

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|---------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 1 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| Emitente: FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | | EMITENTE: FUPAM Proj.: Eng.Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | | EMTU | |
| Objeto: PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | | Coord. Téc.: Arq.Cristiane P. Díaz CAU: A40815-8 Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | |

Documentos de Referência:

DE-3.26.03.01/4J2-001 A DE-3.26.03.01/4J2-018

Documento Resultante:

Observações

| | | | | |
|------------------------------|------------|-------------------------|-------------------|------------------------|
| 0 – Emissão Final | 26/11/2015 | Prof. José Borelli Neto | MansuetoH.Lunardi | Arq. Cristiane P. Diaz |
| B- Revisão – REV D do REP61B | 19/11/2015 | Prof. José Borelli Neto | MansuetoH.Lunardi | Arq. Cristiane P. Diaz |
| A - Emissão Inicial | 03/07/2015 | Prof. José Borelli Neto | MansuetoH.Lunardi | Arq. Cristiane P. Diaz |
| REV. | DATA | RESP. TÉCN./EMITENTE | APROVAÇÃO EMTU | COORD. TÉCN./EMTU |

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|---------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 2 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

| | | | |
|---|-----------------------------------|--|--|
| Emitente: | | EMITENTE: FUPAM | |
| FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | | Proj.: Eng.Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | | EMTU | |
| Objeto: | | Coord. Téc.: Arq.Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8 | |
| PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 | |
| | | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | |

Sumário

| | |
|--|-----------|
| 1 MODELO DE CÁLCULO DA VIGA DE CONCRETO TIPO 1 - VIGAS DE 28.665M, TRECHO RETO E VIGAS DE 29.17M, TRECHO CURVO..... | 4 |
| 1.1 Materiais e propriedades | 8 |
| 1.2 Locais empregados dos materiais: | 8 |
| 1.3 Eixos globais da obra | 9 |
| 2 CARREGAMENTOS | 10 |
| 2.1 Cargas permanentes | 10 |
| 2.1.1 Cargas verticais devido ao peso próprio da estrutura..... | 10 |
| 2.1.2 Pavimentação e defensas (G3) | 10 |
| 2.1.3 Recapa..... | 11 |
| 2.1.4 Multidão..... | 12 |
| 2.1.5 Água..... | 13 |
| 2.1.6 Protensão longitudinal da viga..... | 14 |
| 2.2 Carregamento devido à carga móvel | 14 |
| 3 DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES NAS VIGAS..... | 15 |
| 3.1 Verificação do Estado Limite Ultimo | 15 |
| 3.2 Análise das tensões últimas | 15 |
| Verificação das tensões: programa CPTEN1..... | 16 |
| 3.3 Entrada e saída de resultados | 21 |
| 4 ANÁLISE DAS LAJES | 29 |
| 4.1 Carregamentos..... | 29 |
| 4.1.1 Peso próprio | 29 |
| 4.1.2 G3 - Pavimento, muretas e defensas | 29 |
| 4.1.3 Veículo..... | 29 |
| 4.2 Esforços últimos | 30 |
| 4.3 Dimensionamento das lajes..... | 34 |
| 4.4 Dimensionamento da laje elástica L=1,70m ; e=0,20m..... | 35 |
| 5 MODELO DE CÁLCULO DA VIGA DE CONCRETO TIPO 2 - VIGAS DE 31.38M, E 32.82M, TRECHO CURVO | 47 |
| 5.1 Protensão longitudinal da viga..... | 47 |
| 6 DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES NAS VIGAS..... | 48 |
| 6.1 Verificação do Estado Limite Ultimo | 48 |
| 7 MODELO DE CÁLCULO DA VIGA DE CONCRETO TIPO 3 - VIGAS DE 33.54M, TRECHO CURVO | 57 |
| 7.1 Protensão longitudinal da viga..... | 57 |
| 8 DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES NAS VIGAS..... | 58 |
| 8.1 Verificação do Estado Limite Ultimo | 58 |
| 9 DIMENSIONAMENTO DOS GUARDA CORPOS E PORTICOS ARQUITETÔNICOS | 67 |
| 9.1 Descrição da peça..... | 67 |
| 9.2 Perfis, chapas e materiais adotados | 70 |
| 9.2.1 Guarda corpo..... | 70 |

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|---------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 3 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

| | | | |
|--|-----------------------------------|--|--|
| Emitente: | | EMITENTE: FUPAM | |
| FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | | Proj.: Eng.Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | | EMTU | |
| Objeto: | | Coord. Téc.: Arq.Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8 | |
| PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA | | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 | |
| SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | |

| | |
|--|-----------|
| 9.2.2 Porticos arquitetônicos | 71 |
| 9.3 Modelos de cálculo | 72 |
| 9.3.1 Guarda corpo | 72 |
| 9.3.2 Porticos arquitetônicos | 76 |
| 10 SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA DA ESTRUTURA | 81 |
| 10.1 Execução das estacas | 81 |
| 10.2 Execução dos blocos da fundação | 81 |
| 10.3 Execução dos pilares | 81 |
| 10.4 Execução das travessas | 82 |
| 10.5 Lçamento das vigas metálicas e pré-moldadas | 82 |
| 10.6 Execução transversinas e laje | 83 |
| 10.7 Serviços complementares | 83 |

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Obra: Viaduto sobre Bem Tombado**Objeto: Projeto Básico Estrutural da superestrutura do viaduto de concreto****1 Modelo de Cálculo da viga de concreto tipo 1 - vigas de 28.665m, trecho reto e vigas de 29.17m, trecho curvo**

Para análise de esforços, a viga de 28.665m central ao tabuleiro é mais carregada que a viga de borda do trecho curvo de 29.17m. Mesmo tendo vão menor, pois as vigas centrais recebem as cargas de multidão e TB45. E a viga do trecho curvo tem a área de contribuição bem reduzida pela própria geometria do tabuleiro. Por isso foi calculado o vão de apoio reto de 27.665m, mas o dimensionamento das duas será o mesmo.

Visualização do modelo de cálculo

Vista em planta do modelo de cálculo
(superior)

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

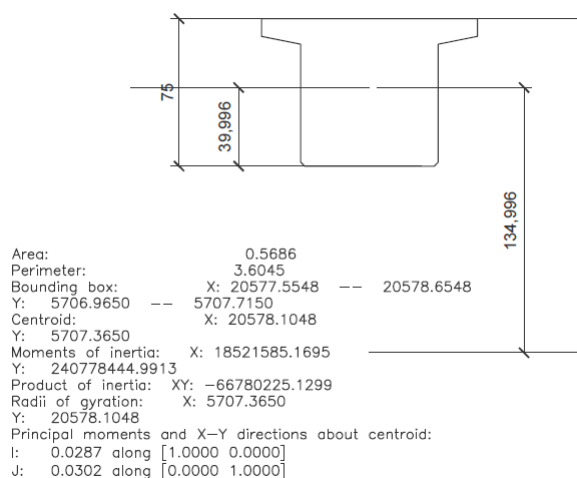
Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

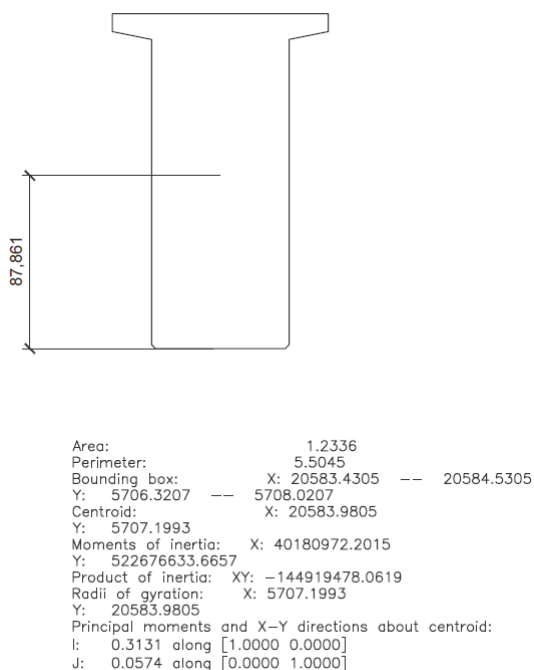
Propriedades das seções

Propriedades geométricas das seções das vigas

Seção 1 simples



Seção engrossada simples



MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

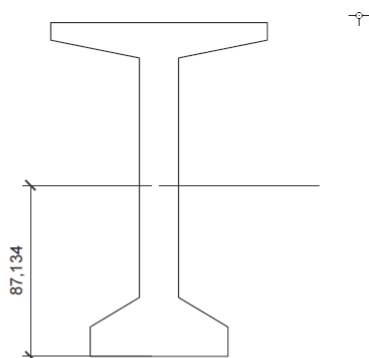
EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

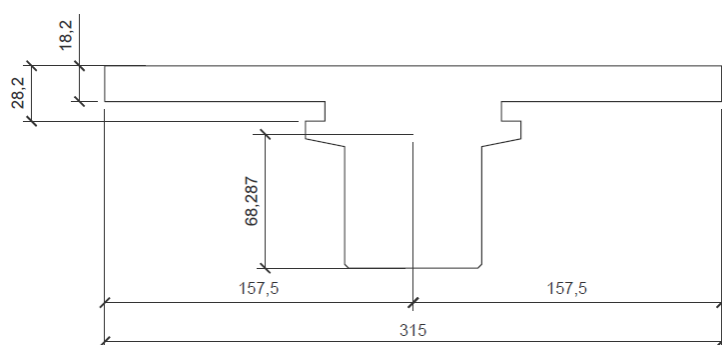
Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Seção típica simples



Area: 0.5740
Perimeter: 6.2209
Bounding box: X: 20588.8529 -- 20589.9529
Y: 5706.1483 -- 5707.8483
Centroid: X: 20589.4029
Y: 5707.0196
Moments of inertia: X: 18695222.1895
Y: 243332095.7543
Product of inertia: XY: -67447368.6872
Radii of gyration: X: 5707.0197
Y: 20589.4029
Principal moments and X-Y directions about centroid:
I: 0.2168 along [1.0000 0.0000]
J: 0.0196 along [0.0000 1.0000]

Seção 1 composta



Area: 1.2319
Perimeter: 8.6685
Bounding box: X: 20575.9381 -- 20579.0881
Y: 5697.8950 -- 5698.9270
Centroid: X: 20577.5131
Y: 5698.5760
Moments of inertia: X: 40004435.5913
Y: 521628400.2073
Product of inertia: XY: -144455701.3693
Radii of gyration: X: 5698.5760
Y: 20577.5131
Principal moments and X-Y directions about centroid:
I: 0.1153 along [1.0000 0.0000]
J: 0.5103 along [0.0000 1.0000]

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

7 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

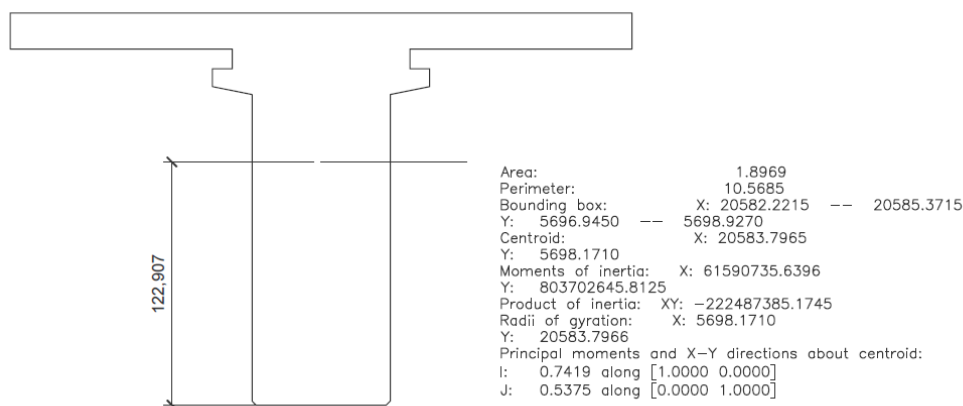
EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

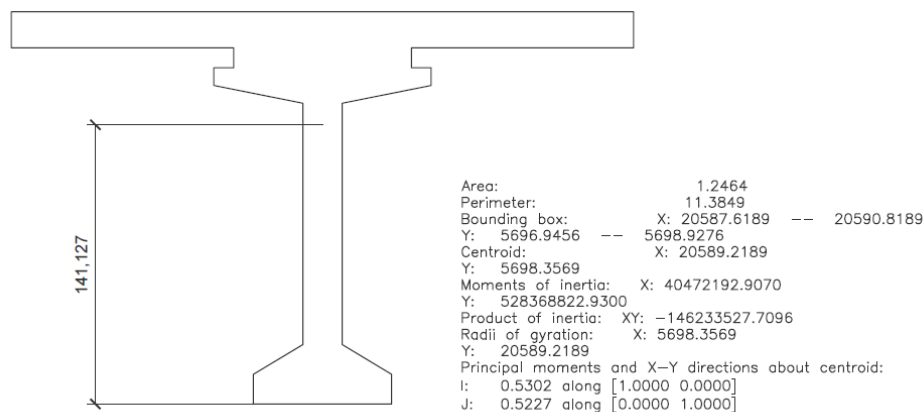
Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Seção engrossada composta



Seção típica composta



MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

1.1 Materiais e propriedades

TABELA DE MATERIAIS (unidades - tf metros)

| N.º | Nome | Módulo de Elasticidade | Coefic. Poisson | Densidade | Dilatação Térmica | Módulo Transv.(G) |
|-----|------|------------------------|-----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| 1 | C35 | 0.2940E+07 | 0.200 | 0.2500E+0 | 0.00001000 | 0.1225E+07 |
| 2 | C25 | 0.2415E+07 | 0.200 | 0.2500E+0 | 0.00001000 | 0.1006E+07 |
| 3 | C20 | 0.2129E+07 | 0.200 | 0.2500E+0 | 0.00001000 | 0.8870E+06 |
| 4 | C40 | 0.3010E+07 | 0.200 | 0.2500E+0 | 0.00001000 | 0.1254E+07 |

1.2 Locais empregados dos materiais:

Concreto C40 - utilizado nas longarinas

Concreto C25 - utilizado nas transversinas e na laje

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

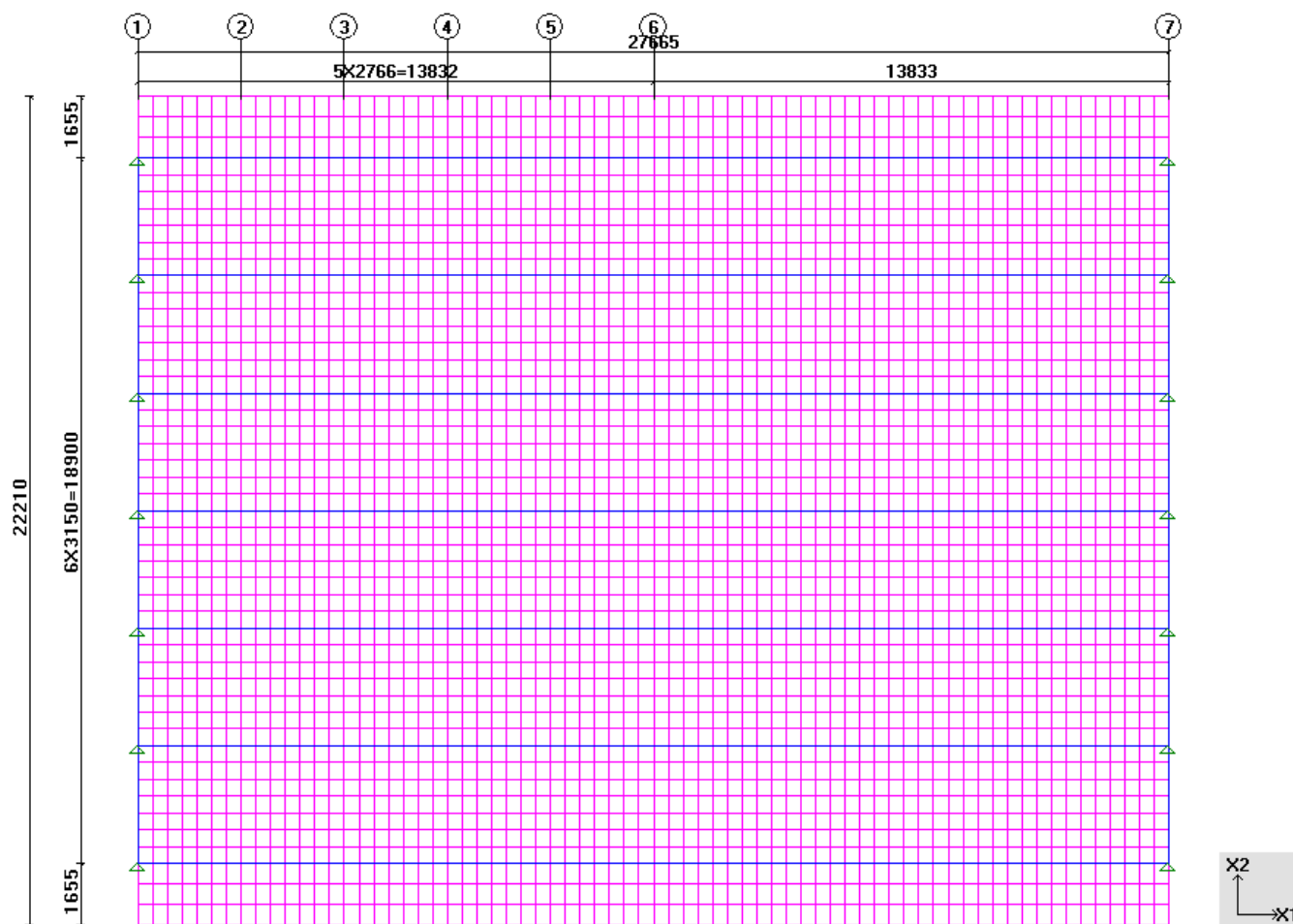
EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

1.3 Eixos globais da obra



- 1 – Paralelo ao eixo longitudinal da obra
- 2 – Paralelo ao eixo transversal da obra
- 3 - Paralelo ao eixo vertical da obra

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

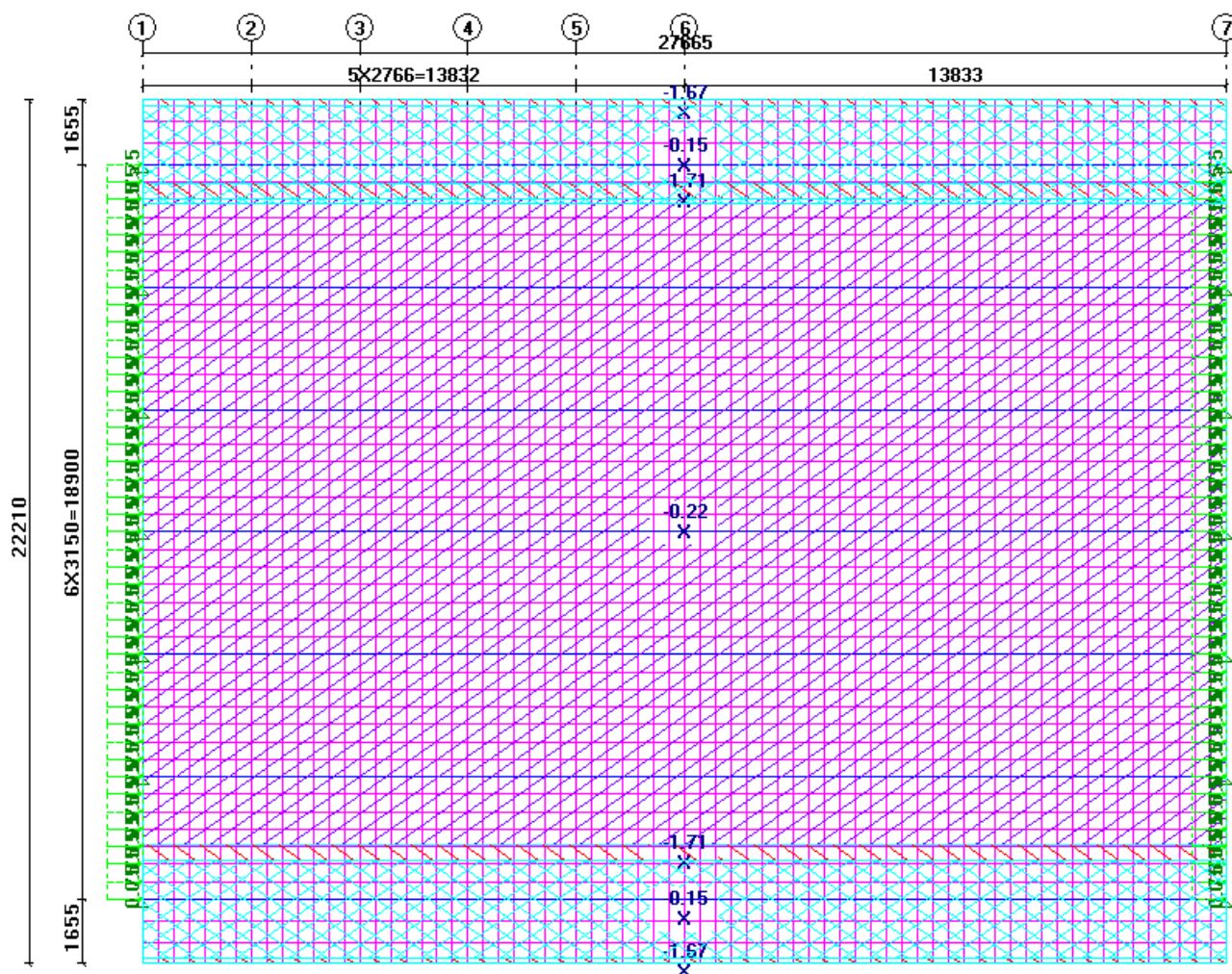
Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

2 CARREGAMENTOS**2.1 Cargas permanentes****2.1.1 Cargas verticais devido ao peso próprio da estrutura**

O carregamento devido ao peso próprio da estrutura é calcula automaticamente pelo programa Strap baseado nas propriedades geométricas das seções introduzidas na estrutura.

2.1.2 Pavimentação e defensas (G3)

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

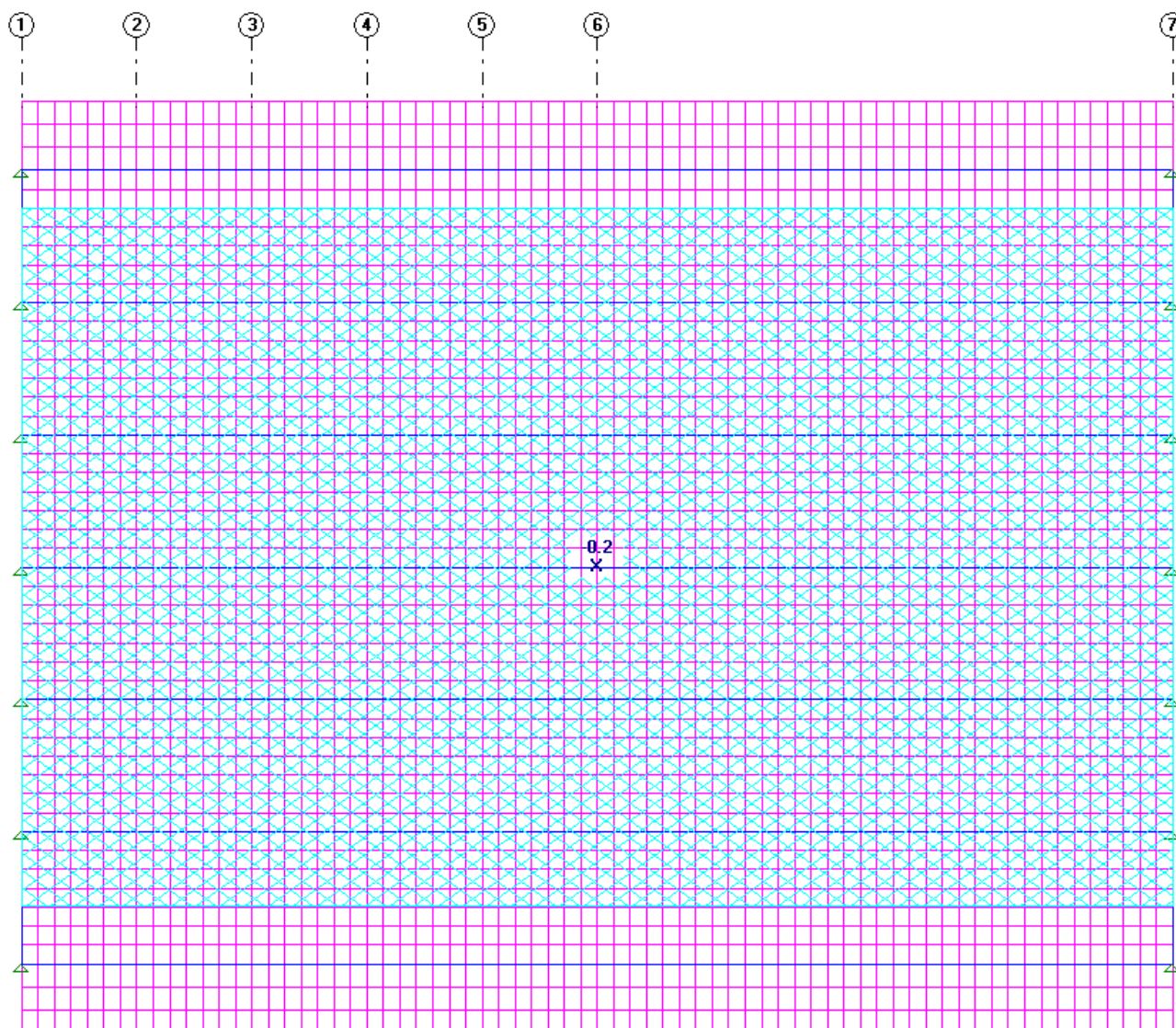
EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

2.1.3 Recapa

Considerado o valor mínimo de norma de $2\text{kN/m}^2=0,2\text{tf/m}^2$ 

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

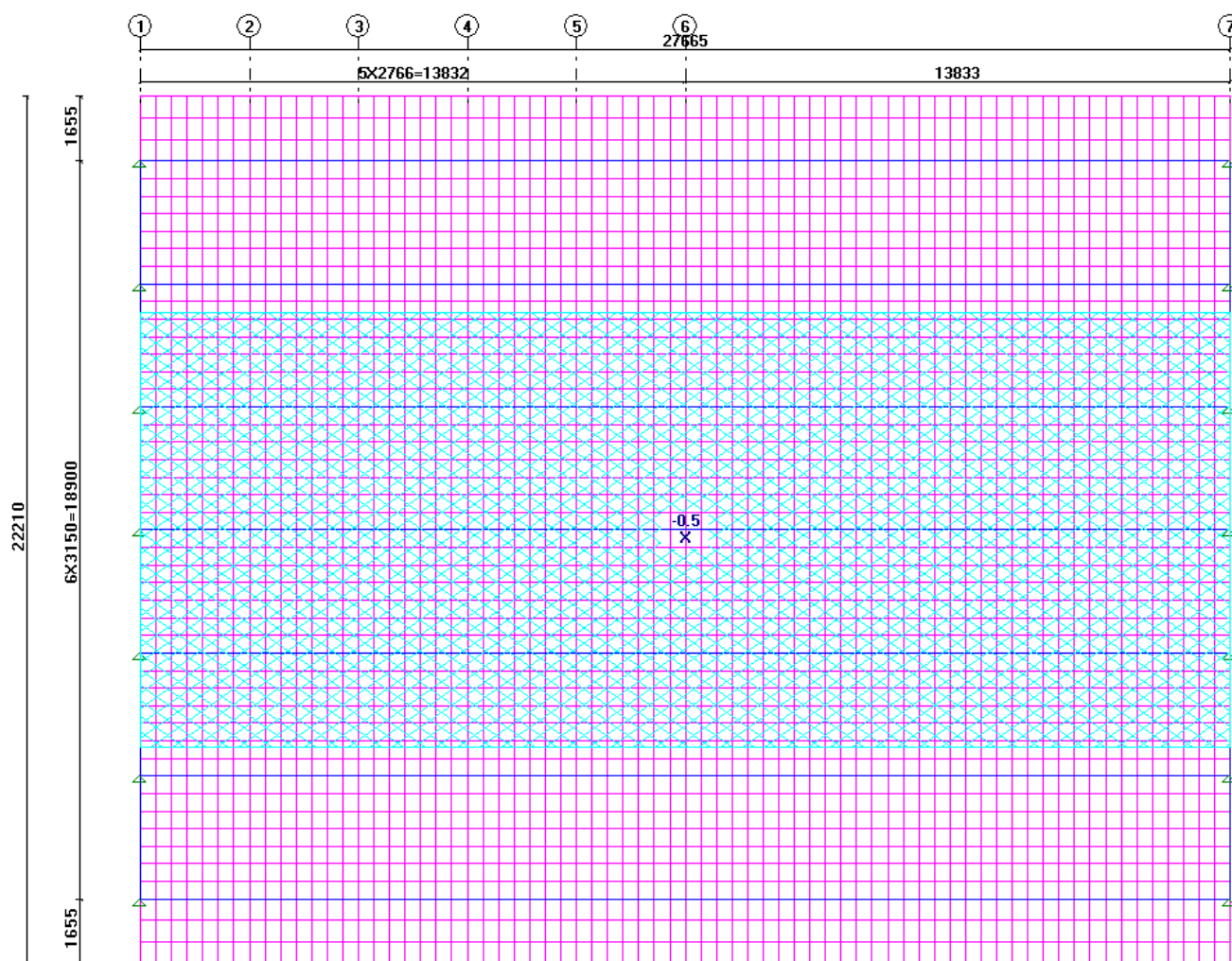
Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

2.1.4 Multidão

Abaixo um dos casos analisados.



MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

2.1.5 Água

Supondo um caso onde a vazão dos extravasores não dessem conta, foi considerado um caso de carregamento onde o passeio pudesse estar com água até o fundo das placas pré-moldadas.



Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64BEMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

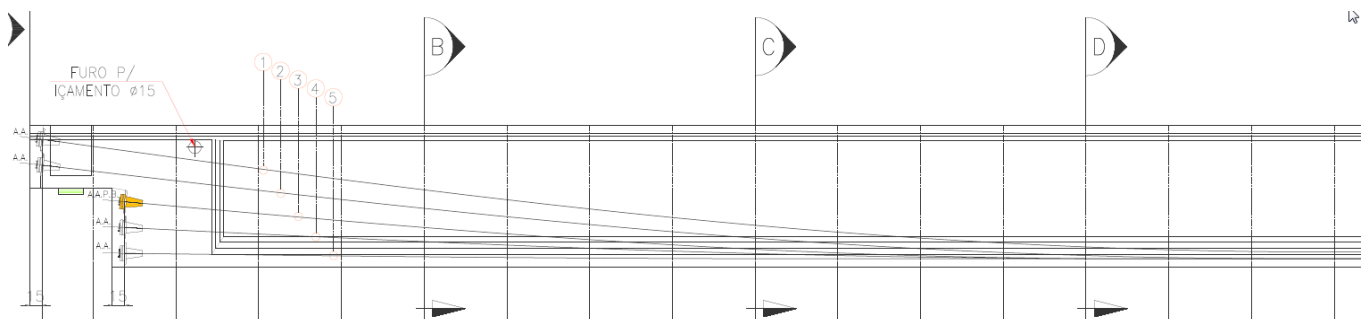
Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

2.1.6 Protensão longitudinal da viga

Utilizando cordoalhas de aço CP190 RB = a carga máxima é de $0,74 \text{ fptk} = 0,74 \cdot 19,1,4 = 19,7 \text{ tf}$

5 Cabos de $6\phi 15,2 \text{ mm}$, com uma força de protensão de $19,7 \text{ tf}$ por cordoalha.

A partir da cablagem definida, foram encontradas as perdas de protensão.



2.2 Carregamento devido à carga móvel

Impacto devido à carga móvel: $\phi = 1,273$ (vãos de $27,665 \text{ m}$ - NBR 7188/2013).

Cargas devido à multidão:

Para a multidão foram consideradas as duas pistas de tráfego cada uma com $8,0 \text{ m}$ de largura, podem atuar de forma independente ou concomitante. Além das faixas de passeio laterais.

Cargas devido ao veículo tipo

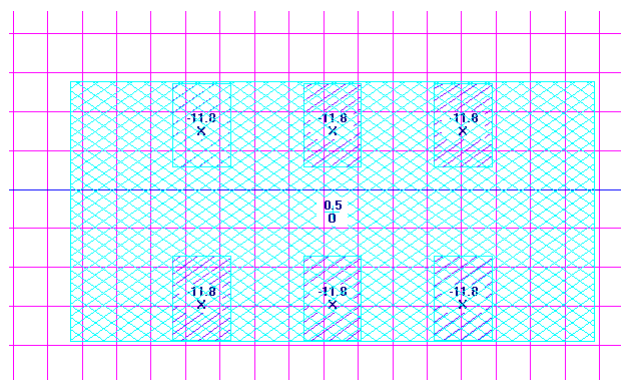
Definição da carga da multidão e veículo :

A carga por roda do TB-45 pode ser distribuída até o centro da laje (altura média de $28,2 \text{ cm}$) + altura da pavimentação de 9 cm .

Cada roda é uma carga de $(45/6)/((0,50+2*0,231)*(0,20+2*0,231))=11,78 \text{ tf}$

O sinal negativo vem da convenção do programa que considera o eixo Z, vertical com orientação para cima.

Na projeção do trem tipo de norma, pode-se reduzir a carga de multidão.



MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

15 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

No programa Strap, foram colocados diferentes casos de multidão e posição de TB45, para calcular os esforços solicitantes devido a carga móvel.

O software determina através de envoltórias de esforços, os momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada viga é determinado os maiores e os menores esforços.

3 DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES NAS VIGAS

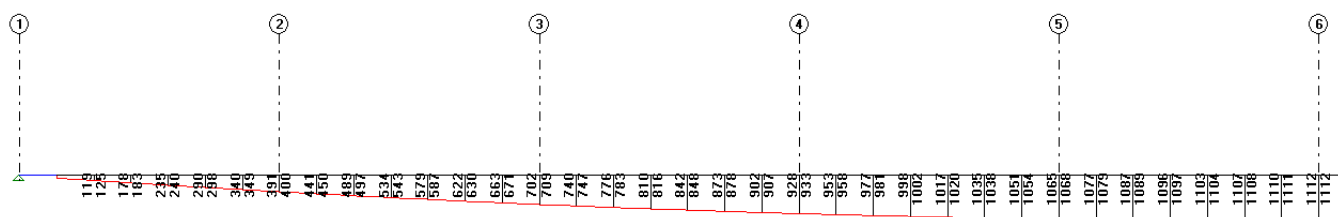
3.1 Verificação do Estado Limite Ultimo

Para essa verificação serão determinadas quais as seções estão sujeitas aos maiores esforços positivos e negativos e posteriormente serão verificadas as capacidades resistentes dessas seções.

A seguir estão ilustradas as envoltórias de esforços para a combinação de ELU.

Devido à disposição no tabuleiro a viga mais solicitada é a externa, por isso serão apresentados seus resultados.

Momentos fletores longitudinais de cálculo



Forças cortantes de cálculo



Esforços críticos:

Momento máximo positivo – 111,2 tf x m / Cortante máxima = 150 tf

3.2 Análise das tensões últimas

Cálculo das perdas por encunhamento e atrito no estágio de protensão

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 16 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|--|--|--|--|
| Emitente: | EMITENTE: FUPAM | | |
| FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | | |
| Objeto: | EMTU | | |
| PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8 | | |
| | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 | | |
| | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | | |

Para o cálculo dos esforços normais e cortantes nas seções de cálculo devido aos cabos de protensão utilizamos o programa TENS3.ba. Este programa calcula os esforços normais e cortantes devido à protensão considerando as perdas por atrito e encunhamento.

Nas vigas foram utilizados 5 cabos de 6Ø15,2 mm (força de protensão máxima 19,7 tf por cordoalha = 118,20 tf/cabo)

Na primeira parte do cálculo a força de protensão máxima tem os cálculos da perdas imediatas de protensão, devido ao encunhamento e perdas por atrito devido à cablagem dos cabos.

| | |
|--------------------------------|----------|
| cordoalhas/cabo | 6 |
| altura da viga (m) | 1.7 |
| número de cabos | 5 |
| área do cabo (m²) | 0.000839 |
| Módulo de elasticidade (tf/m²) | 19600000 |
| perda por encunham. (m) | 0.006 |
| relação de atrito | 1 |
| força protensão (tf) | 118.2 |
| cotas para desenho (m) | 0.50 |

Seções analisadas:

| TENS3BA | | | |
|---------|--------|--------|---------|
| | N (tf) | V (tf) | CG (cm) |
| 1 | -209.0 | -29.5 | 133.0 |
| 2 | -541.4 | -44.2 | 60.0 |
| 3 | -549.4 | -37.1 | 38.9 |
| 4 | -559.1 | -25.5 | 22.9 |
| 5 | -568.5 | -11.3 | 13.7 |
| 6 | -564.2 | 0.0 | 11.6 |

Força de protensão após as perdas por cravação e atrito

Verificação das tensões: programa CPTEN1

Para a verificação das tensões normais no estado limite último, foi utilizado o programa CPTEN1, cujo objetivo é determinar as tensões no concreto e as respectivas perdas de protensão em cada etapa. Os esforços dos cabos já tem reduzida a parcela devida a perda imediata, e serão calculadas as perdas lentas, devido à retração, fluência e relaxação dos cabos.

Hipóteses

1. Protensão limitada (NBR 6118/2014) - devem ser verificadas as duas condições:
 - a. para as combinações quase-permanentes de ações, previstas no projeto, respeitando o limite de descompressão;
 - b. para as combinações frequentes de ações, previstas no projeto, respeitando o limite de formação de fissuras.

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 17 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|---|--|--|--|
| Emitente: | | EMITENTE: FUPAM | |
| FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | | Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | | EMTU | |
| Objeto: | | Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8 | |
| PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA | | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 | |
| SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | |

Quando não forem atendidas as condições acima, será considerado como Protensão Parcial (NBR 6118/2014), para as combinações frequentes de ações previstas no projeto, respeitando se os limites para a abertura máxima de fissuras do concreto.

2. Aço protendido CP-190 - RB

Tensão de ruptura = 190.000 tf/m^2

Módulo de deformação longitudinal do aço: $19.600.000 \text{ tf/m}^2$

3. Convenção:

Tensão $> 0 \Rightarrow$ tração

Tensão $< 0 \Rightarrow$ compressão

4. Posição de referência para os dados geométricos: borda inferior da seção.

5. Não se considera a contribuição da armadura passiva.

6. Umidade relativa do ar: UR = 70%

7. Fases consideradas:

Fase I - pista de concretagem e protensão

Fase II - transporte e colocação das vigas nos apoios

Fase III - colocação das pré-lajes e concretagem das lajes

Fase IV - conclusão da obra

Fase V - perdas no infinito

Fase VI - introdução das cargas móveis $0,3Q$

Fase VII - introdução das cargas móveis $0,5Q$

Avaliação das perdas

Fase I

Perdas por deformação imediata do concreto (carregamento $g_1 + 1,1P$)

Fase II

Perdas na data t_1 devido à deformação por:

a. fluência do concreto considerando-se:

- fluência rápida;
- deformação lenta irreversível;
- fluência lenta reversível;

b. retração do concreto;

c. relaxação do aço.

Fase III

Introdução do carregamento g_2 (regime elástico e perfil simples).

Fase IV

Introdução do carregamento g_3 (regime elástico e perfil composto).

Fase V

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 18 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|---|--|---|--|
| Emitente: FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | | EMITENTE: FUPAM Proj.: Eng.Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | | EMTU | |
| Objeto: PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | | Coord. Téc.: Arq.Cristiane P. Díaz CAU: A40815-8 Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | |

Perdas no infinito (data t2 e perfil composto) devido à deformação por:

- fluência do concreto considerando-se:
 - deformação lenta irreversível (de t1 a t2);
 - fluência lenta reversível (parcela recuperada da Fase II);
- retração do concreto;
- relaxação do aço.

Fase VI

Introdução do carregamento móvel 0,3Q (regime elástico e perfil composto). Esta fase será utilizada na verificação de combinações quase permanente de ações.

Fase VII

Introdução dos carregamentos 0,5Q (regime elástico e perfil composto). Esta fase será utilizada na verificação de combinações freqüentes de ações.

Entrada de dados

Intervalos de tempo

t0 = pista de concretagem e protensão

t1 = transporte e colocação das vigas nos apoios

t2 = infinito

Concreto

fck = resistência característica do concreto à compressão

ALFAP = relação entre os módulos de deformação longitudinal do aço e do concreto

ALFA = valores da fluência e da retração em função da velocidade de endurecimento do cimento

abatimento = abatimento do concreto

Dados geométricos

Perfil simples

Altura = altura da viga

CG = centro de gravidade da viga

Área = área da viga

Momento de inércia = momento de inércia da viga

UAR = parte do perímetro externo da seção transversal da peça em contato com o ar

Perfil composto

Altura = altura do perfil composto (viga + laje)

CG = centro de gravidade do perfil composto

Área = área do perfil composto

Momento de inércia = momento de inércia do perfil composto

Aço protendido CP-190 - RB

Carga de protensão

Diâmetro (15,2 mm)

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 19 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Emitente: | EMITENTE: FUPAM | | |
| FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | | |
| Objeto: | EMTU | | |
| PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8 | | |
| | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 | | |
| | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | | |

CG superior = centro de gravidade das cordoalhas superiores

CG inferior = centro de gravidade das cordoalhas inferiores

Nº cordoalhas - superior = número de cordoalhas superiores

Nº cordoalhas - inferior = número de cordoalhas inferiores

Carregamento

MG1 = momento fletor devido ao carregamento G1

MG2 = momento fletor devido ao carregamento G2

MG3 = momento fletor devido ao carregamento G3

MQ = momento fletor devido ao carregamento Q

sendo: G1 = carga permanente: peso próprio da viga

G2 = carga permanente: peso próprio da laje + pré-laje

G3 = carga permanente: peso próprio da transversina + defesa + recapa

Q = carga móvel: concentrada + distribuída.

Resumo das fases de protensão em cada fase

| Fase | Data | Carregamento (*) | Seção Geométrica |
|------|-----------------|-------------------------|------------------|
| I | t_0 | G1 + 1,1 P | perfil simples |
| II | t_1 | G1 + P | perfil simples |
| III | Logo após t_1 | G1 + G2 + P | perfil simples |
| IV | Logo após t_1 | G1 + G2 + G3 + P | perfil composto |
| V | t_2 | G1 + G2 + G3 + P | perfil composto |
| VI | t_2 | G1 + G2 + G3 + P + 0,5Q | perfil composto |
| VII | t_2 | G1 + G2 + G3 + P + 0,8Q | perfil composto |

(*) acrescentar as respectivas perdas

Tensão normal (concreto)

laje σ_{laje}

face superior σ_{ss}

cordoalha superior σ_s

cordoalha inferior σ_I

face inferior σ_{II}

Limite de Tensões

Fase 1

- compressão: $\sigma_{max} \leq 0,70 f_{ck}$

$$\sigma_{max,c} = 0,70 \times 40 = 28,0 \text{ MPa} = 2800 \text{ tf/m}^2$$

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 20 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Emitente: | EMITENTE: FUPAM | | |
| FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | | |
| Objeto: | EMTU | | |
| PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8 | | |
| | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 | | |
| | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | | |

- tração: $\sigma_{\max.} \leq 1,50 f_{ctj}$ (item 5.2.4.2.2 - NBR-9062/85)
- $$\sigma_{\max.} \leq 1,20 f_{ctm} = 1,2 \times 0,3 \times f_{ck}^{2/3} = 421 \text{ tf/m}^2$$

Fase VI(combinação quase permanente das ações)

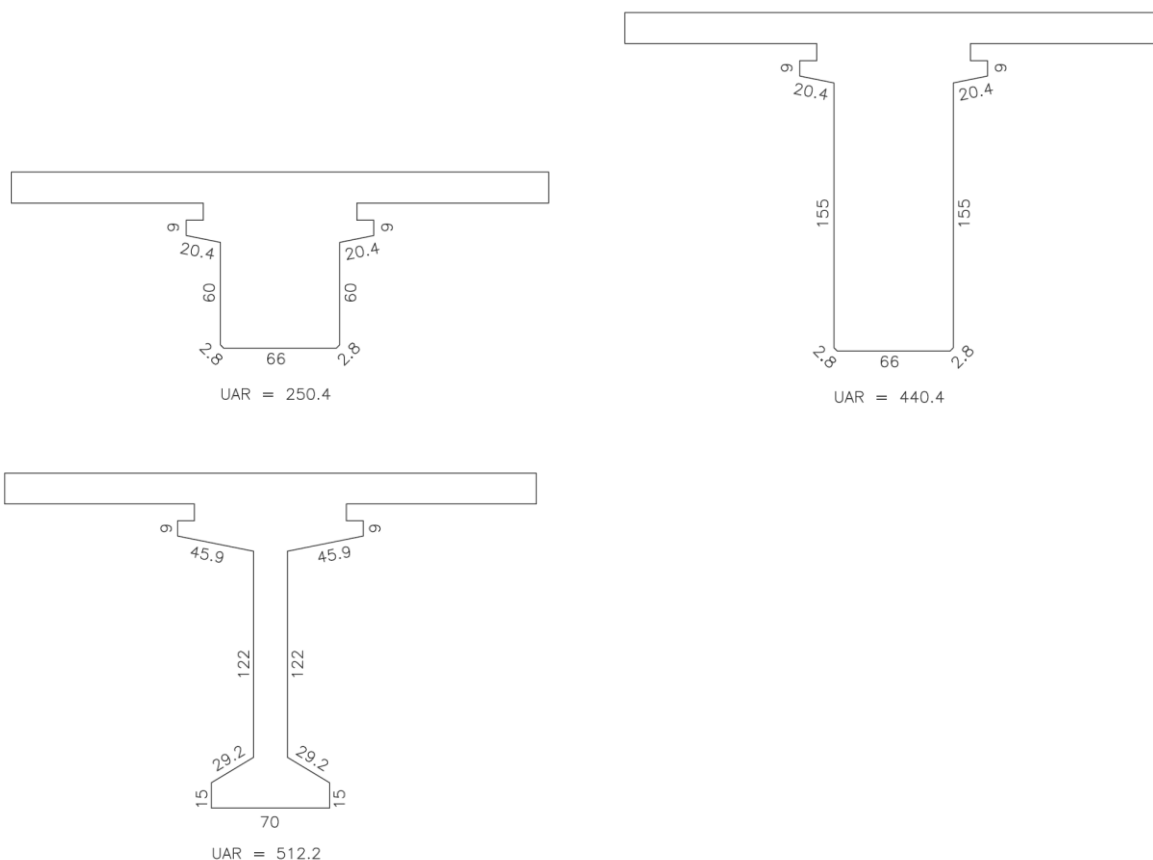
$$\sigma \leq 0$$

Fase VII(combinação frequente das ações)

- tração:

Utilizando-se o limite estabelecido pela NBR 6118, temos que: $f_{ctkinf} = 0,7 f_{ctm}$
 $\Rightarrow \sigma \leq 1,2 f_{ctkinf}$, sendo $f_{ctm} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3} \Rightarrow \therefore 1,2 \times 0,7 \times (0,3 \times 40^{2/3}) = 2,95 \text{ MPa} = 295 \text{ tf/m}^2$

Perímetro exposto ao ar (UAR)



Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

3.3 Entrada e saída de resultados**PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS**

protensão limitada

ENTRADA

Cpten1 - ver 3.1

Concreto

| | | |
|------------------------------|---------|-----------|
| fck | (MPa) | 40 |
| ALFAP (Eaço/Econcreto) | | 5.53 |
| ALFA (Tab. A-2, NBR 6118/03) | | 3 |
| Econcreto28 | (tf/m²) | 3 541 751 |
| Abatimento | (cm¹) | 9.00 |

Intervalos de tempo

t0 (dias) = 7

t1 (dias) = 14

t2 (anos) = 50

Aço CP-190-RB

| | | |
|-----------------------------|---------|------------|
| E aço | (tf/m²) | 19 600 000 |
| Carga ruptura a tração (tf) | | 26.580 |
| Diâmetro | (mm¹) | 15.200 |
| Área | (m²) | 1.4000E-04 |

| PERFIL SIMPLES | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura | (m¹) | 0.750 | 1.700 | 1.700 | 1.700 | 1.700 |
| CG | (m¹) | 1.350 | 0.871 | 0.871 | 0.871 | 0.871 |
| Área | (m²) | 0.569 | 0.574 | 0.574 | 0.574 | 0.574 |
| Momento de inércia | (m⁴) | 0.029 | 0.217 | 0.217 | 0.217 | 0.217 |
| UAR | (m) | 2.504 | 5.121 | 5.121 | 5.121 | 5.121 |

OBS: Adotada umidade relativa do ambiente U = 70%

| PERFIL COMPOSTO | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura | (m¹) | 1.020 | 1.982 | 1.982 | 1.982 | 1.982 |
| CG | (m¹) | 1.643 | 1.405 | 1.405 | 1.405 | 1.405 |
| Área | (m²) | 1.433 | 1.276 | 1.276 | 1.276 | 1.276 |
| Momento de inércia | (m⁴) | 0.115 | 0.518 | 0.518 | 0.518 | 0.518 |

| AÇO CP-190-RB | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Carga de protensão | (tf) | 17.42 | 18.05 | 18.31 | 18.64 | 18.95 |
| CG superior | (m¹) | | | | | |
| CG inferior | (m¹) | 1.330 | 0.600 | 0.389 | 0.229 | 0.137 |
| Nº cordoalhas - superior | | | | | | |
| Nº cordoalhas - inferior | 12 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |

| CARREGAMENTO | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MG1 | (tf.m) | 0.000 | 52.700 | 91.100 | 119.000 | 141.000 |
| MG2 | (tf.m) | 0.000 | 80.900 | 143.000 | 188.000 | 223.000 |
| MG3 | (tf.m) | 0.000 | 42.500 | 75.700 | 99.200 | 113.000 |
| MQ | (tf.m) | 0.000 | 88.850 | 161.160 | 215.130 | 248.480 |

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64BEMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 1

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|------|----|----|-------|-------|---------------|---------|------------|------------|
| Face superior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -492.43 | -492.43 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -415.39 | -415.39 | 205.65 | 1.62 |
| Face inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -610.67 | -610.66 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|----|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -436.08 | -436.08 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -355.11 | -355.11 | 200.33 | 4.17 |
| Face inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -540.78 | -540.78 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 824.37 |
| Retração do concreto | □ | 53.19 |
| Fluência do concreto | □ | 1 290.95 |
| Total | □ | 3 168.50 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -363.57 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | 0.00 | 0.00 | □ | □ | □ | -436.08 | -436.08 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | □ | □ | □ | -355.11 | -355.11 | 200.33 | 4.17 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | □ | □ | □ | -540.78 | -540.77 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | 0.00 | 0.00 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -436.08 | -436.08 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -355.11 | -355.11 | 200.33 | 4.17 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -540.78 | -540.77 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | 18.27 | 18.27 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -416.75 | -416.74 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -338.06 | -338.06 | 177.67 | 15.01 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -518.49 | -518.48 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 5 286.78 |
| Def. lenta irreversível | -2.45E-04 | -1.61E-04 | Retração do concreto | □ | 4 627.27 |
| Def. lenta reversível | -6.10E-05 | -4.01E-05 | Fluência do concreto | □ | 3 576.14 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -2.82E-05 | -1.85E-05 | Total | □ | 13 490.19 |
| Deformação total | 2.78E-04 | 1.82E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 18.27 | 18.27 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | -416.75 | -416.74 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | -338.06 | -338.06 | 177.67 | 15.01 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | -518.49 | -518.48 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 0.00 | 18.27 | 18.27 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 0.00 | -416.75 | -416.74 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 0.00 | -338.06 | -338.06 | 177.67 | 15.01 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 0.00 | -518.49 | -518.48 | | |

2 cabos de 6

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Cpten1f - ver 3.1

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 2

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -201.38 | □ | □ | □ | □ | -401.77 | -603.15 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 65.95 | □ | □ | □ | □ | -1 192.57 | -1 126.61 | 517.97 | 4.35 |
| Face inferior | 211.77 | □ | □ | □ | □ | -1 613.95 | -1 402.18 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -201.38 | □ | □ | □ | □ | -347.18 | -548.56 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 65.95 | □ | □ | □ | □ | -1 024.96 | -959.01 | 492.35 | 9.08 |
| Face inferior | 211.77 | □ | □ | □ | □ | -1 394.66 | -1 182.89 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 883.42 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 4 050.12 |
| Total | □ | 6 099.53 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 009.64 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | -201.38 | -309.14 | □ | □ | □ | -348.76 | -859.29 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 65.95 | 101.24 | □ | □ | □ | -1 029.63 | -862.43 | 494.59 | 8.66 |
| Face inferior | 211.77 | 325.09 | □ | □ | □ | -1 401.01 | -864.14 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -47.32 | □ | □ | 0.16 | -47.16 | | |
| Face superior | -201.38 | -309.14 | -24.20 | □ | □ | -349.24 | -883.96 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 65.95 | 101.24 | 65.98 | □ | □ | -1 032.60 | -799.42 | 496.05 | 8.39 |
| Face inferior | 211.77 | 325.09 | 115.17 | □ | □ | -1 405.34 | -753.30 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -47.32 | □ | □ | 36.69 | -10.63 | | |
| Face superior | -201.38 | -309.14 | -24.20 | □ | □ | -301.51 | -836.24 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 65.95 | 101.24 | 65.98 | □ | □ | -941.19 | -708.01 | 420.20 | 22.40 |
| Face inferior | 211.77 | 325.09 | 115.17 | □ | □ | -1 290.10 | -638.07 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 5 060.44 |
| Def. lenta irreversível | -3.58E-04 | -3.80E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -8.50E-05 | -9.02E-05 | Fluência do concreto | □ | 8 207.20 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -6.39E-05 | -5.15E-05 | Total | □ | 18 060.64 |
| Deformação total | 3.79E-04 | 4.19E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|--------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -47.32 | -29.68 | □ | 36.80 | -40.21 | | |
| Face superior | -201.38 | -309.14 | -24.20 | -15.18 | □ | -301.81 | -851.71 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 65.95 | 101.24 | 65.98 | 41.38 | □ | -943.05 | -668.49 | 421.11 | 22.23 |
| Face inferior | 211.77 | 325.09 | 115.17 | 72.23 | □ | -1 292.82 | -568.55 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|-------|--------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -47.32 | □ | -49.47 | 36.87 | -59.92 | | |
| Face superior | -201.38 | -309.14 | -24.20 | □ | -25.30 | -302.01 | -862.03 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 65.95 | 101.24 | 65.98 | □ | 68.97 | -944.29 | -642.14 | 421.72 | 22.12 |
| Face inferior | 211.77 | 325.09 | 115.17 | □ | 120.39 | -1 294.63 | -522.20 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 3

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -348.12 | □ | □ | □ | □ | 57.85 | -290.27 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 202.65 | □ | □ | □ | □ | -1 609.49 | -1 406.84 | 519.98 | 5.34 |
| Face inferior | 366.08 | □ | □ | □ | □ | -2 105.19 | -1 739.11 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -348.12 | □ | □ | □ | □ | 49.56 | -298.56 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 202.65 | □ | □ | □ | □ | -1 379.59 | -1 176.94 | 490.05 | 10.79 |
| Face inferior | 366.08 | □ | □ | □ | □ | -1 803.65 | -1 437.57 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 914.61 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 5 045.72 |
| Total | □ | 7 126.32 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 257.83 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | -348.12 | -546.44 | □ | □ | □ | 50.26 | -844.30 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 202.65 | 318.11 | □ | □ | □ | -1 399.13 | -878.37 | 496.99 | 9.52 |
| Face inferior | 366.08 | 574.64 | □ | □ | □ | -1 829.20 | -888.48 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -84.29 | □ | □ | 1.12 | -83.17 | | |
| Face superior | -348.12 | -546.44 | -43.11 | □ | □ | 49.60 | -888.07 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 202.65 | 318.11 | 148.34 | □ | □ | -1 408.08 | -738.98 | 500.21 | 8.94 |
| Face inferior | 366.08 | 574.64 | 205.15 | □ | □ | -1 840.60 | -694.74 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -84.29 | □ | □ | 19.05 | -65.24 | | |
| Face superior | -348.12 | -546.44 | -43.11 | □ | □ | 86.62 | -851.06 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 202.65 | 318.11 | 148.34 | □ | □ | -1 282.36 | -613.26 | 427.50 | 22.17 |
| Face inferior | 366.08 | 574.64 | 205.15 | □ | □ | -1 688.56 | -542.70 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 5 257.78 |
| Def. lenta irreversível | -3.30E-04 | -3.51E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -7.84E-05 | -8.34E-05 | Fluência do concreto | □ | 7 262.19 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -7.88E-05 | -6.42E-05 | Total | □ | 17 312.97 |
| Deformação total | 3.30E-04 | 3.71E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|--------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -84.29 | -53.83 | □ | 19.77 | -118.36 | | |
| Face superior | -348.12 | -546.44 | -43.11 | -27.53 | □ | 86.19 | -879.01 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 202.65 | 318.11 | 148.34 | 94.74 | □ | -1 288.07 | -524.23 | 429.56 | 21.80 |
| Face inferior | 366.08 | 574.64 | 205.15 | 131.02 | □ | -1 695.84 | -418.96 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|-------|--------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -84.29 | □ | -89.72 | 20.25 | -153.77 | | |
| Face superior | -348.12 | -546.44 | -43.11 | □ | -45.89 | 85.91 | -897.65 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 202.65 | 318.11 | 148.34 | □ | 157.90 | -1 291.88 | -464.88 | 430.93 | 21.55 |
| Face inferior | 366.08 | 574.64 | 205.15 | □ | 218.37 | -1 700.70 | -336.47 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Cpten1f - ver 3.1

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 4

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -454.73 | □ | □ | □ | □ | 409.99 | -44.75 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 352.52 | □ | □ | □ | □ | -2 093.54 | -1 741.02 | 523.08 | 6.46 |
| Face inferior | 478.19 | □ | □ | □ | □ | -2 487.69 | -2 009.50 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -454.73 | □ | □ | □ | □ | 347.73 | -107.00 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 352.52 | □ | □ | □ | □ | -1 778.90 | -1 426.38 | 488.02 | 12.73 |
| Face inferior | 478.19 | □ | □ | □ | □ | -2 109.97 | -1 631.77 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 963.09 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 6 217.80 |
| Total | □ | 8 346.89 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 550.02 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | -454.73 | -718.40 | □ | □ | □ | 356.24 | -816.89 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 352.52 | 556.93 | □ | □ | □ | -1 822.43 | -912.98 | 499.96 | 10.59 |
| Face inferior | 478.19 | 755.47 | □ | □ | □ | -2 161.59 | -927.93 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -110.46 | □ | □ | 2.55 | -107.91 | | |
| Face superior | -454.73 | -718.40 | -56.49 | □ | □ | 355.69 | -873.93 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 352.52 | 556.93 | 225.01 | □ | □ | -1 839.14 | -704.68 | 504.81 | 9.73 |
| Face inferior | 478.19 | 755.47 | 268.83 | □ | □ | -2 180.83 | -678.33 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -110.46 | □ | □ | 7.39 | -103.07 | | |
| Face superior | -454.73 | -718.40 | -56.49 | □ | □ | 385.26 | -844.36 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 352.52 | 556.93 | 225.01 | □ | □ | -1 680.60 | -546.14 | 434.05 | 22.38 |
| Face inferior | 478.19 | 755.47 | 268.83 | □ | □ | -2 002.20 | -499.71 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 5 478.41 |
| Def. lenta irreversível | -3.22E-04 | -3.35E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -7.65E-05 | -7.95E-05 | Fluência do concreto | □ | 6 574.59 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -9.07E-05 | -7.91E-05 | Total | □ | 16 846.00 |
| Deformação total | 3.08E-04 | 3.35E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|--------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -110.46 | -71.86 | □ | 9.05 | -173.27 | | |
| Face superior | -454.73 | -718.40 | -56.49 | -36.75 | □ | 384.90 | -881.48 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 352.52 | 556.93 | 225.01 | 146.39 | □ | -1 691.47 | -410.63 | 437.21 | 21.82 |
| Face inferior | 478.19 | 755.47 | 268.83 | 174.90 | □ | -2 014.72 | -337.33 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|---------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -110.46 | □ | -119.77 | 10.15 | -220.08 | | |
| Face superior | -454.73 | -718.40 | -56.49 | □ | -61.26 | 384.66 | -906.22 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 352.52 | 556.93 | 225.01 | □ | 243.98 | -1 698.72 | -320.28 | 439.31 | 21.44 |
| Face inferior | 478.19 | 755.47 | 268.83 | □ | 291.50 | -2 023.06 | -229.07 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64BEMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 5

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -515.87 | □ | □ | □ | □ | 617.21 | 101.33 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 457.20 | □ | □ | □ | □ | -2 449.19 | -1 991.99 | 527.30 | 7.25 |
| Face inferior | 542.49 | □ | □ | □ | □ | -2 722.19 | -2 179.70 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -515.87 | □ | □ | □ | □ | 519.58 | 3.71 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 457.20 | □ | □ | □ | □ | -2 065.08 | -1 607.88 | 488.29 | 14.11 |
| Face inferior | 542.49 | □ | □ | □ | □ | -2 291.63 | -1 749.14 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 2 029.76 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 7 092.78 |
| Total | □ | 9 288.54 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 768.14 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|---------|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | -515.87 | -817.75 | □ | □ | □ | 535.92 | -797.71 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 457.20 | 724.74 | □ | □ | □ | -2 130.00 | -948.06 | 503.64 | 11.41 |
| Face inferior | 542.49 | 859.95 | □ | □ | □ | -2 363.68 | -961.24 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -125.82 | □ | □ | 3.70 | -122.12 | | |
| Face superior | -515.87 | -817.75 | -64.35 | □ | □ | 535.56 | -862.42 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 457.20 | 724.74 | 276.36 | □ | □ | -2 152.91 | -694.60 | 509.53 | 10.37 |
| Face inferior | 542.49 | 859.95 | 306.23 | □ | □ | -2 388.55 | -679.89 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -125.82 | □ | □ | 1.31 | -124.51 | | |
| Face superior | -515.87 | -817.75 | -64.35 | □ | □ | 561.26 | -836.72 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 457.20 | 724.74 | 276.36 | □ | □ | -1 971.50 | -513.20 | 439.22 | 22.74 |
| Face inferior | 542.49 | 859.95 | 306.23 | □ | □ | -2 193.50 | -484.84 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 5 708.78 |
| Def. lenta irreversível | -3.23E-04 | -3.30E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -7.67E-05 | -7.84E-05 | Fluência do concreto | □ | 6 240.23 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -9.83E-05 | -9.02E-05 | Total | □ | 16 742.00 |
| Deformação total | 3.02E-04 | 3.18E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|---------|---------|--------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -125.82 | -83.00 | □ | 3.76 | -205.07 | | |
| Face superior | -515.87 | -817.75 | -64.35 | -42.45 | □ | 561.02 | -879.41 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 457.20 | 724.74 | 276.36 | 182.31 | □ | -1 986.61 | -345.99 | 443.11 | 22.06 |
| Face inferior | 542.49 | 859.95 | 306.23 | 202.01 | □ | -2 209.92 | -299.24 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|---------|---------|-------|---------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -125.82 | □ | -138.34 | 5.38 | -258.78 | | |
| Face superior | -515.87 | -817.75 | -64.35 | □ | -70.75 | 560.86 | -907.87 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 457.20 | 724.74 | 276.36 | □ | 303.85 | -1 996.68 | -234.53 | 445.70 | 21.60 |
| Face inferior | 542.49 | 859.95 | 306.23 | □ | 336.69 | -2 220.86 | -175.51 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 6

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -538.80 | □ | □ | □ | □ | 657.83 | 119.03 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 491.17 | □ | □ | □ | □ | -2 510.56 | -2 019.39 | 522.60 | 7.39 |
| Face inferior | 566.60 | □ | □ | □ | □ | -2 746.44 | -2 179.84 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -538.80 | □ | □ | □ | □ | 553.33 | 14.53 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 491.17 | □ | □ | □ | □ | -2 114.75 | -1 623.57 | 483.54 | 14.31 |
| Face inferior | 566.60 | □ | □ | □ | □ | -2 310.14 | -1 743.54 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 955.54 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 7 178.98 |
| Total | □ | 9 300.51 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 789.63 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | -538.80 | -852.15 | □ | □ | □ | 572.11 | -818.84 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 491.17 | 776.82 | □ | □ | □ | -2 186.50 | -918.51 | 499.94 | 11.40 |
| Face inferior | 566.60 | 896.11 | □ | □ | □ | -2 388.52 | -925.81 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -131.39 | □ | □ | 4.07 | -127.32 | | |
| Face superior | -538.80 | -852.15 | -67.20 | □ | □ | 571.79 | -886.35 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 491.17 | 776.82 | 293.37 | □ | □ | -2 211.41 | -650.04 | 506.19 | 10.30 |
| Face inferior | 566.60 | 896.11 | 319.78 | □ | □ | -2 415.23 | -632.74 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -131.39 | □ | □ | 0.20 | -131.19 | | |
| Face superior | -538.80 | -852.15 | -67.20 | □ | □ | 595.62 | -862.52 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 491.17 | 776.82 | 293.37 | □ | □ | -2 032.05 | -470.69 | 438.81 | 22.24 |
| Face inferior | 566.60 | 896.11 | 319.78 | □ | □ | -2 224.48 | -441.99 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| Def. lenta irreversível | -3.01E-04 | -3.09E-04 |
| Def. lenta reversível | -7.14E-05 | -7.33E-05 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -9.82E-05 | -9.13E-05 |
| Deformação total | 2.74E-04 | 2.91E-04 |

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|--------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 5 545.36 |
| Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Fluência do concreto | □ | 5 705.02 |
| Total | □ | 16 043.38 |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|--------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -131.39 | -86.83 | □ | 2.89 | -215.33 | | |
| Face superior | -538.80 | -852.15 | -67.20 | -44.41 | □ | 595.41 | -907.14 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 491.17 | 776.82 | 293.37 | 193.88 | □ | -2 048.51 | -293.27 | 442.93 | 21.51 |
| Face inferior | 566.60 | 896.11 | 319.78 | 211.33 | □ | -2 242.13 | -248.31 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -131.39 | -144.72 | □ | 4.68 | -271.42 | | |
| Face superior | -538.80 | -852.15 | -67.20 | -74.01 | □ | 595.28 | -936.88 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 491.17 | 776.82 | 293.37 | 323.13 | □ | -2 059.48 | -174.99 | 445.68 | 21.02 |
| Face inferior | 566.60 | 896.11 | 319.78 | 352.22 | □ | -2 253.90 | -119.19 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

ESFORÇOS SOLICITANTES:

| | | Seção 1 | Seção 1A | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 | Seção 6 |
|--------------------|--------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| V _{gk} | (tf) | 66.90 | 63.40 | 46.50 | 35.10 | 23.70 | 12.10 | 0.00 |
| V _{gkmax} | (tf) | 35.55 | 34.96 | 28.57 | 23.25 | 17.20 | 11.14 | 4.33 |
| V _{gkmin} | (tf) | -0.93 | -0.91 | -0.88 | -1.52 | -3.58 | -6.80 | -10.64 |
| V _{pk} | (tf) | -29.50 | -29.50 | -44.20 | -37.20 | -25.50 | -11.30 | 0.00 |
| T _{gk} | (tf m) | | | | | | | |
| T _{qk} | (tf m) | | | | | | | |

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

| | | Seção 1 | Seção 1A | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 | Seção 6 |
|------------------|-------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| d | (cm) | 70.00 | 160.00 | 160.00 | 160.00 | 160.00 | 160.00 | 160.00 |
| bw | (cm) | 70.00 | 70.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| bainha na alma | s | s | s | s | s | s | s | s |
| bw útil | (cm) | 66.50 | 66.50 | 16.50 | 16.50 | 16.50 | 16.50 | 16.50 |
| bitola (mm) | (mm) | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 10 | 10 | 8 | 8 |
| Ramos de estribo | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| A _e | (cm²) | | | | | | | |
| hef | (cm) | | | | | | | |
| uef | (cm) | | | | | | | |

CÁLCULO:VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

| | | Seção 1 | Seção 1A | Seção 2 | Seção 3 | Seção 4 | Seção 5 | Seção 6 |
|---|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| V _{sd} | (tf) | 117 | 111 | 66 | 49 | 35 | 23 | 6 |
| V _{rd2} | (tf) | 302 | 689 | 171 | 171 | 171 | 171 | 171 |
| T _{sd} | (tf m) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T _{rd2} | (tf m) | | | | | | | |
| T _{sd} /T _{rd2} + V _{sd} /V _{rd2} | | 0.39 | 0.16 | 0.38 | 0.29 | 0.20 | 0.13 | 0.04 |

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| f _{ctm} | (MPa) | 3.51 | 3.51 | 3.51 | 3.51 | 3.51 | 3.51 | 3.51 |
| f _{ctd} | (MPa) | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 |
| V _c = V _{co} | (tf) | 98 | 171 | 56 | 49 | 46 | 45 | 44 |
| Taxa mínima | | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 |
| A _{swmin} | (cm²/m) | 9.82 | 9.82 | 2.81 | 2.81 | 2.81 | 2.81 | 2.81 |
| A _{sw} | (cm²/m) | 6.97 | 0.00 | 1.64 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | V _{co} (1+Mo/Msd) | V _{co} (1+Mo/Msd) | V _{co} (1+Mo/Msd) | V _{co} (1+Mo/Msd) | V _{co} (1+Mo/Msd) | V _{co} (1+Mo/Msd) | V _{co} (1+Mo/Msd) |

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

| | | | | | | | | |
|----------------|---------|--|--|--|--|--|--|--|
| Al/s (pele) | (cm²/m) | | | | | | | |
| AsT/s (torção) | (cm²/m) | | | | | | | |

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

| | | | | | | | | |
|------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| V _{Sdmax} | (tf) | 55 | 51 | 17 | 10 | 7 | 6 | 2 |
| V _{Sdmin} | (tf) | 37 | 33 | 2 | -3 | -4 | -3 | -5 |
| σ _{o wmax} | (MPa) | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| σ _{swmin} | (MPa) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Δσ _s | (MPa) | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Δσ _{sadm} | (MPa) | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 |
| K < 1.79 (EB-3) | | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| A _{swcorrig.} | (cm²/m) | 11.53 | 9.82 | 2.81 | 2.81 | 2.81 | 2.81 | 2.81 |
| Armadura cisalham. | (cm²/m) | 11.53 | 9.82 | 8.33 | 5.33 | 5.33 | 3.33 | 3.33 |
| Sugerido cisalhamento | | 2RØ12.5 c/21.6 | 2RØ12.5 c/25.4 | 2RØ12.5 c/30 | 2RØ10 c/30 | 2RØ10 c/30 | 2RØ8 c/30 | 2RØ8 c/30 |

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 29 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|--|-----------------------------------|--|--|
| Emitente: | | EMITENTE: FUPAM | |
| FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | | Proj.: Eng.Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | | EMTU | |
| Objeto: | | Coord. Téc.: Arq.Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8 | |
| PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA | | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 | |
| SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | |

4 ANÁLISE DAS LAJES

4.1 Carregamentos

4.1.1 Peso próprio

O peso próprio é aplicado automaticamente pelo programa conforme a área do elemento.

4.1.2 G3 - Pavimento, muretas e defensas

Mesmo carregamento das vigas.

4.1.3 Veículo

É aplicado em superfícies com os mesmos valores e condições das vigas.

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

30 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente

Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP

Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP

Sub Trecho: TRECHO 3

Objeto:

PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B

EMITENTE: FUPAM

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

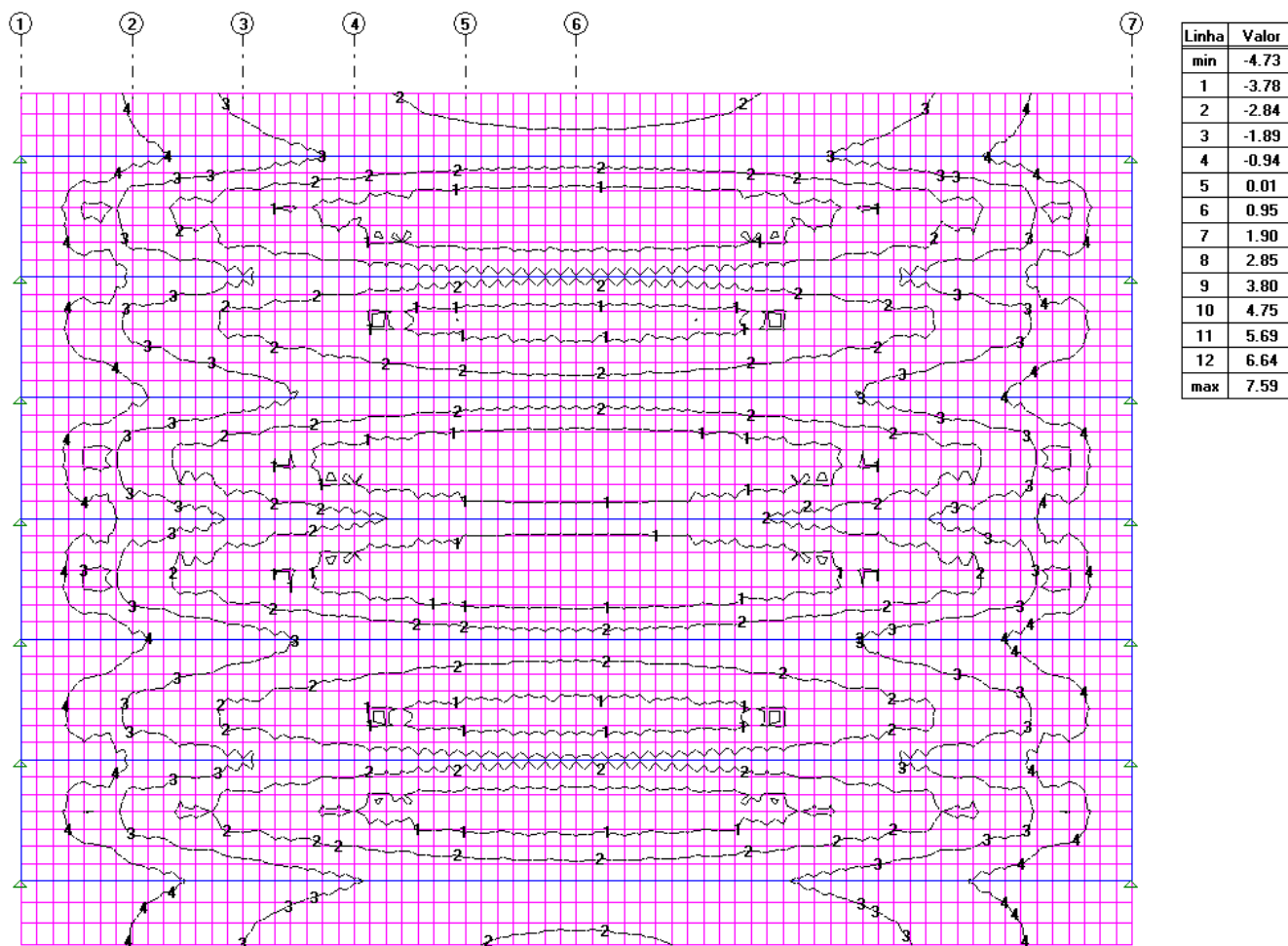
EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

4.2 Esforços últimos



MX CONTORNOS (tfm/m) COMB. MÍNIMA ENVOLTÓRIA

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

31 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente

Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP

Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP

Sub Trecho: TRECHO 3

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**

EMITENTE: FUPAM

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

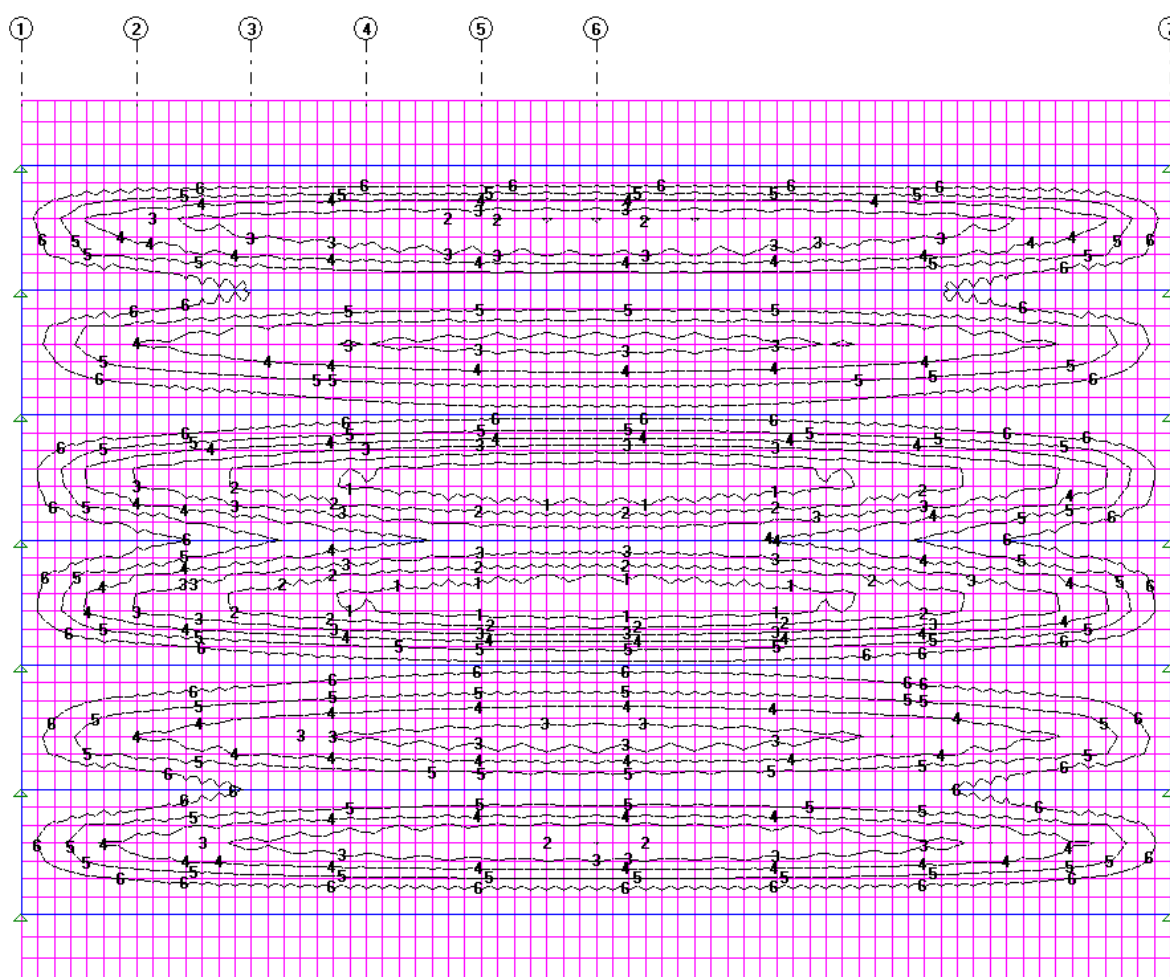
Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140



| Linha | Valor |
|-------|-------|
| min | -7.90 |
| 1 | -6.76 |
| 2 | -5.61 |
| 3 | -4.46 |
| 4 | -3.32 |
| 5 | -2.17 |
| 6 | -1.03 |
| 7 | 0.12 |
| 8 | 1.27 |
| 9 | 2.41 |
| 10 | 3.56 |
| 11 | 4.70 |
| 12 | 5.85 |
| max | 7.00 |

MY CONTORNOS (tfm/m) COMB. MÍNIMA ENVOLVÓRIA

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

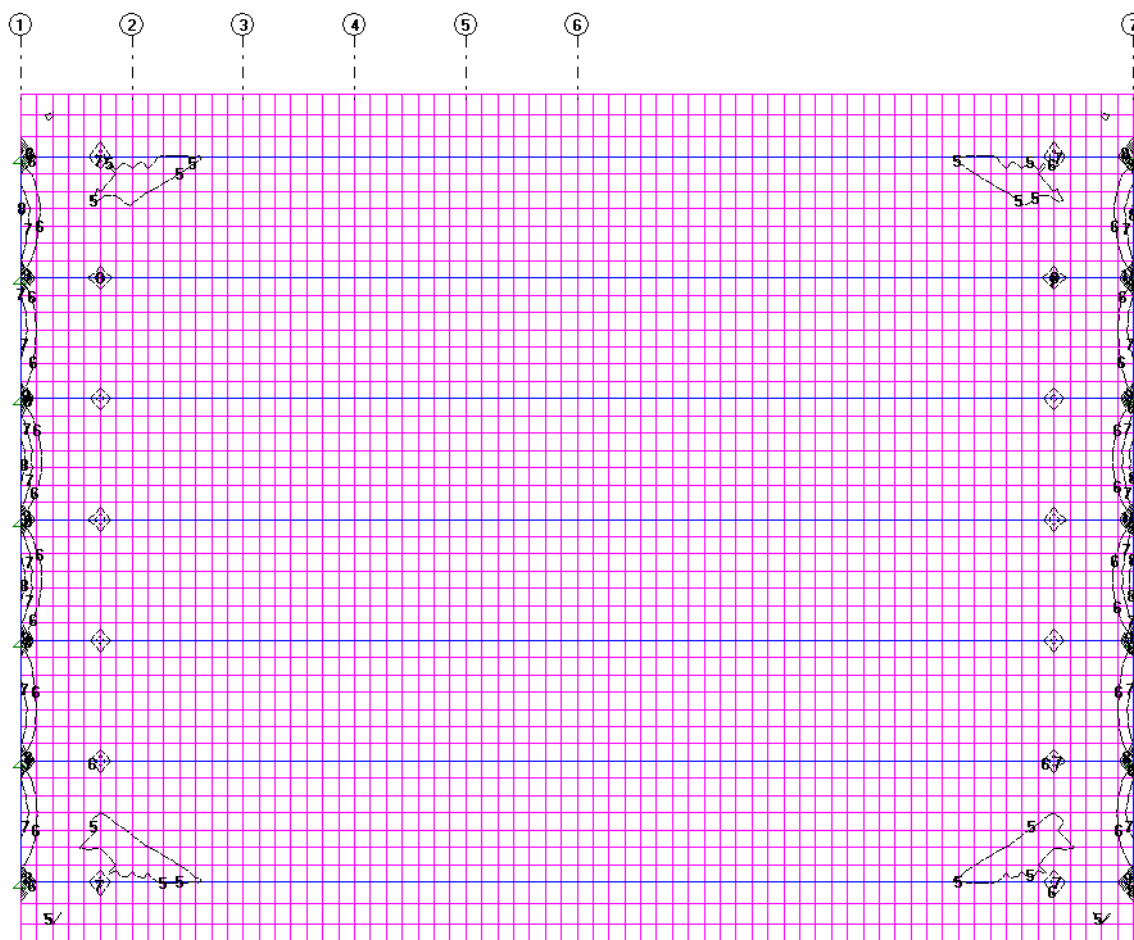
Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140



| Linha | Valor |
|-------|-------|
| min | -4.73 |
| 1 | -3.78 |
| 2 | -2.84 |
| 3 | -1.89 |
| 4 | -0.94 |
| 5 | 0.01 |
| 6 | 0.95 |
| 7 | 1.90 |
| 8 | 2.85 |
| 9 | 3.80 |
| 10 | 4.75 |
| 11 | 5.69 |
| 12 | 6.64 |
| max | 7.59 |

MX CONTORNOS (lf*m/m) COMB. MÁXIMA ENVOLTÓRIA

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

33 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente

Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP

Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP

Sub Trecho: TRECHO 3

Objeto:

PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B

EMITENTE: FUPAM

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

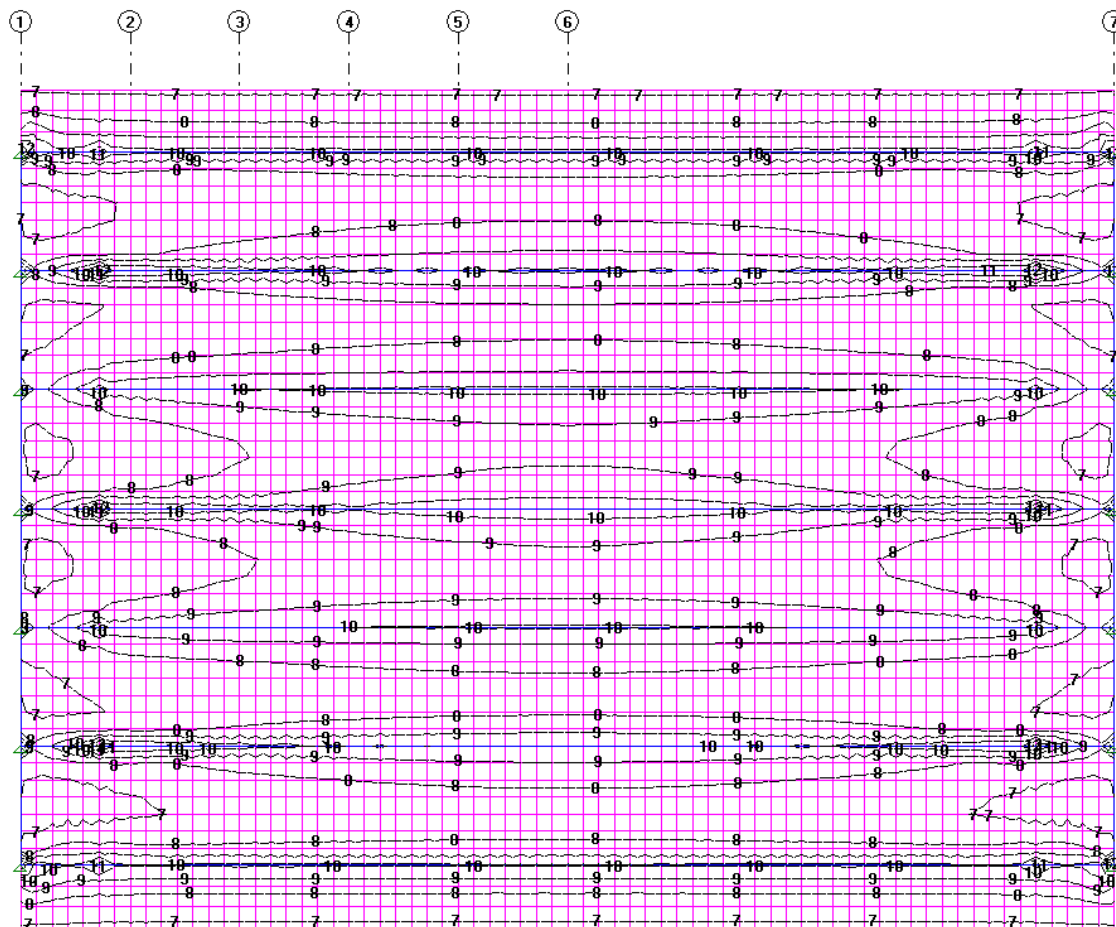
Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140



| Linha | Valor |
|-------|-------|
| min | -7.90 |
| 1 | -6.76 |
| 2 | -5.61 |
| 3 | -4.46 |
| 4 | -3.32 |
| 5 | -2.17 |
| 6 | -1.03 |
| 7 | 0.12 |
| 8 | 1.27 |
| 9 | 2.41 |
| 10 | 3.56 |
| 11 | 4.70 |
| 12 | 5.85 |
| max | 7.00 |

MY CONTORNOS (tf·m/m) COMB. MÁXIMA ENVOLTÓRIA

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

4.3 Dimensionamento das lajes

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

| <u>Esforços solicitantes</u> | | mx+ | my+ | Xx- | Xy- | | |
|------------------------------|---------|------------|------------|------------|------------|--|--|
| Mgk | (tfm/m) | 1.33 | 0.51 | 0.89 | 2.82 | | |
| Mqk max | (tfm/m) | 2.04 | 4.83 | 1.25 | 3.00 | | |
| Mqk min | (tfm/m) | -0.06 | -1.80 | -1.71 | -1.81 | | |

Propriedades dos materiais

| | | | | | | | |
|-----|-------|-----|-----|-----|-----|--|--|
| fck | (MPa) | 25 | 25 | 25 | 25 | | |
| fyk | (MPa) | 500 | 500 | 500 | 500 | | |

Propriedades da seção

| | | | | | | | |
|----|------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| h | (cm) | 26.0 | 26.0 | 26.0 | 26.0 | | |
| bw | (cm) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | | |

Armadura inferior

| | | | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|--|--|
| ϕ (mm) | (mm) | 10.0 | 12.5 | 10.0 | 12.5 | | |
| cobrimento na armadura | (cm) | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | | |

Armadura superior

| | | | | | | | |
|-----|---------|------|------|------|------|------|------|
| As' | (cm²/m) | | | | | | |
| d' | (cm) | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |

DIMENSIONAMENTO

| | | | | | | | |
|----------|---------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Md | (tfm/m) | 4.86 | 7.93 | 3.08 | 8.31 | 0.00 | 0.00 |
| d | (cm) | 22.50 | 22.38 | 22.50 | 22.38 | | |
| x | (cm) | 1.84 | 3.09 | 1.15 | 3.25 | | |
| As | (cm²) | 5.13 | 8.63 | 3.21 | 9.07 | | |
| As' nec. | (cm²) | | | | | | |

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------|--------------|-------------|-------------|--|--|
| M _{Dmax} tensões | (tfm/m) | 2.96 | 4.37 | 1.89 | 5.22 | | |
| M _{Dmin} tensões | (tfm/m) | 1.28 | -0.93 | -0.48 | 1.37 | | |
| σ_{cmax} | (kgf/cm²) | 2747 | 2466 | 2764 | 2807 | | |
| σ_{cmin} | (kgf/cm²) | 1189 | -12 | -10 | 738 | | |
| $\Delta\sigma_c$ | (kgf/cm²) | 1558 | 2478 | 2774 | 2070 | | |
| $\Delta\sigma_s$ Admissível | (kgf/cm²) | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | | |
| K | | 1.00 | 1.30 | 1.46 | 1.09 | | |
| A _{scorr.} | (cm²/m) | 5.13 | 11.26 | 4.69 | 9.87 | | |

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

| | | | | | | | |
|---------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--|
| σ_{smax} | (kgf/cm²) | 2784 | 2505 | 2799 | 2852 | | |
| ρ_{ri} | | 0.005 | 0.007 | 0.005 | 0.007 | | |
| w1 | (mm) | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.20 | | |
| w2 | (mm) | 0.41 | 0.34 | 0.41 | 0.37 | | |
| ELS-W wk ≤ | (mm) | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | | |
| K | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| A _{scorr.} | (cm²/m) | 5.13 | 8.63 | 3.21 | 9.07 | | |

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|---|--|--|------------------|
| Emitente: FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | | EMITENTE: FUPAM | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro | CREA: 0600512333 |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. | CAU: A1697-7 |
| Objeto: PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | | EMTU | |
| | | Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz | CAU: A40815-8 |
| | | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi | CREA: 0601218173 |
| | | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo | CREA: 0600233140 |

4.4 Dimensionamento da laje elástica $L=1,70\text{m}$; $e=0,20\text{m}$

Determinação da solicitação devido ao carregamento atuante na laje elástica

• Esquema estático

A favor da segurança, serão adotados os seguintes esquemas estruturais:

→ Para definição de momentos nos apoios: laje elástica engastada na laje convencional

→ Para definição de momento no meio do vão: laje elástica apoiada na laje convencional

O vão teórico da laje elástica:

Usaremos o vão = 2,20 m, para calcularmos o vão teórico da laje elástica.

$l = l_{\text{real}} + h_{\text{laje}} = 1,70 + 0,50 = 2,20\text{ m}$ (espessura da laje elástica = 15 cm)

• Carregamento

→ Carga permanente:

Peso da laje elástica: $p_{\text{laje}} = h_{\text{laje}} \times \gamma_{\text{conc}} = 0,15 \times 2,50 = 0,375\text{ tf/m}^2$

Peso do pavimento: $p_{\text{pav}} = h_{\text{pav}} \times \gamma_{\text{conc}} = 0,09 \times 2,40 = 0,216\text{ tf/m}^2$

Carga recapa: $0,072\text{ tf/m}^2$

Carga permanente total: $p_{\text{total}} = 0,663\text{ tf/m}^2$

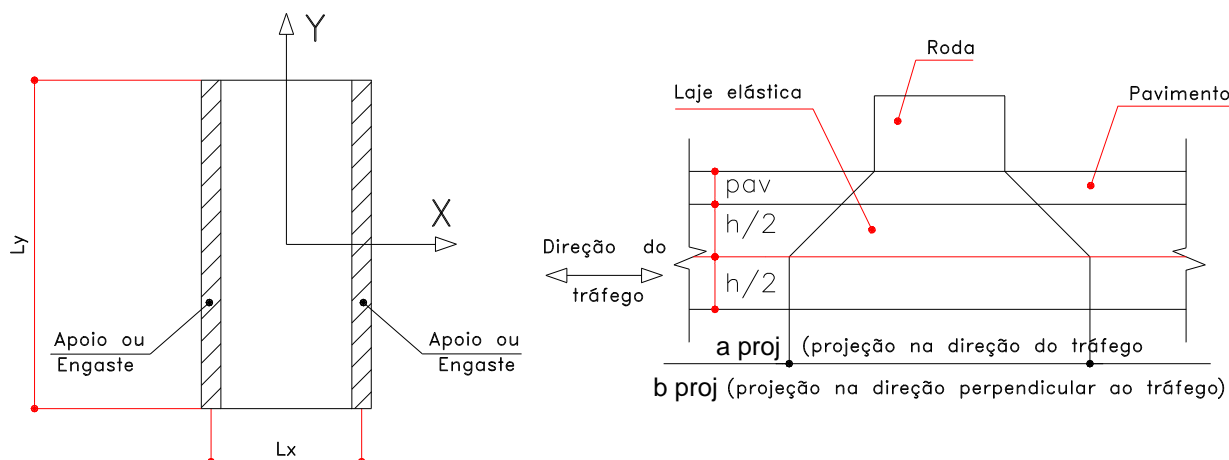
→ Carga móvel:

coeficiente de impacto: $\varphi = 1,35$ (para vãos menores que 10,0m)

carga de multidão: $q = 0,50\text{ tf/m}^2$

carga da roda do trem-tipo (TB-45): $Q = 7,5\text{ tf/roda}$

Adimensionais de Rüsch



Como a largura do tabuleiro ($L_y = 22,21\text{ m}$) é muito superior ao vão teórico da laje elástica ($L_x = 1,85\text{ m}$), optou-se por adotar a tabela 01 de Rüsch para calcular o momento no meio do vão (esquema estático bi-apoiado da laje elástica) e a tabela 27 para calcular o momento nos apoios (esquema estático bi-engastado da laje elástica).

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 36 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Emitente: | EMITENTE: FUPAM | | |
| FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | | |
| Objeto: | EMTU | | |
| PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8 | | |
| | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 | | |
| | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | | |

Para determinar estes valores, admite-se que a carga irá se distribuir formando um ângulo de 45° com o eixo da laje. Logo:

Projeção na direção do tráfego:

$$a_{\text{proj}} = a_{\text{roda}} + 2 \times (h_{\text{pav}} + \frac{h_{\text{laje}}}{2}) = 20 + 2 \times (9 + 15/2) = 53 \text{ cm}$$

Projeção na direção perpendicular ao tráfego:

$$b_{\text{proj}} = b_{\text{roda}} + 2 \times (h_{\text{pav}} + \frac{h_{\text{laje}}}{2}) = 50 + 2 \times (9 + 15/2) = 83 \text{ cm}$$

O valor da constante “t” equivale à aresta de um quadrado que possua a mesma área da projeção acima definida. Sendo assim:

$$t = \sqrt[2]{a_{\text{proj}} \times b_{\text{proj}}} = (53 \times 83)^{0,5} = 66,3 \text{ cm}$$

O valor da constante “a” é definido como a distância entre os centros da roda de cada eixo. Conforme a figura 02 da NBR 7188, para o trem-tipo TB-45, esta distância é dada por:

$$a = 200 \text{ cm}$$

Conhecido estes valores, é possível definir as seguintes relações:

$$\frac{t}{a} = \frac{66,3}{200} = 0,3315$$

$$\frac{l_x}{a} = \frac{170 + 15}{200} = 0,925$$

De posse destas relações e das tabelas 01 e 27 anteriormente citadas, determinam-se os adimensionais de Rüsch (interpolando-se).

→ Momento no meio do vão (tabela 01): $L = 0,181$ e $k = 0,125$

→ Momento no apoio (tabela 27): $L = 0,224$ e $k = -0,0833$

• Cálculo dos momentos solicitantes no meio do vão (momento positivo)

→ Devido a atuação da carga permanente:

$$M_{g_m} = k \times p_{\text{tot}} \times l_x^2 = 0,125 \times 1,311 \times 1,85^2 = 0,561 \text{ tf m/m}$$

→ Devido a atuação da carga do trem-tipo:

$$M_{q_{\text{TB}}_m} = L \times Q \times \varphi = 0,181 \times 7,5 \times 1,350 = 1,833 \text{ tf m/m}$$

• Cálculo dos momentos solicitantes no apoio (momento negativo)

→ Devido à atuação da carga permanente:

$$M_{g_e} = k \times p_{\text{tot}} \times l_x^2 = -0,0833 \times 1,311 \times 1,85^2 = -0,37 \text{ tf m/m}$$

→ Devido à atuação da carga móvel do trem-tipo:

$$M_{q_{\text{TB}}_e} = L \times Q \times \varphi = 0,224 \times 7,5 \times 1,35 = -2,268 \text{ tf m/m}$$

→ Devido a atuação da carga móvel de multidão:

A favor da segurança, esta solicitação será calculada como sendo o momento de engastamento perfeito de uma barra bi-engastada, solicitada por uma carga distribuída. Logo:

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

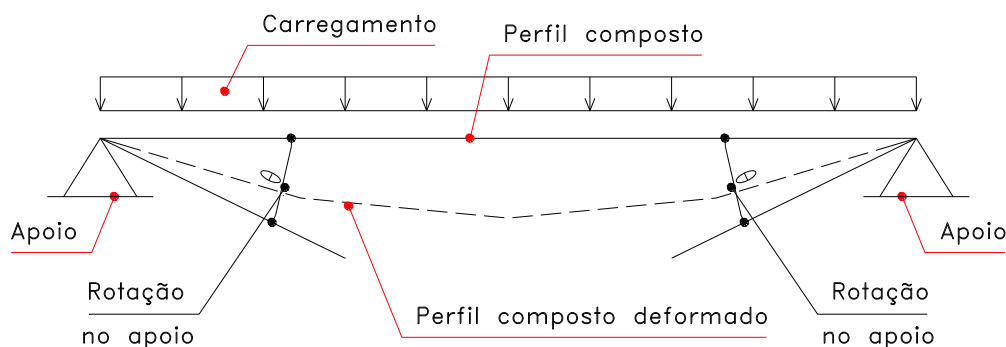
Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

$$M_{q_e}^{mult} = \frac{-\phi \times q \times l x^2}{12} = -\frac{1.35 \times 0.50 \times 1.85^2}{12} = -0,192 \text{ tf m/m}$$

Determinação da solicitação devido ao carregamento atuante na laje convencional

Quando carregado pelo peso próprio do pavimento e barreira (carregamento “g3”), pela multidão (“q”) e pelo trem-tipo (“Q”), as vigas juntamente com a laje (seção composta) se deformam, provocando rotações nos apoios conforme esquema abaixo. Estas rotações provocam o aparecimento de momento negativo nos apoios da laje elástica.

Segue abaixo os diagramas de deformação das vigas para cada um dos carregamentos acima citados obtidos através do programa “STRAP – Structural Analysis Program”.



Nos gráficos a seguir apresentamos os resultados de deslocamentos nas extremidades das vigas devido aos carregamentos mencionados.

Vãos entre apoios = 27,665 m

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

38 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

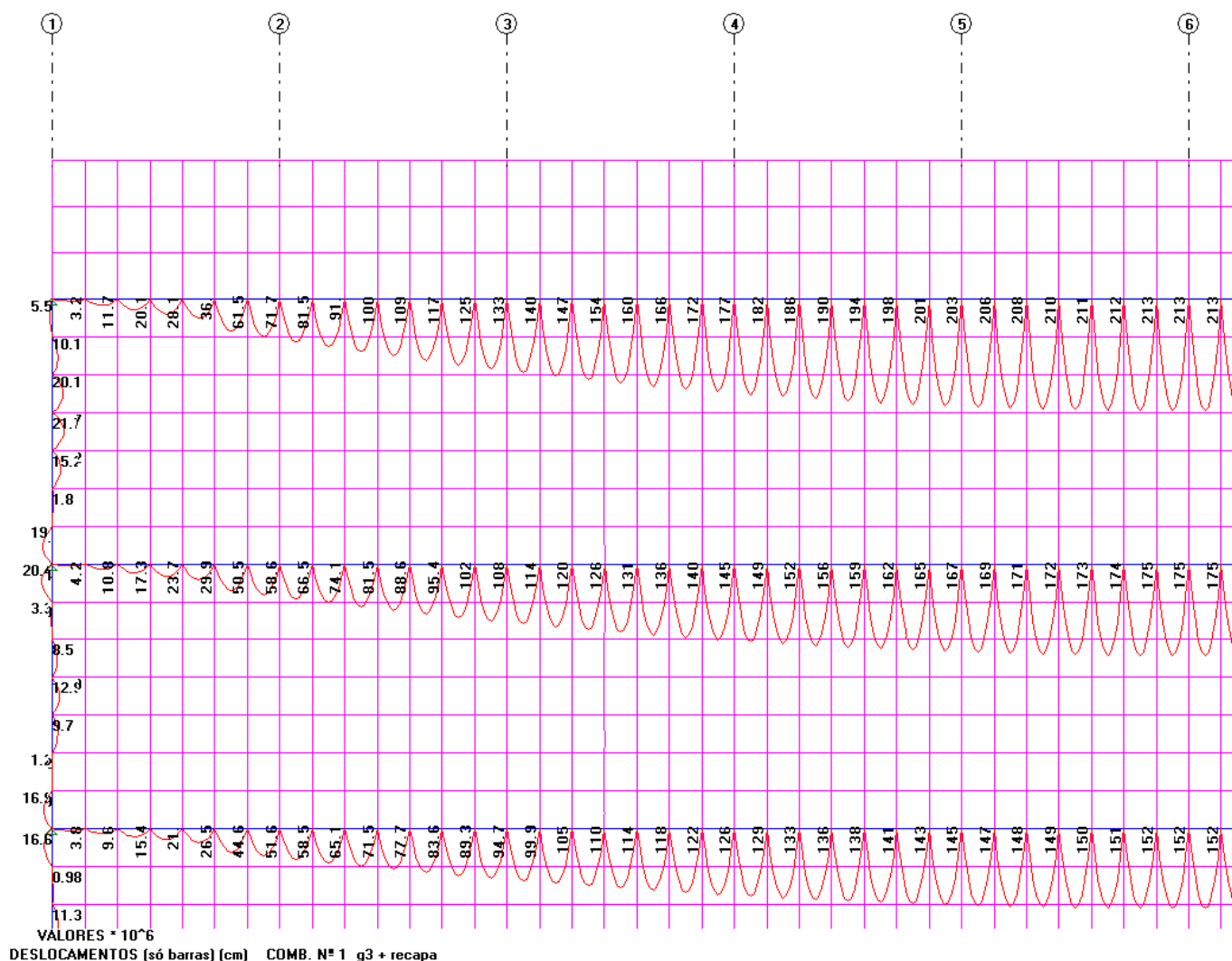
Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Valores: $\times 10^{-6}$ (cm)

Deslocamentos devidos à g3:



Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Deslocamentos devidos à multidão com impacto

Valores: $\times 10^{-2}$ (cm)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| ① | | | | | | | | | | | ② | | | | | | | | | | | ③ | | | | | | | | | | | ④ | | | | | | | | | | | ⑤ | | | | | | | | | | | ⑥ |
| 4 | 8 | 14 | 19 | 25 | 30 | 35 | 41 | 46 | 52 | 57 | 62 | 67 | 72 | 76 | 81 | 85 | 90 | 94 | 97 | 101 | 105 | 108 | 111 | 114 | 116 | 119 | 121 | 122 | 124 | 126 | 127 | 128 | 128 | 129 | 129 | 128 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 7 | 12 | 18 | 23 | 29 | 34 | 39 | 44 | 50 | 55 | 60 | 65 | 69 | 74 | 78 | 82 | 87 | 90 | 94 | 98 | 101 | 104 | 107 | 110 | 112 | 115 | 117 | 119 | 120 | 121 | 123 | 123 | 124 | 124 | 124 | 124 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 6 | 11 | 17 | 22 | 27 | 32 | 38 | 43 | 48 | 53 | 58 | 62 | 67 | 71 | 76 | 80 | 84 | 87 | 91 | 95 | 98 | 101 | 104 | 106 | 109 | 111 | 113 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 120 | 120 | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 10 | 16 | 21 | 26 | 31 | 36 | 41 | 46 | 51 | 56 | 60 | 65 | 69 | 73 | 77 | 81 | 85 | 88 | 92 | 95 | 98 | 100 | 103 | 105 | 107 | 109 | 111 | 112 | 114 | 115 | 116 | 116 | 116 | 117 | 116 | 116 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 5 | 11 | 16 | 22 | 27 | 32 | 37 | 43 | 48 | 53 | 57 | 62 | 67 | 71 | 75 | 79 | 83 | 87 | 91 | 94 | 97 | 100 | 103 | 106 | 108 | 110 | 112 | 114 | 116 | 117 | 118 | 119 | 119 | 120 | 120 | 119 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 6 | 11 | 17 | 22 | 28 | 33 | 39 | 44 | 49 | 54 | 59 | 64 | 69 | 73 | 78 | 82 | 86 | 90 | 93 | 97 | 100 | 103 | 106 | 109 | 111 | 114 | 116 | 117 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 123 | 123 | 123 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 6 | 12 | 17 | 23 | 29 | 34 | 40 | 45 | 51 | 56 | 61 | 66 | 71 | 75 | 80 | 84 | 88 | 92 | 96 | 100 | 103 | 106 | 109 | 112 | 114 | 117 | 119 | 121 | 122 | 124 | 125 | 126 | 126 | 127 | 127 | 126 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 29 | 35 | 41 | 46 | 52 | 57 | 62 | 68 | 72 | 77 | 82 | 86 | 91 | 95 | 99 | 102 | 106 | 109 | 112 | 115 | 117 | 120 | 122 | 124 | 125 | 127 | 128 | 129 | 129 | 130 | 130 | 129 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 47 | 53 | 58 | 64 | 69 | 74 | 79 | 84 | 88 | 93 | 97 | 101 | 104 | 108 | 111 | 114 | 117 | 120 | 122 | 125 | 126 | 128 | 130 | 131 | 132 | 132 | 133 | 133 | 132 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 94 | 99 | 103 | 107 | 110 | 114 | 117 | 120 | 122 | 125 | 127 | 129 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 135 | 135 | 135 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 12 | 19 | 25 | 31 | 37 | 43 | 49 | 55 | 61 | 66 | 72 | 77 | 82 | 87 | 92 | 96 | 100 | 105 | 109 | 112 | 116 | 119 | 122 | 125 | 127 | 129 | 131 | 133 | 135 | 136 | 137 | 137 | 138 | 138 | 138 | 137 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 6 | 13 | 19 | 25 | 32 | 38 | 44 | 50 | 56 | 62 | 67 | 73 | 78 | 84 | 89 | 93 | 98 | 102 | 107 | 111 | 114 | 118 | 121 | 124 | 127 | 130 | 132 | 134 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 140 | 141 | 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 6 | 13 | 19 | 26 | 32 | 39 | 45 | 51 | 57 | 63 | 69 | 74 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 104 | 109 | 113 | 116 | 120 | 123 | 126 | 129 | 132 | 134 | 136 | 138 | 140 | 141 | 142 | 142 | 143 | 143 | 142 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 7 | 13 | 20 | 26 | 33 | 39 | 46 | 52 | 58 | 64 | 70 | 75 | 81 | 86 | 92 | 96 | 101 | 106 | 110 | 114 | 118 | 122 | 125 | 128 | 131 | 134 | 136 | 138 | 140 | 142 | 143 | 144 | 145 | 145 | 145 | 145 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 7 | 13 | 20 | 27 | 33 | 40 | 46 | 52 | 59 | 65 | 71 | 76 | 82 | 87 | 93 | 98 | 102 | 107 | 111 | 116 | 120 | 123 | 127 | 130 | 133 | 135 | 138 | 140 | 142 | 143 | 145 | 146 | 146 | 147 | 147 | 146 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 7 | 13 | 20 | 27 | 33 | 40 | 46 | 53 | 59 | 65 | 71 | 77 | 83 | 88 | 93 | 99 | 103 | 108 | 113 | 117 | 121 | 124 | 128 | 131 | 134 | 137 | 139 | 141 | 143 | 145 | 146 | 147 | 148 | 148 | 148 | 148 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 7 | 13 | 20 | 27 | 34 | 40 | 47 | 53 | 59 | 66 | 72 | 77 | 83 | 89 | 94 | 99 | 104 | 109 | 113 | 118 | 122 | 125 | 129 | 132 | 135 | 138 | 140 | 142 | 144 | 146 | 147 | 148 | 149 | 149 | 149 | 149 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 14 | 20 | 27 | 34 | 40 | 47 | 53 | 60 | 66 | 72 | 78 | 84 | 89 | 95 | 100 | 105 | 110 | 114 | 118 | 122 | 126 | 130 | 133 | 136 | 139 | 141 | 143 | 145 | 147 | 148 | 149 | 150 | 150 | 151 | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 7 | 14 | 20 | 27 | 34 | 41 | 47 | 54 | 60 | 67 | 73 | 79 | 84 | 90 | 95 | 101 | 106 | 110 | 115 | 119 | 123 | 127 | 131 | 134 | 137 | 140 | 142 | 144 | 146 | 148 | 149 | 150 | 151 | 151 | 152 | 151 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 34 | 41 | 48 | 54 | 61 | 67 | 73 | 79 | 85 | 91 | 96 | 101 | 106 | 111 | 116 | 120 | 124 | 128 | 131 | 135 | 138 | 141 | 143 | 145 | 147 | 149 | 150 | 151 | 152 | 152 | 153 | 152 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 41 | 48 | 55 | 61 | 67 | 74 | 80 | 85 | 91 | 97 | 102 | 107 | 112 | 116 | 121 | 125 | 129 | 132 | 135 | 138 | 141 | 144 | 146 | 148 | 150 | 151 | 152 | 153 | 153 | 153 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

VALORES $\times 10^{-2}$

DESLOCAMENTOS (só nós) (cm) COMB. MÁXIMA ENVOLTÓRIA

Deslocamentos devidos ao TB-45 com impacto

Valores: $\times 10^{-3}$ (cm)

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

40 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente

Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP

Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP

Sub Trecho: TRECHO 3

Objeto:

PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B

EMITENTE: FUPAM

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

| | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| 45 | 40 | 64 | 96 | 128 | 159 |
| 191 | 222 | 253 | 283 | 312 | 341 |
| 369 | 397 | 423 | 448 | 473 | 496 |
| 518 | 538 | 557 | 575 | 591 | 606 |
| 618 | 630 | 641 | 650 | 656 | 661 |
| 664 | 666 | 665 | 664 | 661 | 660 |
| 66 | 27 | 32 | 64 | 96 | 128 |
| 160 | 192 | 223 | 254 | 285 | 315 |
| 344 | 372 | 400 | 427 | 453 | 478 |
| 502 | 525 | 546 | 567 | 586 | 603 |
| 619 | 633 | 646 | 657 | 666 | 673 |
| 680 | 685 | 688 | 690 | 691 | 692 |
| 692 | 692 | 692 | 692 | 692 | 692 |
| 11 | 32 | 65 | 97 | 130 | 162 |
| 194 | 226 | 258 | 289 | 319 | 349 |
| 378 | 406 | 433 | 459 | 485 | 509 |
| 533 | 555 | 576 | 596 | 615 | 632 |
| 648 | 663 | 676 | 687 | 697 | 705 |
| 711 | 716 | 720 | 723 | 725 | 725 |
| 725 | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 33 | 66 | 99 | 131 | 164 | 197 |
| 229 | 261 | 292 | 323 | 353 | 383 |
| 412 | 440 | 467 | 494 | 519 | 543 |
| 567 | 589 | 610 | 630 | 649 | 666 |
| 682 | 696 | 709 | 721 | 732 | 741 |
| 749 | 755 | 759 | 762 | 763 | 763 |
| 763 | 763 | 763 | 763 | 763 | 763 |
| 5 | 33 | 67 | 100 | 133 | 166 |
| 199 | 232 | 264 | 296 | 328 | 358 |
| 388 | 418 | 446 | 474 | 501 | 527 |
| 552 | 577 | 600 | 623 | 644 | 665 |
| 685 | 703 | 719 | 735 | 750 | 761 |
| 771 | 778 | 785 | 791 | 795 | 796 |
| 796 | 796 | 796 | 796 | 796 | 796 |
| 8 | 34 | 67 | 101 | 135 | 168 |
| 202 | 235 | 268 | 300 | 332 | 363 |
| 394 | 424 | 453 | 481 | 509 | 536 |
| 562 | 588 | 613 | 639 | 662 | 685 |
| 708 | 729 | 745 | 759 | 775 | 788 |
| 798 | 807 | 812 | 818 | 823 | 825 |
| 825 | 825 | 825 | 825 | 825 | 825 |
| 10 | 34 | 67 | 101 | 135 | 169 |
| 203 | 237 | 270 | 302 | 335 | 366 |
| 397 | 428 | 457 | 486 | 514 | 542 |
| 569 | 597 | 625 | 653 | 670 | 699 |
| 721 | 744 | 761 | 775 | 789 | 803 |
| 814 | 823 | 828 | 833 | 838 | 841 |
| 841 | 841 | 841 | 841 | 841 | 841 |
| 9 | 34 | 68 | 102 | 136 | 170 |
| 204 | 237 | 270 | 303 | 335 | 367 |
| 398 | 428 | 458 | 487 | 516 | 544 |
| 572 | 599 | 627 | 655 | 679 | 699 |
| 721 | 743 | 761 | 775 | 787 | 801 |
| 812 | 821 | 826 | 831 | 836 | 838 |
| 838 | 838 | 838 | 838 | 838 | 838 |
| 7 | 34 | 67 | 101 | 135 | 169 |
| 203 | 236 | 269 | 302 | 334 | 365 |
| 396 | 426 | 456 | 484 | 512 | 540 |
| 566 | 593 | 619 | 643 | 666 | 687 |
| 709 | 729 | 745 | 758 | 772 | 785 |
| 795 | 803 | 808 | 813 | 818 | 820 |
| 820 | 820 | 820 | 820 | 820 | 820 |
| 3 | 33 | 66 | 100 | 133 | 166 |
| 199 | 232 | 265 | 297 | 328 | 359 |
| 389 | 419 | 448 | 476 | 503 | 529 |
| 554 | 579 | 603 | 625 | 647 | 668 |
| 687 | 704 | 719 | 732 | 746 | 757 |
| 767 | 774 | 779 | 785 | 788 | 790 |
| 790 | 790 | 790 | 790 | 790 | 790 |
| 33 | 65 | 98 | 131 | 163 | 196 |
| 228 | 260 | 291 | 322 | 352 | 382 |
| 410 | 438 | 465 | 491 | 517 | 542 |
| 565 | 588 | 609 | 629 | 648 | 665 |
| 680 | 694 | 708 | 720 | 731 | 739 |
| 745 | 751 | 756 | 759 | 761 | 751 |
| 751 | 751 | 751 | 751 | 751 | 751 |
| 1 | 32 | 64 | 96 | 128 | 160 |
| 192 | 224 | 255 | 286 | 316 | 346 |
| 375 | 403 | 430 | 457 | 482 | 508 |
| 532 | 555 | 578 | 599 | 619 | 639 |
| 657 | 673 | 686 | 699 | 713 | 723 |
| 731 | 738 | 743 | 748 | 752 | 753 |
| 753 | 753 | 753 | 753 | 753 | 753 |
| 3 | 30 | 61 | 92 | 123 | 154 |
| 185 | 216 | 246 | 276 | 305 | 333 |
| 361 | 389 | 415 | 441 | 466 | 490 |
| 514 | 537 | 560 | 582 | 602 | 621 |
| 641 | 659 | 672 | 683 | 697 | 708 |
| 716 | 723 | 728 | 732 | 736 | 738 |
| 738 | 738 | 738 | 738 | 738 | 738 |
| 4 | 29 | 58 | 87 | 117 | 146 |
| 176 | 205 | 234 | 262 | 290 | 317 |
| 343 | 369 | 395 | 419 | 443 | 467 |
| 489 | 512 | 534 | 557 | 577 | 594 |
| 613 | 631 | 645 | 656 | 668 | 679 |
| 687 | 694 | 699 | 703 | 707 | 709 |
| 709 | 709 | 709 | 709 | 709 | 709 |
| 4 | 27 | 54 | 82 | 110 | 137 |
| 165 | 192 | 219 | 245 | 272 | 297 |
| 322 | 347 | 370 | 394 | 416 | 438 |
| 459 | 479 | 500 | 520 | 538 | 556 |
| 574 | 590 | 603 | 614 | 626 | 636 |
| 645 | 651 | 655 | 660 | 663 | 665 |
| 665 | 665 | 665 | 665 | 665 | 665 |
| 3 | 25 | 51 | 76 | 102 | 127 |
| 153 | 178 | 203 | 228 | 252 | 275 |
| 298 | 321 | 343 | 364 | 385 | 405 |
| 424 | 443 | 461 | 478 | 495 | 512 |
| 527 | 541 | 553 | 564 | 575 | 584 |
| 592 | 597 | 601 | 606 | 609 | 610 |
| 610 | 610 | 610 | 610 | 610 | 610 |
| 1 | 23 | 47 | 70 | 93 | 117 |
| 140 | 163 | 186 | 208 | 230 | 252 |
| 273 | 294 | 313 | 333 | 352 | 370 |
| 387 | 403 | 419 | 435 | 449 | 463 |
| 476 | 488 | 500 | 510 | 519 | 527 |
| 533 | 538 | 543 | 547 | 549 | 550 |
| 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 |
| 24 | 49 | 73 | 97 | 121 | 145 |
| 169 | 193 | 216 | 239 | 261 | 283 |
| 304 | 325 | 345 | 365 | 383 | 401 |
| 418 | 435 | 450 | 465 | 479 | 492 |
| 504 | 515 | 525 | 533 | 541 | 547 |
| 553 | 557 | 561 | 563 | 564 | 564 |
| 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 |
| 3 | 26 | 52 | 78 | 104 | 130 |
| 156 | 182 | 208 | 233 | 257 | 282 |
| 305 | 328 | 351 | 373 | 394 | 414 |
| 434 | 453 | 471 | 489 | 506 | 523 |
| 538 | 552 | 564 | 576 | 587 | 596 |
| 603 | 609 | 614 | 618 | 621 | 622 |
| 622 | 622 | 622 | 622 | 622 | 622 |
| 5 | 27 | 55 | 83 | 111 | 138 |
| 166 | 194 | 221 | 247 | 274 | 300 |
| 325 | 350 | 374 | 397 | 420 | 442 |
| 463 | 485 | 507 | 528 | 547 | 564 |
| 583 | 600 | 614 | 625 | 636 | 647 |
| 656 | 662 | 667 | 671 | 675 | 677 |
| 677 | 677 | 677 | 677 | 677 | 677 |
| 7 | 29 | 58 | 87 | 116 | 146 |
| 175 | 204 | 232 | 260 | 288 | 315 |
| 341 | 367 | 393 | 418 | 442 | 466 |
| 491 | 515 | 538 | 562 | 583 | 601 |
| 619 | 638 | 653 | 665 | 675 | 687 |
| 696 | 704 | 709 | 712 | 717 | 719 |
| 719 | 719 | 719 | 719 | 719 | 719 |

VALORES * 10⁻³

DESLOCAMENTOS (só nós) (cm) COMB. MÁXIMA ENVOLTÓRIA

Quadro-resumo dos deslocamentos angulares e esforços

Com os diagramas de deslocamentos verticais, é possível definir os deslocamentos angulares através da equação:

$$\theta = \arctg \left(\frac{\delta}{L_{\text{apoio}}} \right), \text{ onde:}$$

δ : deslocamento linear vertical no ponto distante “ L_{apoio} ” do apoio;

L_{apoio} : distância do apoio até o ponto onde foi verificado um deslocamento vertical “ δ ” conforme apresentado nos gráficos anteriormente.

A definição dos deslocamentos angulares expostos na tabela seguinte foi feita com base na deformação verificada a 0,395 m para os dois vãos.

Deslocamentos Verticais:

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Deslocamentos verticais (m) - vão 2

| Viga | G3 | Multidão | Veículo |
|------|----------|----------|----------|
| V1 | 3.20E-06 | 5.00E-02 | 3.30E-02 |
| V2 | 4.20E-06 | 6.00E-02 | 3.30E-02 |
| V3 | 3.80E-06 | 7.00E-02 | 2.40E-02 |
| V4 | | | |

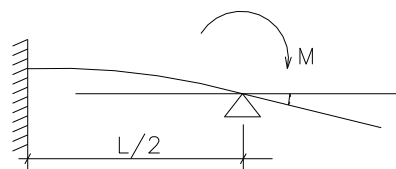
Deslocamentos Angulares:**Deslocamentos angulares (rad) - θ**

| Viga | G3 | Multidão | Veículo | Total |
|------|----------|----------|----------|----------|
| V1 | 8.10E-06 | 1.27E-01 | 8.35E-02 | 2.10E-01 |
| V2 | 1.06E-05 | 1.52E-01 | 8.35E-02 | 2.35E-01 |
| V3 | 9.62E-06 | 1.77E-01 | 6.08E-02 | 2.38E-01 |
| V4 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |

Uma vez conhecido os deslocamentos angulares nos extremos da viga, torna-se possível calcular o momento no apoio da laje elástica através da equação:

Fórmulas:

$$\theta = \frac{-M \times L}{E \times I} \Rightarrow M = \frac{-E \times I \times \theta}{L}$$



$$M_s = \frac{-2 \times E \times I \times \theta}{L}, \text{ onde:}$$

E = módulo de elasticidade do concreto

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \text{momento de inércia}$$

θ: deslocamento angular imposto (rad.)

L = vão teórico

| | |
|---------------------------|-----------|
| fck (MPa) | 25 |
| inércia (m ⁴) | 2.81E-04 |
| Ecs (tf/m ²) | 2 380 000 |
| vão L (m) | 1.85 |

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Díaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

A tabela abaixo resume os valores encontrados:

| Momentos fletores no apoio (tf m / m) | | | | |
|---------------------------------------|------|----------|-----------|-------|
| Viga | G3 | Multidão | Trem-tipo | total |
| V1 | 0.00 | -0.92 | -0.60 | -1.52 |
| V2 | 0.00 | -1.10 | -0.60 | -1.70 |
| V3 | 0.00 | -1.28 | -0.44 | -1.72 |

A viga V3 é a mais solicitada pelos carregamentos considerados.

Determinação das solicitações devido ao deslocamento vertical imposto

Caso ocorra necessidade de substituir os aparelhos de apoio (neoprenes), será realizado o macaqueamento nas transversinas de modo a levantar o tabuleiro em **2,0 cm**. Este procedimento somente poderá ser executado da maneira que citamos abaixo:

Macaquear simultaneamente ambas as vigas que vinculam a laje elástica de modo a não provocar deslocamento diferencial entre os vínculos da laje elástica.

Neste caso, as vigas juntamente com a laje (seção composta) se deformam, provocando rotações nos apoios. Podemos supor que com o levantamento das vigas, o tabuleiro sofra uma deformação parabólica assim teríamos

Neste caso, as vigas juntamente com a laje (seção composta) se deformam, provocando rotações nos apoios.

$\delta = 2$ cm (deslocamento imposto)

Desta forma para o ângulo θ , temos:

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 106 | 103 | 100 |
| 200 | 197 | 194 | 191 | 189 | 186 | 183 | 180 | 177 | 174 | 171 | 169 | 166 | 163 | 160 | 157 | 154 | 151 | 149 | 146 | 143 | 140 | 137 | 134 | 131 | 129 | 126 | 123 | 120 | 117 | 114 | 111 | 109 | 10 | | |

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 44 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|---|--|---|--|
| Emitente: FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | | EMITENTE: FUPAM Proj.: Eng.Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | | EMTU | |
| Objeto: PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | | Coord. Téc.: Arq.Cristiane P. Díaz CAU: A40815-8 Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | |

Momentos Fletores Máximos

O máximo momento positivo ocorre quando o trem-tipo está posicionado sobre a laje elástica, adotando como esquema estático a laje elástica apoiada sobre a laje convencional.

As solicitações foram calculadas anteriormente:

Devido à atuação da carga permanente:

$$Mg_m = 0,56 \text{ tf m/m}$$

Devido à atuação da carga do trem-tipo:

$$Mq_m^{TB} = 1,83 \text{ tf m/m}$$

Determinação do momento positivo de cálculo:

$$Md_m = 1,35 \times Mg_m + 1,5 \times Mq_m^{TB} = 1,35 \times 0,56 + 1,5 \times 1,83 = 3,51 \text{ tf m/m}$$

Momentos Fletores Mínimos

Há três hipóteses de cálculo para calcular a armadura negativa, pior situação para a viga V1. A saber:

1ª hipótese: Ação da carga permanente sobre toda a estrutura, estando o trem-tipo sobre a laje elástica e a multidão sobre ambos os vãos.

$$Mg = -0,37 \text{ tf m/m}$$

$$Mq = -3,55 \text{ tf m/m}$$

$$Md = -5,82 \text{ tf m/m}$$

2ª hipótese: Ação da carga permanente sobre toda a estrutura, estando a multidão sobre a laje elástica e em ambos os vãos, enquanto o trem-tipo atua em apenas um vão.

$$Mg = -0,37 \text{ tf m/m}$$

$$Mq = -1,91 \text{ tf m/m}$$

$$Md = -3,37 \text{ tf m/m}$$

3ª hipótese(*): Ação da carga permanente sobre toda estrutura, macaqueando simultaneamente as duas transversinas que suportam a laje elástica.

$$Mg = -0,37 \text{ tf m/m}$$

$$Mq = -0,55 \text{ tf m/m}$$

$$Md = -0,96 \text{ tf m/m}$$

(*) O momento de cálculo na 3ª hipótese foi determinado com os coeficientes de majoração referentes às combinações excepcionais, presentes nas tabelas 2 e 4 da NBR 8681.

Observamos que a primeira hipótese é a mais crítica quando se considera os momentos negativos

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 45 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|--|-----------------|-----------------------------------|-----------------|
| Emitente: | EMITENTE: FUPAM | | |
| FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | Proj.: | Eng. Catão Francisco Ribeiro | CREA:0600512333 |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Local: | Santa Bárbara D'Oeste - SP | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | Resp. Téc.: | Prof. Dr. José Borelli Neto. | CAU:A1697-7 |
| Objeto: | EMTU | | |
| PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | Coord. Téc.: | Arq. Cristiane P. Díaz | CAU: A40815-8 |
| | Aprov.: | Eng. Mansueto H. Lunardi | CREA:0601218173 |
| | Resp. Téc.: | Eng.º Luiz C. P. Grillo | CREA:0600233140 |

Dimensionamento

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

| | | | |
|-----------------|------|-----------------|------|
| $\gamma_{fg} =$ | 1.35 | $\gamma_{fq} =$ | 1.50 |
| $\gamma_{fe} =$ | 1.00 | | |

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

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

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

| | | | |
|--------------|------|------------------|----|
| $\gamma_c =$ | 1.4 | Es/Ec fissuração | 15 |
| $\gamma_s =$ | 1.15 | Es/Ec fadiga | 10 |

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

| Esforços solicitantes | | mx+ | | Xy- | |
|-----------------------|---------|------|--|-----|------|
| Mgk | (tfm/m) | 0.56 | | | 0.37 |
| Mqk max | (tfm/m) | 1.83 | | | 3.55 |
| Mqk min | (tfm/m) | | | | |

Propriedades dos materiais

| | | | | | |
|-----|-------|-----|--|--|-----|
| fck | (MPa) | 25 | | | 25 |
| fyk | (MPa) | 500 | | | 500 |

Propriedades da seção

| | | | | | |
|----|------|-------|--|--|-------|
| h | (cm) | 15.0 | | | 15.0 |
| bw | (cm) | 100.0 | | | 100.0 |

Armadura inferior

| | | | | | |
|------------------------|------|------|--|--|------|
| φ (mm) | (mm) | 12.5 | | | 16.0 |
| cobrimento na armadura | (cm) | 3.00 | | | 3.00 |

Armadura superior

| | | | | | |
|-----|---------|------|--|--|------|
| As' | (cm²/m) | | | | |
| d' | (cm) | 3.00 | | | 3.00 |

DIMENSIONAMENTO

| | | | | | |
|----------|---------|-------|------|------|-------|
| Md | (tfm/m) | 3.50 | 0.00 | 0.00 | 5.82 |
| d | (cm) | 11.38 | | | 11.20 |
| x | (cm) | 2.81 | | | 5.28 |
| As | (cm²) | 7.86 | | | 14.74 |
| As' nec. | (cm²) | | | | |

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

| | | | | | |
|-----------------------------|-----------|------|--|--|-------|
| M_{Dmax} | (tfm/m) | 2.02 | | | 3.21 |
| M_{Dmin} | (tfm/m) | 0.56 | | | 0.37 |
| σ_{smax} | (kgf/cm²) | 2530 | | | 2248 |
| σ_{smin} | (kgf/cm²) | 700 | | | 259 |
| $\Delta\sigma_s$ | (kgf/cm²) | 1830 | | | 1989 |
| $\Delta\sigma_s$ Admissível | (kgf/cm²) | 1900 | | | 1900 |
| K | | 1.00 | | | 1.05 |
| A_{scom} | (cm²/m) | 7.86 | | | 15.43 |

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

| | | | | | |
|-----------------|-----------|-------|--|--|-------|
| σ_{smax} | (kgf/cm²) | 2588 | | | 2306 |
| p_{ri} | | 0.006 | | | 0.009 |
| w1 | (mm) | 0.17 | | | 0.17 |
| w2 | (mm) | 0.39 | | | 0.30 |
| ELS-W wk ≤ | (mm) | 0.30 | | | 0.30 |
| K | | 1.00 | | | 1.00 |
| A_{scom} | (cm²/m) | 7.86 | | | 14.74 |

| | | | | |
|------------------------|-----------------|--|--|---------------|
| Armadura e espaçamento | (Ø12.5c/15.9cm) | | | (Ø16c/12.9cm) |
|------------------------|-----------------|--|--|---------------|

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

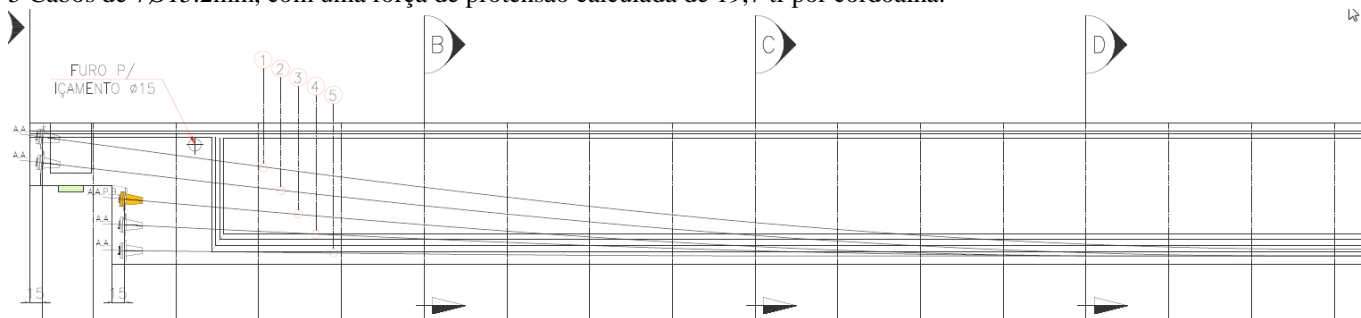
Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

5 Modelo de Cálculo da viga de concreto tipo 2 - vigas de 31.38m, e 32.82m, trecho curvo

Seções das vigas, cargas, combinações e sequências de cálculo são as mesmas da viga tipo 1, só alterando para esse modelo o vão de cálculo.

5.1 Protensão longitudinal da viga

5 Cabos de 7Ø15.2mm, com uma força de protensão calculada de 19,7 tf por cordoalha.



No programa Strap, foram colocados diferentes casos de multidão e posição de TB45, para calcular os esforços solicitantes devido a carga móvel.

O software determina através de envoltórias de esforços, os momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada viga é determinado os maiores e os menores esforços.

| TENS3BA | | | |
|---------|--------|--------|---------|
| | N (tf) | V (tf) | CG (cm) |
| 1 | -243.2 | -34.4 | 133.0 |
| 2 | -627.8 | -50.4 | 56.6 |
| 3 | -639.7 | -39.5 | 33.5 |
| 4 | -653.3 | -22.6 | 17.9 |
| 5 | -658.9 | -2.9 | 11.8 |
| 6 | -654.1 | 0.0 | 11.6 |

Força de protensão após as perdas por cravação e atrito

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

48 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

6 DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES NAS VIGAS

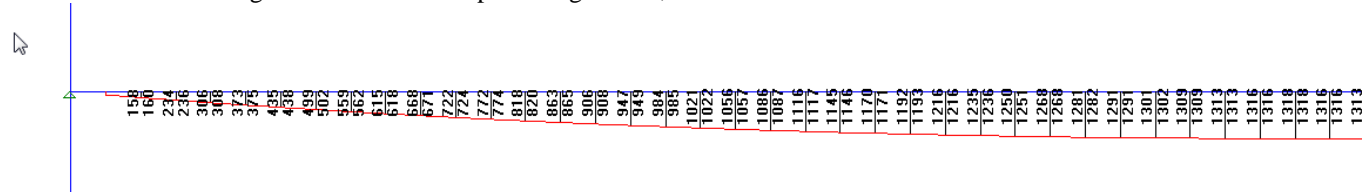
6.1 Verificação do Estado Limite Ultimo

Para essa verificação serão determinadas quais as seções estão sujeitas aos maiores esforços positivos e negativos e posteriormente serão verificadas as capacidades resistentes dessas seções.

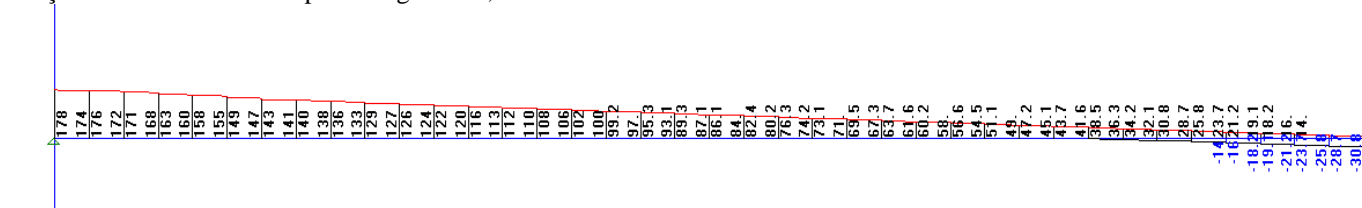
A seguir estão ilustradas as envoltórias de esforços para a combinação de ELU.

Devido à disposição no tabuleiro a viga mais solicitada é a externa, por isso serão apresentados seus resultados.

Momentos fletores longitudinais de cálculo para a viga de 31,38m



Forças cortantes de cálculo para a viga de 31,38m



Esforços críticos:

Momento máximo positivo – 1318 tf x m / Cortante máxima = 178 tf

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

49 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente

Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP

Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP

Sub Trecho: TRECHO 3

Objeto:

PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B

EMITENTE: FUPAM

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

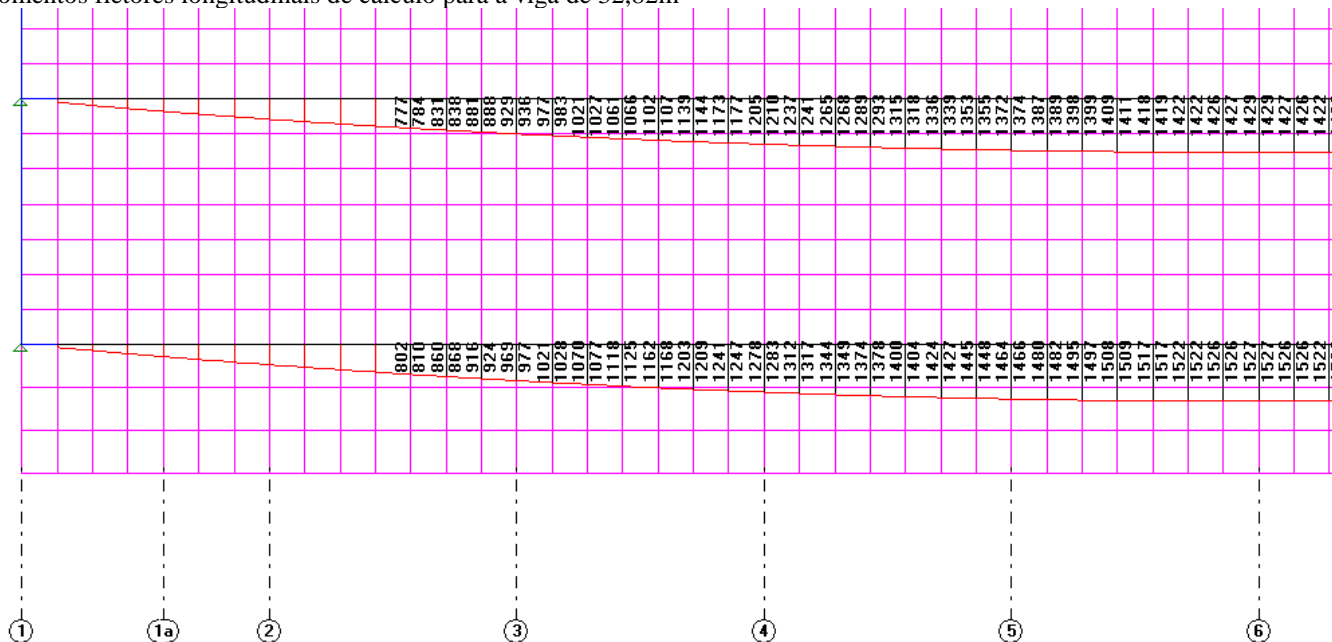
EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

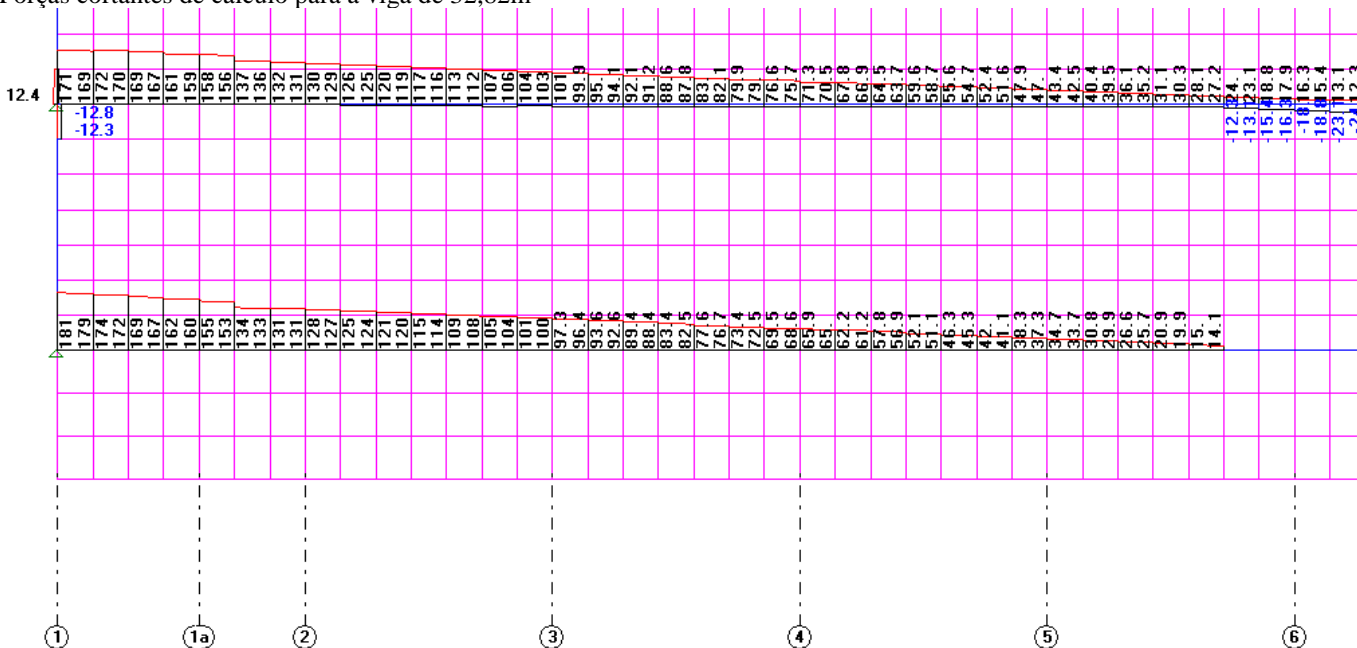
Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Momentos fletores longitudinais de cálculo para a viga de 32,82m



Forças cortantes de cálculo para a viga de 32,82m



Esforços críticos:

Momento máximo positivo – 1429 tf x m / Cortante máxima = 171 tf

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

protensão limitada

ENTRADA

Cpten1 - ver 3.1

Concreto

| | | |
|------------------------------|---------|-----------|
| fck | (MPa) | 40 |
| ALFAP (Eaço/Econcreto) | | 5.53 |
| ALFA (Tab. A-2, NBR 6118/03) | | 3 |
| Econcreto28 | (tf/m²) | 3 541 751 |
| Abatimento | (cm¹) | 9.00 |

Intervalos de tempo

t0 (dias) = 7

t1 (dias) = 14

t2 (anos) = 50

Aço CP-190-RB

| | | |
|-----------------------------|---------|------------|
| E aço | (tf/m²) | 19 600 000 |
| Carga ruptura a tração (tf) | | 26.580 |
| Diâmetro | (mm¹) | 15.200 |
| Área | (m²) | 1.4000E-04 |

| PERFIL SIMPLES | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura | (m¹) | 1.700 | 1.700 | 1.700 | 1.700 | 1.700 |
| CG | (m¹) | 1.350 | 0.871 | 0.871 | 0.871 | 0.871 |
| Área | (m²) | 0.569 | 0.574 | 0.574 | 0.574 | 0.574 |
| Momento de inércia | (m⁴) | 0.029 | 0.217 | 0.217 | 0.217 | 0.217 |
| UAR | (m) | 2.504 | 5.121 | 5.121 | 5.121 | 5.121 |

OBS: Adotada umidade relativa do ambiente U = 70%

| PERFIL COMPOSTO | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura | (m¹) | 1.020 | 1.982 | 1.982 | 1.982 | 1.982 |
| CG | (m¹) | 1.643 | 1.405 | 1.405 | 1.405 | 1.405 |
| Área | (m²) | 1.433 | 1.276 | 1.276 | 1.276 | 1.276 |
| Momento de inércia | (m⁴) | 0.115 | 0.518 | 0.518 | 0.518 | 0.518 |

| AÇO CP-190-RB | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Carga de protensão | (tf) | 17.37 | 17.94 | 18.28 | 18.66 | 18.83 |
| CG superior | (m¹) | | | | | |
| CG inferior | (m¹) | 1.330 | 0.566 | 0.335 | 0.179 | 0.116 |
| Nº cordoalhas - superior | | | | | | |
| Nº cordoalhas - inferior | 14 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |

| CARREGAMENTO | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MG1 | (tf.m) | 0.000 | 69.700 | 121.000 | 157.000 | 179.000 |
| MG2 | (tf.m) | 0.000 | 101.000 | 180.000 | 236.000 | 270.000 |
| MG3 | (tf.m) | 0.000 | 53.600 | 95.400 | 126.000 | 144.000 |
| MQ | (tf.m) | 0.000 | 160.017 | 267.019 | 339.903 | 382.861 |

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

51 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 1

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|------|----|----|-------|-------|---------------|---------|------------|------------|
| Face superior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -399.40 | -399.40 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -470.72 | -470.72 | 238.60 | 1.88 |
| Face inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -699.89 | -699.89 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|----|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -353.16 | -353.16 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -410.91 | -410.91 | 232.07 | 4.57 |
| Face inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -618.86 | -618.85 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 781.04 |
| Retração do concreto | □ | 53.12 |
| Fluência do concreto | □ | 1 495.88 |
| Total | □ | 3 330.03 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -421.34 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | 0.00 | 0.00 | □ | □ | □ | -353.16 | -353.16 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | □ | □ | □ | -410.91 | -410.91 | 232.07 | 4.57 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | □ | □ | □ | -618.86 | -618.85 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | 0.00 | 0.00 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -353.16 | -353.16 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -410.91 | -410.91 | 232.07 | 4.57 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -618.86 | -618.85 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | 21.87 | 21.87 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -334.43 | -334.43 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -390.48 | -390.48 | 204.86 | 15.76 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -592.27 | -592.27 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 5 119.32 |
| Def. lenta irreversível | -2.80E-04 | -1.86E-04 | Retração do concreto | □ | 4 627.08 |
| Def. lenta reversível | -6.98E-05 | -4.64E-05 | Fluência do concreto | □ | 4 137.33 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -3.24E-05 | -2.15E-05 | Total | □ | 13 883.73 |
| Deformação total | 3.18E-04 | 2.11E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 21.87 | 21.87 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | -334.43 | -334.43 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | -390.48 | -390.48 | 204.86 | 15.76 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | -592.27 | -592.27 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 0.00 | 21.87 | 21.87 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -334.43 | -334.43 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 0.00 | -390.48 | -390.48 | 204.86 | 15.76 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 0.00 | -592.27 | -592.27 | | |

5 cabos de 8

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Cpten1f - ver 3.1

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 2

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -266.34 | □ | □ | □ | □ | -375.94 | -642.28 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 98.26 | □ | □ | □ | □ | -1 430.12 | -1 331.86 | 595.42 | 5.17 |
| Face inferior | 280.09 | □ | □ | □ | □ | -1 945.62 | -1 665.54 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -266.34 | □ | □ | □ | □ | -322.87 | -589.21 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 98.26 | □ | □ | □ | □ | -1 222.40 | -1 124.14 | 562.51 | 10.41 |
| Face inferior | 280.09 | □ | □ | □ | □ | -1 670.98 | -1 390.90 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 766.99 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 4 783.51 |
| Total | □ | 6 716.50 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 192.47 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | -266.34 | -385.95 | □ | □ | □ | -324.96 | -977.25 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 98.26 | 142.39 | □ | □ | □ | -1 230.29 | -989.65 | 566.14 | 9.83 |
| Face inferior | 280.09 | 405.86 | □ | □ | □ | -1 681.78 | -995.83 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -59.68 | □ | □ | 0.33 | -59.35 | | |
| Face superior | -266.34 | -385.95 | -30.52 | □ | □ | -325.63 | -1 008.45 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 98.26 | 142.39 | 86.76 | □ | □ | -1 235.04 | -907.63 | 568.36 | 9.48 |
| Face inferior | 280.09 | 405.86 | 145.25 | □ | □ | -1 688.55 | -857.35 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -59.68 | □ | □ | 40.99 | -18.70 | | |
| Face superior | -266.34 | -385.95 | -30.52 | □ | □ | -269.73 | -952.55 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 98.26 | 142.39 | 86.76 | □ | □ | -1 117.80 | -790.39 | 476.66 | 24.08 |
| Face inferior | 280.09 | 405.86 | 145.25 | □ | □ | -1 540.73 | -709.52 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 4 647.86 |
| Def. lenta irreversível | -4.08E-04 | -4.31E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -9.67E-05 | -1.02E-04 | Fluência do concreto | □ | 9 271.99 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -7.57E-05 | -6.08E-05 | Total | □ | 18 712.85 |
| Deformação total | 4.29E-04 | 4.73E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|--------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -59.68 | -53.45 | □ | 41.28 | -71.85 | | |
| Face superior | -266.34 | -385.95 | -30.52 | -27.34 | □ | -270.34 | -980.49 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 98.26 | 142.39 | 86.76 | 77.71 | □ | -1 122.06 | -716.93 | 478.65 | 23.76 |
| Face inferior | 280.09 | 405.86 | 145.25 | 130.09 | □ | -1 546.80 | -585.50 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|--------|-------|--------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -59.68 | □ | -89.09 | 41.48 | -107.29 | | |
| Face superior | -266.34 | -385.95 | -30.52 | □ | -45.56 | -270.75 | -999.12 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 98.26 | 142.39 | 86.76 | □ | 129.51 | -1 124.89 | -667.96 | 479.97 | 23.55 |
| Face inferior | 280.09 | 405.86 | 145.25 | □ | 216.82 | -1 550.84 | -502.82 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

53 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 3

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -462.37 | □ | □ | □ | □ | 203.41 | -258.96 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 299.56 | □ | □ | □ | □ | -2 017.41 | -1 717.86 | 597.99 | 6.52 |
| Face inferior | 486.23 | □ | □ | □ | □ | -2 565.00 | -2 078.76 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -462.37 | □ | □ | □ | □ | 172.62 | -289.75 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 299.56 | □ | □ | □ | □ | -1 714.42 | -1 414.86 | 558.23 | 12.73 |
| Face inferior | 486.23 | □ | □ | □ | □ | -2 176.75 | -1 690.52 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 800.51 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 6 149.10 |
| Total | □ | 8 115.61 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 532.89 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -462.37 | -687.83 | □ | □ | □ | 176.08 | -974.13 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 299.56 | 445.62 | □ | □ | □ | -1 748.70 | -1 003.52 | 569.39 | 10.99 |
| Face inferior | 486.23 | 723.32 | □ | □ | □ | -2 220.27 | -1 010.72 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -106.23 | □ | □ | 2.02 | -104.21 | | |
| Face superior | -462.37 | -687.83 | -54.33 | □ | □ | 175.21 | -1 029.32 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 299.56 | 445.62 | 196.96 | □ | □ | -1 763.49 | -821.35 | 574.33 | 10.21 |
| Face inferior | 486.23 | 723.32 | 258.53 | □ | □ | -2 238.48 | -770.40 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -106.23 | □ | □ | 18.07 | -88.16 | | |
| Face superior | -462.37 | -687.83 | -54.33 | □ | □ | 216.47 | -988.06 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 299.56 | 445.62 | 196.96 | □ | □ | -1 600.19 | -658.05 | 488.02 | 23.71 |
| Face inferior | 486.23 | 723.32 | 258.53 | □ | □ | -2 045.27 | -577.19 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 4 884.17 |
| Def. lenta irreversível | -3.66E-04 | -3.90E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -8.69E-05 | -9.27E-05 | Fluência do concreto | □ | 7 936.82 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -9.39E-05 | -7.82E-05 | Total | □ | 17 613.99 |
| Deformação total | 3.59E-04 | 4.05E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|--------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -106.23 | -89.20 | □ | 19.76 | -175.66 | | |
| Face superior | -462.37 | -687.83 | -54.33 | -45.62 | □ | 215.75 | -1 034.40 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 299.56 | 445.62 | 196.96 | 165.39 | □ | -1 612.61 | -505.08 | 492.17 | 23.06 |
| Face inferior | 486.23 | 723.32 | 258.53 | 217.08 | □ | -2 060.56 | -375.40 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|---------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -106.23 | □ | -148.66 | 20.89 | -233.99 | | |
| Face superior | -462.37 | -687.83 | -54.33 | □ | -76.03 | 215.27 | -1 065.30 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 299.56 | 445.62 | 196.96 | □ | 275.65 | -1 620.89 | -403.11 | 494.94 | 22.63 |
| Face inferior | 486.23 | 723.32 | 258.53 | □ | 361.81 | -2 070.76 | -240.87 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 4

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -599.94 | □ | □ | □ | □ | 599.15 | -0.80 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 501.44 | □ | □ | □ | □ | -2 614.34 | -2 112.90 | 602.29 | 7.80 |
| Face inferior | 630.89 | □ | □ | □ | □ | -2 998.02 | -2 367.13 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -599.94 | □ | □ | □ | □ | 502.38 | -97.56 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 501.44 | □ | □ | □ | □ | -2 196.59 | -1 695.16 | 555.52 | 14.96 |
| Face inferior | 630.89 | □ | □ | □ | □ | -2 513.84 | -1 882.94 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 856.83 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 7 521.73 |
| Total | □ | 9 544.55 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 875.07 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -599.94 | -901.82 | □ | □ | □ | 519.07 | -982.69 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 501.44 | 753.75 | □ | □ | □ | -2 269.58 | -1 014.39 | 573.97 | 12.14 |
| Face inferior | 630.89 | 948.35 | □ | □ | □ | -2 597.36 | -1 018.11 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -140.30 | □ | □ | 4.28 | -136.02 | | |
| Face superior | -599.94 | -901.82 | -71.75 | □ | □ | 518.45 | -1 055.07 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 501.44 | 753.75 | 298.00 | □ | □ | -2 296.66 | -743.48 | 581.33 | 11.01 |
| Face inferior | 630.89 | 948.35 | 341.46 | □ | □ | -2 627.56 | -706.85 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -140.30 | □ | □ | 5.30 | -135.00 | | |
| Face superior | -599.94 | -901.82 | -71.75 | □ | □ | 550.22 | -1 023.30 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 501.44 | 753.75 | 298.00 | □ | □ | -2 099.02 | -545.84 | 499.72 | 23.50 |
| Face inferior | 630.89 | 948.35 | 341.46 | □ | □ | -2 410.42 | -489.71 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 5 165.88 |
| Def. lenta irreversível | -3.36E-04 | -3.53E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -7.98E-05 | -8.39E-05 | Fluência do concreto | □ | 6 696.83 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -1.07E-04 | -9.57E-05 | Total | □ | 16 655.71 |
| Deformação total | 3.09E-04 | 3.42E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -140.30 | -113.54 | □ | 8.76 | -245.08 | | |
| Face superior | -599.94 | -901.82 | -71.75 | -58.07 | □ | 549.71 | -1 081.87 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 501.44 | 753.75 | 298.00 | 241.17 | □ | -2 120.94 | -326.59 | 505.67 | 22.59 |
| Face inferior | 630.89 | 948.35 | 341.46 | 276.34 | □ | -2 434.86 | -237.81 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|---------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -140.30 | □ | -189.24 | 11.07 | -318.47 | | |
| Face superior | -599.94 | -901.82 | -71.75 | □ | -96.78 | 549.37 | -1 120.93 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 501.44 | 753.75 | 298.00 | □ | 401.94 | -2 135.56 | -180.43 | 509.64 | 21.99 |
| Face inferior | 630.89 | 948.35 | 341.46 | □ | 460.56 | -2 451.15 | -69.88 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 5

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -684.01 | □ | □ | □ | □ | 756.84 | 72.83 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 622.30 | □ | □ | □ | □ | -2 895.45 | -2 273.14 | 604.29 | 8.29 |
| Face inferior | 719.30 | □ | □ | □ | □ | -3 171.72 | -2 452.42 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -684.01 | □ | □ | □ | □ | 631.65 | -52.36 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 622.30 | □ | □ | □ | □ | -2 420.43 | -1 798.13 | 554.76 | 15.80 |
| Face inferior | 719.30 | □ | □ | □ | □ | -2 647.06 | -1 927.75 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 883.28 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 8 058.36 |
| Total | □ | 10 107.63 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -2 008.85 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|-----------|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -684.01 | -1 031.75 | □ | □ | □ | 657.56 | -1 058.20 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 622.30 | 938.67 | □ | □ | □ | -2 519.72 | -958.74 | 577.51 | 12.35 |
| Face inferior | 719.30 | 1 084.98 | □ | □ | □ | -2 755.64 | -951.36 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -160.34 | □ | □ | 5.69 | -154.65 | | |
| Face superior | -684.01 | -1 031.75 | -82.00 | □ | □ | 657.11 | -1 140.65 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 622.30 | 938.67 | 357.60 | □ | □ | -2 554.60 | -636.03 | 586.28 | 11.02 |
| Face inferior | 719.30 | 1 084.98 | 390.24 | □ | □ | -2 793.08 | -598.56 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -160.34 | □ | □ | 1.47 | -158.87 | | |
| Face superior | -684.01 | -1 031.75 | -82.00 | □ | □ | 684.01 | -1 113.75 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 622.30 | 938.67 | 357.60 | □ | □ | -2 353.08 | -434.51 | 510.40 | 22.54 |
| Face inferior | 719.30 | 1 084.98 | 390.24 | □ | □ | -2 578.59 | -384.07 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 5 368.31 |
| Def. lenta irreversível | -2.85E-04 | -3.02E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -6.75E-05 | -7.18E-05 | Fluência do concreto | □ | 5 324.22 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -1.10E-04 | -1.02E-04 | Total | □ | 15 485.53 |
| Deformação total | 2.42E-04 | 2.72E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|-----------|---------|---------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -160.34 | -127.89 | □ | 6.01 | -282.22 | | |
| Face superior | -684.01 | -1 031.75 | -82.00 | -65.41 | □ | 683.65 | -1 179.51 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 622.30 | 938.67 | 357.60 | 285.23 | □ | -2 380.90 | -177.10 | 517.39 | 21.48 |
| Face inferior | 719.30 | 1 084.98 | 390.24 | 311.26 | □ | -2 608.45 | -102.67 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|---------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -160.34 | □ | -213.15 | 9.04 | -364.46 | | |
| Face superior | -684.01 | -1 031.75 | -82.00 | □ | -109.01 | 683.42 | -1 223.36 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 622.30 | 938.67 | 357.60 | □ | 475.38 | -2 399.45 | -5.50 | 522.05 | 20.77 |
| Face inferior | 719.30 | 1 084.98 | 390.24 | □ | 518.77 | -2 628.36 | 84.93 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

56 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 6

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -710.76 | □ | □ | □ | □ | 755.88 | 45.13 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 647.93 | □ | □ | □ | □ | -2 884.26 | -2 236.33 | 600.49 | 8.20 |
| Face inferior | 747.43 | □ | □ | □ | □ | -3 155.78 | -2 408.35 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -710.76 | □ | □ | □ | □ | 631.58 | -79.18 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 647.93 | □ | □ | □ | □ | -2 413.79 | -1 765.86 | 551.91 | 15.63 |
| Face inferior | 747.43 | □ | □ | □ | □ | -2 636.81 | -1 889.38 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 833.19 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 7 914.73 |
| Total | □ | 9 913.91 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 973.04 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|-----------|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -710.76 | -1 073.78 | □ | □ | □ | 658.73 | -1 125.81 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 647.93 | 978.86 | □ | □ | □ | -2 517.55 | -890.76 | 575.64 | 12.00 |
| Face inferior | 747.43 | 1 129.18 | □ | □ | □ | -2 750.15 | -873.54 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -167.02 | □ | □ | 5.95 | -161.07 | | |
| Face superior | -710.76 | -1 073.78 | -85.42 | □ | □ | 658.27 | -1 211.69 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 647.93 | 978.86 | 372.93 | □ | □ | -2 553.99 | -554.27 | 584.77 | 10.60 |
| Face inferior | 747.43 | 1 129.18 | 406.50 | □ | □ | -2 789.23 | -506.12 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -167.02 | □ | □ | 1.87 | -165.15 | | |
| Face superior | -710.76 | -1 073.78 | -85.42 | □ | □ | 683.42 | -1 186.54 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 647.93 | 978.86 | 372.93 | □ | □ | -2 364.65 | -364.93 | 513.64 | 21.48 |
| Face inferior | 747.43 | 1 129.18 | 406.50 | □ | □ | -2 587.87 | -304.76 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 5 306.51 |
| Def. lenta irreversível | -2.41E-04 | -2.63E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -5.71E-05 | -6.25E-05 | Fluência do concreto | □ | 4 417.33 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -1.08E-04 | -1.01E-04 | Total | □ | 14 516.85 |
| Deformação total | 1.90E-04 | 2.25E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|-----------|---------|---------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -167.02 | -132.51 | □ | 6.59 | -292.93 | | |
| Face superior | -710.76 | -1 073.78 | -85.42 | -67.77 | □ | 683.06 | -1 254.67 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 647.93 | 978.86 | 372.93 | 295.86 | □ | -2 393.56 | -97.97 | 520.89 | 20.37 |
| Face inferior | 747.43 | 1 129.18 | 406.50 | 322.49 | □ | -2 618.87 | -13.27 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|---------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -167.02 | □ | -220.84 | 9.74 | -378.12 | | |
| Face superior | -710.76 | -1 073.78 | -85.42 | □ | -112.95 | 682.82 | -1 300.09 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 647.93 | 978.86 | 372.93 | □ | 493.11 | -2 412.83 | 80.00 | 525.72 | 19.63 |
| Face inferior | 747.43 | 1 129.18 | 406.50 | □ | 537.49 | -2 639.53 | 181.06 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Cptenf - ver 3.1

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

57 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

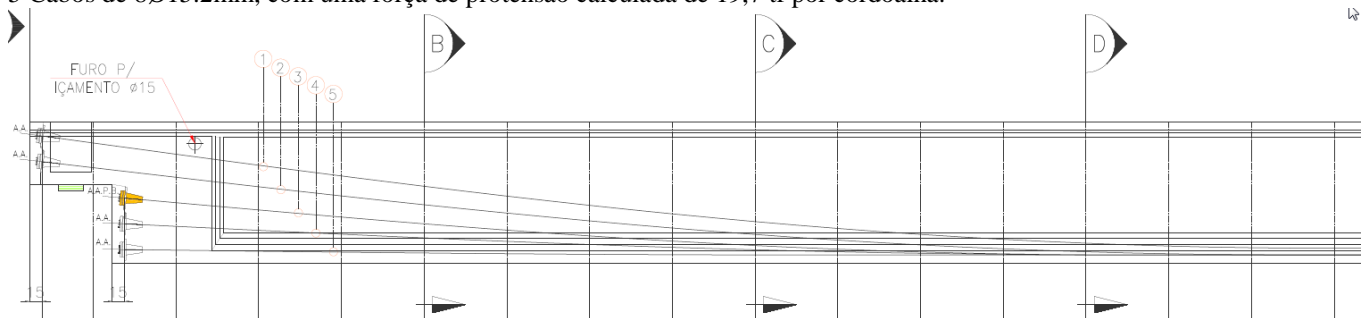
Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

7 Modelo de Cálculo da viga de concreto tipo 3 - vigas de 33.54m, trecho curvo

Seções das vigas, cargas, combinações e sequências de cálculo são as mesmas da viga tipo 1, só alterando para esse modelo o vão de cálculo.

7.1 Protensão longitudinal da viga

5 Cabos de 8Ø15.2mm, com uma força de protensão calculada de 19,7 tf por cordoalha.



No programa Strap, foram colocados diferentes casos de multidão e posição de TB45, para calcular os esforços solicitantes devido a carga móvel.

O software determina através de envoltórias de esforços, os momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada viga é determinado os maiores e os menores esforços.

| TENS3BA | | | |
|---------|--------|--------|---------|
| | N (tf) | V (tf) | CG (cm) |
| 1 | -279.7 | -35.4 | 133.6 |
| 2 | -718.6 | -53.7 | 58.2 |
| 3 | -731.2 | -43.3 | 36.0 |
| 4 | -745.6 | -27.0 | 20.2 |
| 5 | -754.8 | -7.8 | 12.7 |
| 6 | -748.4 | 0.0 | 11.6 |

Força de protensão após as perdas por cravação e atrito

MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|---|--|--|------------------|
| Emitente: FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | | EMITENTE: FUPAM | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro | CREA: 0600512333 |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. | CAU: A1697-7 |
| Objeto: PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | | EMTU | |
| | | Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz | CAU: A40815-8 |
| | | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi | CREA: 0601218173 |
| | | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo | CREA: 0600233140 |

8 DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES NAS VIGAS

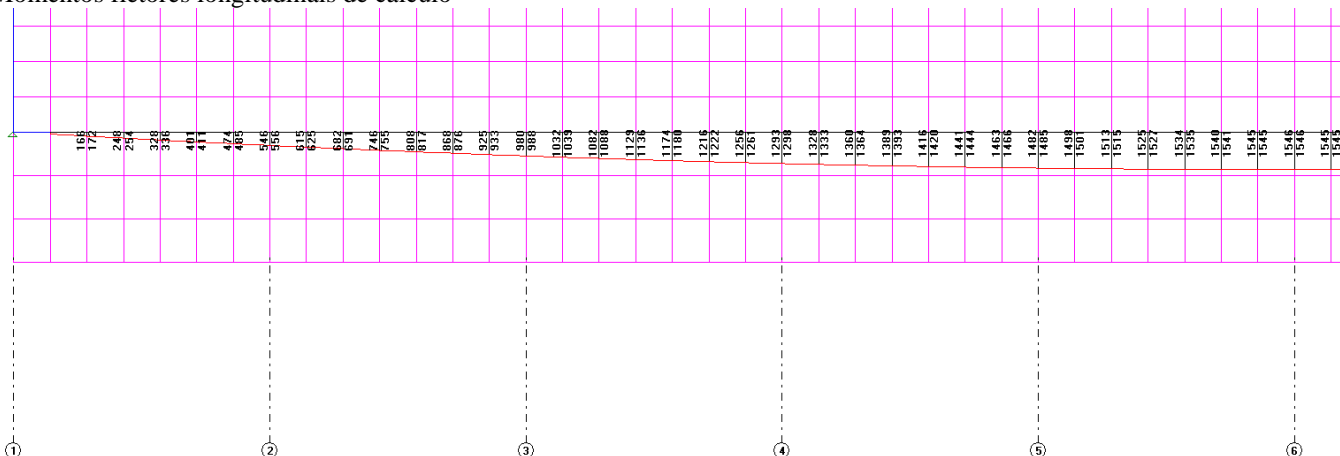
8.1 Verificação do Estado Limite Ultimo

Para essa verificação serão determinadas quais as seções estão sujeitas aos maiores esforços positivos e negativos e posteriormente serão verificadas as capacidades resistentes dessas seções.

A seguir estão ilustradas as envoltórias de esforços para a combinação de ELU.

Devido à disposição no tabuleiro a viga mais solicitada é a externa, por isso serão apresentados seus resultados.

Momentos fletores longitudinais de cálculo



Forças cortantes de cálculo

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente

Trecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**

Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**

Sub Trecho: **TRECHO 3**

EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

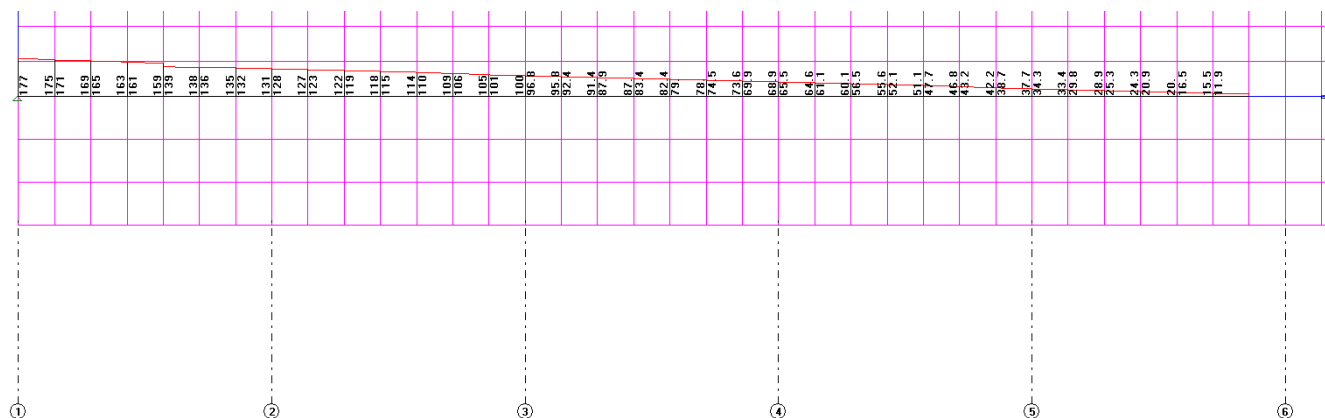
Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140



Esforços críticos:

Momento máximo positivo – 1546 tf x m / Cortante máxima = 177 tf

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

protensão limitada

ENTRADA

Cpten1 - ver 3.1

Concreto

| | | |
|------------------------------|---------|-----------|
| fck | (MPa) | 40 |
| ALFAP (Eaço/Econcreto) | | 5.53 |
| ALFA (Tab. A-2, NBR 6118/03) | | 3 |
| Econcreto28 | (tf/m²) | 3 541 751 |
| Abatimento | (cm¹) | 9.00 |

Intervalos de tempo

t0 (dias) = 7

t1 (dias) = 14

t2 (anos) = 50

Aço CP-190-RB

| | | |
|-----------------------------|---------|------------|
| E aço | (tf/m²) | 19 600 000 |
| Carga ruptura a tração (tf) | | 26.580 |
| Diâmetro | (mm¹) | 15.200 |
| Área | (m²) | 1.4000E-04 |

| PERFIL SIMPLES | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura | (m¹) | 1.700 | 1.700 | 1.700 | 1.700 | 1.700 |
| CG | (m¹) | 1.350 | 0.871 | 0.871 | 0.871 | 0.871 |
| Área | (m²) | 0.569 | 0.574 | 0.574 | 0.574 | 0.574 |
| Momento de inércia | (m⁴) | 0.029 | 0.217 | 0.217 | 0.217 | 0.217 |
| UAR | (m) | 2.504 | 5.121 | 5.121 | 5.121 | 5.121 |

OBS: Adotada umidade relativa do ambiente U = 70%

| PERFIL COMPOSTO | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura | (m¹) | 1.020 | 1.982 | 1.982 | 1.982 | 1.982 |
| CG | (m¹) | 1.643 | 1.405 | 1.405 | 1.405 | 1.405 |
| Área | (m²) | 1.433 | 1.276 | 1.276 | 1.276 | 1.276 |
| Momento de inércia | (m⁴) | 0.115 | 0.518 | 0.518 | 0.518 | 0.518 |

| AÇO CP-190-RB | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Carga de protensão | (tf) | 17.480 | 17.970 | 18.280 | 18.640 | 18.700 |
| CG superior | (m¹) | | | | | |
| CG inferior | (m¹) | 1.336 | 0.582 | 0.360 | 0.202 | 0.116 |
| Nº cordoalhas - superior | | | | | | |
| Nº cordoalhas - inferior | 16 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |

| CARREGAMENTO | SEÇÃO 1 | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 | SEÇÃO 6 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MG1 | (tf.m) | 0.000 | 71.300 | 124.000 | 162.000 | 193.000 |
| MG2 | (tf.m) | 0.000 | 109.000 | 193.000 | 253.000 | 301.000 |
| MG3 | (tf.m) | 0.000 | 67.100 | 120.000 | 157.000 | 178.000 |
| MQ | (tf.m) | 0.000 | 148.329 | 267.703 | 354.466 | 407.325 |

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

61 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 1

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|------|----|----|-------|-------|---------------|---------|------------|------------|
| Face superior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -477.20 | -477.20 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -539.43 | -539.43 | 273.70 | 2.14 |
| Face inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -729.37 | -729.37 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|----|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -421.13 | -421.13 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -468.82 | -468.82 | 265.69 | 5.00 |
| Face inferior | 0.00 | □ | □ | □ | □ | -643.68 | -643.67 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 809.88 |
| Retração do concreto | □ | 53.12 |
| Fluência do concreto | □ | 1 709.99 |
| Total | □ | 3 572.99 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -481.65 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|----|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Face superior | 0.00 | 0.00 | □ | □ | □ | -421.13 | -421.13 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | □ | □ | □ | -468.82 | -468.82 | 265.69 | 5.00 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | □ | □ | □ | -643.68 | -643.67 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | 0.00 | 0.00 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -421.13 | -421.13 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -468.82 | -468.82 | 265.69 | 5.00 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -643.68 | -643.66 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | 25.19 | 25.19 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -398.68 | -398.68 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -444.90 | -444.90 | 233.20 | 16.62 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | □ | -614.36 | -614.35 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 5 160.78 |
| Def. lenta irreversível | -2.92E-04 | -2.12E-04 | Retração do concreto | □ | 4 627.08 |
| Def. lenta reversível | -7.26E-05 | -5.29E-05 | Fluência do concreto | □ | 4 719.42 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -3.37E-05 | -2.46E-05 | Total | □ | 14 507.27 |
| Deformação total | 3.31E-04 | 2.41E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 25.19 | 25.19 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | -398.68 | -398.68 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | -444.90 | -444.90 | 233.20 | 16.62 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | -614.36 | -614.35 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-----------|---------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 0.00 | 25.19 | 25.19 | | |
| Face superior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -398.68 | -398.68 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 0.00 | -444.90 | -444.90 | 233.20 | 16.62 |
| Face inferior | 0.00 | 0.00 | 0.00 | □ | 0.00 | -614.36 | -614.35 | | |

5 cabos de 8

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Cpten1f - ver 3.1

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 62 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64BEMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 2

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -272.46 | □ | □ | □ | □ | -474.42 | -746.87 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 95.10 | □ | □ | □ | □ | -1 594.86 | -1 499.76 | 677.08 | 5.80 |
| Face inferior | 286.51 | □ | □ | □ | □ | -2 163.15 | -1 876.63 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -272.46 | □ | □ | □ | □ | -405.33 | -677.78 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 95.10 | □ | □ | □ | □ | -1 354.04 | -1 258.94 | 636.33 | 11.47 |
| Face inferior | 286.51 | □ | □ | □ | □ | -1 848.12 | -1 561.61 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 728.67 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 5 383.69 |
| Total | □ | 7 278.36 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 342.09 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|---------|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -272.46 | -416.52 | □ | □ | □ | -408.01 | -1 096.98 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 95.10 | 145.38 | □ | □ | □ | -1 363.00 | -1 122.52 | 640.53 | 10.89 |
| Face inferior | 286.51 | 438.01 | □ | □ | □ | -1 860.34 | -1 135.82 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|---------|--------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -74.71 | □ | □ | 0.41 | -74.31 | | |
| Face superior | -272.46 | -416.52 | -38.21 | □ | □ | -408.98 | -1 136.17 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 95.10 | 145.38 | 106.48 | □ | □ | -1 369.44 | -1 022.48 | 643.62 | 10.46 |
| Face inferior | 286.51 | 438.01 | 181.84 | □ | □ | -1 869.64 | -963.28 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|---------|--------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -74.71 | □ | □ | 51.31 | -23.41 | | |
| Face superior | -272.46 | -416.52 | -38.21 | □ | □ | -340.74 | -1 067.93 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 95.10 | 145.38 | 106.48 | □ | □ | -1 232.45 | -885.49 | 533.38 | 25.80 |
| Face inferior | 286.51 | 438.01 | 181.84 | □ | □ | -1 696.84 | -790.48 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 4 445.86 |
| Def. lenta irreversível | -4.58E-04 | -4.86E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -1.09E-04 | -1.15E-04 | Fluência do concreto | □ | 10 446.58 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -8.55E-05 | -6.85E-05 | Total | □ | 19 685.44 |
| Deformação total | 4.81E-04 | 5.33E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|---------|--------|--------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -74.71 | -49.55 | □ | 51.58 | -72.69 | | |
| Face superior | -272.46 | -416.52 | -38.21 | -25.34 | □ | -341.38 | -1 093.91 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 95.10 | 145.38 | 106.48 | 70.62 | □ | -1 236.72 | -819.15 | 535.43 | 25.51 |
| Face inferior | 286.51 | 438.01 | 181.84 | 120.59 | □ | -1 703.01 | -676.05 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|---------|--------|-------|--------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -74.71 | □ | -82.58 | 51.76 | -105.54 | | |
| Face superior | -272.46 | -416.52 | -38.21 | □ | -42.23 | -341.81 | -1 111.24 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 95.10 | 145.38 | 106.48 | □ | 117.70 | -1 239.58 | -774.92 | 536.79 | 25.32 |
| Face inferior | 286.51 | 438.01 | 181.84 | □ | 200.98 | -1 707.12 | -599.77 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

63 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 3

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -473.84 | □ | □ | □ | □ | 158.75 | -315.08 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 292.55 | □ | □ | □ | □ | -2 197.75 | -1 905.20 | 678.28 | 7.24 |
| Face inferior | 498.29 | □ | □ | □ | □ | -2 833.69 | -2 335.40 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -473.84 | □ | □ | □ | □ | 133.91 | -339.93 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 292.55 | □ | □ | □ | □ | -1 855.99 | -1 563.44 | 629.33 | 13.93 |
| Face inferior | 498.29 | □ | □ | □ | □ | -2 390.18 | -1 891.89 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 742.14 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 6 832.42 |
| Total | □ | 8 740.55 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -1 703.24 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -473.84 | -737.51 | □ | □ | □ | 136.66 | -1 074.69 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 292.55 | 455.34 | □ | □ | □ | -1 894.15 | -1 146.26 | 642.27 | 12.16 |
| Face inferior | 498.29 | 775.56 | □ | □ | □ | -2 439.32 | -1 165.48 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -133.62 | □ | □ | 2.62 | -131.00 | | |
| Face superior | -473.84 | -737.51 | -68.34 | □ | □ | 135.36 | -1 144.32 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 292.55 | 455.34 | 241.91 | □ | □ | -1 914.05 | -924.25 | 649.16 | 11.22 |
| Face inferior | 498.29 | 775.56 | 325.20 | □ | □ | -2 464.22 | -865.18 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -133.62 | □ | □ | 24.65 | -108.96 | | |
| Face superior | -473.84 | -737.51 | -68.34 | □ | □ | 186.04 | -1 093.64 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 292.55 | 455.34 | 241.91 | □ | □ | -1 727.22 | -737.43 | 546.23 | 25.30 |
| Face inferior | 498.29 | 775.56 | 325.20 | □ | □ | -2 240.85 | -641.80 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 4 634.40 |
| Def. lenta irreversível | -4.11E-04 | -4.39E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -9.76E-05 | -1.04E-04 | Fluência do concreto | □ | 8 952.89 |
| Def. lenta revers.(fase II) | -1.06E-04 | -8.69E-05 | Total | □ | 18 380.29 |
| Deformação total | 4.03E-04 | 4.57E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|--------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -133.62 | -89.42 | □ | 26.40 | -196.64 | | |
| Face superior | -473.84 | -737.51 | -68.34 | -45.73 | □ | 185.18 | -1 140.24 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 292.55 | 455.34 | 241.91 | 161.90 | □ | -1 740.54 | -588.85 | 550.84 | 24.67 |
| Face inferior | 498.29 | 775.56 | 325.20 | 217.64 | □ | -2 257.51 | -440.82 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|---------|---------|-------|---------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -133.62 | □ | -149.04 | 27.57 | -255.09 | | |
| Face superior | -473.84 | -737.51 | -68.34 | □ | -76.22 | 184.60 | -1 171.31 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 292.55 | 455.34 | 241.91 | □ | 269.83 | -1 749.42 | -489.79 | 553.91 | 24.25 |
| Face inferior | 498.29 | 775.56 | 325.20 | □ | 362.74 | -2 268.61 | -306.84 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Cpten1f - ver 3.1

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 4

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -619.05 | □ | □ | □ | □ | 610.28 | -8.77 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 499.93 | □ | □ | □ | □ | -2 844.16 | -2 344.23 | 680.78 | 8.69 |
| Face inferior | 650.99 | □ | □ | □ | □ | -3 318.35 | -2 667.36 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -619.05 | □ | □ | □ | □ | 507.76 | -111.28 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 499.93 | □ | □ | □ | □ | -2 372.16 | -1 872.23 | 623.07 | 16.43 |
| Face inferior | 650.99 | □ | □ | □ | □ | -2 760.95 | -2 109.96 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 770.48 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 8 369.37 |
| Total | □ | 10 305.85 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -2 086.38 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----------|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -619.05 | -966.78 | □ | □ | □ | 525.40 | -1 060.43 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 499.93 | 780.75 | □ | □ | □ | -2 454.54 | -1 173.86 | 644.71 | 13.53 |
| Face inferior | 650.99 | 1 016.66 | □ | □ | □ | -2 856.83 | -1 189.18 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -174.82 | □ | □ | 5.65 | -169.16 | | |
| Face superior | -619.05 | -966.78 | -89.41 | □ | □ | 524.39 | -1 150.85 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 499.93 | 780.75 | 364.23 | □ | □ | -2 490.90 | -846.00 | 654.88 | 12.17 |
| Face inferior | 650.99 | 1 016.66 | 425.47 | □ | □ | -2 897.97 | -804.85 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -174.82 | □ | □ | 9.39 | -165.42 | | |
| Face superior | -619.05 | -966.78 | -89.41 | □ | □ | 563.39 | -1 111.85 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 499.93 | 780.75 | 364.23 | □ | □ | -2 264.67 | -619.77 | 558.05 | 25.15 |
| Face inferior | 650.99 | 1 016.66 | 425.47 | □ | □ | -2 646.46 | -553.34 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|------------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 4 832.16 |
| Def. lenta irreversível | -3.83E-04 | -4.02E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -9.08E-05 | -9.55E-05 | Fluência do concreto | □ | 7 667.57 |
| Def. lenta revers. (fase II) | -1.20E-04 | -1.06E-04 | Total | □ | 17 292.73 |
| Deformação total | 3.53E-04 | 3.91E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----------|---------|---------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -174.82 | -118.41 | □ | 13.22 | -280.00 | | |
| Face superior | -619.05 | -966.78 | -89.41 | -60.56 | □ | 562.70 | -1 173.09 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 499.93 | 780.75 | 364.23 | 246.70 | □ | -2 289.30 | -397.70 | 564.94 | 24.23 |
| Face inferior | 650.99 | 1 016.66 | 425.47 | 288.18 | □ | -2 674.32 | -293.02 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----------|---------|-------|---------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -174.82 | □ | -197.34 | 15.77 | -356.39 | | |
| Face superior | -619.05 | -966.78 | -89.41 | □ | -100.93 | 562.25 | -1 213.92 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 499.93 | 780.75 | 364.23 | □ | 411.16 | -2 305.72 | -249.66 | 569.53 | 23.61 |
| Face inferior | 650.99 | 1 016.66 | 425.47 | □ | 480.30 | -2 692.90 | -119.48 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 5

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -706.94 | □ | □ | □ | □ | 822.40 | 115.47 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 635.35 | □ | □ | □ | □ | -3 197.76 | -2 562.41 | 677.44 | 9.43 |
| Face inferior | 743.41 | □ | □ | □ | □ | -3 528.29 | -2 784.88 | □ | □ |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -706.94 | □ | □ | □ | □ | 679.59 | -27.35 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 635.35 | □ | □ | □ | □ | -2 647.74 | -2 012.39 | 615.79 | 17.68 |
| Face inferior | 743.41 | □ | □ | □ | □ | -2 915.60 | -2 172.19 | □ | □ |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 732.73 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 9 111.71 |
| Total | □ | 11 010.43 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -2 271.43 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|-----------|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -706.94 | -1 104.35 | □ | □ | □ | 709.54 | -1 101.75 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 635.35 | 992.52 | □ | □ | □ | -2 764.41 | -1 136.53 | 642.92 | 14.05 |
| Face inferior | 743.41 | 1 161.33 | □ | □ | □ | -3 044.07 | -1 139.33 | □ | □ |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -198.20 | □ | □ | 7.77 | -190.43 | □ | □ |
| Face superior | -706.94 | -1 104.35 | -101.37 | □ | □ | 708.86 | -1 203.79 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 635.35 | 992.52 | 438.88 | □ | □ | -2 812.20 | -745.44 | 655.06 | 12.42 |
| Face inferior | 743.41 | 1 161.33 | 482.38 | □ | □ | -3 095.66 | -708.54 | □ | □ |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -198.20 | □ | □ | 3.70 | -194.50 | □ | □ |
| Face superior | -706.94 | -1 104.35 | -101.37 | □ | □ | 740.99 | -1 171.66 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 635.35 | 992.52 | 438.88 | □ | □ | -2 578.12 | -511.36 | 565.72 | 24.37 |
| Face inferior | 743.41 | 1 161.33 | 482.38 | □ | □ | -2 845.32 | -458.20 | □ | □ |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|------------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 4 838.41 |
| Def. lenta irreversível | -3.37E-04 | -3.54E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -7.99E-05 | -8.41E-05 | Fluência do concreto | □ | 6 323.07 |
| Def. lenta revers. (fase II) | -1.25E-04 | -1.16E-04 | Total | □ | 15 954.48 |
| Deformação total | 2.91E-04 | 3.23E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|-----------|---------|---------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -198.20 | -136.06 | □ | 9.03 | -325.23 | □ | □ |
| Face superior | -706.94 | -1 104.35 | -101.37 | -69.59 | □ | 740.52 | -1 241.72 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 635.35 | 992.52 | 438.88 | 301.30 | □ | -2 610.93 | -242.87 | 574.06 | 23.25 |
| Face inferior | 743.41 | 1 161.33 | 482.38 | 331.15 | □ | -2 880.73 | -162.46 | □ | □ |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | Força (tf) | Perdas (%) |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|---------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -198.20 | □ | -226.77 | 12.59 | -412.38 | □ | □ |
| Face superior | -706.94 | -1 104.35 | -101.37 | □ | -115.98 | 740.21 | -1 288.42 | □ | □ |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 635.35 | 992.52 | 438.88 | □ | 502.16 | -2 632.80 | -63.88 | 579.61 | 22.51 |
| Face inferior | 743.41 | 1 161.33 | 482.38 | □ | 551.92 | -2 904.34 | 34.70 | □ | □ |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

PROTENSÃO - TENSÕES NORMAIS

Seção 6

FASE I: Pista de concretagem, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | 1,1 Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|---------------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -737.51 | □ | □ | □ | □ | 852.31 | 114.80 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 672.31 | □ | □ | □ | □ | -3 251.30 | -2 578.99 | 677.09 | 9.48 |
| Face inferior | 775.56 | □ | □ | □ | □ | -3 558.36 | -2 782.80 | | |

FASE II: Transporte e colocação das vigas nos apoios, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -737.51 | □ | □ | □ | □ | 704.00 | -33.51 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 672.31 | □ | □ | □ | □ | -2 690.58 | -2 018.26 | 615.20 | 17.75 |
| Face inferior | 775.56 | □ | □ | □ | □ | -2 939.17 | -2 163.61 | | |

Tempo
t0 = 7 dias
t1 = 14 dias
t2 = 50 anos

| PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Relaxação do aço | □ | 1 728.76 |
| Retração do concreto | □ | 166.00 |
| Fluência do concreto | □ | 9 157.50 |
| Total | □ | 11 052.25 |
| Deform. lenta reversível concreto | □ | -2 282.85 |

FASE III: Colocação das pré-lajes e concretagem das lajes, perfil simples

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|-----------|----|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Face superior | -737.51 | -1 150.21 | □ | □ | □ | 736.73 | -1 150.98 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 672.31 | 1 048.53 | □ | □ | □ | -2 815.69 | -1 094.84 | 643.81 | 13.93 |
| Face inferior | 775.56 | 1 209.55 | □ | □ | □ | -3 075.84 | -1 090.73 | | |

FASE IV: Conclusão da obra, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -207.11 | □ | □ | 8.32 | -198.78 | | |
| Face superior | -737.51 | -1 150.21 | -105.92 | □ | □ | 736.10 | -1 257.54 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 672.31 | 1 048.53 | 462.43 | □ | □ | -2 866.65 | -683.37 | 656.58 | 12.22 |
| Face inferior | 775.56 | 1 209.55 | 504.06 | □ | □ | -3 130.49 | -641.32 | | |

FASE V: Perdas no infinito, perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|-----------|---------|-------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -207.11 | □ | □ | 3.42 | -203.69 | | |
| Face superior | -737.51 | -1 150.21 | -105.92 | □ | □ | 766.35 | -1 227.28 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 672.31 | 1 048.53 | 462.43 | □ | □ | -2 638.88 | -455.60 | 571.01 | 23.66 |
| Face inferior | 775.56 | 1 209.55 | 504.06 | □ | □ | -2 888.25 | -399.09 | | |

| DEFORMAÇÕES | CORD SUP | CORD INF | PERDAS DE TENSÃO (tf/m²) | CORD SUP | CORD INF |
|------------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-----------|
| Fluência rápida | 0.00E+00 | 0.00E+00 | Relaxação do aço | □ | 4 891.36 |
| Def. lenta irreversível | -3.05E-04 | -3.25E-04 | Retração do concreto | □ | 4 793.00 |
| Def. lenta reversível | -7.24E-05 | -7.71E-05 | Fluência do concreto | □ | 5 596.03 |
| Def. lenta revers. (fase II) | -1.25E-04 | -1.16E-04 | Total | □ | 15 280.39 |
| Deformação total | 2.52E-04 | 2.86E-04 | | | |

FASE VI: Introdução da carga móvel (0,3 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|-----------|---------|---------|-------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -207.11 | -142.03 | □ | 9.12 | -340.02 | | |
| Face superior | -737.51 | -1 150.21 | -105.92 | -72.64 | □ | 765.92 | -1 300.36 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 672.31 | 1 048.53 | 462.43 | 317.14 | □ | -2 673.83 | -173.41 | 579.78 | 22.49 |
| Face inferior | 775.56 | 1 209.55 | 504.06 | 345.68 | □ | -2 925.73 | -90.89 | | |

FASE VII: Introdução da carga móvel (0,5 Mq), perfil composto

| TENSÃO (tf/m²) | G1 | G2 | G3 | 0,3 Q | 0,5 Q | Protensão | Total | | |
|----------------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|------------|------------|
| Laje | 0.00 | 0.00 | -207.11 | -236.72 | 12.93 | | -430.90 | | |
| Face superior | -737.51 | -1 150.21 | -105.92 | □ | -121.07 | 765.63 | -1 349.08 | Força (tf) | Perdas (%) |
| Cord superior | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| Cord inferior | 672.31 | 1 048.53 | 462.43 | □ | 528.56 | -2 697.13 | 14.71 | 585.62 | 21.71 |
| Face inferior | 775.56 | 1 209.55 | 504.06 | □ | 576.14 | -2 950.72 | 114.58 | | |

OBS: Todas as posições são relativas à borda inferior.

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

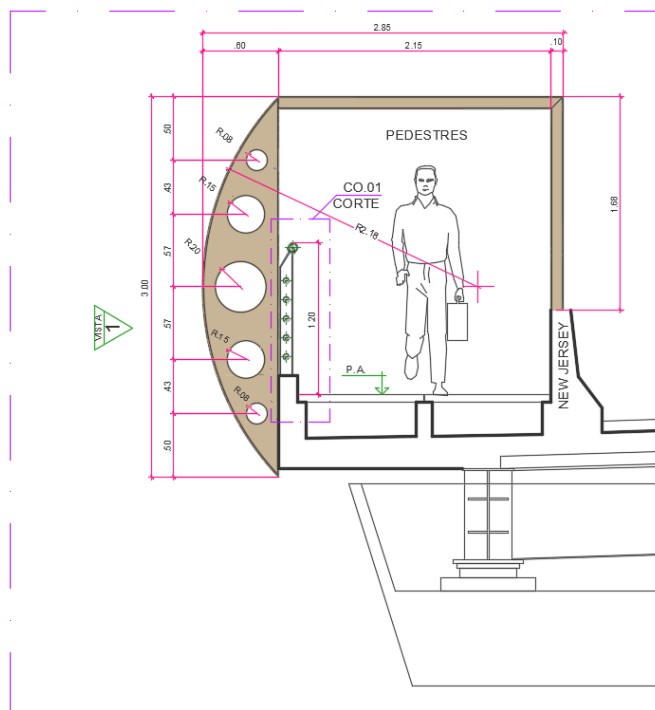
Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

9 Dimensionamento dos guarda corpos e porticos arquitetônicos

9.1 Descrição da peça

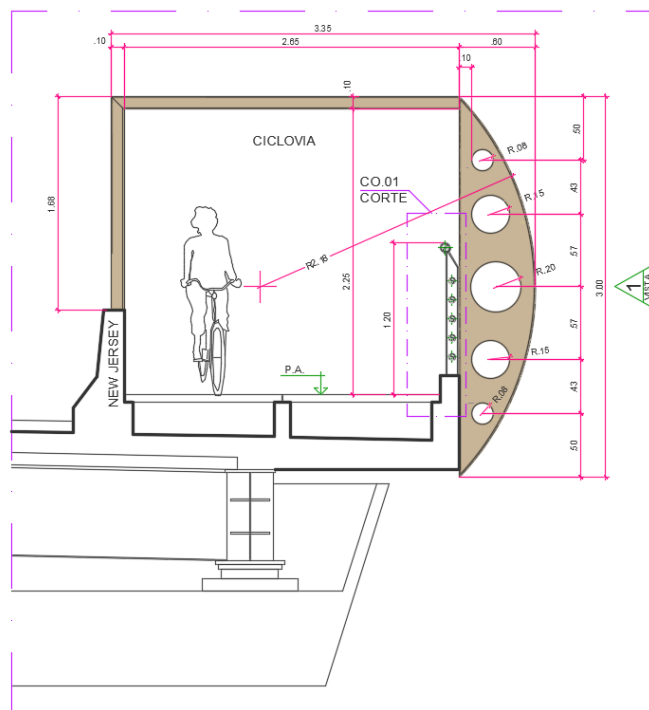
Abaixo reproduzimos o desenho de arquitetura DE-3.26.03.01/4B2-001 que contem as dimensões sugeridas para os elementos.



PÓRTICO METÁLICO E CORRIMÃOS - PASSEIO DE PEDESTRES

CORTE

ESC 1:25



PÓRTICO METÁLICO E CORRIMÃOS - CICLOVIA

CORTE

ESC 1:25

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

0
26/11/2015

| |
|-------|
| Folha |
|-------|

68 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente

Trecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**

Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**

Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**

| |
|-----------------|
| EMITENTE: FUPAM |
|-----------------|

Proj.: Eng.Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

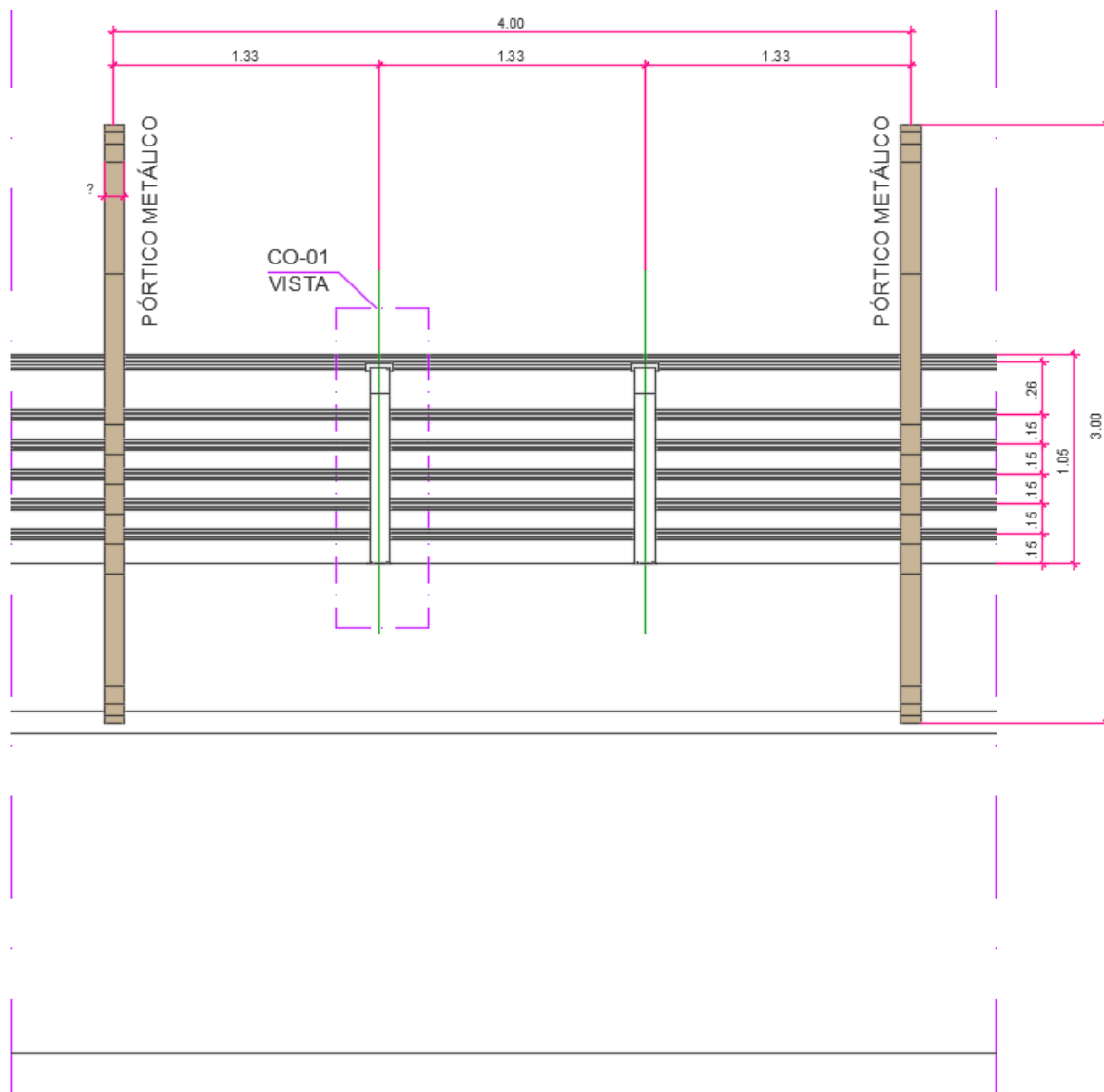
Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq.Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140



PÓRTICO METÁLICO E CORRIMÃOS - CICLOVIA

VISTA 1

ESC 1:25

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

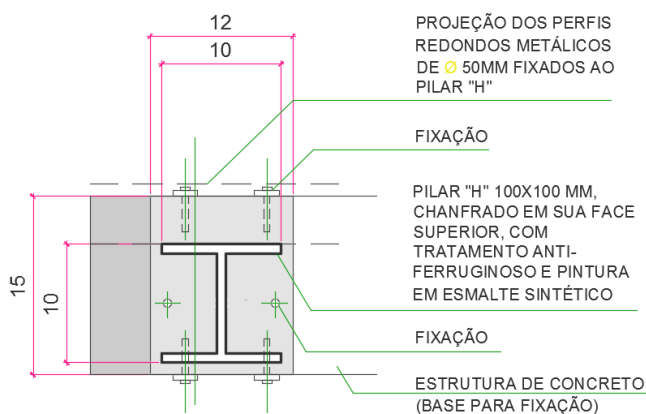
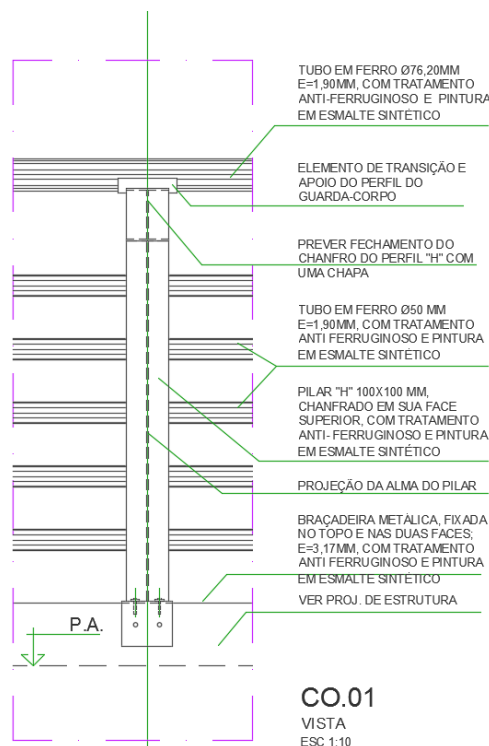
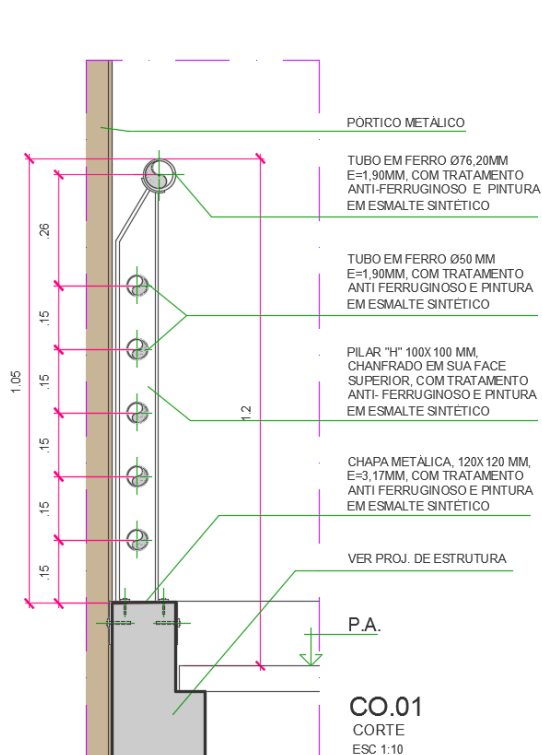
Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

**DET. TÍPICO DE FIXAÇÃO
DOS GUARDA-CORPOS****PLANTA**

ESC 1:5

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

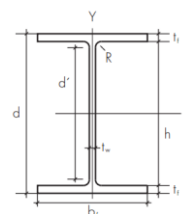
Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

9.2 Perfis, chapas e materiais adotados

9.2.1 Guarda corpo

Para os montantes verticais serão adotados perfis metálicos W150 x 13, menor perfil metálico de catálogo.



| Bitola | Massa Linear | d | b ₁ | Espessura | | h | d' | Área |
|--------------|--------------|-----|----------------|----------------------|----------------------|-----|-----|-----------------|
| mm x kg/m | kg/m | mm | mm | t _w mm | t ₁ mm | mm | mm | cm ² |
| W 150 x 13,0 | 13,0 | 148 | 100 | 4,3 | 4,9 | 138 | 118 | 16,6 |

d = altura do perfil
d' = altura livre da alma
h = altura interna
b₁ = largura da aba do perfil
t₁ = espessura da aba
t_w = espessura da alma
R = raio de concordância

Aço tipo ASTM A572

Tensão de escoamento: 345 MPa

Tensão de ruptura: 450 MPa

Para os tubos serão adotados tudo de aço carbono Ø76/19 para o corrimão e Ø50.8/19 para os fechamentos.

Aço tipo ASTM A178 grau A

Tensão de escoamento: 180 MPa

Tensão de ruptura: 325 MPa

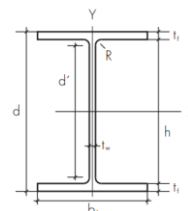
MEMORIAL DE CÁLCULO

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|
| N.º | MC-3.26.03.01/4J2-002 | Revisão | 0 |
| Emissão | 26/11/2015 | Folha | 71 de 83 |
| O.S. Ordem de Serviço Inicial: | 26/09/2013 | | |
| Contrato N.º: | 028/2013 | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Emitente: | EMITENTE: FUPAM | | |
| FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente | Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333 | | |
| Trecho: Hortolândia-Sumaré-SP | Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7 | | |
| Sub Trecho: TRECHO 3 | Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP | | |
| Objeto: | EMTU | | |
| PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B | Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8 | | |
| | Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173 | | |
| | Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140 | | |

9.2.2 Porticos arquitetônicos

Para os montantes verticais sobre as barreiras "new jersey" e sobre os passeios e ciclovias serão adotados perfis metálicos W150 x 13, menor perfil metálico de catálogo.



| Bitola | Massa Linear | d | b _f | Espessura | | h | d' | Área |
|--------------|--------------|-----|----------------|----------------|----------------|-----|-----|------|
| mm x kg/m | kg/m | mm | mm | t _w | t _f | mm | mm | cm² |
| W 150 x 13,0 | 13,0 | 148 | 100 | 4,3 | 4,9 | 138 | 118 | 16,6 |

d = altura do perfil
d' = altura livre da alma
h = altura interna
b_f = largura da aba do perfil
t_f = espessura da aba
t_w = espessura da alma
R = raio de concordância

Aço tipo ASTM A572

Tensão de escoamento: 345 MPa

Tensão de ruptura: 450 MPa

Para os o detalhe arquitetônico lateral, uma peça soldada deverá ser montada a partir de chapas.

Adotaremos chapas de espessura 6,3mm

Aço tipo ASTM A36 grau A

Tensão de escoamento: 250 MPa

Tensão de ruptura: 400 MPa

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

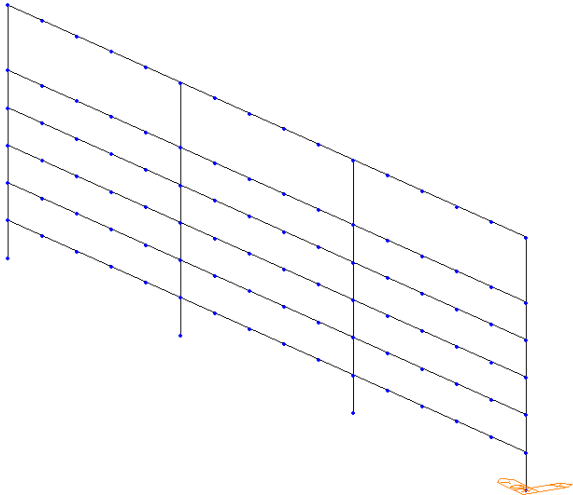
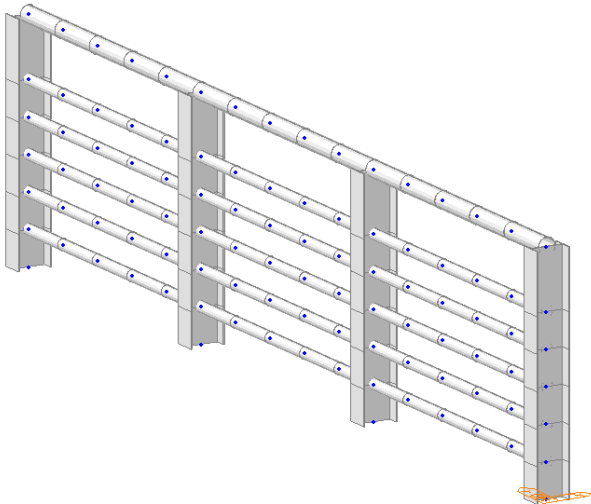
Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

9.3 Modelos de cálculo

9.3.1 Guarda corpo

Foi considerado um módulo de 4m de comprimento:

| Modelo de barras - Vista isometrica: | Modelo de barras - Vista isometrica renderizada: |
|--|---|
|  |  |

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Peso próprio:

O peso próprio dos elementos é contabilizado pelo software considerando as áreas e densidades dos elementos informados pelo usuário.

Carregamentos transversais de transeuntes:

Conforme item 5.2.3.6 da NBR 7188 os guarda corpos devem ser dimensionados de acordo para uma carga de 2KN/m (200 Kg/m).

Foram consideradas 3 hipóteses desse carregamento conforme figuras abaixo:



MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

74 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

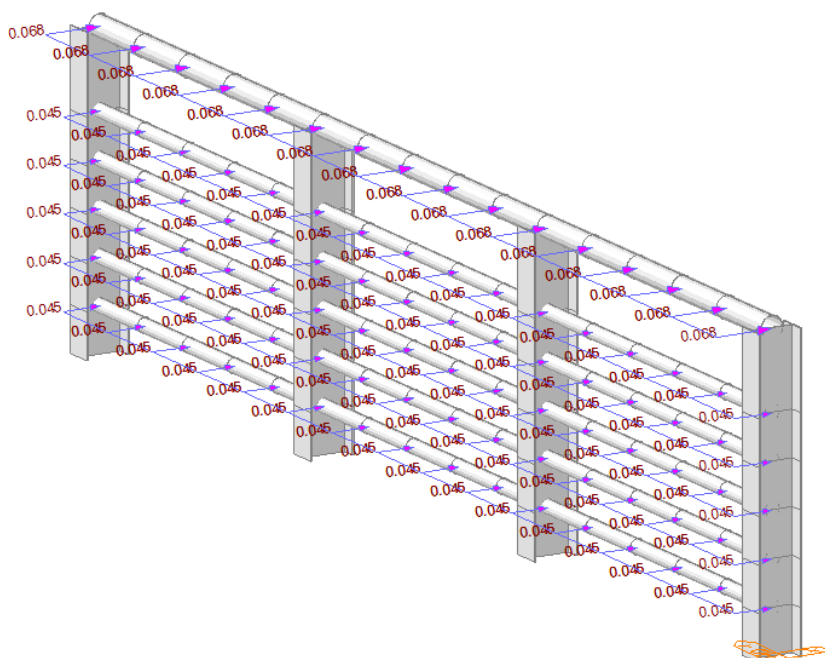
Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Vento:Considerada uma carga de vento de 150 kgf/m^2 .

Para corrimão e fechamentos foi considerado um coeficiente de arrasto de 0,6 devido a seção circular.

Para os montantes foi considerado um coeficiente de arrasto de 1.



MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

75 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

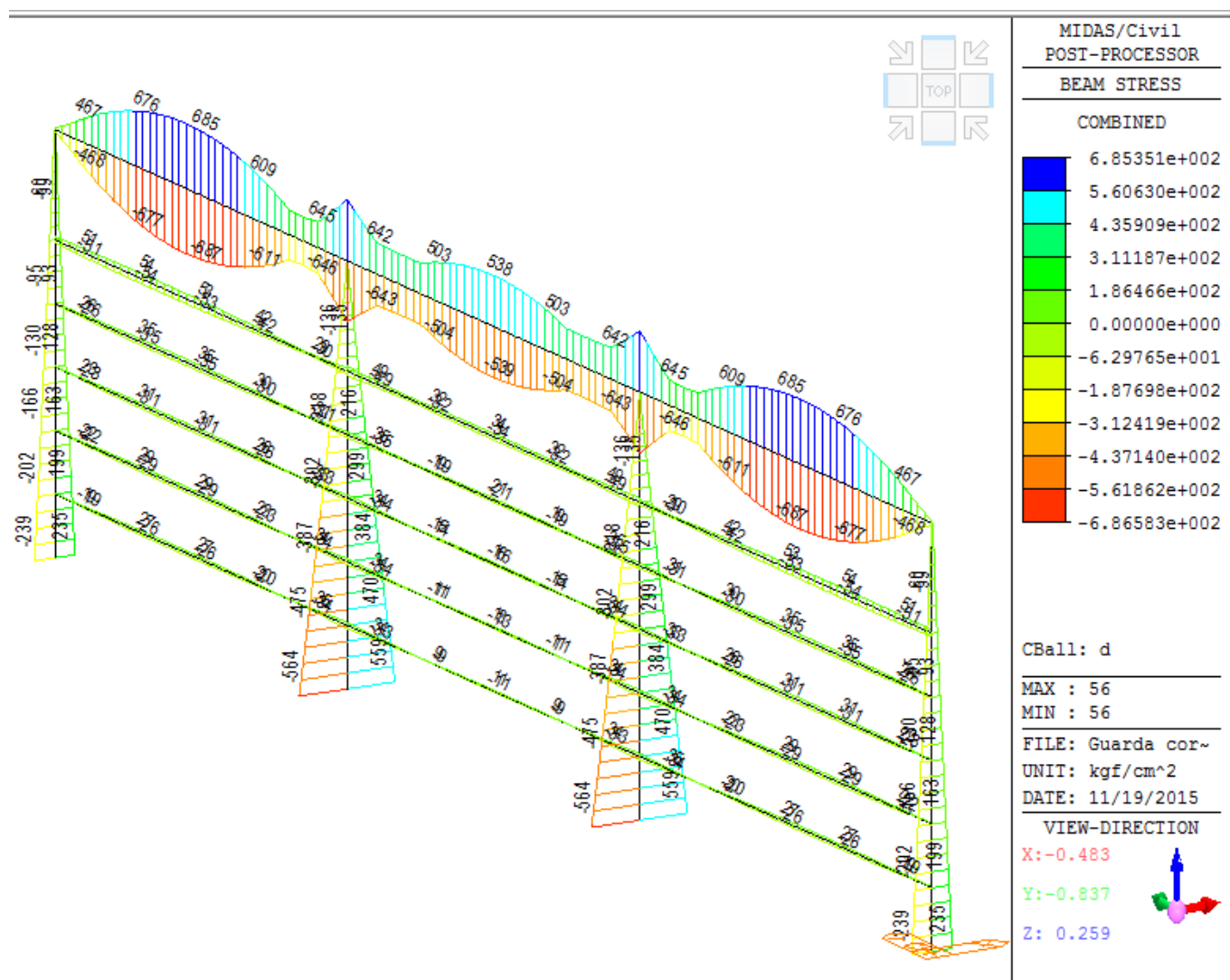
Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Tensões:

As análises de tensões serão feitas e comparadas com as tensões admissíveis para cada elemento.

Adotaremos como tensões admissíveis as tensões de ruptura divididas por um coeficiente de segurança igual a 1,35.

Portante temos as seguintes tensões admissíveis:

Montantes → ASTM A572 → $450/1.35 = 333 \text{ MPa} = 3330 \text{ kgf/cm}^2$ Corrimão e fechamentos → ASTM A128 → $325/1.35 = 240 \text{ MPa} = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ 

Podemos notar que todas as tensões estão abaixo dos limites estipulados. Portanto as peças atendem aos esforços solicitantes.

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

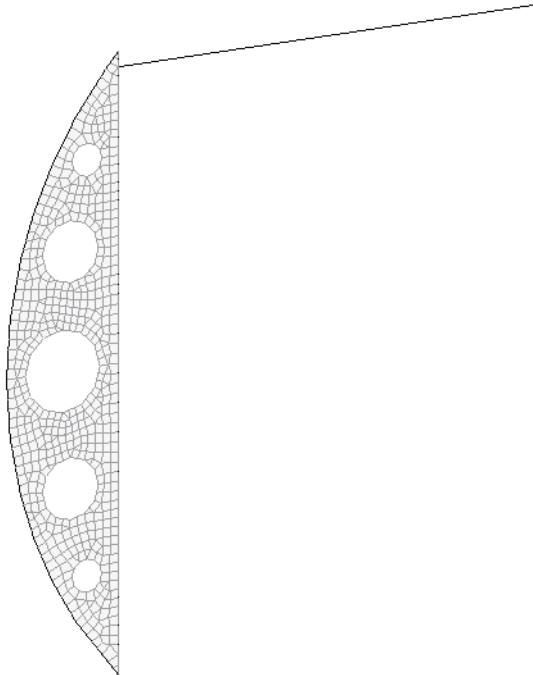
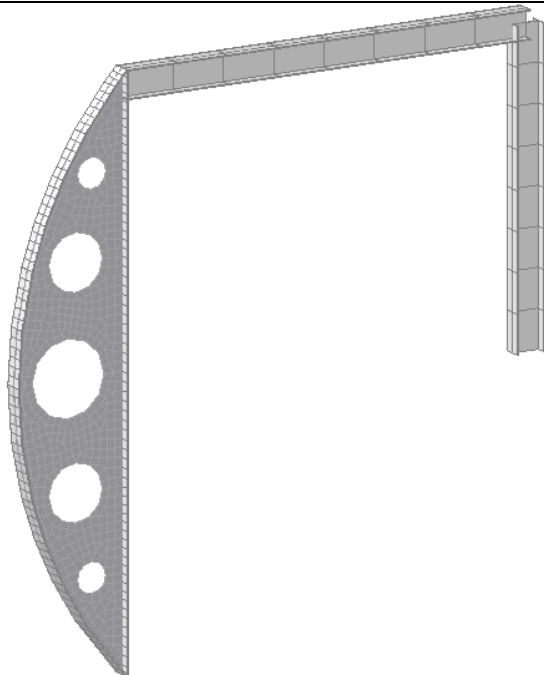
Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Díaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

9.3.2 Porticos arquitetonicos

Foi considerado um módulo de 4m de comprimento:

| Modelo de barrase elementos - Vista isometrica: | Modelo de barras e elementos - Vista isometrica renderizada: |
|--|---|
|  |  |

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

0
26/11/2015

| |
|-------|
| Folha |
|-------|

77 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente

Trecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**

Local: Santa Bárbara D'Oeste - SP

Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B

| |
|-----------------|
| EMITENTE: FUPAM |
|-----------------|

Proj.: Eng.Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq.Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

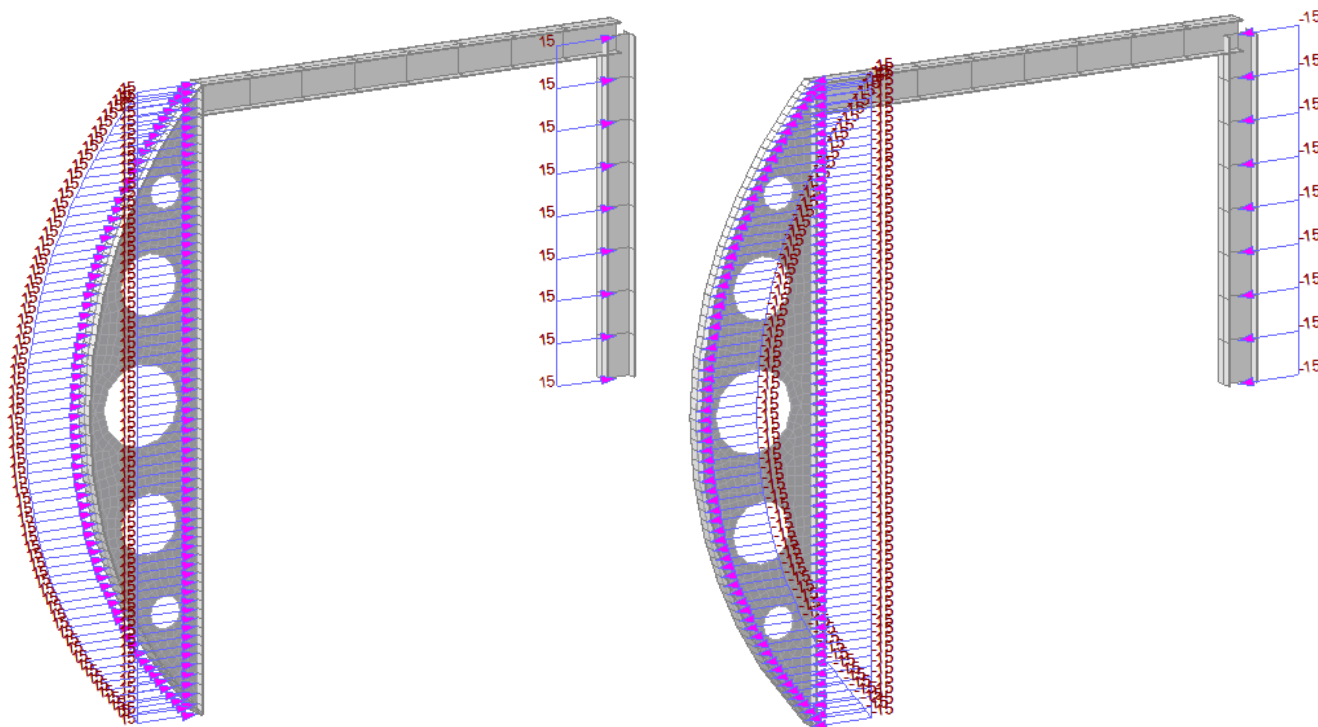
Peso próprio:

O peso próprio dos elementos é contabilizado pelo software considerando as áreas e densidades dos elementos informados pelo usuário.

Vento:

Considerada uma carga de vento de 150 kgf/m^2 .

Foram consideradas 4 hipóteses desse carregamento conforme figuras abaixo (unidades kgf e m):



MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

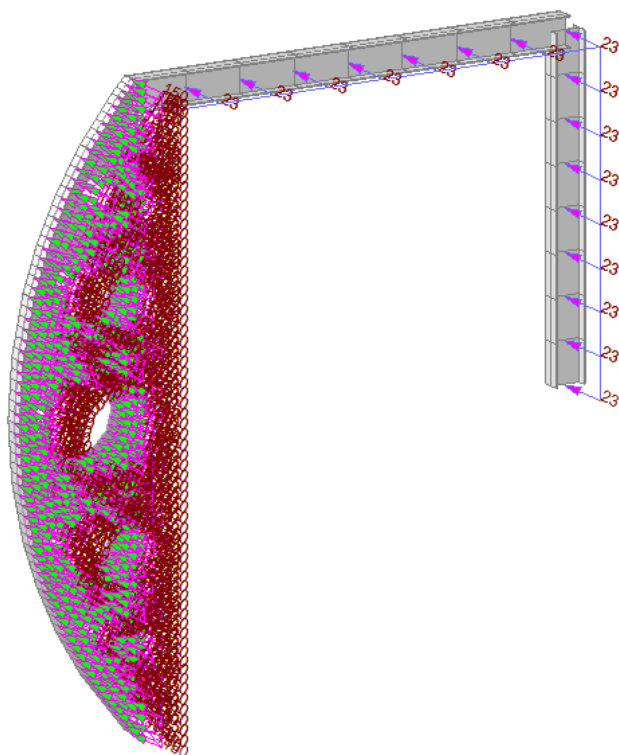
Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

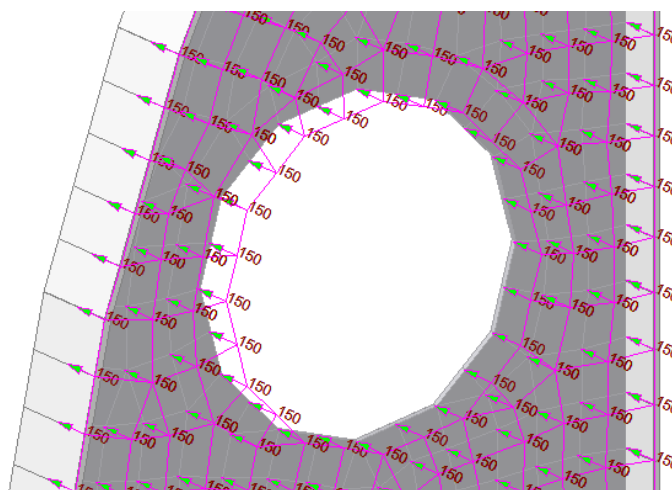
Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

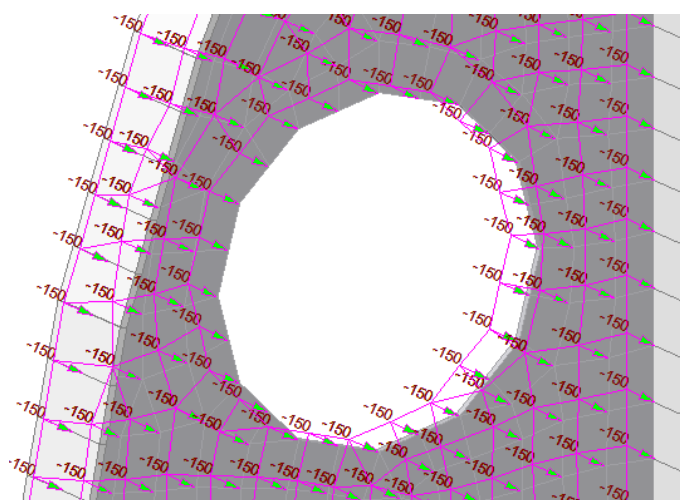
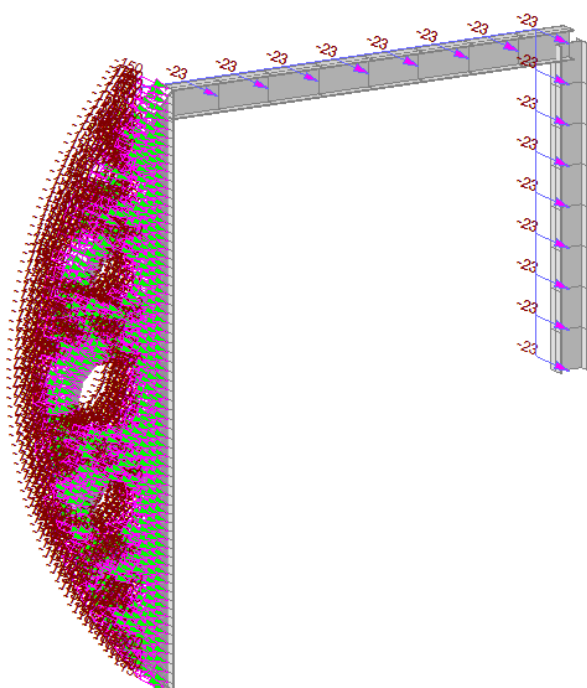
Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140



Detalhe



Detalhe



MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão
26/11/2015

Folha **79 de 83**

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e Ambiente

Trecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**

Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**

Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**

EMITENTE: FUPAM

Proj.: Eng.Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq.Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

Tensões:

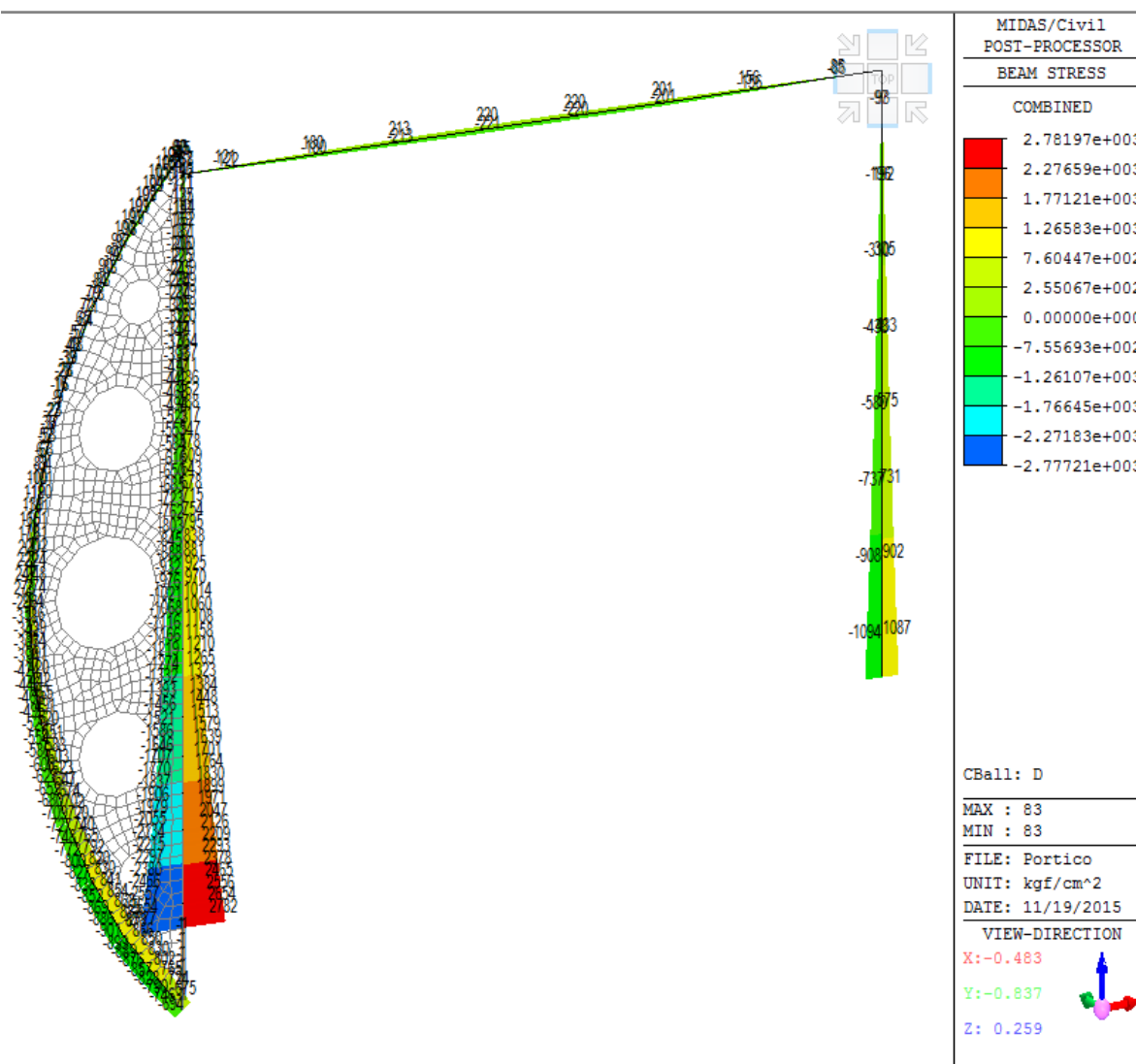
As análises de tensões serão feitas e comparadas com as tensões admissíveis para cada elemento.

Adotaremos como tensões admissíveis as tensões de ruptura divididas por um coeficiente de segurança igual a 1,35.

Portante temos as seguintes tensões admissíveis:

$$\text{Montantes} \rightarrow \text{ASTM A572} \rightarrow 450/1.35 = 333 \text{ MPa} = 3330 \text{ kgf/cm}^2$$

Detalhe arquitetônico \rightarrow ASTM A36 $\rightarrow 400/1.35 = 296 \text{ MPa} = 2960 \text{ kgf/cm}^2$



Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

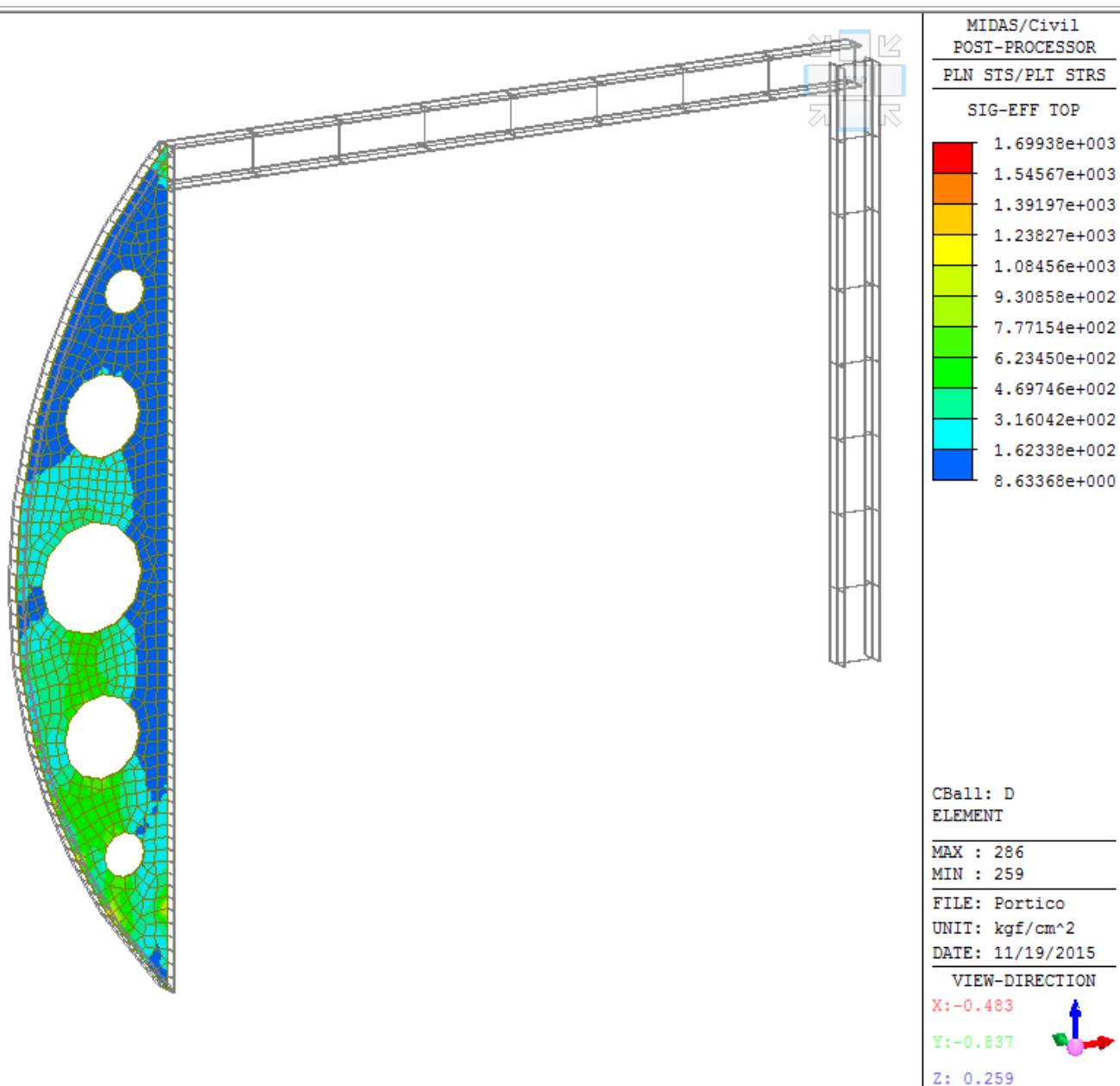
Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140



Podemos notar que todas as tensões estão abaixo dos limites estipulados. Portanto as peças atendem aos esforços solicitantes.

MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Diaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

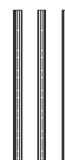
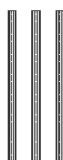
Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

10 SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA DA ESTRUTURA

Segue etapas da execução da estrutura.

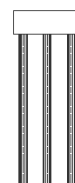
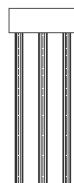
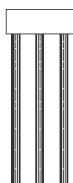
10.1 Execução das estacas

Execução das estacas raiz de 41cm de diâmetro.



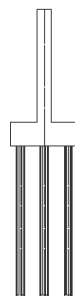
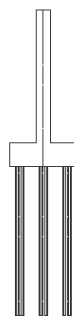
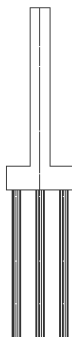
10.2 Execução dos blocos da fundação

Arrasamento das estacas e execução dos blocos de fundação.



10.3 Execução dos pilares

Execução dos pilares dos apoios.



MEMORIAL DE CÁLCULO

Emissão

26/11/2015

Folha

82 de 83

O.S. Ordem de Serviço Inicial:

26/09/2013

Contrato N.º:

028/2013

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

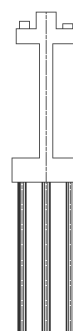
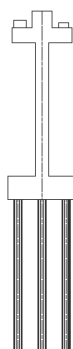
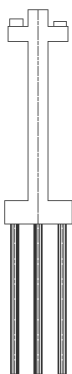
Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Díaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

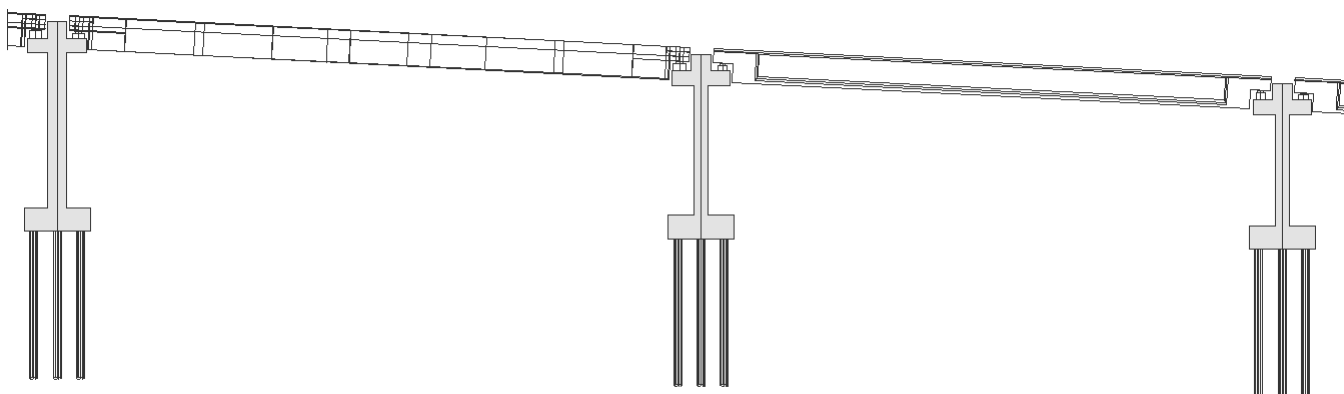
Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

10.4 Execução das travessas

Execução das travessas e calços de apoio das vigas.

**10.5 Içamento das vigas metálicas e pré-moldadas**

Içamento das vigas metálicas para os vãos 1 a 7 e vigas pré-moldadas para os vãos 8 a 12.



MEMORIAL DE CÁLCULO

Emitente:

FUPAM – Fundação para Pesquisa em Arquitetura e AmbienteTrecho: **Hortolândia-Sumaré-SP**Local: **Santa Bárbara D'Oeste - SP**Sub Trecho: **TRECHO 3**

Objeto:

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA
SUPERESTRUTURA DO TRECHO EM CONCRETO – OAE 7 – P64B**EMITENTE: **FUPAM**

Proj.: Eng. Catão Francisco Ribeiro CREA:0600512333

Resp. Téc.: Prof. Dr. José Borelli Neto. CAU:A1697-7

EMTU

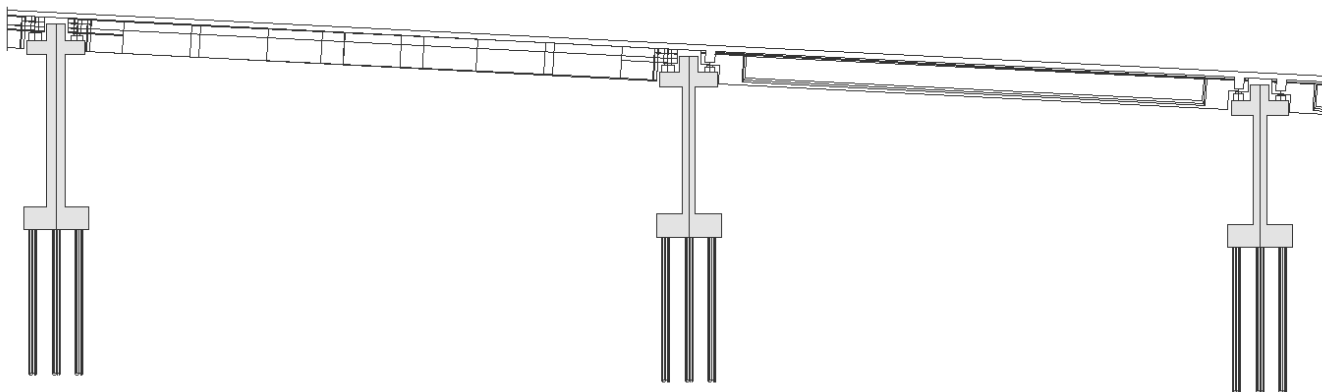
Coord. Téc.: Arq. Cristiane P. Díaz CAU: A40815-8

Aprov.: Eng. Mansueto H. Lunardi CREA:0601218173

Resp. Téc.: Eng.º Luiz C. P. Grillo CREA:0600233140

10.6 Execução transversinas e laje

Execução das transversinas de concreto e laje.

**10.7 Serviços complementares**

Execução das defensas, pavimentação e pórticos metálicos do passeio e ciclovia.

