,75) = 0,48 \text{ tfm/m}$

Momento estabilizador =  $1,60 \times 0,45 = 0,72 \text{ tfm/m}$

Verificação .....  $Mest / Mdes = 1,50 = 1,50$  ..... ok.

### Dimensionamento da gravata de apoio

Considerando passarela toda carregada (com torção – hipótese conservadora)

$V_{kmax} = 25/2 + (0,6 \times 0,6 \times 16,5/2) = \sim 16 \text{ tf}$  .....  $V_d = 16 \times 1,5 = 24 \text{ tf}$

$F_c = V_d / \text{sen}(\text{alfa}) = 24 / 0,84 = \sim 29 \text{ tf}$

$T_c = F_c / \text{área apoio} = 29.000 \text{ kgf} / (15 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}) = 97 \text{ kg/cm}^2 < T_{wu} = 0,8f_{cd} = 170 \text{ kgf/cm}^2$

Armação

$F_t = V_d / \text{tg}(\text{alfa}) = 24 / 1,53 = \sim 16,0 \text{ tf}$

$A_s = F_t / f_{ywd} = 16 / 4,3 = 3,7 \text{ cm}^2$  ..... adotado 6 # 12,5 (CA 50 A)

Dimensionamento da viga da travessia para vão de 21,85m – segmentos 1 e 2:

**Resultando: 3 cabos com 5 cordoalhas cada de #15,2mm (CP-190 RB)**

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>7/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

1) Características dos materiais

1.1) Concreto

fck = 40 MPa  
 fck,red = 35 MPa  
 a/c < 0,55  
 Eci = 33.130 MPa  
 Ecs = 28.161 MPa  
 c = 5,0 cm

Classe de Agressividade: II  
 fck ≥ 30 MPa

1.2) Aço para armadura passiva

Tipo CA 50  
 fyk = 500 MPa  
 Es = 210 GPa

1.3) Aço para armadura ativa  
armadura pós tracionada

Tipo CP 190 RB  
 fptk = 1900 MPa  
 fpyk = 1710 MPa  
 Ep = 195 GPa

2) Características geométricas

2.1) Seção inicial

Seção T  
 h = 1,10 m  
 A = 0,6100 m<sup>2</sup>  
 Ix = 0,0900 m<sup>4</sup>  
 yinf = 0,7000 m  
 ysup = -0,4000 m  
 Winf = 0,1286 m<sup>3</sup>  
 Wsup = -0,2250 m<sup>3</sup>

2.2) Seção final

Seção T  
 h = 1,10 m  
 A = 0,6100 m<sup>2</sup>  
 Ix = 0,0900 m<sup>4</sup>  
 yinf = 0,7000 m  
 ysup = -0,4000 m  
 Winf = 0,1286 m<sup>3</sup>  
 Wsup = -0,2250 m<sup>3</sup>

3) Carregamentos externos

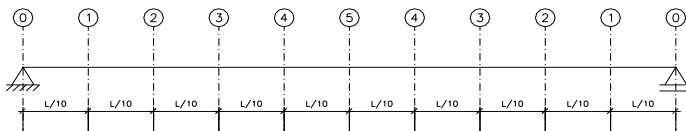
|                       |      |       |      |
|-----------------------|------|-------|------|
| Peso Próprio          | (g0) | 17,00 | kN/m |
| revestimento e gradil | (g1) | 2,00  | kN/m |
|                       | (g2) | 2,00  | kN/m |
|                       | (g3) | 0,00  | kN/m |
| multidão              | (q)  | 12,50 | kN/m |

4) Esforços Solicitantes

vão = 22,00 m

A viga será subdividida em décimos de vão, resultando em uma seção a cada conforme esquema a seguir:

2.200



|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>8/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

4.1) Tensões Normais na seção 5 (meio do vão)

| MOMENTOS | kN.m    | SEÇÃO INICIAL |            |             |             | SEÇÃO FINAL |            |             |             |
|----------|---------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|          |         | Wsup<br>m³    | Winf<br>m³ | σsup<br>MPa | σinf<br>MPa | Wsup<br>m³  | Winf<br>m³ | σsup<br>MPa | σinf<br>MPa |
| Mg0      | 1.028,5 | -0,225        | 0,129      | -4,57       | 8,00        | -0,225      | 0,129      | -4,57       | 8,00        |
| Mg1      | 0,0     | -0,225        | 0,129      | 0,00        | 0,00        | -0,225      | 0,129      | 0,00        | 0,00        |
| Mg2      | 121,0   | -0,225        | 0,129      | -0,54       | 0,94        | -0,225      | 0,129      | -0,54       | 0,94        |
| Mg3      | 0,0     | -0,225        | 0,129      | 0,00        | 0,00        | -0,225      | 0,129      | 0,00        | 0,00        |
| Mq       | 756,3   | -0,225        | 0,129      | -3,36       | 5,88        | -0,225      | 0,129      | -3,36       | 5,88        |

4.2) Tensões Normais na seção 1

| MOMENTOS | kN.m  | SEÇÃO INICIAL |            |             |             | SEÇÃO FINAL |            |             |             |
|----------|-------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|          |       | Wsup<br>m³    | Winf<br>m³ | σsup<br>MPa | σinf<br>MPa | Wsup<br>m³  | Winf<br>m³ | σsup<br>MPa | σinf<br>MPa |
| Mg0      | 370,3 | -0,225        | 0,129      | -1,65       | 2,88        | -0,225      | 0,129      | -1,65       | 2,88        |
| Mg1      | 0,0   | -0,225        | 0,129      | 0,00        | 0,00        | -0,225      | 0,129      | 0,00        | 0,00        |
| Mg2      | 43,6  | -0,225        | 0,129      | -0,19       | 0,34        | -0,225      | 0,129      | -0,19       | 0,34        |
| Mg3      | 0,0   | -0,225        | 0,129      | 0,00        | 0,00        | -0,225      | 0,129      | 0,00        | 0,00        |
| Mq       | 272,3 | -0,225        | 0,129      | -1,21       | 2,12        | -0,225      | 0,129      | -1,21       | 2,12        |

4.3) Tensões Normais na seção 2

| MOMENTOS | kN.m  | SEÇÃO INICIAL |            |             |             | SEÇÃO FINAL |            |             |             |
|----------|-------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|          |       | Wsup<br>m³    | Winf<br>m³ | σsup<br>MPa | σinf<br>MPa | Wsup<br>m³  | Winf<br>m³ | σsup<br>MPa | σinf<br>MPa |
| Mg0      | 658,2 | -0,225        | 0,129      | -2,93       | 5,12        | -0,225      | 0,129      | -2,93       | 5,12        |
| Mg1      | 0,0   | -0,225        | 0,129      | 0,00        | 0,00        | -0,225      | 0,129      | 0,00        | 0,00        |
| Mg2      | 77,4  | -0,225        | 0,129      | -0,34       | 0,60        | -0,225      | 0,129      | -0,34       | 0,60        |
| Mg3      | 0,0   | -0,225        | 0,129      | 0,00        | 0,00        | -0,225      | 0,129      | 0,00        | 0,00        |
| Mq       | 484,0 | -0,225        | 0,129      | -2,15       | 3,76        | -0,225      | 0,129      | -2,15       | 3,76        |

4.4) Tensões Normais na seção 3

| MOMENTOS | kN.m  | SEÇÃO INICIAL |            |             |             | SEÇÃO FINAL |            |             |             |
|----------|-------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|          |       | Wsup<br>m³    | Winf<br>m³ | σsup<br>MPa | σinf<br>MPa | Wsup<br>m³  | Winf<br>m³ | σsup<br>MPa | σinf<br>MPa |
| Mg0      | 863,9 | -0,225        | 0,129      | -3,84       | 6,72        | -0,225      | 0,129      | -3,84       | 6,72        |
| Mg1      | 0,0   | -0,225        | 0,129      | 0,00        | 0,00        | -0,225      | 0,129      | 0,00        | 0,00        |
| Mg2      | 101,6 | -0,225        | 0,129      | -0,45       | 0,79        | -0,225      | 0,129      | -0,45       | 0,79        |
| Mg3      | 0,0   | -0,225        | 0,129      | 0,00        | 0,00        | -0,225      | 0,129      | 0,00        | 0,00        |
| Mq       | 635,3 | -0,225        | 0,129      | -2,82       | 4,94        | -0,225      | 0,129      | -2,82       | 4,94        |

4.5) Tensões Normais na seção 4

| MOMENTOS | kN.m  | SEÇÃO INICIAL |            |             |             | SEÇÃO FINAL |            |             |             |
|----------|-------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|          |       | Wsup<br>m³    | Winf<br>m³ | σsup<br>MPa | σinf<br>MPa | Wsup<br>m³  | Winf<br>m³ | σsup<br>MPa | σinf<br>MPa |
| Mg0      | 987,4 | -0,225        | 0,129      | -4,39       | 7,68        | -0,225      | 0,129      | -4,39       | 7,68        |
| Mg1      | 0,0   | -0,225        | 0,129      | 0,00        | 0,00        | -0,225      | 0,129      | 0,00        | 0,00        |
| Mg2      | 116,2 | -0,225        | 0,129      | -0,52       | 0,90        | -0,225      | 0,129      | -0,52       | 0,90        |
| Mg3      | 0,0   | -0,225        | 0,129      | 0,00        | 0,00        | -0,225      | 0,129      | 0,00        | 0,00        |
| Mq       | 726,0 | -0,225        | 0,129      | -3,23       | 5,65        | -0,225      | 0,129      | -3,23       | 5,65        |

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>9/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

4.6) Tensões Normais (seção 5 - meio do vão) devido à uma cordoalha  $\phi$  15,2 mm

$A_p = 1,400 \text{ cm}^2$       Adotando-se as seguintes perdas:  
 $\sigma_{pi} < 1.402,2 \text{ MPa}$       IMEDIATAS = 8,0 %  
 $NP_i = -196,3 \text{ kN}$       PROGRESSIVAS = 18,0 %  
 $NP_o = -198,7 \text{ kN}$        $\gamma_p = 1,1$       NBR 6118 - Item 17.2.4.3 (pág 109)  
 $NP_{oo} = -145,3 \text{ kN}$        $\gamma_f = 1,5$

Adotando-se a distância do cabo equivalente de protensão à fibra inferior da seção  $y_o = 15 \text{ cm}$ , temos:

$$e = y_{inf} - y_o = 0,5500 \text{ m}$$

$$\sigma_{sup} = \frac{NP_{oo}}{Ac} - \frac{NP_{oo} \cdot e}{W_{sup}} = 116,96 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{inf} = \frac{NP_{oo}}{Ac} + \frac{NP_{oo} \cdot e}{W_{inf}} = -859,57 \text{ kPa}$$

5) Dimensionamento da armadura de protensão

Tipo de Protensão: LIMITADA NBR 6118 - Tabela 13.3 (pág 72)

Exigências relativas à fissuração      Combinação de ações em serviço  
 ELS-F (formação de fissuras)      Combinação Frequente  
 ELS-D (descompressão)      Combinação Quase-permanente

$\psi_0 = 0,7$   
 $\psi_1 = 0,8$       NBR 8681 - Tabela 6 (pág 13)  
 $\psi_2 = 0,5$

5.1) Para a verificação do ELS-F, temos:

Combinação Frequente

$$\sigma NP_{oo} + \sigma g_0 + \sigma g_1 + \sigma g_2 + \sigma g_3 + \Psi_1 \cdot \sigma q \leq 0,7 \cdot f_{ck}$$

$$\sigma NP_{oo} + \sigma g_0 + \sigma g_1 + \sigma g_2 + \sigma g_3 + \Psi_1 \cdot \sigma q \leq f_{ct}, f \quad f_{ct}, f = \alpha \cdot 0,21 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}$$

$$0,7 \cdot f_{ck} = -24.500,0 \text{ kPa}$$

$$f_{ct}, f = 2.696,4 \text{ kPa} \quad \alpha = 1,2 \quad \text{seção T}$$

Fibra Inferior:

$$n \cdot -859,6 + 7.999 + 0 + 941 + 0 + 4.706 \leq 2.696,4 \text{ kPa}$$

$n \geq 14$  cordoalhas

Fibra Superior:

$$14 \cdot 117,0 + -4.571 + 0 + -538 + 0 + -2.689 \leq -24.500,0 \text{ kPa}$$

$$-6.160,4 \leq -24.500,0 \quad \text{Logo a verificação foi atendida!!!}$$

5.2) Para a verificação do ELS-D, temos:

Combinação Quase-permanente

$$\sigma NP_{oo} + \sigma g_0 + \sigma g_1 + \sigma g_2 + \sigma g_3 + \Psi_2 \cdot \sigma q \leq 0,7 \cdot f_{ck}$$

$$\sigma NP_{oo} + \sigma g_0 + \sigma g_1 + \sigma g_2 + \sigma g_3 + \Psi_2 \cdot \sigma q \leq 0$$

$$0,7 \cdot f_{ck} = -24.500,0 \text{ kPa}$$

Fibra Inferior:

$$n \cdot -859,6 + 7.999 + 0 + 941 + 0 + 2.941 \leq 0,0 \text{ kPa}$$

$n \geq 14$  cordoalhas

Fibra Superior:

$$14 \cdot 117,0 + -4.571 + 0 + -538 + 0 + -1.681 \leq -24.500,0 \text{ kPa}$$

$$-5.152,1 \leq -24.500,0 \quad \text{Logo a verificação foi atendida!!!}$$

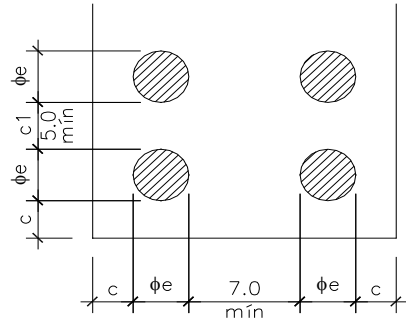


|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>10/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

Portanto, serão adotadas no total **15** cordoalhas  $\phi$  15,2 mm, distribuídas em cabos de **5** cordoalhas, totalizando **3** cabos.

FORÇA DE PROTENÇÃO EM CADA CABO = **98,15** TF

- 6) Verificação das Tensões Normais na seção 5 devido à uma cordoalha  $\phi$  15,2 mm, com excentricidades finais



|                    |      |                             |           |   |
|--------------------|------|-----------------------------|-----------|---|
|                    |      | Número de cabos por camada: |           |   |
| c =                | 7,00 | cm                          | 1ª Camada | 2 |
| $\phi_e$ =         | 6,0  | cm                          | 2ª Camada | 1 |
| c1 =               | 6,0  | cm                          |           | 0 |
| nº de camadas      | =    | <b>2</b>                    |           |   |
| $\therefore y_f$ = |      | 14,0                        | cm        |   |

Portanto, a excentricidade final será:

$e_p = y_{inf} - y_f =$  **0,560** m  
( $e_p$  = excentricidade do cabo equivalente em relação ao baricentro da seção do concreto)

$$\sigma_{sup} = \frac{NP_{oo}}{Ac} - \frac{NP_{oo} \cdot e}{W_{sup}} = 123,41 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{inf} = \frac{NP_{oo}}{Ac} + \frac{NP_{oo} \cdot e}{W_{inf}} = -870,87 \text{ kPa}$$

- 7) Verificação da armadura de protensão

- 7.1) Para a verificação do ELS-F, temos:

Combinação Frequente

$$\alpha NP_{oo} + \sigma_g0 + \sigma_g1 + \sigma_g2 + \sigma_g3 + \Psi1 \cdot \sigma_q \leq 0,7 \cdot f_{ck}$$

$$\alpha NP_{oo} + \sigma_g0 + \sigma_g1 + \sigma_g2 + \sigma_g3 + \Psi1 \cdot \sigma_q \leq f_{ct,f} \quad f_{ct,f} = \alpha \cdot 0,21 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}$$

$$0,7 \cdot f_{ck} = -24.500,0 \text{ kPa}$$

$$f_{ct,f} = 2.696,4 \text{ kPa} \quad \alpha = 1,2 \quad \text{seção T}$$

Fibra Inferior:

$$15 \cdot -870,9 + 7.999 + 0 + 941 + 0 + 4.706 \leq 2.696,4 \text{ kPa}$$

$$583,1 \leq 2.696,4 \quad \text{Logo a verificação foi atendida!!!}$$

Fibra Superior:

$$15 \cdot 123,4 + -4.571 + 0 + -538 + 0 + -2.689 \leq -24.500,0 \text{ kPa}$$

$$-5.946,6 \leq -24.500,0 \quad \text{Logo a verificação foi atendida!!!}$$

- 7.2) Para a verificação do ELS-D, temos:

Combinação Quase-permanente

$$\alpha NP_{oo} + \sigma_g0 + \sigma_g1 + \sigma_g2 + \sigma_g3 + \Psi2 \cdot \sigma_q \leq 0,7 \cdot f_{ck}$$

$$\alpha NP_{oo} + \sigma_g0 + \sigma_g1 + \sigma_g2 + \sigma_g3 + \Psi2 \cdot \sigma_q \leq 0$$

$$0,7 \cdot f_{ck} = -24.500,0 \text{ kPa}$$

Fibra Inferior:

$$15 \cdot -870,9 + 7.999 + 0 + 941 + 0 + 2.941 \leq 0,0 \text{ kPa}$$

$$-1.181,5 \leq 0,0 \quad \text{Logo a verificação foi atendida!!!}$$

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>11/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

Fibra Superior:

$$15 * 123,4 + -4.571 + 0 + -538 + 0 + -1.681 \leq -24.500,0 \text{ kPa}$$

$$-4.938,3 \leq -24.500,0 \quad \text{Logo a verificação foi atendida!!!}$$

Portanto, serão adotadas no total **15** cordoalhas  $\phi$  **15,2** mm, distribuídas em cabos de **5** cordoalhas, totalizando **3** cabos.

8) Verificação do Estado Limite Último de Ruptura no ato da Protensão

Número de etapas de protensão: **1**

1ª Etapa: a protensão dar-se-á aos **14** dias, mobilizando **g0**

Concreto convencional com processo normal de cura.

Tipo de cimento: **CP-II**

s = 0,25

|             |        |        |
|-------------|--------|--------|
| 1ª<br>Etapa |        |        |
| 31,56       | 0,00   | 0,00   |
| 0,9016      | 0,0000 | 0,0000 |
| 3,00        | 0,00   | 0,00   |

$$fckj = \beta_1 \cdot fck = \text{MPa}$$

$$\beta_1 = e^{\left(1 - \left(\frac{28}{f}\right)^{\frac{1}{2}}\right)}$$

$$fctmj = 0,3 \cdot fckj^{\frac{2}{3}} = \text{MPa}$$

8.1) Tensões normais devidas à protensão de um (01) cabo no instante da protensão

|   |                  |                  |      |      |      |
|---|------------------|------------------|------|------|------|
| $\sigma_{sup} = \frac{NPo}{Ac} - \frac{NPo \cdot e}{W_{sup}} =$ | 1ª Camada        | 2ª Camada        |      |      |      |
|   | 1.020,46<br>kPa  | 490,69<br>kPa    | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| $\sigma_{inf} = \frac{NPo}{Ac} + \frac{NPo \cdot e}{W_{inf}} =$ | 1ª Camada        | 2ª Camada        |      |      |      |
|   | -6.263,88<br>kPa | -5.336,78<br>kPa | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

8.2) Determinação do número de cabos que podem ser protendidos aos **14** dias:

Fibra Inferior:

$$\sigma_{NPo} + \sigma_{g0} \leq 0,7 \cdot fckj$$

$$n * -6.263,88 + 7.999,44 \leq -22.089,88 \text{ kPa} \quad \therefore \quad n \leq 4 \text{ cabos na } 1^{\text{a}} \text{ Camada}$$

$$n * -5.336,78 + 7.999,44 \leq -22.089,88 \text{ kPa} \quad \therefore \quad n \leq 5 \text{ cabos na } 2^{\text{a}} \text{ Camada}$$

0,00

0,00

0,00

Fibra Superior:

$$\sigma_{NPo} + \sigma_{g0} \leq 1,2 \cdot fctmj$$

$$n * 1.020,46 + -4.571,11 \leq 3.595,00 \text{ kPa} \quad \therefore \quad n \leq 8 \text{ cabos na } 1^{\text{a}} \text{ Camada}$$

$$n * 490,69 + -4.571,11 \leq 3.595,00 \text{ kPa} \quad \therefore \quad n \leq 16 \text{ cabos na } 2^{\text{a}} \text{ Camada}$$

0,00

0,00

0,00

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>12/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

8.3) Determinação do número de cabos que podem ser protendidos aos **0** dias:

Fibra Inferior:

$$\sigma_{NPo} + \sigma_g 0 \leq 0,7 \cdot f_{ckj}$$

$$n^* \quad -6.263,88 \quad + \quad 0,00 \quad \leq \quad 0,00 \quad \text{kPa} \quad \therefore \quad n \leq \quad \mathbf{0} \quad \text{cabos na} \quad \mathbf{1^a} \quad \text{Camada}$$

$$n^* \quad -5.336,78 \quad + \quad 0,00 \quad \leq \quad 0,00 \quad \text{kPa} \quad \therefore \quad n \leq \quad \mathbf{0} \quad \text{cabos na} \quad \mathbf{2^a} \quad \text{Camada}$$

0,00

0,00

0,00

Fibra Superior:

$$\sigma_{NPo} + \sigma_g 0 \leq 1,2 \cdot f_{ctmj}$$

$$n^* \quad 1.020,46 \quad + \quad 0,00 \quad \leq \quad 0,00 \quad \text{kPa} \quad \therefore \quad n \leq \quad \mathbf{0} \quad \text{cabos na} \quad \mathbf{1^a} \quad \text{Camada}$$

$$n^* \quad 490,69 \quad + \quad 0,00 \quad \leq \quad 0,00 \quad \text{kPa} \quad \therefore \quad n \leq \quad \mathbf{0} \quad \text{cabos na} \quad \mathbf{2^a} \quad \text{Camada}$$

0,00

0,00

0,00

8.4) Determinação do número de cabos que podem ser protendidos aos **0** dias:

Fibra Inferior:

$$\sigma_{NPo} + \sigma_g 0 \leq 0,7 \cdot f_{ckj}$$

$$n^* \quad -6.263,88 \quad + \quad 0,00 \quad \leq \quad 0,00 \quad \text{kPa} \quad \therefore \quad n \leq \quad \mathbf{0} \quad \text{cabos na} \quad \mathbf{1^a} \quad \text{Camada}$$

$$n^* \quad -5.336,78 \quad + \quad 0,00 \quad \leq \quad 0,00 \quad \text{kPa} \quad \therefore \quad n \leq \quad \mathbf{0} \quad \text{cabos na} \quad \mathbf{2^a} \quad \text{Camada}$$

0,00

0,00

0,00

Fibra Superior:

$$\sigma_{NPo} + \sigma_g 0 \leq 1,2 \cdot f_{ctmj}$$

$$n^* \quad 1.020,46 \quad + \quad 0,00 \quad \leq \quad 0,00 \quad \text{kPa} \quad \therefore \quad n \leq \quad \mathbf{0} \quad \text{cabos na} \quad \mathbf{1^a} \quad \text{Camada}$$

$$n^* \quad 490,69 \quad + \quad 0,00 \quad \leq \quad 0,00 \quad \text{kPa} \quad \therefore \quad n \leq \quad \mathbf{0} \quad \text{cabos na} \quad \mathbf{2^a} \quad \text{Camada}$$

0,00

0,00

0,00

8.5) Resumo das fases de protensão

Número de cabos a serem protendidos por camada (na seção do meio do vão), em etapas:

|          | 1ª Camada | 2ª Camada |  |  |  | $\sigma_{sup}$ | $\sigma_{inf}$ |
|----------|-----------|-----------|--|--|--|----------------|----------------|
| 1ª Etapa | 2         | 1         |  |  |  | -2.039,5       | -9.865,1       |
|          |           |           |  |  |  |                |                |
|          |           |           |  |  |  |                |                |

kPa                  kPa

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>13/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

8.6) Verificação da protensão para transporte da viga (Seção 5)

Análise para o 7º dia após concretagem com a protensão de **2** cabos

$$N_{Pi} = -1.963,1 \text{ kN}$$

$$e_p = 0,6000 \text{ m}$$

$$\sigma_{sup} = \frac{N_{Pi}}{A_c} + \frac{(N_{Pi} \cdot e_p + M_{go})}{W_{sup}} = -2.554 \text{ kPa} < -22.090 \text{ kPa} \text{ OK}$$

$$\sigma_{inf} = \frac{N_{Pi}}{A_c} + \frac{(N_{Pi} \cdot e_p - M_{go})}{W_{inf}} = -4.380 \text{ kPa} < 3.595 \text{ kPa} \text{ OK}$$

9) Cálculo da armadura frouxa no Estado Limite Último (armaduras aderentes)

|                |  |                 |       |
|----------------|--|-----------------|-------|
| bw = 20,0 cm   | Ap = 21,00 cm <sup>2</sup>                 | αp = 6,9246     |       |
| h = 110,0 cm   | P <sub>oo</sub> = 2.179,02 kN              | ρp = 0,0034     |       |
| dp = 96,0 cm   | Aço = CP 190 RB                            | ηp = 3,1255     |       |
| d = 103,0 cm   | Msd = 2.686,20 kN.m                        | εpré = 5,1459 ‰ |       |
| fck = 35,0 MPa | Nsd = 0,00 kN                              | t = 32,96 cm    |       |
| γp = 0,9       | E <sub>p</sub> = 19.500 kN/cm <sup>2</sup> | t = 12,00 cm    |       |
| bf = 90,0 cm   | E <sub>s</sub> = 21.000 kN/cm <sup>2</sup> | x = 0,4 d       | OK!!! |
| hf = 12,0 cm   |  | DOMÍNIOS 3/4    | OK!!! |
|                |  |                 | OK!!! |

| x / d | x (cm) | εc (‰) | εs (‰) | Δεp (‰) | εp (‰) | σsd (kN/cm <sup>2</sup> ) | σpd (kN/cm <sup>2</sup> ) | Rcd,w (kN) | Rcd,f (kN) | Rpd (kN) | As (cm <sup>2</sup> ) | MRd (kN.m) |
|-------|--------|--------|--------|---------|--------|---------------------------|---------------------------|------------|------------|----------|-----------------------|------------|
| 0,400 | 41,20  | 3,50   | 5,25   | 4,66    | 9,80   | 43,48                     | 148,70                    | 1.400,80   | 1.785,0    | 3.122,6  | 1,45                  | 2.725      |

$$As_{mín} = 0,1 \% A_c = 6,10 \text{ cm}^2$$

Portanto, a armadura frouxa a ser usada será: **As = 6,10 cm<sup>2</sup>** ( **11** φ **16** ) **OK**

A armadura de pele a ser usada será: **As,pele = 3,08 cm<sup>2</sup>/face** ( **6** φ **8** ) *por face*

10) Cálculo das excentricidades máximas e mínimas do cabo equivalente de protensão

Para a verificação do ELS-F: Combinação Frequente (Fibra Inferior)

$$ep \geq \left( \frac{-fct, f + \sigma_{g0} + \sigma_{g1} + \sigma_{g2} + \sigma_{g3} + \Psi_1 \cdot \sigma_q}{N_{Poo}} - \frac{1}{A_c} \right) \cdot W_{inf} \quad ep \geq$$

Para a verificação do ELS-D: Combinação Quase-permanente (Fibra Inferior)

$$ep \geq \left( \frac{\sigma_{g0} + \sigma_{g1} + \sigma_{g2} + \sigma_{g3} + \Psi_2 \cdot \sigma_q}{N_{Poo}} - \frac{1}{A_c} \right) \cdot W_{inf} \quad ep \geq$$

Para a verificação do ELS-F (Po) no ato da protensão: (Fibra superior)

$$ep \leq \left( \frac{-1,2 \cdot fctmj - \sigma_{g0}}{N_{Po}} - \frac{1}{A_c} \right) \cdot W_{sup}$$

Para a verificação do ELS-Cex (Po) no ato da protensão: (Fibra Inferior)

$$ep \leq \left( \frac{0,7 \cdot fckj + \sigma_{g0}}{N_{Po}} - \frac{1}{A_c} \right) \cdot W_{inf}$$

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>14/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

10.1) Seção 5 (meio do vão)

Para a verificação do ELS-F:  $ep \geq 0,435 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-D:  $ep \geq 0,490 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-F (Po) no ato da protensão:  $ep \leq \overset{1^a \text{ Etapa}}{0,985} \text{ m}$

Para a verificação do ELS-Cex (Po) no ato da protensão:  $ep \leq 1,087 \text{ m}$

Portanto:  $0,490 \leq ep \leq 0,985$

10.2) Seção 4

Para a verificação do ELS-F:  $ep \geq 0,403 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-D:  $ep \geq 0,462 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-F (Po) no ato da protensão:  $ep \leq \overset{1^a \text{ Etapa}}{0,972} \text{ m}$

Para a verificação do ELS-Cex (Po) no ato da protensão:  $ep \leq 1,074 \text{ m}$

Portanto:  $0,462 \leq ep \leq 0,972$

10.3) Seção 3

Para a verificação do ELS-F:  $ep \geq 0,306 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-D:  $ep \geq 0,378 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-F (Po) no ato da protensão:  $ep \leq \overset{1^a \text{ Etapa}}{0,930} \text{ m}$

Para a verificação do ELS-Cex (Po) no ato da protensão:  $ep \leq 1,032 \text{ m}$

Portanto:  $0,378 \leq ep \leq 0,930$

10.4) Seção 2

Para a verificação do ELS-F:  $ep \geq 0,145 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-D:  $ep \geq 0,238 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-F (Po) no ato da protensão:  $ep \leq \overset{1^a \text{ Etapa}}{0,861} \text{ m}$

Para a verificação do ELS-Cex (Po) no ato da protensão:  $ep \leq 0,963 \text{ m}$

Portanto:  $0,238 \leq ep \leq 0,861$

10.5) Seção 1

Para a verificação do ELS-F:  $ep \geq -0,080 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-D:  $ep \geq 0,042 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-F (Po) no ato da protensão:  $ep \leq \overset{1^a \text{ Etapa}}{0,765} \text{ m}$

Para a verificação do ELS-Cex (Po) no ato da protensão:  $ep \leq 0,867 \text{ m}$

Portanto:  $0,042 \leq ep \leq 0,765$

10.6) Seção 0 (apoio)

Para a verificação do ELS-F:  $ep \geq -0,370 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-D:  $ep \geq -0,211 \text{ m}$

Para a verificação do ELS-F (Po) no ato da protensão:  $ep \leq \overset{1^a \text{ Etapa}}{0,640} \text{ m}$

Para a verificação do ELS-Cex (Po) no ato da protensão:  $ep \leq 0,742 \text{ m}$

Portanto:  $-0,211 \leq ep \leq 0,640$

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>15/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

10.7) Excentricidades adotadas (cabo equivalente)

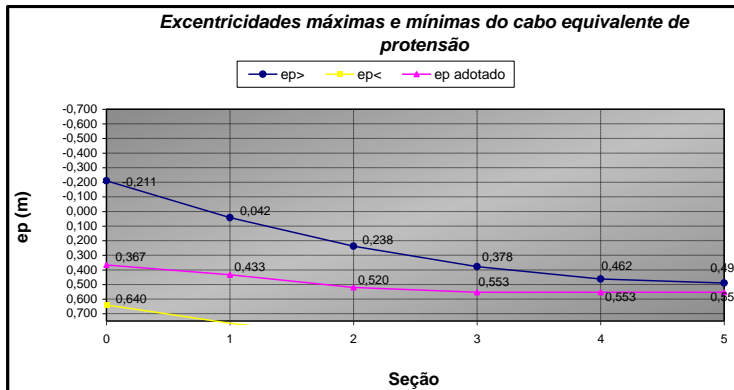
Número total de cabos: **3**

Distância da face da viga ao centro da ancoragem: **0,25** m pelo catálogo da E/2 - E distancia da fretagem

| Seção           | (m) | Cabo 1 |    |  | Cabo 2 |    |  | Cabo 3 |    |  | Cabo 4 |    |  | Cabo 5 |    |  |       |
|-----------------|-----|--------|----|--|--------|----|--|--------|----|--|--------|----|--|--------|----|--|-------|
|                 |     | yf     | ep |  | yf     | ep |  | yf     | ep |  | yf     | ep |  | yf     | ep |  |       |
| Seção 0         | yf  | 0,200  |    |  | 0,200  |    |  | 0,600  |    |  | 0,000  |    |  | 0,000  |    |  | 0,000 |
|                 | ep  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  | 0,367 |
| Seção 1         | yf  | 0,150  |    |  | 0,150  |    |  | 0,500  |    |  | 0,000  |    |  | 0,000  |    |  | 0,433 |
|                 | ep  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  | 0,520 |
| Seção 2         | yf  | 0,120  |    |  | 0,120  |    |  | 0,300  |    |  | 0,000  |    |  | 0,000  |    |  | 0,553 |
|                 | ep  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  | 0,553 |
| Seção 3         | yf  | 0,100  |    |  | 0,100  |    |  | 0,240  |    |  | 0,000  |    |  | 0,000  |    |  | 0,553 |
|                 | ep  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  | 0,553 |
| Seção 4         | yf  | 0,100  |    |  | 0,100  |    |  | 0,240  |    |  | 0,000  |    |  | 0,000  |    |  | 0,553 |
|                 | ep  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  | 0,553 |
| Seção 5         | yf  | 0,100  |    |  | 0,100  |    |  | 0,240  |    |  | 0,000  |    |  | 0,000  |    |  | 0,553 |
|                 | ep  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  |        |    |  | 0,553 |
| Ângulo de saída |     | 1,3    |    |  | 1,3    |    |  | 5,0    |    |  | 0,0    |    |  | 0,0    |    |  | 0,0   |

yf = distância da face inferior da seção ao eixo do cabo na camada n

|                |          |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|----------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Trecho reto =  | 20,000   | 20,000   | 8,000   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Trecho médio = |          |          |         | 16,000  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Equivalente =  |          |          |         | 4,400   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| a =            | -0,00132 | -0,00132 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| α =            | 1,4      | 1,4      | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     |
|                | -0,007   | -0,007   | 0,240   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
|                | -0,066   | -0,066   | 0,240   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
|                | -0,137   | -0,137   | 0,240   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
|                | -0,221   | -0,221   | 0,240   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
|                | -0,319   | -0,319   | 0,240   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
|                | 0,100    | 0,100    | 0,240   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |



|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>16/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

11) Cálculo das Deformações

$$f_{ctm}, fl = \alpha \cdot f_{ctm} = \alpha \cdot 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 3,85 \text{ MPa}$$

$$M_r, \text{médio} = P \cdot ep + W \inf \cdot \left( f_{ctm}, fl + \frac{P}{Ac} \right) = 2.160,25 \text{ kN.m}$$

$$M_{cf} = Mg_0 + Mg_1 + Mg_2 + Mg_3 + \Psi_1 \cdot M_q = 1.754,50 \text{ kN.m}$$

$$M_{cr} = Mg_0 + Mg_1$$

Como o maior momento solicitante (real) para a carga dada pela Combinação Frequente é menor que o momento (real) médio de fissuração, podemos calcular a flecha instantânea no Estádio I

11.1) A tempo infinito

$$a = a_0 + a_1$$

$$a_0 = - \left( P_{oo} \cdot ep_0 + \frac{5}{6} \cdot P_{oo} \cdot (ep_5 - ep_0) \right) \cdot \frac{l^2}{8 \cdot E_{cs} \cdot I_c} \cdot (1 + \varphi) = -0,0570 \text{ m (devido a protensão)}$$

$$a_1 = a_g \cdot (1 + \varphi) + a_q \cdot \Psi_2 = 2,1 \cdot 0,051 + 0,5 \cdot 0,019 = 0,1168 \text{ m Comb. Quase-permanente}$$

$$a_1 = a_g \cdot (1 + \varphi) + a$$

$\varphi = 1,10$  Coeficiente de fluência ... considerando a retirada do escoramento em 30 dias

Portanto:  $a = 0,0598 \text{ m} = 5,98 \text{ cm} < \frac{l}{250} = 8,80 \text{ cm OK}$

11.2) No ato da protensão

PREVER CONTRA-FLECHA DE 2 cm

$$a = a_0 + a_1$$

$$a_0 = - \left( P_i \cdot ep_0 + \frac{5}{6} \cdot P_i \cdot (ep_5 - ep_0) \right) \cdot \frac{l^2}{8 \cdot E_{cs} \cdot I_c} = -0,0391 \text{ m (devido a protensão)}$$

$$a_1 = \frac{5 \cdot g_0 \cdot l^4}{384 \cdot E_{cs} \cdot I_c} = 0,0215 \text{ m}$$

Portanto:  $a = -0,0176 \text{ m} = -1,76 \text{ cm} < \frac{l}{250} = 8,80 \text{ cm OK}$

12) Dimensionamento ao Cisalhamento

12.1) Força cortante máxima com momento torsor concomitante

Para o dimensionamento da armadura transversal de combate a força cortante, será utilizado o modelo de cálculo I de acordo com o item 17.4.2.2 da NBR 6118

$$V_{sd} = V_{sd,g_0+g_1+g_2+g_3+q} - V_{sd,p}$$

Para o cálculo de  $V_{sd,p}$  será adotado  $N_{Poo}$  com  $\gamma_p=0,9$  em toda a extensão do cabo (constante), sendo este esforço decomposto na vertical de acordo com o ângulo de inclinação do cabo.

|                            | Seção 0       | Seção 1       | Seção 2       | Seção 3       | Seção 4      | Seção 5     |      |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|------|
| $V_{s,g_0+g_1+g_2+g_3}$    | 209,00        | 167,20        | 125,40        | 83,60         | 41,80        | 0,00        | [kN] |
| $V_{s,q}$                  | 137,50        | 110,00        | 82,50         | 55,00         | 27,50        | 0,00        | [kN] |
| $V_{sd,g_0+g_1+g_2+g_3+q}$ | 488,40        | 390,72        | 293,04        | 195,36        | 97,68        | 0,00        | [kN] |
| $\alpha$                   | 0,93          | 1,74          | 2,26          | 0,87          | 0,00         | 0,00        | °    |
| $V_{sd,p}$                 | -31,94        | -59,42        | -77,24        | -29,71        | 0,00         | 0,00        | [kN] |
| $V_{sd}$                   | <b>456,46</b> | <b>331,30</b> | <b>215,80</b> | <b>165,65</b> | <b>97,68</b> | <b>0,00</b> | [kN] |

$$A_p \cdot f_{pyd} + A_s \cdot f_{yd} \geq V_{sd}$$

$$3.122,61 + 961,60 = 4.084,21 \text{ kN} \geq 456,46 \text{ kN OK}$$

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>17/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

- Verificação da compressão diagonal do Concreto ( $VRd2 \geq Vsd$ )

$$VRd2 = 0,27 \cdot \alpha v2 \cdot fcd \cdot bw \cdot d = 956,66 \text{ kN} \geq 456,46 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\alpha v2 = \left(1 - \frac{fck}{250}\right) = 0,860$$

$$fcd = \frac{fck}{\gamma c} = 2,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$bw = b - 0,5 \cdot \sum \phi = 16,00 \text{ cm}$$

- Cálculo da armadura transversal ( $VRd3 \geq Vsd$ )

$$VRd3 = Vc + Vsw$$

$$Vc = Vc0 \cdot \left(1 + \frac{M0}{Msd, \text{máx}}\right) \leq 2 \cdot Vc0$$

$$Vc0 = 0,6 \cdot fctd \cdot bw \cdot d = 158,70 \text{ kN}$$

$$fctd = \frac{fctk, \text{inf}}{\gamma c} = 0,16 \text{ kN/cm}^2$$

$$M0 = NPoo \cdot ep + NPoo \cdot \frac{W \text{ inf}}{Ac} =$$

| Seção0  | Seção1  | Seção2  | Seção3  | Seção4  | Seção5  |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.132,4 | 1.263,2 | 1.433,1 | 1.498,5 | 1.498,5 | 1.498,5 |

 kN.m

$$Vc \leq 2 \cdot Vc0 =$$

| Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 317,40  | 317,40  | 291,90  | 264,81  | 251,55  | 247,83  |

 kN

Tomando-se a equação  $VRd3=Vsd$ , temos:

$$Vsw = Vsd - Vc =$$

| Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 139,05  | 13,90   | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    |

 kN

$$Vsw = \left(\frac{Asw}{s}\right) \cdot 0,9 \cdot d \cdot fywd \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$fywd = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$s = 100,0 \text{ cm}$$

$$bw = 20,0 \text{ cm (médio da alma)}$$

$$\therefore Asw =$$

| Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 3,45    | 0,34    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    |

 cm<sup>2</sup>/m

**Torção:**

|                    | Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $Ts_{g0+g1+g2+g3}$ | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    |
| $Ts_q$             | 45,00   | 35,00   | 25,00   | 20,00   | 15,00   | 0,00    |
| $Tsd = TRd3$       | 67,50   | 52,50   | 37,50   | 30,00   | 22,50   | 0,00    |

 kN.m

$$he \leq \frac{A}{u} \quad he \geq 2 \cdot c1 \quad c1 = 6,80 \text{ cm}$$

$$u = 723,00 \text{ cm}$$

$$he \leq 8,44 \text{ cm} \quad he = 13,60 \text{ cm} \quad Ae = 2.219,00 \text{ cm}^2$$

$$he \geq 13,60 \text{ cm}$$

- Resistência decorrente das diagonais comprimidas de concreto ( $TRd2 \geq Tsd$ )

$$TRd2 = 0,50 \cdot \alpha v2 \cdot fcd \cdot Ae \cdot he = 324,42 \text{ kN.m} \geq 67,50 \text{ kN.m} \quad \text{OK}$$

- Resistência decorrente das armaduras longitudinais ( $TRd4 \geq Tsd$ )

$$TRd4 = \left(\frac{Asl}{ue}\right) \cdot 2 \cdot Ae \cdot fywd \cdot tg \theta = 207,71 \text{ kN.m} \geq 67,50 \text{ kN.m} \quad \text{OK}$$

$$ue = 205,60 \text{ cm}$$



|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>18/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

- Resistência decorrente dos estribos normais ao eixo do elemento estrutural ( $TRd3 \geq Tsd$ )

$$TRd3 = \left( \frac{A_{90}}{s} \right) \cdot f_{ywd} \cdot 2 \cdot A_e \cdot \cot \theta$$

|                       | Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |                    |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| $\therefore A_{90} =$ | 3,50    | 2,72    | 1,94    | 1,55    | 1,17    | 0,00    | cm <sup>2</sup> /m |

Somando as áreas necessárias para combate à cortante e torção, temos:

|         | Seção 0    | Seção 1    | Seção 2    | Seção 3    | Seção 4    | Seção 5    |                    |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|
| Asw =   | 10,45      | 5,79       | 3,89       | 3,11       | 2,57       | 2,57       | cm <sup>2</sup> /m |
| adotado | $\phi$ 8,0 | $\phi$ 8,0 | $\phi$ 8,0 | $\phi$ 8,0 | $\phi$ 8,0 | $\phi$ 8,0 |                    |
| 2 ramos | c/ 8,0     | c/ 17,0    | c/ 20,0    | c/ 20,0    | c/ 20,0    | c/ 20,0    |                    |
|         | OK         | OK         | OK         | OK         | OK         | OK         |                    |

$$Asw \geq 0,2 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yw}} \cdot b_w \cdot s \cdot \sin \alpha \geq 2,57 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

- Resistência à compressão diagonal do concreto deve satisfazer à expressão:

$$\frac{V_{sd}}{VRd2} + \frac{T_{sd}}{TRd2} \leq 1,0$$

$$0,48 + 0,21 = 0,69 < 1,00 \quad \text{OK}$$

12.2) Momento Torsor máximo com força cortante concomitante

|                          | Seção 0       | Seção 1       | Seção 2       | Seção 3       | Seção 4      | Seção 5     |      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|------|
| $V_{s_{g0+g1+g2+g3}}$    | 209,00        | 167,20        | 125,40        | 83,60         | 41,80        | 0,00        | [kN] |
| $V_{s_{iq}}$             | 68,75         | 55,00         | 41,25         | 27,50         | 13,75        | 0,00        | [kN] |
| $V_{sd_{g0+g1+g2+g3+q}}$ | 385,28        | 308,22        | 231,17        | 154,11        | 77,06        | 0,00        | [kN] |
| $\alpha$                 | 0,93          | 1,74          | 2,26          | 0,87          | 0,00         | 0,00        | °    |
| $V_{sd_{ip}}$            | -31,94        | -59,42        | -77,24        | -29,71        | 0,00         | 0,00        | [kN] |
| $V_{sd}$                 | <b>353,33</b> | <b>248,80</b> | <b>153,93</b> | <b>124,40</b> | <b>77,06</b> | <b>0,00</b> | [kN] |

$$A_p \cdot f_{pyd} + A_s \cdot f_{yd} \geq V_{sd}$$

$$3.122,61 + 961,60 = 4.084,21 \text{ kN} \geq 353,33 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

- Verificação da compressão diagonal do Concreto ( $VRd2 \geq Vsd$ )

$$Vrd2 = 0,27 \cdot \alpha v2 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d = 956,66 \text{ kN} \geq 353,33 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

- Cálculo da armadura transversal ( $VRd3 \geq Vsd$ )

$$VRd3 = V_c + V_{sw}$$

|                             | Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |    |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| $V_c \leq 2 \cdot V_{c0} =$ | 317,40  | 317,40  | 291,90  | 264,81  | 251,55  | 247,83  | kN |

Tomando-se a equação  $VRd3 = Vsd$ , temos:

|                           | Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |    |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| $V_{sw} = V_{sd} - V_c =$ | 35,93   | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | kN |

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

|                       | Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |                    |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| $\therefore A_{sw} =$ | 0,89    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | cm <sup>2</sup> /m |

**Torção**

|                       | Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |      |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| $T_{s_{g0+g1+g2+g3}}$ | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    |      |
| $T_{s_{iq}}$          | 45,00   | 35,00   | 25,00   | 20,00   | 15,00   | 0,00    |      |
| $T_{sd} = TRd3$       | 67,50   | 52,50   | 37,50   | 30,00   | 22,50   | 0,00    | kN.m |

- Resistência decorrente das diagonais comprimidas de concreto ( $TRd2 \geq Tsd$ )

$$TRd2 = 0,50 \cdot \alpha v2 \cdot f_{cd} \cdot A_e \cdot h_e = 324,42 \text{ kN.m} \geq 67,50 \text{ kN.m} \quad \text{OK}$$

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>19/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

- Resistência decorrente das armaduras longitudinais ( $TRd4 \geq Tsd$ )

$$TRd4 = \left( \frac{Asl}{ue} \right) \cdot 2 \cdot Ae \cdot fywd \cdot tg\theta = 207,71 \text{ kN.m} \geq 67,50 \text{ kN.m} \quad \text{OK}$$

- Resistência decorrente dos estribos normais ao eixo do elemento estrutural ( $TRd3 \geq Tsd$ )

$$TRd3 = \left( \frac{A_{90}}{s} \right) \cdot fywd \cdot 2 \cdot Ae \cdot \cot g\theta$$

|                       | Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |                    |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| $\therefore A_{90} =$ | 3,50    | 2,72    | 1,94    | 1,55    | 1,17    | 0,00    | cm <sup>2</sup> /m |

Somando as áreas necessárias para combate à cortante e torção, temos:

|               | Seção 0              | Seção 1               | Seção 2               | Seção 3               | Seção 4               | Seção 5               |                    |
|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| Asw =         | 7,89                 | 5,44                  | 3,89                  | 3,11                  | 2,57                  | 2,57                  | cm <sup>2</sup> /m |
| adotado ramos | $\phi$ 8,0<br>c/ 8,0 | $\phi$ 8,0<br>c/ 17,0 | $\phi$ 8,0<br>c/ 20,0 | $\phi$ 8,0<br>c/ 20,0 | $\phi$ 8,0<br>c/ 20,0 | $\phi$ 8,0<br>c/ 20,0 |                    |
|               | OK                   | OK                    | OK                    | OK                    | OK                    | OK                    |                    |

$$Asw \geq 0,2 \cdot \frac{fctm}{fywk} \cdot bw \cdot s \cdot \sin \alpha \geq 2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Resistência à compressão diagonal do concreto deve satisfazer à expressão:

$$\frac{Vsd}{VRd2} + \frac{Tsd}{TRd2} \leq 1,0$$

$$0,37 + 0,21 = 0,58 < 1,00 \quad \text{OK}$$

### 12.3) Resumo das armaduras transversais

Portanto, será adotada armadura transversal que satisfaça os dois casos:

|               | Seção 0              | Seção 1               | Seção 2               | Seção 3               | Seção 4               | Seção 5               |                    |
|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| Asw =         | 10,45                | 5,79                  | 3,89                  | 3,11                  | 2,57                  | 2,57                  | cm <sup>2</sup> /m |
| adotado ramos | $\phi$ 8,0<br>c/ 8,0 | $\phi$ 8,0<br>c/ 15,0 | $\phi$ 8,0<br>c/ 20,0 | $\phi$ 8,0<br>c/ 20,0 | $\phi$ 8,0<br>c/ 20,0 | $\phi$ 8,0<br>c/ 20,0 |                    |
|               | OK                   | OK                    | OK                    | OK                    | OK                    | OK                    |                    |

### 12.4) Verificação da fadiga

$\psi 1 = 0,5$  para verificação das vigas

$$Vmáx = Vs_g + \psi 1 \cdot Vs_q - Vsd_p \quad \sigma_{máx} = \frac{Vsw_{máx}}{Asw \cdot 0,9 \cdot d}$$

$$Vmín = Vs_g - Vsd_p \quad \sigma_{mín} = \frac{Vsw_{mín}}{Asw \cdot 0,9 \cdot d}$$

$$Vsw_{máx} = Vmáx - 0,5 \cdot Vc$$

$$Vsw_{mín} = Vmín - 0,5 \cdot Vc \quad \Delta\sigma = \sigma_{máx} - \sigma_{mín} \leq 80,0 \text{ MPa} \quad \text{NBR 6118-Tabela 23.2}$$

|                    | Seção 0 | Seção 1 | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 |      |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| Vmáx               | 245,81  | 162,78  | 89,41   | 81,39   | 55,55   | 0,00    | [kN] |
| Vmín               | 177,06  | 107,78  | 48,16   | 53,89   | 41,80   | 0,00    | [kN] |
| Vsw <sub>máx</sub> | 87,10   | 4,08    | -56,53  | -51,02  | -70,22  | -123,92 | [kN] |
| Vsw <sub>mín</sub> | 18,35   | -50,92  | -97,78  | -78,52  | -83,97  | -123,92 | [kN] |
| $\sigma_{máx}$     | 74,77   | 6,57    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | MPa  |
| $\sigma_{mín}$     | 15,76   | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | MPa  |
| $\Delta\sigma$     | 59,02   | 6,57    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | MPa  |
|                    | OK      | OK      | OK      | OK      | OK      | OK      |      |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>20/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

13.1) Perdas Imediatas

a) Atrito

$$\Delta P(x) = P_i \cdot (1 - e^{-(\mu\alpha + kx)})$$

$$\mu = 0,20 \text{ m}^{-1}$$

$$k = 0,0020 \text{ rad/m}$$

|              | Cabo 1 | Cabo 2 | Cabo 3 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\alpha_1 =$ | -0,022 | -0,022 | 0,240  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| $\alpha_2 =$ | -0,009 | -0,009 | 0,650  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| $\alpha_3 =$ | -0,003 | -0,003 | -0,086 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| $\alpha_4 =$ | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| $\alpha_5 =$ | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

$$P(x) = P_i \cdot (1 - \mu \cdot \alpha - k \cdot x)$$

|         | Cabo 1  | Cabo 2  | Cabo 3    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P_0 =$ | -981,54 | -981,54 | -981,54   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| $P_1 =$ | -979,83 | -979,83 | -1.057,71 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| $P_2 =$ | -976,68 | -976,68 | -897,42   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| $P_3 =$ | -972,97 | -972,97 | -908,86   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| $P_4 =$ | -968,69 | -968,69 | -904,86   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| $P_5 =$ | -964,43 | -964,43 | -900,87   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
|         | 1,74%   | 1,74%   | 8,22%     | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |

Alongamentos dos cabos:

$$\Delta l = \frac{P_{méd} \cdot L}{A_p \cdot E_p}$$

|                 | Cabo 1 | Cabo 2 | Cabo 3 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|--------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| L (m)           | 22,04  | 22,04  | 22,07  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| $\Delta l$ (mm) | 157,3  | 157,3  | 152,3  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |

b) Acomodação das ancoragens (encunhamento)

$$\delta = 6,0 \text{ mm}$$

PERDAS DE PROTENSÃO

Perdas imediatas: 5% < 8% ..... ok  
 Perdas progressivas: 15% < 18% ..... ok

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>21/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

## 8. DIMENSIONAMENTO DOS PILARES:

### Pilar extremo isolado: P1

Dados da seção transversal      Dados do concreto  
Seção retangular       $f_{ck} = 300.00 \text{ kgf/cm}^2$   
 $b = 50.00 \text{ cm}$      $h = 90.00 \text{ cm}$      $E_{cs} = 260716 \text{ kgf/cm}^2$   
Cobrimento = 3.00 cm    Peso específico = 2500.00  $\text{kgf/m}^3$

Dimensionamento da armadura longitudinal

Direção Cálculo da esbelteza      Esforços

B      Vínculo = RR     $M_{sd\text{topo}} = 0 \text{ kgf.m}$        $N_{d\text{max}} = 58.31 \text{ tf}$   
           $l_i = 600.00 \text{ cm}$      $M_{sd\text{base}} = 16213 \text{ kgf.m}$        $N_{d\text{min}} = 23.29 \text{ tf}$   
          Esbelteza = 55.36                       $n_i = 0.06$

H      Vínculo = EL     $M_{sd\text{topo}} = 317 \text{ kgf.m}$   
           $l_i = 1200.00 \text{ cm}$      $M_{sd\text{base}} = 60317 \text{ kgf.m}$   
          Esbelteza = 61.51

Seção crítica do pilar: CENTRO

| Direção                | Excentricidades (cm)   | Torção Final                               | Armadura longitudinal                                  | Processo de cálculo  |
|------------------------|--|--|--|--|
| B                      | $e_{itopo} = 0.00$<br>$e_{icentro} = 25.06$<br>$e_{ibase} = 41.77$   | $ea = 1.41$<br>$e2 = 6.11$<br>$ec = 0.55$  | $T_d = 0 \text{ kgf.m}$<br>$As_l = 0.00 \text{ cm}^2$  | $4 \varnothing 20.0$ (*2)<br>$4 \varnothing 20.0$ $1.5G1+1.5G2+1.5A$<br>$M_{sd}(x) = 9728 \text{ kgf.m}$ |
| H                      | $e_{itopo} = 0.82$<br>$e_{icentro} = 155.41$<br>$e_{ibase} = 155.41$ | $ea = 1.41$<br>$e2 = 16.06$<br>$ec = 4.04$ | $4 \varnothing 20.0$<br>$12 \varnothing 20.0$<br>0.8 % | $1.5G1+1.5G2+1.5A$<br>$M_{sd}(y) = 68669 \text{ kgf.m}$<br>$M_{rd}(y) = 74889 \text{ kgf.m}$             |
| $M_{rd}/M_{sd} = 1.09$ |  |  |  |  |

Dimensionamento da armadura transversal

Modelo cálculo Esforços

| Inclinação | bielas   | Cisalhamento            | Torção |
|------------|--|-------------------------|--------|
| I          | $V_{Bd} \text{ topo} = 7.50 \text{ tf}$<br>$V_{Bd} \text{ base} = 7.50 \text{ tf}$ | $T_d = 0 \text{ kgf.m}$ |        |
| 45         | $V_{Hd} \text{ topo} = 2.03 \text{ tf}$<br>$V_{Hd} \text{ base} = 2.03 \text{ tf}$ |                         |        |

Verificação de esforços limites

| Direção | Cisalhamento   | Torção                  | Cisalhamento + Torção   |
|---------|--|-------------------------|---|
| B       | $V_d = 7.50 \text{ tf}$<br>$VR_{d2} = 214.78 \text{ tf}$ | $T_d = 0 \text{ kgf.m}$ | $V_d/VR_{d2} + T_d/TR_{d2} = 0.03$<br>$TR_{d2} = 38008 \text{ kgf.m}$ |
| H       | $V_d = 2.03 \text{ tf}$<br>$VR_{d2} = 203.32 \text{ tf}$ | $T_d = 0 \text{ kgf.m}$ | $V_d/VR_{d2} + T_d/TR_{d2} = 0.01$<br>$TR_{d2} = 38008 \text{ kgf.m}$ |

Direção Armadura de cisalhamento

| Dados | armadura  | Armadura  |
|-------|---|---|
|       | mínima  | cisalhamento  |
| B     | $d = 84.37 \text{ cm}$<br>$V_{c0} = 36.66 \text{ tf}$<br>$k = 1.05$<br>$V_c = 38.62 \text{ tf}$ | $V_{min} = 19.13 \text{ tf}$ $V_{sw} = 0.00 \text{ tf}$<br>$As_{wmin} = 5.79 \text{ cm}^2/\text{m}$ $As_w = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m}$ |
| H     | $d = 44.37 \text{ cm}$<br>$V_{c0} = 34.70 \text{ tf}$<br>$k = 1.36$<br>$V_c = 47.16 \text{ tf}$ | $V_{min} = 10.06 \text{ tf}$ $V_{sw} = 0.00 \text{ tf}$<br>$As_{wmin} = 5.79 \text{ cm}^2/\text{m}$ $As_w = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m}$ |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>22/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

|                              |                            |                            |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Armadura de torção           | Armadura de                | Armadura                   |
| Dados Armadura               | fretagem                   | final                      |
| torção                       |                            |                            |
| he = 16.07 cm                | A90 = 0.00 cm <sup>2</sup> | Zr = 0.00 tf               |
| Ae = 2508.29 cm <sup>2</sup> | Zs = 0.00 tf               | Asw = 3.86 cm <sup>2</sup> |
|                              |                            | ø 6.3 c/ 10                |

### Resumo:

- armação longitudinal: 14#20

### Pilar extremo isolado: P3

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Dados da seção transversal | Dados do concreto                            |
| Seção retangular           | fck = 300.00 kgf/cm <sup>2</sup>             |
| b = 50.00 cm               | h = 90.00 cm                                 |
| Cobrimento = 3.00 cm       | Ecs = 260716 kgf/cm <sup>2</sup>             |
|                            | Peso específico = 2500.00 kgf/m <sup>3</sup> |

### Dimensionamento da armadura longitudinal

|         |                     |                       |
|---------|---------------------|-----------------------|
| Direção | Cálculo da esbeltez | Esforços              |
| B       | Vínculo = RR        | Msdtopo = 0 kgf.m     |
|         | li = 700.00 cm      | Msdbase = 16213 kgf.m |
|         | Esbeltez = 55.36    | ni = 0.06             |
| H       | Vínculo = EL        | Msdtopo = 317 kgf.m   |
|         | li = 1400.00 cm     | Msdbase = 60317 kgf.m |
|         | Esbeltez = 61.51    |                       |

### Seção crítica do pilar: CENTRO

|         |                      |                       |                            |
|---------|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| Direção | Excentricidades (cm) | Armadura longitudinal | Processo de cálculo        |
|         | Torção Final         |                       |                            |
| B       | eitopo = 0.00        | ea = 1.41             | Td = 0 kgf.m               |
|         | eicentro = 25.06     | e2 = 6.11             | 4 ø 20.0                   |
|         | eibase = 41.77       | ec = 0.55             | 4 ø 20.0                   |
| H       | eitopo = 0.82        | ea = 1.41             | Asl = 0.00 cm <sup>2</sup> |
|         | eicentro = 155.41    | e2 = 16.06            | Msd(x) = 9728 kgf.m        |
|         | eibase = 155.41      | ec = 4.04             | 1.5G1+1.5G2+1.5A           |
|         |                      |                       | 4 ø 20.0                   |
|         |                      |                       | 12ø20.0                    |
|         |                      |                       | 0.8 %                      |
|         |                      |                       | Mrd(y) = 74889 kgf.m       |
|         |                      |                       | Mrd/Msd=1.09               |

### Dimensionamento da armadura transversal

#### Modelo cálculo Esforços

|            |                    |              |        |
|------------|--------------------|--------------|--------|
| Inclinação | bielas             | Cisalhamento | Torção |
| I          | VBd topo = 7.50 tf | Td = 0 kgf.m |        |
|            | VBd base = 7.50 tf |              |        |
| 45         | VHd topo = 2.03 tf |              |        |
|            | VHd base = 2.03 tf |              |        |

#### Verificação de esforços limites

|         |                  |                    |                          |
|---------|------------------|--------------------|--------------------------|
| Direção | Cisalhamento     | Torção             | Cisalhamento + Torção    |
| B       | Vd = 7.50 tf     | Td = 0 kgf.m       | Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.03 |
|         | VRd2 = 214.78 tf | TRd2 = 38008 kgf.m |                          |
| H       | Vd = 2.03 tf     | Td = 0 kgf.m       | Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.01 |
|         | VRd2 = 203.32 tf | TRd2 = 38008 kgf.m |                          |

#### Direção Armadura de cisalhamento

|       |          |          |
|-------|----------|----------|
| Dados | armadura | Armadura |
|-------|----------|----------|

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>23/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

mínima cisalhamento

|   |                |                                  |                               |
|---|----------------|----------------------------------|-------------------------------|
| B | d = 84.37 cm   | Vmin = 19.13 tf                  | Vsw = 0.00 tf                 |
|   | Vc0 = 36.66 tf | Aswmin = 5.79 cm <sup>2</sup> /m | Asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m |
|   | k = 1.05       |                                  |                               |
|   | Vc = 38.62 tf  |                                  |                               |
| H | d = 44.37 cm   | Vmin = 10.06 tf                  | Vsw = 0.00 tf                 |
|   | Vc0 = 34.70 tf | Aswmin = 5.79 cm <sup>2</sup> /m | Asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m |
|   | k = 1.36       |                                  |                               |
|   | Vc = 47.16 tf  |                                  |                               |

|                              |                            |                            |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Armadura de torção           | Armadura de                | Armadura                   |
| Dados Armadura               | fretagem                   | final                      |
| torção                       |                            |                            |
| he = 16.07 cm                | A90 = 0.00 cm <sup>2</sup> | Zr = 0.00 tf               |
| Ae = 2508.29 cm <sup>2</sup> | Zs = 0.00 tf               | Asw = 3.86 cm <sup>2</sup> |
|                              |                            | ø 6.3 c/ 10                |

Resumo:

- armação longitudinal: 18#20

### Pilar intermediário: P2

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Dados da seção transversal | Dados do concreto                            |
| Seção retangular           | fck = 300.00 kgf/cm <sup>2</sup>             |
| b = 50.00 cm               | h = 90.00 cm                                 |
| Cobrimento = 4.00 cm       | Ecs = 260716 kgf/cm <sup>2</sup>             |
|                            | Peso específico = 2500.00 kgf/m <sup>3</sup> |

### Dimensionamento da armadura longitudinal

|         |                     |                       |
|---------|---------------------|-----------------------|
| Direção | Cálculo da esbeltez | Esforços              |
| B       | Vínculo = RR        | Msdtopo = 0 kgf.m     |
|         | li = 700.00 cm      | Ndmax = 104.48 tf     |
|         | Esbeltez = 50.33    | Ndmin = 58.79 tf      |
|         | ni = 0.10           |                       |
| H       | Vínculo = EL        | Msdtopo = 634 kgf.m   |
|         | li = 1400.00 cm     | Msdbase = 83366 kgf.m |
|         | Esbeltez = 61.51    |                       |

### Seção crítica do pilar: CENTRO

| Direção de cálculo | Excentricidades (cm) | Armadura longitudinal | Processo                   |
|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|
|                    | Torção               | Final                 |                            |
| B                  | eitopo = 0.00        | Td = 0 kgf.m          | (*2)                       |
|                    | ea = 1.41            | 5 ø 20.0              | 1.5G1+1.5G2+1.5SC1         |
|                    | eicentro = 15.23     | e2 = 4.80             | Msd(x) = 12945 kgf.m       |
|                    | eibase = 25.39       | ec = 0.44             | Asl = 0.00 cm <sup>2</sup> |
| H                  | eitopo = 0.75        | ea = 1.41             | 5 ø 20.0                   |
|                    | eicentro = 98.11     | e2 = 15.33            | 1.5G1+1.5G2+1.5SC1         |
|                    | eibase = 98.11       | ec = 3.98             | Msd(y) = 100977 kgf.m      |
|                    |                      | 1.0 %                 | Mrd(y) = 106378 kgf.m      |
|                    |                      | Mrd/Msd=1.05          |                            |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>24/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

## Dimensionamento da armadura transversal

| Modelo cálculo    | Esforços            |              |
|-------------------|---------------------|--------------|
| Inclinação bielas | Cisalhamento        | Torção       |
| I                 | VBd topo = 10.50 tf | Td = 0 kgf.m |
|                   | VBd base = 10.50 tf |              |
| 45                | VHd topo = 2.70 tf  |              |
|                   | VHd base = 2.70 tf  |              |

## Verificação de esforços limites

| Direção | Cisalhamento     | Torção             | Cisalhamento + Torção    |
|---------|------------------|--------------------|--------------------------|
| B       | Vd = 10.50 tf    | Td = 0 kgf.m       | Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.04 |
|         | VRd2 = 236.26 tf | TRd2 = 44521 kgf.m |                          |
| H       | Vd = 2.70 tf     | Td = 0 kgf.m       | Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.01 |
|         | VRd2 = 226.23 tf | TRd2 = 44521 kgf.m |                          |

## Direção Armadura de cisalhamento

|   | Dados armadura mínima      | Armadura de cisalhamento                     |   |
|---|----------------------------|--|---|
| B | d = 84.37 cm               | V <sub>min</sub> = 21.04 tf                  | V <sub>sw</sub> = 0.00 tf                 |
|   | V <sub>c0</sub> = 40.32 tf | As <sub>wmin</sub> = 6.37 cm <sup>2</sup> /m | As <sub>w</sub> = 0.00 cm <sup>2</sup> /m |
|   | k = 1.09                   |  |   |
|   | V <sub>c</sub> = 44.09 tf  |  |   |
| H | d = 49.37 cm               | V <sub>min</sub> = 12.31 tf                  | V <sub>sw</sub> = 0.00 tf                 |
|   | V <sub>c0</sub> = 38.61 tf | As <sub>wmin</sub> = 6.37 cm <sup>2</sup> /m | As <sub>w</sub> = 0.00 cm <sup>2</sup> /m |
|   | k = 1.59                   |  |   |
|   | V <sub>c</sub> = 61.42 tf  |  |   |

## Armadura de torção

| Dados Armadura de torção     | Armadura de fretagem                   | Armadura final           | Armadura                               |
|------------------------------|--|--------------------------|--|
| he = 17.07 cm                | A <sub>90</sub> = 0.00 cm <sup>2</sup> | Z <sub>r</sub> = 0.00 tf | As <sub>w</sub> = 4.25 cm <sup>2</sup> |
| Ae = 2766.35 cm <sup>2</sup> | Z <sub>s</sub> = 0.00 tf               | ∅ 8.0 c/ 15              |  |

## Resumo:

- armação longitudinal: 22#20

## 9. DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES:

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>25/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

| TABELA DE CARGAS NAS FUNDAÇÕES - PILARES DA TRAVESSIA                         |                |                |                 |                 |                |                |
|---|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| PILAR   | N (max.)<br>tf | N (min.)<br>tf | Mx (+/-)<br>tfm | My (+/-)<br>tfm | Fx (+/-)<br>tf | Fy (+/-)<br>tf |
| P1  | 71,51          | 42,93          | 35,69           | 11,14           | 5,11           | 1,48           |
| P2  | 109,70         | 65,89          | 55,69           | 11,51           | 7,53           | 1,53           |
| P3  | 71,86          | 43,23          | 36,97           | 11,51           | 5,13           | 1,526          |
| CARGAS COM VALORES CARACTERÍSTICOS, NÃO INCLUSO PESO DE TERRA SOBRE OS BLOCOS |                |                |                 |                 |                |                |
| OBS.:   |                |                |                 |                 |                |                |
| N com sinal positivo, ação no sentido gravitacional                           |                |                |                 |                 |                |                |
| Mx - momento em torno do eixo paralelo ao eixo longitudinal da travessia      |                |                |                 |                 |                |                |
| My - momento em torno do eixo paralelo ao eixo perpendicular da travessia     |                |                |                 |                 |                |                |
| Fx - força horizontal paralela ao eixo transversal à travessia                |                |                |                 |                 |                |                |
| Fy - força horizontal paralela ao eixo longitudinal à travessia               |                |                |                 |                 |                |                |

OBS.: para dimensionamento dos blocos e estacas foram adotados o fator de redução de 25% nos momentos total com a componente de vento.

### VERIFICAÇÃO BLOCO - P1/P3

Concreto adotado em calculo:  $F_{ck} = 25 \text{ MPa}$

Aço: CA 50A

Distância entre estacas = 1,80m, altura do bloco = 1,10m

Armação: sobre as estacas = 8#16; inferior = #10c/25; superior = #12.5c/25, pele = 6#10

| Referência: P1=P3   |   |        |
|---|---|--------|
| Verificação   | Valores                                 | Estado |
| Distância mínima a partir do perímetro da estaca:<br>-Direção qualquer:   | Mínimo: 0.15 m<br>Calculado: 0.23 m     | Passa  |
| Distância mínima a partir do pilar:                                       | Mínimo: 0.05 m<br>Calculado: 0.41 m     | Passa  |
| Altura mínima do bloco:   | Mínimo: 0.969 m<br>Calculado: 1.1 m     | Passa  |
| Espaço para ancorar arranques na fundação:                                | Mínimo: 0 cm<br>Calculado: 98 cm        | Passa  |
| Altura útil máxima aconselhável:  | Máximo: 1.19625 m<br>Calculado: 0.972 m | Passa  |
| Espaçamento mínimo entre eixos de estacas:                                | Mínimo: 1.26 m<br>Calculado: 1.7 m      | Passa  |
| Largura mínima de estacas:  | Mínimo: 0.25 m<br>Calculado: 0.42 m     | Passa  |
| Espaçamento máximo da armadura de positivos:<br>-Direção da viga lateral: | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 9.4 cm      | Passa  |
| Espaçamento mínimo entre malhas:  | Mínimo: 5 cm                            |        |
| -Malha superior - X:  | Calculado: 23.7 cm                      | Passa  |
| -Malha superior - Y:  | Calculado: 24 cm                        | Passa  |



|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>26/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

|  |                                     |       |
|--|-------------------------------------|-------|
| -Malha inferior - X:   | Calculado: 24 cm                    | Passa |
| -Malha inferior - Y:   | Calculado: 24 cm                    | Passa |
| Espaçamento máximo entre malhas:   | Máximo: 30 cm                       |       |
| -Malha superior - X:   | Calculado: 23.7 cm                  | Passa |
| -Malha superior - Y:   | Calculado: 24 cm                    | Passa |
| -Malha inferior - X:   | Calculado: 24 cm                    | Passa |
| -Malha inferior - Y:   | Calculado: 24 cm                    | Passa |
| Espaçamento mínimo entre diâmetros da armadura perimetral:               | Mínimo: 5 cm                        |       |
| -Estribos qualquer:  | Calculado: 12 cm                    | Passa |
| Espaçamento máximo entre diâmetros da armadura perimetral:               | Máximo: 30 cm                       |       |
| -Estribos qualquer:  | Calculado: 12 cm                    | Passa |
| Diâmetro mínimo armaduras:   | Mínimo: 10 mm                       |       |
| -Estribos perimetrais:   | Calculado: 10 mm                    | Passa |
| Diâmetro mínimo barras horizontais:                                      | Mínimo: 10 mm                       |       |
|  | Calculado: 10 mm                    | Passa |
| Área máxima de armadura:   |                                     |       |
| -Direção X:  | Máximo: 1034.98 cm <sup>2</sup>     | Passa |
|  | Calculado: 50.48 cm <sup>2</sup>    |       |
| -Direção Y:  | Máximo: 1195.1 cm <sup>2</sup>      | Passa |
|  | Calculado: 48.58 cm <sup>2</sup>    |       |
| Quantia geométrica mínima:   |                                     |       |
| -Armadura longitudinal:  | Mínimo: 0.0018                      | Passa |
|  | Calculado: 0.002                    |       |
| Capacidade portante da estaca:   |                                     |       |
| -Combinações fundamentais:   | Máximo: 50 t                        | Passa |
|  | Calculado: 35.63 t                  |       |
| Compressão máxima:   |                                     |       |
| -Nó de bloco de coroamento de estacas rígido (Combinações fundamentais): | Máximo: 141.228 t                   | Passa |
|  | Calculado: 44.5471 t                |       |
| Tração nas bielas do concreto:   |                                     |       |
| -Combinações fundamentais:   | Máximo: 11.13 kgf/cm <sup>2</sup>   | Passa |
|  | Calculado: 3.24 kgf/cm <sup>2</sup> |       |
| Área de aço necessária por cálculo:                                      |                                     |       |
| -Direção da viga lateral (Combinações fundamentais):                     | Mínimo: 6.39 cm <sup>2</sup>        | Passa |
|  | Calculado: 16 cm <sup>2</sup>       |       |
| -Malhas superiores X (Combinações fundamentais):                         | Mínimo: 1.37 cm <sup>2</sup>        | Passa |
|  | Calculado: 5 cm <sup>2</sup>        |       |
| -Malhas superiores Y (Combinações fundamentais):                         | Mínimo: 1.88 cm <sup>2</sup>        | Passa |
|  | Calculado: 3.2 cm <sup>2</sup>      |       |
| Capacidade mecânica da armadura secundária horizontal:                   |                                     |       |
| -Direção X (Combinações fundamentais):                                   | Mínimo: 9.773 t                     | Passa |
|  | Calculado: 30.691 t                 |       |
| -Direção Y (Combinações fundamentais):                                   | Calculado: 35.439 t                 | Passa |
| Comprimento ancoragem armadura longitudinal:                             | Mínimo: 0 cm                        |       |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>27/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

|  |   |       |
|--|---|-------|
| -Viga lateral(Combinações fundamentais):   | Calculado: 92 cm  | Passa |
| -Malhas inferiores X -Ø 10.0 mm - (Combinações fundamentais):                                      | Calculado: 92 cm  | Passa |
| -Malhas inferiores Y -Ø 10.0 mm - (Combinações fundamentais):                                      | Calculado: 92 cm  | Passa |
| -Malhas superiores X -Ø 12.5 mm - (Combinações fundamentais):                                      | Calculado: 30 cm  | Passa |
| -Malhas superiores Y -Ø 10.0 mm - (Combinações fundamentais):                                      | Calculado: 30 cm  | Passa |
| Armadura mínima por metro por motivos mecânicos:<br>-Direção qualquer. (Combinações fundamentais): | Mínimo: 12.01 cm <sup>2</sup><br>Calculado: 14.68 cm <sup>2</sup> | Passa |
| Todas as verificações foram cumpridas  |   |       |

## VERIFICAÇÃO BLOCO - P2

Concreto adotado em calculo: Fck = 25 MPa

Aço: CA 50A

Distância entre estacas = 1,60 e 1,90m, altura do bloco = 1,20m

Armação: sobre as estacas = 8#16; inferior = #12.5c/25; superior = #12.5c/25, pele = 6#10

| Referência: P2  |                                      |        |
|---|--------------------------------------|--------|
| Verificação   | Valores                              | Estado |
| Distância mínima a partir do pilar:                                     | Mínimo: 0.05 m<br>Calculado: 0.89 m  | Passa  |
| Distância mínima a partir do perímetro da estaca:<br>-Direção qualquer: | Mínimo: 0.15 m<br>Calculado: 0.23 m  | Passa  |
| Altura mínima do bloco:   | Mínimo: 1.0915 m<br>Calculado: 1.1 m | Passa  |
| Espaço para ancorar arranques na fundação:                              | Mínimo: 0 cm<br>Calculado: 97 cm     | Passa  |
| Altura útil máxima aconselhável:  | Máximo: 1.25 m<br>Calculado: 0.967 m | Passa  |
| Espaçamento mínimo entre eixos de estacas:                              | Mínimo: 1.26 m<br>Calculado: 1.5 m   | Passa  |
| Largura mínima de estacas:  | Mínimo: 0.25 m<br>Calculado: 0.42 m  | Passa  |
| Espaçamento máximo da armadura de positivos:                            | Máximo: 30 cm                        |        |
| -Direção X (Viga lateral):  | Calculado: 9.5 cm                    | Passa  |
| -Direção Y (Viga lateral):  | Calculado: 9.5 cm                    | Passa  |
| Espaçamento máximo da armadura de negativos:                            | Máximo: 30 cm                        |        |
| -Direção X (Viga lateral):  | Calculado: 9.5 cm                    | Passa  |
| -Direção Y (Viga lateral):  | Calculado: 22.3 cm                   | Passa  |
| Espaçamento mínimo entre malhas:  | Mínimo: 5 cm                         |        |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>28/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

|   |   |                                  |
|---|---|----------------------------------|
| -Malha superior - X:<br>-Malha superior - Y:<br>-Malha inferior - X:<br>-Malha inferior - Y:  | Calculado: 23.7 cm<br>Calculado: 23.7 cm<br>Calculado: 23.7 cm<br>Calculado: 23.7 cm  | Passa<br>Passa<br>Passa<br>Passa |
| Espaçamento máximo entre malhas:<br><br>-Malha superior - X:<br>-Malha superior - Y:<br>-Malha inferior - X:<br>-Malha inferior - Y:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 23.7 cm<br>Calculado: 23.7 cm<br>Calculado: 23.7 cm<br>Calculado: 23.7 cm   | Passa<br>Passa<br>Passa<br>Passa |
| Espaçamento mínimo entre diâmetros da armadura perimetral:<br>-Estribos qualquer:   | Mínimo: 5 cm<br>Calculado: 11.9 cm  | Passa                            |
| Espaçamento máximo entre diâmetros da armadura perimetral:<br>-Estribos qualquer:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 11.9 cm   | Passa                            |
| Diâmetro mínimo armaduras:<br>-Estribos perimetrais:  | Mínimo: 10 mm<br>Calculado: 10 mm   | Passa                            |
| Diâmetro mínimo barras horizontais:   | Mínimo: 10 mm<br>Calculado: 12.5 mm   | Passa                            |
| Área máxima de armadura:<br><br>-Direção X:<br><br>-Direção Y:  | Máximo: 1179.2 cm <sup>2</sup><br>Calculado: 68.4 cm <sup>2</sup><br>Máximo: 1047.2 cm <sup>2</sup><br>Calculado: 65.4 cm <sup>2</sup>  | Passa<br>Passa                   |
| Quantia geométrica mínima:<br>-Armadura longitudinal:   | Mínimo: 0.0018<br>Calculado: 0.002  | Passa                            |
| Capacidade portante da estaca:<br>-Combinações fundamentais:  | Máximo: 50 t<br>Calculado: 42.7 t   | Passa                            |
| Compressão máxima:<br>-Nó de bloco de coroamento de estacas rígido (Combinações fundamentais):  | Máximo: 141.228 t<br>Calculado: 53.6433 t   | Passa                            |
| Tração nas bielas do concreto:<br>-Combinações fundamentais:  | Máximo: 11.13 kgf/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 3.92 kgf/cm <sup>2</sup>  | Passa                            |
| Área de aço necessária por cálculo:<br>-Direção X (Combinações fundamentais):<br><br>-Direção Y (Combinações fundamentais):<br><br>-Malhas superiores X (Combinações fundamentais):<br><br>-Malhas superiores Y (Combinações fundamentais): | Mínimo: 9.77 cm <sup>2</sup><br>Calculado: 16 cm <sup>2</sup><br>Mínimo: 10.56 cm <sup>2</sup><br>Calculado: 16 cm <sup>2</sup><br>Mínimo: 1.38 cm <sup>2</sup><br>Calculado: 5 cm <sup>2</sup><br>Mínimo: 1.68 cm <sup>2</sup><br>Calculado: 5 cm <sup>2</sup> | Passa<br>Passa<br>Passa<br>Passa |
| Capacidade mecânica da armadura secundária horizontal:<br><br>-Direção X (Combinações fundamentais):  | Mínimo: 19.935 t  | Passa                            |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>29/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

|   |   |       |
|---|---|-------|
| -Direção Y (Combinações fundamentais):                        | Calculado: 54.638 t<br>Mínimo: 21.53 t<br>Calculado: 48.521 t | Passa |
| Comprimento ancoragem armadura longitudinal:                  | Mínimo: 0 cm  |       |
| -X(Combinações fundamentais):                                 | Calculado: 91 cm  | Passa |
| -Y(Combinações fundamentais):                                 | Calculado: 91 cm  | Passa |
| -Malhas inferiores X -Ø 12.5 mm - (Combinações fundamentais): | Calculado: 91 cm  | Passa |
| -Malhas inferiores Y -Ø 12.5 mm - (Combinações fundamentais): | Calculado: 91 cm  | Passa |
| -Malhas superiores X -Ø 12.5 mm - (Combinações fundamentais): | Calculado: 91 cm  | Passa |
| -Malhas superiores Y -Ø 12.5 mm - (Combinações fundamentais): | Calculado: 35 cm  | Passa |
| -Malhas superiores Y -Ø 12.5 mm - (Combinações fundamentais): | Calculado: 35 cm  | Passa |
| Armadura mínima por metro por motivos mecânicos:              | Mínimo: 12.04 cm <sup>2</sup>                                 |       |
| -Direção X (Combinações fundamentais):                        | Calculado: 20.52 cm <sup>2</sup>                              | Passa |
| -Direção Y (Combinações fundamentais):                        | Calculado: 22.47 cm <sup>2</sup>                              | Passa |
| Todas as verificações foram cumpridas                         |   |       |

## 10. VERIFICAÇÃO QUANTO À VIBRAÇÃO:

### - Introdução

O objetivo deste item é a análise dinâmica estrutural da Passarela de Pedestre construída na BR-116, na Auto Pista Regis Bittencourt, no km inicialmente descrito.

A verificação foi realizada para o segmento 1 e segmento 2, resultando em deslocamentos máximos da ordem de 6.0 mm, considerando as cargas permanentes.

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>30/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

## - Verificação (análise dinâmica) - Segmento 1 e 2:

| VERIFICAÇÃO DE VIBRAÇÃO EM PASSARELAS DE PEDESTRES                         |   |
|--|---|
| VERIFICAÇÃO PARA A RAMPA DE ACESSO   |   |
| PREMISSAS:   |   |
| 1. VERIFICAÇÃO SIMPLIFICADA  |   |
| 2. HIPÓTESES DE RÍGIDEZ EQUIVALENTE A DE UMA VIGA BI-APOIADA               |   |
| 3. ANÁLISE LINEAR  |   |
| 4. CONFORTO GARANTIDO QUANDO ATENDIDO A FREQUENCIA MIN. REQUERIDA = 4.0 Hz |   |
| DADOS:   |   |
| E =  | 30000000 kN/m <sup>2</sup> ..... MÓDULO DE ELASTICIDADE                 |
| I =  | 0,09 m <sup>4</sup> ..... MOMENTO DE INÉRCIA EQUIVALENTE E HOMOGENIZADO |
| P =  | 17 kN/m ..... PESO DA ESTRUTURA POR UNIDADE DE COMPRIMENTO              |
| L =  | 21,85 m ..... VÃO DA ESTRUTURA  |
| g =  | 9,81 m/seg <sup>2</sup> ..... ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE                   |
| DETERMINAÇÃO DA FREQUENCIA NATURAL DA ESTRUTURA (1o. MODO):                |   |
| mI =   | 1,73 ..... MASSA POR UNIDADE DE COMPRIMENTO = P/g                       |
| f1 = (3.14 / 2) x RAIZ(EI / m x L <sup>4</sup> ) =                         | 4,104769 > 4 Hz   |
| <b>Ok ..... PEQUENA POSSIBILIDADE DE VIBRAÇÃO EXCESSIVA</b>                |   |

## 11. CONCLUSÃO

As passarelas de pedestres podem apresentar vibrações excessivas, principalmente na direção vertical, devidas a passagem de pedestres com baixa densidade de ocupação.

As vibrações excessivas ocorrem quando a estrutura tem modos naturais de vibração associados a frequências, situadas nas faixas de frequência fundamentais características das atividades humanas.

A frequência natural da estrutura devem se afastar das frequências entre 1,6 e 2,4 Hz, resultantes do caminhar de pessoas e, 2,0 e 3,5 Hz, resultantes da atividade de correr.

|                            |          |            |        |
|----------------------------|----------|------------|--------|
| Código:                    | Revisão: | Emissão:   | Folha: |
| MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | A        | 09/04/2012 | 31/40  |

A estrutura, considerando o segmento mais desfavorável, possui frequência natural da ordem de 4.1 Hz, superior as faixas de frequência de excitação da estrutura.

Portanto a atividade de caminhar não apresentará desconforto durante a utilização da passarela, pois estamos em conformidade com as especificações normativas da ABNT.

## **12. RELATÓRIO DE SONDAGEM**

Nota: os furos de sondagem devem estar próximos aos pilares locados para a travessia e rampas de acesso, devendo ser representativos, se os furos foram executados fora da projeção da passarela, nova campanha de investigação foi executada e as fundações foram analisadas e confirmadas por engenheiro geotécnico, por ocasião da obra.

Anexo: relatório de sondagem da empresa MECSOLOS ENGENHARIA

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>32/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

**ANEXO :**

**BOLETINS DE**

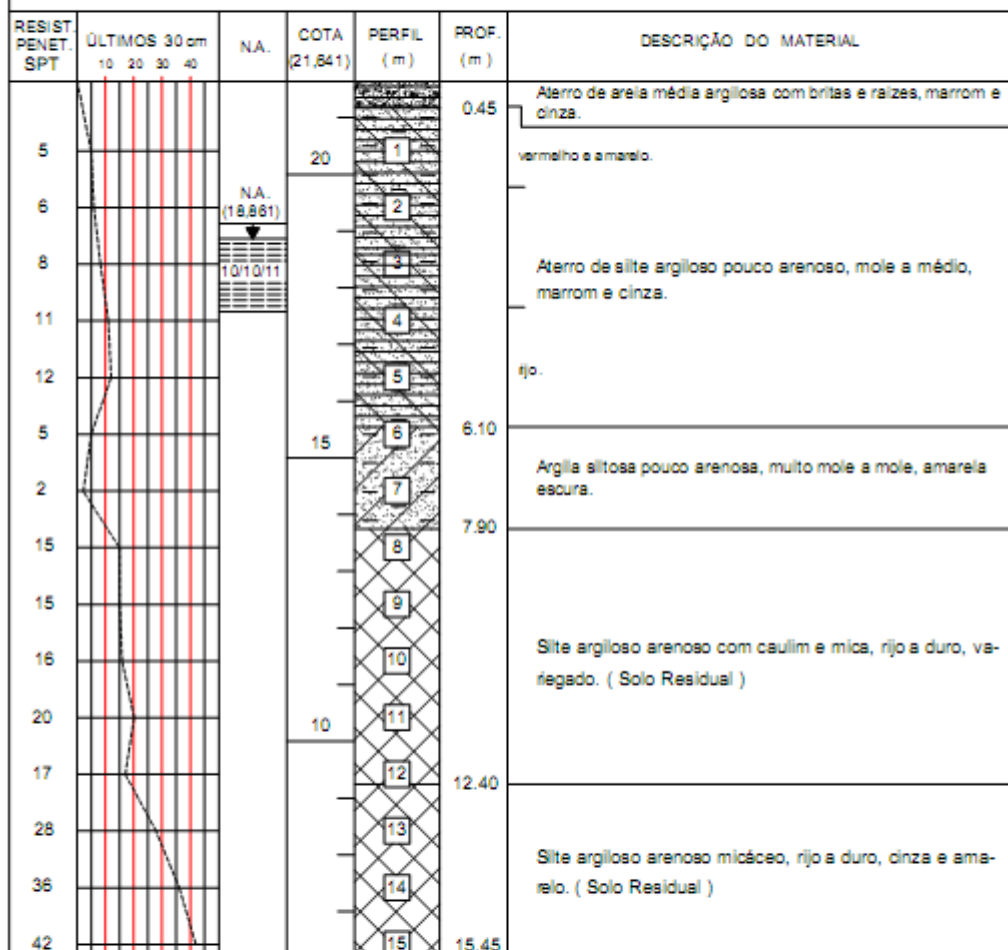
**SONDAGEM À PERCUSSÃO**

**DA EMPRESA MECSOLOS**

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>33/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

## SONDAGEM SP-01 (Ø 2" 1/2)

COORD. N# 7.306.523,2580  
E# 232.876,5040



|                  |                    |               |
|------------------|--------------------|---------------|
| REVESTIMENTO (m) | 0,00<br>6,50       |               |
| PERFURAÇÃO (m)   | TRADO              | 0,00<br>4,00  |
|                  | CIRCULAÇÃO DE ÁGUA | 4,45<br>15,00 |



**MECSOLO**  
**ENGENHARIA**

R. Dom Bernardo Nogueira, 1042 - V. Guericundo - S. Paulo - S.P.  
FONE/FAX: (11) 5034-3882 / (024) 3032 E-mail: mecsolo@oi.com.br

|                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| DATA:<br>13/10/2011             | DES. Nº:<br>02   |
| DESENHISTA:<br><i>R. Payama</i> | ESCALA:<br>1:100 |
| VISTO:                          |                  |

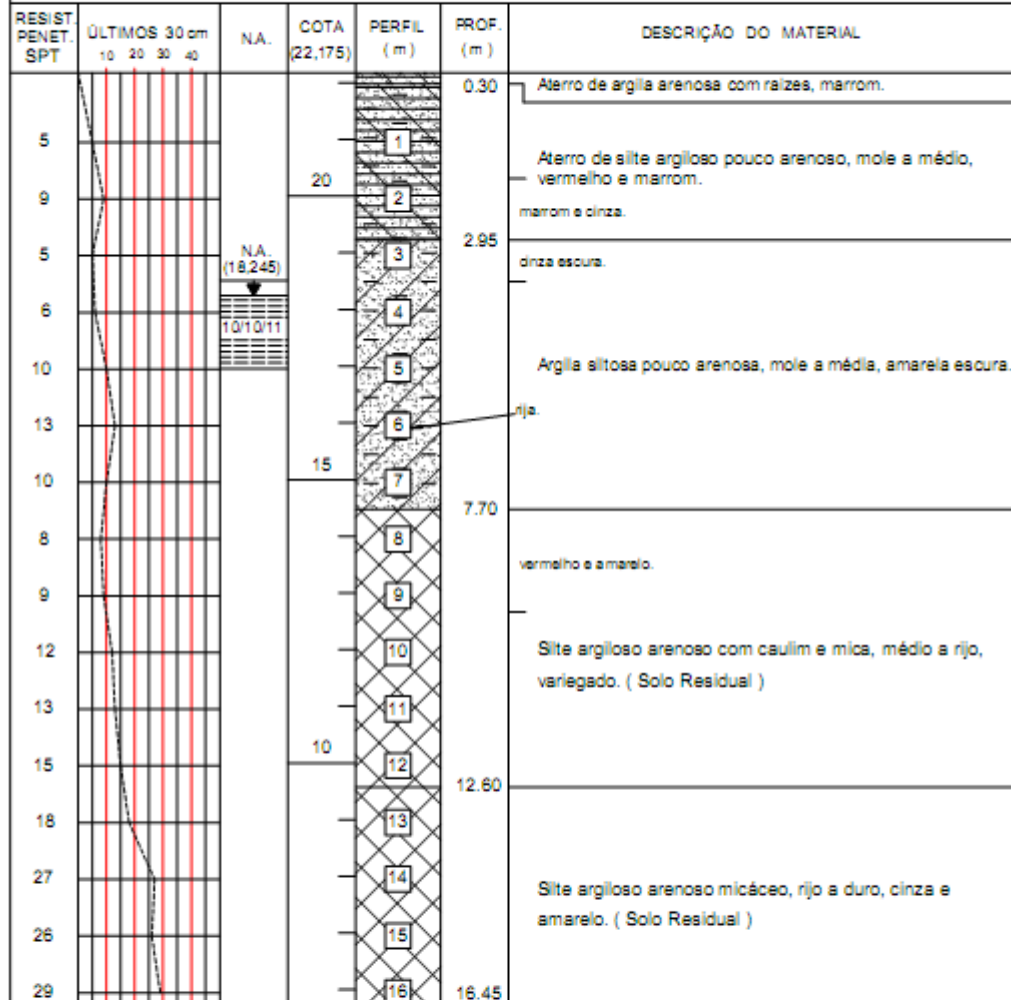
|   |                              |
|---|------------------------------|
| CLIENTE:<br>AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT S.A.    | ENGR:                        |
| LOCAL:<br>Rodovia Régis Bittencourt, km 414+420 | RELATÓRIO:<br>MSR-1126/11-13 |
| SONDAGEM SP-01                                  |                              |



|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>34/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

## SONDAGEM SP-02 (Ø 2" 1/2)

COORD. N# 7.306.529,5930  
E# 232.909,0080



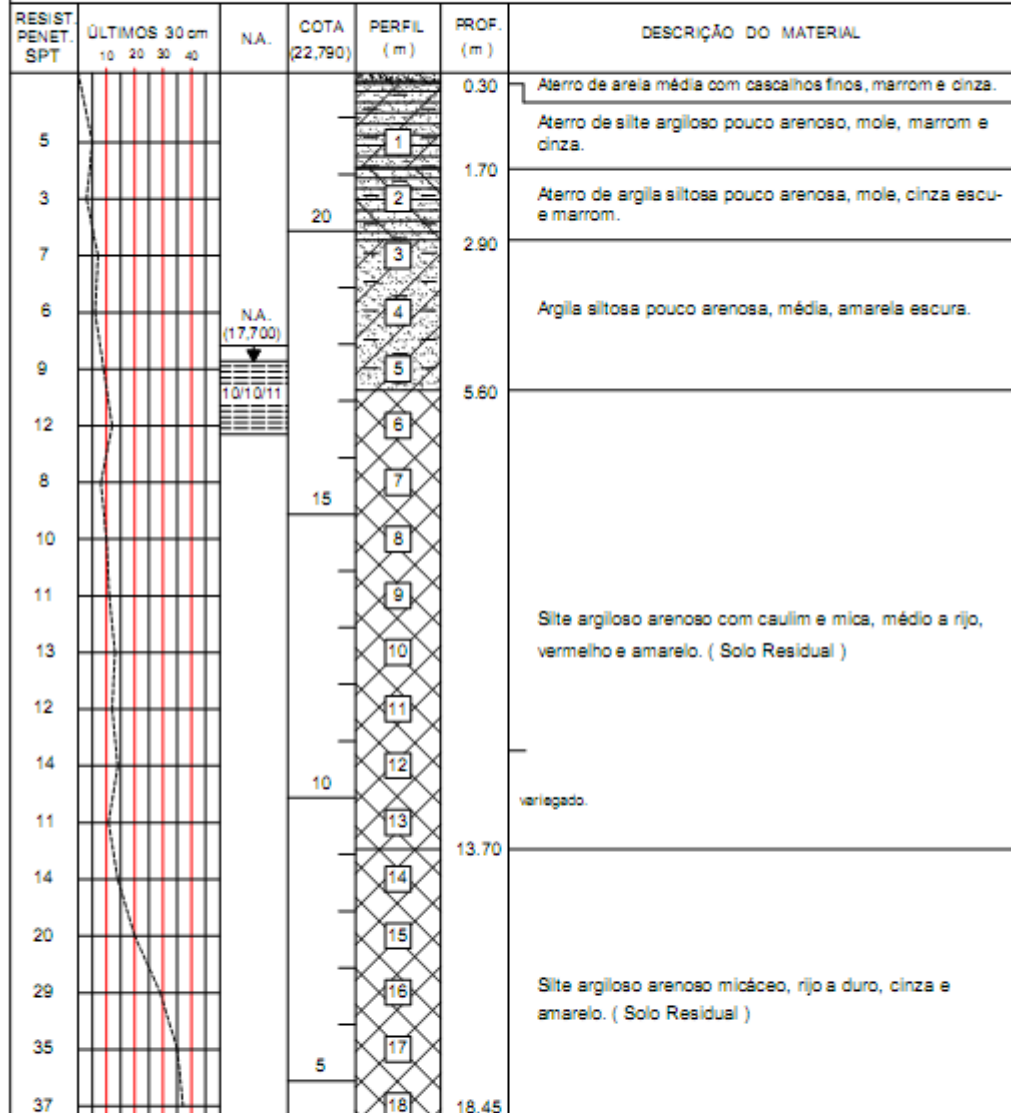
|                  |                    |                    |
|------------------|--------------------|--------------------|
| REVESTIMENTO (m) |                    | 000<br>#<br>6.50   |
| CIRCULAÇÃO (m)   | TRADO              | 000<br>#<br>3.00   |
|                  | CIRCULAÇÃO DE ÁGUA | 5.45<br>#<br>16.00 |

|  |                                 |                  |
|--|---------------------------------|------------------|
|  <p><b>MECSOLO</b><br/>ENGENHARIA</p> <p>R. Dom Bernardo Nogueira, 1042 - V. Guericundo - S. Paulo - S.P.<br/>FONE/FAX: (11) 5034-3552 / (5034-3032 E-mail: mecsol@bol.com.br</p> | DATA:<br>13/10/2011             | DES. Nº:<br>03   |
|  | DESENHISTA:<br><i>R. Sugama</i> | ESCALA:<br>1:100 |
|  | VISTO:                          |                  |
| CLIENTE:<br>AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT S.A.   | ENGR:                           |                  |
| LOCAL:<br>Rodovia Régis Bittencourt, km 414+420  | RELATÓRIO:<br>MSR-1126/11-13    |                  |
| SONDAGEM SP-02   |                                 |                  |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>35/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

## SONDAGEM SP-03 (Ø 2" 1/2)

COORD. N# 7.306.535,3520  
E# 232.931,6790



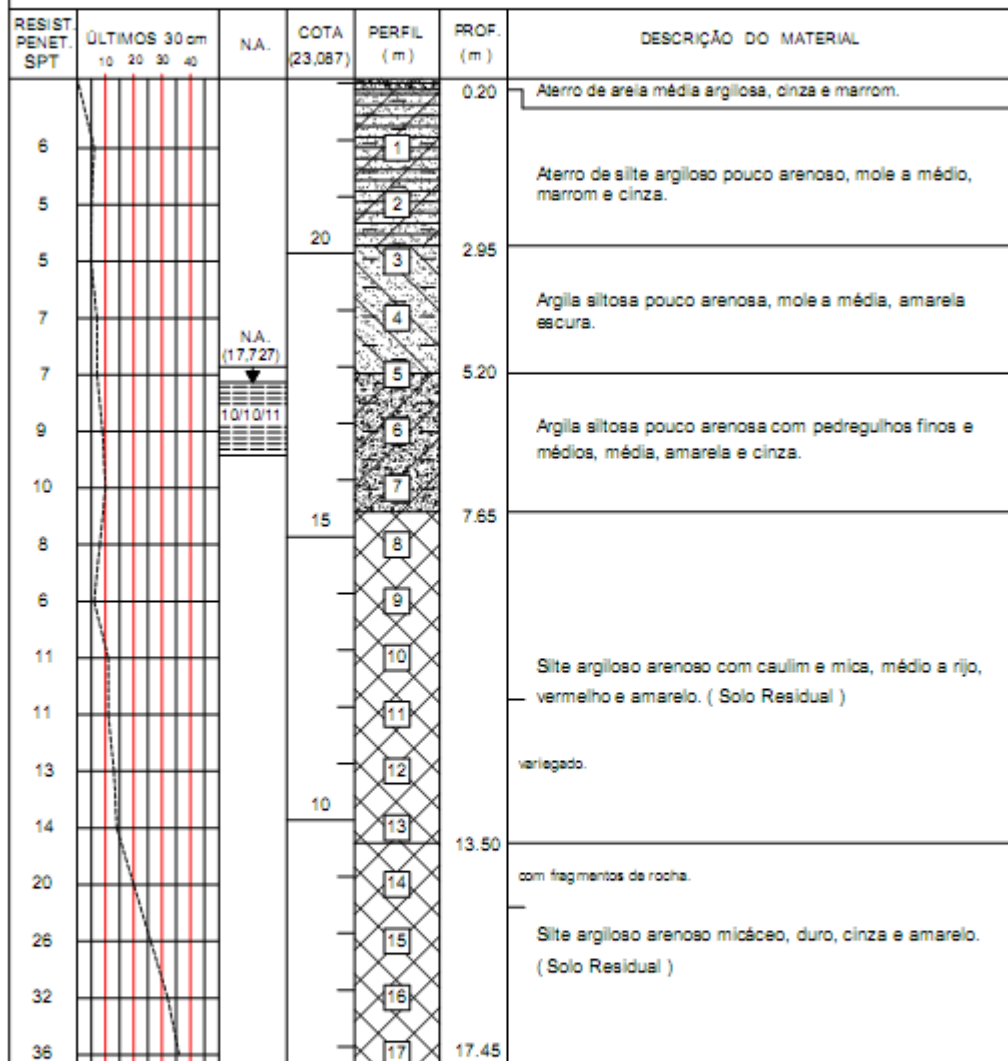
|                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| REVESTIMENTO (m)   | 000<br>#<br>7.30   |
| PERMEABILIDADE (m) | 000<br>#<br>8.00   |
|                    | 6.45<br>#<br>16.00 |

|  |                                 |                  |
|--|---------------------------------|------------------|
|  <p><b>MECSOLO</b><br/>ENGENHARIA</p> <p>R. Dom Bernardo Nogueira, 1042 - V. Guericundo - S. Paulo - S.P.<br/>FONE/FAX: (11) 5034-3582 / (024-3032 E-mail: mecsol@oi.com.br</p> | DATA:<br>13/10/2011             | DES. Nº:<br>04   |
|  | DESENHISTA:<br><i>R. Puyama</i> | ESCALA:<br>1:100 |
|  | VSTO:                           |                  |
| CLIENTE:<br>AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT S.A.   | ENGR:                           |                  |
| LOCAL:<br>Rodovia Régis Bittencourt, km 414+420  | RELATÓRIO:<br>MSR-1126/11-13    |                  |
| SONDAGEM SP-03   |                                 |                  |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>36/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

## SONDAGEM SP-04 (Ø 2" 1/2)

COORD. N=7.306.557,7930  
E= 232.927,2860



|                    |                    |               |
|--------------------|--------------------|---------------|
| REVESTIMENTO (m)   | 000<br>7.50        |               |
| PERMEABILIDADE (m) | TRADO              | 000<br>6.00   |
|                    | CIRCULAÇÃO DE ÁGUA | 6.45<br>17.00 |



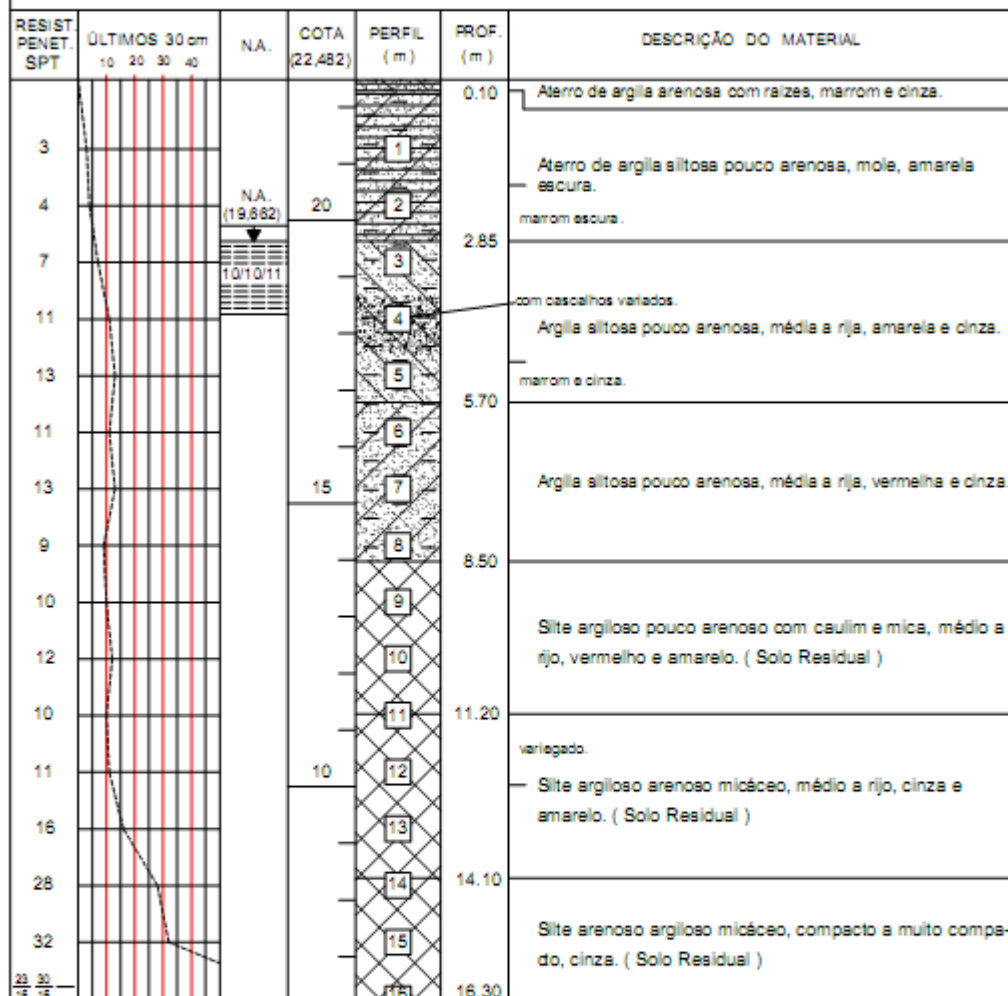
|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| DATA:<br>13/10/2011               | DES. Nº:<br>05   |
| DESENHISTA:<br><i>R. Paganini</i> | ESCALA:<br>1:100 |
| VISTO:                            |                  |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| CLIENTE:<br>AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT S.A.    | ENGR:                        |
| LOCAL:<br>Rodovia Régis Bittencourt, km 414+420 | RELATÓRIO:<br>MSR-1126/11-13 |
| SONDAGEM SP-04                                  |                              |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>37/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

## SONDAGEM SP-05 (Ø 2" 1/2)

COORD. N# 7.306.582,1390  
E# 232.922,6750



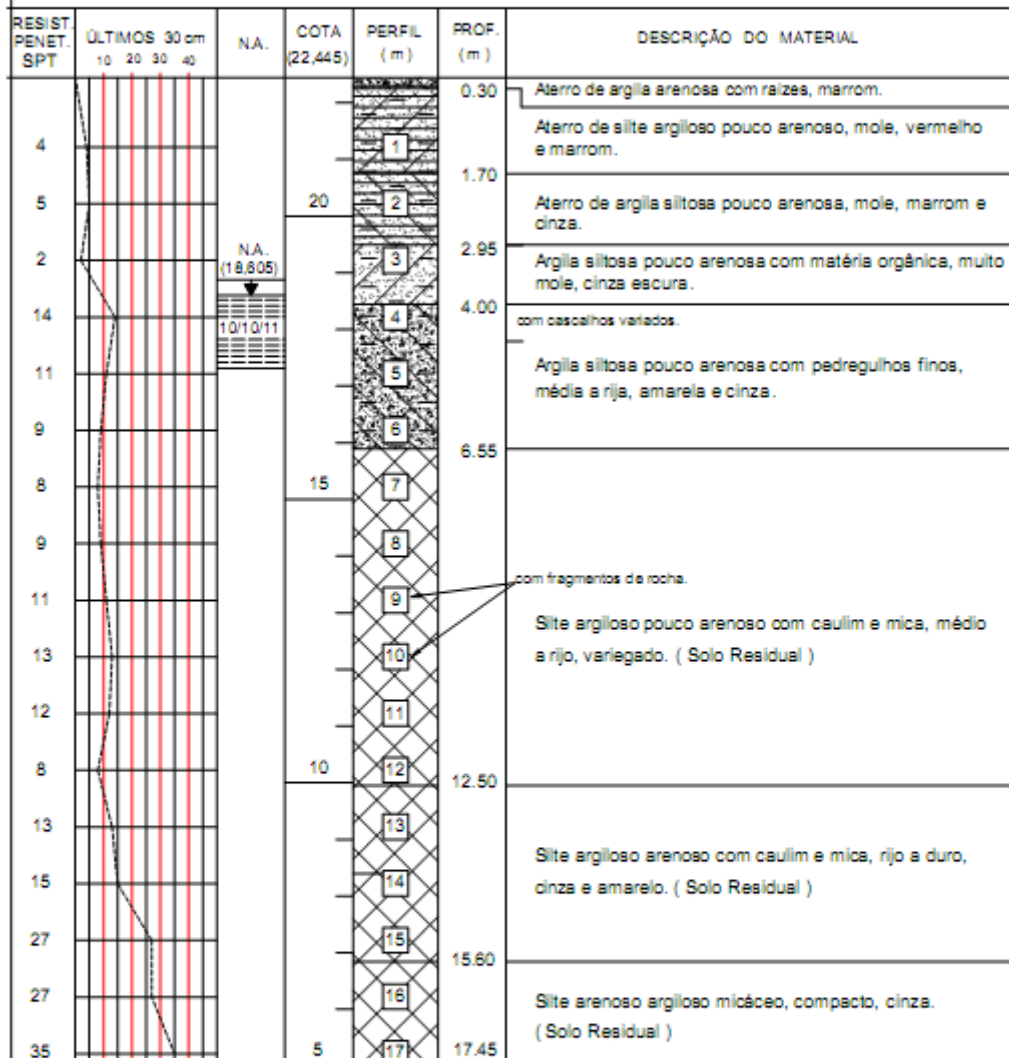
|                  |               |
|------------------|---------------|
| REVESTIMENTO (m) | 000<br>7.50   |
| PERFURAÇÃO (m)   | 000<br>8.00   |
|                  | 8.45<br>16.00 |

|   |                                 |                  |
|---|---------------------------------|------------------|
|  <p><b>MECSOLO</b><br/>ENGENHARIA</p> <small>R. Dom Bernardo Nogueira, 1042 - V. Guarácindo - S. Paulo - S.P.<br/>FONE/FAX: (11) 5034-3882 / (5034-3032 E-mail: mecsol@oi.com.br</small> | DATA:<br>13/10/2011             | DES. Nº:<br>08   |
|   | DESENHISTA:<br><i>R. Sugama</i> | ESCALA:<br>1:100 |
|   | VISTO:                          |                  |
| CLIENTE:<br>AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT S.A.  | ENGR:                           |                  |
| LOCAL:<br>Rodovia Régis Bittencourt, km 414+420   | RELATÓRIO:<br>MSR-1126/11-13    |                  |
| SONDAGEM SP-05  |                                 |                  |


|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>38/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

## SONDAGEM SP-06 (Ø 2" 1/2)

COORD. N# 7.306.588,0140  
E# 232.945,3800



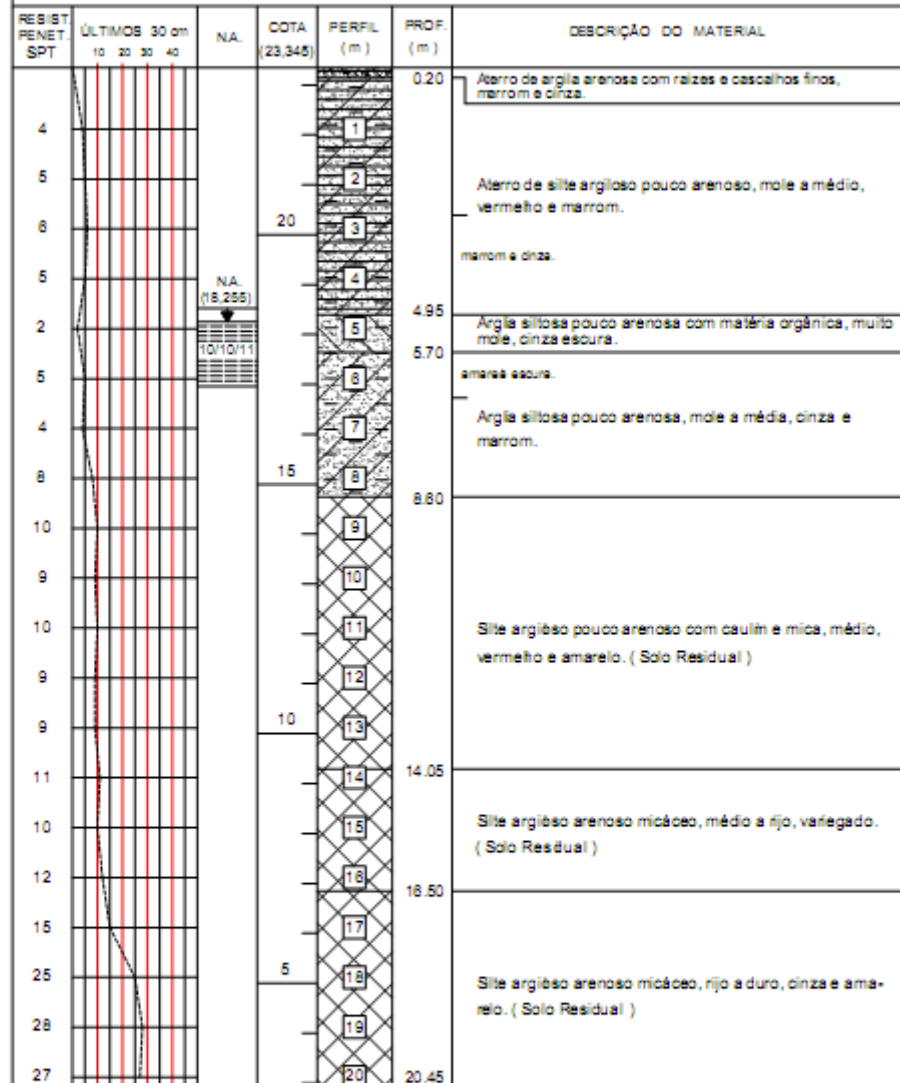
|                  |                    |                    |
|------------------|--------------------|--------------------|
| REVESTIMENTO (m) | 000<br>#<br>7,00   |                    |
| PERFORAÇÃO (m)   | TRADO              | 000<br>#<br>5,00   |
|                  | CIRCULAÇÃO DE ÁGUA | 5,45<br>#<br>17,00 |

|  |                                 |                  |
|--|---------------------------------|------------------|
|  <p><b>MECSOLO<br/>ENGENHARIA</b><br/>R. Dom Bernardo Nogueira, 1042 - V. Guericundo - S. Paulo - S.P.<br/>FONE/FAX: (11) 5034-2882 / (034) 3032 5 - e-mail: mecsol@mecsol.com.br</p> | DATA:<br>13/10/2011             | DES. Nº:<br>07   |
|  | DESENHISTA:<br><i>R. Toyama</i> | ESCALA:<br>1:100 |
|  | VISTO:                          |                  |
| CLIENTE:<br>AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT S.A.   | ENGE:                           |                  |
| LOCAL:<br>Rodovia Régis Bittencourt, km 4 14+420   | RELATÓRIO:<br>MSR-1126/11-13    |                  |
| SONDAGEM SP-06   |                                 |                  |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-C04/501 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>39/40 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

### SONDAGEM SP-07 (Ø2" 1/2)

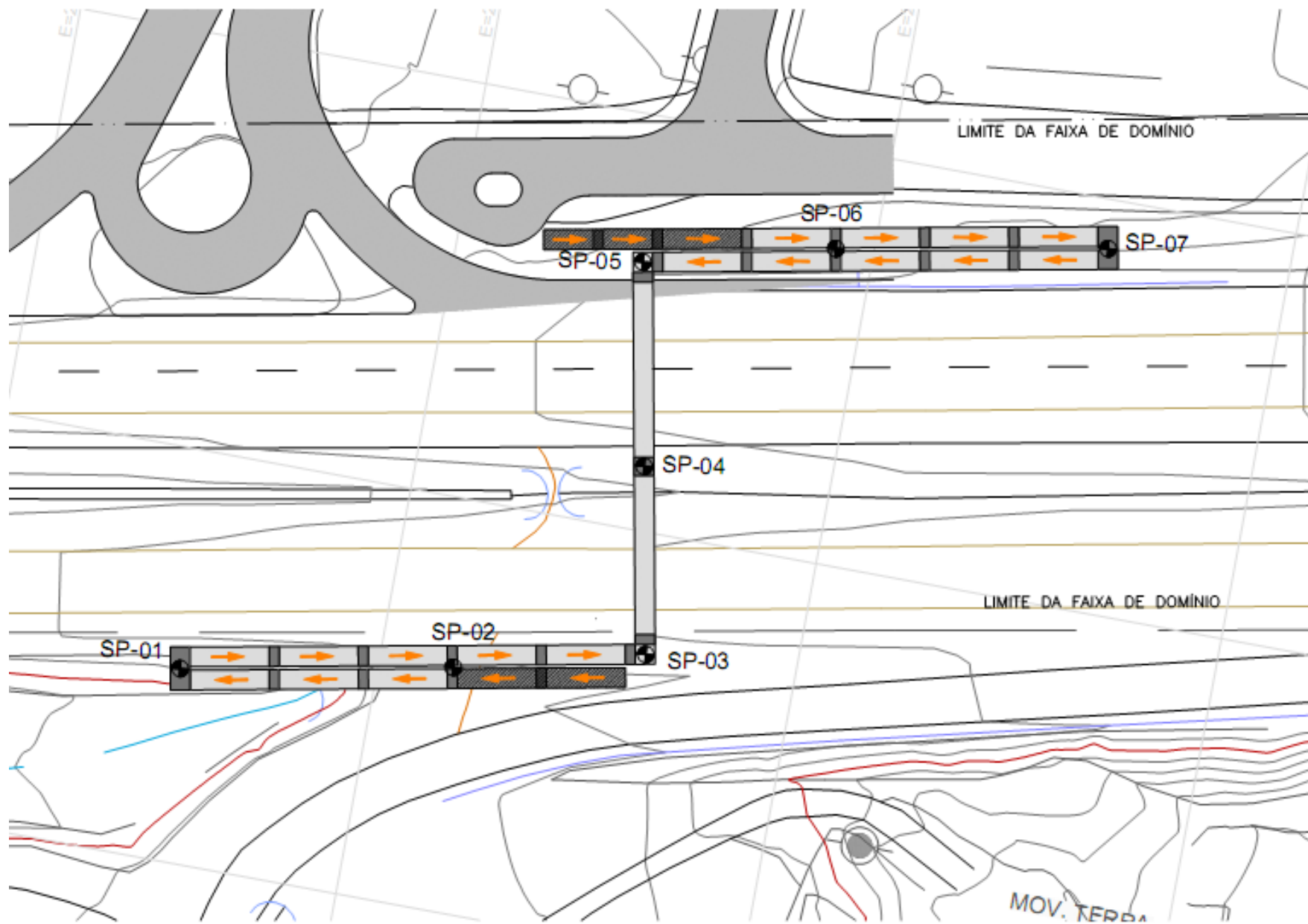
COORD. N=7.308.594,0570  
E= 232.977,9120



|                  |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| REVESTIMENTO (m) | 0,00 a 0,50                     |
| ESTRUTURA (m)    | TRADO 0,00 a 0,50               |
|                  | CIRCULAÇÃO DE ÁGUA 5,44 a 20,00 |

|   |                         |               |
|---|-------------------------|---------------|
|  <p><b>MECSOLO ENGENHARIA</b><br/>R. Dom Genesio Rogério, 1043 - V. Guaranicó - São Paulo - SP.<br/>RNP/FAX: (11) 2333-9492 - 808-20326 - mcs@meccs.com.br</p> | DATA: 09/10/2011        | DES. Nº: 08   |
|   | DESIGNISTA: R. F. F. F. | ESCALA: 1:100 |
|   | VISTO:                  |               |
| CLIENTE: AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT S.A.   | SITIO:                  |               |
| LOCAL: Rodovia Régis Bittencourt, km 414+420  | RELATORIO:              |               |
| SONDAGEM SP-07  | MSR-1126/11-13          |               |







Autopista  
**Régis Bittencourt**  
arteris

Código  
MC-06-116/SP-414-3-C04/502

REV.  
A

Emissão  
09/04/2012

Folha  
1/46

Lote :  
06

Rodovia :  
BR-116/SP  
REGIS BITTENCOURT

Firma Projetista:  
SEC Engenharia Ltda.

Trecho :  
SÃO PAULO - CURITIBA  
km 414+320

Concessionária:  
Autopista Régis Bittencourt

Objeto :  
MEMÓRIA DE CÁLCULO - RAMPA

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

|      |            |                      |                |      |
|------|------------|----------------------|----------------|------|
|      |            |                      |                |      |
|      |            |                      |                |      |
|      |            |                      |                |      |
|      |            |                      |                |      |
|      | 09/04/2012 | SEC Engenharia Ltda. | Enzo Palazzi   |      |
| Rev. | Data       | Firma Projetista     | Concessionária | ANTT |

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| FIRMA PROJETISTA: | SEC Engenharia Ltda.           |
| Nº INTERNO:       | SEC-MC-06-116/SP-414-3-C04/502 |
|                   | Rev. A                         |



## ÍNDICE

---

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | INTRODUÇÃO.....   | 3  |
| 2.     | SOLUÇÃO ESTRUTURAL ADOTADA .....  | 3  |
| 3.     | NORMAS.....   | 4  |
| 4.     | CARREGAMENTOS.....  | 4  |
| 5.     | DIMENSIONAMENTO DA LAJE ALVEOLAR .....  | 5  |
| 5.1.   | Dimensionamento da laje.....  | 5  |
| 6.     | DIMENSIONAMENTO DOS PILARES E CONSOLES.....   | 11 |
| 6.1.   | Dimensionamento dos pilares .....   | 11 |
| 6.1.1. | Dimensionamento de pilar com até 7.5m de altura livre .....                         | 11 |
| 6.1.2. | Dimensionamento de pilar com até 6.0m de altura livre .....                         | 16 |
| 6.1.3. | Dimensionamento de pilar com até 4.0m de altura livre .....                         | 20 |
| 6.1.4. | Dimensionamento de pilar com até 2.5m de altura livre .....                         | 24 |
| 6.1.5. | Dimensionamento de pilar com até 8.5m de altura livre .....                         | 28 |
| 6.2.   | Dimensionamento dos consoles dos pilares .....                                      | 32 |
| 6.3.   | Dimensionamento da laje em balanço do ultimo pilar com a travessia e laje de virada | 34 |
| 7.     | DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES:.....   | 36 |
| 8.     | VERIFICAÇÃO VIBRAÇÃO .....  | 43 |
| 8.1.   | Introdução.....   | 43 |
| 8.2.   | Verificação (análise dinâmica) .....  | 44 |
| 8.3.   | Conclusão.....  | 44 |

## 1. INTRODUÇÃO

Esta memória tem por objetivo descrever o dimensionamento da rampa de acesso norte e sul da passarela de Pedestres executada no km 414+320 da Rodovia BR 116 Régis Bittencourt.

## 2. SOLUÇÃO ESTRUTURAL ADOTADA

A estrutura, meso e infraestrutura das rampas da passarela foi feito em concreto armado e constituída de laje em painel alveolar protendido com capa de concreto, apoiada em consoles dispostos sobre os pilares.

Os consoles e pilares em concreto armado, moldado no local e os painéis de laje são pré-fabricados.

O vão típico para as lajes foi de aproximadamente 10.50 m, considerando a distância entre centros de apoios, sendo que, as mesmas são apoiadas através de almofadas de argamassa e de elastômeros vulcanizados dispostos continuamente sobre os consoles e sob os painéis alveolares.

O concreto utilizado em projeto para os elementos moldados no local (fundações, pilares e consoles) é de  $F_{ck}=30$  MPa com módulo de elasticidade tangente inicial de 30 GPa e módulo de elasticidade tangente inicial de 28 GPa na desforma.

O concreto utilizado para a capa da laje alveolar foi o mesmo utilizado para os pilares ( $F_{ck}=30$  MPa).

O gabarito mínimo adotado sobre as faixas de rolamento de acordo com orientação do contratante é de 5.50 metros e a largura útil mínima da passarela de 2,0m.

A rampa terá um trecho inicial em alvenaria estrutural e laje de piso em concreto armado e demais trechos apoiados em pilares/consolos de concreto armado dispostos com eixos a cada 10,80m e o ultimo pilar na junção com a travessia com distância entre eixo do anterior de 8,80m, salvo algum trecho específico.

A estrutura da rampa foi apoiada em pilares de concreto armado com seção de 60x60cm para até 4,0m de altura livre, de 60x70 cm para até 6.0m de altura livre e 60x80 cm para até 7.5 m de altura livre, exceto para os pilares que existirem lajes engastadas, que são para altura livre de até 7.5m, seção de 60x90 cm, para altura livre de até 6.5m, seção de 60x80 cm, para altura livre de até 5.0m, seção de 60x70 cm e para altura livre de até 3.0 m, seção de 60x60 cm.

### 3. NORMAS

NBR 6118: Projeto de estrutura de concreto

NBR-9062: Projeto de estruturas pré-moldadas

NBR-6123: Forças devidas ao vento em edificações - Procedimentos.

NBR-7188: Norma de cargas em pontes e passarelas.

NBR -9050: Acessibilidade

### 4. CARREGAMENTOS

Vento (NBR-6123):

O carregamento devido ao vento foi considerado nos pilares e nas fundações, entretanto, o mesmo não foi aplicado na estrutura do piso (laje com painel alveolar e capa de concreto armado), dada à rigidez do elemento em seu plano.

$$V_0 = 40 \text{ m/s}$$

$$S_1 = 1,0, S_2 = 0,95, S_3 = 1,0 \dots\dots\dots V_k = 38 \text{ m/s}$$

$$p = V_k^2 / 16 \dots\dots\dots p = 90.2 \text{ kgf/m}^2$$

Coeficiente de força (tab. 14 da NBR 6123) .....  $C_x = 2,0$

$$q_p = 2 \times 90,2 = 182 \text{ kgf/m}^2$$

$$h_{inf} = 0,90 \text{ m} \dots\dots\dots q = 182 \times 0,90 = 164 \text{ kgf/m}$$

Sobrecarga de utilização: 500 kgf/m<sup>2</sup>

Peso do guarda corpo = 25 kgf/m (aplicado em cada lado da rampa)

Peso do painel de laje alveolar (conforme tabela fornecedor) = 400 kg/m<sup>2</sup> (sem capa)

Peso do painel de laje alveolar (conforme tabela fornecedor) = 520 kg/m<sup>2</sup> (com capa)

Peso da estrutura: conforme seção transversal prevista (peso concreto = 2500 kg/m<sup>3</sup>)

Temperatura não aplicada (elementos contínuos com comprimentos menores que 30 metros).

## **5. DIMENSIONAMENTO DA LAJE ALVEOLAR**

### **5.1. Dimensionamento da laje**

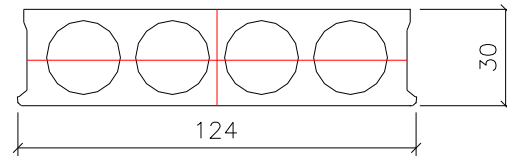
Segue desenho e características geométricas da seção transversal do painel de laje alveolar, conforme dados do fabricante TATU LAJES. Outro fornecedor foi acolhido desde que as lajes mantenham as mesmas características, conforme indicação em projeto e neste memorial.

Sobre as lajes foi executada capa de concreto armado com espessura variando de 5,5 a 5,0 cm para constituir o caimento transversal.

Características geométricas da seção transversal típica (painel alveolar):

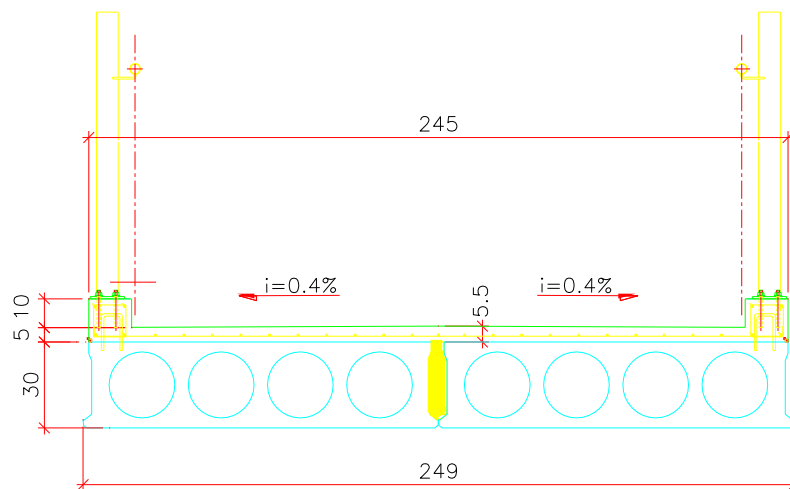
|  |                      |                               |                       |
|--|----------------------|-------------------------------|-----------------------|
| <b>Código:</b><br>MC-06-116-SP-414-3-C04-502 | <b>Revisão:</b><br>A | <b>Emissão:</b><br>09/04/2012 | <b>Folha:</b><br>6/46 |
|--|----------------------|-------------------------------|-----------------------|

DESENHO FORNECIDO PELA LAJES TATU  
PAINEL ALVEOLAR PROTENDIDO PE3012708  
PROTENSÃO: 8 COORDOALHAS INFERIORES 12,7mm  
4 COORDOALHAS SUPERIORES 4.0mm



Area: 0.1924  
Perimeter: 5.9632  
Bounding box: X: -0.6225 -- 0.6225  
Y: -0.1493 -- 0.1507  
Centroid: X: 0.0000  
Y: 0.0000  
Moments of inertia: X: 0.0022  
Y: 0.0262  
Product of inertia: XY: 0.0000  
Radii of gyration: X: 0.1061  
Y: 0.3688  
Principal moments and X-Y directions about centroid:  
I: 0.0022 along [1.0000 0.0000]  
J: 0.0262 along [0.0000 1.0000]

### Seção transversal - típica da rampa

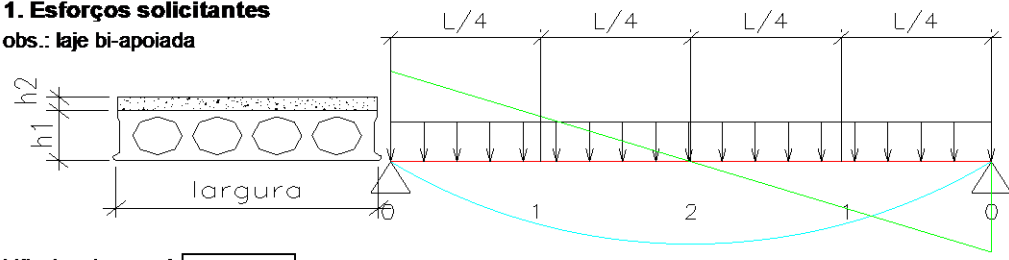


BETA 35 (30+5)  
PESO PRÓPRIO C/ CAPA = 0.53 tf/m<sup>2</sup>  
CONSUMO CAPA = 70 LITROS/m<sup>2</sup>

### Dimensionamento do painel alveolar:

### Calculo de Laje Protendida Alveolar

**1. Esforços solicitantes**  
obs.: laje bi-apoiada



Vão teorico .... L  m

| Esforços característicos |           |           |          |          |          |         |       |      | Considerar a largura da placa .... P (tf/m)<br>Pg0 = <b>0.500</b><br>Pg1 = <b>0.200</b><br>Pq = <b>0.600</b> |
|--------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|---------|-------|------|--|
| Seção                    | Mg0 (tfm) | Mg1 (tfm) | Mq (tfm) | Vg0 (tf) | Vg1 (tf) | Vq (tf) | Mk    | Vk   |  |
| 0                        | 0.00      | 0.00      | 0.00     | 2.65     | 1.06     | 3.18    | 0.00  | 6.89 |  |
| 1                        | 5.27      | 2.11      | 6.32     | 1.33     | 0.53     | 1.59    | 13.69 | 3.45 |  |
| 2                        | 7.02      | 2.81      | 8.43     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 18.26 | 0.00 |  |

| Esforços - ELS |           |           |          |          |          |         |       |      | Pg0 = <b>0.50</b><br>Pg1 = <b>0.20</b><br>Pq = <b>0.36</b> |
|----------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|---------|-------|------|--|
| Seção          | Mg0 (tfm) | Mg1 (tfm) | Mq (tfm) | Vg0 (tf) | Vg1 (tf) | Vq (tf) | Md,s  | Vd,s |  |
| 0              | 0.00      | 0.00      | 0.00     | 2.65     | 1.06     | 1.91    | 0.00  | 5.62 |  |
| 1              | 5.27      | 2.11      | 3.79     | 1.33     | 0.53     | 0.95    | 11.17 | 2.81 |  |
| 2              | 7.02      | 2.81      | 5.06     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 14.89 | 0.00 |  |

| Esforços - ELU |           |           |          |          |          |         |       |      | Pg0 = <b>0.70</b><br>Pg1 = <b>0.28</b><br>Pq = <b>0.90</b> |
|----------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|---------|-------|------|--|
| Seção          | Mg0 (tfm) | Mg1 (tfm) | Mq (tfm) | Vg0 (tf) | Vg1 (tf) | Vq (tf) | Md    | Vd   |  |
| 0              | 0.00      | 0.00      | 0.00     | 3.71     | 1.48     | 4.77    | 0.00  | 9.96 |  |
| 1              | 7.37      | 2.95      | 9.48     | 1.86     | 0.74     | 2.39    | 19.80 | 4.98 |  |
| 2              | 9.83      | 3.93      | 12.64    | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 26.40 | 0.00 |  |

**2. Características geometricas:** Largura de uma placa =  cm

**2.1. Seção da laje alveolar sem capa**

|   |                                       |                 |   |                                    |    |
|---|---------------------------------------|-----------------|---|------------------------------------|----|
| Área líquida (sem alveolos):              | <input type="text" value="1900.0"/>   | cm <sup>2</sup> | Distancia entre o eixo dos cabos inferiores á borda inferior da laje ..... yo,j = | <input type="text" value="3.00"/>  | cm |
| Momento de inércia Ix :                   | <input type="text" value="175000.0"/> | cm <sup>4</sup> | Yinf = Ysup =   | 15                                 | cm |
| Altura da seção :                         | <input type="text" value="30.0"/>     | cm              | Wsup = Winf =   | 11666.7                            | cm |
| Distancia da face inferior ao baricentro: | <input type="text" value="15.0"/>     | cm              | Distancia entre o eixo dos cabos superiores á borda inferior da laje ..... yo,s = | <input type="text" value="27.00"/> | cm |

**2.2. Seção da laje alveolar com capa**

|   |                                       |                 |        |      |    |        |         |
|---|---------------------------------------|-----------------|--------|------|----|--------|---------|
| Área líquida (sem alveolos):              | <input type="text" value="2500.0"/>   | cm <sup>2</sup> | Yinf = | 19.0 | cm | Winf = | 18947.4 |
| Momento de inércia Ix :                   | <input type="text" value="360000.0"/> | cm <sup>4</sup> | Ysup = | 16.0 | cm | Wsup = | 22500.0 |
| Altura da seção :                         | <input type="text" value="35.0"/>     | cm              |        |      |    |        |         |
| Distancia da face inferior ao baricentro: | <input type="text" value="19.0"/>     | cm              |        |      |    |        |         |

**3. Materiais:**

|   |                                    |                     | Módulo (kgf/cm <sup>2</sup> ) |            | Fct (kgf/cm <sup>2</sup> ) |          |
|---|------------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------|----------------------------|----------|
|   |                                    |                     | E                             | Ecs        | Fctm                       | Fctk,inf |
| Resistencia do concreto na protensão Fc(i): | <input type="text" value="300.0"/> | kgf/cm <sup>2</sup> | 306724.63                     | 260715.937 | 28.96                      | 20.28    |
| Resistencia caracteristica do concreto Fck: | <input type="text" value="400.0"/> | kgf/cm <sup>2</sup> | 354175.1                      | 301048.833 | 35.09                      | 24.56    |

**Armação na borda inferior:**

Aço para protensão ..... Fptk =  kgf/cm<sup>2</sup> .....

Fpyk = 0.9 \* Fptk = 17100 kgf/cm<sup>2</sup>

0.74 \* Fptk = 14060 kgf/cm<sup>2</sup>     

0.82 \* Fpyk = 14022 kgf/cm<sup>2</sup>      E =  kgf/cm<sup>2</sup>

**Armação na borda superior:**

Aço para protensão ..... Fptk =  kgf/cm<sup>2</sup> .....

Fpyk = 0.85 \* Fptk = 12750 kgf/cm<sup>2</sup>

0.74 \* Fptk = 11100 kgf/cm<sup>2</sup>     

0.82 \* Fpyk = 10455 kgf/cm<sup>2</sup>      E =  kgf/cm<sup>2</sup>

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MC-06-116-SP-414-3-C04-502 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>8/46 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

**4. Nível de protensão e fatores de combinação:**  
 Protensão:  (limitada ou completa)

|  |  |
|--|--|
| ELS - Fatores de combinação:<br>Combinação Freqüente - CF $\gamma f_2 = \Psi_1 = 0.60$<br>Combinação Rara - CR $\gamma f_2 = 1.00$<br>Valor considerado, conforme tipo de protensão = 0.60 | Fatores ponderação materiais<br>$\gamma_c = 1.4$<br>$\gamma_p = 0.9$ |
|--|--|

ELU ..... Fator para gargas permanentes: 1.4  
 Fator para gargas acidentais: 1.5

**5. Determinação das quantidade de cabos:**

Cabos inferiores: diâmetro = 12.7 mm      Cabos superiores: diâmetro = 4 mm  
 área = 0.987 cm<sup>2</sup>      área = 0.126 cm<sup>2</sup>

Estimativa das perdas imediatas ..... Gin = 10 % ..... 0.9  
 Estimativa das perdas progressivas ..... Gpr = 10 % ..... 0.9

Tesões admissíveis no ato protensão:  $\sigma_{pr,comp} = -210.0$  kgf/cm<sup>2</sup>       $\sigma_{pr,tra} = 24.3$  kgf/cm<sup>2</sup>  
 Tesões admissíveis aos 28 dias:  $\sigma_{comp} = -280.0$  kgf/cm<sup>2</sup>       $\sigma_{tra} = 29.5$  kgf/cm<sup>2</sup>

**Força máxima admissível a ser introduzida pelos cabos no ato da protensão, considerando a seção 2:**

Borda inf. comprimida .....  $N_{pr,comp} = -150065$  kgf .....  $150.06$  tf  
 Borda sup. tracionada .....  $N_{pr,tra} = 4844$  kgf .....  $4.84$  tf

Quantidade coordoalhas inferiores =  Qde. cabos adotados:   $N_{poo, inf} = 89.68$  tf  
 Quantidade coordoalhas superiores =  Qde. cabos adotados:   $N_{poo, sup} = 4.27$  tf

**6. Distribuição das tensões:**

| ELS - concreto 28 dias com capa |           |           |          |                |                |                           |                    |                                       |                                       |
|---------------------------------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Seção                           | Mg0 (tfm) | Mg1 (tfm) | Mq (tfm) | Mpoo,inf (tfm) | Mpoo,sup (tfm) | ON (kgf/cm <sup>2</sup> ) | M, result (kgf.cm) | $\sigma_{sup}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | $\sigma_{inf}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 0                               | 0.00      | 0.00      | 0.00     | -17.04         | 0.68           | -37.58                    | -1635655.20        | -110.28                               | -123.91                               |
| 1                               | 5.27      | 2.11      | 6.32     | -17.04         | 0.68           | -37.58                    | -266267.70         | -49.41                                | -51.63                                |
| 2                               | 7.02      | 2.81      | 8.43     | -17.04         | 0.68           | -37.58                    | 190194.80          | -29.13                                | -27.54                                |

| ELU - concreto 28 dias com capa |           |           |          |                |                |                           |                    |                                       |                                       |
|---------------------------------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Seção                           | Mg0 (tfm) | Mg1 (tfm) | Mq (tfm) | Mpoo,inf (tfm) | Mpoo,sup (tfm) | ON (kgf/cm <sup>2</sup> ) | M, result (kgf.cm) | $\sigma_{sup}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | $\sigma_{inf}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 0                               | 0.00      | 0.00      | 0.00     | -15.34         | 0.61           | -33.82                    | -1472089.68        | -99.25                                | -111.52                               |
| 1                               | 7.37      | 2.95      | 9.48     | -15.34         | 0.61           | -33.82                    | 508255.32          | -11.23                                | -7.00                                 |
| 2                               | 9.83      | 3.93      | 12.64    | -15.34         | 0.61           | -33.82                    | 1168370.32         | 18.11                                 | 27.84                                 |

**7. Verificação das tensões:**

| ELS - concreto 28 dias com capa - verificação das tensões |                                       |             |          |            |          |                                       |             |          |            |          |
|---|---------------------------------------|-------------|----------|------------|----------|---------------------------------------|-------------|----------|------------|----------|
| Seção   | $\sigma_{sup}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Tração max. | Verifica | Comp. max. | Verifica | $\sigma_{inf}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Tração max. | Verifica | Comp. max. | Verifica |
| 0   | -110.28                               | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       | -123.91                               | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       |
| 1   | -49.41                                | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       | -51.63                                | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       |
| 2   | -29.13                                | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       | -27.54                                | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       |

| ELU - concreto 28 dias com capa - verificação das tensões |                                       |             |          |            |          |                                       |             |          |            |          |
|---|---------------------------------------|-------------|----------|------------|----------|---------------------------------------|-------------|----------|------------|----------|
| Seção   | $\sigma_{sup}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Tração max. | Verifica | Comp. max. | Verifica | $\sigma_{inf}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Tração max. | Verifica | Comp. max. | Verifica |
| 0   | -99.25                                | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       | -111.52                               | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       |
| 1   | -11.23                                | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       | -7.00                                 | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       |
| 2   | 18.11                                 | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       | 27.84                                 | 29.5        | Ok       | -280.0     | Ok       |

**8. Verificação ao cisalhamento considerando a capa**

Obs: pelo menos 50% das armações devem se estender aos apoios

Espessura total das nervuras (soma das espessuras das paredes entre alveolos):  $bt =$   cm

Quantidade de alveolos preenchidos:  $n_{alv} =$

Diâmetro do alveolo:  $d_{alv} =$   cm ..... área dos alveolos preenchidos:  $A_{alv} =$  0.0 cm<sup>2</sup>

$\tau_{wr} = \alpha F_{cd} =$  28.6 kgf/cm<sup>2</sup>       $\alpha =$

Tensão de compressão no CG da laje:  $TCG = \beta N_p / (Ac + 0.4A_{alv}) =$  26.31 kgf/cm<sup>2</sup>       $\beta =$

Taxa geométrica de armadura de protensão:  $T_x = A_{s,p} / d \cdot (b + n_{alv} \cdot d_{alv}) =$  0.026 .....  $\beta =$  2.6 %

Coefficiente de forma .....  $k = (1.6 - d) =$  1.3 >= 1 .....  $k =$  1.3

$\tau_{wu} = \tau_{wd} \cdot k \cdot (1.2 + 40pp) + 0.15 \cdot TCG =$  86.2 kgf/cm<sup>2</sup> .....  $V_{rd} =$  30181.1 kgf

$V_{s,d} =$  9964 kgf ..... **Ok**

Verificação da laje conforme tabela do fabricante (TATU LAJES):

Sobrecarga total = multidão + guarda corpo = 0,5 + 0,05 = 0,55 tf/m<sup>2</sup>  
 Para a sobrecarga de 0,6 tf/m<sup>2</sup> ..... laje: PE3012708 para vão de 10.6m .....Ok.



LAJE ALVEOLAR PROTENDIDA – Hp=30cm PESADO

SEM CAPA DE CONCRETO  
 Peso-Próprio = 4,00KN/m<sup>2</sup>  
 Consumo de concreto = 14,0 litros/m<sup>2</sup>



COM CAPA DE CONCRETO  
 Peso-Próprio = 5,20KN/m<sup>2</sup>  
 Consumo de concreto (C25) = 70,0 litros/m<sup>2</sup>



|                                 |      | VÃOS MÁXIMOS (cm) X CARREGAMENTO (KN/m <sup>2</sup> ) |          |           |          |           |          |           |          |
|---------------------------------|------|---|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                                 |      | PE3012706   |          | PE3012708 |          | PE3012709 |          | PE2512710 |          |
|                                 |      | Sem Capa  | Com Capa | Sem Capa  | Com Capa | Sem Capa  | Com Capa | Sem Capa  | Com Capa |
| M.R.U. (KN.m/m)                 |      | 185,6   | 194,8    | 216,9     | 252,0    | 236,7     | 275,0    | 266,1     | 297,2    |
| SOBRECARGA (KN/m <sup>2</sup> ) | 0,5  | 1450  | 1397     | 1660      | 1589     | 1734      | 1660     | 1803      | 1726     |
|                                 | 1,0  | 1376  | 1340     | 1574      | 1524     | 1645      | 1592     | 1711      | 1655     |
|                                 | 1,5  | 1312  | 1289     | 1501      | 1466     | 1568      | 1531     | 1631      | 1592     |
|                                 | 2,0  | 1256  | 1243     | 1437      | 1414     | 1501      | 1477     | 1562      | 1536     |
|                                 | 2,5  | 1207  | 1202     | 1381      | 1368     | 1443      | 1429     | 1500      | 1485     |
|                                 | 3,0  | 1163  | 1165     | 1331      | 1325     | 1390      | 1384     | 1446      | 1439     |
|                                 | 3,5  | 1123  | 1131     | 1286      | 1287     | 1343      | 1344     | 1397      | 1397     |
|                                 | 4,0  | 1088  | 1100     | 1245      | 1251     | 1300      | 1307     | 1353      | 1359     |
|                                 | 4,5  | 1055  | 1071     | 1208      | 1218     | 1261      | 1273     | 1312      | 1323     |
|                                 | 5,0  | 1025  | 1045     | 1174      | 1188     | 1226      | 1241     | 1275      | 1290     |
|                                 | 6,0  | 973   | 997      | 1113      | 1134     | 1163      | 1185     | 1210      | 1231     |
|                                 | 7,0  | 928   | 955      | 1061      | 1086     | 1109      | 1135     | 1153      | 1180     |
|                                 | 8,0  | 888   | 918      | 1016      | 1044     | 1062      | 1091     | 1104      | 1134     |
|                                 | 9,0  | 853   | 885      | 976       | 1007     | 1020      | 1052     | 1061      | 1094     |
|                                 | 10,0 | 822   | 856      | 941       | 973      | 983       | 1017     | 1022      | 1057     |
|                                 | 11,0 | 794   | 829      | 909       | 943      | 950       | 985      | 988       | 1024     |
| 12,0                            | 769  | 804   | 880      | 915       | 919      | 956       | 956      | 994       |          |
| 13,0                            | 746  | 782   | 854      | 889       | 892      | 929       | 928      | 966       |          |
| 14,0                            | 725  | 761   | 830      | 866       | 867      | 905       | 902      | 940       |          |
| 15,0                            | 706  | 742   | 808      | 844       | 844      | 882       | 878      | 917       |          |

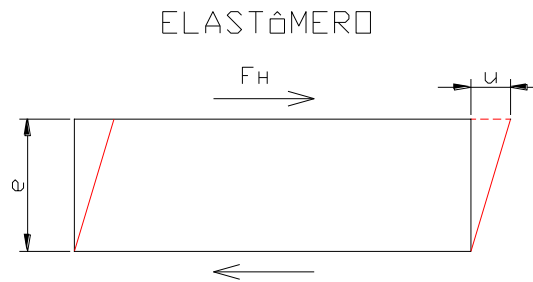
TABELA DE DIMENSIONAMENTO

VERIFICAÇÃO DO APOIO DA LAJE

Considerando a laje alveolar apoiada continuamente em elastômero com as seguintes características:



Dureza shore = 50 e módulo de elasticidade transversal = 6 kgf/cm<sup>2</sup>



Efeito da temperatura:

Varição adotada:  $\Delta t = 15^\circ\text{C}$  ..... extensão da laje = 10.60 m

$$\Delta l = 10.60 \times 15 \times 10\text{E-}5 \text{ (x}10^3\text{)} = 1,59 \text{ mm}$$

Obs.: considerando o alongamento em um dos apoios.

$$\text{Tensão no elastômero ..... } \tau_h = G \times u / e = 6,0 \times 0,159 / 3 = 0,32 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{força transmitida ao apoio ... } F_h = \tau_h \times l_n \times b_n = 0,32 \times 245 \times 14 = 1098 \text{ kgf} = 1.10 \text{ tf}$$

sendo:

$l_n$  ..... extensão da almofada que efetivamente apóia os painéis de laje

$b_n$  ..... largura da almofada de apoio

Obs.: face ao apoio contínuo e baixas tensões de compressão na almofada não se faz necessário a verificação da mesma.

#### Verificação do escorregamento da laje na almofada:

$$\text{Força horizontal ..... } F_x = \text{tg}5^\circ \times 3,6 = 0,32 \text{ tf/m}$$

$$\text{Força normal ..... } F_n = 0,32 \times \cos 5^\circ = \sim 0,32 \text{ tf}$$

$$\text{Força resultante considerando dois apoios: } F_{nr} = 0,32 \times 9.6 = \sim 3,2 \text{ tf} / 2 = 1,60 \text{ tf}$$

$$\text{Tensão no apoio de topo} = 1,60 \times 10\text{E}3 / 100 \times 15 = \sim 1,1 \text{ kgf/cm}^2$$

Escorregamento:

$$F_{\text{escor.}} = 1,60 \text{ tf/m}$$

$$F_{\text{atrito}} = \text{coef. atrito} \times L(\text{m}) \times \text{peso (tf)}$$

$$F_{\text{atrito}} = 0,50 \times 9,6 \times 0,5 = \sim 3,0 \text{ tf/m} \rightarrow F_{\text{escor.}} \text{ ..... ok.}$$

Deformação da almofada de topo:

Considerando todo o esforço em um apoio: Tensão =  $3,2 \times 1000 / 100 \times 20 = 1,6 \text{ tf/cm}^2$

$\Delta e/e = \text{Tensão na almofada} / G = 1,6 / 50 = 0,032 \text{ mm} \dots \Delta e = 0,032 \times 10 = 0.32 \text{mm}$

## 6. DIMENSIONAMENTO DOS PILARES E CONSOLES

### 6.1. Dimensionamento dos pilares

os pilares das rampas foram agrupados em quatro alturas livres, com 7.5m, 6.0m, 4.0m e 2,5m e as armações são dimensionadas para as alturas indicadas e seção correspondente, conforme descrito anteriormente.

Os pilares nas extremidades das rampas que apóiam um segmento da rampa são dimensionados considerando apoiando dois segmentos, com alternância de carregamento, para as fundações são considerados os carregamentos distintos entre os pilares intermediários e pilares extremos.

Concreto para os pilares:  $F_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Aço: CA 50A - armação longitudinal e transversal

#### 6.1.1. Dimensionamento de pilar com até 7.5m de altura livre

**Pilares:**

**a. Esforços (combinações)**

■ **Nomes das ações**

- AP Permanente
- Qa Sobrecarga nula
- Qa (1) Sobrecarga unilateral
- Qa (2) Sobrecarga unilateral
- Qa (3) Sobrecarga simultânea
- V 1 Vento longitudinal
- V 2 vento transversal

■ **E.L.U. Concreto**

NRB 6118:2003(ELU)

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1   | V 2   |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1     | 0.900 |       |        |        |        |       |       |
| 2     | 1.400 |       |        |        |        |       |       |
| 3     | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       |       |
| 4     | 1.400 | 1.500 |        |        |        |       |       |
| 5     | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 6     | 1.400 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 7     | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 8     | 1.400 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 9     | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 10    | 1.400 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 11    | 0.900 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 12    | 1.400 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 13    | 0.900 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 14    | 1.400 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 15    | 0.900 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 16    | 1.400 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 17    | 0.900 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 18    | 1.400 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 19    | 0.900 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 20    | 1.400 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 21    | 0.900 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 22    | 1.400 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 23    | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 24    | 1.400 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 25    | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 26    | 1.400 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 27    | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 28    | 1.400 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 29    | 0.900 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 30    | 1.400 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |

■ **E.L.Util.**

NRB 6118:2003(ELU)

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1   | V 2   |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1     | 0.900 |       |        |        |        |       |       |
| 2     | 1.500 |       |        |        |        |       |       |
| 3     | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       |       |
| 4     | 1.500 | 1.500 |        |        |        |       |       |
| 5     | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 6     | 1.500 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 7     | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 8     | 1.500 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 9     | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 10    | 1.500 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 11    | 0.900 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 12    | 1.500 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 13    | 0.900 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 14    | 1.500 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 15    | 0.900 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 16    | 1.500 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 17    | 0.900 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 18    | 1.500 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 19    | 0.900 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 20    | 1.500 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 21    | 0.900 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 22    | 1.500 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 23    | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 24    | 1.500 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 25    | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 26    | 1.500 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 27    | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 28    | 1.500 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 29    | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |
| 30    | 1.500 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |

■ **Deslocamentos**

Ações características

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1 | V 2 |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-----|-----|
| 1     | 1.000 |       |        |        |        |     |     |
| 2     | 1.000 | 1.000 |        |        |        |     |     |
| 3     | 1.000 |       | 1.000  |        |        |     |     |
| 4     | 1.000 |       |        | 1.000  |        |     |     |
| 5     | 1.000 |       |        |        | 1.000  |     |     |

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1   | V 2   |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 6     | 1.000 |       |        |        |        | 1.000 |       |
| 7     | 1.000 | 1.000 |        |        |        | 1.000 |       |
| 8     | 1.000 |       | 1.000  |        |        | 1.000 |       |
| 9     | 1.000 |       |        | 1.000  |        | 1.000 |       |
| 10    | 1.000 |       |        |        | 1.000  | 1.000 |       |
| 11    | 1.000 |       |        |        |        |       | 1.000 |
| 12    | 1.000 | 1.000 |        |        |        |       | 1.000 |
| 13    | 1.000 |       | 1.000  |        |        |       | 1.000 |
| 14    | 1.000 |       |        | 1.000  |        |       | 1.000 |
| 15    | 1.000 |       |        |        | 1.000  |       | 1.000 |

## - Pilar dimensionamento

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.
- Armaduras:
  - Primeira parcela: Armadura de canto.
  - Segunda parcela: Armadura da face X.
  - Terceira Parcela: Armadura da face Y.
- Estribos: Indica-se apenas o estribo perimetral disposto. Se existirem outros estribos e ramos, deve-se consultar o desenho do quadro de pilares. Podem existir distintos espaçamentos no topo, base e nó, que podem ser consultados em opções e detalhamento de pilares.
- H: Altura livre do tramo de pilar sem travamento intermediário.
- Hpx: Comprimento de flambagem do tramo de pilar na direção 'X'.
- Hpy: Comprimento de flambagem do tramo de pilar na direção 'Y'.
- Desfavoráveis: Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem e excentricidade adicional por flambagem.
- Referência: Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem (não inclui flambagem).
- Nota:
  - Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão | Tramo | Armaduras | As/Ac | Estribos | H | Hpx | Hpy | Desfavoráveis | Referência |
|-------|--------|----------|-------|-----------|-------|----------|---|-----|-----|---------------|------------|
|-------|--------|----------|-------|-----------|-------|----------|---|-----|-----|---------------|------------|

|    |        | (cm)  | (m)       |                  | (%)  |             | (m)  | (m)   | (m)   | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) |
|----|--------|-------|-----------|------------------|------|-------------|------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|
| P1 | Piso 1 | 60x80 | 4.25/8.00 | 4Ø20 +4Ø20 +4Ø20 | 0.79 | Ø6.3c/20 cm | 8.00 | 12.38 | 16.50 | 51.18 | 18.58    | 22.96    | 51.18 | 12.05    | 14.25    |
|    |        |       | 0.00/4.25 | 4Ø20 +4Ø20 +4Ø20 | 0.79 | Ø6.3c/20 cm | 8.00 | 12.38 | 16.50 | 47.22 | 46.84    | 8.04     | 47.22 | 40.82    | 0.00     |

## - ESFORÇOS EM PILARES POR HIPÓTESE

■ Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.

■ Nota:

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão (cm) | Tramo (m) | Hipótese(s) | Base  |          |          |        |        |         | Ext.Sup. |          |          |        |        |         |
|-------|--------|---------------|-----------|-------------|-------|----------|----------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|
|       |        |               |           |             | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) | N (t)    | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) |
| P1    | Piso 1 | 60x80         | 4.25/8.00 | Permanente  | 26.43 | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 21.93    | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Sobrecarga  | 2.05  | -6.00    | -0.00    | -1.50  | -0.00  | 0.00    | 2.05     | -0.38    | -0.00    | -1.50  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (1)      | 9.45  | 8.03     | 0.00     | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 9.45     | 8.03     | 0.00     | 0.00   | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (2)      | 9.45  | -8.03    | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    | 9.45     | -8.03    | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (3)      | 18.90 | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 18.90    | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | V 1         | -0.00 | -5.67    | -0.00    | -1.78  | -0.00  | 0.00    | -0.00    | -0.28    | -0.00    | -1.10  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | V 2         | 0.00  | -0.00    | -9.50    | -0.00  | -2.58  | 0.00    | 0.00     | -0.00    | -0.55    | -0.00  | -2.20  | 0.00    |
|       |        |               | 0.00/4.25 | Permanente  | 31.53 | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 26.43    | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Sobrecarga  | 2.05  | -12.38   | -0.00    | -1.50  | -0.00  | 0.00    | 2.05     | -6.00    | -0.00    | -1.50  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (1)      | 9.45  | 8.03     | 0.00     | -0.00  | 0.00   | 0.00    | 9.45     | 8.03     | 0.00     | -0.00  | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (2)      | 9.45  | -8.03    | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 9.45     | -8.03    | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (3)      | 18.90 | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 18.90    | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | V 1         | -0.00 | -14.84   | -0.00    | -2.54  | -0.00  | 0.00    | -0.00    | -5.67    | -0.00    | -1.77  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | V 2         | 0.00  | -0.00    | -21.35   | -0.00  | -3.00  | 0.00    | 0.00     | -0.00    | -9.50    | -0.00  | -2.57  | 0.00    |

## - RELATÓRIO QUANTITATIVOS PILARES

Aço em barras e estribos: CA-50-A e CA-60-B

Piso 1: Piso 1 Concreto: C30, em geral

| Referência   | Dimensões m | Formas m <sup>2</sup> | Concreto m <sup>3</sup> | Diam. | Nº | Comprimento cm. | Total cm. | A.barras Kg. | A.estribos Kg. |      |
|--------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-------|----|-----------------|-----------|--------------|----------------|------|
| Pilar        | 0.60x0.80   | 11.9                  | 2.04                    | Ø20   | 12 | 495             | 5940      | 146.88       | 27.30          |      |
|              |             |                       |                         | Ø6.3  | 46 | 240             | 11040     |              |                | 8.30 |
|              |             |                       |                         | Ø6.3  | 46 | 73              | 3358      |              |                |      |
| Pilar        | 0.60x0.80   | 10.5                  | 1.80                    | Ø20   | 12 | 422             | 5064      | 125.22       | 27.30          |      |
|              |             |                       |                         | Ø6.3  | 46 | 240             | 11040     |              |                | 8.30 |
|              |             |                       |                         | Ø6.3  | 46 | 73              | 3358      |              |                |      |
| Total piso 1 |             | 22.4                  | 3.84                    |       |    |                 |           | 272.10       | 71.20          |      |

## - SOMATÓRIO DE ESFORÇOS EM PILARES

- Só se tem em conta os esforços de pilares, muros e paredes, pelo que se a obra tem vigas com vinculação exterior, vigas inclinadas, diagonais ou estruturas 3D integradas, os esforços dos referidos elementos não se mostram na seguinte listagem.
- Esta listagem é de utilidade para conhecer as cargas actuantes ao nível da cota da base dos pilares sobre um piso, pelo que para casos tais como pilares apoiados traccionados, os esforços dos referidos pilares terão a influência não só das cargas actuantes provenientes dos pisos superiores mas também das cargas que recebe de pisos inferiores.

## - Resumido

| Valores referidos à origem (X=0.00, Y=0.00) |          |             |       |          |          |        |        |         |
|---|----------|-------------|-------|----------|----------|--------|--------|---------|
| Planta                                      | Cota (m) | Hipótese(s) | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) |
| Fundação                                    | 0.00     | Permanente  | 31.53 | -0.00    | 0.00     | -0.00  | 0.00   | 0.00    |
|   |          | Sobrecarga  | 2.05  | 12.38    | 0.00     | 1.50   | 0.00   | 0.00    |
|   |          | Qa (1)      | 9.45  | -8.03    | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|   |          | Qa (2)      | 9.45  | 8.03     | 0.00     | -0.00  | 0.00   | 0.00    |
|   |          | Qa (3)      | 18.90 | -0.00    | 0.00     | -0.00  | 0.00   | 0.00    |
|   |          | V 1         | -0.00 | 14.84    | 0.00     | 2.54   | 0.00   | 0.00    |
|   |          | V 2         | 0.00  | 0.00     | 21.35    | 0.00   | 3.00   | 0.00    |

## - Deslocamentos

| Combinações fundamentais |          |          |              |              |              |
|--------------------------|----------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Pilar                    | Piso     | Cota (m) | Desl. X (mm) | Desl. Y (mm) | Desl. Z (mm) |
| P1                       | Piso 1   | 8.25     | 16.07        | 7.20         | 0.14         |
|                          |          | 4.25     | 5.17         | 2.32         | 0.08         |
|                          | Fundação | 0.00     | 0.00         | 0.00         | 0.00         |

### 6.1.2. Dimensionamento de pilar com até 6.0m de altura livre

**Pilares:**

■ **E.L.U. Concreto**

NRB 6118:2003(ELU)

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1   | V 2   |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1     | 0.900 |       |        |        |        |       |       |
| 2     | 1.400 |       |        |        |        |       |       |
| 3     | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       |       |
| 4     | 1.400 | 1.500 |        |        |        |       |       |
| 5     | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 6     | 1.400 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 7     | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 8     | 1.400 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 9     | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 10    | 1.400 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 11    | 0.900 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 12    | 1.400 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 13    | 0.900 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 14    | 1.400 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 15    | 0.900 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 16    | 1.400 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 17    | 0.900 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 18    | 1.400 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 19    | 0.900 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 20    | 1.400 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 21    | 0.900 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 22    | 1.400 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 23    | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 24    | 1.400 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 25    | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 26    | 1.400 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 27    | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 28    | 1.400 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 29    | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |
| 30    | 1.400 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |

■ **E.L.Util Fendilhação.**

■ NRB 6118:2003(ELU)

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1 | V 2 |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-----|-----|
| 1     | 0.900 |       |        |        |        |     |     |
| 2     | 1.500 |       |        |        |        |     |     |
| 3     | 0.900 | 1.500 |        |        |        |     |     |
| 4     | 1.500 | 1.500 |        |        |        |     |     |
| 5     | 0.900 |       | 1.500  |        |        |     |     |



| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1   | V 2   |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 6     | 1.500 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 7     | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 8     | 1.500 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 9     | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 10    | 1.500 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 11    | 0.900 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 12    | 1.500 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 13    | 0.900 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 14    | 1.500 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 15    | 0.900 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 16    | 1.500 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 17    | 0.900 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 18    | 1.500 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 19    | 0.900 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 20    | 1.500 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 21    | 0.900 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 22    | 1.500 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 23    | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 24    | 1.500 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 25    | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 26    | 1.500 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 27    | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 28    | 1.500 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 29    | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |
| 30    | 1.500 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |

## - DIMENSIONAMENTO PILAR

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.
- Armaduras:
  - Primeira parcela: Armadura de canto.
  - Segunda parcela: Armadura da face X.
  - Terceira Parcela: Armadura da face Y.
- Estribos: Indica-se apenas o estribo perimetral disposto. Se existirem outros estribos e ramos, deve-se consultar o desenho do quadro de pilares. Podem existir distintos espaçamentos no topo, base e nó, que podem ser consultados em opções e detalhamento de pilares.
- H: Altura livre do tramo de pilar sem travamento intermediário.
- Hpx: Comprimento de flambagem do tramo de pilar na direção 'X'.

- Hpy: Comprimento de flambagem do tramo de pilar na direção 'Y'.
- Desfavoráveis: Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem e excentricidade adicional por flambagem.
- Referência: Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem (não inclui flambagem).

■ Nota:

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão (cm) | Tramo (m) | Armaduras        | As/Ac (%) | Estribos    | H (m) | Hpx (m) | Hpy (m) | Desfavoráveis |          |          | Referência |          |          |
|-------|--------|---------------|-----------|------------------|-----------|-------------|-------|---------|---------|---------------|----------|----------|------------|----------|----------|
|       |        |               |           |                  |           |             |       |         |         | N (t)         | Mx (t·m) | My (t·m) | N (t)      | Mx (t·m) | My (t·m) |
| P1    | Piso 1 | 60x70         | 0.00/6.50 | 4Ø16 +6Ø16 +4Ø16 | 0.67      | Ø6.3c/20 cm | 6.50  | 10.13   | 13.50   | 29.01         | 37.40    | 3.78     | 29.01      | 34.92    | 0.00     |

## - ESFORÇOS EM PILARES POR HIPÓTESE

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.

■ Nota:

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão (cm) | Tramo (m) | Hipótese(s) | Base  |          |          |        |        |         | Ext.Sup. |          |          |        |        |         |
|-------|--------|---------------|-----------|-------------|-------|----------|----------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|
|       |        |               |           |             | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) | N (t)    | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) |
| P1    | Piso 1 | 60x70         | 0.00/6.50 | Permanente  | 28.76 | 0.00     | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    | 21.93    | 0.00     | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Sobrecarga  | 2.08  | -10.88   | -0.00    | -1.50  | 0.00   | 0.00    | 2.08     | -1.13    | -0.00    | -1.50  | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (1)      | 9.45  | 8.03     | 0.00     | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 9.45     | 8.03     | 0.00     | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (2)      | 9.45  | -8.03    | -0.00    | -0.00  | 0.00   | 0.00    | 9.45     | -8.03    | -0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (3)      | 18.90 | 0.00     | -0.00    | -0.00  | 0.00   | 0.00    | 18.90    | 0.00     | -0.00    | -0.00  | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           | V 1         | -0.00 | -12.41   | -0.00    | -2.36  | -0.00  | 0.00    | -0.00    | -0.87    | -0.00    | -1.19  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | V 2         | 0.00  | -0.00    | -18.41   | -0.00  | -2.90  | 0.00    | 0.00     | -0.00    | -1.67    | -0.00  | -2.25  | 0.00    |

## - RELATÓRIO QUANTITATIVOS PILARES

Aço em barras e estribos:CA-50-A e CA-60-B

Piso 1:Piso 1 Concreto:C30, em geral

| Referência | Dimensões m | Formas m2 | Concreto m3 | Diam. | Nº | Comprimento cm. | Total cm. | A.barras Kg. | A.estrivos Kg. |       |
|------------|-------------|-----------|-------------|-------|----|-----------------|-----------|--------------|----------------|-------|
| Pilar      | 0.60x0.70   | 16.9      | 2.73        | Ø16   | 14 | 705             | 9870      | 154.96       | 7.21           |       |
|            |             |           |             | Ø6.3  | 36 | 81              | 2916      |              |                |       |
|            |             |           |             | Ø6.3  | 72 | 227             | 16344     |              |                | 40.41 |
|            |             |           |             | Ø6.3  | 72 | 71              | 5112      |              |                | 12.64 |

| Referência   | Dimensões<br>m | Formas<br>m <sup>2</sup> | Concreto<br>m <sup>3</sup> | Diam.<br>Nº | Comprimento<br>cm. | Total<br>cm. | A.barras<br>Kg. | A.estribos<br>Kg. |
|--------------|----------------|--------------------------|----------------------------|-------------|--------------------|--------------|-----------------|-------------------|
| Total piso 1 |                | 16.9                     | 2.73                       |             |                    |              | 155.00          | 60.30             |

### - SOMATÓRIO DE ESFORÇOS EM PILARES

- Só se tem em conta os esforços de pilares, muros e paredes, pelo que se a obra tem vigas com vinculação exterior, vigas inclinadas, diagonais ou estruturas 3D integradas, os esforços dos referidos elementos não se mostram na seguinte listagem.
- Esta listagem é de utilidade para conhecer as cargas actuantes ao nível da cota da base dos pilares sobre um piso, pelo que para casos tais como pilares apoiados traccionados, os esforços dos referidos pilares terão a influência não só das cargas actuantes provenientes dos pisos superiores mas também das cargas que recebe de pisos inferiores.

### - Resumido

| Valores referidos à origem (X=0.00, Y=0.00) |             |             |          |             |             |           |           |            |
|---|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| Planta                                      | Cota<br>(m) | Hipótese(s) | N<br>(t) | Mx<br>(t·m) | My<br>(t·m) | Qx<br>(t) | Qy<br>(t) | T<br>(t·m) |
| Fundação                                    | 0.00        | Permanente  | 28.76    | -0.00       | 0.00        | 0.00      | 0.00      | 0.00       |
|   |             | Sobrecarga  | 2.08     | 10.88       | 0.00        | 1.50      | -0.00     | 0.00       |
|   |             | Qa (1)      | 9.45     | -8.03       | -0.00       | -0.00     | 0.00      | 0.00       |
|   |             | Qa (2)      | 9.45     | 8.03        | 0.00        | 0.00      | -0.00     | 0.00       |
|   |             | Qa (3)      | 18.90    | -0.00       | 0.00        | 0.00      | -0.00     | 0.00       |
|   |             | V 1         | -0.00    | 12.41       | 0.00        | 2.36      | 0.00      | 0.00       |
|   |             | V 2         | 0.00     | 0.00        | 18.41       | 0.00      | 2.90      | 0.00       |

### - Deslocamento

| Combinações fundamentais |          |             |                 |                 |                 |
|--------------------------|----------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Pilar                    | Piso     | Cota<br>(m) | Desl. X<br>(mm) | Desl. Y<br>(mm) | Desl. Z<br>(mm) |
| P1                       | Piso 1   | 6.75        | 11.97           | 6.59            | 0.13            |
|                          | Fundação | 0.00        | 0.00            | 0.00            | 0.00            |

### 6.1.3. Dimensionamento de pilar com até 4.0m de altura livre

**Pilar:**

- **E.L.U. Concreto**

NRB 6118:2003(ELU)

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1   | V 2   |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1     | 0.900 |       |        |        |        |       |       |
| 2     | 1.400 |       |        |        |        |       |       |
| 3     | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       |       |
| 4     | 1.400 | 1.500 |        |        |        |       |       |
| 5     | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 6     | 1.400 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 7     | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 8     | 1.400 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 9     | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 10    | 1.400 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 11    | 0.900 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 12    | 1.400 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 13    | 0.900 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 14    | 1.400 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 15    | 0.900 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 16    | 1.400 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 17    | 0.900 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 18    | 1.400 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 19    | 0.900 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 20    | 1.400 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 21    | 0.900 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 22    | 1.400 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 23    | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 24    | 1.400 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 25    | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 26    | 1.400 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 27    | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 28    | 1.400 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 29    | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |
| 30    | 1.400 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |

■ **E.L.Util Fendilhação.**

NRB 6118:2003(ELU)

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1 | V 2 |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-----|-----|
| 1     | 0.900 |       |        |        |        |     |     |
| 2     | 1.500 |       |        |        |        |     |     |
| 3     | 0.900 | 1.500 |        |        |        |     |     |
| 4     | 1.500 | 1.500 |        |        |        |     |     |
| 5     | 0.900 |       | 1.500  |        |        |     |     |
| 6     | 1.500 |       | 1.500  |        |        |     |     |
| 7     | 0.900 |       |        | 1.500  |        |     |     |
| 8     | 1.500 |       |        | 1.500  |        |     |     |
| 9     | 0.900 |       |        |        | 1.500  |     |     |

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1   | V 2   |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 10    | 1.500 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 11    | 0.900 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 12    | 1.500 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 13    | 0.900 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 14    | 1.500 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 15    | 0.900 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 16    | 1.500 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 17    | 0.900 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 18    | 1.500 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 19    | 0.900 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 20    | 1.500 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 21    | 0.900 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 22    | 1.500 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 23    | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 24    | 1.500 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 25    | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 26    | 1.500 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 27    | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 28    | 1.500 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 29    | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |
| 30    | 1.500 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |

## - DIMENSIONAMENTO PILAR

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.
- Armaduras:
  - Primeira parcela: Armadura de canto.
  - Segunda parcela: Armadura da face X.
  - Terceira Parcela: Armadura da face Y.
- Estribos: Indica-se apenas o estribo perimetral disposto. Se existirem outros estribos e ramos, deve-se consultar o desenho do quadro de pilares. Podem existir distintos espaçamentos no topo, base e nó, que podem ser consultados em opções e detalhamento de pilares.
- H: Altura livre do tramo de pilar sem travamento intermediário.
- Hpx: Comprimento de flambagem do tramo de pilar na direção 'X'.
- Hpy: Comprimento de flambagem do tramo de pilar na direção 'Y'.

- Desfavoráveis: Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem e excentricidade adicional por flambagem.
- Referência: Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem (não inclui flambagem).
- Nota:  
Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão (cm) | Tramo (m) | Armaduras        | As/Ac (%) | Estribos    | H (m) | Hpx (m) | Hpy (m) | Desfavoráveis |          |          | Referência |          |          |
|-------|--------|---------------|-----------|------------------|-----------|-------------|-------|---------|---------|---------------|----------|----------|------------|----------|----------|
|       |        |               |           |                  |           |             |       |         |         | N (t)         | Mx (t·m) | My (t·m) | N (t)      | Mx (t·m) | My (t·m) |
| P1    | Piso 1 | 60x60         | 0.00/4.50 | 4Ø16 +4Ø16 +4Ø16 | 0.67      | Ø6.3c/20 cm | 4.50  | 7.13    | 9.50    | 50.55         | 14.19    | 23.02    | 50.55      | 12.05    | 19.22    |

## - ESFORÇOS EM PILARES POR HIPÓTESE

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.
- Nota:  
Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão (cm) | Tramo (m) | Hipótese(s) | Base  |          |          |        |        |         | Ext.Sup. |          |          |        |        |         |
|-------|--------|---------------|-----------|-------------|-------|----------|----------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|
|       |        |               |           |             | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) | N (t)    | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) |
| P1    | Piso 1 | 60x60         | 0.00/4.50 | Permanente  | 25.98 | -0.00    | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    | 21.93    | -0.00    | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Sobrecarga  | 2.11  | -7.87    | -0.00    | -1.50  | -0.00  | 0.00    | 2.11     | -1.12    | -0.00    | -1.50  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (1)      | 9.45  | 8.03     | 0.00     | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 9.45     | 8.03     | 0.00     | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (2)      | 9.45  | -8.03    | -0.00    | -0.00  | 0.00   | 0.00    | 9.45     | -8.03    | -0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (3)      | 18.90 | -0.00    | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 18.90    | -0.00    | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | V 1         | 0.00  | -12.77   | -0.00    | -2.90  | 0.00   | 0.00    | 0.00     | -1.54    | -0.00    | -2.09  | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           | V 2         | 0.00  | -0.00    | -12.81   | 0.00   | -2.70  | 0.00    | 0.00     | -0.00    | -1.67    | 0.00   | -2.25  | 0.00    |

## - RELATÓRIO QUANTITATIVOS PILARES

| Referência   | Dimensões m | Formas m2 | Concreto m3 | Diam. | Nº | Comprimento cm. | Total cm. | A.barras Kg. | A.estribos Kg. |
|--------------|-------------|-----------|-------------|-------|----|-----------------|-----------|--------------|----------------|
| Pilar        | 0.60x0.60   | 10.8      | 1.62        | Ø16   | 12 | 505             | 6060      | 95.14        | 25.59          |
|              |             |           |             | Ø6.3  | 52 | 199             | 10348     |              |                |
|              |             |           |             | Ø6.3  | 52 | 71              | 3692      |              |                |
| Total piso 1 | 1           | 10.8      | 1.62        |       |    |                 |           | 95.10        | 34.70          |

## - SOMATÓRIO DE ESFORÇOS EM PILARES

- Só se tem em conta os esforços de pilares, muros e paredes, pelo que se a obra tem vigas com vinculação exterior, vigas inclinadas, diagonais ou estruturas 3D integradas, os esforços dos referidos elementos não se mostram na seguinte listagem.
- Esta listagem é de utilidade para conhecer as cargas actuantes ao nível da cota da base dos pilares sobre um piso, pelo que para casos tais como pilares apoiados traccionados, os esforços dos referidos pilares terão a influência não só das cargas actuantes provenientes dos pisos superiores mas também das cargas que recebe de pisos inferiores.

## - Resumido

| Valores referidos à origem (X=0.00, Y=0.00) |          |             |       |          |          |        |        |         |
|---|----------|-------------|-------|----------|----------|--------|--------|---------|
| Planta                                      | Cota (m) | Hipótese(s) | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) |
| Fundação                                    | 0.00     | Permanente  | 25.98 | 0.00     | 0.00     | 0.00   | 0.00   | 0.00    |
|   |          | Sobrecarga  | 2.11  | 7.87     | 0.00     | 1.50   | 0.00   | 0.00    |
|   |          | Qa (1)      | 9.45  | -8.03    | -0.00    | -0.00  | 0.00   | 0.00    |
|   |          | Qa (2)      | 9.45  | 8.03     | 0.00     | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|   |          | Qa (3)      | 18.90 | 0.00     | 0.00     | -0.00  | 0.00   | 0.00    |
|   |          | V 1         | 0.00  | 12.77    | 0.00     | 2.90   | -0.00  | 0.00    |
|   |          | V 2         | 0.00  | 0.00     | 12.81    | -0.00  | 2.70   | 0.00    |

## - Deslocamento

| Combinações fundamentais |          |          |              |              |              |
|--------------------------|----------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Pilar                    | Piso     | Cota (m) | Desl. X (mm) | Desl. Y (mm) | Desl. Z (mm) |
| P1                       | Piso 1   | 4.75     | 7.57         | 3.82         | 0.10         |
|                          | Fundação | 0.00     | 0.00         | 0.00         | 0.00         |

### 6.1.4. Dimensionamento de pilar com até 2.5m de altura livre

Pilar:

- **E.L.U. Concreto**

NRB 6118:2003(ELU)

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1   | V 2   |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1     | 0.900 |       |        |        |        |       |       |
| 2     | 1.400 |       |        |        |        |       |       |
| 3     | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       |       |
| 4     | 1.400 | 1.500 |        |        |        |       |       |
| 5     | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 6     | 1.400 |       | 1.500  |        |        |       |       |
| 7     | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 8     | 1.400 |       |        | 1.500  |        |       |       |
| 9     | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 10    | 1.400 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 11    | 0.900 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 12    | 1.400 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 13    | 0.900 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 14    | 1.400 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 15    | 0.900 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 16    | 1.400 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 17    | 0.900 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 18    | 1.400 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 19    | 0.900 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 20    | 1.400 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 21    | 0.900 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 22    | 1.400 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 23    | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 24    | 1.400 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 25    | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 26    | 1.400 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 27    | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 28    | 1.400 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 29    | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |
| 30    | 1.400 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |

■ **E.L.Util Fendilhação**

NRB 6118:2003(ELU)

| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1 | V 2 |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-----|-----|
| 1     | 0.900 |       |        |        |        |     |     |
| 2     | 1.500 |       |        |        |        |     |     |
| 3     | 0.900 | 1.500 |        |        |        |     |     |
| 4     | 1.500 | 1.500 |        |        |        |     |     |
| 5     | 0.900 |       | 1.500  |        |        |     |     |
| 6     | 1.500 |       | 1.500  |        |        |     |     |
| 7     | 0.900 |       |        | 1.500  |        |     |     |
| 8     | 1.500 |       |        | 1.500  |        |     |     |



| Comb. | AP    | Qa    | Qa (1) | Qa (2) | Qa (3) | V 1   | V 2   |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 9     | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 10    | 1.500 |       |        |        | 1.500  |       |       |
| 11    | 0.900 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 12    | 1.500 |       |        |        |        | 1.500 |       |
| 13    | 0.900 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 14    | 1.500 | 1.500 |        |        |        | 1.500 |       |
| 15    | 0.900 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 16    | 1.500 |       | 1.500  |        |        | 1.500 |       |
| 17    | 0.900 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 18    | 1.500 |       |        | 1.500  |        | 1.500 |       |
| 19    | 0.900 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 20    | 1.500 |       |        |        | 1.500  | 1.500 |       |
| 21    | 0.900 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 22    | 1.500 |       |        |        |        |       | 1.500 |
| 23    | 0.900 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 24    | 1.500 | 1.500 |        |        |        |       | 1.500 |
| 25    | 0.900 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 26    | 1.500 |       | 1.500  |        |        |       | 1.500 |
| 27    | 0.900 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 28    | 1.500 |       |        | 1.500  |        |       | 1.500 |
| 29    | 0.900 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |
| 30    | 1.500 |       |        |        | 1.500  |       | 1.500 |

## - ARM.PILARES E PILARES PAREDES

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.
- Armaduras:
  - Primeira parcela: Armadura de canto.
  - Segunda parcela: Armadura da face X.
  - Terceira Parcela: Armadura da face Y.
- Estribos: Indica-se apenas o estribo perimetral disposto. Se existirem outros estribos e ramos, deve-se consultar o desenho do quadro de pilares. Podem existir distintos espaçamentos no topo, base e nó, que podem ser consultados em opções e detalhamento de pilares.
- H: Altura livre do tramo de pilar sem travamento intermediário.
- Hpx: Comprimento de flambagem do tramo de pilar na direção 'X'.

- Hpy: Comprimento de flambagem do tramo de pilar na direção 'Y'.
- Desfavoráveis: Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem e excentricidade adicional por flambagem.
- Referência: Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem (não inclui flambagem).

■ Nota:

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão (cm) | Tramo (m) | Armaduras            | As/Ac (%) | Estribos    | H (m) | Hpx (m) | Hpy (m) | Desfavoráveis |          |          | Referência |          |          |
|-------|--------|---------------|-----------|----------------------|-----------|-------------|-------|---------|---------|---------------|----------|----------|------------|----------|----------|
|       |        |               |           |                      |           |             |       |         |         | N (t)         | Mx (t·m) | My (t·m) | N (t)      | Mx (t·m) | My (t·m) |
| P1    | Piso 1 | 60x60         | 0.00/3.00 | 4Ø16 +4Ø12.5 +4Ø12.5 | 0.50      | Ø6.3c/15 cm | 3.00  | 4.88    | 6.50    | 36.34         | 12.05    | 14.59    | 36.34      | 12.05    | 13.31    |

## - ESFORÇOS EM PILARES POR HIPÓTESE

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.

■ Nota:

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão (cm) | Tramo (m) | Hipótese(s) | Base  |          |          |        |        |         | Ext.Sup. |          |          |        |        |         |
|-------|--------|---------------|-----------|-------------|-------|----------|----------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|
|       |        |               |           |             | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) | N (t)    | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) |
| P1    | Piso 1 | 60x60         | 0.00/3.00 | Permanente  | 24.63 | -0.00    | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    | 21.93    | -0.00    | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Sobrecarga  | 2.11  | -5.62    | -0.00    | -1.50  | 0.00   | 0.00    | 2.11     | -1.12    | -0.00    | -1.50  | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (1)      | 9.45  | 8.03     | 0.00     | -0.00  | -0.00  | 0.00    | 9.45     | 8.03     | 0.00     | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (2)      | 9.45  | -8.03    | -0.00    | -0.00  | 0.00   | 0.00    | 9.45     | -8.03    | -0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           | Qa (3)      | 18.90 | -0.00    | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 18.90    | -0.00    | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           | V 1         | 0.00  | -8.62    | -0.00    | -2.63  | 0.00   | 0.00    | 0.00     | -1.54    | -0.00    | -2.09  | 0.00   | 0.00    |
| V 2   | 0.00   | -0.00         | -8.87     | 0.00        | -2.55 | 0.00     | 0.00     | -0.00  | -1.67  | 0.00    | -2.25    | 0.00     |          |        |        |         |

## - RELATÓRIO QUANTITATIVOS PILARES

| Referência   | Dimensões m | Formas m2 | Concreto m3 | Diam. | Nº | Comprimento cm. | Total cm. | A.barras Kg. | A.estribos Kg. |
|--------------|-------------|-----------|-------------|-------|----|-----------------|-----------|--------------|----------------|
| P1           | 0.60x0.60   | 7.2       | 1.08        | Ø16   | 4  | 355             | 1420      | 22.29        | 24.60          |
|              |             |           |             | Ø12.5 | 8  | 348             | 2784      | 27.32        |                |
|              |             |           |             | Ø6.3  | 50 | 199             | 9950      |              |                |
|              |             |           |             | Ø6.3  | 50 | 70              | 3500      |              |                |
| Total piso 1 |             | 7.2       | 1.08        |       |    |                 | 49.60     | 33.30        |                |

## - SOMATÓRIO DE ESFORÇOS EM PILARES

- Só se tem em conta os esforços de pilares, muros e paredes, pelo que se a obra tem vigas com vinculação exterior, vigas inclinadas, diagonais ou estruturas 3D integradas, os esforços dos referidos elementos não se mostram na seguinte listagem.
- Esta listagem é de utilidade para conhecer as cargas actuantes ao nível da cota da base dos pilares sobre um piso, pelo que para casos tais como pilares apoiados traccionados, os esforços dos referidos pilares terão a influência não só das cargas actuantes provenientes dos pisos superiores mas também das cargas que recebe de pisos inferiores.

## - Resumido

| Valores referidos à origem (X=0.00, Y=0.00) |          |             |       |          |          |        |        |         |
|---|----------|-------------|-------|----------|----------|--------|--------|---------|
| Planta                                      | Cota (m) | Hipótese(s) | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) |
| Fundação                                    | 0.00     | Permanente  | 24.63 | 0.00     | 0.00     | 0.00   | 0.00   | 0.00    |
|   |          | Sobrecarga  | 2.11  | 5.62     | 0.00     | 1.50   | -0.00  | 0.00    |
|   |          | Qa (1)      | 9.45  | -8.03    | -0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    |
|   |          | Qa (2)      | 9.45  | 8.03     | 0.00     | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|   |          | Qa (3)      | 18.90 | 0.00     | 0.00     | -0.00  | 0.00   | 0.00    |
|   |          | V 1         | 0.00  | 8.62     | 0.00     | 2.63   | -0.00  | 0.00    |
|   |          | V 2         | 0.00  | 0.00     | 8.87     | -0.00  | 2.55   | 0.00    |

## - Deslocamento

| Combinações fundamentais |          |          |              |              |              |
|--------------------------|----------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Pilar                    | Piso     | Cota (m) | Desl. X (mm) | Desl. Y (mm) | Desl. Z (mm) |
| P1                       | Piso 1   | 3.25     | 3.24         | 1.35         | 0.07         |
|                          | Fundação | 0.00     | 0.00         | 0.00         | 0.00         |

### 6.1.5. Dimensionamento de pilar com até 8.5m de altura livre

#### Pilares:

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.
- Armaduras:
  - Primeira parcela: Armadura de canto.
  - Segunda parcela: Armadura da face X.
  - Terceira Parcela: Armadura da face Y.

- **Estribos:** Indica-se apenas o estribo perimetral disposto. Se existirem outros estribos e ramos, deve-se consultar o desenho do quadro de pilares. Podem existir distintos espaçamentos no topo, base e nó, que podem ser consultados em opções e detalhamento de pilares.
- **H:** Altura livre do tramo de pilar sem travamento intermediário.
- **Hpx:** Comprimento de flambagem do tramo de pilar na direção 'X'.
- **Hpy:** Comprimento de flambagem do tramo de pilar na direção 'Y'.
- **Desfavoráveis:** Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem e excentricidade adicional por flambagem.
- **Referência:** Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem (não inclui flambagem).
- **Nota:**

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão (cm) | Tramo (m) | Armaduras        | As/Ac (%) | Estribos    | H (m) | Hpx (m) | Hpy (m) | Desfavoráveis |          |          | Referência |          |          |
|-------|--------|---------------|-----------|------------------|-----------|-------------|-------|---------|---------|---------------|----------|----------|------------|----------|----------|
|       |        |               |           |                  |           |             |       |         |         | N (t)         | Mx (t·m) | My (t·m) | N (t)      | Mx (t·m) | My (t·m) |
| P1    | Piso 1 | 60x90         | 4.75/9.00 | 4Ø20 +4Ø20 +8Ø20 | 0.93      | Ø6.3c/20 cm | 9.00  | 13.88   | 18.50   | 52.91         | 20.54    | 27.92    | 52.91      | 12.05    | 17.85    |
|       |        |               | 0.00/4.75 | 4Ø20 +4Ø20 +8Ø20 | 0.93      | Ø6.3c/20 cm | 9.00  | 13.88   | 18.50   | 50.75         | 28.95    | 47.90    | 50.75      | 20.81    | 38.25    |

## - ESFORÇOS EM PILARES, POR HIPÓTESE

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.

- Nota:

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão (cm) | Tramo (m) | Hipótese(s)           | Base  |          |          |        |        |         | Ext.Sup. |          |          |        |        |         |
|-------|--------|---------------|-----------|-----------------------|-------|----------|----------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|
|       |        |               |           |                       | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) | N (t)    | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) |
| P1    | Piso 1 | 60x90         | 4.75/9.00 | Permanente Sobrecarga | 27.67 | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 21.93    | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | 2.02  | -6.75    | 0.00     | -1.50  | 0.00   | 0.00    | 2.02     | -0.38    | 0.00     | -1.50  | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | 9.45  | 8.03     | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    | 9.45     | 8.03     | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | 9.45  | -8.03    | 0.00     | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 9.45     | -8.03    | 0.00     | 0.00   | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | 18.90 | 0.00     | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    | 18.90    | 0.00     | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | -0.00 | -7.13    | 0.00     | -1.86  | 0.00   | 0.00    | -0.00    | -0.83    | 0.00     | -1.10  | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | 0.00  | 0.00     | -11.90   | 0.00   | -2.62  | 0.00    | 0.00     | 0.00     | -1.65    | 0.00   | -2.20  | 0.00    |
|       |        |               | 0.00/4.75 | Permanente Sobrecarga | 34.08 | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    | 27.67    | 0.00     | -0.00    | 0.00   | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | 2.02  | -13.88   | 0.00     | -1.50  | 0.00   | 0.00    | 2.02     | -6.75    | 0.00     | -1.50  | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | 9.45  | 8.03     | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    | 9.45     | 8.03     | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | 9.45  | -8.03    | 0.00     | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 9.45     | -8.03    | 0.00     | -0.00  | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | 18.90 | 0.00     | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    | 18.90    | 0.00     | -0.00    | -0.00  | -0.00  | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | -0.00 | -18.02   | 0.00     | -2.72  | 0.00   | 0.00    | -0.00    | -7.13    | 0.00     | -1.87  | 0.00   | 0.00    |
|       |        |               |           |                       | 0.00  | 0.00     | -25.50   | 0.00   | -3.10  | 0.00    | 0.00     | 0.00     | -11.90   | 0.00   | -2.63  | 0.00    |

## - ARRANQUES EM PILARES, POR HIPÓTESE

■ Nota:

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Hipótese(s) | Esforços em elem.fundação |             |             |           |           |            |
|-------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
|       |             | N<br>(t)                  | Mx<br>(t·m) | My<br>(t·m) | Qx<br>(t) | Qy<br>(t) | T<br>(t·m) |
| P1    | Permanente  | 34.08                     | 0.00        | -0.00       | 0.00      | -0.00     | 0.00       |
|       | Sobrecarga  | 2.02                      | -13.88      | 0.00        | -1.50     | 0.00      | 0.00       |
|       | Qa (1)      | 9.45                      | 8.03        | -0.00       | 0.00      | -0.00     | 0.00       |
|       | Qa (2)      | 9.45                      | -8.03       | 0.00        | -0.00     | 0.00      | 0.00       |
|       | Qa (3)      | 18.90                     | 0.00        | -0.00       | -0.00     | -0.00     | 0.00       |
|       | V 1         | -0.00                     | -18.02      | 0.00        | -2.72     | 0.00      | 0.00       |
|       | V 2         | 0.00                      | 0.00        | -25.50      | 0.00      | -3.10     | 0.00       |

## - DESFAV. PILARES, PILARES-PAREDES E CORTINAS

### - Pilares

■ Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.

■ Piso superior: É a seção correspondente à base do tramo superior até o tramo anterior.

■ Desfavoráveis: Esforços mais desfavoráveis, correspondentes às combinações atendidas pela armadura atual, mas não atendidas pela armadura anterior da tabela. Inclui a majoração de esforços devida a efeitos de segunda ordem e excentricidade adicional por flambagem. As colunas de esf. desfavoráveis vazias indicam que a seção do pilar é insuficiente.

■ Referência: Esforços desfavoráveis, correspondentes às combinações atendidas pela armadura atual, mas não atendidas pela armadura anterior da tabela. Inclui a majoração de esforços devida a efeitos de segunda ordem (mas não inclui flambagem).

■ Nota:

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão<br>(cm) | Tramo<br>(m) | Desfavoráveis |             |             | Referência |             |             |
|-------|--------|------------------|--------------|---------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|       |        |                  |              | N<br>(t)      | Mx<br>(t·m) | My<br>(t·m) | N<br>(t)   | Mx<br>(t·m) | My<br>(t·m) |
| P1    | Piso 1 | 60x90            | 4.75/9.00    | 67.09         | 10.76       | 30.61       | 67.09      | 0.00        | 17.85       |
|       |        |                  |              | 67.09         | 21.45       | 12.76       | 67.09      | 10.69       | 0.00        |
|       |        |                  |              | 53.25         | 8.54        | 27.98       | 53.25      | 0.00        | 17.85       |
|       |        |                  |              | 52.91         | 20.54       | 27.92       | 52.91      | 12.05       | 17.85       |
|       |        |                  |              | 52.91         | 31.23       | 10.06       | 52.91      | 22.74       | 0.00        |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116-SP-414-3-C04-502 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>31/46 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

| Pilar | Planta | Dimensão<br>(cm) | Tramo<br>(m) | Desfavoráveis |             |               | Referência |             |             |       |       |       |       |       |
|-------|--------|------------------|--------------|---------------|-------------|---------------|------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |        |                  |              | N<br>(t)      | Mx<br>(t·m) | My<br>(t·m)   | N<br>(t)   | Mx<br>(t·m) | My<br>(t·m) |       |       |       |       |       |
|       |        |                  |              | 39.08         | 18.32       | 25.28         | 39.08      | 12.05       | 17.85       |       |       |       |       |       |
|       |        |                  |              | 39.08         | 29.01       | 7.43          | 39.08      | 22.74       | 0.00        |       |       |       |       |       |
|       |        |                  |              | 27.94         | 14.61       | 23.17         | 27.94      | 10.13       | 17.85       |       |       |       |       |       |
|       |        |                  |              | 27.94         | 25.30       | 5.31          | 27.94      | 20.81       | 0.00        |       |       |       |       |       |
|       |        |                  |              | 24.90         | 4.00        | 22.59         | 24.90      | 0.00        | 17.85       |       |       |       |       |       |
|       |        |                  | Piso 1       | 60x90         | 0.00/4.75   | 76.06         | 12.20      | 52.71       | 76.06       | 0.00  | 38.25 |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | 76.06         | 39.23      | 14.46       | 76.06       | 27.02 | 0.00  |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | 61.89         | 21.98      | 50.02       | 61.89       | 12.05 | 38.25 |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | 61.89         | 49.00      | 11.77       | 61.89       | 39.07 | 0.00  |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | 59.02         | 9.47       | 49.47       | 59.02       | 0.00  | 38.25 |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | 50.75         | 28.95      | 47.90       | 50.75       | 20.81 | 38.25 |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | 50.75         | 55.98      | 9.65        | 50.75       | 47.84 | 0.00  |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | 44.85         | 19.24      | 46.78       | 44.85       | 12.05 | 38.25 |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | 33.71         | 26.22      | 44.66       | 33.71       | 20.81 | 38.25 |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | 33.71         | 53.24      | 6.41        | 33.71       | 47.84 | 0.00  |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | 30.67         | 4.92       | 44.08       | 30.67       | 0.00  | 38.25 |       |       |       |
|       |        |                  |              |               |             | Piso superior |            |             | 67.09       | 10.76 | 30.61 | 67.09 | 0.00  | 17.85 |
|       |        |                  |              |               |             |               |            |             | 67.09       | 21.45 | 12.76 | 67.09 | 10.69 | 0.00  |
|       |        |                  | 53.25        | 8.54          | 27.98       |               |            |             | 53.25       | 0.00  | 17.85 |       |       |       |
|       |        |                  | 52.91        | 20.54         | 27.92       |               |            |             | 52.91       | 12.05 | 17.85 |       |       |       |
|       |        |                  | 52.91        | 31.23         | 10.06       |               |            |             | 52.91       | 22.74 | 0.00  |       |       |       |
|       |        |                  | 39.08        | 18.32         | 25.28       |               |            |             | 39.08       | 12.05 | 17.85 |       |       |       |
|       |        |                  | 39.08        | 29.01         | 7.43        |               |            |             | 39.08       | 22.74 | 0.00  |       |       |       |
|       |        |                  | 27.94        | 14.61         | 23.17       | 27.94         | 10.13      | 17.85       |             |       |       |       |       |       |
|       |        |                  | 27.94        | 25.30         | 5.31        | 27.94         | 20.81      | 0.00        |             |       |       |       |       |       |
| 24.90 | 4.00   | 22.59            | 24.90        | 0.00          | 17.85       |               |            |             |             |       |       |       |       |       |

## - DESLOCAMENTOS

| Combinações fundamentais |          |             |                 |                 |                 |
|--------------------------|----------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Pilar                    | Piso     | Cota<br>(m) | Desl. X<br>(mm) | Desl. Y<br>(mm) | Desl. Z<br>(mm) |
| P1                       | Piso 1   | 9.25        | 20.93           | 7.73            | 0.15            |
|                          |          | 4.75        | 6.73            | 2.45            | 0.08            |
|                          | Fundação | 0.00        | 0.00            | 0.00            | 0.00            |

## 6.2. Dimensionamento dos consoles dos pilares

O dimensionamento do console de apoio nos pilares foi efetuado considerando os carregamentos alternados.

Vão do console (balanço) = 1,20 m

Carregamento distribuído:  $PP_{laje} + SC + GC = 1.4 \text{ tf/m}^2$

Carga na extremidade do balanço = 0,5 tf/m

$$M_{\max} = (1,4 \times 11 \times 1,20 \times 1,20/2) + (0,5 \times 1,20) + [(0,6 \times 0,7 \times 2,5) \times 1,2 \times 1,2/2] = 12,45 \text{ tfm}$$

$$V_{\max} = (17 \times 1,20) + 0,5 = 20,9 \text{ tf}$$

Dimensionamento ao momento:

| FLEXÃO SIMPLES - DIMENSIONAMENTO SEÇÃO RETANGULAR   |                                    |                                    |  |  |                       |                                   |                                      |
|---|------------------------------------|------------------------------------|--|--|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Diagrama retangular de tensões no concreto / Armadura Simples                                   |                                    |                                    |  |  |                       |                                   |                                      |
| E.L.U. - Dimensionamento nos domínios 2 e 3   |                                    |                                    |  |  |                       |                                   |                                      |
| <b>Dados da seção:</b>  |                                    | <b>Materiais estruturais:</b>      |  |  | <b>Coefficientes:</b> |                                   |                                      |
| b =   | <input type="text" value="60"/>    | (cm)                               | concreto - Fck =                                     | <input type="text" value="30"/>                    | (MPA)                 | Gama f =                          | <input type="text" value="1.5"/>     |
| h =   | <input type="text" value="40"/>    | (cm)                               | aço - Fyk =  | <input type="text" value="50"/>                    | (KN/cm <sup>2</sup> ) | Gama c =                          | <input type="text" value="1.4"/>     |
| d =   | <input type="text" value="37"/>    | (cm)                               | aço Es =   | <input type="text" value="21000"/>                 | (KN/cm <sup>2</sup> ) | Gama s =                          | <input type="text" value="1.15"/>    |
|   |                                    |                                    | Concreto - Fcd =                                     | <input type="text" value="2.143"/>                 | (MPA)                 |                                   |                                      |
|   |                                    |                                    | aço - Fyd =  | <input type="text" value="43.478"/>                | (KN/cm <sup>2</sup> ) |                                   |                                      |
|   |                                    |                                    | ε <sub>yd</sub> = f <sub>yd</sub> / E <sub>s</sub> = | <input type="text" value="0.002070"/>              | (KN/cm <sup>2</sup> ) |                                   |                                      |
| <b>Solicitações:</b>  |                                    |                                    |  |  |                       |                                   |                                      |
| M <sub>k</sub> =  | <input type="text" value="12.45"/> | (tf.m)                             | M <sub>d</sub> =                                     | <input type="text" value="18.68"/>                 | (tf.m)                | M <sub>d</sub> =                  | <input type="text" value="18675.0"/> |
|   |                                    |                                    |  |  |                       |                                   |                                      |
| <b>Altura da linha neutra no limite dos domínios 2 e 3 (X<sub>2-3</sub> e X<sub>3-4</sub>):</b> |                                    |                                    |  |  |                       |                                   |                                      |
| X <sub>2-3</sub> =  | <input type="text" value="9.58"/>  | (cm)                               | X <sub>3-4</sub> =                                   | <input type="text" value="23.25"/>                 | (cm)                  |                                   |                                      |
| <b>Altura da linha neutra devido à solicitação e resistência dos materiais (X):</b>             |                                    |                                    |  |  |                       |                                   |                                      |
| 74806.0714  | 0.7503545                          | 0.8662300                          | 0.133770   | 6.186860   |                       |                                   |                                      |
| X =   |                                    | <input type="text" value="6.187"/> | (cm)   | X/d =  |                       | <input type="text" value="0.17"/> |                                      |
| <b>Calculo da armadura simples:</b>   |                                    |                                    |  |  |                       |                                   |                                      |
| 2.4747442   | 34.52526                           | 1501.0981                          | 12.4408926   |  |                       |                                   |                                      |
| A <sub>s</sub> =  |                                    | <input type="text" value="12.44"/> | (cm <sup>2</sup> )                                   | <b>Ok, dentro do limite do domínio considerado</b> |                       |                                   |                                      |

Armação negativa da viga: 5#16 + 2#12.5

Armação positiva min.: 0,15% bh = 0,0015 x 60 x 40 = 5#10

Dimensionamento à cortante:



| CISALHAMENTO EM VIGAS  |                |             |  |             |                          |
|--|----------------|-------------|--|-------------|--------------------------|
| Viga N.º   | 1              | (kgf / cm²) | Entre com os valores pedidos do cálculo estático |             |                          |
| Fck  | 300            |             | M máx  | 12.450      | (tf x m)                 |
| Aço - CA   | 50A            |             | Vk máx   | 20.900      | (tf)                     |
| 1) CÁLCULO DA ALTURA MÍNIMA DA VIGA (d min)  |                |             |  |             |                          |
| largura da viga ou b da viga (bw) =  |                | 60.000      | (cm)   |             |                          |
| d min =  |                | 29.242      | (cm)   |             |                          |
| Cobrimento   | 3.0            | (cm)        |  |             |                          |
| h min =  |                | 32.2        | (cm)   |             |                          |
| h adotado =  |                | 40.0        | (cm)   |             | d real = 37.00           |
| 2) VERIFICAÇÃO DO CONCRETO EM RELAÇÃO AS FORÇAS CISALHANTES (VK)   |                |             |  |             |                          |
| Twd máx = (1,4 X Vk máx(kgf)) / bw x d =   |                | 13.180      | (kgf/cm²)  |             |                          |
| Twu = 0,25 x fck / 1,4 =   |                | 53.571      | (kgf / cm²)                                      |             |                          |
| se Twd < Twu ..... ok (a seção de concreto suportará os esforços cortantes)<br>se contrario mude a seção da viga para que a situação anterior se torne o nosso caso. |                |             |  |             |                          |
| 4) CÁLCULO DA ARMADURA TRANSVERSAL (ESTRIBOS)  |                |             |  |             |                          |
| Vk =   |                | 20.9        | tf   |             |                          |
| As, efetivo menor, 2 h do apoio =  |                | 12.44       | cm²  |             |                          |
| % RoL = (As / b x d) x 100 =   |                | 0.560       | (%)  |             |                          |
| caso 1... Se % RoL <= 0,1 % preencha com o valor acima calculado =   |                | 0.240       |  |             |                          |
| caso 2...se 0,1 <% RoL <= 1,5 % preencha com o valor acima calculado =   |                | 0.309       |  |             |                          |
| caso 3...se % RoL >= 1,5 % preencha com o valor acima calculado =  |                | 0.450       |  |             |                          |
| Preencha ao lado o valor correspondente a um dos 3 casos   |                |             |  |             | Ksil = 0.309             |
| Tc = Ksil x raiz(fck) =  |                | 5.35        | (kgf/cm²)  |             |                          |
| Twd = 1,4 x Vk / b x d =   |                | 13.18       | (kgf/cm²)  |             |                          |
| <b>importante - veja exigência da Norma a respeito do Twd</b>  |                |             |  |             |                          |
| Twd <  |                | 53.57       | (kgf/cm²)  |             | e menor que 45 (kgf/cm²) |
| Td = 1,15 x Twd - Tc =   |                | 9.81        | (kgf/cm²)  |             |                          |
| Ast/m = bw x Td / fywd =   |                | 13.53       | (cm²/m)  |             | fywd = 4348              |
| 5) CÁLCULO DA ARMADURA MÍNIMA DE ESTRIBOS  |                |             |  |             |                          |
| Astmin = 0,14% x b =   |                | 8.40        | (cm²/m)  |             |                          |
| Vkmin =  |                | 15.77       | tf   |             |                          |
| 6) ESPAÇAMENTOS:   |                |             |  |             |                          |
| Bitola   | Área da bitola | no. Ramos   | Ast/m  | ESPAÇAMENTO |                          |
| 5  | 0.2            | 4           | 13.53  | 5.9         | (cm)                     |
| 6.3  | 0.315          | 4           | 13.53  | 9.3         | (cm)                     |
| 8  | 0.5            | 4           | 13.53  | 14.8        | (cm)                     |
| 10   | 0.8            | 4           | 13.53  | 23.7        | (cm)                     |

Estribos: #8.0 c/14 em 4 ramos

### 6.3. Dimensionamento da laje em balanço do ultimo pilar com a travessia e laje de virada

a) Laje em balanço com vão de 2.15m (para o maior patamar e lance com a travessia)  
Carregamento uniformemente distribuída :  $PP_{laje} = 0,30 \times 2,5 = 0,75 \text{ tf/m.m}$ ;

SC+GC= 0,60 tf/m.m; SC na extremidade do balanço = 0.70 tf  
Espessura média da laje = 30 cm  
Concreto : Fck = 30 MPa

$$M_{\max} = ((0,75+0,60) \times 2,15 \times 2,15/2) + (0,7 \times 2,15) = 4.63 \text{ tfm/m}$$

| FLEXÃO SIMPLES - DIMENSIONAMENTO SEÇÃO RETANGULAR                                   |                                   |                               |                                    |                                       |  |          |                                     |                                   |
|---|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--|----------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Diagrama retangular de tensões no concreto / Armadura Simples                       |                                   |                               |                                    |                                       |  |          |                                     |                                   |
| E.L.U. - Dimensionamento nos domínios 2 e 3   |                                   |                               |                                    |                                       |  |          |                                     |                                   |
| <b>Dados da seção:</b>  |                                   | <b>Materiais estruturais:</b> |                                    |                                       | <b>Coefficientes:</b>                              |          |                                     |                                   |
| b =   | <input type="text" value="100"/>  | (cm)                          | concreto - Fck =                   | <input type="text" value="30"/>       | (MPa)  | Gama f = | <input type="text" value="1.5"/>    |                                   |
| h =   | <input type="text" value="30"/>   | (cm)                          | aço - Fyk =                        | <input type="text" value="50"/>       | (KN/cm <sup>2</sup> )                              | Gama c = | <input type="text" value="1.4"/>    |                                   |
| d =   | <input type="text" value="28"/>   | (cm)                          | aço - Es =                         | <input type="text" value="21000"/>    | (KN/cm <sup>2</sup> )                              | Gama s = | <input type="text" value="1.15"/>   |                                   |
|   |                                   |                               | Concreto - Fcd =                   | <input type="text" value="2.143"/>    | (MPa)  |          |                                     |                                   |
|   |                                   |                               | aço - Fyd =                        | <input type="text" value="43.478"/>   | (KN/cm <sup>2</sup> )                              |          |                                     |                                   |
|   |                                   |                               | εyd = fyd / Es =                   | <input type="text" value="0.002070"/> | (KN/cm <sup>2</sup> )                              |          |                                     |                                   |
| <b>Solicitações:</b>  |                                   |                               |                                    |                                       |  |          |                                     |                                   |
| Mk =  | <input type="text" value="4.63"/> | (tf.m)                        | Md =                               | <input type="text" value="6.95"/>     | (tf.m)   | Md =     | <input type="text" value="6945.0"/> |                                   |
|   |                                   |                               |                                    |                                       |  |          |                                     |                                   |
| <b>Altura da linha neutra no limite dos domínios 2 e 3 (X2-3 e X3-4):</b>           |                                   |                               |                                    |                                       |  |          |                                     |                                   |
| X2-3 =  | <input type="text" value="7.25"/> | (cm)                          | X3-4 =                             | <input type="text" value="17.59"/>    | (cm)   |          |                                     |                                   |
| <b>Altura da linha neutra devido à solicitação e resistência dos materiais (X):</b> |                                   |                               |                                    |                                       |  |          |                                     |                                   |
| 71400.0000  | 0.9027311                         | 0.9501216                     | 0.049878                           | 1.745743                              |  |          |                                     |                                   |
| X =   |                                   |                               | <input type="text" value="1.746"/> | (cm)                                  | X/d =  |          |                                     | <input type="text" value="0.06"/> |
| <b>Calculo da armadura simples:</b>   |                                   |                               |                                    |                                       |  |          |                                     |                                   |
| 0.6982973   | 27.30170                          | 1187.0306                     | 5.8507340                          |                                       |  |          |                                     |                                   |
| As =  |                                   |                               | <input type="text" value="5.85"/>  | (cm <sup>2</sup> )                    | <b>Ok, dentro do limite do domínio considerado</b> |          |                                     |                                   |

Resumo:

Armação negativa: #10 c/10

Armação positiva e negativa construtiva: 0,15 x h = 4.5 cm<sup>2</sup> ..... #8.0 c/12 ou #10 c/17

b) Laje em balanço com vão de 1,40m (para o menor patamar)  
Carregamento uniformemente distribuída : PP<sub>laje</sub> = 0,30 x 2,5 = 0,75 tf/m.m;  
SC+GC= 0,60 tf/m.m; SC na extremidade do balanço = 0.70 tf  
Espessura média da laje = 30 cm  
Concreto : Fck = 30 MPa

$$M_{\max} = ((0,75+0,60) \times 1,4 \times 1,4/2) + (0,7 \times 1,4) = 2.31 \text{ tfm/m}$$

| FLEXÃO SIMPLES - DIMENSIONAMENTO SEÇÃO RETANGULAR   |                                   |                                    |  |  |                       |                                   |                                     |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|--|--|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Diagrama retangular de tensões no concreto / Armadura Simples                                   |                                   |                                    |  |  |                       |                                   |                                     |
| E.L.U. - Dimensionamento nos domínios 2 e 3   |                                   |                                    |  |  |                       |                                   |                                     |
| <b>Dados da seção:</b>  |                                   | <b>Materiais estruturais:</b>      |  |  | <b>Coefficientes:</b> |                                   |                                     |
| b =   | <input type="text" value="100"/>  | (cm)                               | concreto - Fck =                         | <input type="text" value="30"/>                    | (MPA)                 | Gama f =                          | <input type="text" value="1.5"/>    |
| h =   | <input type="text" value="30"/>   | (cm)                               | aço - Fyk =                              | <input type="text" value="50"/>                    | (KN/cm <sup>2</sup> ) | Gama c =                          | <input type="text" value="1.4"/>    |
| d =   | <input type="text" value="28"/>   | (cm)                               | aço - Es =                               | <input type="text" value="21000"/>                 | (KN/cm <sup>2</sup> ) | Gama s =                          | <input type="text" value="1.15"/>   |
|   |                                   |                                    | Concreto - Fcd =                         | <input type="text" value="2.143"/>                 | (MPA)                 |                                   |                                     |
|   |                                   |                                    | aço - Fyd =                              | <input type="text" value="43.478"/>                | (KN/cm <sup>2</sup> ) |                                   |                                     |
|   |                                   |                                    | ε <sub>yd</sub> = f <sub>yd</sub> / Es = | <input type="text" value="0.002070"/>              | (KN/cm <sup>2</sup> ) |                                   |                                     |
| <b>Solicitações:</b>  |                                   |                                    |  |  |                       |                                   |                                     |
| M <sub>k</sub> =  | <input type="text" value="2.31"/> | (tf.m)                             | M <sub>d</sub> =                         | <input type="text" value="3.47"/>                  | (tf.m)                | M <sub>d</sub> =                  | <input type="text" value="3465.0"/> |
|   |                                   |                                    |  |  |                       |                                   |                                     |
| <b>Altura da linha neutra no limite dos domínios 2 e 3 (X<sub>2-3</sub> e X<sub>3-4</sub>):</b> |                                   |                                    |  |  |                       |                                   |                                     |
| X <sub>2-3</sub> =  | <input type="text" value="7.25"/> | (cm)                               | X <sub>3-4</sub> =                       | <input type="text" value="17.59"/>                 | (cm)                  |                                   |                                     |
| <b>Altura da linha neutra devido à solicitação e resistência dos materiais (X):</b>             |                                   |                                    |  |  |                       |                                   |                                     |
| 71400.0000  | 0.9514706                         | 0.9754335                          | 0.024566                                 | 0.859826   |                       |                                   |                                     |
|   |                                   |                                    |  |  |                       |                                   |                                     |
| X =   |                                   | <input type="text" value="0.860"/> | (cm)                                     | X/d =  |                       | <input type="text" value="0.03"/> |                                     |
| <b>Calculo da armadura simples:</b>   |                                   |                                    |  |  |                       |                                   |                                     |
| 0.3439305   | 27.65607                          | 1202.4378                          | 2.8816459                                |  |                       |                                   |                                     |
| As =  |                                   | <input type="text" value="2.88"/>  | (cm <sup>2</sup> )                       | <b>Ok, dentro do limite do domínio considerado</b> |                       |                                   |                                     |
| Adota armação min. = 4.5 cm <sup>2</sup>  |                                   |                                    |  |  |                       |                                   |                                     |

Resumo:

Armação negativa: #10 c/17

Armação positiva e negativa construtiva: 0,15 x h = 4.5 cm<sup>2</sup> ..... #8.0 c/12 ou #10 c/17

## 7. DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES:

Esforços nas fundações:

| RAMPAS DE ACESSO - RESUMO DE CARGA NAS FUNDAÇÕES                               |               |                |                 |                 |                |                |
|--|---------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| PILAR  | N (max)<br>tf | N (min.)<br>tf | Mx (+/-)<br>tfm | My (+/-)<br>tfm | Fx (+/-)<br>tf | Fy (+/-)<br>tf |
| PR11   | 24,30         | 15,02          | 4,63            | 6,89            | 1,82           | 2,46           |
| PR12   | 41,57         | 22,95          | 11,12           | 9,72            | 2,32           | 1,96           |
| PR13   | 43,11         | 24,27          | 13,63           | 12,05           | 2,32           | 1,96           |
| PR14/15  | 34,51         | 21,47          | 13,59           | 21,08           | 1,82           | 1,96           |
| PR16   | 44,94         | 25,84          | 16,24           | 14,52           | 2,32           | 1,96           |
| PR17   | 46,45         | 27,13          | 19,88           | 18,00           | 2,32           | 1,96           |
| PR18   | 47,33         | 27,96          | 20,81           | 18,91           | 2,32           | 1,96           |
| PR19   | 44,57         | 26,83          | 21,12           | 19,21           | 2,32           | 1,96           |
| PR20   | 38,85         | 25,27          | 19,06           | 27,40           | 1,82           | 1,96           |
| PR1  | 24,30         | 15,02          | 4,63            | 6,89            | 1,82           | 2,46           |
| PR3  | 41,85         | 23,19          | 11,94           | 10,48           | 2,32           | 1,96           |
| PR4/PR5  | 31,99         | 19,31          | 10,00           | 17,00           | 1,82           | 1,96           |
| PR6  | 43,78         | 24,84          | 15,36           | 13,68           | 2,32           | 1,96           |
| PR7  | 44,55         | 25,50          | 17,43           | 15,65           | 2,32           | 1,96           |
| PR2  | 40,81         | 22,30          | 8,96            | 7,76            | 2,32           | 1,96           |
| PR8  | 46,95         | 27,63          | 19,88           | 18,00           | 2,32           | 1,96           |
| PR9  | 46,22         | 28,24          | 22,39           | 20,45           | 2,32           | 1,96           |
| PR10   | 38,99         | 25,39          | 19,33           | 27,72           | 1,82           | 1,96           |
| OBS.: NÃO INCLUSO PESO DE ATERRO SOBRE OS BLOCOS                               |               |                |                 |                 |                |                |
| N com sinal positivo, ação no sentido gravitacional                            |               |                |                 |                 |                |                |
| Mx - momento em torno do eixo do pilar paralelo ao eixo longitudinal da rampa  |               |                |                 |                 |                |                |
| My - momento em torno do eixo do pilar paralelo ao eixo perpendicular da rampa |               |                |                 |                 |                |                |
| Fx - força horizontal paralela ao eixo transversal à rampa                     |               |                |                 |                 |                |                |
| Fy - força horizontal paralela ao eixo longitudinal à rampa                    |               |                |                 |                 |                |                |

### Dimensionamento das vigas de equilíbrio entre blocos de duas estacas:

Esforços solicitantes de dimensionamento considerando o pilar com 7.0 m de altura livre:

$$M_{max} = \sim 19 \text{ tfm}$$

$$V_{kmax} = \sim 9.0 \text{ tf}$$

### Dimensionamento à flexão:

| FLEXÃO SIMPLES - DIMENSIONAMENTO SEÇÃO RETANGULAR                                   |           |                               |                    |  |                       |          |                 |
|---|-----------|-------------------------------|--------------------|--|-----------------------|----------|-----------------|
| Diagrama retangular de tensões no concreto / Armadura Simples                       |           |                               |                    |  |                       |          |                 |
| E.L.U. - Dimensionamento nos domínios 2 e 3   |           |                               |                    |  |                       |          |                 |
| <b>Dados da seção:</b>  |           | <b>Materiais estruturais:</b> |                    |  | <b>Coefficientes:</b> |          |                 |
| b =   | 50        | (cm)                          | concreto - Fck =   | 30   | (MPA)                 | Gama f = | 1.4             |
| h =   | 60        | (cm)                          | aço - Fyk =        | 50   | (KN/cm <sup>2</sup> ) | Gama c = | 1.4             |
| d =   | 54        | (cm)                          | aço Es =           | 21000  | (KN/cm <sup>2</sup> ) | Gama s = | 1.15            |
|   |           |                               | Concreto - Fcd =   | 2.143  | (MPA)                 |          |                 |
|   |           |                               | aço - Fyd =        | 43.478   | (KN/cm <sup>2</sup> ) |          |                 |
|   |           |                               | εyd = fyd / Es =   | 0.002070   | (KN/cm <sup>2</sup> ) |          |                 |
| <b>Solicitações:</b>  |           |                               |                    |  |                       |          |                 |
| Mk =  | 19.00     | (tf.m)                        | Md =               | 26.60  | (tf.m)                | Md =     | 26600.0 (KN.cm) |
| <b>Altura da linha neutra no limite dos domínios 2 e 3 (X2-3 e X3-4):</b>           |           |                               |                    |  |                       |          |                 |
| X2-3 =  | 13.99     | (cm)                          | X3-4 =             | 33.93  | (cm)                  |          |                 |
| <b>Altura da linha neutra devido à solicitação e resistência dos materiais (X):</b> |           |                               |                    |  |                       |          |                 |
| 132782.1429   | 0.7996719 | 0.8942437                     | 0.105756           | 7.138548   |                       |          |                 |
| X =   |           | 7.139                         | (cm)               | X/d =  |                       | 0.13     |                 |
| <b>Calculo da armadura simples:</b>   |           |                               |                    |  |                       |          |                 |
| 2.8554192   | 51.14458  | 2223.6774                     | 11.9621667         |  |                       |          |                 |
| As =  |           | 11.96                         | (cm <sup>2</sup> ) | <b>Ok, dentro do limite do domínio considerado</b> |                       |          |                 |

Resumo:

Armação negativa/positivo - 6#16

Armação min.: 0,2%bh = 0,002 x 50 x 60 = 6,0 cm<sup>2</sup>

Dimensionamento ao esforço cortante:

|   |             |             |  |                 |
|---|-------------|-------------|--|-----------------|
| Viga N.º  | equilibrio  |             | Entre com os valores pedidos do cálculo estático |                 |
| Fck   | 250         | (kgf / cm²) | M máx  | 24.000 (tf x m) |
| Aço - CA  | 50A         |             | Vk máx   | 9.000 (tf)      |
| <b>1) CÁLCULO DA ALTURA MÍNIMA DA VIGA (d min)</b>                                    |             |             |  |                 |
| largura da viga ou b da viga (bw) =   | 50.000      | (cm)        | (geralmente usa-se d viga = 1/10 do vão)         |                 |
| d min =   | 44.476      | (cm)        |  |                 |
| Cobrimento  | 5.0         | (cm)        |  |                 |
| h min =   | 49.5        | (cm)        |  |                 |
| h adotado =   | 55.0        | (cm)        | d real =   | 50.00           |
| <b>2) VERIFICAÇÃO DO CONCRETO EM RELAÇÃO AS FORÇAS CISALHANTES (VK)</b>               |             |             |  |                 |
| Twd máx = (1,4 X Vk máx(kgf)) / bw x d =  | 5.040       | (kgf/cm²)   |  |                 |
| Twu = 0,25 x fck / 1,4 =  | 44.643      | (kgf / cm²) |  |                 |
| se Twd < Twu ..... ok (a seção de concreto suportará os esforços cortantes)           |             |             |  |                 |
| se contrario mude a seção da viga para que a situação anterior se torne o nosso caso. |             |             |  |                 |
| <b>4) CÁLCULO DA ARMADURA TRANSVERSAL (ESTRIBOS)</b>                                  |             |             |  |                 |
| Vk =  | 9           | tf          |  |                 |
| As, efetivo menor, 2 h do apoio =   | 12.00       | cm²         |  |                 |
| % RoL = (As / b x d) x 100 =  | 0.480       | (%)         |  |                 |
| caso 1...se % RoL <= 0,1 % preencha com o valor acima calculado =                     |             |             |  | 0.240           |
| caso 2...se 0,1 < % RoL <= 1,5 % preencha com o valor acima calculado =               |             |             |  | 0.297           |
| caso 3...se % RoL >= 1,5 % preencha com o valor acima calculado =                     |             |             |  | 0.450           |
| Preencha ao lado o valor correspondente a um dos 3 casos                              |             |             | Ks11 =   | 0.290           |
| Tc = Ks11 x raiz(fck) =   | 4.59        | (kgf/cm²)   |  |                 |
| Twd = 1,4 x Vk / b x d =  | 5.04        | (kgf/cm²)   |  |                 |
| <b>importante - veja exigência da Norma a respeito do Twd</b>                         |             |             |  |                 |
| Twd <   | 44.64       | (kgf/cm²)   | e menor que 45 (kgf/cm²)                         |                 |
| Td = 1,15 x Twd - Tc =  | 1.21        | (kgf/cm²)   |  |                 |
| Ast/m = bw x Td / fywd =  | 1.39        | (cm²/m)     | fywd =   | 4348            |
| <b>5) CÁLCULO DA ARMADURA MÍNIMA DE ESTRIBOS</b>                                      |             |             |  |                 |
| Astmin = 0,14% x bh =   | 7.00        | (cm²/m)     |  |                 |
|   |             |             | 0.0621118  |                 |
|   |             |             | 2668125.652                                      |                 |
| Vkmin =   | 16.57       | tf          |  |                 |
| <b>6) ESPAÇAMENTOS:</b>   |             |             |  |                 |
| Bitola  | rea da bito | no. Ramos   | Ast/m  | ESPAÇAMENTO     |
| 5   | 0.2         | 4           | 7  | 11.4 (cm)       |
| 6.3   | 0.315       | 4           | 7  | 18.0 (cm)       |
| 8   | 0.5         | 4           | 7  | 28.6 (cm)       |
| 10  | 0.8         | 4           | 7  | 45.7 (cm)       |

Resumo:  
Estribo Adotado - #6.3 c/15 – 4R  
Disponer armadura de pele – 5 # 8.0 /face

### Dimensionamento dos blocos de fundação:

Concreto: C25 paca calculo - ESPECIFICADO: C30  
Aço: CA-50-A e CA-60-B

Cobrimento (superior) : 5.00 cm  
 Cobrimento (inferior) : 5.00 cm  
 Cobrimento (lateral) : 5.00 cm  
 Cobrimento (frontal) : 5.00 cm  
 Cobrimento (arranques) : 5.00 cm  
 Tamanho máximo agregado: 35.0 mm  
 Espessura concreto magro: 10.0 cm  
 Tensão admissível em combinações fundamentais: 2.00 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Tensão admissível em combinações acidentais: 2.00 kgf/cm<sup>2</sup>

| Referências | Descrição  |
|-------------|--|
| 19xE-35TF   | Tipo de estaca: Concreto circular<br>Diâmetro: 380 mm<br>Capacidade de carga em combinações permanentes: 35.00 t<br>Capacidade de carga em combinações acidentais: 35.00 t<br>Espaçamento mínimo entre eixos: 1400.00 mm |
| 2xE-40TF    | Tipo de estaca: Concreto circular<br>Diâmetro: 380 mm<br>Capacidade de carga em combinações permanentes: 40.00 t<br>Capacidade de carga em combinações acidentais: 40.00 t<br>Espaçamento mínimo entre eixos: 1400.00 mm |
| 11xE-30 TF  | Tipo de estaca: Concreto circular<br>Diâmetro: 380 mm<br>Capacidade de carga em combinações permanentes: 30.00 t<br>Capacidade de carga em combinações acidentais: 30.00 t<br>Espaçamento mínimo entre eixos: 1400.00 mm |
| 8xE-37 TF   | Tipo de estaca: Concreto circular<br>Diâmetro: 380 mm<br>Capacidade de carga em combinações permanentes: 37.00 t<br>Capacidade de carga em combinações acidentais: 37.00 t<br>Espaçamento mínimo entre eixos: 1400.00 mm |

## 2.- DESCRIÇÃO DO DIMENSIONAMENTO

| Referências                      | Estacas                              | Geometria  | Armadura  |
|----------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| PILAR INTERNO ATE 4m - 2 ESTACAS | Tipo: E-35TF<br>Penetração: 10.0 cm  | Bloco de 2 estacas<br>Balanço X: 40.0 cm<br>Balanço Y: 56.0 cm<br>Altura: 100.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.50 m | Armadura inferior: 7 Ø16<br>Armadura superior: 6 Ø10<br>Estribos horizontais: 6 Ø10<br>Estribos verticais: Ø10c/7   |
| PILAR INTERNO ATE 6m - 2 ESTACAS | Tipo: E-35TF<br>Penetração: 10.0 cm  | Bloco de 2 estacas<br>Balanço X: 40.0 cm<br>Balanço Y: 56.0 cm<br>Altura: 90.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.50 m  | Armadura inferior: 7 Ø16<br>Armadura superior: 5 Ø10<br>Estribos horizontais: 6 Ø10<br>Estribos verticais: Ø12.5c/10  |
| PILAR INTERNO ATE 7m - 2 ESTACAS | Tipo: E-35TF<br>Penetração: 10.0 cm  | Bloco de 2 estacas<br>Balanço X: 44.0 cm<br>Balanço Y: 50.0 cm<br>Altura: 90.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.70 m  | Armadura inferior: 8 Ø16<br>Armadura superior: 6 Ø10<br>Estribos horizontais: 7 Ø10<br>Estribos verticais: Ø10c/10  |
| PILAR INTERNO ATE 8m - 2 ESTACAS | Tipo: E-40TF<br>Penetração: 10.0 cm  | Bloco de 2 estacas<br>Balanço X: 70.0 cm<br>Balanço Y: 70.0 cm<br>Altura: 100.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.70 m | Armadura inferior: 8 Ø16<br>Armadura superior: 6 Ø10<br>Estribos horizontais: 6 Ø10<br>Estribos verticais: Ø10c/10  |
| PILAR INTERNO ATE 4m - 3 ESTACAS | Tipo: E-30 TF<br>Penetração: 10.0 cm | Bloco de 3 estacas<br>Balanço: 40.0 cm<br>Altura: 100.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.60 m                         | Malha inferior X: Ø10c/20<br>Malha inferior Y: Ø10c/20<br>Malha superior X: Ø10c/20<br>Malha superior Y: Ø10c/20<br>Armadura perimetral: 5 Ø10<br>Viga lateral:<br>Armadura inferior: 7 Ø16 |
| PILAR INTERNO ATE 6m - 3 ESTACAS | Tipo: E-35TF<br>Penetração: 10.0 cm  | Bloco de 3 estacas<br>Balanço: 40.0 cm<br>Altura: 100.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.80 m                         | Malha inferior X: Ø10c/20<br>Malha inferior Y: Ø10c/20<br>Malha superior X: Ø10c/20<br>Malha superior Y: Ø10c/20<br>Armadura perimetral: 5 Ø10<br>Viga lateral:<br>Armadura inferior: 8 Ø16 |



|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116-SP-414-3-C04-502 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>42/46 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

|                                       |                                      |  |   |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| PILAR INTERNO<br>ATE 7m - 3 ESTACAS   | Tipo: E-35TF<br>Penetração: 10.0 cm  | Bloco de 3 estacas<br>Balanço: 44.0 cm<br>Altura: 120.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.80 m                         | Malha inferior X: Ø12.5c/20<br>Malha inferior Y: Ø12.5c/20<br>Malha superior X: Ø10c/25<br>Malha superior Y: Ø10c/25<br>Armadura perimetral: 5 Ø10<br>Viga lateral:<br>Armadura inferior: 8 Ø16 |
| PILAR INTERNO<br>ATE 8m - 3 ESTACAS   | Tipo: E-37 TF<br>Penetração: 10.0 cm | Bloco de 3 estacas<br>Balanço: 44.0 cm<br>Altura: 110.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.80 m                         | Malha inferior X: Ø12.5c/20<br>Malha inferior Y: Ø12.5c/20<br>Malha superior X: Ø10c/25<br>Malha superior Y: Ø10c/25<br>Armadura perimetral: 5 Ø10<br>Viga lateral:<br>Armadura inferior: 8 Ø16 |
| PILAR EXTERNO<br>ATE 3m - 2 ESTACAS   | Tipo: E-30 TF<br>Penetração: 10.0 cm | Bloco de 2 estacas<br>Balanço X: 44.0 cm<br>Balanço Y: 56.0 cm<br>Altura: 90.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.50 m  | Armadura inferior: 7 Ø16<br>Armadura superior: 5 Ø10<br>Estribos horizontais: 5 Ø10<br>Estribos verticais: Ø10c/10  |
| PILAR EXTERNO<br>ATE 5m - 2 ESTACAS   | Tipo: E-35TF<br>Penetração: 10.0 cm  | Bloco de 2 estacas<br>Balanço X: 55.0 cm<br>Balanço Y: 55.0 cm<br>Altura: 100.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.80 m | Armadura inferior: 7 Ø16<br>Armadura superior: 5 Ø10<br>Estribos horizontais: 5 Ø10<br>Estribos verticais: Ø10c/10  |
| PILAR EXTERNO<br>ATE 6.5m - 2 ESTACAS | Tipo: E-35TF<br>Penetração: 10.0 cm  | Bloco de 2 estacas<br>Balanço X: 55.0 cm<br>Balanço Y: 55.0 cm<br>Altura: 100.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.80 m | Armadura inferior: 7 Ø16<br>Armadura superior: 6 Ø10<br>Estribos horizontais: 6 Ø10<br>Estribos verticais: Ø10c/10  |
| PILAR EXTERNO<br>ATE 7.5m - 2 ESTACAS | Tipo: E-37 TF<br>Penetração: 10.0 cm | Bloco de 2 estacas<br>Balanço X: 55.0 cm<br>Balanço Y: 55.0 cm<br>Altura: 100.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.80 m | Armadura inferior: 7 Ø16<br>Armadura superior: 6 Ø10<br>Estribos horizontais: 6 Ø10<br>Estribos verticais: Ø10c/10  |
| PILAR EXTERNO<br>ATE 3m - 3 ESTACAS   | Tipo: E-30 TF<br>Penetração: 10.0 cm | Bloco de 3 estacas<br>Balanço: 44.0 cm<br>Altura: 105.0 cm<br>Distância entre eixos de   | Malha inferior X: Ø10c/20<br>Malha inferior Y: Ø10c/20<br>Malha superior X: Ø10c/25   |

|                                   |                                      |  |   |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--|---|
|                                   |                                      | estacas: 1.60 m  | Malha superior Y: Ø10c/25<br>Armadura perimetral: 6 Ø10<br>Viga lateral:<br>Armadura inferior: 6 Ø16  |
| PILAR EXTERNO ATE 5m - 3 ESTACAS  | Tipo: E-30 TF<br>Penetração: 10.0 cm | Bloco de 3 estacas<br>Balanço: 44.0 cm<br>Altura: 100.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.80 m | Malha inferior X: Ø10c/20<br>Malha inferior Y: Ø10c/20<br>Malha superior X: Ø10c/25<br>Malha superior Y: Ø10c/25<br>Armadura perimetral: 6 Ø10<br>Viga lateral:<br>Armadura inferior: 7 Ø16 |
| PILAR EXTERNO ATE 6.5 - 3 ESTACAS | Tipo: E-35TF<br>Penetração: 10.0 cm  | Bloco de 3 estacas<br>Balanço: 44.0 cm<br>Altura: 100.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.80 m | Malha inferior X: Ø10c/20<br>Malha inferior Y: Ø10c/20<br>Malha superior X: Ø10c/25<br>Malha superior Y: Ø10c/25<br>Armadura perimetral: 6 Ø10<br>Viga lateral:<br>Armadura inferior: 7 Ø16 |
| PILAR EXTERNO ATE 7.5 - 3 ESTACAS | Tipo: E-37 TF<br>Penetração: 10.0 cm | Bloco de 3 estacas<br>Balanço: 44.0 cm<br>Altura: 110.0 cm<br>Distância entre eixos de estacas: 1.80 m | Malha inferior X: Ø10c/20<br>Malha inferior Y: Ø10c/20<br>Malha superior X: Ø10c/25<br>Malha superior Y: Ø10c/25<br>Armadura perimetral: 6 Ø10<br>Viga lateral:<br>Armadura inferior: 8 Ø16 |

## 8. VERIFICAÇÃO VIBRAÇÃO

### 8.1. Introdução

O objetivo deste item é a análise dinâmica estrutural das rampas da passarela de pedestre em questão, construída na Auto Pista Régis Bittencourt.

## 8.2. Verificação (análise dinâmica)

| VERIFICAÇÃO DE VIBRAÇÃO EM PASSARELAS DE PEDESTRES                         |                 |  |   |
|--|-----------------|--|---|
| VERIFICAÇÃO PARA A RAMPA DE ACESSO   |                 |  |   |
| PREMISSAS:   |                 |  |   |
| 1. VERIFICAÇÃO SIMPLIFICADA  |                 |  |   |
| 2. HIPÓTESES DE RÍGIDEZ EQUIVALENTE A DE UMA VIGA BI-APOIADA               |                 |  |   |
| 3. ANALISE LINEAR  |                 |  |   |
| 4. CONFORTO GARANTIDO QUANDO ATENDIDO A FREQUENCIA MIN. REQUERIDA = 4.0 Hz |                 |  |   |
| DADOS:   |                 |  |   |
| E =  | <b>32418000</b> | kN/m <sup>2</sup>                            | ..... MÓDULO DE ELASTICIDADE                        |
| I =  | <b>0.0017</b>   | m <sup>4</sup>                               | ..... MOMENTO DE INÉRCIA EQUIVALENTE E HOMOGENIZADO |
| P =  | <b>6.5</b>      | kN/m   | ..... PESO DA ESTRUTURA POR UNIDADE DE COMPRIMENTO  |
| L =  | <b>10.6</b>     | m  | ..... VÃO DA ESTRUTURA                              |
| g =  | <b>9.81</b>     | m/seg <sup>2</sup>                           | ..... ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE                       |
| DETERMINAÇÃO DA FREQUENCIA NATURAL DA ESTRUTURA (1o. MODO):                |                 |  |   |
| mI =   | <b>0.66</b>     | ..... MASSA POR UNIDADE DE COMPRIMENTO = P/g |   |
| <b>f1 = (3.14 / 2) x RAIZ(EI / m x L<sup>4</sup>) =</b>                    |                 | 4.029798                                     | > <b>4 Hz</b>                                       |
| <b>Ok ..... PEQUENA POSSIBILIDADE DE VIBRAÇÃO EXCESSIVA</b>                |                 |  |   |

## 8.3. Conclusão

As rampas de pedestres podem apresentar vibrações excessivas, principalmente na direção vertical, devidas a passagem de pedestres com baixa densidade de ocupação.

As vibrações excessivas ocorrem quando a estrutura tem modos naturais de vibração associados a frequências, situadas nas faixas de frequência fundamentais características das atividades humanas.

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MC-06-116-SP-414-3-C04-502 | Revisão:<br>A | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>45/46 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

A frequência natural da estrutura devem se afastar das frequências entre 1,6 e 2,4 Hz, resultantes do caminhar de pessoas e, 2,0 e 3,5 Hz, resultantes da atividade de correr.

A estrutura em questão possui frequência natural da ordem de 4.03 Hz, superior as faixas de frequência de excitação da estrutura.

Portanto a atividade de caminhar não apresentará desconforto durante a utilização das rampas.



|                            |      |
|----------------------------|------|
| Código                     | REV. |
| MC-06-116/SP-414-3-E01/501 | B    |

|            |          |
|------------|----------|
| Emissão    | Folha    |
| 09/09/2011 | 01 DE 11 |

|              |  |
|--------------|--|
| Lote :<br>06 | Rodovia :<br>Régis Bittencourt<br>BR - 116 |
|--------------|--|

|                   |
|-------------------|
| Firma Projetista: |
|-------------------|

|  |
|--|
| Trecho :<br>São Paulo - Curitiba<br>Passarela km 414+320 |
|--|

|  |
|--|
| Concessionária:<br>AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT |
|--|

|   |
|---|
| Objeto :<br>MEMORIAL DE CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO<br>"As Built" |
|---|

|       |
|-------|
| ANTT: |
|-------|

Documentos de Referência:

DE-06-116/SP-414-3-E01/501 - TRAÇADO EM PLANTA

Documentos Resultantes:

Observação:

| Rev. | Data | Projetista | Concessionária | ANTT |
|------|------|------------|----------------|------|
|      |      |            |                |      |
|      |      |            |                |      |
|      |      |            |                |      |
|      |      |            |                |      |
|      |      |            |                |      |
|      |      |            |                |      |
|      |      |            |                |      |
|      |      |            |                |      |
|      |      |            |                |      |

|  |        |
|--|--------|
| FIRMA PROJETISTA:                          |        |
| Nº INTERNO: ARB-MC-06-116/SP-414-3-E01/501 | Rev. A |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1- APRESENTAÇÃO.....</b>                       | <b>03</b> |
| <b>2- MAPA DE LOCALIZAÇÃO.....</b>                | <b>04</b> |
| <b>3- ELABORAÇÃO DE PROJETO.....</b>              | <b>05</b> |
| <b>4- DETALHAMENTO BASICO DE IMPLANTAÇÃO.....</b> | <b>05</b> |
| <b>4.1- ESPECIFICAÇÕES DA IMPLANTAÇÃO.....</b>    | <b>05</b> |
| <b>4.2 –ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS.....</b>      | <b>06</b> |
| <b>5- PLANEJAMENTO DA OBRA.....</b>               | <b>08</b> |
| <b>6- ESQUEMA OPERACIONAL.....</b>                | <b>09</b> |
| <b>7- PLANILHA DE QUANTIDADES.....</b>            | <b>10</b> |
| <b>8- REFERÊNCIAS.....</b>                        | <b>11</b> |

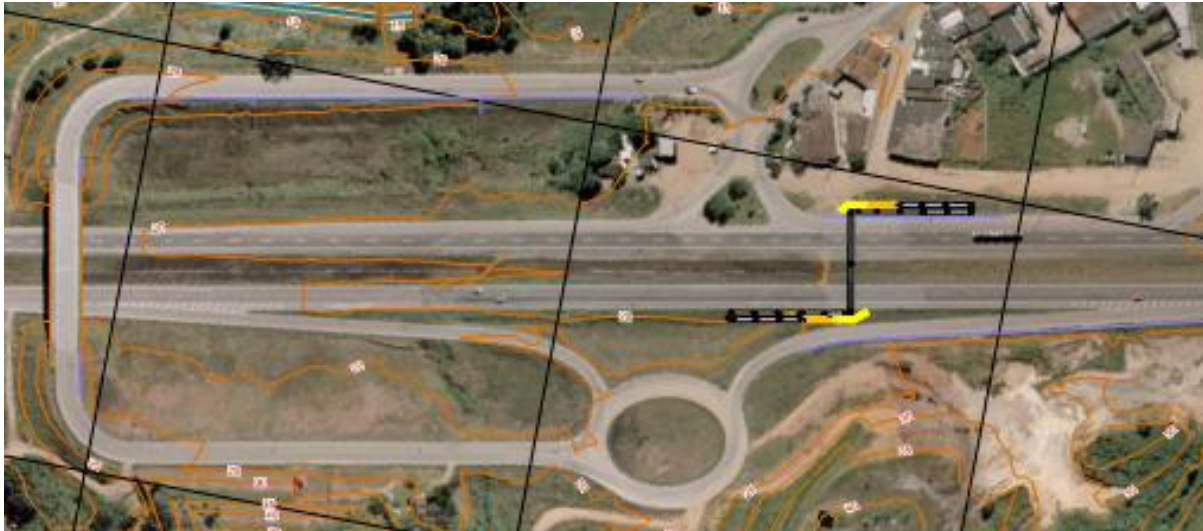
|                                       |               |                        |                   |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-------------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-E01/501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/09/2011 | Folha:<br>3 de 11 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-------------------|

## 1. APRESENTAÇÃO

A Autopista Régis Bittencourt S/A entrega nesta oportunidade o presente **Projeto “As Built” de Implantação do Sistema de Iluminação Passarela** do km 414+320 no Município Juquiá/SP.

## 2. MAPA DE LOCALIZAÇÃO

### Iluminação da Passarela do km 414+320 - Município de Juquiá/SP.



## 3. ELABORAÇÃO DO PROJETO

O projeto foi elaborado considerando-se todas as informações técnicas oriundas do levantamento de campo realizado, além de atender as especificações da Concessionária. O levantamento executado em campo considerou todas as interferências existentes de outras Concessionárias (Estruturas físicas atuais, Drenagens, Telecom, Gás, Água e Esgoto, etc.), a fim de minimizar os riscos de possíveis acidentes na estrutura implantada durante a execução dos serviços.



Foram adotados os critérios luminotécnicos exigidos nas Normas ABNT 5410, Normas as Concessionárias de Energia e Normas DNIT.

Estabelecidos os parâmetros acima, foi alocada a rede com toda sua estrutura, definindo todos os detalhes e métodos construtivos considerando o local de implantação.

#### **4. DETALHAMENTO BASICO DE IMPLANTAÇÃO**

##### **4.1. ESPECIFICAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO**

###### **4.1.1. Levantamento de Cargas**

As cargas novas, exclusivamente com lâmpadas de descarga a Vapor de Sódio Alta Pressão de 400W com reator com fator de potência médio de 0,93, totalizou no trecho 2.580 W.

###### **4.1.2. Alimentação de Energia**

A alimentação de energia foi fornecida pela concessionária de energia elétrica local, através da alimentação existente de um poste padrão localizado na pista sul.

Após um levantamento de carga dos circuitos, foi determinado que a iluminação a implantar seja atendida em um circuito pela rede de baixa tensão existente e projetada.

###### **4.1.3. Projeto Luminotécnico**

O cálculo luminotécnico foi elaborado seguindo as NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS, NORMAS TÉCNICAS DA ELEKTRO, o que determinou os tipos de luminárias, altura dos postes, espaçamento dos vãos e todas as características inerentes ao projeto.

###### **4.1.4. Comandos**

As luminárias projetadas foram acionadas por comando em individual acionado por Relé Fotoelétrico, acoplado na luminária.

#### **4.1.5. Condutores**

Os condutores aplicados foram do tipo embutido na passarela e embutido no solo com condutor de cobre tipo PP bitola 3 x 6,0 mm<sup>2</sup> e ligando as luminárias com cabo de cobre com isolamento para 0,6/1kV

Obs.: Para o melhor funcionamento do sistema foi necessário equilibrar as cargas de cada circuito nas fases distribuídas no trecho, especificadas no projeto elétrico.

#### **4.1.6. Aterramento**

Aterrar o sistema, ou seja, ligar intencionalmente um condutor fase nu, o que é mais comum, o neutro à terra, tem por objetivo controlar a tensão em relação à terra dentro de limites previsíveis. Esse aterramento também oferece um caminho para a circulação de corrente que irá permitir a detecção de uma ligação indesejada entre os condutores vivos e a terra.

#### **4.1.7. Luminárias**

As luminárias contempladas neste projeto foram do tipo ALTO RENDIMENTO com Lâmpada Vapor de Sódio 400.

#### **4.1.8. Postes**

Os postes de iluminação adotados foram dos tipos Ornamentais tele cônicos retos metálicos em Aço Galvanizado para uma e duas luminárias.

#### **4.1.9. Rede de Distribuição**

A rede de distribuição que atendeu a iluminação está dimensionada e prevista neste projeto, conforme orientações do setor de análise de redes da mesma.

### **4.2. ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS**

#### **4.2.1. Aterramento**

Para atender o aterramento foram utilizados haste de cobre tipo copperweld com conector haste/cabo de 5/8"x2,4m, conforme especificação no projeto.

#### **4.2.2. Postes das Luminárias**

Os postes de iluminação adotados foram dos tipos Ornamentais tele cônicos retos metálicos em Aço Galvanizado, com 12 e 15 metros de altura engastado no solo, para 02 luminárias.

#### **4.2.3. Conjunto de Iluminação**

##### **4.2.3.1. Luminária c/ Reator Incorporado**

Luminária pétala para iluminação externa com grau de proteção IP66; Corpo em alumínio injetado à alta pressão, pintura eletrostática na cor cinza; Instalação adaptável em postes através de tubos de 60 mm de diâmetro (máximo); Refletor em alumínio anodizado brilhante, selado ao corpo com vedação de silicone; Protetor em vidro temperado, resistente a choque térmico; Base para relé fotoelétrico; Porta lâmpada base E40 em cerâmica; Tipo de lâmpada tubular de Vapor Sódio.

Reator Interno para lâmpada Vapor de Sódio Alto Fator de Potência 250 e 400 W, encapsulado, Capacitor de filme polipropileno metalizado, Classe de Isolação do fio "H", classe do reator "B", Tensão 220V, Frequência 60Hz, pintura eletrostática a pó, conforme NBR 13593 e NBR IEC 662.

##### **4.2.3.2. Lâmpada**

A lâmpada foi tubular de descarga de alta intensidade a Vapor Sódio, potência 400W, base E-40.

##### **4.2.3.3. Rele Fotoelétrica**

O relê fotoelétrico foi do Modelo RM-10, com base e tampa injetado em polipropileno preto estabilizado contra irradiações UV resistente a intempéries e choques mecânicos, lente da fotocélula injetada em polipropileno transparente, proteção eletrônica com Varistor, acionamento eletromagnético e capacidade de carga de 1000W (220V) ou 1800VA (220V)

##### **4.2.3.4. Condutor**

- **Rede**

Cabo cobre tipo PP Bitola 3 x 6,0 mm<sup>2</sup> -fases+terra – (Rede embutida no solo e no piso da passarela)

- **Poste**

Cabo PP 2 x 2,5 mm (fases)

- **Poste padrão**

Cabo cobre 16 mm<sup>2</sup> isolado para o padrão

- **Aterramento**

Cabo de cobre nu 10 mm<sup>2</sup> (padrão de energia).

#### 4.2.3.5. Poste Padrão

Para atender a iluminação foi necessário neste caso um padrão de energia bifásico em Poste Duplo T, instalação ao tempo.

## 5. PLANEJAMENTO DA OBRA

O planejamento da obra consiste na apresentação de todas as fases executivas do empreendimento:

- 1 – Serviços Preliminares
- 2 – Etapas de Implantação
- 3 – Serviços Complementares

Os serviços informados são alvos de detalhamento no referido projeto, estando dispostos, quanto a sua execução, em conformidade com o cronograma previamente apresentado.

### 1- Serviços Preliminares:

Definição dos locais de implantação dos postes de iluminação, de forma a otimizar o sistema obtendo a maior eficiência possível em campo. Consulta a empresa concessionária de energia a fim de levantar as condições dos circuitos elétricos disponíveis para a energização do ramal de iluminação construído.

## 2- Etapas de Implantação:

A construção desta infraestrutura atendeu às especificações e normas da ANTT, bem como às normas técnicas aplicáveis e vigentes para este fim.

A construção do sistema de iluminação pública atenderá, entre outras, as seguintes condições:

- Distância entre postes foi de acordo com o projeto;
- Sistema de iluminação composto por lâmpadas de Vapor de Sódio;
- Sistema de transformação de energia independente da rede atualmente existente na localidade.

O processo de implantação consiste em plantar os postes, interliga-los através dos cabos adequados e conectar o sistema de luminárias em cada poste, tal tarefa foi executada com o sistema de cabeamento totalmente desconectado do sistema de energia. A ligação do sistema foi executada em conjunto empresa concessionária de energia que atende ao município.

## 3- Serviços Complementares:

Após a implantação, foram executados testes de comutação e colocação do sistema em carga através da ligação das chaves comutadoras. Qualquer alteração no terreno foi recomposto na fase de acabamento de obra.

Depois de concluída a aceitação caberá à empresa executora a o fornecimento de projeto As – Built, dentro dos padrões exigidos pela ANTT e onde constarão além do encaminhamento definitivo, os perfis da rede implantada.

## 6. ESQUEMA OPERACIONAL

A sinalização dos trabalhos na Passarela, para a execução da obra seguirá o manual de sinalização adotado pelo departamento de Tráfego da Autopista Régis Bittencourt SA, permitirá ao usuário da via a identificação das intervenções de obra em distância segura para frenagem e diminuição de velocidade nos diversos pontos de execução.

Sequencialmente apresenta-se uma relação de equipamentos que foram disponibilizados e utilizados para a execução da obra.

- Caminhão;
- Valetadeira;
- Caminhão Munk;
- Cesto aéreo;

## 7. PLANILHA DE QUANTIDADES

| ORÇAMENTO DE MATERIAIS  |   |       |      |
|-------------------------|---|-------|------|
| ILUMINAÇÃO DA PASSARELA |   |       |      |
| RODOVIA                 | BR - 116  |       |      |
| TRECHO                  | Juquiá/SP   |       |      |
| LOCAL                   | KM 414+320 m  |       |      |
| REFERÊNCIA              | PROJETO ILUMINAÇÃO DA PASSARELA   |       |      |
| ITENS                   | DISCRIMINAÇÃO   | UNID. | QTDE |
| 01                      | Luminária tipo pétala com local para reator e fotocélula embutido         | pç    | 06   |
| 02                      | Haste de cobre tipo cooperweld com conector haste/cabo de 5/8"x2,40m      | pç    | 04   |
| 03                      | Padrão de entrada de energia  | pç    | 01   |
| 04                      | Caixa de passagem no piso com tampa cega                                  | pç    | 04   |
| 05                      | Eletroduto de PVC embutido na passarela                                   | m     | 60   |
| 06                      | Eletroduto de PVC embutido no piso (solo)                                 | m     | 160  |
| 07                      | Eletroduto galvanizado a fogo fixado na passarela através de abraçadeiras | pç    | 02   |
| 08                      | Cabo PP 3x6,0mm <sup>2</sup>  | m     | 320  |
| 09                      | Reator magnético para 01 lâmpada vapor de sódio de 400w                   | pç    | 06   |
| 10                      | Ignitor par acionamento de lâmpada de 400w                                | pç    | 06   |
| 11                      | Lâmpada vapor de sódio de 400w  | pç    | 06   |
| 12                      | Capacitor para acionamento de lâmpada de 400w                             | pç    | 06   |
| 13                      | Cabeçote de ligação p/ 02 luminárias tipo pétala a poste metálico galv.   | pç    | 03   |
| 14                      | Fotocélula  | pç    | 06   |

## 8. REFERÊNCIAS TÉCNICAS

**ABNT NBR 5101 / 1992** - Iluminação Pública - Fixa requisitos mínimos necessários a iluminação de vias públicas, os quais são destinados a propiciar algum nível de segurança aos tráfegos de pedestres e veículos;

|                                       |               |                        |                    |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|--------------------|
| Código:<br>MC-06-116/SP-414-3-E01/501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/09/2011 | Folha:<br>11 de 11 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|--------------------|

**ABNT - NBR IEC 60598 / 2010-** Luminárias;

**ABNT - NBR 15129/ 2004** - Luminárias para iluminação pública;

**ABNT NBR - IEC 60662 / 1997** - Lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão;

**ABNT NBR IEC 1167** – Lâmpadas a vapor metálico;

**ABNT NBR – 13593 / 2011** - Reator e ignitor para lâmpada a vapor de sódio a alta pressão;

**ABNT NBR - 5123 / 1998** - Relé fotoelétrico e tomada para iluminação;

**ABNT NBR 5410 / 2004** – Instalações elétricas de baixa tensão.

MEMORIAL DESCRITIVO





Autopista  
**Régis Bittencourt**  
arteris

Código  
MD-06-116/SP-414-3-C04/501

REV.  
B

Emissão  
09/04/2012

Folha  
1/22

Lote :  
06

Rodovia : BR-116/SP  
REGIS BITTENCOURT

Firma Projetista:  
SEC Engenharia Ltda.

Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA  
km 414+320

Concessionária:  
Autopista Régis Bittencourt

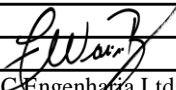
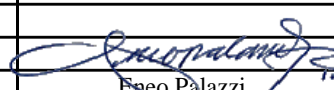
Objeto :  
MEMORIAL DESCRITIVO

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

|      |            |   |  |                        |
|------|------------|---|--|------------------------|
|      |            |   |  | ATENDENDO AO OFÍCIO    |
|      |            |   |  | ANTT N°526/2015/COINF- |
| B    | 16/11/2015 |  |  | URSP/SUINF             |
| A    | 09/04/2012 | SEC Engenharia Ltda.  | Eneo Palazzi   |                        |
| Rev. | Data       | Firma Projetista  | Concessionária   | ANTT                   |

FIRMA PROJETISTA: SEC Engenharia Ltda.

Nº INTERNO: SEC-MD-06-116/SP-414-3-C04/501

Rev. B

## ÍNDICE

---

1. INTRODUÇÃO
2. CONCEPÇÃO BÁSICA
3. SERVIÇOS PRELIMINARES
4. FUNDAÇÕES
5. MESOESTRUTURA
6. ESTRUTURA
7. CONCRETAGEM DA MESO E ESTRUTURA
8. PISO DA PASSARELA / RAMPA
9. ESCOAMENTO DE AGUA DA CHUVA
10. GUARDA CORPO, CORRIMÃO E TELAMENTO DE TRAVESSIA
11. REVESTIMENTOS
12. RESUMO DE QUANTITATIVOS

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>3/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

## 1. INTRODUÇÃO

O presente documento é parte integrante do projeto estrutural desenvolvido para execução de passarela de pedestres implantada na Rodovia Régis Bittencourt - BR116 – km 414+320.

Neste documento são apresentados os procedimentos e recomendações, referentes à execução da estrutura, mesoestrutura e infraestrutura da passarela e rampas de acesso.

## 2. CONCEPÇÃO BÁSICA

A solução para a passarela e rampas de acesso foi estudada para as características locais, buscando a integração com os aspectos topográficos e objetivando a funcionalidade e racionalização dos recursos empregados.

O gabarito respeitado é de 5,50 metros livre, entre o pavimento da pista de rolamento e a estrutura da travessia. A largura útil das rampas e travessia de no mínimo 2,0 m, devendo ser providas de guarda corpo com altura de 1,10m do piso e, ainda, corrimão, guia de balizamento e piso tátil, conforme norma de acessibilidade.

Em complemento à estrutura das rampas de acesso devem ser projetadas, conforme norma de acessibilidade, obras de terraplanagem e contenção para concordância das rampas com a topografia local.

Os materiais e sistemas estruturais foram definidos conforme a tipologia da obra, vãos previstos no anteprojeto fornecido e condições de execução apropriadas para o local.

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>4/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

A estrutura das rampas foi concebida considerando a possibilidade de vãos moderados, conforme espaçamentos possíveis para disposição dos pilares de apoio, propiciando a adoção de sistemas em vigas e lajes de concreto armado.

A solução básica para a estrutura da rampa de acesso em lajes alveolares protendidas, apoiadas em consoles dispostos no topo dos pilares e para a estrutura da travessia, foi adotado vigas com seção tipo "T", em concreto armado quando o vão não superar 14 metros e, em concreto protendido para vãos superiores, visando à redução da seção da viga e conseqüentemente a redução do desnível vencido pelas rampas.

### **3. SERVIÇOS PRELIMINARES**

#### **3.1. CANTEIRO DE OBRA:**

Foram providenciadas instalações adequadas para o desenvolvimento dos trabalhos, como: escritório, almoxarifado, alojamento e alimentação de funcionários, oficinas, depósito de materiais e combustíveis, locais para preparo de formas e armações, produções de concreto e fabricação de pré-moldados (caso haja necessidade, condições de espaço físico e de produção), bem como, as instalações necessárias para operações de equipamentos, necessários à execução e controle da obra.

As instalações do canteiro foram executadas em compartimentos independentes, adequadamente dimensionados para atender a produção da obra e minimizar o impacto na área de intervenção.

Para a instalação do canteiro de obra foram observados, no que couber, o constante na NBR 12284/91 e na NR-18.

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>5/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

O perímetro do canteiro de obra foi delimitado prevendo restrições ao acesso, verificado às condições de segurança.

Todos os tapumes, placas de identificação e sinalização foram executados e instalados conforme exigências legais, assegurando o perfeito andamento da obra.

As instalações provisórias de fornecimento de água e de energia elétrica, além de unidade sanitária e outras foram instaladas conforme as normas e legislação incidente.

A construção da passarela contém placa de identificação da obra contendo informações previstas em legislação e conforme diretrizes do órgão fiscalizador.

### 3.2. EQUIPAMENTOS:

Após estudo dos locais mais adequados, incluindo a análise da capacidade de suporte do solo para estocagem de materiais e trânsito de equipamento pesado, foi executada a preparação do terreno, em toda a área ocupada pela obra e instalações.

Todos os equipamentos foram adequadamente especificados e instalados, conforme a necessidade da obra, tais como: guinchos, muques, guindastes, guas, centrais de concreto, equipamentos para estaqueamento, etc.

### 3.3. LOCAÇÃO DA OBRA:

Elementos ou obstáculos que sejam possíveis e permitidas suas remoções e, que impeçam a boa execução dos serviços, foi removido e, o material resultante foi transportado para locais previamente determinados pela fiscalização.

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>6/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

A locação geral da obra seguiram as referências indicadas no projeto, elaborado conforme levantamento topográfico disponibilizado.

A locação da obra foi executada por equipe especializada de topografia com auxílio de instrumentos adequados, confirmando as medidas de projeto com os dados de campo.

Qualquer divergência ou interferência identificada na locação da obra foi informada à equipe de fiscalização e a empresa projetista para efetuarem os ajustes necessários.

Quando da locação deve ser verificado as interferências com valas, bueiros, gralhas, canaletas, elementos enterrados, instalações e redes de energia, devendo ser previsto o remanejamento, sob autorização dos órgãos competentes e fiscalização da Auto Pista.

#### **4. FUNDAÇÕES:**

##### **4.1. DEFINIÇÕES:**

As fundações, para os pilares das rampas e travessia, seguiram as premissas e orientações do parecer de fundações que definirá o tipo de fundação a taxa para o solo, a profundidade prevista para assentamento das fundações, etc.

Os elementos de fundação são assentes em camada de solo com boa resistência e, as estacas atingiram as profundidades adequadas para se obter a carga de trabalho requerida em projeto, sem ocorrência de recalques.

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>7/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

Atenção especial foi dada às estacas curtas, cuja resistência foi garantida pelo atrito lateral, sendo que, a resistência de ponta foi considerada com as reduções prescritas em norma.

A profundidade exata dos elementos de fundação/estacas, a tensão admissível adotada em projeto, bem como as demais definições estabelecidas em projetos e no parecer de fundações, devem ser analisados e ajustados, se necessário, por engenheiro de fundações, face às condições encontradas no campo.

O consultor de fundações liberou as fundações garantindo a capacidade de carga de trabalho requerida para as estacas e a estabilidade dos elementos estruturais de fundações, verificando os níveis de deslocamentos e recalques, sendo que os mesmos devem ter valores desprezíveis.

Os níveis de apoio dos elementos de fundação seguiram as indicações em projeto e ajustados em função da topografia, confirmada no local.

Os pilares têm seus comprimentos reduzidos, entretanto, caso haja necessidade de aumento no comprimento dos pilares deve ser elaborada nova avaliação de esforços tanto para os pilares quanto para as fundações.

Demais informações e recomendações devem ser verificadas no relatório sondagem elaborado pela empresa MECSOLO ENGENHARIA e parecer de fundações elaborado pela empresa GEOBRAX, conforme seguem em anexo.

Quanto à obra ou fundações da passarela (rampa e travessia) forem implantados em talude, o engenheiro de solos e fundações verificou a segurança do mesmo, quanto a sua estabilidade e processos erosivos e, as obras necessárias para estabilização e proteção do talude foram executadas, anteriormente à execução das fundações.

|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>8/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

#### 4.2. ESCAVAÇÃO:

A escavação para execução das sapatas/blocos manual ou mecanizada, até a cota prevista ou cota definida pelo consultor de fundações, as dimensões da cava devem respeitar os limites para a perfeita execução das formas.

Foi executado estruturas de contenção e instalados sistemas de bombas para retirada de água precipitada ou infiltrada nas valas.

O fundo das valas deve estar limpo, nivelado e compactado, para execução da camada de concreto magro de regularização.

O tempo entre a escavação e a execução do elemento de fundação foi o menor possível.

Os serviços de escavações de solo obedeceram aos dispostos nas NR-15, NR-18, NR-21 e nas NBR 9061, NBR 11682, NBR 7678 e NBR 5682.

#### 4.3. EXECUÇÃO DAS ESTACAS:

As estacas devem ser locadas precisamente conforme o projeto de locação e, previamente à execução das estacas deve ser conferido em campo o posicionamento das mesmas.

Para instalação e movimentação do equipamento para execução de estacas em terrenos acidentados ou em aclave, deve ser executado, se necessário, bernas, clareiras, platôs, etc.



|                                       |               |                        |                |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>9/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|----------------|

Deve ser verificado nos locais as possíveis interferências para a instalação e movimentação dos equipamentos para execução das estacas e, se necessário o projeto foi revisado, caso não seja possível eliminar a interferência.

O arrasamento das estacas deve respeitar as cotas previstas em projeto e deve ser executado cuidadosamente de forma a não danificar o elemento estrutural.

As características das estacas devem respeitar as indicações contidas no parecer de fundações e orientações do consultor de solos e fundações.

#### 4.4. EXECUÇÃO DOS BLOCOS/SAPATAS:

Para execução dos blocos ou sapatas, primeiramente o solo deve ser adequadamente compactado e executado uma camada de concreto magro nivelando o fundo da vala, com 10 centímetros de espessura.

Posteriormente devem ser executadas as formas e, em seguida, o posicionamento das armaduras, conforme projeto e, posteriormente, deve-se executar a concretagem do elemento de fundação.

O concreto deve ser adequadamente lançado, adensado e curado, conforme prescrições e recomendações normativas.

O concreto utilizado nas fundações apresentou as seguintes características mínimas:

- Consumo mínimo de cimento de 350 kg/m<sup>3</sup>;
- Slump Test de 4 a 6 cm;
- Resistência característica mínima de  $f_{ck}=30$  MPa;
- Agregado de areia e pedra 1 e 2;
- Fator água/cimento máximo de 0,55;

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>10/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

- Início de pega superior a 3 horas;
- Executar controle tecnológico.

Obs.: o concreto magro tem resistência mínima de 10 MPa.

A armação foi cortada, dobrada e montada conforme projeto e são inseridas na forma e cavas antes da concretagem. A rigidez das armações foi compatível com as dimensões dos elementos de fundação, quando necessário seria previsto caranguejos e ferros suportes para manter as barras bem posicionadas. O recobrimento da armação é de 5.0 centímetros em toda a sua extensão.

As formas foram dimensionadas para suportar o peso e a pressão do concreto plástico, considerando o processo e a velocidade de concretagem, também foram rigidamente contraventadas, robustas, sem deformações iniciais, defeitos, irregularidades ou pontos frágeis, garantindo as dimensões, prumos, nivelamento e posicionamento dos elementos estruturais.

As formas são confeccionadas em madeira compensada plastificada ou formas metálicas.

Na confecção das formas, foram evitadas exposições demoradas das formas às intempéries, as juntas foram vedadas e, ainda, as formas foram limpas e molhadas antes do lançamento do concreto, sem formação de poças. As formas foram confeccionadas de maneira a permitir a fácil remoção sem danificar o concreto, sendo recomendável evitar os cantos vivos com a utilização de chanfros.

O aço para as armaduras atendeu ao especificado na NBR 7480, adotando-se para o valor característico da resistência à tração,  $f_{yk}$ , a resistência característica de escoamento da categoria do aço empregado.

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>11/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

#### 4.5. CUIDADOS GERAIS

Foram instaladas barreiras de proteção (New Jersey) para os pilares da passarela.

Quando um elemento de fundação avançar sob a projeção da faixa do acostamento, sua face superior esteve a no mínimo 0.8 m abaixo da superfície da pavimentação.

### 5. MESO-ESTRUTURA:

#### 5.1. RAMPAS DE ACESSO:

A mesoestrutura das rampas de acesso foi constituída de pilares isolados ou intertravados por viga no nível da fundação e, no topo dos pilares, foi executado laje/console para apoio das lajes alveolares, constituindo a estrutura do piso das rampas de acesso.

As lajes alveolares foram cuidadosamente içadas e posicionadas nos apoios sobre a almofada de elastômero, posteriormente devem-se proteger as juntas e executar a concretagem da capa da laje com 5 a 5,5 cm de espessura, conforme indicação em projeto.

Atenção especial deve ser tomada no posicionamento das armações da capa, no lançamento e cura do concreto da capa.

Não foram permitidos furos na estrutura, exceto os previstos, nas lajes alveolar.

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>12/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

Para afixação do guarda-corpo devem ser executados cuidadosamente os furos indicados e, em seguida devem ser chumbados os parafusos com adesivo epóxi, tomando os cuidados necessários como: limpar o furo, manter o furo seco, posicionar corretamente os chumbadores, etc.

O comprimento exato dos pilares das rampas deve ser confirmado em campo para execução e, em caso de necessidade de acréscimo no comprimento com relação aos valores previstos em projeto, foi efetuada consulta ao projetista.

Demais orientações para manuseio, movimentação, estoque, furação, execução da capa de concreto do piso, reforço da chave de cisalhamento e outros que se façam necessários devem ser verificados junto ao fabricante da laje.

## 5.2. TRAVESSIA:

A mesoestrutura é constituída de pilares isolados com viga/consolos no topo para apoio da estrutura do piso.

O comprimento exato dos pilares deve ser confirmado em campo para execução e, em caso de necessidade de acréscimo no comprimento com relação aos valores previstos em projeto, foi efetuada consulta ao projetista.

## 6. ESTRUTURA

### 6.1 RAMPA DE ACESSO:

A estrutura da rampa foi constituída de lajes em painel alveolar protendido com capa de concreto armado moldada no local, apoiada em consolos no topo dos pilares.

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>13/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

O concreto para a capa da laje tem as seguintes características:

- Consumo mínimo de cimento de 350 kg/m<sup>3</sup>;
- Slump Test de 7cm (+/-1);
- Resistência característica mínima de fck=30 MPa;
- Agregado de areia e pedra 1;
- Fator água/cimento máximo de 0,55;
- Início de pega superior a 3 horas;
- Módulo de elasticidade secante a 30% do fck, mínimo de 25 GPa (ensaio NBR8522 Plano de carga III) para desforma e 28 GPa para liberação da aplicação das cargas previstas em projeto;
- Executar cura rigorosa por 21 dias.

A estrutura da rampa foi apoiada a meso estrutura através de almofada de borracha com dureza shore de 50 e conforme dimensões especificadas em projeto.

Ao longo da estrutura de piso da rampa foi instalado, em suas extremidades, sistema de guarda corpo e corrimão em estrutura metálica.

Em caso de taludes nas proximidades das rampas de acesso foram previstos obras de estabilização e/ou contenção, bem como obras de drenagem e pavimentação.

## 6.2 TRAVESSIA:

A estrutura da travessia em viga do tipo “T” em concreto protendido, com laje incorporada, sendo dois segmentos isolados com vãos de 19.24 metros.

A travessia foi constituída de duas vigas isostáticas, constituindo os dois segmentos, as mesmas são apoiadas em pilares/consolos localizados nas extremidades da travessia e em pilar/console central.

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>14/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

A estrutura da travessia foi apoiada à meso estrutura, pilares/consolos, através de aparelhos de apoio.

Ao longo da estrutura de piso da travessia foi instalado, em suas extremidades, sistema de guarda corpo e corrimão em estrutura metálica.

Especial atenção foi dada as juntas de movimentação, devendo ser previsto acabamento com instalação de limitadores para preenchimento com selante.

## **7. CONCRETAGEM DA MESO E SUPER-ESTRUTURA:**

O concreto deve ser adequadamente lançado, adensado e curado, conforme prescrições e recomendações normativas.

O concreto utilizado nos elementos de concreto armado (pilares, vigas/consolos) apresentou as seguintes características mínimas:

- Consumo mínimo de cimento de 350 kg/m<sup>3</sup>;
- Slump Test de 5 a 7cm;
- Resistência característica mínima de fck=30 MPa;
- Agregado de areia e pedra 1 e 2;
- Fator água/cimento máximo de 0,55;
- Início de pega superior a 3 horas;
- Módulo de elasticidade secante a 30% do fck, mínimo de 25 GPa (ensaio NBR8522 Plano de carga III) para desforma e 28 GPa para liberação da aplicação das cargas previstas em projeto;
- Executar controle tecnológico.

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>15/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

O concreto utilizado nos elementos de concreto protendido (vigas/lajes) apresentou as seguintes características mínimas:

- Consumo mínimo de cimento de 400 kg/m<sup>3</sup>;
- Slump Test de 7 a 9 cm;
- Resistência característica mínima de  $f_{ck}=40$  MPa;
- Resistência min. na protensão  $f_{cj} = 35$  MPa (recomenda-se cimento de alta resistência inicial, com cura adequada)
- Agregado de areia e pedra 1;
- Fator água/cimento máximo de 0,45;
- Início de pega superior a 2 horas;
- Módulo de elasticidade secante a 30% do  $f_{ck}$ , mínimo de 33 GPa (ensaio NBR8522 Plano de carga III) para desforma e 35 GPa para liberação da aplicação das cargas previstas em projeto;
- Executar a protensão 30 dias antes da retirada do elemento estrutural do berço;
- Executar controle tecnológico.

As formas foram dimensionadas para suportar o peso e a pressão do concreto plástico, considerando o processo e a velocidade de concretagem, devendo ser rigidamente contraventadas, robustas, sem deformações, defeitos, irregularidades ou pontos frágeis, garantindo as dimensões, prumos, nivelamento e posicionamento dos elementos estruturais.

Os materiais utilizados para a confecção das formas foram de madeira compensada plastificada ou metálica, a fim de garantir o aspecto típico e íntegro do concreto aparente.

Para a estrutura em concreto pré-moldado recomenda-se a utilização de vibrador externo para adensamento e utilização de formas metálicas.

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>16/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

Na confecção das formas, foram evitadas exposições demoradas das formas às intempéries, também foram vedadas todas as juntas e feita limpeza cuidadosa, especialmente em peças estreitas e profundas. As formas foram abundantemente molhadas, antes do lançamento do concreto, sem formação de poças. As formas foram confeccionadas de maneira a permitir a fácil remoção, sem danificar o concreto, devendo ser evitado cantos vivos com a utilização de chanfros.

Devem ser verificados cuidadosamente o prumo, níveis e travamento das formas para execução dos pilares e vigas.

Para confecção dos pilares foram deixadas aberturas provisórias para facilitar a limpeza. Os tirantes ou outros dispositivos metálicos que atravessam o concreto, usados para manter a forma no lugar, foram removidos até uma profundidade de, no mínimo, igual a do cobrimento das armaduras. Os furos resultantes foram tratados com argamassa idêntica a do concreto da peça estrutural.

Para execução da estrutura em sistema pré-moldado deve-se tomar cuidado especial com a estabilidade da estrutura no processo de montagem, mantendo-a escorada e contraventada até a finalização da montagem e solidarização dos elementos.

A armação foi cortada, dobrada e montada conforme projeto e são inseridas nas formas antes da concretagem. O cobrimento da armação é de 3.0 centímetros em toda a sua extensão, tanto para os pilares como vigas, com rigoroso controle no posicionamento das armaduras.



|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>17/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

O aço para as armaduras atendeu ao especificado na NBR 7480, adotando-se para o valor característico da resistência à tração,  $f_{yk}$ , a resistência característica de escoamento da categoria do aço empregado.

Atenção especial deve ser dada à cura do concreto que foi executada através de aspersão de filmes impermeáveis ou cura úmida com utilização de sacos de linhagem ou mantas geotêxtil, constantemente umedecidas e envoltas nas peças de concreto. O tempo de cura foi de pelo menos 21 dias da concretagem.

Os acertos para nivelamento de pilares e vigas para instalação dos aparelhos de apoio foram executados com graute com resistência mínima de 40 Mpa.

## **8. LAJE E PISO DA PASSARELA/RAMPAS:**

O piso da travessia foi constituído de laje incorporada à viga central, devendo ter atenção especial à cura, calafetação das juntas.

O piso das rampas de acesso foi constituído pela capa de concreto armado executado sobre os painéis de lajes alveolares, devendo ser garantido o caimento indicado em projeto.

Na laje de piso das rampas e travessia deve ser executado acabamento superficial antiderrapante ranhurado (vassoramento).

## **9. ESCOAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA:**

A condução das águas pluviais nas rampas foi garantida através da correta execução do caimento do piso da laje e das pingadeiras na extremidade da capa de concreto.

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>18/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

Para a travessia foi previsto buzínates na laje junto aos pilares nas extremidades e no canteiro central, podendo ser utilizado às aberturas existentes para içamento, as demais aberturas para içamento foram vedadas.

## **10. GUARDA CORPO E CORRIMÃO E TELAMENTO DE TRAVESSIA:**

O guarda corpo e corrimão para as rampas e travessia acompanharam todo o contorno na extremidade do piso, em ambas as laterais, não devendo haver descontinuidades, exceto nas juntas estruturais.

Telamento foi fixado em gradil metálico de proteção superior no segmento da travessia da passarela.

O guarda corpo suporta uma carga mínima horizontal, aplicada a 1.0 m de altura do piso, de 80 kg/m e uma carga vertical de 200 kg/m, aplicada no topo, devendo o fornecedor/fabricante do guarda corpo confirmar com testes e certificação.

O material utilizado na confecção do guarda corpo e corrimãos são em aço galvanizado, com tensão de escoamento mínima de 2.500 kg/cm<sup>2</sup> (ou superior) e o guarda corpo terá seus elementos continuamente soldados, com espessura de filete compatível com a espessura da metal base e conforme normas AWS (eletrodo E70XX).

O guarda corpo foi constituído de:

1. Montantes principais constituídos de barras duas barras chatas continuamente soldadas de 3" x 5/16", espaçados de no máximo 2.0m, afixados na estrutura da laje do piso por meio de placa de base com

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>19/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

dimensões e espessura conforme detalhes indicados em projeto (Aço: ASTM A36). Nas lajes alveolares os inserts são chumbados com adesivo epóxi, conforme indicação em projeto;

2. Montantes secundários espaçados de no máximo 13,5 cm, constituídos de barras chatas de 7/8" x 1/4";
3. Perfil longitudinal no topo do guarda corpo e ao longo do mesmo constituído de tubo sem costura de 2" e espessura 1/8";
4. Perfil longitudinal próximo a base dos montantes, constituídos de uma barra chata de 1.1/2" x 1/4", disposto ao longo do guarda corpo, apoiando os montantes secundários.

As soldas foram verificadas com exame visual cuidadoso e ensaio com LP.

A guia de balizamento foi constituída de anteparo (mureta) lateral, executada em concreto armado, ao longo de toda a travessia e rampas, em ambos os lados.

## **11. REVESTIMENTOS:**

### **11.1. SINALIZAÇÃO**

O piso da passarela e rampa tem sinalização tátil conforme identificação em projeto e conforme norma NBR 9050.

Na travessia foi instalada placa indicativa do gabarito de 5,5 metros.

Foi instalado sistema de iluminação na passarela, conforme projeto específico de iluminação.

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>20/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|

## 12. RESUMO DE QUANTITATIVOS

| ITEM         | DESCRIÇÃO   | UN.             | QUANT.    |
|--------------|---|-----------------|-----------|
| <b>01</b>    | <b>INFRAESTRUTURA</b>   |                 | -         |
| <b>01.01</b> | <b>FUNDAÇÃO PROFUNDA</b>  |                 |           |
|              | Estacas pré-moldadas de concreto  | m               | 960,00    |
| <b>01.02</b> | <b>BLOCOS E TRAVAMENTOS DE FUNDAÇÃO</b>   |                 |           |
|              | ESCAVAÇÃO MANUAL para obras sem explosivos  | m <sup>3</sup>  | 222,42    |
|              | APILOAMENTO manual de cava de fundação  | m <sup>2</sup>  | 78,52     |
|              | CONCRETO fck 10 MPa   | m <sup>3</sup>  | 3,92      |
|              | FORMA plana comum (para infraestrutura)   | m <sup>2</sup>  | 178,88    |
|              | ARMADURA de aço CA-50 para OAes   | kg              | 4.239,39  |
|              | CONCRETO fck 30 MPa   | m <sup>3</sup>  | 70,44     |
|              | REATERRO MANUAL de vala apiloado  | m <sup>3</sup>  | 148,06    |
|              | CARGA manual e bota-fora de terra excedente   | m <sup>3</sup>  | 96,67     |
| <b>02</b>    | <b>MESO ESTRUTURA</b>   |                 |           |
| <b>02.01</b> | <b>PILARES</b>  |                 |           |
|              | FORMA PLANA para concreto aparente  | m <sup>2</sup>  | 443,59    |
|              | ARMADURA de aço CA-50 para OAes   | kg              | 11.087,87 |
|              | CONCRETO fck 30 MPa   | m <sup>3</sup>  | 77,31     |
|              | CIMBRAMENTO tubular desmontável, para ponte ou viaduto, edificação civil e industrial, incluso montagem e desmontagem | m <sup>3</sup>  | 644,33    |
| <b>03</b>    | <b>SUPERESTRUTURA</b>   |                 |           |
| <b>03.01</b> | <b>FORNECIMENTO DE VIGAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO ARMADO - TRAVESSIA</b>  |                 |           |
|              | CONCRETO fck 40 MPa   | m <sup>3</sup>  | 39,46     |
|              | FORMA para concreto pré-moldado ou protendido aparente  | m <sup>2</sup>  | 246,60    |
|              | ARMADURA de aço CA-50 para OAes   | kg              | 3.655,14  |
|              | ARMADURA de aço para CONCRETO PROTENDIDO CP 190 RB  | kg              | 680,60    |
|              | Aparelho de ancoragem ativa   | un              | 12,00     |
|              | APARELHO de apoio de NEOPRENE fretado dureza "SHORE" A-60   | dm <sup>3</sup> | 69,44     |
|              | Lançamento de viga < 50 ton com guindaste autopropelido   | un              | 2,00      |
| <b>03.02</b> | <b>PAINÉIS ALVEOLARES</b>   |                 |           |
|              | Painel Alveolar Prot. PE3012706 - 30x125cm (Tatu)   | m <sup>2</sup>  | 432,00    |
|              | Grauteamento das chaves de cisalhamento (rejunte)   | m <sup>3</sup>  | 5,00      |
|              | FORMA para concreto pré-moldado ou protendido aparente  | m <sup>2</sup>  | 100,00    |
|              | ARMADURA de aço CA-50 para OAes   | kg              | 2.700,98  |
|              | CONCRETO fck 40 MPa   | m <sup>3</sup>  | 17,28     |
|              | ACABAMENTO de superfície de concreto  | m <sup>2</sup>  | 432,00    |
|              | APARELHO de apoio de NEOPRENE fretado dureza "SHORE" A-60   | dm <sup>3</sup> | 89,21     |
|              | Lançamento painéis alveolares com guindaste autopropelido   | dia             | 3,00      |
| <b>04</b>    | <b>COMPLEMENTARES</b>   |                 |           |
|              | JUNTA de dilatação c/ selante de poliuretano, tipo MC-FLEX 450 da Bauchemie ou equivalente                            | m               | 69,00     |
|              | TUBO de PVC reforçado bege pérola, sem conexões, ponta bolsa e virola de PVC, Ø 150 mm                                | m               | 6,00      |
|              | GRADIL metálico em barra chata h:1,10 incluindo corrimão  | m               | 550,64    |
|              | Encontro de rampa em alvenaria  | m               | 43,20     |
|              | Piso Podotátil  | m <sup>2</sup>  | 10,00     |

|                                       |               |                        |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Código:<br>MD-06-116-SP-414-3-C04-501 | Revisão:<br>B | Emissão:<br>09/04/2012 | Folha:<br>21/21 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|


|            |  |                |        |
|------------|--|----------------|--------|
|            | ALAMBRADO com tela soldada galvanizada fio 12, fixada em tubo galvanizado Ø 2.1/2" reto, altura livre 1,80 m | m              | 400,00 |
|            | Tubos de barreira para motocicletas  | cj             | 2,00   |
|            | Calçamento   | m <sup>2</sup> | 230,00 |
|            | Telamento  | m              | 44,22  |
|            | Sinalização vertical de travessia de pedestres (A-32b)   | un             | 1,00   |
| <b>4.2</b> | <b>ILUMINAÇÃO</b>  |                |        |
|            | Luminária tipo pétala com local para reator e fotocélula embutido  | Pç             | 6,00   |
|            | Haste de cobre tipo cooperweld com conector haste/cabo de 5/8"x2,40m   | Pç             | 4,00   |
|            | Padrão de entrada de energia   | Pç             | 1,00   |
|            | Caixa de passagem no piso com tampa cega   | pç             | 4,00   |
|            | Eletroduto de PVC embutido na passarela  | m              | 60,00  |
|            | Eletroduto de PVC embutido no piso (solo)  | m              | 160,00 |
|            | Eletroduto galvanizado a fogo fixado na passarela através de abraçadeiras                                    | pç             | 2,00   |
|            | Cabo PP 3x6,0mm <sup>2</sup>   | m              | 320,00 |
|            | Reator magnético para 01 lâmpada vapor de sódio de 400w  | pç             | 6,00   |
|            | Ignitor par acionamento de lâmpada de 400w   | pç             | 6,00   |
|            | Lâmpada vapor de sódio de 400w   | pç             | 6,00   |
|            | Capacitor para acionamento de lâmpada de 400w  | pç             | 6,00   |
|            | Cabeçote de ligação p/ 02 luminárias tipo pétala a poste metálico galv.                                      | pç             | 3,00   |
|            | Fotocélula   | pç             | 6,00   |

PARECER GEOTÉCNICO

| Cliente  | Empreendimento  | Página     |
|--|---|------------|
|  <b>CSC</b><br>ENGENHARIA E<br>CONSTRUÇÃO LTDA. | <b>PASSARELA DE<br/>           PEDESTRES – KM 414 + 320</b> | <b>1/5</b> |

## PARECER GEOTÉCNICO

| Rev. | Data | Descrição da revisão | Elaborado | Verificado | Aprovado |
|------|------|----------------------|-----------|------------|----------|
|      |      |                      |           |            |          |
|      |      |                      |           |            |          |
|      |      |                      |           |            |          |
|      |      |                      |           |            |          |
|      |      |                      |           |            |          |
|      |      |                      |           |            |          |
|      |      |                      |           |            |          |
|      |      |                      |           |            |          |
| Rev. | Data | Descrição da revisão | Elaborado | Verificado | Aprovado |

|                           |                         |   |   |   |
|---------------------------|-------------------------|---|---|---|
| Data<br><b>02/04/2012</b> | Elaborado<br><b>SRA</b> | Emissão inicial<br>Verificado<br><b>ACS</b> | Aprovado<br> | Responsável técnico/CREA<br><b>Antonio Carlos Sobral</b><br><b>0601340601</b> |
|---------------------------|-------------------------|---|---|---|

## 1 INTRODUÇÃO

---

Este documento tem por objetivo apresentar as considerações e recomendações para a elaboração das fundações necessárias para a implantação da passarela de pedestres situada no km 414 + 320 da Rodovia Regis Bittencourt, pertencente à região de Juquiá – SP.

## 2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

---

As presentes análises foram desenvolvidas com base nos seguintes documentos:

- Projeto Básico da Passarela – Sondagem, desenho DE-06-116/SP-414-3-G01/501, elaborado pela Aral Engenharia;
- Levantamento Topográfico, desenho DE-06-116-SP-414-3-T01-501, elaborado pela EngAgri engenharia e agrimensura;
- Locação de Sondagens, elaborado pela Mecsolo engenharia;
- Boletins de Sondagens, elaborados pela Mecsolo engenharia.

## 3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

---

### 3.1 OBRA

A obra em questão é uma passarela de pedestres, composta de duas rampas (norte e sul) e uma travessia, a ser implantada aproximadamente na cota 22,50m.

A estrutura das rampas será executada em concreto armado.

### 3.2 PERFIL DO SUBSOLO

De acordo com os resultados das sondagens o perfil do subsolo pode ser resumido da seguinte forma:

---





Figura 1 – Localização da Implantação da Passarela

- Aterro de silte argiloso ou argila siltosa, variegado (vermelho, amarelo, marrom e cinza), mole a médio 0,45 a 4,95m;
- Argila siltosa, variegada (amarela, vermelha e cinza), mole a rija – 1,80 a 5,65m.
- Silte argilo-arenoso com caulim e mica, variegado (cinza e amarelo), médio a duro indo até as profundidades finais das sondagens.

Nos furos executados, o lençol freático foi detectado variando entre as profundidades de 2,78 a 5,36m.

## 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A escolha do tipo de fundação foi orientada com base em aspectos técnicos, logísticos e econômicos.

A presença de solos superficiais moles e saturados inviabilizam a adoção de fundações diretas e tubulões. Estacas Strauss são tecnicamente viáveis mas são muito suscetíveis a problemas construtivos que dependem fundamentalmente dos operadores.

Dentre as possibilidades restantes poderiam ser empregadas estacas do tipo pré moldadas, estacas do tipo hélice contínua ou estacas do tipo raiz. As três alternativas permitem atingir, com garantia de qualidade e integridade, as camadas competentes do subsolo. Entretanto, estacas do tipo raiz são menos interessantes do ponto de vista econômico. Já estacas do tipo hélice contínua não são recomendadas para obras rodoviárias devido ao tamanho do seu equipamento.

Portanto, tendo em vista as características do subsolo e da estrutura recomendamos fundações em estacas do tipo pré moldadas com as seguintes características.

- Estacas de  $\varnothing 23$  cm para carga de trabalho até 350 kN (35 tf)
- Estacas de  $\varnothing 33$  cm para carga de trabalho até 450 kN (45 tf)
- Estacas de  $\varnothing 38$  cm para carga de trabalho até 550 kN (55 tf)

Com base nos resultados das sondagens estimamos que as estacas em questão terão comprimentos da seguinte ordem:

- Pista Norte – L=14,00m
- Pilar Central – L=15,00m
- Pista Sul – L=16,0m

Todas as estacas deverão ser cravadas até a nega com martelos apropriados (peso superior a 1500 kg).

Sugerimos que a nega seja medida em todas as estacas, através de 3 seqüências de 10 golpes cada, e deslocamentos máximos de 10mm.

O repique elástico também deverá ser feito em todas as estacas, sendo medido a partir do último registro, cujos deslocamentos deverão ser da ordem de 12mm.

---