



**GOVERNO MUNICIPAL DE ANTONIO CARLOS / SC**  
**SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DE ANTONIO CARLOS / SC**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ANTONIO CARLOS / SC**

**LOCAL:** NILTON OLEGÁRIO SCHMITZ /SC  
**COORDENADAS:** 27°29'45" S 48°47'12" O  
**AREA:** 140 METROS QUADRADOS (20,0 COMP. X 7,0 M LARG.)  
**TIPO:** CONCRETO ARMADO

**MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL DE OBRA DE ARTE ESPECIAL**  
**OAE NILTON OLEGÁRIO**

**Fase: Projeto de Engenharia**  
**Volume 1.2: Memorial de Calculo**

**Outubro / 2023**



**SUMÁRIO**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 SUPERESTRUTURA</b> .....                               | <b>1</b>  |
| 1.1 CRITÉRIOS DE CÁLCULO.....                               | 1         |
| 1.2 NORMAS DE REFERÊNCIA.....                               | 2         |
| 1.3 DESCRIÇÃO DO MODELO .....                               | 2         |
| 1.4 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS .....                     | 4         |
| 1.5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA SUPERESTRUTURA .....          | 6         |
| 1.6 CARREGAMENTOS.....                                      | 9         |
| 1.7 COMBINAÇÕES DE CARGA .....                              | 11        |
| 1.8 HIPÓTESES DE POSICIONAMENTO PARA A CARGA MÓVEL.....     | 13        |
| 1.9 VERIFICAÇÃO DA LONGARINA DE 30,00M.....                 | 14        |
| 1.10 PROPRIEDADES GOMÉTRICAS.....                           | 17        |
| 1.11 CÁLCULO DAS PERDAS: .....                              | 18        |
| 1.12 VERIFICAÇÃO AO ESFORÇO CORTANTE NA LONGARINA.....      | 22        |
| 1.13 LAJE.....  | 25        |
| 1.14 DIMENSIONAMENTO DO APARELHO DE APOIO (350x250x52)..... | 28        |
| <b>2 MESOESTRUTURA LADO DIREITO</b> .....                   | <b>30</b> |
| 2.1 SOLICITAÇÕES ENCONTROS .....                            | 30        |
| 2.2 DIMENSIONAMENTO DOS PILARES .....                       | 32        |
| <b>3 INFRAESTRUTURA</b> .....                               | <b>36</b> |
| 3.1 CARGA NAS FUNDAÇÕES (BLOCOS) .....                      | 36        |
| 3.2 CARGA NAS FUNDAÇÕES.....                                | 36        |
| 4.2 CAPACIDADE DE CARGA GEOTECNICA .....                    | 38        |
| 4.3 DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE APROXIMAÇÃO .....            | 38        |

## 1 SUPERESTRUTURA

### 1.1 CRITÉRIOS DE CÁLCULO

Neste memorial de cálculo se desenvolve o dimensionamento de uma Obra de Arte Especial com 28,70x7,00m entre extremidade de lajes de transição. Totalizando 200,90 m<sup>2</sup> de área.

O tabuleiro será composto por vigas do tipo I modulados em um vão de 20m sendo o concreto com protensão aderente às longarinas que serão postas a uma distância entre eixos de 180,00cm. Elas serão pro-tendidas com cordoalhas de 12,7mm de diâmetro.

As vigas, calculadas sobre apoios simples são caracterizadas por uma altura de 100cm e comprimento de 20,00m. Elas serão solidarizadas após o lançamento por uma laje.

O peso da laje e as cargas permanentes de segunda fase (pavimentação, barreiras de proteção, etc) aplicam-se às diferentes vigas em função de suas respectivas áreas de influência.

As cargas móveis previstas pela NBR 7188/13 (Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestres), são repartidas transversalmente na superestrutura mediante um modelo de grelha de vigas, baseado no método dos elementos finitos. Os parâmetros flexionais e torcionais dos elementos que compõem a superestrutura foram calculados tendo como referência as características estático-geométricas da seção de concreto não homogenizada com a laje colaborante.

As verificações de estabilidade se desenvolveram na viga que resultou mais solicitada, as armaduras, assim determinadas, foram consideradas iguais para todas as outras vigas.

Leva-se em conta a diferente classe de resistência do concreto entre as vigas e a laje através de um coeficiente de homogenização, que equivale à razão entre aos seus respectivos módulos de elasticidade convencionais.

As perdas de tensão nas armaduras de protensão são descontadas ora na viga isolada, ora na seção composta, nas proporções indicadas nesse memorial.

Consideram-se positivos os momentos que tracionam as fibras inferiores da viga e da laje e as forças de compressão; quanto às tensões, convencionou-se como negativas as de compressão.

O elemento que representa a viga no modelo computacional têm coordenada de origem na sua extremidade.

## 1.2 NORMAS DE REFERÊNCIA

O cálculo se desenvolveu com referência, onde aplicável, às seguintes normas:

NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento;

NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;

NBR 6122 - Projeto e execução de fundações;

NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações;

NBR 7187- Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento;

NBR 7188 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas;

NBR 7483 - Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido - Especificação;

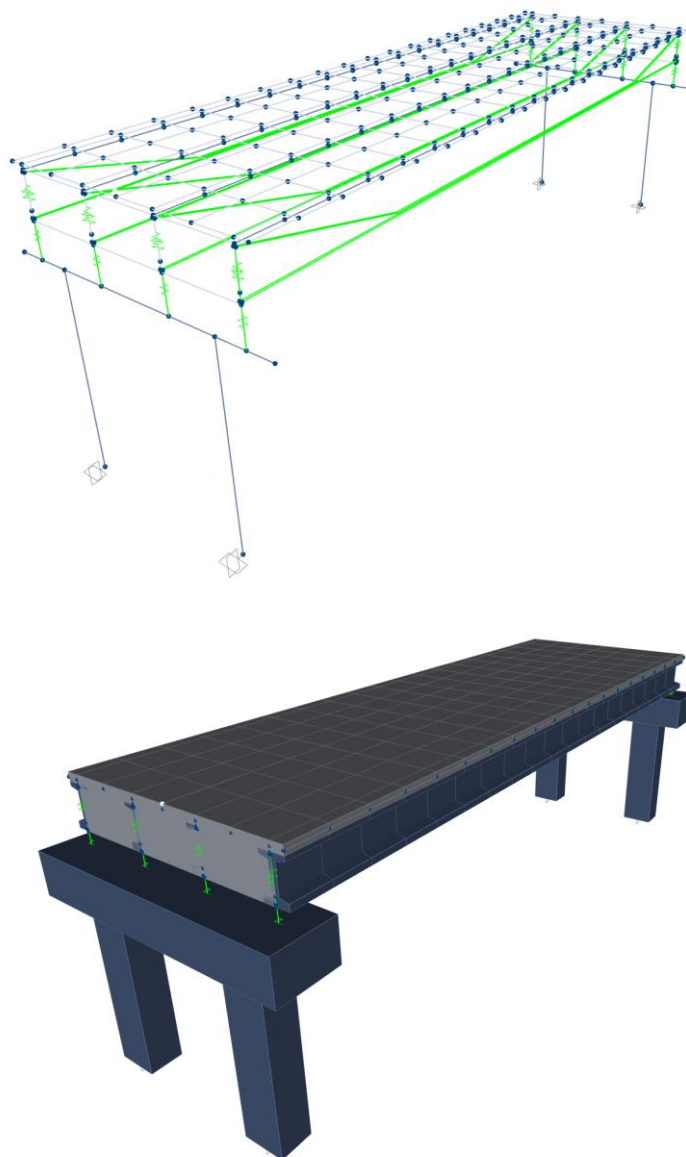
NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento;

NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

## 1.3 DESCRIÇÃO DO MODELO

Nesse capítulo é apresentada uma breve descrição das características do modelo (seções, materiais e cargas aplicadas), idealizado com a finalidade de representar da maneira mais fiel possível o comportamento da estrutura.

A análise foi baseada no Método dos Elementos Finitos.



Modelo da OAE em MEF

Os parâmetros flexionais e torcionais das vigas que compõem o tabuleiro foram calculados considerando as características estático-geométricas das seções de concreto simples (sem homogeneização) considerando a contribuição resistente da laje, quando apropriado.

Considerou-se um coeficiente de mola horizontal para o aparelho de neoprene temos:  $K_n = G \cdot A_n / d_n$ , onde:

$K_n$  = rigidez horizontal do aparelho de neoprene;

$G$  = módulo de elasticidade transversal do neoprene,  $G = 1.000 \text{ KN/m}^2$ ;

$A_n$  = área em planta do neoprene;

$d_n$  = altura do neoprene, não se considera as chapas de aço de fretagem.

A intenção do modelo de elementos finitos é determinar o comportamento da estrutura em serviço, ou seja, a partir do momento em que a laje é solidarizada à longarina, onde a seção reagente é a seção composta.

Em primeira fase, quando a laje ainda não contribui na resistência do conjunto, o peso próprio da viga e da laje são calculados e aplicados diretamente na viga, em esquema isostático como carga uniformemente distribuída.

As travessinas são representadas por elementos com geometria retangular com largura igual a 30cm (intermediárias) 30cm (apoios) e altura proporcional à altura da longarina e desempenham a função de cortina da ponte, devidamente calculada para atender as duas funções .

O esquema de vínculo considerado prevê um apoio em neoprene fretado, portanto com rotação liberada.

Ao modelo supracitado foram aplicadas as cargas permanentes e cargas móveis definidas neste memorial.

As cargas foram combinadas entre si de acordo com as indicações da NBR 6118-(2014).

Da análise do modelo emerge que as vigas mais solicitadas são as de bordo.

## 1.4 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

- Classe de agressividade ambiental II, conforme NBR6118;
- Cobrimento Mínimo das armaduras: 2,5cm para Lajes, 3,0cm para Vigas e 5,0cm para elementos em contato com o solo.
- Concreto protendido nível 2 (protensão limitada).

#### 1.4.1 CONCRETO PARA AS VIGAS PRÉ-MOLDADAS PROTENDIDAS (CLASSE C35)

- Diâmetro máximo agregados: 19mm
- Relação água/cimento máxima: 0,40

##### Fase inicial

- Resistência característica à compressão  $F_{ckj} = 27,26\text{MPa}$
  - Módulo de elasticidade  $E = 29238,22\text{Mpa}$
  - Resistência à tração admissível  $f_{tkj} = 2,72\text{MPa}$
  - Compressão admissível  $\square_c = 0,7 f_{ckj} = 17,50\text{MPa}$
- E.L.U.
- Coeficiente de segurança  $\square_c = 1,4$
  - Resistência à compressão de cálculo  $f_{cdj} = f_{ckj} / \square_c = 19,47\text{MPa}$
  - Resistência à tração de cálculo  $f_{ctdj} = f_{ctkj} / \square_c = 1,94\text{MPa}$

##### Fase final

- Resistência característica à compressão  $F_{ck} = 35\text{MPa}$
  - Módulo de elasticidade  $E = 35417,51\text{Mpa}$
  - Resistência à tração admissível  $f_{tk} = 3,21\text{MPa}$
- E.L.U.
- Coeficiente de segurança  $\square_c = 1,4$
  - Resistência à compressão de cálculo  $f_{cd} = f_{ck} / \square_c = 25,00\text{MPa}$
  - Resistência à tração de cálculo  $f_{ctd} = f_{ctk} / \square_c = 2,29\text{Mpa}$

#### 1.4.2 CONCRETO MOLDADO IN LOCO (CLASSE C30)

- Diâmetro máximo dos agregados 25mm
- Relação água/cimento máxima 0,45
- Resistência característica à compressão  $f_{ck} = 30\text{Mpa}$
- Resistência à tração admissível  $f_{tk} = 2,9\text{MPa}$
- Módulo de elasticidade 30672,46MPa

E.L.U.

- coeficiente de segurança  $\square_c = 1,4$
- resistência à compressão de cálculo  $f_{cd} = f_{ck} / \square_c = 21,43\text{Mpa}$
- resistência à tração de cálculo  $f_{ctd} = f_{ctk} / \square_c = 2,07\text{Mpa}$

### 1.4.3 AÇO PARA CORDOALHA DE 12,7mm

CP 190 RB

-  $f_{ptk} = 1900\text{MPa}$

-  $f_{pyk} = 1710\text{ Mpa}$

A tensão máxima resistente da cordoalha deve verificar as seguintes desigualdades:

$$\sigma_{pi} \leq 0,74 f_{ptk} = 0,74 \times 1.900 = 1.406 \text{ MPa} = 140,6 \text{ kN/cm}^2$$

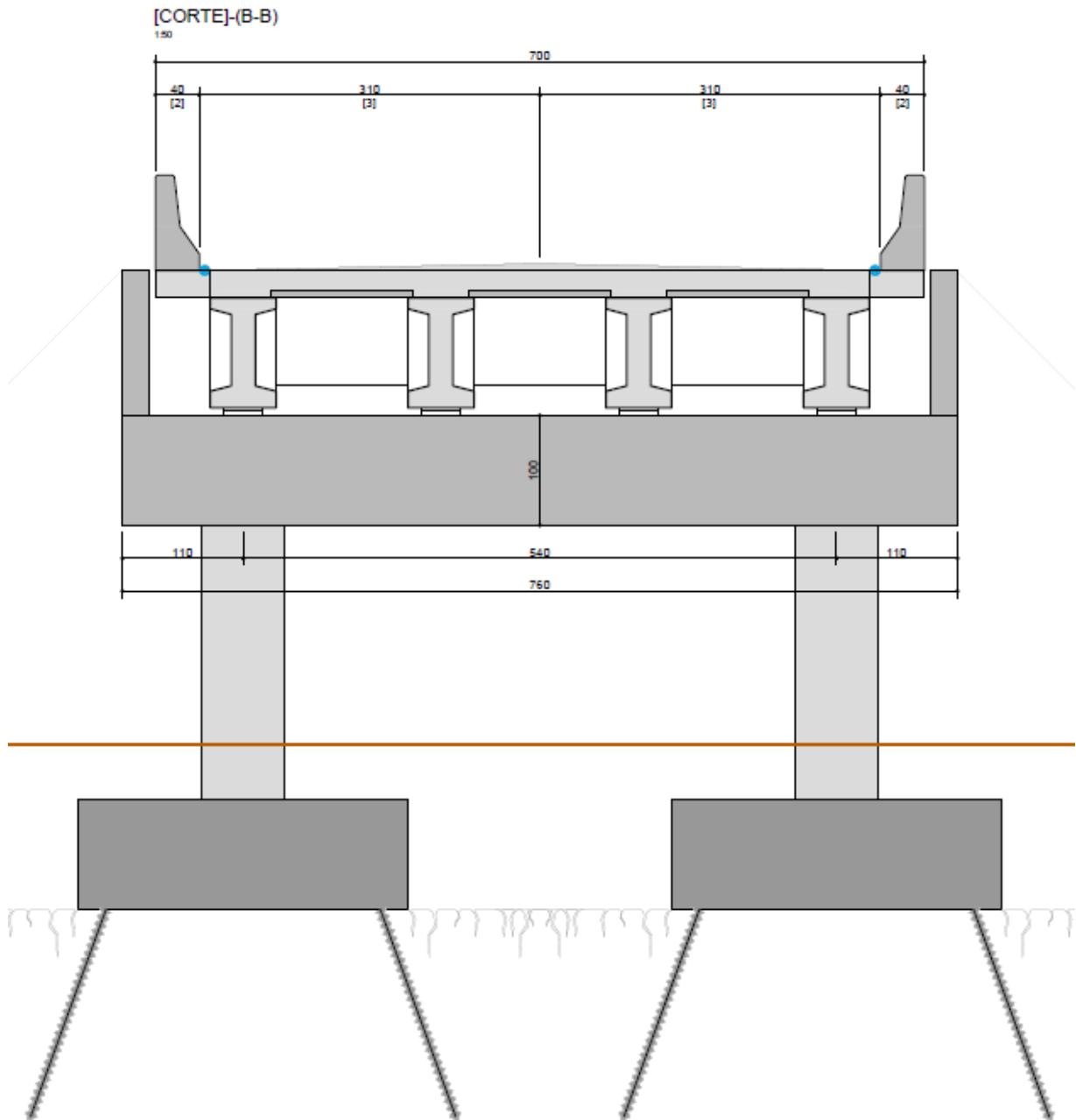
ou

$$\sigma_{pi} \leq 0,82 f_{pyk} = 0,82 \times 1.710 = 1.4022 \text{ MPa} = 140,2 \text{ kN/cm}^2$$

## 1.5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA SUPERESTRUTURA

A seguir é ilustrada a seção transversal típica da ponte:

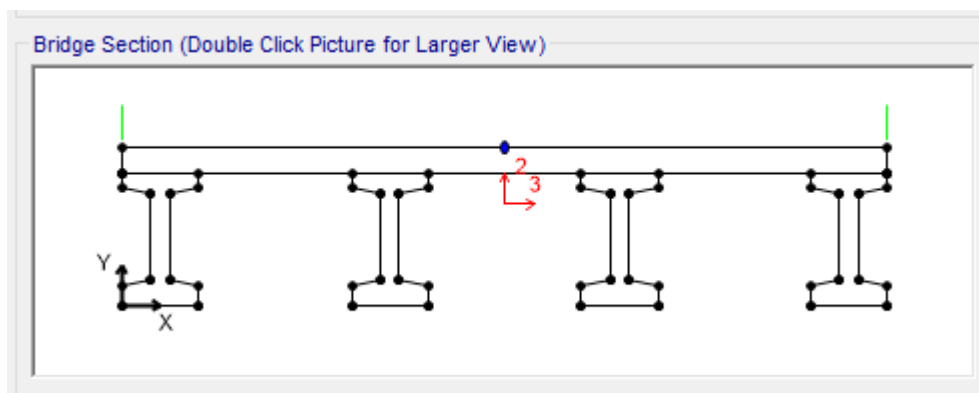




## 1.6 PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS\*:

\*unidades: (kN - m - °C)

O tabuleiro completo possui as seguintes propriedades geométricas:



|            |        |
|------------|--------|
| A          | 2,5241 |
| J          | 0,     |
| I33        | 0,4214 |
| I22        | 8,9872 |
| I23        | 0,     |
| AS2        | 2,5241 |
| AS3        | 2,5241 |
| S33(+face) | 0,9821 |
| S33(-face) | 0,5466 |
| S22(+face) | 2,9957 |
| S22(-face) | 2,9957 |
| Z33        | 0,     |
| Z22        | 0,     |
| r33        | 0,4086 |
| r22        | 1,8869 |
| Xcg        | 3,     |
| Ycg        | 0,7709 |
| Xpna       | 3,     |
| Ypna       | 0,7709 |

## 1.7 CARREGAMENTOS

### 1.7.1 CARGAS PERMANENTES (g)

**a) Peso próprio da longarina**

$$PP_{viga} = (0,444 \text{m}^2 \times 25 \text{kN/m}^3) = 11,1 \text{kN/m}$$

**b) Peso da transversina:**

$$PP_{transversina} = (0,924 \text{m}^2 \times 25 \text{kN/m}^3) = 23,1 \text{kN/extremidade de viga}$$

**c) Peso da laje:**

$$PP_{laje} = 0,21 \text{m} \times 25 \text{kN/m}^3 = 5,25 \text{kN/m}^2$$

**d) Peso da pavimentação:**

$$PP_{laje} = 0,05 \text{m} \times 24 \text{kN/m}^3 + 2 \text{kN/m}^3 = 3,2 \text{kN/m}^2$$

**e) Peso do guarda rodas**

$$PP_{gr} = (0,23 \text{m}^2 \times 25 \text{kN/m}^3) = 5,75 \text{kN/m}$$

**f) Peso do guarda corpo**

$$PP_{gcorpo} = 1 \text{kN/m}$$

**g) Peso próprio da travessa central (viga de apoio):**

$$PP_{trav.central} = (0 \text{m}^2 \times 25 \text{kN/m}^3) = 0 \text{kN/m}$$

**h) Peso próprio da travessa do encontro**

$$PP_{trav.encontro} = (3,35 \text{m}^2 \times 25 \text{kN/m}^3) = 83,75 \text{kN/m}$$

**i) Peso próprio das alas**

$$PP_{alas} = 1,13 \text{m}^3 \times 25 \text{kN/m}^3 = 28,13 \text{kN/ala}$$

$$Mala = 28,13 \text{kN.m}$$

**j) Peso laje de aproximação + camada de 50cm de solo**

$$PP_{lajeaprox} = (4 \text{m} \times 0,25 \text{m} \times 25 \text{kN/m}^3 + 4 \text{m} \times 0,5 \text{m} \times 18 \text{kN/m}^3) / 2 = 30,5 \text{kN/m}$$

**k) Peso próprio do pilar**

$$PP_{pilar} = 3,1415 \times (1,2)^2 / 4 \times 25 \text{kN/m}^3 = 28,27 \text{kN/m}$$

## 1.7.2 CARGAS VARIÁVEIS

### a) Frenagem

Veículo: T45

Carga multidão:  $p=5\text{kN/m}^2$

Carga móvel do caminhão:  $P=450\text{kN}$

Largura da pista: 23,6m

Comprimento da pista: 19m

$$F1 = 0.3 \times 450 = 135\text{kN}$$

$$F2 = 0.05 \times 15,38 \times 23,6 \times 19 = 344,73\text{kN}$$

$$F3 = 0.25 \times 20,75 \times 23,6 = 122,43\text{kN}$$

### b) Força longitudinal devida às deformações lentas e variação térmica (Creep)

Considerou-se, de forma simplificada, que as cargas horizontais causadas por esses fenômenos sejam equivalentes a 3% do peso total da superestrutura:

$$F_{\text{long}} = 3\% \times 891,04 = 26,73 \text{ kN/pilar}$$

### c) Vento NBR 6123

|                      |                       |                           |                       |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| S1=                  | 1                     |                           |                       |
| categoria=           | 1                     |                           |                       |
| classe=              | B                     |                           |                       |
| S3=                  | 1,1                   |                           |                       |
| Coef. de força (Cf)= | 1,4                   |                           |                       |
| Velocidade básica=   | 45,0m/s               |                           |                       |
| z=                   | 10m                   |                           |                       |
| S2=                  | 1,09                  | <b>NBR Antiga (Usual)</b> |                       |
| Área de influência = | 90,00m <sup>2</sup>   | <i>Descarregada</i>       | <i>Carregada</i>      |
| Vk=                  | 53,96m/s              | 3,00m                     | 4,20m                 |
| qv=                  | 2,50kN/m <sup>2</sup> | 1,50kN/m <sup>2</sup>     | 1,00kN/m <sup>2</sup> |
| Fvento =             | 224,85kN              | 4,50kN/m                  | 4,20kN/m              |
|                      | 11,83kN/m             |                           |                       |

## 1.7.3 CARGAS MÓVEIS (q)

Trem-Tipo da NBR 7188/13 – Classe 45.

Carregamento de “Multidão” - de acordo com a NBR 7188/13.

Transporte de Carga Especial de acordo com NBR 7188/13 TB512.

## 1.8 COMBINAÇÕES DE CARGA

As combinações de carga consideradas são as seguintes:

Considerando:

- $g_1$  = permanentes de primeira fase;
- $g_2$  = permanentes de segunda fase;
- $q$  = cargas móveis;
- $P_0$  = Força de protensão inicial;
- $P^\infty$  = Força de protensão a tempo infinito.

Estado limite de serviço(ELS).

Combinação 1:  $0,8g_1 + P_0$

(Combinação especial de transporte, sob supervisão)

Combinação 2:  $g_1 + P_0$

(Combinação especial de estocagem ou repouso, sob supervisão)

Combinação 3:  $g_1 + \text{peso da laje} + P_0$  (sem considerar a contribuição geométrica da laje)

(Combinação de estado em vazio □ ações permanentes)

Combinação 4:  $g_1 + g_2 + P_\square$

(Combinação de estado em vazio □ ações permanentes)

Combinação 5:  $g_1 + g_2 + 0,3 \cdot \varphi \cdot q + P_\square$

(Combinação quase-permanente)

Combinação 6:  $g_1 + g_2 + 0,5 \cdot \varphi \cdot q + P_\square$

(Combinação freqüente)

Combinação 7:  $g_1 + g_2 + \varphi \cdot q + P_\square$

(Combinação rara)

O coeficiente Impacto Vertical é calculado através da fórmula:

$$CIV = 1 + 1,06 * \left( \frac{20}{Liv + 50} \right)$$

O coeficiente de numero de faixas é calculado através da fórmula:

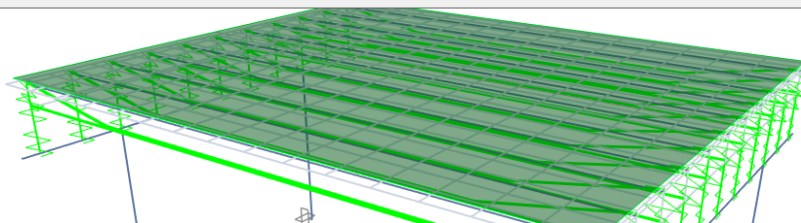
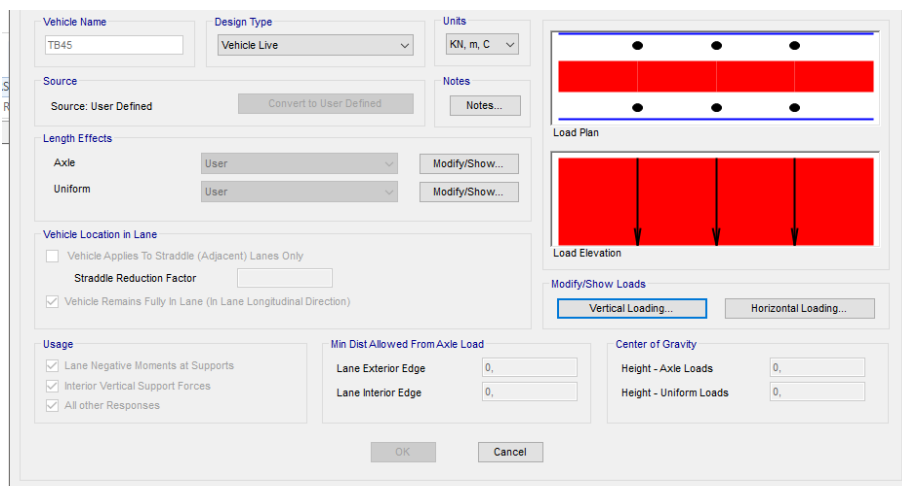
$$CNF = 1 - 0,056 * (n - 2) \geq 0,9$$

Estado Limite Ultimo (ELU).

$$Md = 1,35 \cdot (M_{g1} + M_{g2}) + 1,5 \cdot CIV * CNF \cdot M_q$$

## HIPÓTESES DE POSICIONAMENTO PARA A CARGA MÓVEL

A obtenção dos carregamentos máximos para dimensionamento dos elementos estruturais teve como base a obtenção da envoltória de solicitações a partir do posicionamento do TB450 variando por todas as posições possíveis da pista de rodagem, já prevendo um futuro alargamento da O.A.E., com a pista sobrepondo os passeios.



## 1.9 VERIFICAÇÃO DA LONGARINA DE 20,00m

### Peso próprio da Longarina

| POSIÇÃO<br>(cm) | CARGA | CORTANTE<br>(kN) | TORÇOR<br>(kN.m) | MOMENTO<br>(kN.m) |
|-----------------|-------|------------------|------------------|-------------------|
| 50              | DEAD  | -161,29          | -11,75           | -8,35             |
| 211             | DEAD  | -144,20          | -20,30           | 228,03            |
| 372             | DEAD  | -126,71          | 19,73            | 426,71            |
| 533             | DEAD  | -108,92          | 17,35            | 597,24            |
| 694             | DEAD  | 91,01            | 14,58            | 741,35            |
| 856             | DEAD  | 72,95            | 11,74            | 859,33            |
| 1017            | DEAD  | 54,79            | 8,90             | 951,15            |
| 1178            | DEAD  | 36,58            | 6,08             | 1016,68           |
| 1339            | DEAD  | 18,34            | 3,27             | 1055,84           |
| 1500            | DEAD  | 0,09             | 0,48             | 1068,56           |

### Peso próprio da laje + Transversinas (Fase não colaborante):

| POSIÇÃO<br>(cm) | CARGA         | CORTANTE<br>(kN) | TORÇOR<br>(kN.m) | MOMENTO<br>(kN.m) |
|-----------------|---------------|------------------|------------------|-------------------|
| 50              | PP-LAJE+TRANS | -108,09          | 3,75             | 8,01              |
| 211             | PP-LAJE+TRANS | 102,97           | -4,27            | 173,84            |
| 372             | PP-LAJE+TRANS | 91,42            | 3,77             | 317,24            |
| 533             | PP-LAJE+TRANS | 79,51            | 3,03             | 443,02            |
| 694             | PP-LAJE+TRANS | 67,36            | 2,45             | 550,86            |
| 856             | PP-LAJE+TRANS | 54,96            | 1,96             | 639,99            |
| 1017            | PP-LAJE+TRANS | 42,30            | 1,48             | 709,82            |
| 1178            | PP-LAJE+TRANS | 29,43            | 1,01             | 759,92            |
| 1339            | PP-LAJE+TRANS | 16,41            | 0,52             | 790,02            |
| 1500            | PP-LAJE+TRANS | 3,32             | 0,02             | 799,98            |



**Permanentes de segunda fase: Pavimentação + Sobre Carga + Guarda Rodas**

| <b>POSIÇÃO</b><br>(cm) | <b>CARGA</b> | <b>CORTANTE</b><br>(kN) | <b>TORÇOR</b><br>(kN.m) | <b>MOMENTO</b><br>(kN.m) |
|------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 50                     | PAV+SC+GR    | -105,52                 | -12,32                  | -15,02                   |
| 211                    | PAV+SC+GR    | 99,13                   | -19,42                  | 142,52                   |
| 372                    | PAV+SC+GR    | 87,14                   | 19,72                   | 271,96                   |
| 533                    | PAV+SC+GR    | 75,09                   | 17,86                   | 380,64                   |
| 694                    | PAV+SC+GR    | 62,95                   | 15,19                   | 471,19                   |
| 856                    | PAV+SC+GR    | 50,81                   | 12,29                   | 544,70                   |
| 1017                   | PAV+SC+GR    | 38,73                   | 9,36                    | 601,59                   |
| 1178                   | PAV+SC+GR    | 26,74                   | 6,44                    | 642,05                   |
| 1339                   | PAV+SC+GR    | 14,80                   | 3,55                    | 666,11                   |
| 1500                   | PAV+SC+GR    | 2,91                    | 0,69                    | 673,79                   |

**Carga móvel (Moving load)**

| <b>POSIÇÃO</b><br>(cm) | <b>CARGA</b> | <b>CORTANTE</b><br>(kN) | <b>TORÇOR</b><br>(kN.m) | <b>MOMENTO</b><br>(kN.m) |
|------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 50                     | TB45         | 8,79                    | 41,51                   | 71,60                    |
| 211                    | TB45         | 266,45                  | 58,82                   | 417,52                   |
| 372                    | TB45         | 247,88                  | 60,22                   | 763,65                   |
| 533                    | TB45         | 228,60                  | 56,24                   | 1062,60                  |
| 694                    | TB45         | 208,41                  | 50,71                   | 1314,21                  |
| 856                    | TB45         | 187,87                  | 44,97                   | 1518,37                  |
| 1017                   | TB45         | 167,59                  | 39,49                   | 1683,62                  |
| 1178                   | TB45         | 147,95                  | 34,40                   | 1804,30                  |
| 1339                   | TB45         | 129,21                  | 29,76                   | 1876,57                  |
| 1500                   | TB45         | 111,68                  | 25,71                   | 1900,60                  |

| <b>POSIÇÃO</b><br>(cm) | <b>CARGA</b> | <b>CORTANTE</b><br>(kN) | <b>TORÇOR</b><br>(kN.m) | <b>MOMENTO</b><br>(kN.m) |
|------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 50                     | TB45         | -275,80                 | -49,48                  | -73,26                   |
| 211                    | TB45         | -257,67                 | -59,28                  | -43,26                   |
| 372                    | TB45         | -238,92                 | -57,95                  | -45,53                   |
| 533                    | TB45         | -219,12                 | -53,31                  | -55,15                   |
| 694                    | TB45         | -198,66                 | -47,71                  | -79,82                   |
| 856                    | TB45         | -178,20                 | -42,12                  | -101,28                  |

|      |      |         |        |         |
|------|------|---------|--------|---------|
| 1017 | TB45 | -158,21 | -36,84 | -118,35 |
| 1178 | TB45 | -139,00 | -31,99 | -130,53 |
| 1339 | TB45 | -120,79 | -27,65 | -137,59 |
| 1500 | TB45 | -104,59 | -24,21 | -139,47 |

### 1.9.1 VERIFICAÇÃO À FLEXO-COMPRESSÃO E CORTANTE PARA C.P.

A verificação baseia-se, no que se refere às características mecânicas dos materiais e aos procedimentos de cálculo, nas normas técnicas vigentes (ver capítulo 2 “Normas de referência”) considerando todas as suas indicações e limitações.

No que concerne as características estáticas e geométricas das seções reagentes, é prevista a possibilidade de que a estrutura a ser verificada seja realizada em duas diferentes fases de concretagem: a primeira geralmente coincide com a viga pré-moldada no canteiro e a segunda, com a sucessiva concretagem integrativa (laje) realizada na obra.

As características de resistência da concreto empregado nas duas fases podem ser diferentes, nesse caso usa-se um coeficiente de homogeneização para a concretagem em segunda fase, equivalente à razão entre os módulos de elasticidade dos dois materiais.

No caso em estudo, as larguras de concretagem colaborante coincidem com a distância entre os eixos das longarinas; o coeficiente de homogeneização entre os concretos é 0,866.

As armaduras de précompressão têm coeficiente de homogeneização  $n$  igual a 7,54.

No que se refere às solicitações, e conseqüentemente o estado tensional, são previstas 6 diferentes fases que visam definir o estado de solicitação do elemento estrutural ao longo da sua vida útil:

I – Transporte;

II – Estocagem;

III – Primeira fase da concretagem da laje, onde age na estrutura o peso da laje mas não se considera a seção colaborante. Nessa fase são consideradas as perdas imediatas de protensão;

IV – Segunda fase de concretagem da laje, onde existe contribuição geométrica da laje no conjunto, considera-se nessa fase todas as perdas de protensão;

V – Inclusão das cargas permanentes de segunda fase;

VI – inclusão das cargas móveis, considerando combinação quase-permanente, frequente e rara.

## PROPRIEDADES GOMÉTRICAS

Propriedades geométricas das vigas homogenizadas nas diferentes seções de verificação considerando a contribuição geométrica da armadura de pós-compressão:

### 1.9.2 GEOMETRIA VIGA SOZINHA, PARA VERIFICAÇÃO EM PRIMEIRA FASE (NO CANTEIRO)

| SEC..  | Ap (cm <sup>2</sup> ) | Ach (cm <sup>2</sup> ) | y <sub>b</sub> (cm) | y <sub>p</sub> (cm) | y <sub>2</sub> (cm) | ep    |
|--------|-----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|
| 0,50m  | 30,597                | 4503,83                | 68,33               | 66,77               | 71,88               | 5,10  |
| 2,11m  | 30,597                | 4503,83                | 51,87               | 50,75               | 72,41               | 21,66 |
| 3,72m  | 30,597                | 4503,83                | 41,21               | 40,37               | 72,76               | 32,40 |
| 5,33m  | 30,597                | 4503,83                | 32,18               | 31,58               | 73,06               | 41,48 |
| 6,94m  | 30,597                | 4503,83                | 24,79               | 24,39               | 73,31               | 48,91 |
| 8,56m  | 30,597                | 4503,83                | 19,05               | 18,80               | 73,50               | 54,69 |
| 10,17m | 30,597                | 4503,83                | 14,95               | 14,81               | 73,63               | 58,82 |
| 11,78m | 30,597                | 4503,83                | 12,49               | 12,41               | 73,71               | 61,30 |
| 13,39m | 30,597                | 4503,83                | 11,67               | 11,61               | 73,74               | 62,13 |
| 15,00m | 30,597                | 4503,83                | 11,67               | 11,61               | 73,74               | 62,13 |

### 1.9.3 GEOMETRIA DA VIGA + LAJE, PARA VERIFICAÇÕES DE SEGUNDA FASE (EM EXERCÍCIO)

| SEC.   | Ap (cm <sup>2</sup> ) | Ach (cm <sup>2</sup> ) | y <sub>p</sub> (cm) | y <sub>2</sub> (cm) | ep    |
|--------|-----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-------|
| 0,50m  | 30,597                | 9063,83                | 68,33               | 66,77               | 74,74 |
| 2,11m  | 30,597                | 9063,83                | 51,87               | 50,75               | 75,01 |
| 3,72m  | 30,597                | 9063,83                | 41,21               | 40,37               | 75,18 |
| 5,33m  | 30,597                | 9063,83                | 32,18               | 31,58               | 75,32 |
| 6,94m  | 30,597                | 9063,83                | 24,79               | 24,39               | 75,44 |
| 8,56m  | 30,597                | 9063,83                | 19,05               | 18,80               | 75,53 |
| 10,17m | 30,597                | 9063,83                | 14,95               | 14,81               | 75,60 |
| 11,78m | 30,597                | 9063,83                | 12,49               | 12,41               | 75,64 |
| 13,39m | 30,597                | 9063,83                | 11,67               | 11,61               | 75,65 |
| 15,00m | 30,597                | 9063,83                | 11,67               | 11,61               | 75,65 |

## 1.10 CÁLCULO DAS PERDAS:

### 1.10.1 PERDAS DE PRIMEIRA FASE (VIGA NO CANTEIRO)

| Seção  | Acom. An-coragem | Def. imediata | Relax. Aço | Perdas progressivas |              | TOTAL<br>(primeira fase) |
|--------|------------------|---------------|------------|---------------------|--------------|--------------------------|
|        |                  |               |            | borda super.        | borda infer. |                          |
| 0,50m  | 2,78%            | 2,70%         | 2.20%      | 2,24%               | 2,40%        | 14,41%                   |
| 2,11m  | 2,78%            | 3,44%         | 2.20%      | 2,05%               | 2,51%        | 15,26%                   |
| 3,72m  | 2,78%            | 3,85%         | 2.20%      | 1,94%               | 2,55%        | 15,71%                   |
| 5,33m  | 2,78%            | 4,19%         | 2.20%      | 1,84%               | 2,57%        | 16,08%                   |
| 6,94m  | 2,78%            | 4,47%         | 2.20%      | 1,76%               | 2,58%        | 16,37%                   |
| 8,56m  | 2,78%            | 4,68%         | 2.20%      | 1,70%               | 2,58%        | 16,58%                   |
| 10,17m | 2,78%            | 4,82%         | 2.20%      | 1,66%               | 2,58%        | 16,71%                   |
| 11,78m | 2,78%            | 4,88%         | 2.20%      | 1,64%               | 2,58%        | 16,77%                   |
| 13,39m | 2,78%            | 4,87%         | 2.20%      | 1,64%               | 2,57%        | 16,75%                   |
| 15,00m | 2,78%            | 4,85%         | 2.20%      | 1,65%               | 2,56%        | 16,73%                   |

### 1.10.2 PERDAS DE SEGUNDA FASE (VIGA EM EXERCÍCIO)

| Seção  | Relax. Aço | Perdas progressivas |              | TOTAL<br>(segunda fase) |
|--------|------------|---------------------|--------------|-------------------------|
|        |            | borda super.        | borda infer. |                         |
| 0,50m  | 5.00%      | 6,97%               | 7,08%        | 12,08%                  |
| 2,11m  | 5.00%      | 6,79%               | 7,11%        | 12,10%                  |
| 3,72m  | 5.00%      | 6,67%               | 7,08%        | 12,08%                  |
| 5,33m  | 5.00%      | 6,55%               | 7,04%        | 12,04%                  |
| 6,94m  | 5.00%      | 6,44%               | 6,99%        | 11,99%                  |
| 8,56m  | 5.00%      | 6,35%               | 6,95%        | 11,95%                  |
| 10,17m | 5.00%      | 6,29%               | 6,91%        | 11,91%                  |
| 11,78m | 5.00%      | 6,26%               | 6,89%        | 11,88%                  |
| 13,39m | 5.00%      | 6,25%               | 6,87%        | 11,87%                  |
| 15,00m | 5.00%      | 6,26%               | 6,87%        | 11,87%                  |

### 1.10.3 VERIFICAÇÃO DAS SEÇÕES NO E.L.S.:

Nas tabelas seguintes, a primeira coluna indica a seção analisada,  $\sigma_s$  e  $\sigma_i$  (em kN/cm<sup>2</sup>) representam respectivamente as tensões na borda superior e inferior da viga pré-moldada. As tensões máximas admissíveis para cada caso estão indicadas acima das tabelas:

Combinação A:  $0,8g_1 + P_0$

(Combinação especial de transporte, sob supervisão)

$\sigma_{c,lim} = -0,7 f_{ck} = -0,7 \times 27,26 = -19,082 \text{ MPa} = -1,9082 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_{t,lim} = 1,2 f_{tk} = 1,2 \times 2,72 = 3,264 \text{ MPa} = 0,326 \text{ kN/cm}^2$

| Seção  | $\sigma_s$   | $\sigma_i$ |
|--------|--------------|------------|
| 0,50m  | -0,380       | -0,526     |
| 2,11m  | -0,389       | -1,187     |
| 3,72m  | -0,235       | -1,328     |
| 5,33m  | -0,108       | -1,445     |
| 6,94m  | -0,010       | -1,537     |
| 8,56m  | <b>0,063</b> | -1,607     |
| 10,17m | <b>0,110</b> | -1,652     |
| 11,78m | <b>0,132</b> | -1,675     |
| 13,39m | <b>0,131</b> | -1,674     |
| 15,00m | <b>0,124</b> | -1,668     |

Combinação B:  $g_1 + P_0$

(Combinação especial de estocagem ou repouso, sob supervisão)

| Seção  | $\sigma_s$ | $\sigma_i$ |
|--------|------------|------------|
| 0,50m  | -0,380     | -0,526     |
| 2,11m  | -0,421     | -1,158     |
| 3,72m  | -0,293     | -1,273     |
| 5,33m  | -0,189     | -1,368     |
| 6,94m  | -0,110     | -1,442     |
| 8,56m  | -0,053     | -1,495     |
| 10,17m | -0,018     | -1,529     |
| 11,78m | -0,005     | -1,542     |
| 13,39m | -0,011     | -1,537     |
| 15,00m | -0,020     | -1,529     |

Combinação C:  $g_1 + \text{peso da laje} + P_0$  (sem considerar a contribuição geométrica da laje)  
 (Combinação de estado em vazio  $\square$  ações permanentes)

| Seção  | $\square_s$ | $\square_i$ |
|--------|-------------|-------------|
| 0,50m  | -0,383      | -0,523      |
| 2,11m  | -0,540      | -1,047      |
| 3,72m  | -0,509      | -1,069      |
| 5,33m  | -0,490      | -1,082      |
| 6,94m  | -0,482      | -1,085      |
| 8,56m  | -0,485      | -1,080      |
| 10,17m | -0,496      | -1,068      |
| 11,78m | -0,516      | -1,049      |
| 13,39m | -0,542      | -1,023      |
| 15,00m | -0,558      | -1,009      |

#### 1.10.4 VERIFICAÇÕES DE 2º FASE

Combinação A:  $g_1 + \text{peso da laje} + P_{\square}$  (considerando a contribuição geométrica da laje)

$$\square_{c,lim} = -0,5 f_{ck} = -0,5 \times 35 = -17,5 \text{MPa} = -1,75 \text{ kN/cm}^2$$

| Seção  | $\square_s$ | $\square_i$ |
|--------|-------------|-------------|
| 0,50m  | -0,068      | -0,465      |
| 2,11m  | -0,107      | -0,834      |
| 3,72m  | -0,125      | -0,803      |
| 5,33m  | -0,142      | -0,773      |
| 6,94m  | -0,160      | -0,745      |
| 8,56m  | -0,177      | -0,718      |
| 10,17m | -0,193      | -0,693      |
| 11,78m | -0,209      | -0,670      |
| 13,39m | -0,223      | -0,650      |
| 15,00m | -0,230      | -0,640      |

Combinação B:  $g_1 + g_2 + P_{\square}$

(Combinação incluindo cargas permanentes de segunda fase)

$$\square_{c,lim} = -0,5 f_{ck} = -0,5 \times 35 = -17,5 \text{MPa} = -1,75 \text{ kN/cm}^2$$

| Seção | $\square_s$ | $\square_i$ |
|-------|-------------|-------------|
| 0,50m | -0,064      | -0,469      |
| 2,11m | -0,151      | -0,770      |
| 3,72m | -0,208      | -0,682      |
| 5,33m | -0,259      | -0,604      |
| 6,94m | -0,304      | -0,535      |
| 8,56m | -0,344      | -0,475      |

|        |        |        |
|--------|--------|--------|
| 10,17m | -0,378 | -0,425 |
| 11,78m | -0,405 | -0,384 |
| 13,39m | -0,427 | -0,353 |
| 15,00m | -0,436 | -0,340 |

Combinação C:  $g_1 + g_2 + 0,3q + P_{\square}$

(Combinação quase-permanente)(Tração na Região com As' para momento negativo)

$$\sigma_{c,lim} = -0,5 f_{ck} = -0,5 \times 35 = -17,5 \text{ MPa} = -1,75 \text{ kN/cm}^2$$

| Seção  | $\sigma_s$ | $\sigma_i$ |
|--------|------------|------------|
| 0,50m  | -0,071     | -0,461     |
| 2,11m  | -0,199     | -0,701     |
| 3,72m  | -0,297     | -0,554     |
| 5,33m  | -0,383     | -0,426     |
| 6,94m  | -0,457     | -0,314     |
| 8,56m  | -0,520     | -0,220     |
| 10,17m | -0,573     | -0,142     |
| 11,78m | -0,614     | -0,081     |
| 13,39m | -0,644     | -0,037     |
| 15,00m | -0,656     | -0,021     |

Combinação C1:  $g_1 + g_2 + 0,5q + P_{\square}$

(Combinação freqüente)

$$\sigma_{c,lim} = -0,5 f_{ck} = -0,5 \times 35 = -17,5 \text{ MPa} = -1,75 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{t,lim} = 1,2 f_{tk} = 3,36 \text{ MPa} = 0,336 \text{ kN/cm}^2$$

| Seção  | $\sigma_s$ | $\sigma_i$ |
|--------|------------|------------|
| 0,50m  | -0,076     | -0,455     |
| 2,11m  | -0,232     | -0,654     |
| 3,72m  | -0,356     | -0,469     |
| 5,33m  | -0,465     | -0,307     |
| 6,94m  | -0,558     | -0,167     |
| 8,56m  | -0,637     | -0,050     |
| 10,17m | -0,702     | 0,047      |
| 11,78m | -0,753     | 0,122      |
| 13,39m | -0,789     | 0,173      |
| 15,00m | -0,803     | 0,193      |

### 1.10.5 VERIFICAÇÃO NO E.L.U DA SEÇÃO NO MEIO DO VÃO SOB AÇÃO DE CARREGAMENTOS COMBINADOS:

| ELU          |                        |
|--------------|------------------------|
| □ pré=       | 4,530E-03              |
| Rpd=         | 5283,454 KN            |
| Rcd=Rpd      |                        |
| y=           | 22,380 cm              |
| x=           | 27,974 cm              |
| x/d=         | 0,176 <0,259 Dominio 2 |
| MRd=         | 7827,097 KN.m          |
| As passiva = | 12,06cm <sup>2</sup>   |
| MRdt=        | 8633,846 KN.m          |

### 1.11 VERIFICAÇÃO AO ESFORÇO CORTANTE NA LONGARINA

#### 1.11.1 CORTANTE E MOMENTO TORÇOR DE PROJETO:

| SEC.   | Vsdg (kN) | Vsdq (kN) | Tsdg (kN.m) | Tsdq (kN.m) | Vsd/Vrd<br>2+Tsd/Tr<br>d2 |
|--------|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------------------|
| 0,50m  | 919,82    | 3557,90   | 66,13       | 690,3       | 0,35                      |
| 2,11m  | 867,19    | 1414,31   | 89,11       | 690,3       | 0,74                      |
| 3,72m  | 783,93    | 1562,27   | 103,51      | 690,3       | 0,65                      |
| 5,33m  | 698,66    | 1687,47   | 93,81       | 690,3       | 0,55                      |
| 6,94m  | 611,39    | 1789,91   | 81,53       | 690,3       | 0,46                      |
| 8,56m  | 523,06    | 1869,58   | 68,81       | 690,3       | 0,38                      |
| 10,17m | 434,74    | 1926,49   | 56,27       | 690,3       | 0,31                      |
| 11,78m | 347,14    | 1960,63   | 44,07       | 690,3       | 0,24                      |
| 13,39m | 260,72    | 1972,02   | 32,24       | 690,3       | 0,18                      |
| 15,00m | 176,05    | 1972,02   | 20,88       | 690,3       | 0,12                      |



**1.11.2 VERIFICAÇÃO DAS SEÇÕES:**

Parâmetros da seção resistente:

| Seção | Area cortante (cm <sup>2</sup> ) | Ø estribo (mm) | S (cm)       | Asw (cm <sup>2</sup> ) | d (cm)        | he (cm)      | Ae (cm <sup>2</sup> ) | ue (cm)       |
|-------|----------------------------------|----------------|--------------|------------------------|---------------|--------------|-----------------------|---------------|
| 0,50  | 3116,00                          | <b>8,00</b>    | <b>10,00</b> | 1,01                   | <b>164,00</b> | <b>10,00</b> | <b>4409,00</b>        | <b>680,00</b> |
| 2,11  | 3116,00                          | <b>8,00</b>    | <b>10,00</b> | 1,01                   | <b>164,00</b> | 10,00        | 4409,0                | 680,00        |
| 3,72  | 3116,00                          | <b>8,00</b>    | <b>12,50</b> | 1,01                   | <b>164,00</b> | 10,00        | 4409,0                | 680,00        |
| 5,33  | 3116,00                          | <b>8,00</b>    | <b>12,50</b> | 1,01                   | <b>164,00</b> | 10,00        | 4409,0                | 680,00        |
| 6,94  | 3116,00                          | <b>8,00</b>    | <b>20,00</b> | 1,01                   | <b>164,00</b> | 10,00        | 4409,0                | 680,00        |
| 8,56  | 3116,00                          | <b>8,00</b>    | <b>20,00</b> | 1,01                   | <b>164,00</b> | 10,00        | 4409,0                | 680,00        |
| 10,17 | 3116,00                          | <b>8,00</b>    | <b>20,00</b> | 1,01                   | <b>164,00</b> | 10,00        | 4409,0                | 680,00        |
| 11,78 | 3116,00                          | <b>8,00</b>    | <b>20,00</b> | 1,01                   | <b>164,00</b> | 10,00        | 4409,0                | 680,00        |
| 13,39 | 3116,00                          | <b>8,00</b>    | <b>25,00</b> | 1,01                   | <b>164,00</b> | 10,00        | 4409,0                | 680,00        |
| 15,00 | 3116,00                          | <b>8,00</b>    | <b>25,00</b> | 1,01                   | <b>164,00</b> | 10,00        | 4409,0                | 680,00        |

Verificação da armadura necessária para absorver o esforço cortante:

| Seção | VRd2 (kN) | Vc0 (kN) | M0 (kN.m) | Msd,max (kN.m) | Vc (kN) | Vsw (kN) | VRd3 (kN) | Vsd (kN) |
|-------|-----------|----------|-----------|----------------|---------|----------|-----------|----------|
| 0,50  | 6057,50   | 984,01   | 937,23    | 72,11          | 1968,03 | 645,15   | 2613,17   | 913,61   |
| 2,11  | 2019,17   | 328,00   | 1474,37   | 1373,43        | 656,01  | 645,15   | 1301,16   | 889,86   |
| 3,72  | 2019,17   | 328,00   | 1817,89   | 2512,97        | 565,28  | 516,12   | 1081,40   | 801,28   |
| 5,33  | 2019,17   | 328,00   | 2105,52   | 3470,05        | 527,03  | 516,12   | 1043,15   | 713,69   |
| 6,94  | 2019,17   | 328,00   | 2339,24   | 4262,44        | 508,01  | 322,57   | 830,59    | 625,27   |
| 8,56  | 2019,17   | 328,00   | 2520,38   | 4902,31        | 496,64  | 322,57   | 819,21    | 536,41   |
| 10,17 | 2019,17   | 328,00   | 2649,82   | 5405,53        | 488,79  | 322,57   | 811,37    | 447,78   |
| 11,78 | 2019,17   | 328,00   | 2728,11   | 5760,03        | 483,36  | 322,57   | 805,93    | 359,76   |
| 13,39 | 2019,17   | 328,00   | 2755,51   | 5968,35        | 479,44  | 258,06   | 737,50    | 272,69   |
| 15,00 | 2019,17   | 328,00   | 2756,41   | 6031,70        | 477,90  | 258,06   | 735,96    | 187,10   |

Verificação da armadura necessária para absorver a torção:

| Seção | TRd2 (kN.m) | TRd3 (kN.m) | TRd4 (kN.m) | TSd (kN.m) | Vsd/Vrd2 + Tsd/Trd2 |
|-------|-------------|-------------|-------------|------------|---------------------|
| 0,50  | 529,08      | 385,43      | 183,64      | 86,23      | 0,31                |
| 2,11  | 529,08      | 385,43      | 183,64      | 96,23      | 0,62                |
| 3,72  | 529,08      | 308,34      | 183,64      | -7,91      | 0,38                |
| 5,33  | 529,08      | 308,34      | 183,64      | -2,37      | 0,35                |
| 6,94  | 529,08      | 192,71      | 183,64      | 1,56       | 0,31                |
| 8,56  | 529,08      | 192,71      | 183,64      | 4,84       | 0,27                |

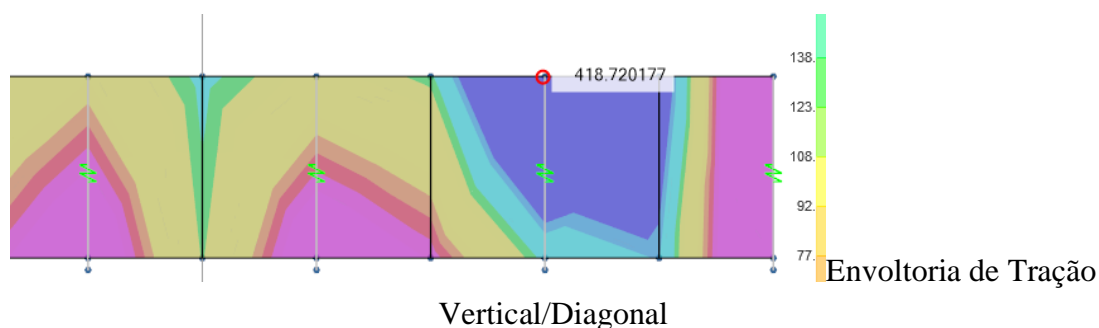
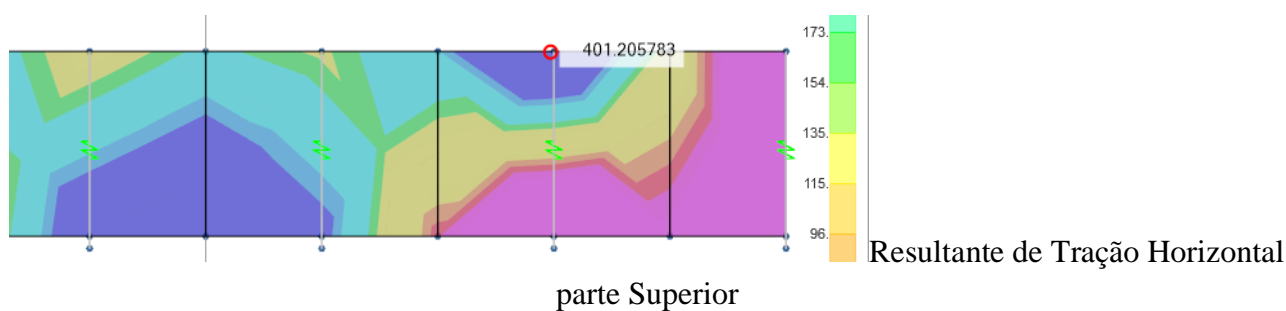
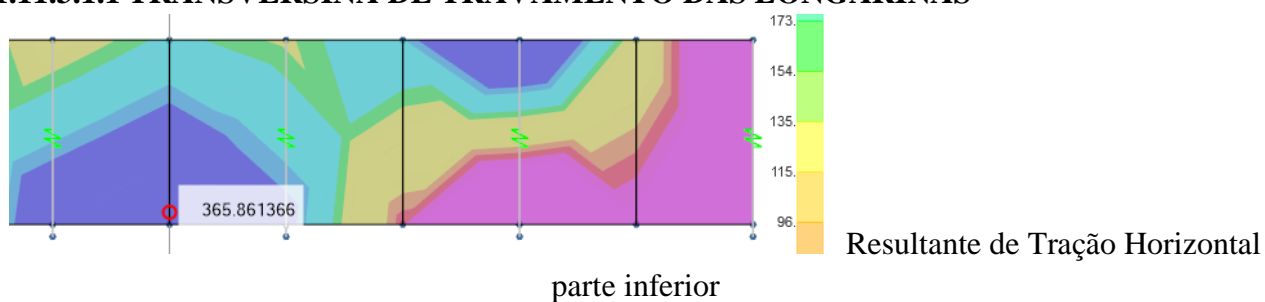
|       |        |        |        |       |      |
|-------|--------|--------|--------|-------|------|
| 10,17 | 529,08 | 192,71 | 183,64 | 7,99  | 0,24 |
| 11,78 | 529,08 | 192,71 | 183,64 | 11,23 | 0,20 |
| 13,39 | 529,08 | 154,17 | 183,64 | 14,76 | 0,16 |
| 15,00 | 529,08 | 154,17 | 183,64 | 18,97 | 0,13 |

Os esforços solicitantes são menores que os resistentes, portanto o elemento foi verificado.

### 1.11.3 TRANSVERSINAS

As transversinas foram analisadas como elementos de placas e as suas armaduras foram definidas através da Integração dos mapas de tração das solicitações máximas.

#### 1.11.3.1.1 TRANSVERSINA DE TRAVAMENTO DAS LONGARINAS



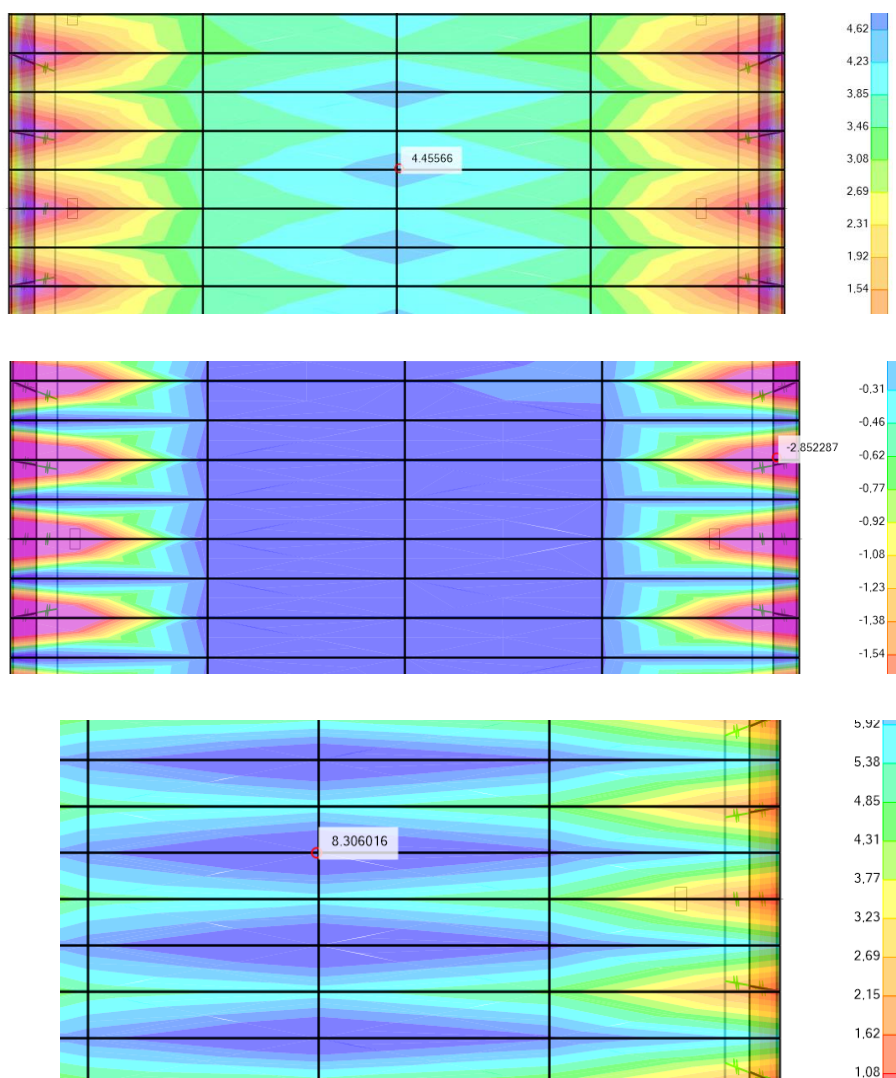
| ARMADURA EM PLACAS         |      |      |      |      |                 |     |     |                       |                         |                         |                      |                  |          |                                  |                 |                           |                      |  |
|----------------------------|------|------|------|------|-----------------|-----|-----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|------------------|----------|----------------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------|--|
| Fck= 30    α= 43,5    d' 5 |      |      |      |      |                 |     |     |                       |                         |                         |                      |                  |          |                                  |                 |                           |                      |  |
| OBS:                       | H    | bw   | Fd + | Fd - | V <sub>sd</sub> | z+  | z-  | A <sub>s</sub> mínimo | A <sub>s</sub> inferior | A <sub>s</sub> superior | A <sub>s</sub> Pele  | V <sub>Rd2</sub> | V. Conc. | V <sub>c</sub> = V <sub>co</sub> | V <sub>sw</sub> | A <sub>sw</sub> /s mínimo | A <sub>sw</sub> /s   |  |
|                            | (cm) | (cm) | (kN) | (kN) | (kN)            | (m) | (m) | (cm <sup>2</sup> )    | (cm <sup>2</sup> )      | (cm <sup>2</sup> )      | (cm <sup>2</sup> /m) | (kN)             |          | (kN)                             | (kN)            | (cm <sup>2</sup> /m)      | (cm <sup>2</sup> /m) |  |
| TR. AP 1                   | 175  | 30   | 350  | 350  | 1000            | 1   | 1   | 7,9                   | 8,0                     | 8,0                     | 3,0                  | 2596,6           | ok       | 443,2                            | 556,8           | 3,5                       | 8,4                  |  |
| TR AP2                     |      |      |      |      |                 |     |     |                       |                         |                         |                      |                  |          |                                  |                 |                           |                      |  |

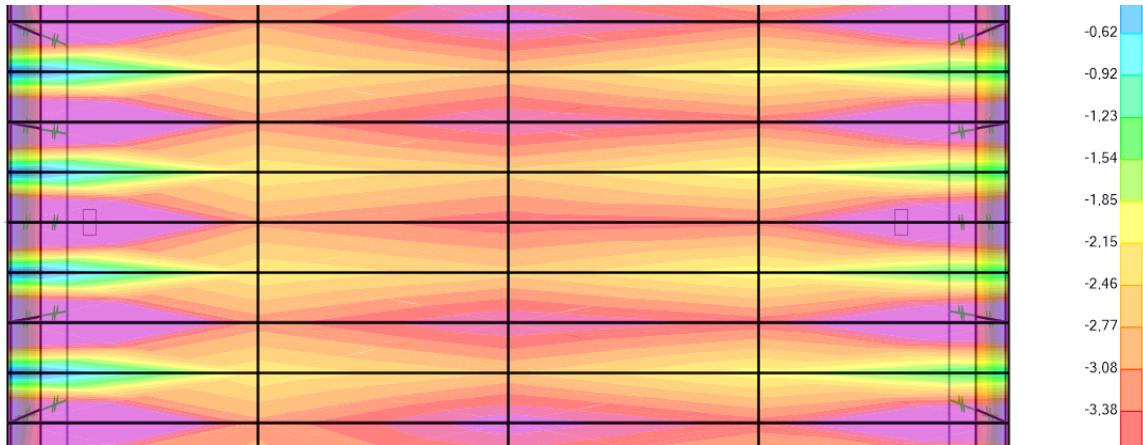
Resumo das armaduras:

- $A_s = 7,40 \text{ cm}^2$  4 barras de  $\varnothing 16\text{mm}$
- $A_{s'} = 8,00\text{cm}^2 \rightarrow$  4 barras de  $\varnothing 16\text{mm}$
- $A_{sw} = 3,10\text{cm}^2/\text{m} < A_{sw\text{min}} \rightarrow \varnothing 10 \text{ c.15}$
- $A_{spe} = 3,0\text{cm}^2/\text{m} \rightarrow \varnothing 10 \text{ c.20}$

## 1.12 LAJE

### 1.12.1 SOLICITAÇÕES





### 1.12.2 DIMENSIONAMENTO

| <b>SOLICITAÇÕES</b> |         | <b>M22+</b> | <b>M22-</b> | <b>M11+</b> | <b>M11-</b> | <b>LC+</b> | <b>L.C-</b> |
|---------------------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| Mgk                 | (tfm/m) | 0,50        | 0,50        | 0,50        | 0,50        | 1,00       | 1,00        |
| Mqk max             | (tfm/m) | 3,70        | 2,00        | 1,70        | 0,70        | 4,65       | 4,65        |
| Mqk min             | (tfm/m) | 0,50        | 0,50        | 0,50        | 0,50        | 1,00       | 1,00        |

**Propriedades dos materiais**

|     |       |     |     |     |     |     |     |
|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| fck | (MPa) | 30  | 30  | 30  | 30  | 30  | 30  |
| fyk | (MPa) | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |

**Propriedades da seq**

|    |      |       |       |       |       |       |       |
|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| h  | (cm) | 20,0  | 20,0  | 20,0  | 20,0  | 20,0  | 20,0  |
| bw | (cm) | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

**Armadura inferior**

|              |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\phi$ (mm)  | (mm) | 12,5 | 10,0 | 8,0  | 8,0  | 16,0 | 16,0 |
| cobrimento l | (cm) | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |

**Armadura superior**

|     |                      |  |  |  |  |  |  |
|-----|----------------------|--|--|--|--|--|--|
| As' | (cm <sup>2</sup> /m) |  |  |  |  |  |  |
| d'  | (cm)                 |  |  |  |  |  |  |

**DIMENSIONAMENTO**

|          |                    |       |       |       |       |       |       |
|----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Md       | (tfm/m)            | 6,23  | 3,68  | 3,23  | 1,73  | 8,33  | 8,33  |
| d        | (cm)               | 15,38 | 16,50 | 15,60 | 16,60 | 16,20 | 16,20 |
| x        | (cm)               | 3,02  | 1,59  | 1,47  | 0,73  | 3,90  | 3,90  |
| As       | (cm <sup>2</sup> ) | 10,10 | 5,33  | 4,94  | 2,43  | 13,08 | 13,08 |
| As' nec. | (cm <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |       |

**VERIFICAÇÃO DA FADIGA**

|                             |                        |              |             |             |             |              |              |
|-----------------------------|------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| M <sub>Dmax</sub> tensões   | (tfm/m)                | 3,46         | 2,10        | 1,86        | 1,06        | 4,72         | 4,72         |
| M <sub>Dmin</sub> tensões   | (tfm/m)                | 0,90         | 0,90        | 0,90        | 0,90        | 1,80         | 1,80         |
| $\sigma_{smax}$             | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 2436         | 2543        | 2565        | 2731        | 2462         | 2462         |
| $\sigma_{smin}$             | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 634          | 1090        | 1241        | 2319        | 939          | 939          |
| $\Delta\sigma_s$            | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 1802         | 1453        | 1324        | 412         | 1523         | 1523         |
| $\Delta\sigma_s$ Admissível | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 1900         | 1900        | 1900        | 1900        | 1900         | 1900         |
| K                           |                        | 1,00         | 1,00        | 1,00        | 1,00        | 1,00         | 1,00         |
| A <sub>s,soorr.</sub>       | (cm <sup>2</sup> /m)   | <b>10,10</b> | <b>5,33</b> | <b>4,94</b> | <b>2,43</b> | <b>13,08</b> | <b>13,08</b> |

**CONTROLE DA FISSURAÇÃO**

|                       |                        |              |             |             |             |              |              |
|-----------------------|------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| $\sigma_{smax}$       | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 2464         | 2563        | 2584        | 2743        | 2495         | 2495         |
| $\rho_{ri}$           |                        | 0,007        | 0,005       | 0,005       | 0,004       | 0,008        | 0,008        |
| w1                    | (mm)                   | 0,13         | 0,12        | 0,09        | 0,11        | 0,17         | 0,17         |
| w2                    | (mm)                   | 0,31         | 0,38        | 0,31        | 0,35        | 0,36         | 0,36         |
| ELS-W wI              | (mm)                   | 0,30         | 0,30        | 0,30        | 0,30        | 0,30         | 0,30         |
| K                     |                        | 1,00         | 1,00        | 1,00        | 1,00        | 1,00         | 1,00         |
| A <sub>s,soorr.</sub> | (cm <sup>2</sup> /m)   | <b>10,10</b> | <b>5,33</b> | <b>4,94</b> | <b>2,43</b> | <b>13,08</b> | <b>13,08</b> |

| <b>Armadura</b> | (Ø12,5c/12,3cm) | (Ø10c/15cm) | (Ø8c/10,1cm) | (Ø8c/20,5cm) | (Ø16c/15,2cm) | (Ø16c/15,2cm) |
|-----------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| <b>Barras</b>   | 9               | 7           | 10           | 5            | 7             | 7             |

**1.12.3 DIMENSIONAMENTO DO APARELHO DE APOIO (350x250x52)**

|  |                     |                                    |                     |
|--|---------------------|------------------------------------|---------------------|
|  |                     | largura do aparelho: per. eixo     |                     |
| Carga permanente   | <b>547,19</b> kN    | long. obra:                        | <b>350</b>          |
| Carga acidental  | <b>357,47</b> kN    | comprimento do aparelho:           | <b>250</b>          |
| Fator majoração cargas vivas                             | <b>1,50</b>         | espessura camada de elastômero:    | <b>ti 8</b>         |
| Rotação long. permanente                                 | <b>6,61E-05</b> rad | altura total elastômero = n.ti     | <b>32</b>           |
| Rotação long. acidental                                  | <b>9,69E-05</b> rad | G                                  | <b>1</b>            |
| Horizontal long. permanente                              | <b>20,00</b> kN     | fyk                                | <b>210</b>          |
| Horizontal long. acidental                               | <b>15,53</b> kN     | atrito: concreto (6) ou demais (2) | <b>6</b>            |
| Deslocamento long. permanente                            | <b>4,00</b> mm      |                                    |                     |
| Deslocamento long. acidental                             | <b>0,00</b> mm      |                                    |                     |
| Deslocamento total permanente                            |                     |                                    | <b>12,5</b> mm      |
| Deslocamento total acidental                             |                     |                                    | <b>3,3</b> mm       |
| Tensão normal considerando área total do aparelho        |                     |                                    | <b>10,34</b> MPa    |
| Tensão normal com área reduzida                          |                     |                                    | <b>11,62</b> MPa    |
| Tensão normal permanente com área reduzida               |                     |                                    | <b>6,96</b> MPa     |
| Tmin - deslizamento - cargas permanentes                 |                     |                                    | <b>10,7</b> mm      |
| Tmin - deslizamento - cargas totais                      |                     |                                    | <b>12,1</b> mm      |
| Tmin - limitação deslocamento horizontal                 |                     |                                    | <b>22,5</b> mm      |
| T <sub>1</sub> máx para estabilidade                     |                     |                                    | <b>121,03</b> mm    |
| Soma das deflexões das camadas internas                  |                     |                                    | <b>2,6506</b> mm    |
| Soma das deflexões das camadas de cobertura              |                     |                                    | <b>0,0552</b> mm    |
| Deflexão total   |                     |                                    | <b>2,7057</b> mm    |
| Rotação admissível pela análise da estabilidade          |                     |                                    | <b>2,39E-02</b> rad |
| Rotação admissível sem considerar camadas cobertura      |                     |                                    | <b>2,34E-02</b> rad |
| Rotação adicional permanente pelo limite de deformação 5 |                     |                                    | <b>9,53E-03</b> rad |
| Deformação de cisalhamento por esforços normais          |                     |                                    | <b>2,37</b>         |
| Deformação de cisalhamento por esforços horizontais      |                     |                                    | <b>0,43</b>         |
| Deformação de cisalhamento devida às rotações            |                     |                                    | <b>0,05</b>         |
| Deformações totais por cisalhamento no elastômero        |                     |                                    | <b>2,85</b>         |
| Deformações totais por cisalhamento no cobertura         |                     |                                    | <b>1,56</b>         |
| Espessura mínima para a chapa interna de                 |                     |                                    | <b>1,15</b> mm      |

aço

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| espessura da chapa externa | 3   |
| espessura da chapa interna | 3   |
| cobrimento vertical        | 2,5 |
| cobrimento horizontal      | 5   |
| nº de aparelhos para uso   | 10  |
| nº de aparelhos p/ ensaio  | 1   |

|   |        |
|---|--------|
| Fator de forma ti                                 | 8,79   |
| Fator de forma cobrimento                         | 20,10  |
| H total   | 52,0   |
| <input type="checkbox"/> máx adm em area reduzida | 12,5   |
| <input type="checkbox"/> mín adm em área reduzida | 3      |
| Volume Unitário                                   | 4,550  |
| Volume Total para Compra                          | 50,050 |

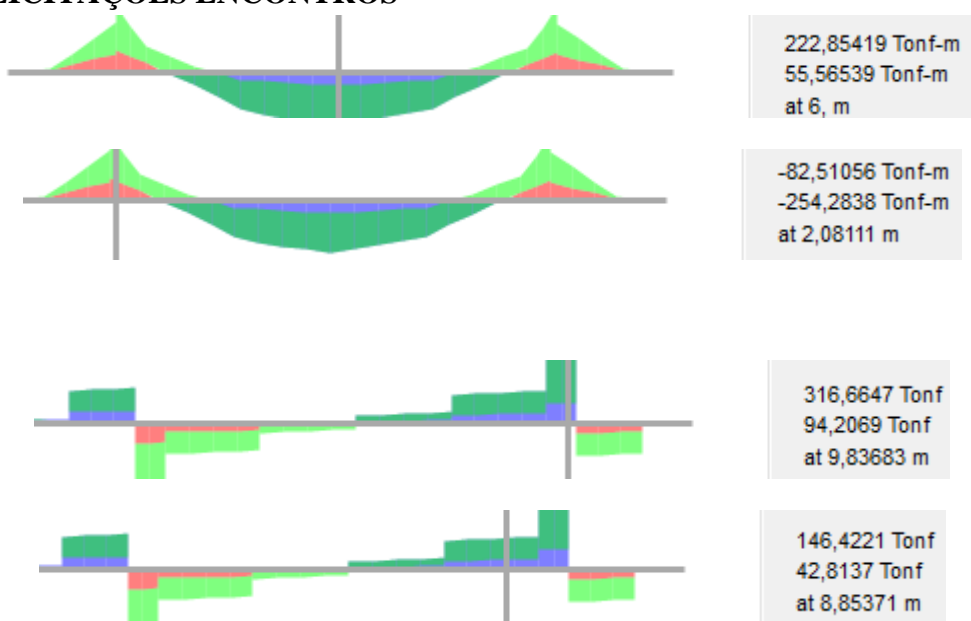
## VERIFICAÇÃO PELO UIC-CODE

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| Soma deflexões cam.internas        | 0,9497   |
| Soma deflexões cam. cobrim.        | 0,0306   |
| Deflexão total                     | 0,9803   |
| Rot.adm. por estabilidade<br>(K=1) | 1,68E-02 |
| Idem, sem cam. cobrimento<br>(K=1) | 1,63E-02 |
| Rot. adm. permanente               | 1,01E-02 |

Dimensões adotadas: 350x250x52mm

## 2 MESOESTRUTURA LADO DIREITO

### 2.1 SOLICITAÇÕES ENCONTROS





### 2.1.1 DIMENSIONAMENTO

| ESFORÇOS SOLICITANTES |       | [280]-(2) | [230]-(6) | [125]-(4) | [200]-(1,8) |
|-----------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| M <sub>gk</sub>       | (tfm) | 80,00     | 70,00     | 30,00     | 30,00       |
| M <sub>qk max</sub>   | (tfm) | 110,00    | 80,00     | 60,00     | 100,00      |
| M <sub>qk min</sub>   | (tfm) | 60,00     | 60,00     | 0,00      | 0,00        |

#### PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

|                 |       |     |     |     |     |
|-----------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| f <sub>ck</sub> | (MPa) | 30  | 30  | 30  | 30  |
| f <sub>yk</sub> | (MPa) | 500 | 500 | 500 | 500 |

#### PROPRIEDADES DA SEÇÃO

|                             |      |        |        |        |        |
|-----------------------------|------|--------|--------|--------|--------|
| b <sub>f</sub>              | (cm) | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| h <sub>f</sub>              | (cm) | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| b <sub>w</sub>              | (cm) | 180,00 | 180,00 | 120,00 | 120,00 |
| h                           | (cm) | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| b <sub>inf</sub>            |      | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| h <sub>inf</sub>            |      | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| espaç. barra h <sub>c</sub> | (cm) | 5      | 5      | 5      | 5      |

#### ARMADURA INFERIOR

|                   |      |      |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| φ (mm)            | (mm) | 25,0 | 25,0 | 16,0 | 25,0 |
| barras por camada |      | 15   | 15   | 15   | 15   |
| cobrimento na     | (cm) | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |

#### ARMADURA SUPERIOR

|                 |                    |  |  |  |  |
|-----------------|--------------------|--|--|--|--|
| A <sub>s'</sub> | (cm <sup>2</sup> ) |  |  |  |  |
| d'              | (cm)               |  |  |  |  |

#### DIMENSIONAMENTO

|                      |                    |              |              |              |              |
|----------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| M <sub>d</sub>       | (tfm)              | 273,0        | 214,5        | 130,5        | 190,5        |
| d                    | (cm)               | 93,8         | 93,8         | 94,0         | 93,8         |
| x                    | (cm)               | 11,68        | 9,07         | 8,23         | 12,26        |
| A <sub>s</sub>       | (cm <sup>2</sup> ) | <b>70,49</b> | <b>54,74</b> | <b>33,09</b> | <b>49,32</b> |
| A <sub>s' nec.</sub> | (cm <sup>2</sup> ) |              |              |              |              |

#### VERIFICAÇÃO DA FADIGA

|                            |                        |              |              |              |              |
|----------------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| M <sub>Dmax</sub> tensões  | (tfm)                  | 135          | 110,00       | 60,00        | 80,00        |
| M <sub>Dmin</sub> tensões  | (tfm)                  | 110          | 100,00       | 30,00        | 30,00        |
| σ <sub>smax</sub>          | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 2199         | 2286         | 2050         | 1866         |
| σ <sub>smin</sub>          | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 1791         | 2078         | 1025         | 700          |
| Δσ <sub>s</sub>            | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 407          | 208          | 1025         | 1166         |
| Δσ <sub>s</sub> Admissível | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 1750         | 1750         | 1900         | 1750         |
| K < 1.79                   |                        | 1,00         | 1,00         | 1,00         | 1,00         |
| A <sub>s corr.</sub>       | (cm <sup>2</sup> )     | <b>70,49</b> | <b>54,74</b> | <b>33,09</b> | <b>49,32</b> |

#### CONTROLE DA FISSURAÇÃO

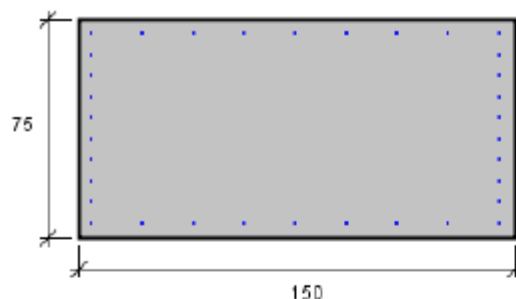
|                        |                        |              |              |              |              |
|------------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| σ <sub>smax</sub>      | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 2221         | 2305         | 2067         | 1885         |
| ρ <sub>ri</sub>        |                        | 0,040        | 0,040        | 0,037        | 0,040        |
| w <sub>1</sub>         | (mm)                   | 0,22         | 0,23         | 0,12         | 0,16         |
| w <sub>2</sub>         | (mm)                   | 0,14         | 0,14         | 0,09         | 0,12         |
| ELS-W w <sub>k</sub> ≤ | (mm)                   | 0,40         | 0,40         | 0,40         | 0,40         |
| K                      |                        | 1,00         | 1,00         | 1,00         | 1,00         |
| A <sub>s corr.</sub>   | (cm <sup>2</sup> )     | <b>70,49</b> | <b>54,74</b> | <b>33,09</b> | <b>49,32</b> |

| Armadura sugerida | (14Ø25mm) | (11Ø25mm) | (17Ø16mm) | (10Ø25mm) |     |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| CG barras         | (cm)      | 6,3       | 6,3       | 6,0       | 6,3 |
| número de camadas |           | 1         | 1         | 2         | 1   |

## 2.2 DIMENSIONAMENTO DOS PILARES

O dimensionamento dos pilares foi determinado a partir do pilar com maior solicitação.

### 2.2.1 DADOS GERAIS



**Armação:** 34 $\phi$ 16 mm ( $A_s = 68.36 \text{ cm}^2$ )

**Propriedade seção bruta de concreto:**

Área:  $A_c = 11250 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade:  $x_{cg} = 75 \text{ cm}$

$y_{cg} = 37.5 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg:  $I_x = 5273438 \text{ cm}^4$

$I_y = 21093750 \text{ cm}^4$

**Taxa de armadura:**  $\rho_s = 0.61 \%$

**Materiais:** Concreto  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Aço  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

**Tipo de vinculação:** Pilar em Balanço

**Comprimento:**  $L = 600 \text{ cm}$

**Índice de Esbeltez:**  $\lambda_x = 55$

$\lambda_y = 28$

## 2.2.2 DADOS DA ARMADURA

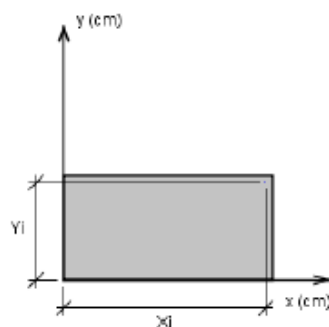


Figura: Sistema de coordenadas para as armaduras

| BARRA | $\phi$ (mm) | X (cm) | Y (cm) |
|-------|-------------|--------|--------|
| 1     | 16.0        | 5      | 5      |
| 2     | 16.0        | 22.5   | 5      |
| 3     | 16.0        | 40     | 5      |
| 4     | 16.0        | 57.5   | 5      |
| 5     | 16.0        | 75     | 5      |
| 6     | 16.0        | 92.5   | 5      |
| 7     | 16.0        | 110    | 5      |
| 8     | 16.0        | 127.5  | 5      |
| 9     | 16.0        | 145    | 5      |
| 10    | 16.0        | 5      | 12.2   |
| 11    | 16.0        | 145    | 12.2   |
| 12    | 16.0        | 5      | 19.4   |
| 13    | 16.0        | 145    | 19.4   |
| 14    | 16.0        | 5      | 26.7   |
| 15    | 16.0        | 145    | 26.7   |
| 16    | 16.0        | 5      | 33.9   |
| 17    | 16.0        | 145    | 33.9   |
| 18    | 16.0        | 5      | 41.1   |
| 19    | 16.0        | 145    | 41.1   |
| 20    | 16.0        | 5      | 48.3   |
| 21    | 16.0        | 145    | 48.3   |
| 22    | 16.0        | 5      | 55.6   |
| 23    | 16.0        | 145    | 55.6   |
| 24    | 16.0        | 5      | 62.8   |
| 25    | 16.0        | 145    | 62.8   |
| 26    | 16.0        | 5      | 70     |
| 27    | 16.0        | 22.5   | 70     |
| 28    | 16.0        | 40     | 70     |
| 29    | 16.0        | 57.5   | 70     |
| 30    | 16.0        | 75     | 70     |
| 31    | 16.0        | 92.5   | 70     |
| 32    | 16.0        | 110    | 70     |
| 33    | 16.0        | 127.5  | 70     |
| 34    | 16.0        | 145    | 70     |

### 2.2.3 DADOS DOS ESFORÇOS DA ENVOLTORIA

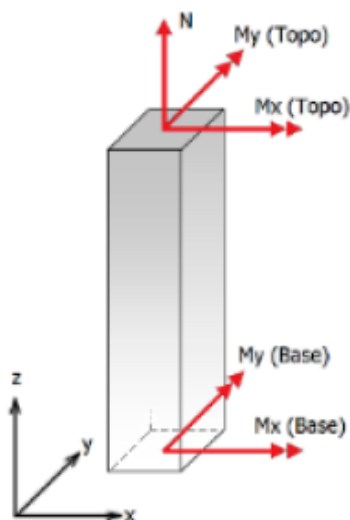


Figura: Convenção de sinais positivos dos esforços,  $N < 0$  para compressão

| Combinação | $N_k$ | $M_{k,x}(\text{Topo})$ | $M_{k,y}(\text{Topo})$ | $M_{k,x}(\text{Base})$ | $M_{k,y}(\text{Base})$ |
|------------|-------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1          | -4000 | 500                    | 900                    | 400                    | 500                    |

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

### 2.2.4 RESUMO DA VERIFICAÇÃO ELU

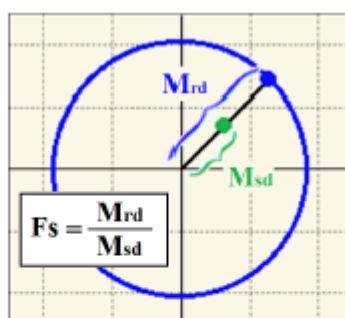


Figura: Esquema para determinação do fator de segurança (F.S.)

| Combinação | $N_{s,d}$ | $M_{s,d,x}$ | $M_{s,d,y}$ | F.S. |
|------------|-----------|-------------|-------------|------|
| 1          | -4000     | 500         | -900        | 2.83 |

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

## 2.2.5 EFEITO DE 2º ORDEM (MÉTODO GERAL)

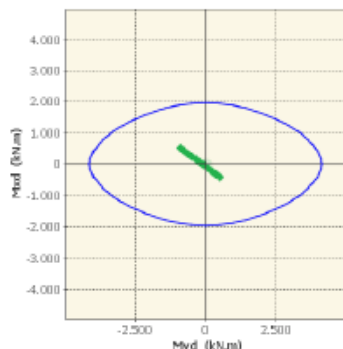


Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)

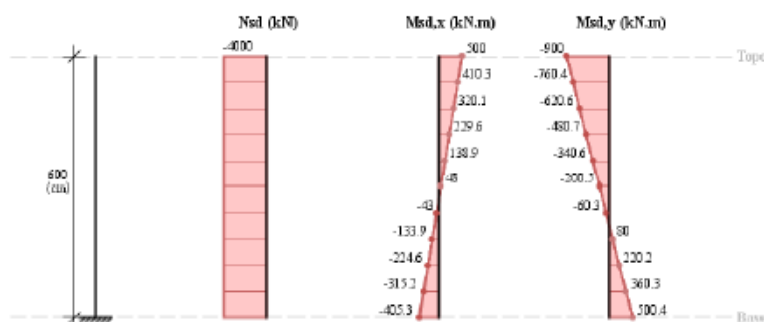


Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 1)

### Determinação dos efeitos locais de 2ª Ordem (Método Geral com relação N, M, 1/r real em cada seção)

Os esforços locais de 2ª ordem são obtidos através da multiplicação do esforço normal pelo deslocamento transversal do pilar em cada seção. Conforme o item 15.3.1 da ABNT NBR 6118, estes efeitos podem ser calculados com as cargas majoradas por  $\gamma_F / \gamma_B$ , que posteriormente são majoradas por  $\gamma_B = 1.1$ .

#### Momentos em torno do eixo x:

Tabela: Cálculo 2ª Ordem para o momento Mx

| z [m] | $M_{sd,tot,x} / \gamma_B$ [kN.m] | $1/r_x$ [ $10^3/m$ ] | $EI_{sec,x}$ [kN.m <sup>2</sup> ] | $w_y$ [m] | $M_{sd1,x}$ [kN.m] | $M_{sd2,x}$ [kN.m] | $M_{sd,tot,x}$ [kN.m] |
|-------|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| 6     | 454.5                            | 0.415                | 1094292.14                        | 0.00134   | 500                | 0                  | 500                   |
| 5.4   | 373                              | 0.317                | 1178395.99                        | 0.00141   | 410                | 0.3                | 410.3                 |
| 4.8   | 291                              | 0.236                | 1231103.1                         | 0.00137   | 320                | 0.1                | 320.1                 |
| 4.2   | 208.8                            | 0.168                | 1241125.72                        | 0.00124   | 230                | -0.4               | 229.6                 |
| 3.6   | 126.3                            | 0.102                | 1241399.88                        | 0.00106   | 140                | -1.1               | 138.9                 |
| 3     | 43.6                             | 0.035                | 1241469.23                        | 0.00083   | 50                 | -2                 | 48                    |
| 2.4   | -39.1                            | -0.031               | 1241537.34                        | 0.0006    | -40                | -3                 | -43                   |
| 1.8   | -121.7                           | -0.098               | 1241456.44                        | 0.00037   | -130               | -3.9               | -133.9                |
| 1.2   | -204.2                           | -0.165               | 1241310.43                        | 0.00018   | -220               | -4.6               | -224.6                |
| 0.6   | -286.5                           | -0.231               | 1240957.89                        | 0.00005   | -310               | -5.2               | -315.2                |
| 0     | -368.5                           | -0.3                 | 1226997.28                        | 0         | -400               | -5.3               | -405.3                |


 Figura: Deslocamento  $w_y$ 

#### Momentos em torno do eixo y:

Tabela: Cálculo 2ª Ordem para o momento My

| z [m] | $M_{sd,tot,y} / \gamma_B$ [kN.m] | $1/r_y$ [ $10^3/m$ ] | $EI_{sec,y}$ [kN.m <sup>2</sup> ] | $w_x$ [m] | $M_{sd1,y}$ [kN.m] | $M_{sd2,y}$ [kN.m] | $M_{sd,tot,y}$ [kN.m] |
|-------|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| 6     | -818.2                           | -0.185               | 4428907.08                        | -0.0001   | -900               | 0                  | -900                  |
| 5.4   | -691.3                           | -0.144               | 4793210.57                        | -0.0002   | -760               | -0.4               | -760.4                |
| 4.8   | -564.2                           | -0.112               | 5021563.55                        | -0.00026  | -620               | -0.6               | -620.6                |
| 4.2   | -437                             | -0.086               | 5063798.55                        | -0.00027  | -480               | -0.7               | -480.7                |
| 3.6   | -309.7                           | -0.061               | 5064897.14                        | -0.00025  | -340               | -0.6               | -340.6                |
| 3     | -182.2                           | -0.036               | 5065175.06                        | -0.00021  | -200               | -0.5               | -200.5                |
| 2.4   | -54.8                            | -0.011               | 5065448                           | -0.00016  | -60                | -0.3               | -60.3                 |
| 1.8   | 72.7                             | 0.014                | 5065123.79                        | -0.0001   | 80                 | 0                  | 80                    |
| 1.2   | 200.2                            | 0.04                 | 5064538.73                        | -0.00005  | 220                | 0.2                | 220.2                 |
| 0.6   | 327.6                            | 0.065                | 5063126.04                        | -0.00001  | 360                | 0.3                | 360.3                 |
| 0     | 454.9                            | 0.091                | 4976784.77                        | 0         | 500                | 0.4                | 500.4                 |


 Figura: Deslocamento  $w_x$

### 3 INFRAESTRUTURA

#### 3.1 CARGA NAS FUNDAÇÕES (BLOCOS)

|        | Joint Object 7535 |  | Joint Element 7535 |         |
|--------|-------------------|--|--------------------|---------|
|        | 1                 |  | 2                  | 3       |
| Force  | 3209,274          |  | 98,458             | -36,061 |
| Moment | -1,283            |  | 235,207            | 214,713 |

Solicitações Máximas para Blocos dos Encontros.

|        | Joint Object 7523 |  | Joint Element 7523 |        |
|--------|-------------------|--|--------------------|--------|
|        | 1                 |  | 2                  | 3      |
| Force  | 6319,899          |  | 256,77             | -62,55 |
| Moment | -25,504           |  | 1248,398           | 529,69 |

Solicitações Máximas para Blocos Intermediários.

#### 3.2 CARGA NAS FUNDAÇÕES

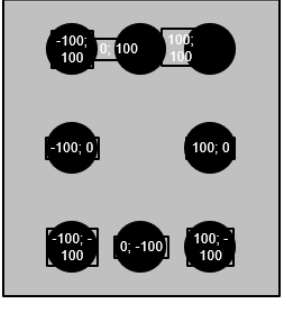
|        | Joint Object 7535 |  | Joint Element 7535 |         |
|--------|-------------------|--|--------------------|---------|
|        | 1                 |  | 2                  | 3       |
| Force  | 2281,249          |  | 68,318             | -24,42  |
| Moment | -0,852            |  | 159,283            | 149,777 |

Solicitações Máximas para estacas dos Encontros.

|        | Joint Object 7523 |  | Joint Element 7523 |         |
|--------|-------------------|--|--------------------|---------|
|        | 1                 |  | 2                  | 3       |
| Force  | 4525,108          |  | 179,49             | -41,047 |
| Moment | -17,016           |  | 847,906            | 371,534 |

Solicitações Máximas para estacas Intermediárias

## 4 DIMENSIONAMENTO

| DADOS:   |          | COORDENADAS (cm) |         | BLOCOS DE COROAMENTO   |       | SOLICITAÇÕES CARACTERÍSTICAS DAS ESTACAS  |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|--|----------|------------------|---------|--|-------|---|----|--|----------|----------|----------|-----------|---|----|-----|-----|-----|----|-------|-----|------|-------|----|-------|------|------|-------|----|-------|------|-----|-------|----|-------|------|-------|-------|----|-------|-----|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-----|-------|----|-------|-------|------|-------|
| <b>PILAR:</b>  |          | $\phi \geq$      | 120cm   | x  | y     |    |    | <table border="1"> <thead> <tr> <th>E</th> <th>Nk</th> <th>MKx</th> <th>Mky</th> <th>R.A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N1</td><td>468kN</td><td>0kN</td><td>63kN</td><td>532kN</td></tr> <tr><td>N2</td><td>468kN</td><td>63kN</td><td>63kN</td><td>595kN</td></tr> <tr><td>N3</td><td>468kN</td><td>63kN</td><td>0kN</td><td>532kN</td></tr> <tr><td>N4</td><td>468kN</td><td>63kN</td><td>-63kN</td><td>468kN</td></tr> <tr><td>N5</td><td>468kN</td><td>0kN</td><td>-63kN</td><td>405kN</td></tr> <tr><td>N6</td><td>468kN</td><td>-63kN</td><td>-63kN</td><td>342kN</td></tr> <tr><td>N7</td><td>468kN</td><td>-63kN</td><td>0kN</td><td>405kN</td></tr> <tr><td>N8</td><td>468kN</td><td>-63kN</td><td>63kN</td><td>468kN</td></tr> </tbody> </table> |          |          |          |           | E | Nk | MKx | Mky | R.A | N1 | 468kN | 0kN | 63kN | 532kN | N2 | 468kN | 63kN | 63kN | 595kN | N3 | 468kN | 63kN | 0kN | 532kN | N4 | 468kN | 63kN | -63kN | 468kN | N5 | 468kN | 0kN | -63kN | 405kN | N6 | 468kN | -63kN | -63kN | 342kN | N7 | 468kN | -63kN | 0kN | 405kN | N8 | 468kN | -63kN | 63kN | 468kN |
| E  | Nk       | MKx              | Mky     | R.A  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| N1   | 468kN    | 0kN              | 63kN    | 532kN  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| N2   | 468kN    | 63kN             | 63kN    | 595kN  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| N3   | 468kN    | 63kN             | 0kN     | 532kN  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| N4   | 468kN    | 63kN             | -63kN   | 468kN  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| N5   | 468kN    | 0kN              | -63kN   | 405kN  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| N6   | 468kN    | -63kN            | -63kN   | 342kN  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| N7   | 468kN    | -63kN            | 0kN     | 405kN  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| N8   | 468kN    | -63kN            | 63kN    | 468kN  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| a=   | 150cm    | 2                | 100     | 100  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| b=   | 75cm     | 3                | 0       | 100  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| <b>ESTACAS</b>   |          | 4                | -100    | 100  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| $\phi \geq$  | 41cm     | 5                | -100    | 0  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| a=   | 0cm      | 6                | -100    | -100   |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| b=   | 0cm      | 7                | 0       | -100   |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          | 8                | 100     | -100   |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Fck=   | 30MPa    | 9                |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| <b>COBRIMENTO:</b>   |          | 10               |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| d'   | 5cm      | 11               |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| h'   | 10cm     | 12               |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| <b>ARMADURA DO PILAR</b>                                   |          | 13               |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| diâm.=   | 20mm     | 14               |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Diâm. Agre   | 2,5cm    | 15               |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          | 16               |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| <b>SOLICITAÇÕES</b>  |          | <b>BLOCO</b>     |         | $\sigma_1 = \frac{N}{S} + \frac{M_x \cdot y_i}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_i}{I_y}$ |       | $F_{estaca} = \frac{Nd}{n} + \frac{M_x \cdot y_{ix}}{\sum_{i=1}^n y_{ix}^2} + \frac{M_y \cdot x_{iy}}{\sum_{i=1}^n x_{iy}^2}$ |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Nk =   | 3500 kN  | Nd =             | 5000 kN | L=   | 3,0 m | Nmax  | x= | y=   | 655,94kN | 143,33kN | 100,00kN | 899,27 kN |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Mkx =  | 380 kN.m | Mdx =            | 860 kN  | h=   | 1,1 m |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Mky =  | 380 kN.m | Mdy =            | 600 kN  | b=   | 3,0 m |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          | Total=           | 248 kN  |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| <b>1) DEFINIÇÃO DA ALTURA ÚTIL E ALTURA TOTAL DO BLOCO</b> |          |                  |         | <b>2a) VERIFICAÇÃO DA INCLINAÇÃO DA BIELA</b>                                    |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Condição 1:  |          |                  |         | B = 100,00cm   |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| e ≥ 100cm  |          |                  |         | ângulo β = 0,76rad   |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| d ≥ 10cm   |          |                  |         | ângulo β = 43,5° (35° < β < 50°)   |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| 11cm ≤ d ≤ 100,0cm   |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Condição 2 (Ancoragem da armadura do pilar no bloco):      |          |                  |         | <b>4) DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA</b>  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| d ≥ 76cm   |          |                  |         | α = 0,79rad  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| <b>VALOR ADOOTADO H= 110cm</b>                             |          |                  |         | α = 45,0°  |       |   |    | 35cm Faixa armad. 49cm   |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| ADOTAR: d=95cm   |          |                  |         | Tid = 946,60kN   |       |   |    | espaçamento máximo:  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| h = 110cm  |          |                  |         | F1 (em x) = 669,35kN   |       |   |    | ≤ 220cm  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | F1 (em y) = 669,35kN   |       |   |    | ≤ 20cm   |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | As = 21,76cm²  |       |   |    | espaçamento mínimo:  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | φ usado = 20mm   |       |   |    | ≥ 4,0cm  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | <b>Feixes</b>  |       |   |    | ≥ 4,0cm  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | 7 barras   |       |   |    | ≥ 5,0cm  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | espaçamen  |       |   |    | (21,99cm²)   |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | <b>6) ARMADURA DE PELE</b>   |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | t= 15,00cm   |       |   |    | B= 200cm   |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | s ≤ 20,00  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | AsL1 ≥ 7,81cm²   |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | AsL2 ≥ 2,72cm²   |       |   |    | ← Norma Antiga   |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | AsL3 ≥ 15,00cm²  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | <b>7) ARMADURA DE SUSPENSÃO</b>  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | Asusp = 6,70cm²  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
|  |          |                  |         | DISPENSAR  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| <b>5) ANCORAGEM</b>  |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| ℓ <sub>desarrolho</sub> ≥ 19cm                             |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| ℓ <sub>anc</sub> ≥ 55,2cm                                  |          |                  |         | usar barra dobrada   |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Cálculo do Raio interno da dobra:                          |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Ri ≥ 15,0cm  |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Cálculo do comprimento de ancoragem reto:                  |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| ℓ <sub>anc reto</sub> ≥ 75,2cm                             |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| Cálculo do trecho reto vertical:                           |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| trecho reto vertical = 50,1cm ok                           |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| R=15,0cm   |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |
| 65   |          |                  |         |  |       |   |    |  |          |          |          |           |   |    |     |     |     |    |       |     |      |       |    |       |      |      |       |    |       |      |     |       |    |       |      |       |       |    |       |     |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |     |       |    |       |       |      |       |

Opção para Distribuição de Armaduras

#### 4.1 CAPACIDADE DE CARGA GEOTECNICA

Identificamos em loco que o local se trata de rocha aflorante, por isso optamos pela fundação em tubulão pinado, onde o mesmo deverá ser ancorado em 2,00 metros em rocha sã. A confirmação de rocha sã será a partir do procedimento de perfuração do tubulão.

#### 4.2 DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE APROXIMAÇÃO

##### Dados:

- espessura da laje: 25 cm
- espessura do pavimento: 5,0 cm
- espessura média do aterro: 45 cm
- altura média entre o pavimento e o plano médio da laje: 65 cm

##### Carga permanente:

- laje: 0,30 x 2,5 = 0,75 tf/m<sup>2</sup>
- aterro: 0,45 x 1,80 = 0,81 tf/m<sup>2</sup>
- pavimento: 0,05 x 2,4 = 0,12 tf/m<sup>2</sup>
- carregamento total permanente:  $q_g = 1,68 \text{ tf/m}^2$

##### Carga móvel: Trem tipo: Classe-45

Carga de cada roda:

$$P = 7,5 \text{ tf} \quad p = \frac{7,5}{1,5 \times 1,8} = 2,77 \text{ tf/m}^2$$

Coefficiente de impacto:

Segundo NBR7188/13, Item 5.1.2.1, CIV = 1,35

$$p = 2,77 \times 1,35 = 3,74 \text{ tf/m}^2$$

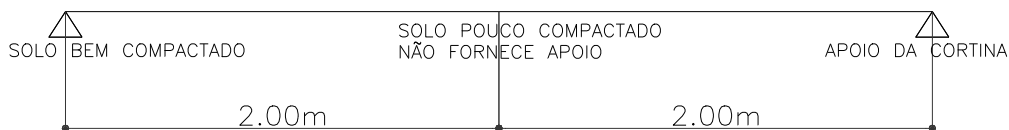
##### Momento positivo

- Esquema estático:

O momento positivo na laje de aproximação é justificado quando o apoio devido ao solo é formado na extremidade da laje de aproximação.



## ESQUEMA ESTÁTICO ADOTADO DA LAJE DE APROXIMAÇÃO



-Esforços:

- Momento devido à carga permanente:  $M_g = \frac{1,68 \times 4,0^2}{8} \Rightarrow M_g = 3,36 \text{ tfm}$

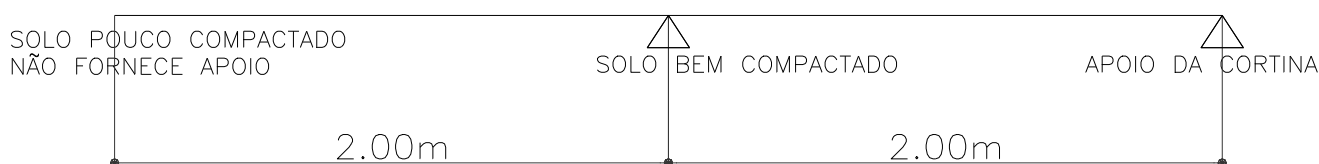
- Momento devido à carga móvel:  $M_q = \frac{3,74 \times 4^2}{8} \Rightarrow M_q = 7,5 \text{ tfm}$

- Momento de cálculo:  $M_d = 1,35 \times 3,36 + 1,5 \times 7,5 \Rightarrow \mathbf{M_d = 15,8 \text{ tfm}}$

### Momento Negativo

- Esquema estático:

O momento negativo na laje de aproximação é justificado quando o apoio devido ao solo é formado não mais na extremidade da laje, mas no meio do vão da laje de aproximação.



**Esforços:**

Momento devido à carga permanente:  $M_g = \frac{1,68 \times 2,0^2}{2} \Rightarrow M_g = 3,36 \text{ tfm}$

Momento devido à carga móvel:  $M_q = \frac{3,74 \times 2^2}{2} \Rightarrow M_q = 7,5 \text{ tfm}$

Momento de cálculo:  $M_d = 1,35 \times 3,36 + 1,5 \times 7,5 \Rightarrow \mathbf{M_d = 15,8 \text{ tfm}}$

| <b>Armadura necessária (cm<sup>2</sup>/m):</b> |      |
|--|------|
| <b>Seção longitudinal</b>                      | 16,0 |
| <b>Seção transversal</b>                       | 3,2  |

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Seção longitudinal</b> | $\phi$ 16 c/ 12.5 = 16,00 – trecho central |
| <b>Seção transversal</b>  | $\phi$ 12.5 c/ 20 = 6.25                   |

---

**Responsável Técnico**  
**José Niedo Netto**  
**RN: 1210488620**  
**SC: 130925-0**