



FACCIO ARQUITETURA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO**

CSB-PE-ESTRUT-CC2-MCL-ARM-R02

**MEMORIAL DE CÁLCULO
ESTRUTURAS – CENTRO DE CONVIVÊNCIA 2**

AGOSTO/ 2017



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 2 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| 1. INTRODUÇÃO | 3 |
| 2. CRITÉRIOS DE PROJETO | 3 |
| 3. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS | 3 |
| 4. SOFTWARES UTILIZADOS..... | 3 |
| 5. MEMÓRIA DE CÁLCULO DO CENTRO DE CONVIVÊNCIA 02 | 4 |
| 5.1. PAVIMENTO TÉRREO | 5 |
| 5.2. CASA DE MÁQUINAS | 45 |
| 5.3. PRIMEIRO PAVIMENTO..... | 73 |
| 5.4. SEGUNDO PAVIMENTO | 91 |
| 5.5. ESCADA | 112 |
| 5.6. ELEVADOR..... | 123 |
| 5.7. PILARES..... | 128 |
| 5.8. PASSARELA..... | 161 |
| 5.9. BLOCOS DE FUNDAÇÃO | 161 |

1. INTRODUÇÃO

O objetivo do presente documento é apresentar o cálculo das estruturas de concreto armado da edificação Centro de Convivência 2 – CC2, da Universidade Federal do ABC – Câmpus São Bernardo do Campo.

2. CRITÉRIOS DE PROJETO

NORMAS E REGULAMENTOS

NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento;

NBR 6120/1980 – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações

NBR 6123/1988 – Forças Devidas a Ventos nas Edificações;

NBR 8681/2003 – Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento

CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

CAA II - Moderada

PESOS ESPECÍFICOS CONSIDERADOS

Peso Específico do Concreto: $\gamma_c = 25,0 \text{ kN/m}^3$

Peso Específico do Solo: $\gamma_s = 18,0 \text{ kN/m}^3$

Peso Específico da Água: $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$

3. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

CONCRETO ESTRUTURAL

| | |
|---|-------------------------------------|
| Infra-estrutura (estacas) | $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ |
| Módulo de Elasticidade | $E = 21,3 \text{ GPa}$ |
| Módulo de Elasticidade | $E = 31,9 \text{ GPa}$ |
| Pilares, blocos de fundação, vigas e lajes | $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ |
| Módulo de Elasticidade | $E = 26,1 \text{ GPa}$ |
| Coeficiente de Dilatação Térmica | $1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ |
| Coeficiente de Poisson | $\nu = 0,2$ |
| Cobrimento das armaduras das lajes | 2,5 cm |
| Cobrimento das armaduras dos demais elementos | 3,0 cm |

AÇOS

| | |
|------------------------|-------------------------------|
| CA-50 | $f_{yk} \geq 500 \text{ MPa}$ |
| Módulo de Elasticidade | $E = 210 \text{ GPa}$ |

4. SOFTWARES UTILIZADOS

Structural Analysis Programs - STRAP – Versão 12.5.

Structural Analysis Programs – SAP 2000.

5. MEMÓRIA DE CÁLCULO DO CENTRO DE CONVIVÊNCIA 02

COMBINAÇÃO DE CARREGAMENTOS UTILIZADA

Combinação de Carregamentos

F_{gk} = Cargas Permanentes

$F_{\varepsilon gk}$ = Retração

F_{qk} = Sobrecarga Útil

F_{wk} = Vento

$F_{\varepsilon k}$ = Variação de Temperatura

ESTADO LIMITE ÚLTIMO (E.L.U)

$$F_d = \gamma_g \cdot F_{gk} + \gamma_{\varepsilon g} \cdot F_{\varepsilon gk} + \psi_0 \cdot \gamma_{qk} \cdot F_{qk} + \psi_w \cdot \gamma_{wk} \cdot F_{wk} + \psi_0 \cdot \gamma_{\varepsilon k} \cdot F_{\varepsilon k}$$

| CP | Retração | | S/C | | Vento | | Temp. | |
|------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|--------------------------|
| γ_g | ψ_0 | γ_{gk} | ψ_0 | γ_{qk} | ψ_w | γ_{wk} | ψ_0 | $\gamma_{\varepsilon k}$ |
| 1,4 | 1 | 1,2 | 1 | 1,4 | 0,6 | 1,4 | 0,6 | 1,2 |
| 1,4 | 1 | 1,2 | 0,8 | 1,4 | 1 | 1,4 | 0,6 | 1,2 |
| 1,4 | 1 | 1,2 | 0,8 | 1,4 | 0,6 | 1,4 | 1 | 1,2 |

ESTADO LIMITE SERVIÇO (E.L.S)

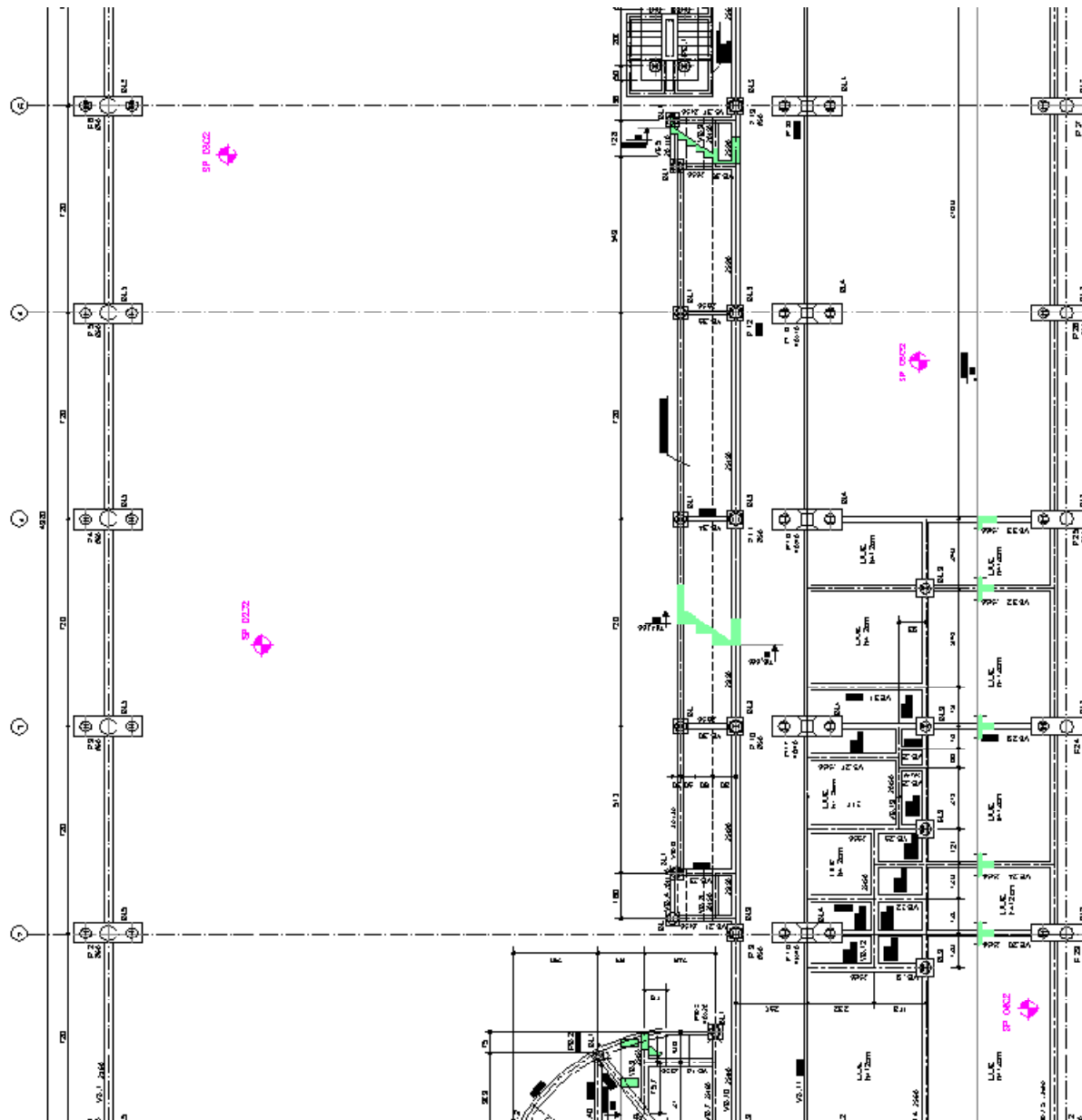
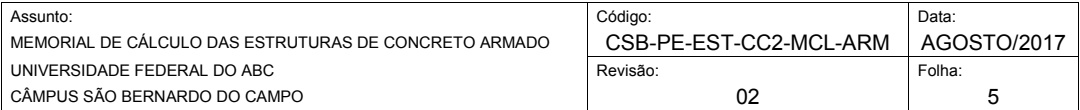
Combinação Quase Permanente - ψ_2

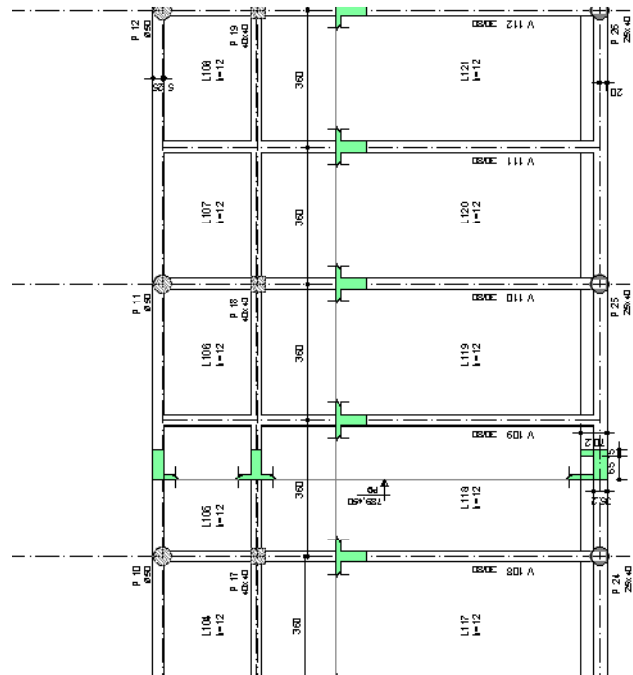
Combinação Frequente - ψ_1

Combinação Rara

$$F_d = F_{gk} + F_{\varepsilon gk} + \psi_i \cdot F_{qk} + \psi_i \cdot F_{wk} + \psi_i \cdot F_{\varepsilon k}$$

| S/C | | Vento | | Temp. | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ψ_1 | ψ_2 | ψ_1 | ψ_2 | ψ_1 | ψ_2 |
| 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0 | 0,5 | 0,3 |



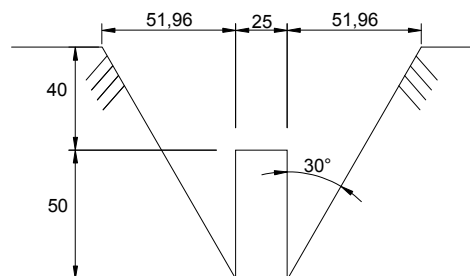


CARGAS DISTRIBUÍDAS

Peso próprio das vigas = $0,25 \times 0,50 \times 2,5 = 0,312 \text{ tf/m}$;

Lastro de terra (30°) $\left[\left(\frac{0,5196 \times 0,9}{2} \right) \times 2,0 + 0,25 \times 0,4 \right] \times 1,8 = 1,022 \text{ tf/m}$

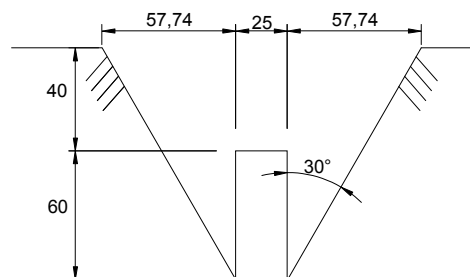
Sobrecarga atuante = $\left[\left(\frac{0,5196 \times 0,9}{2} \right) \times 2,0 + 0,25 \times 0,4 \right] \times 0,5 = 0,284 \text{ tf/m}$



Peso próprio das vigas = $0,25 \times 0,60 \times 2,5 = 0,375 \text{ tf/m}$;

Lastro de terra (30°) $\left[\left(\frac{0,5774 \times 1,0}{2} \right) \times 2,0 + 0,25 \times 0,4 \right] \times 1,8 = 1,219 \text{ tf/m}$

Sobrecarga atuante = $\left[\left(\frac{0,5774 \times 1,0}{2} \right) \times 2,0 + 0,25 \times 0,4 \right] \times 0,5 = 0,339 \text{ tf/m}$



Arquibancada ($h_{\text{médio}} = 32,01 \text{ cm}$) , tem-se:



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 7 |

Peso próprio das lajes = $0,32 \times 2,5 = 0,80 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga = $0,50 \text{ tf/m}^2$

Carregamento total na arquibancada = $1,30 \text{ tf/m}^2$

Escada lateral ($h_{\text{médio}} = 22,02 \text{ cm}$) , tem-se:

Peso próprio das lajes = $0,22 \times 2,5 = 0,55 \text{ tf/m}^2$

Revestimento = $0,10 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga = $0,30 \text{ tf/m}^2$

Carregamento total na arquibancada = $0,95 \text{ tf/m}^2$

Partes Com laje de fundo:

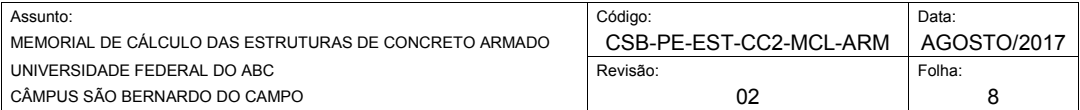
Laje $h = 12 \text{ cm}$: $0,12 \times 2,5 = 0,3 \text{ tf/m}^2$

Terra compactada $h = 35 \text{ cm}$ + contra piso: $0,35 \times 1,9 + 0,1 = 0,765 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga = $0,3 \text{ tf/m}^2$

Alvenaria = $0,24 \times 2,7 = 0,65 \text{ tf/m}$

As cargas nas bases dos pilares é proveniente das cargas permanentes e sobrecargas do devido pavimento, segundo a norma NBR 6120 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações.



CENTRO DE CONVIVENCIA 02 – BALDRAMES

GEOMETRIA E PROPRIEDADES

SCALE = 1:183

DATE: 19/05/17

The drawing shows a rectangular layout of a drainage system. The top horizontal boundary is divided into segments of 770, 160, 510, 720, 720, 510, 720, and 770. The bottom horizontal boundary is divided into segments of 770, 160, 510, 720, 720, 510, 720, and 770. The left vertical boundary is divided into segments of 770, 160, 510, 720, 720, 510, 720, and 770. The right vertical boundary is divided into segments of 770, 160, 510, 720, 720, 510, 720, and 770. The drawing includes a grid of manholes (represented by circles) and pipes (represented by lines). Flow rates are indicated by numbers along the pipes. A scale bar at the bottom left indicates a scale of 1:183. A north arrow is located at the bottom right.



Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017
Folha:
9

STRAP

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS



USA AGENT
ATIR
ENGINEERING SOFTWARE
3314 WEST RANCE TERRACE
CHICAGO, IL 60645-3831
PHONE: 847-677-1945
FAX: 847-677-3456
E-MAIL: strap@atir.com

Strap 12.5.00

*** For demonstration purposes only ***

CENTRO DE CONVIVENCIA 02 - BALDRAMES

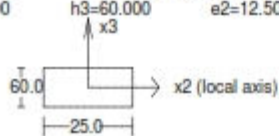
Prepared by: PROPRIEDADES

Page: 1
Date: 19/05/17

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

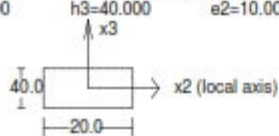
PROPERTY NO. 1

A=0.1500E+04 I2=0.4500E+06 I3=0.7812E+05 J=0.2307E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=170.000 SF3=0.850
h2=25.000 h3=60.000 e2=12.500 e3=30.000



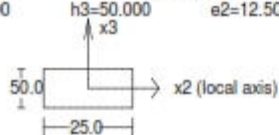
PROPERTY NO. 2

A=0.8000E+03 I2=0.1067E+06 I3=0.2667E+05 J=0.7324E+05 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=120.000 SF3=0.850
h2=20.000 h3=40.000 e2=10.000 e3=20.000



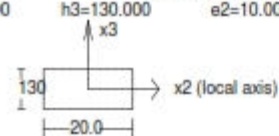
PROPERTY NO. 3

A=0.1250E+04 I2=0.2604E+06 I3=0.6510E+05 J=0.1788E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=150.000 SF3=0.850
h2=25.000 h3=50.000 e2=12.500 e3=25.000



PROPERTY NO. 4

A=0.2600E+04 I2=0.3662E+07 I3=0.8667E+05 J=0.3131E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=300.000 SF3=0.850
h2=20.000 h3=130.000 e2=10.000 e3=65.000





*** For demonstration purposes only ***

Strap 12.5.00

CENTRO DE CONVIVENCIA 02 - BALDRAMES

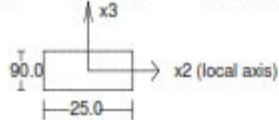
Prepared by: PROPRIEDADES

Page: 2
Date: 19/05/17

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

PROPERTY NO. 5

A=0.2250E+04 I2=0.1519E+07 I3=0.1172E+06 J=0.3868E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=230.000 SF3=0.850
h2=25.000 h3=90.000 e2=12.500 e3=45.000





Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017
Folha:
12

CENTRO DE CONVIVENCIA 02 – BALDRAMES

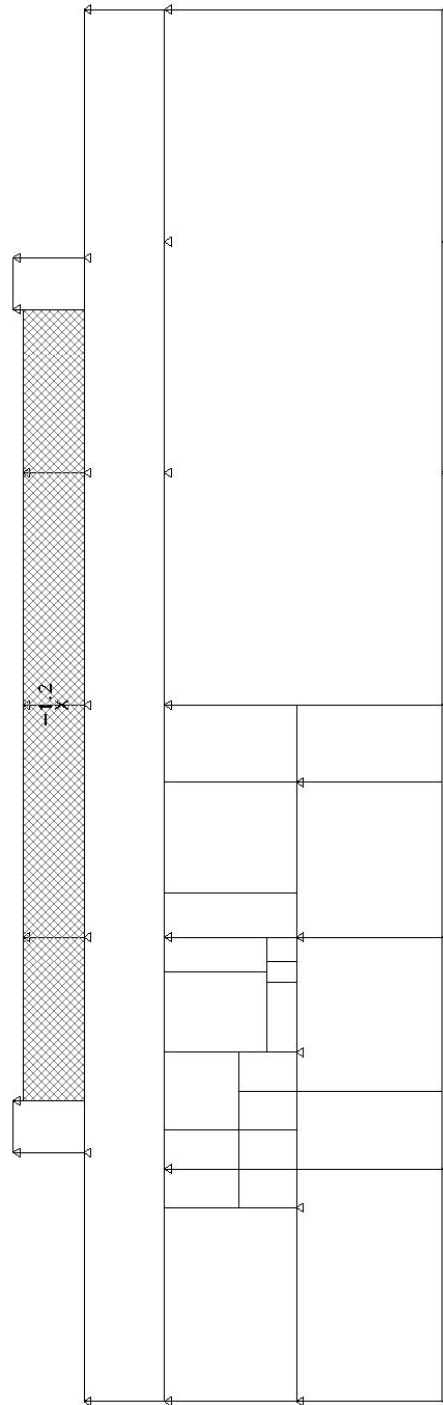
ARQUIBANCADA

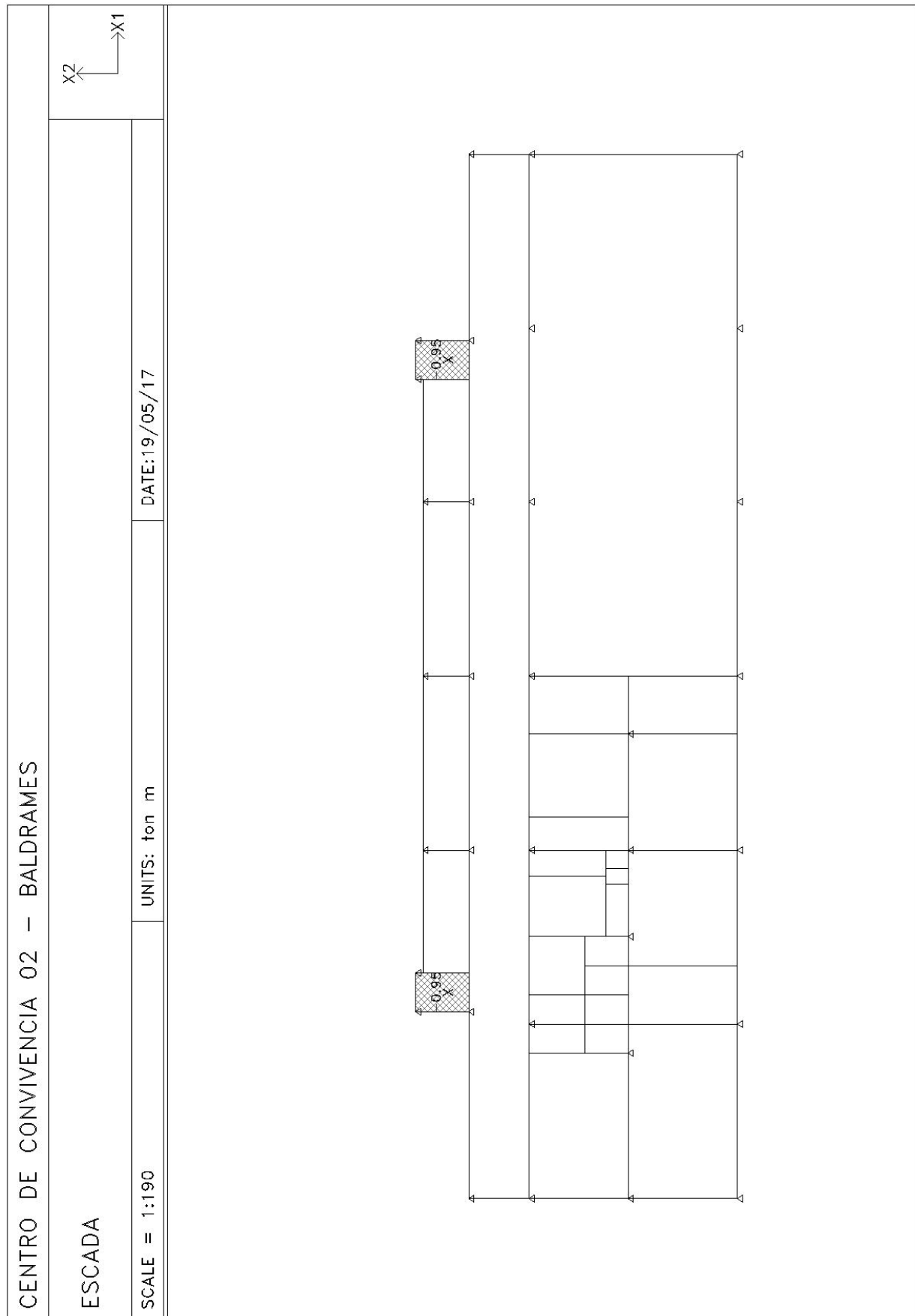
SCALE = 1:190

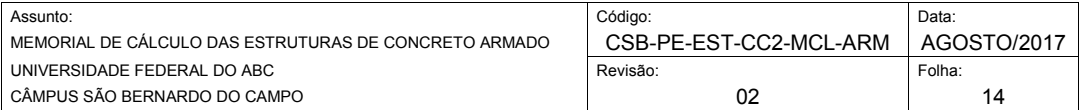
UNITS: ton m

DATE: 19/05/17

X2
X1









Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM

Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017

Folha:
15

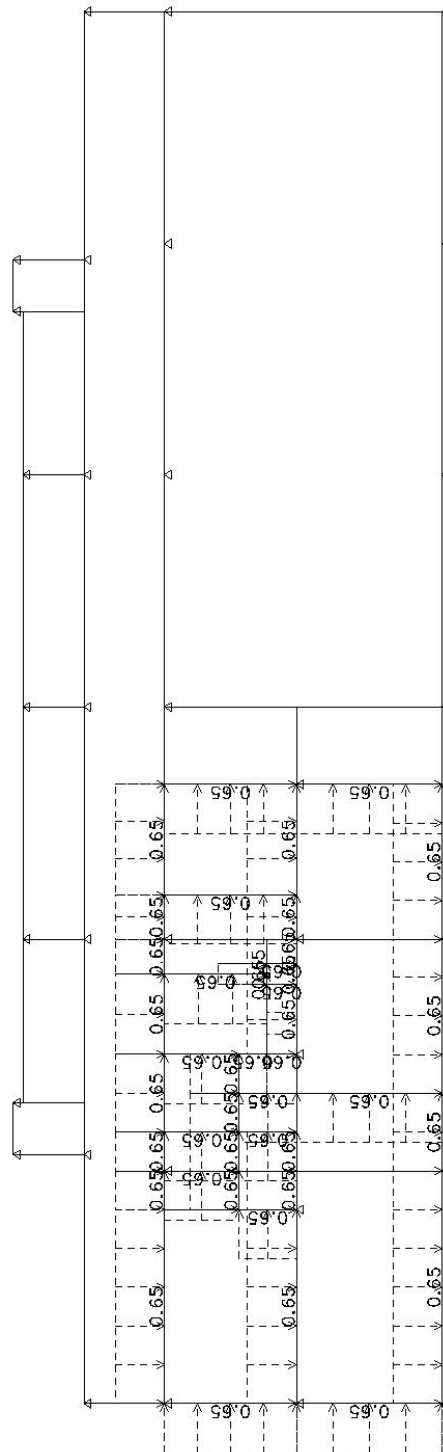
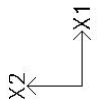
CENTRO DE CONVIVENCIA 02 – BALDRAMES

ALVENARIA

SCALE = 1:190

UNITS: ton m

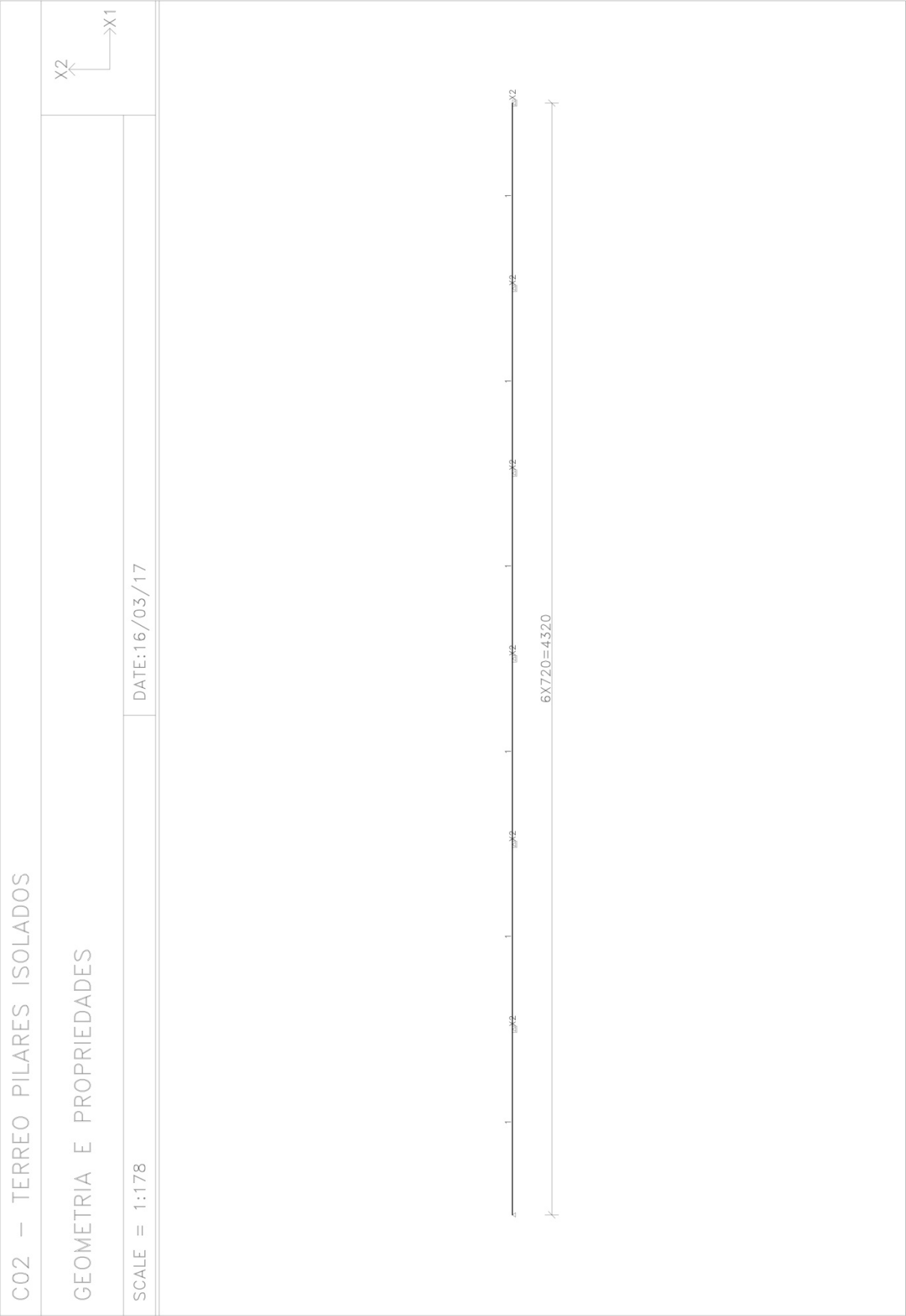
DATE: 19/05/17







| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 19 |





Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017
Folha:
20

STRAP

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS



USA AGENT
ATIR
ENGINEERING SOFTWARE
3314 WEST RANCE TERRACE
CHICAGO, IL 60645-3831
PHONE: 847-677-1945
FAX: 847-677-3456
E-MAIL: strap@atir.com

Strap 12.5.00

*** For demonstration purposes only ***

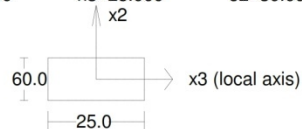
C02 - TERREO PILARES ISOLADOS
PROPRIEDADES
Prepared by: PROPRIEDADES

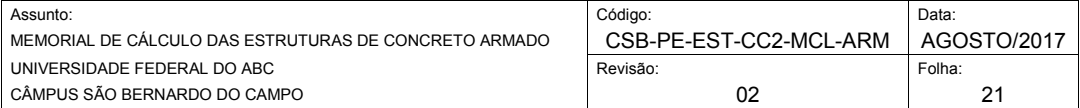
Page: 1
Date: 16/03/17

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

PROPERTY NO. 1

A=0.1500E+04 I2=0.7812E+05 I3=0.4500E+06 J=0.2307E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=170.000 SF3=0.850
h2=60.000 h3=25.000 e2=30.000 e3=12.500







| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 22 |

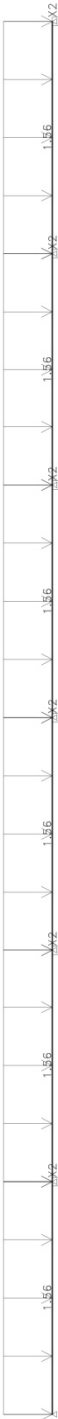
C02 – TERREO PILARES ISOLADOS

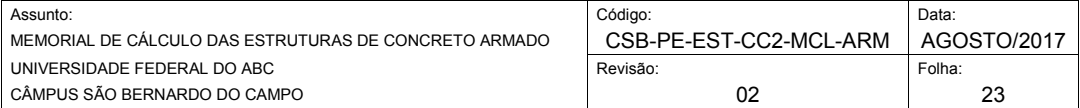
LASTRO

SCALE = 1:190

UNITS: ton m

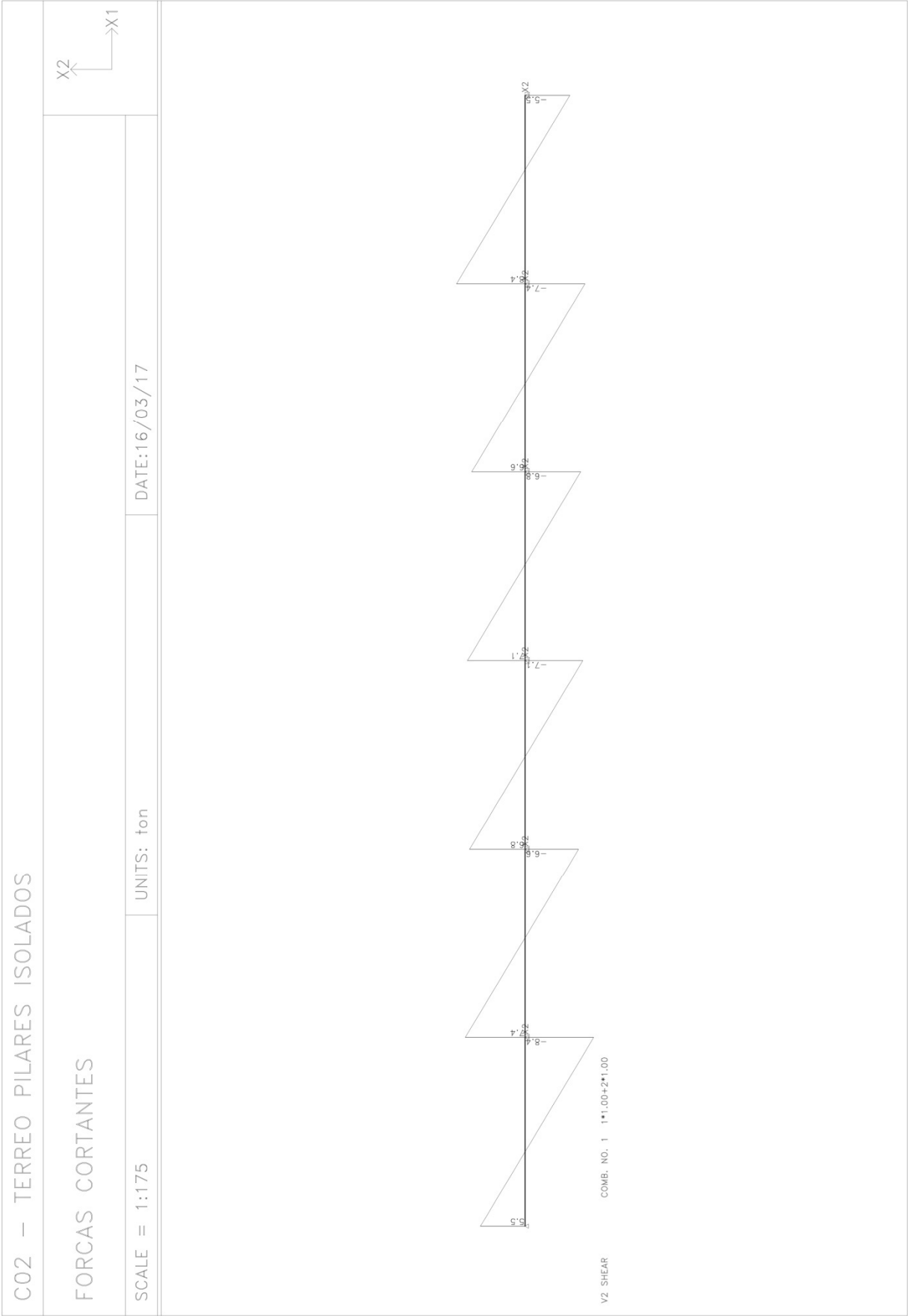
DATE:16/03/17





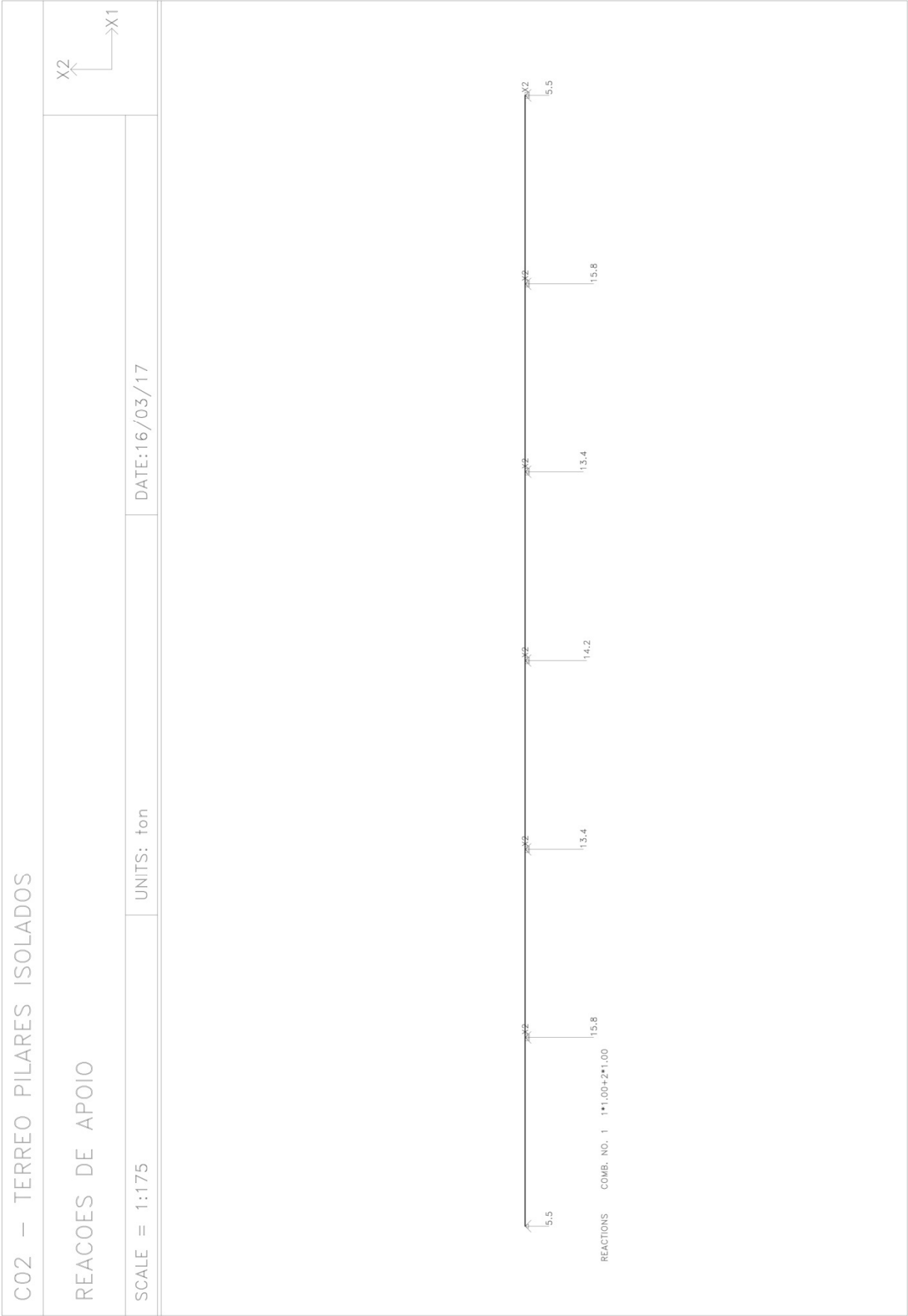


| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 24 |





| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 25 |



DIMENSIONAMENTO

VB.1

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $bw = 25,00$ cm $bf = 25,00$ cm
 $h = 60,00$ cm $hf =$ cm
 $d = 50,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| V1,6 | 8,60 | 12,04 | 5,87 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |
| AP2,6 | 9,01 | 12,61 | 6,17 | 16,00 | 4 | 8,04 | 4 Ø 16 mm |
| V2,5 | 4,77 | 6,68 | 3,17 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |
| AP3,5 | 6,55 | 8,84 | 4,24 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |
| V3,4 | 5,53 | 7,47 | 3,55 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |
| AP4 | 7,40 | 9,99 | 4,82 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |

$$A_{s \text{ min}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| V1,6 | 8,60 | 11,98 | 82552 | 309,91 | 0,27 | 0,36 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP2,6 | 9,01 | 14,18 | 104501 | 241,68 | 0,16 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V2,5 | 4,77 | 9,40 | 58786 | 257,90 | 0,19 | 0,43 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP3,5 | 6,55 | 11,98 | 82552 | 236,03 | 0,16 | 0,27 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V3,4 | 5,53 | 9,40 | 58786 | 298,83 | 0,25 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP4 | 7,40 | 11,98 | 82552 | 266,66 | 0,20 | 0,31 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|--------------|
| APOIO | 8,40 | 11,76 | 0,90 | 0,459 | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 10,86 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.4=VB.5

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $bw = 20,00$ cm $bf = 20,00$ cm
 $h = 110,00$ cm $hf =$ cm
 $d = 104,00$ cm
 $d' = 6,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-------------|
| VÃO | 0,57 | 0,80 | 0,18 | 12,50 | 3 | 3,68 | 3 Ø 12,5 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 3,30 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | A_s /face (cm ²) | Nº Barras | A_s ef. (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--------------------------------|-----------|------------------------------|---------------|
| 20,00 | 110,00 | 2200 | 10,00 | 2,20 | 4 | 3,14 | 2 x 4 Ø 10 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 0,57 | 15,93 | 250384 | 15,74 | 0,00 | 0,01 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{gk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|------------|------------|------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|----------------|
| 0 | 1,23 | 1,72 | -16,35 | - | 6,30 | 26,91 | 20,0 | 3,1 | Ø 6,3mm c/20cm |

$$V_{co} = 18,07 \text{ tf} \quad A_{s/S \text{ mín}} = 2,3172 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.6

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 20,00$ cm $b_f = 20,00$ cm
 $h = 130,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 120,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-------------|
| V1,4 | 4,60 | 6,44 | 1,24 | 12,50 | 4 | 4,91 | 4 Ø 12,5 mm |
| AP2,4 | 9,10 | 12,74 | 2,47 | 12,50 | 4 | 4,91 | 4 Ø 12,5 mm |
| V2,3 | 7,50 | 10,50 | 2,03 | 12,50 | 4 | 4,91 | 4 Ø 12,5 mm |
| AP3 | 9,80 | 13,23 | 2,57 | 12,50 | 4 | 4,91 | 4 Ø 12,5 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 3,90 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | A_s /face (cm ²) | Nº Barras | A_s ef. (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--------------------------------|-----------|------------------------------|---------------|
| 20,00 | 130,00 | 2600 | 10,00 | 2,60 | 4 | 3,14 | 2 x 4 Ø 10 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| V1,4 | 4,60 | 19,63 | 437365 | 82,60 | 0,01 | 0,06 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP2,4 | 9,10 | 19,63 | 437365 | 163,40 | 0,06 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V2,3 | 7,50 | 19,63 | 437365 | 134,67 | 0,04 | 0,09 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP3 | 9,80 | 19,63 | 437365 | 175,97 | 0,07 | 0,12 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{cal}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|--------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|--------------|
| APOIO | 9,10 | 12,74 | -8,11 | - | 8,00 | 43,39 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 20,85 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,3172 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.10 – VÃOS EXTREMOS

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 60,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 53,00$ cm
 $d' = 7,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| V1,6 | 9,16 | 12,82 | 5,88 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |
| AP2,6 | 12,25 | 17,15 | 8,02 | 16,00 | 4 | 8,04 | 4 Ø 16 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| V1,6 | 9,16 | 12,38 | 93686 | 310,73 | 0,27 | 0,36 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP2,6 | 12,25 | 14,64 | 118748 | 309,64 | 0,27 | 0,28 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|--------------|
| APOIO | 9,30 | 13,02 | 1,51 | 0,726 | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 11,51 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.10 – VÃOS E APOIOS INTERMEDIÁRIOS

Dados:

| | | | | | | |
|----------|------------|-----------|---------|------------|----------------|-----------|
| Concreto | $f_{ck} =$ | 30,00 MPa | Aço CA | 50 | | |
| | $E_{cs} =$ | 26838 MPa | $E_s =$ | 210000 MPa | Aço $f_{yt} =$ | 500,0 MPa |
| Seção | $b_w =$ | 25,00 cm | $b_f =$ | 25,00 cm | | |
| | $h =$ | 90,00 cm | $h_f =$ | cm | | |
| | $d =$ | 82,90 cm | | | | |
| | $d' =$ | 7,10 cm | | | | |

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| V2,5 | 7,94 | 11,12 | 3,14 | 16,00 | 2 | 26,15 | 2 Ø 16 mm |
| AP3,5 | 11,05 | 15,47 | 4,40 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |
| V3,4 | 9,40 | 13,16 | 3,73 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |
| AP4 | 12,24 | 16,52 | 4,71 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 3,38 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | A_s /face (cm ²) | Nº Barras | A_s ef. (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--------------------------------|-----------|------------------------------|---------------|
| 25,00 | 90,00 | 2250 | 10,00 | 2,25 | 3 | 2,36 | 2 x 3 Ø 10 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| V2,5 | 7,94 | 29,55 | 797402 | 41,57 | 0,00 | 0,01 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP3,5 | 11,05 | 9,61 | 260920 | 242,87 | 0,17 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V3,4 | 9,40 | 6,32 | 186644 | 301,80 | 0,26 | 0,51 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP4 | 12,24 | 9,61 | 260920 | 269,03 | 0,20 | 0,31 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | (A_s/S) efet (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|--------------|
| APOIO | 11,70 | 16,38 | -1,63 | - | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 18,01 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.11, VB.15

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
Ecs = 26838 MPa Es = 210000 MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
Seção bw = 25,00 cm bf = 25,00 cm
 h = 60,00 cm hf = cm
 d = 52,90 cm
 d' = 7,10 cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| V1 | 14,40 | 20,16 | 9,60 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| V2 | 11,70 | 16,38 | 7,65 | 16,00 | 4 | 8,04 | 4 Ø 16 mm |
| V3 | 9,39 | 13,15 | 6,05 | 16,00 | 4 | 8,04 | 4 Ø 16 mm |
| V4 | 5,20 | 7,28 | 3,26 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |
| V5 | 4,95 | 6,93 | 3,10 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |
| V6 | 8,60 | 12,04 | 5,51 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |
| AP2 | 16,83 | 23,56 | 11,42 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| AP3 | 14,03 | 19,64 | 9,32 | 16,00 | 5 | 16,30 | 5 Ø 16 mm |
| AP4 | 9,70 | 13,58 | 6,26 | 16,00 | 4 | 8,04 | 4 Ø 16 mm |
| AP5 | 6,20 | 8,68 | 3,91 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |
| AP6 | 9,10 | 12,74 | 5,85 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| V1 | 14,40 | 16,84 | 167653 | 242,34 | 0,21 | 0,27 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V2 | 11,70 | 12,58 | 118896 | 310,46 | 0,27 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V3 | 9,39 | 12,58 | 118896 | 249,17 | 0,17 | 0,22 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V4 | 5,20 | 7,67 | 68122 | 270,12 | 0,20 | 0,45 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V5 | 4,95 | 7,67 | 68122 | 257,13 | 0,19 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V6 | 8,60 | 10,62 | 97860 | 290,70 | 0,30 | 0,61 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP2 | 16,83 | 16,84 | 167653 | 283,23 | 0,28 | 0,32 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP3 | 14,03 | 19,85 | 204496 | 177,41 | 0,29 | 0,09 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP4 | 9,70 | 12,58 | 118896 | 257,39 | 0,19 | 0,23 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP5 | 6,20 | 10,33 | 94723 | 218,05 | 0,29 | 0,25 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP6 | 9,10 | 10,23 | 155685 | 195,13 | 0,13 | 0,41 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{cal}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|--------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|--------------|
| APOIO | 14,70 | 20,58 | 9,09 | 4,386 | 8,00 | 22,92 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 11,49 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.12

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 50,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 45,58$ cm
 $d' = 4,43$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-------------|
| VÃO | 1,88 | 2,63 | 1,35 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |
| APOIO | 3,11 | 4,20 | 2,17 | 12,50 | 3 | 3,68 | 3 Ø 12,5 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 1,88 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 1,88 | 7,63 | 31353 | 178,01 | 0,07 | 0,23 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 3,11 | 9,54 | 44643 | 196,40 | 0,08 | 0,18 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|--------------|
| APOIO | 3,94 | 5,52 | -4,38 | - | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 9,90 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.8, VB.9, VB.13, VB.21, VB.23, VB.26, VB.28, VB.30, VB.34, VB.35, VB.36, VB.37.

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 20,00$ cm $b_f = 20,00$ cm
 $h = 50,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 45,50$ cm
 $d' = 4,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-------------|
| VÃO | 1,80 | 2,52 | 1,30 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 1,50 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 1,80 | 8,44 | 30384 | 171,80 | 0,06 | 0,22 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|--------------|
| Máx | 3,77 | 5,28 | -2,63 | - | 8,00 | 43,39 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 7,91 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,3172 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.14

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $bw = 25,00$ cm $bf = 25,00$ cm
 $h = 60,00$ cm $hf =$ cm
 $d = 52,90$ cm
 $d' = 7,10$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-------------|
| V1 | 17,84 | 24,98 | 12,20 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| AP2 | 22,00 | 30,80 | 15,58 | 20,00 | 5 | 15,71 | 5 Ø 20 mm |
| V2 | 13,56 | 18,98 | 8,98 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| AP3 | 11,56 | 15,61 | 7,26 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| V3 | 2,82 | 3,81 | 1,68 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |
| AP4 | 6,72 | 9,07 | 4,10 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| V4 | 9,64 | 13,01 | 5,98 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |
| AP5 | 13,90 | 18,77 | 8,87 | 20,00 | 3 | 16,30 | 3 Ø 20 mm |
| V5 | 3,60 | 4,86 | 2,15 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| V1 | 17,84 | 16,54 | 193098 | 262,88 | 0,24 | 0,30 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP2 | 22,00 | 19,40 | 198776 | 290,13 | 0,30 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V2 | 13,56 | 13,69 | 164279 | 253,23 | 0,22 | 0,37 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP3 | 11,56 | 13,98 | 134478 | 261,80 | 0,24 | 0,38 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V3 | 2,82 | 5,11 | 44967 | 234,48 | 0,12 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP4 | 6,72 | 13,98 | 134478 | 152,19 | 0,08 | 0,22 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V4 | 9,64 | 10,09 | 130264 | 247,91 | 0,17 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP5 | 13,90 | 19,85 | 204496 | 175,76 | 0,29 | 0,16 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V5 | 3,60 | 5,11 | 44967 | 299,34 | 0,20 | 0,39 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{cal}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|--------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|---------------|
| AP2 | 26,80 | 37,52 | 26,03 | 12,561 | 10,00 | 12,50 | 10,0 | 15,7 | Ø 10mm c/10cm |
| AP3 | 21,20 | 29,68 | 18,19 | 8,778 | 8,00 | 11,45 | 10,0 | 10,1 | Ø 8mm c/10cm |
| AP4 | 11,60 | 16,24 | 4,75 | 2,292 | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |
| AP5 | 12,00 | 16,80 | 5,31 | 2,562 | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 11,49 \text{ tf}$$

$$A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.17

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa

Aço CA 50

$E_{cs} = 26838$ MPa

$E_s = 210000$ MPa

Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa

Seção $b_w = 25,00$ cm

$b_f = 25,00$ cm

$h = 60,00$ cm

$h_f =$ cm

$d = 52,50$ cm

$d' = 7,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------|--------------|----------------------------------|-------------|
| V1 | 5,84 | 8,18 | 3,71 | 12,50 | 4 | 4,91 | 4 Ø 12,5 mm |
| V2 | 2,80 | 3,92 | 1,75 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |
| V3 | 0,83 | 1,16 | 0,51 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |
| AP2 | 5,44 | 7,62 | 3,44 | 12,50 | 3 | 3,68 | 3 Ø 12,5 mm |
| AP3 | 2,20 | 3,08 | 1,37 | 12,50 | 3 | 3,68 | 3 Ø 12,5 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 5,84 | 11,26 | 77220 | 244,06 | 0,13 | 0,17 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V2 | 2,80 | 7,48 | 42412 | 232,57 | 0,12 | 0,30 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V3 | 0,83 | 7,48 | 42412 | 68,94 | 0,01 | 0,09 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP2 | 5,44 | 9,52 | 60403 | 302,85 | 0,20 | 0,27 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP3 | 2,20 | 9,52 | 60403 | 122,48 | 0,03 | 0,11 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{cal}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|---------------|---------------|---|----------------|--------------------|--------------------|--|--------------|
| AP3 | 7,30 | 10,22 | -1,18 | - | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 11,40 \text{ tf}$$

$$A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.19, VB.22, VB.25, VB.27, VB.31

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 50,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 42,50$ cm
 $d' = 7,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|-----------------|-----------------|--|----------------|--------------|---|-----------|
| MÁX | 6,20 | 8,68 | 4,98 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |

$$A_{s\text{ mín}} = 1,88 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| MÁX | 6,20 | 10,92 | 57921 | 264,51 | 0,20 | 0,31 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|---------------|---------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---|--------------|
| MÁX | 8,30 | 11,62 | 2,39 | 1,434 | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 9,23 \text{ tf} \quad A_{s/S\text{ mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.20

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 50,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 42,50$ cm
 $d' = 7,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------|--------------|----------------------------------|-----------|
| V1 | 6,28 | 8,79 | 5,04 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |
| AP | 7,65 | 10,71 | 6,23 | 16,00 | 4 | 8,04 | 4 Ø 16 mm |
| V2 | 7,20 | 10,08 | 5,84 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 1,88 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 6,28 | 10,92 | 57921 | 267,71 | 0,20 | 0,31 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP | 7,65 | 12,95 | 73050 | 242,10 | 0,16 | 0,22 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V2 | 7,20 | 10,92 | 57921 | 307,17 | 0,26 | 0,36 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--|--------------|
| V2 | 8,80 | 12,32 | 3,09 | 1,855 | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 9,23 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.24

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 50,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 42,50$ cm
 $d' = 7,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------|--------------|----------------------------------|-----------|
| V1 | 8,18 | 11,45 | 6,70 | 16,00 | 4 | 8,04 | 4 Ø 16 mm |
| AP | 9,52 | 13,33 | 7,92 | 16,00 | 4 | 8,04 | 4 Ø 16 mm |
| V2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 1,88 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 8,18 | 12,33 | 72901 | 264,93 | 0,20 | 0,24 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP | 9,52 | 12,33 | 72901 | 308,33 | 0,27 | 0,28 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V2 | 0,00 | 7,90 | 41775 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--|--------------|
| V2 | 10,90 | 15,26 | 6,03 | 3,621 | 8,00 | 27,77 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 9,23 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.29

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 50,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 45,50$ cm
 $d' = 4,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------|--------------|----------------------------------|-----------|
| V1 | 7,20 | 10,08 | 5,40 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |
| AP | 9,01 | 12,61 | 6,87 | 16,00 | 4 | 8,04 | 4 Ø 16 mm |
| V2 | 4,00 | 5,60 | 2,92 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 1,88 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 7,20 | 11,35 | 67227 | 286,15 | 0,23 | 0,33 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP | 9,01 | 13,45 | 84920 | 266,04 | 0,20 | 0,24 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V2 | 4,00 | 8,89 | 48027 | 238,59 | 0,16 | 0,40 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--|--------------|
| V2 | 4,80 | 6,72 | -3,16 | - | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 9,88 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.32

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 50,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 43,08$ cm
 $d' = 6,93$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------|--------------|----------------------------------|-----------|
| V1 | 7,30 | 10,22 | 5,83 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |
| AP | 11,14 | 15,60 | 9,28 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| V2 | 5,49 | 7,69 | 4,31 | 16,00 | 3 | 6,03 | 3 Ø 16 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 1,88 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{ll} (cm) | I_{ll} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 7,30 | 11,00 | 59648 | 307,11 | 0,26 | 0,36 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP | 11,14 | 14,32 | 85451 | 293,28 | 0,30 | 0,42 | 0,30 | Verificar |
| V2 | 5,49 | 11,00 | 59648 | 230,97 | 0,15 | 0,27 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--|--------------|
| V2 | 11,50 | 16,10 | 6,74 | 3,996 | 8,00 | 25,16 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 9,36 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.33

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 60,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 52,50$ cm
 $d' = 7,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------|--------------|----------------------------------|-------------|
| VÃO | 5,70 | 7,98 | 3,61 | 12,50 | 4 | 4,91 | 4 Ø 12,5 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| VÃO | 5,70 | 11,26 | 77220 | 238,21 | 0,12 | 0,17 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | (A_s/S) efet (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--|--------------|
| APOIO | 4,20 | 5,88 | -5,52 | - | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 11,40 \text{ tf} \quad A_{s/S \text{ mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.38

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 60,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 52,90$ cm
 $d' = 7,10$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------|--------------|----------------------------------|-----------|
| VÃO | 12,70 | 17,78 | 8,36 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| APOIO | 12,07 | 16,90 | 7,91 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| VÃO | 12,70 | 14,96 | 134053 | 281,24 | 0,28 | 0,41 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 12,07 | 14,96 | 134053 | 267,29 | 0,25 | 0,39 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

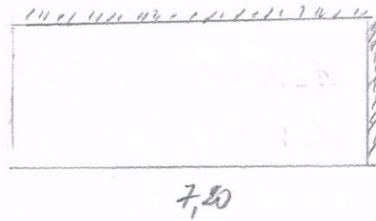
Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | (A_s/S) efet (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--|--------------|
| APOIO | 10,00 | 14,00 | 2,51 | 1,211 | 8,00 | 34,71 | 20,0 | 5,0 | Ø 8mm c/20cm |

$$V_{co} = 11,49 \text{ tf} \quad A_{s/S \text{ mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

LAJE DE FUNDO



$$l^* = 4,5$$

$$m = 2$$

$$\alpha_v (2,5 - 0,1 \cdot 2) \times 4,5 = 10,35$$

$$l_y / l_x = 460$$

$$h = 16$$

$$\alpha = 9$$

$$p_0 = 320 \text{ kg/m}^2 = 16,25$$

$$C_{vch} = 765 \text{ ''} = 35 - 19 + 100$$

$$g = 1065 \text{ ''}$$

$$\text{Substitua } q = 300 \text{ ''}$$

$$g + q = 1365 \text{ ''}$$

$$A'_{mín} = 0,15 \% A_c = 48 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\alpha_x = 19,7 \rightarrow m_x = +1,40 \text{ kg/m} \rightarrow k_6 = 5,86 \rightarrow k_3 = 0,349 \rightarrow A_s = 5,8 \text{ cm}^2/\text{m} (\phi 10 @ 12)$$

$$y_j = 43,2 \rightarrow m_y = +0,69 \text{ kg/m} \rightarrow k_6 = 11,74 \rightarrow k_3 = 0,338 \rightarrow A_s = 2,6 \text{ cm}^2/\text{m} (\phi 8 @ 15)$$

$$- (R_x) = 9,2 \rightarrow m(R_x) = -30 \text{ kg/m} \rightarrow k_6 = 2,2 \rightarrow k_3 = 0,349 \rightarrow A_s = 13,1 \text{ cm}^2/\text{m} (\phi 16 @ 14)$$

$$- (R_y) = 12,9 \rightarrow m(R_y) = -2,25 \text{ kg/m} \rightarrow k_6 = 3,6 \rightarrow k_3 = 0,340 \rightarrow A_s = 9,3 \text{ cm}^2/\text{m} (\phi 16 @ 20)$$

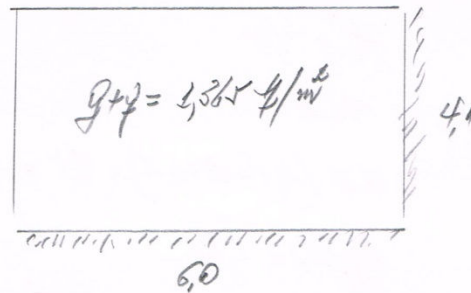
$$A_{s2} = 21,5$$

$$= \text{leqto: } f_{cd} = 30 \text{ MPa} \rightarrow E_c = 26.838,4 \text{ MPa} (2.683.840 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$f_g = \frac{4065 \cdot 4,5^4 \cdot 100}{0,15 \cdot 2.683.840 \cdot 0,16^3 \cdot 21,5} = 0,88 \text{ cm}$$

$$f_g = \frac{93 \cdot 4,5^4 \cdot 100}{2.683.840 \cdot 0,16^3 \cdot 21,5} = 0,12 \text{ cm} < l_0/500 = 9,9 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$$

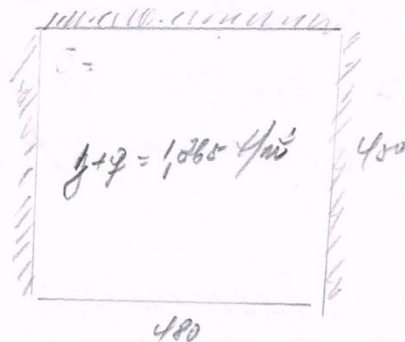
$$f_g + f_g = 1,0 < l_0/300 = 15 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$$



$$\begin{aligned} E &= 4,5 \\ h &= 18 \text{ cm} \\ d &= 9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$A_s (\text{cm}^2)$

$K_x = 20,7 \rightarrow m_x = 1,11 \text{ kN/m} \rightarrow R_6 = 73 \rightarrow R_3 = 0,344 \rightarrow 4,84 \text{ } \phi 10/18$
 $K_y = 40,2 \rightarrow m_y = 0,87 \text{ kN/m} \rightarrow R_6 = 146 \rightarrow R_3 = 0,336 \rightarrow 2,13 \text{ } \phi 8/20$
 $-R_x = 9,6 \rightarrow m_{R_x} = -2,4 \text{ kN/m} \rightarrow R_6 = 3975 \rightarrow R_3 = 0,323 \rightarrow 12,0 \text{ } \phi 16/20$
 $-R_y = 12,4 \rightarrow m_{R_y} = -4,8 \text{ kN/m} \rightarrow R_6 = 438 \rightarrow R_3 = 0,309 \rightarrow 7,4 \text{ } \phi 12,5/15$



$$\begin{aligned} E &= 1,05 \\ h &= 18 \\ d &= 9 \end{aligned}$$

$K_x = 41,7 \rightarrow m_x = 0,66 \text{ kN/m} \rightarrow R_6 = 102,7 \rightarrow R_3 = 0,338 \rightarrow A_s = 2,5 \text{ cm}^2$
 $K_y = 37,2 \rightarrow m_y = 0,74 \text{ kN/m} \rightarrow R_6 = 102,5 \rightarrow R_3 = 0,339 \rightarrow A_s = 2,8 \text{ cm}^2$
 $-R_x = 16,6 \rightarrow m_{R_x} = -4,62 \text{ kN/m} \rightarrow R_6 = 485 \rightarrow R_3 = 0,305 \rightarrow A_s = 5,6 \text{ cm}^2$
 $-R_y = 15,4 \rightarrow m_{R_y} = -4,8 \text{ kN/m} \rightarrow R_6 = 45,1 \rightarrow R_3 = 0,317 \rightarrow A_s = 7,14 \text{ cm}^2$

LAJE: LAJES DE FUNDO - NÍVEL BALDRAMES

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,00$ MPa
 Seção $b = 100,00$ cm
 $h = 12,00$ cm
 $d = 9,00$ cm
 $d' = 3,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

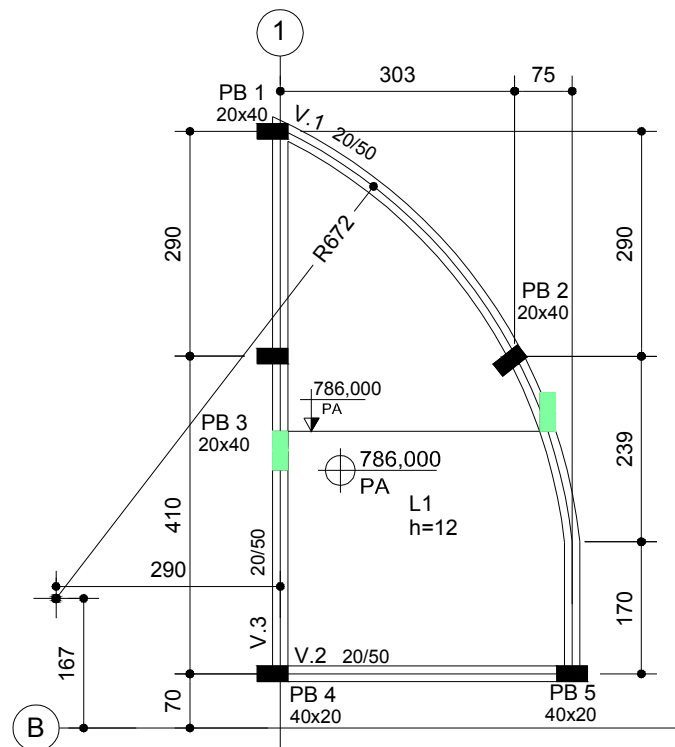
| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | A_s efetivo (cm ²) | Adotado |
|------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-------------|----------------------------------|-----------------|
| L7,2x4,5+x | 1,40 | 1,96 | 5,39 | 10,00 | 6,04 | Ø 10mm c/13cm |
| L7,2x4,5+y | 0,69 | 0,97 | 2,56 | 8,00 | 3,35 | Ø 8mm c/15cm |
| L7,2x4,5-x | 3,00 | 4,20 | 12,96 | 16,00 | 13,40 | Ø 16mm c/15cm |
| L7,2x4,5-y | 2,25 | 3,15 | 9,16 | 16,00 | 10,05 | Ø 16mm c/20cm |
| L6x4,1+x | 1,11 | 1,55 | 4,21 | 10,00 | 4,36 | Ø 10mm c/18cm |
| L6x4,1+y | 0,57 | 0,80 | 2,10 | 8,00 | 2,51 | Ø 8mm c/20cm |
| L6x4,1-x | 2,40 | 3,36 | 9,88 | 16,00 | 10,05 | Ø 16mm c/20cm |
| L6x4,1-y | 1,85 | 2,59 | 7,33 | 12,50 | 8,18 | Ø 12,5mm c/15cm |
| L4,8x4,5+x | 0,66 | 0,92 | 2,44 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L4,8x4,5+y | 0,74 | 1,04 | 2,75 | 10,00 | 3,93 | Ø 10mm c/20cm |
| L4,8x4,5-x | 1,67 | 2,34 | 6,54 | 12,50 | 6,82 | Ø 12,5mm c/18cm |
| L4,8x4,5-y | 1,80 | 2,52 | 7,11 | 12,50 | 7,22 | Ø 12,5mm c/17cm |

$$A_{s \text{ mín}} = 1,80 \text{ cm}^2$$

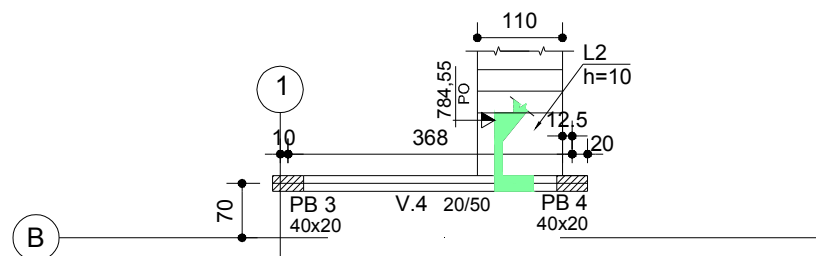
Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|------------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| L7,2x4,5+x | 1,40 | 2,48 | 2518 | 283,55 | 0,14 | 0,09 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L7,2x4,5+y | 0,69 | 1,93 | 1550 | 246,36 | 0,09 | 0,07 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L7,2x4,5-x | 3,00 | 3,42 | 4599 | 284,76 | 0,23 | 0,17 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L7,2x4,5-y | 2,25 | 3,06 | 3731 | 280,44 | 0,22 | 0,21 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L6x4,1+x | 1,11 | 2,16 | 1933 | 307,25 | 0,17 | 0,13 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L6x4,1+y | 0,57 | 1,70 | 1212 | 268,87 | 0,10 | 0,10 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L6x4,1-x | 2,40 | 3,06 | 3731 | 299,13 | 0,25 | 0,22 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L6x4,1-y | 1,85 | 2,81 | 3192 | 280,49 | 0,17 | 0,13 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L4,8x4,5+x | 0,66 | 2,34 | 2244 | 153,33 | 0,04 | 0,06 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L4,8x4,5+y | 0,74 | 2,06 | 1771 | 226,71 | 0,09 | 0,11 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L4,8x4,5-x | 1,67 | 2,61 | 2771 | 301,30 | 0,20 | 0,16 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L4,8x4,5-y | 1,80 | 2,67 | 2898 | 307,50 | 0,21 | 0,16 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

5.2. CASA DE MÁQUINAS



NÍVEL 785.950 - FORMAS



NÍVEL 784.55 - APOIO ESCADA CS.MÁQ.

CARGAS DISTRIBUÍDAS

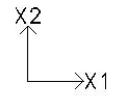
Peso próprio viga = $0,20 \times (0,50 - 0,12) \times 2,50 = 0,19 \text{ tf/m}$;
 Peso próprio viga baldrame = $0,25 \times 0,50 \times 2,50 = 0,3125 \text{ tf/m}$;
 Peso próprio viga baldrame = $0,25 \times 0,60 \times 2,50 = 0,375 \text{ tf/m}$;
 Peso próprio lajes = $0,12 \times 2,50 = 0,30 \text{ tf/m}^2$
 Peso próprio escada = $2,5 \times h_{\text{med}} = 2,5 \times 0,275 = 0,687 \text{ tf/m}^2$
 Impermeabilização, contra piso, revestimento = $0,2 \text{ tf/m}^2$
 Paredes = $2,5 \times 0,3 = 0,75 \text{ tf/m}$

Sobrecarga lajes = $0,50 \text{ tf/m}^2$

ESQUEMA ESTÁTICO, CARREGAMENTOS E ESFORÇOS (PROCESSAMENTOS)

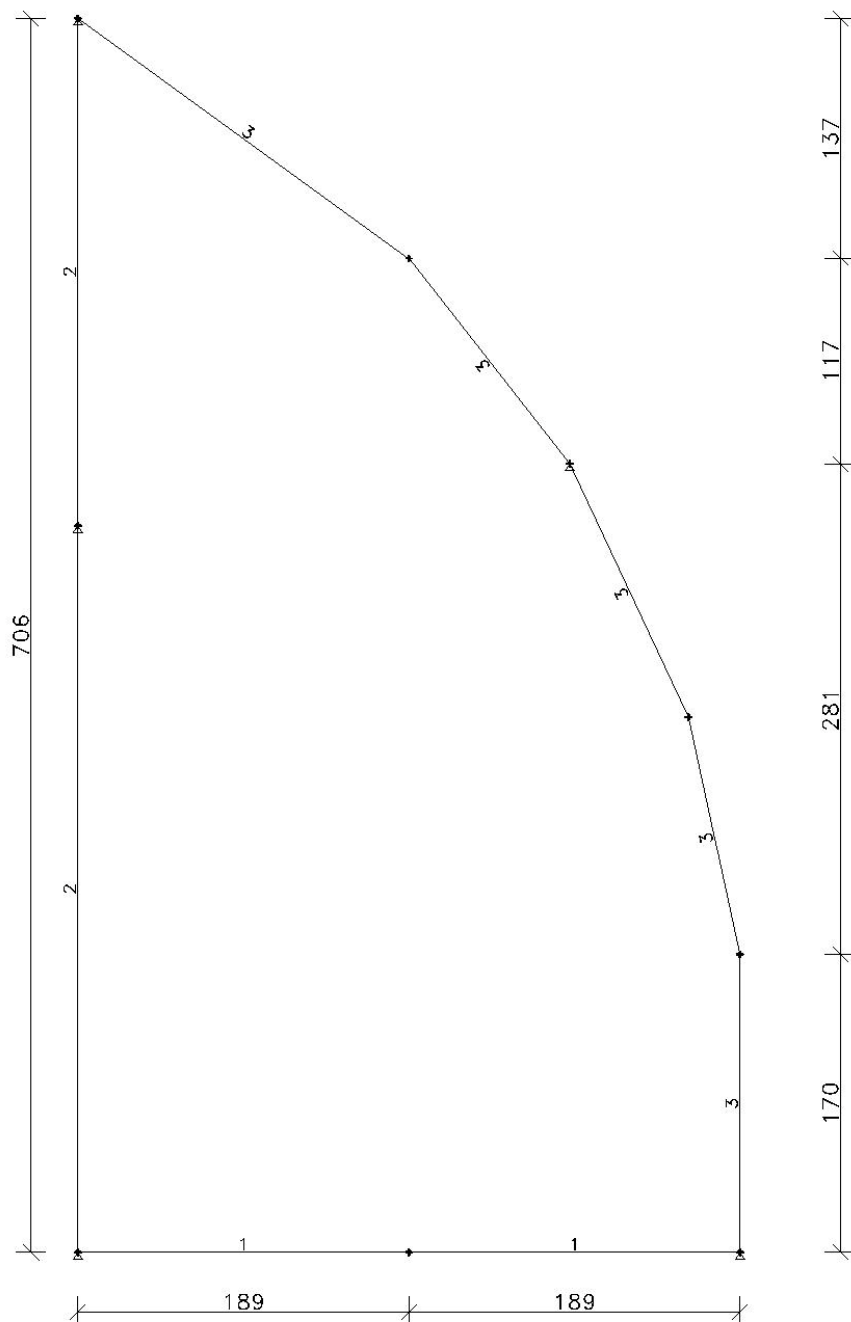
CC2 - CS MAQ

GEOMETRIA E PROPRIEDADES



SCALE = 1:35

DATE:15/03/17





Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM

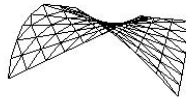
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017

Folha:
47

STRAP

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS



USA AGENT
ATIR
ENGINEERING SOFTWARE
3314 WEST RANCE TERRACE
CHICAGO, IL 60645-3831
PHONE: 847-677-1945
FAX: 847-677-3456
E-MAIL: strap@atir.com

Strap 12.5.00

*** For demonstration purposes only ***

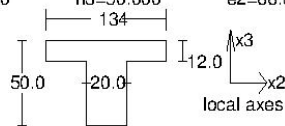
CC2 - CS MAQ
PROPRIEDADES
Prepared by: PAULO CAVALCANTI

Page: 1
Date:

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

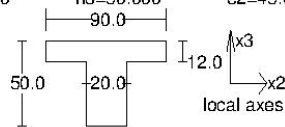
PROPERTY NO. 1

A=0.2363E+04 I2=0.4329E+06 I3=0.2410E+07 J=0.1725E+06 SF2=0.500
Material = 1 - C30 Perimeter=367.200 SF3=0.500
h2=133.600 h3=50.000 e2=66.800 e3=35.960



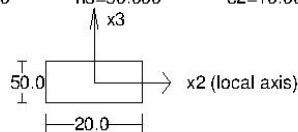
PROPERTY NO. 2

A=0.1840E+04 I2=0.3832E+06 I3=0.7543E+06 J=0.1474E+06 SF2=0.500
Material = 1 - C30 Perimeter=280.000 SF3=0.500
h2=90.000 h3=50.000 e2=45.000 e3=33.674



PROPERTY NO. 3

A=0.1000E+04 I2=0.2083E+06 I3=0.3333E+05 J=0.9981E+05 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=140.000 SF3=0.850
h2=20.000 h3=50.000 e2=10.000 e3=25.000



CC2 – CS MAQ

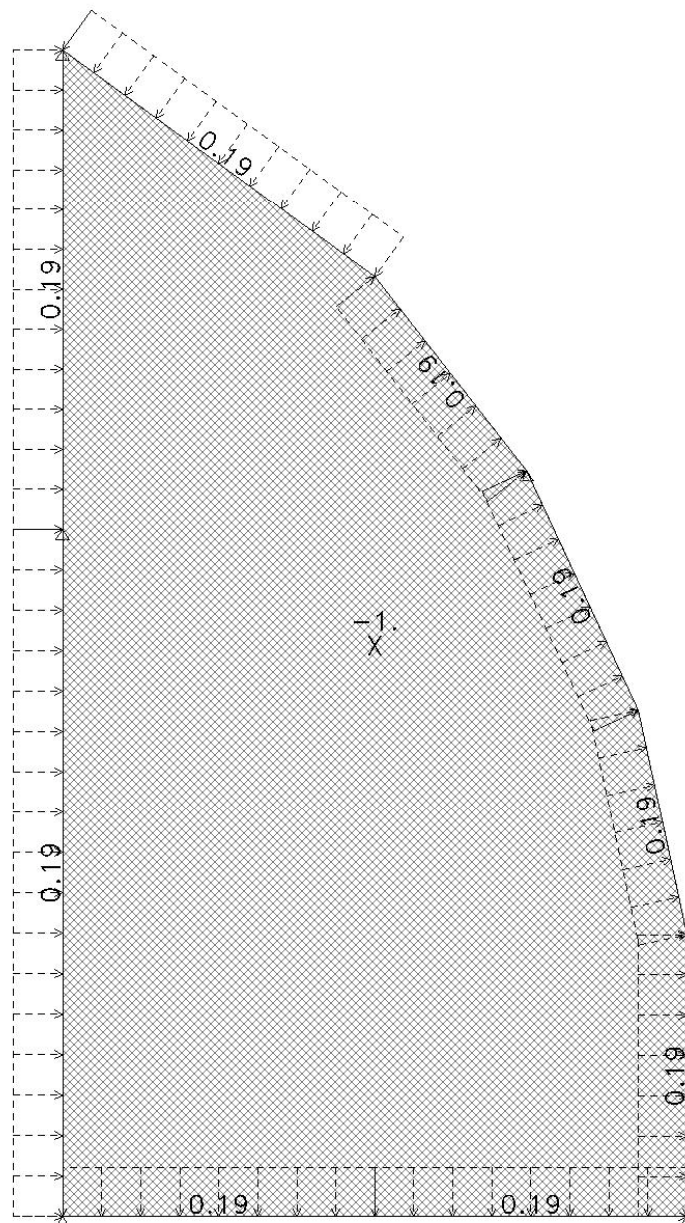
CARGAS TOTAIS

x2
x1

SCALE = 1:37

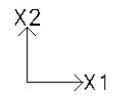
UNITS: ton m

DATE:15/03/17



CC2 - CS MAQ

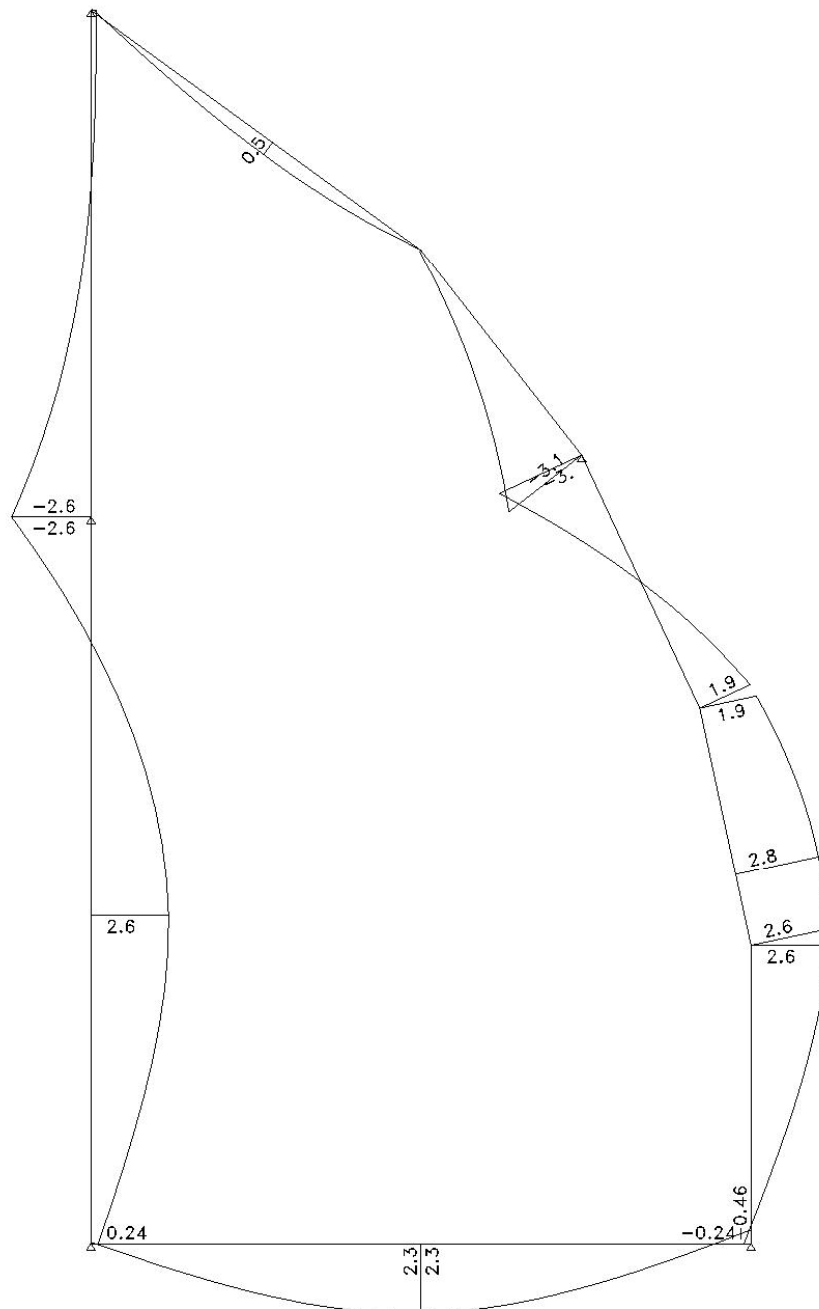
MOMENTOS FLETORES



SCALE = 1:35

UNITS: ton*m

DATE:15/03/17

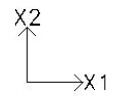


M2 MOMENT

LOAD NO. 1 G+Q

CC2 - CS MAQ

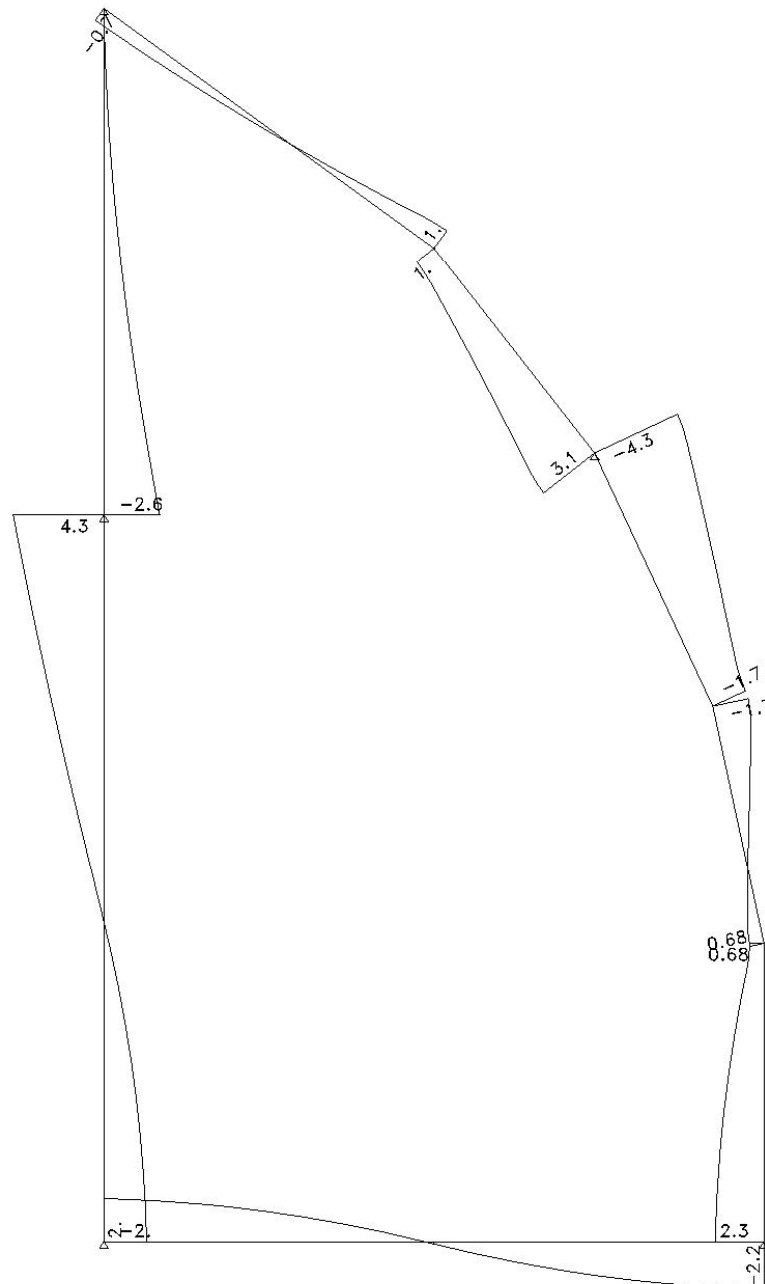
FORÇAS CORTANTES



SCALE = 1:35

UNITS: ton

DATE:15/03/17



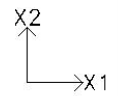
V3 SHEAR

LOAD NO. 1 G+Q



CC2 – CS MAQ

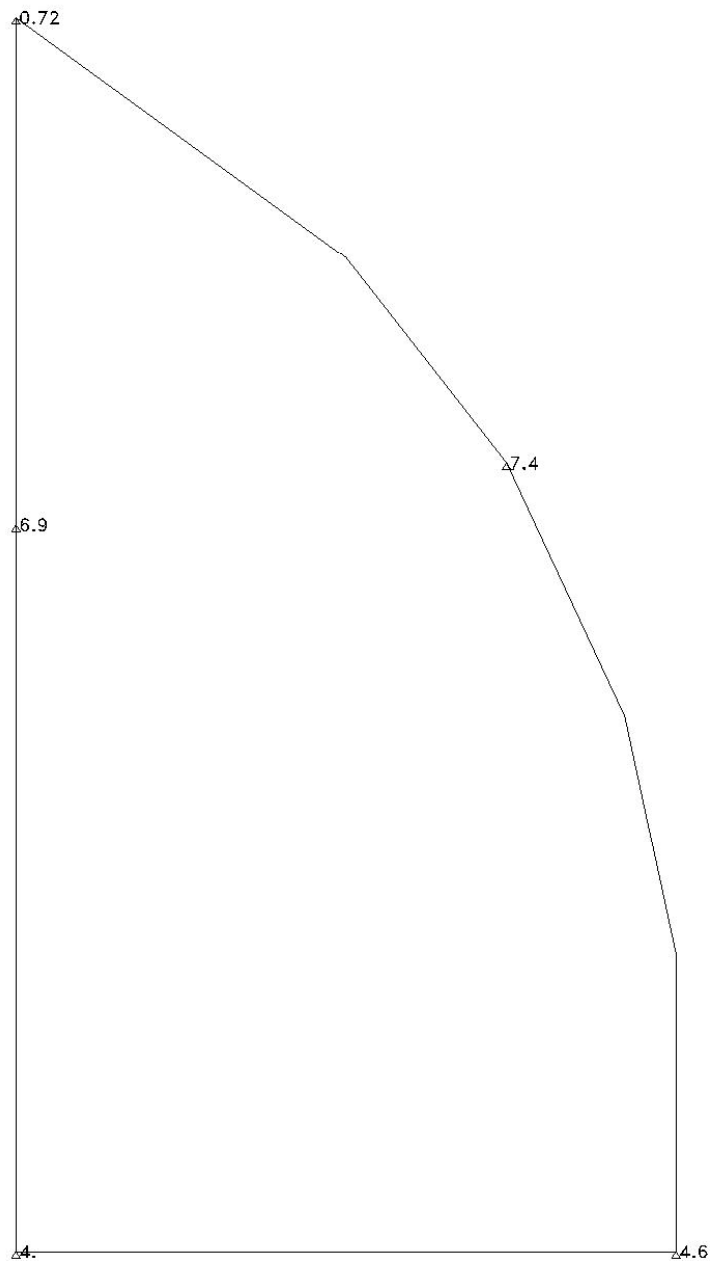
REACOES DE APOIO



SCALE = 1:35

UNITS: ton

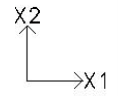
DATE:15/03/17



REACTIONS LOAD NO. 1 G+Q

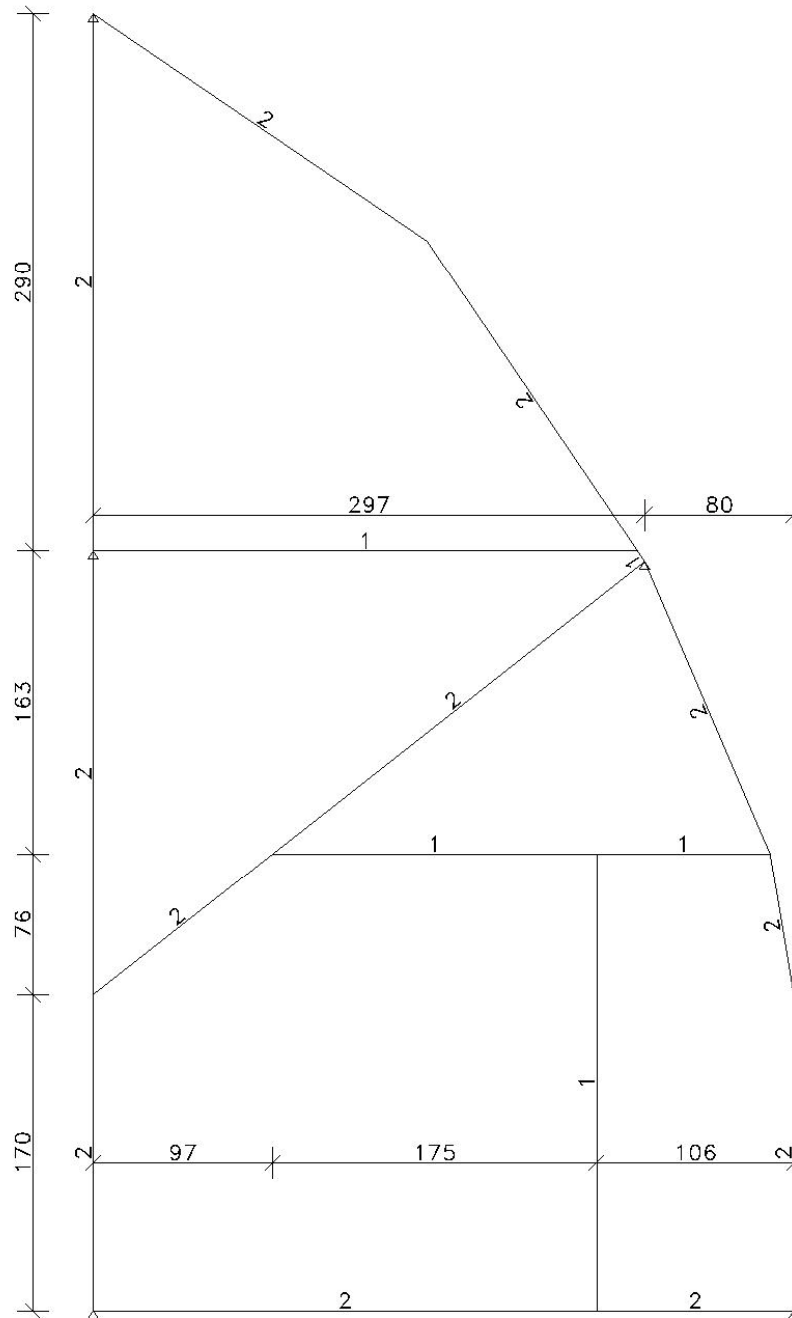
CS MAQ – BALDRAMES

GEOMETRIA E PROPRIEDADES



SCALE = 1:33

DATE:08/05/17





Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM

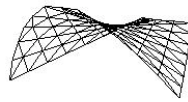
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017

Folha:
53

STRAP

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS



USA AGENT
ATIR
ENGINEERING SOFTWARE
3314 WEST RANCE TERRACE
CHICAGO, IL 60645-3831
PHONE: 847-677-1945
FAX: 847-677-3456
E-MAIL: strap@atir.com

Strap 12.5.00

*** For demonstration purposes only ***

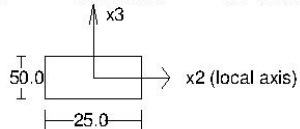
CS MAQ - BALDRAMES
PROPRIEDADES
Prepared by: PAULO CAVALCANTI

Page: 1
Date: 08/05/17

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

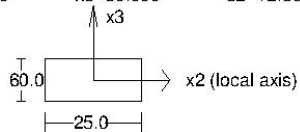
PROPERTY NO. 1

A=0.1250E+04 I2=0.2604E+06 I3=0.6510E+05 J=0.1788E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=150.000 SF3=0.850
h2=25.000 h3=50.000 e2=12.500 e3=25.000



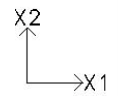
PROPERTY NO. 2

A=0.1500E+04 I2=0.4500E+06 I3=0.7812E+05 J=0.2307E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=170.000 SF3=0.850
h2=25.000 h3=60.000 e2=12.500 e3=30.000



CS MAQ – BALDRAMES

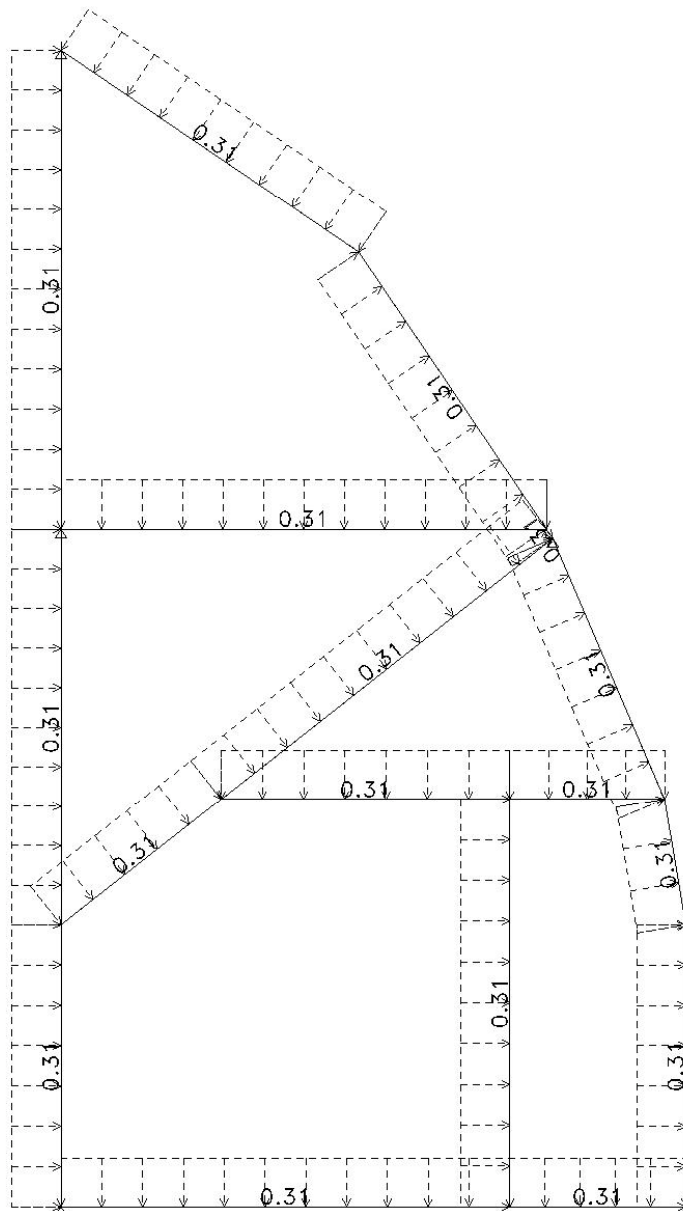
PP VIGAS

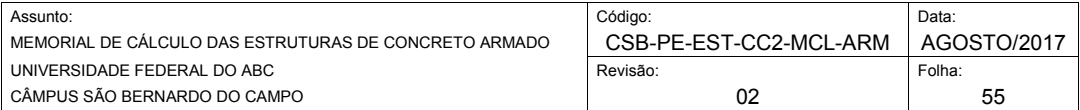


SCALE = 1:37

UNITS: ton m

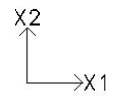
DATE:08/05/17





CS MAQ – BALDRAMES

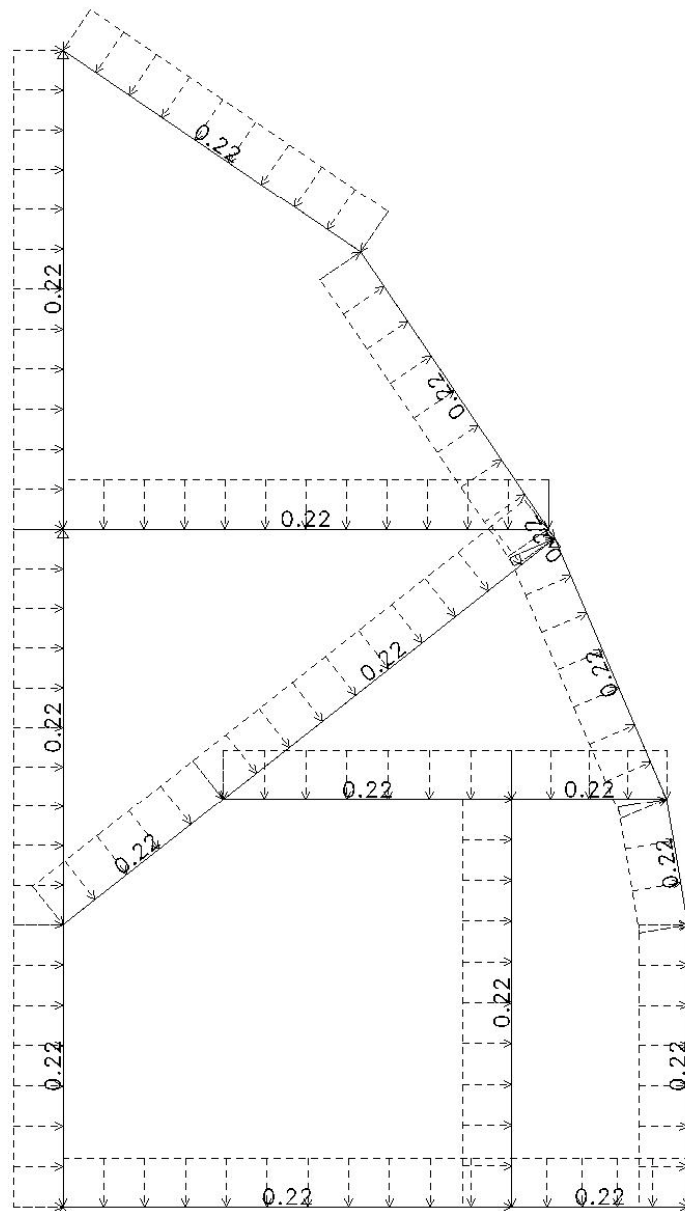
CARGAS ACIDENTAIS

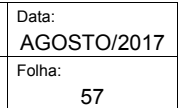


SCALE = 1:37

UNITS: ton m

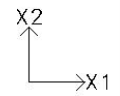
DATE:08/05/17





CS MAQ – BALDRAMES

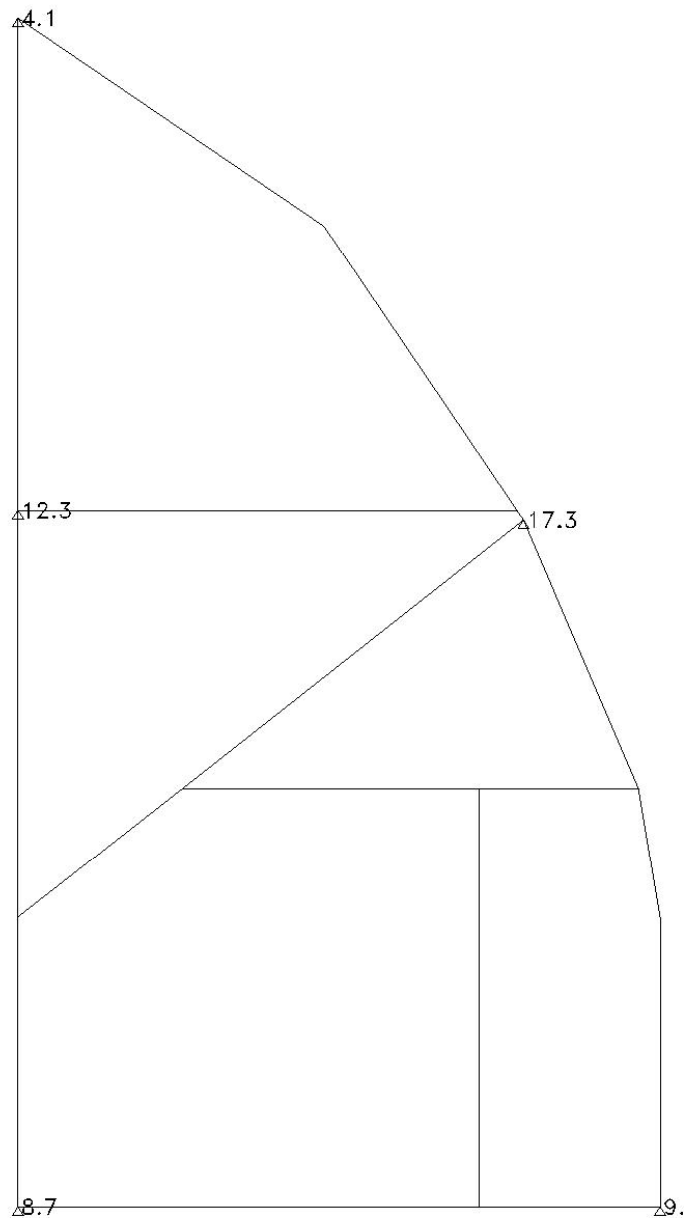
REACOES DE APOIO – CARGAS TOTAIS



SCALE = 1:36

UNITS: ton

DATE:08/05/17



REACTIONS COMB. NO. 1 1*1.00+2*1.00+3*1.00

DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
Seção $b_w = 20,00$ cm $b_f = 20,00$ cm
 $h = 50,00$ cm
 $d = 45,70$ cm
 $d' = 4,30$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_{g+qk} (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|----------------------|-----------------|--|----------------|--------------|---|-------------|
| VÃO | 3,03 | 4,24 | 2,20 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |
| APOIO | 2,60 | 3,64 | 1,88 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 1,50 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | $wk1$ (mm) | $wk2$ (mm) | $wk_{\text{máx}}$ (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|
| VÃO | 3,03 | 8,46 | 30670 | 287,90 | 0,18 | 0,38 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 2,60 | 8,46 | 30670 | 247,04 | 0,13 | 0,32 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{g+qk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|--------------------|---------------|---------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---|----------------|
| Seção | 4,30 | 6,02 | -1,92 | - | 6,30 | 26,91 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 7,94 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 2,3172 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Para a obtenção dos valores de momentos fletores, foi utilizado coeficiente de redistribuição de 85%.

DIMENSIONAMENTO DALAJE

CASA DE MÁQUINAS

LAJE: 1

Dados:

Carregamento (p) = 1,00 tf/m²

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

ly = 700 cm

lx = 378 cm

λ = 1,85 < 2,00

α_x = 10,4

α_y = 23,5

-β_x = 0,0

-β_y = 0,0

Laje armada em duas direções

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

p = 1,00 tf/m²

lx = 378 cm

M_x = 1,37 tfm

M_y = 0,61 tfm

-M_{βx} = - tfm

-M_{βy} = - tfm

Concreto f_{ck} = 30,00 MPa

Aço CA 50

Seção b = 100,00 cm

h = 12,00 cm

d = 8,00 cm

d' = 4,00 cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M _{gk} (tf.m) | M _d (tf.m) | A _{s cal} (cm ²) | φ (mm) | A _{s efetivo} (cm ²) | Adotado |
|-------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------|---|---------------|
| x | 1,37 | 1,92 | 6,08 | 10,00 | 7,85 | Ø 10mm c/10cm |
| y | 0,61 | 0,85 | 2,55 | 10,00 | 3,93 | Ø 10mm c/20cm |

A_{s mín} = 1,80 cm²

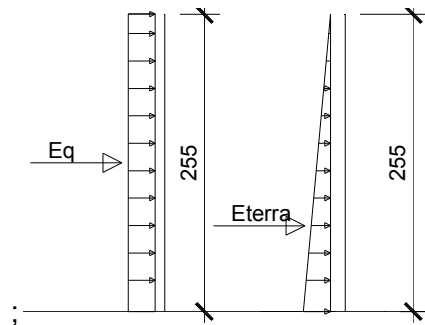
Verificação a fissuração

| Seção | M _d (tf.m) | X _{II} (cm) | I _{II} (cm ⁴) | σ _s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| x | 1,37 | 2,58 | 2378 | 245,03 | 0,11 | 0,07 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| y | 0,61 | 1,62 | 1392 | 218,64 | 0,08 | 0,10 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

DIMENSIONAMENTO DOS PILARES

Os pilares mais críticos estão sujeitos ao empuxo de terra, além das cargas das vigas mostradas no processamento acima. São apoiados na parte inferior pelos blocos e na parte superior pela laje.

Cargas permanentes:



$$K_h = 0,5$$

$$\gamma_{\text{solo}} = 1,9 \text{ tf/m}^2$$

$$F_{gk\text{máx}} = 0,5 \times 1,9 \times 2,55 \times (2,9 + 4,1)/2 = 8,479 \text{ tf/m};$$

Cargas acidentais:

$$Q = 0,3 \text{ tf/m}^2$$

$$F_{qk\text{máx}} = 0,5 \times 0,3 \times (2,9 + 4,1)/2 = 0,529 \text{ tf/m};$$

Esforços:

$$M_k = 3,9 \text{ tf.m}; \quad M_d = 3,9 \times 1,4 = 5,46 \text{ tf.m}$$

$$V_k = 7,9 \text{ tf}; \quad V_d = 1,4 \times 7,9 = 11,06 \text{ tf}$$

$$N_k = 6,9 \text{ tf}; \quad N_d = 1,4 \times 6,9 = 9,66 \text{ tf}$$

Projeto estrutural: Universidade Federal do ABC

Peça estrutural: Pilar - Casa de Máquinas

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa DimRo

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - DIMENSIONAMENTO

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO RETANGULAR

Largura b da seção = 20,0 cm

Altura total h da seção = 40,0 cm

Distância d linha = 5,0 cm

Armadura distribuída com dupla simetria

Bitola constante Espaçamento vertical uniforme

Número de barras da camada 1 = 2

Número de barras da camada 2 = 2

Características dos materiais:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mC} = 1,40$

$f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

Esforços solicitantes de cálculo:

$N_d = 9,7 \text{ tf}$ $M_d = 5,5 \text{ tf.m}$

RESULTADOS:

Área necessária de cada barra = 1,38 cm²

Armadura total necessária = $A_{stot} = 5,50 \text{ cm}^2$

Braço de alavanca $z = 32,0 \text{ cm}$

x - x - x

Projeto estrutural: Universidade Federal do ABC

Peça estrutural: Pilar - Casa de Máquinas

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa FNC

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - VERIFICAÇÃO

Norma: NBR 6118/2003

SEÇÃO RETANGULAR

Largura b da seção = 20,0 cm
Altura total h da seção = 40,0 cm
Distância d linha = 5,0 cm

Armadura distribuída - Bitola constante - Duplo eixo de simetria.

4 barras de aço com área total = 8,00 cm²

Área de uma só barra = 2,00 cm²

Número de camadas de barras de aço = $n_{\text{linha}} = 2$
Número de barras de aço da primeira camada = 2

Dados relativos aos materiais:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{maC} = 1,40$
 $f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{maS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

RESULTADOS:

$N_{d\text{max}} = 179,3 \text{ tf}$ $N_{d\text{min}} = -34,8 \text{ tf}$

| N_d tf | M_{Rd} tf.m |
|-------------|------------------|
|-------------|------------------|

| | |
|----|-----|
| 10 | 7,1 |
|----|-----|

X - X - X

ESCADA DA CASA DE MÁQUINAS

LAJES

Cargas totais = Peso próprio + Revestimento + SC = 0,687 + 0,1 + 0,5 = 1,287 tf/m²
M_k = 0,97355 tf.m;

Concreto f_{ck} = 30,00 MPa Aço CA 50
Seção b = 100,00 cm
 h = 10,00 cm
 d = 5,80 cm
 d' = 4,20 cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M _{gk} (tf.m) | M _d (tf.m) | A _{s cal} (cm ²) | φ (mm) | A _{s efetivo} (cm ²) | Adotado |
|-------|------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------|---|---------------|
| + | 0,97 | 1,36 | 6,20 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |

$$A_{s \text{ mín}} = 1,50 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M _d (tf.m) | X _{ll} (cm) | I _{ll} (cm ⁴) | σ _s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| + | 0,97 | 1,81 | 850 | 357,93 | 0,22 | 0,13 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS V.1 A V.4

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA NÍVEL: CASA DE MAQUINAS

Dados:

Concreto f_{ck} = 30,00 MPa Aço CA 50
Seção bw = 20,00 cm bf = 20,00 cm
 h = 50,00 cm
 d = 45,70 cm
 d' = 4,30 cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M _{g+qk} (tf.m) | M _d (tf.m) | A _{s cal} (cm ²) | φ (mm) | Nº Barras | A _{s efet} (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------|-----------|--|-------------|
| VÃO | 3,03 | 4,24 | 2,20 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |
| APOIO | 2,60 | 3,64 | 1,88 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 1,50 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M _d (tf.m) | X _{ll} (cm) | I _{ll} (cm ⁴) | σ _s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 3,03 | 8,46 | 30670 | 287,90 | 0,18 | 0,38 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 2,60 | 8,46 | 30670 | 247,04 | 0,13 | 0,32 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V _{g+qk} (tf) | V _d (tf) | V _s (tf) | (A _s /S) _{cal} (cm ² /m) | φ (mm) | S _{calc} (cm) | S _{adot} (cm) | (A _s /S) _{efet} (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------------------|---------------------|---------------------|---|--------|------------------------|------------------------|--|----------------|
| Seção | 4,30 | 6,02 | -1,92 | - | 6,30 | 26,91 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 7,94 \text{ tf} \quad A_{s/S \text{ mín}} = 2,3172 \text{ cm}^2/\text{m}$$

BALDRAMES

VB.2

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 60,00$ cm
 $d = 51,50$ cm
 $d' = 8,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_{g+qk} (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|----------------------|-----------------|--|----------------|--------------|---|-------------|
| V1 | 2,48 | 3,48 | 1,58 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |
| V2 | 5,68 | 7,96 | 3,68 | 12,50 | 3 | 3,68 | 3 Ø 12,5 mm |
| AP2 | 4,34 | 6,07 | 2,78 | 12,50 | 3 | 3,68 | 3 Ø 12,5 mm |

$$A_{s\text{ mín}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 2,48 | 8,16 | 40601 | 207,35 | 0,09 | 0,27 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V2 | 5,68 | 10,19 | 57976 | 316,84 | 0,22 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP2 | 4,34 | 10,19 | 57976 | 241,71 | 0,13 | 0,22 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{g+qk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|--------------------|---------------|---------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---|----------------|
| Seção | 7,70 | 10,78 | -0,41 | - | 6,30 | 21,52 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 11,19 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.3

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 50,00$ cm
 $d = 41,50$ cm
 $d' = 8,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_{g+qk} (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|----------------------|-----------------|--|----------------|--------------|---|-------------|
| V1 | 1,30 | 1,82 | 1,02 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 1,88 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | $wk1$ (mm) | $wk2$ (mm) | $wk_{\text{máx}}$ (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 1,30 | 7,25 | 25704 | 135,53 | 0,04 | 0,18 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{g+qk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|--------------------|---------------|---------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---|----------------|
| MÁX | 4,00 | 5,60 | -3,42 | - | 6,30 | 21,52 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 9,02 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.7

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 60,00$ cm
 $d = 51,50$ cm
 $d' = 8,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_{g+qk} (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|----------------------|-----------------|--|----------------|--------------|---|-------------|
| V1 | 3,80 | 5,32 | 2,43 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 3,80 | 8,16 | 40601 | 317,40 | 0,22 | 0,42 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{g+qk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|--------------------|---------------|---------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---|----------------|
| Seção | 4,70 | 6,58 | -4,61 | - | 6,30 | 21,52 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 11,19 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.16

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 60,00$ cm
 $d = 51,50$ cm
 $d' = 8,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_{g+qk} (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|----------------------|-----------------|--|----------------|--------------|---|-------------|
| V1 | 5,52 | 7,73 | 3,57 | 12,50 | 3 | 3,68 | 3 Ø 12,5 mm |
| V2 | 0,79 | 1,11 | 0,50 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |
| AP2 | 3,66 | 5,12 | 2,34 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |

$$A_{s\text{ mín}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 5,52 | 9,80 | 57935 | 311,00 | 0,21 | 0,28 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| V2 | 0,79 | 7,78 | 40633 | 66,73 | 0,01 | 0,09 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| AP2 | 3,66 | 7,78 | 40633 | 307,74 | 0,21 | 0,40 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{g+qk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|--------------------|---------------|---------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---|----------------|
| Seção | 6,20 | 8,68 | -2,51 | - | 6,30 | 21,52 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 11,19 \text{ tf} \quad A_{s/S\text{ mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.18

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 50,00$ cm
 $d = 41,50$ cm
 $d' = 8,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_{g+qk} (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|----------------------|-----------------|--|----------------|--------------|---|-------------|
| V1 | 1,30 | 1,82 | 1,02 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |

$$A_{s\text{ mín}} = 1,88 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | $wk1$ (mm) | $wk2$ (mm) | $wk_{\text{máx}}$ (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 1,30 | 7,25 | 25704 | 135,53 | 0,04 | 0,18 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{g+qk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|--------------------|---------------|---------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---|----------------|
| MÁX | 1,40 | 1,96 | -7,06 | - | 6,30 | 21,52 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 9,02 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.39

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 60,00$ cm
 $d = 51,50$ cm
 $d' = 8,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_{g+qk} (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|----------------------|-----------------|--|----------------|--------------|---|-------------|
| V1 | 3,90 | 5,46 | 2,50 | 12,50 | 2 | 2,50 | 2 Ø 12,5 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | $wk1$ (mm) | $wk2$ (mm) | $wk_{\text{máx}}$ (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 3,90 | 8,23 | 41270 | 319,95 | 0,22 | 0,41 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{g+qk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|--------------------|---------------|---------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---|----------------|
| Seção | 4,10 | 5,74 | -5,45 | - | 6,30 | 21,52 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 11,19 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VB.40

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
Seção $b_w = 25,00$ cm $b_f = 25,00$ cm
 $h = 50,00$ cm
 $d = 41,50$ cm
 $d' = 8,50$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_{g+qk} (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|----------------------|-----------------|--|----------------|--------------|---|-------------|
| V1 | 1,60 | 2,24 | 1,26 | 12,50 | 2 | 2,45 | 2 Ø 12,5 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 1,88 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | $wk1$ (mm) | $wk2$ (mm) | $wk_{\text{máx}}$ (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|
| V1 | 1,60 | 7,25 | 25704 | 166,80 | 0,06 | 0,22 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

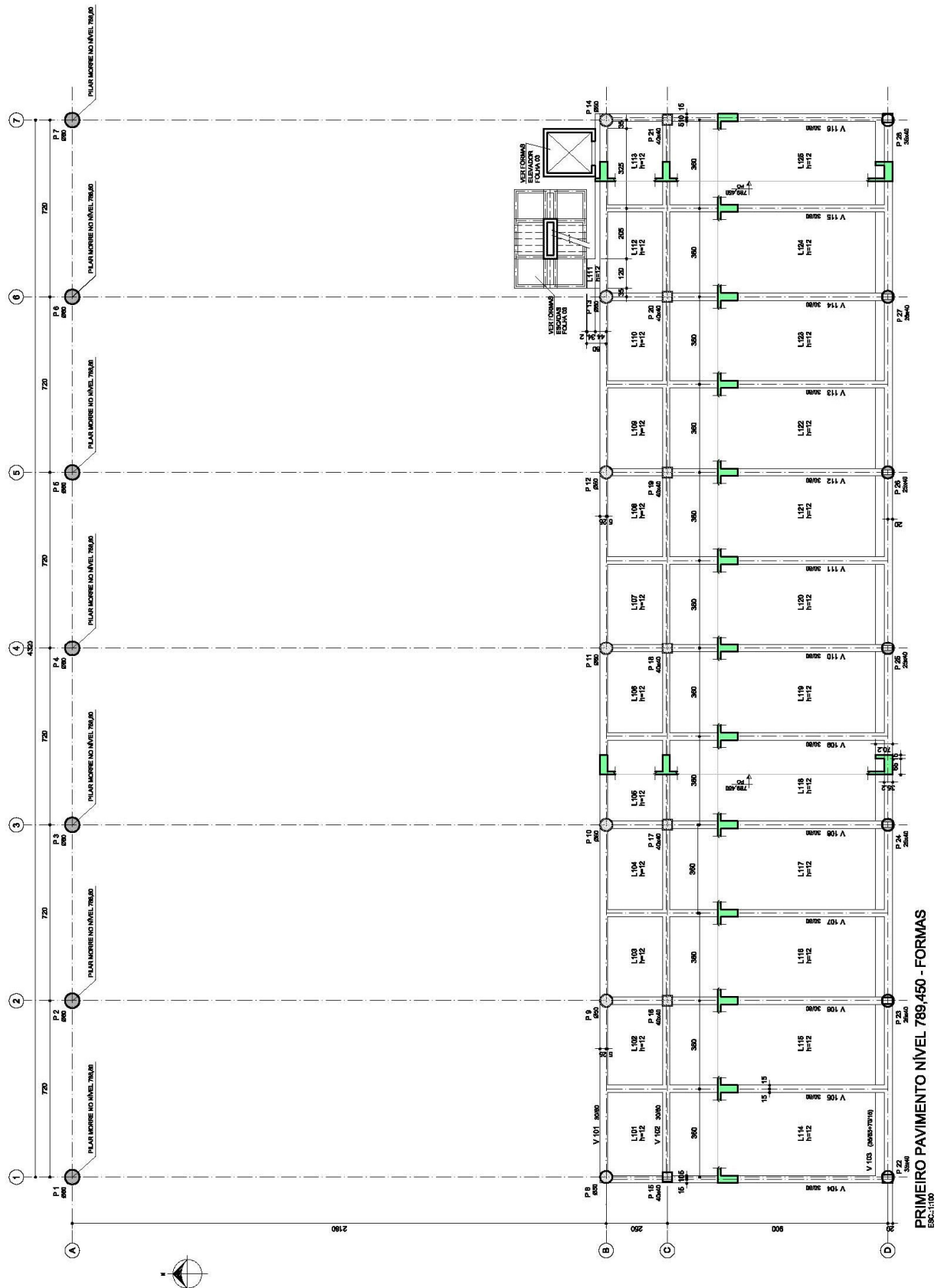
No Ramos: 2

| Seção | V_{g+qk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|--------------------|---------------|---------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---|----------------|
| MÁX | 1,90 | 2,66 | -6,36 | - | 6,30 | 21,52 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 9,02 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 2,8965 \text{ cm}^2/\text{m}$$

5.3. PRIMEIRO PAVIMENTO

GEOMETRIA





| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 74 |

CARGAS DISTRIBUÍDAS

Peso próprio viga = $0,30 \times 0,80 \times 2,50 = 0,60 \text{ tf/m}$;

Peso próprio viga = $0,35 \times 0,80 \times 2,50 = 0,70 \text{ tf/m}$;

Peso próprio lajes = $0,12 \times 2,50 = 0,30 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga lajes = $0,50 \text{ tf/m}^2$

Revestimento lajes = $0,10 \text{ tf/m}^2$

Alvenaria = $0,45 \text{ tf/m}^2$

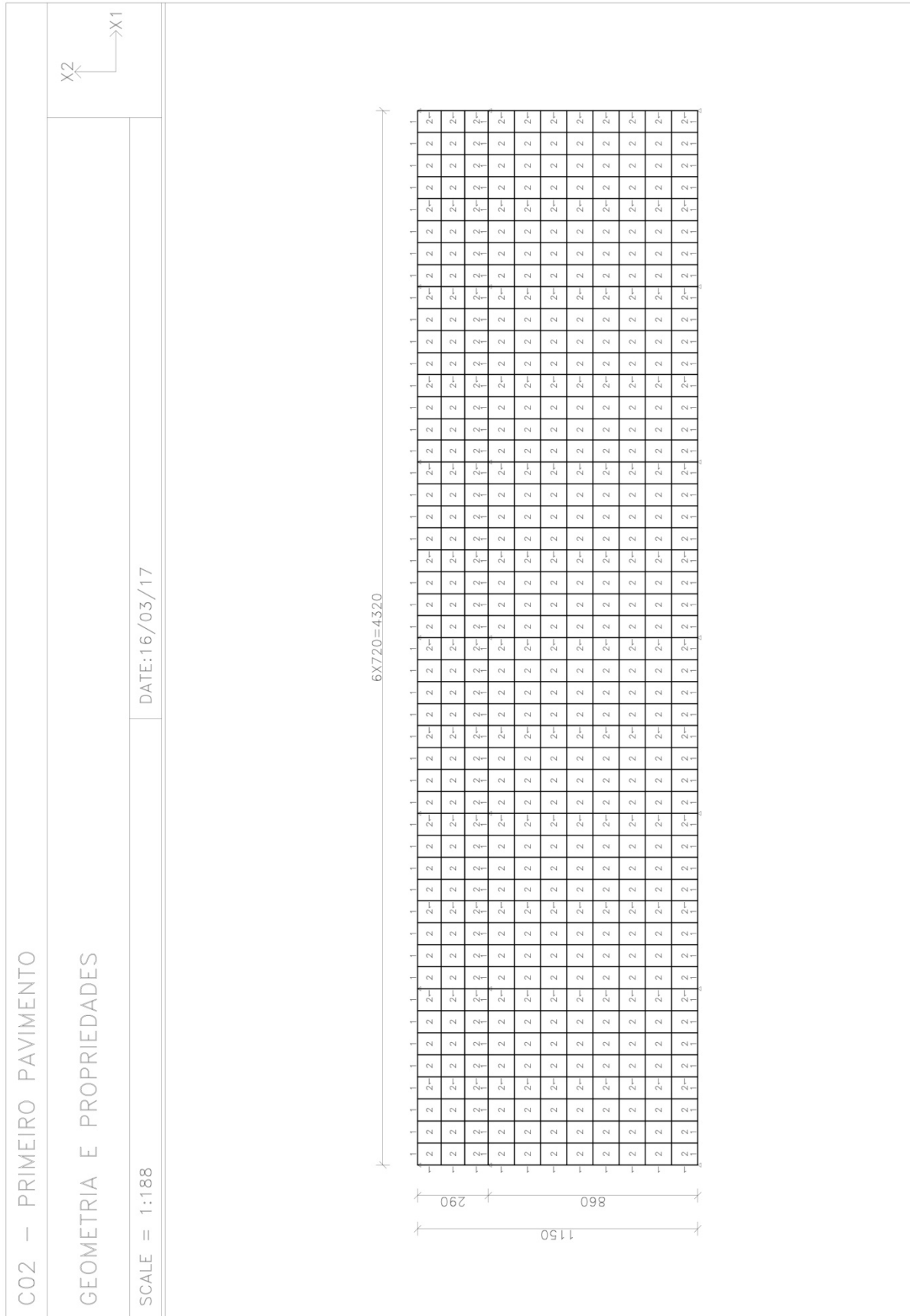


Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017
Folha:
75

ESQUEMA ESTÁTICO, CARREGAMENTOS E ESFORÇOS (PROCESSAMENTOS)





Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017
Folha:
76

STRAP

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS



USA AGENT
ATIR
ENGINEERING SOFTWARE
3314 WEST RANCE TERRACE
CHICAGO, IL 60645-3831
PHONE: 847-677-1945
FAX: 847-677-3456
E-MAIL: strap@atir.com

Strap 12.5.00

*** For demonstration purposes only ***

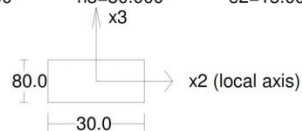
C02 - PRIMEIRO PAVIMENTO
PROPRIEDADES
Prepared by: PAULO CAVALCANTI

Page: 1
Date: 16/03/17

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

PROPERTY NO. 1

A=0.2400E+04 I2=0.1280E+07 I3=0.1800E+06 J=0.5502E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=220.000 SF3=0.850
h2=30.000 h3=80.000 e2=15.000 e3=40.000



PROPERTY NO. 2

Thickness = 12.000
Material = 1 - C30 SF3=0.000



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 77 |

| | | | |
|---|--------------|----------------|--|
| C02 – PRIMEIRO PAVIMENTO | | | |
| CARGAS PERMANENTES E SOBRECARGA – LAJES | | | |
| SCALE = 1:190 | UNITS: ton m | DATE: 16/03/17 | |
| | | | |



Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017
Folha:
78

| | |
|----------------------------|--------------|
| C02 – PRIMEIRO PAVIMENTO | |
| CARGAS PERMANENTES – VIGAS | |
| SCALE = 1:190 | UNITS: ton m |
| DATE: 16/03/17 | |
| | |



Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM

Data:
AGOSTO/2017

Revisão:
02

Folha:
79

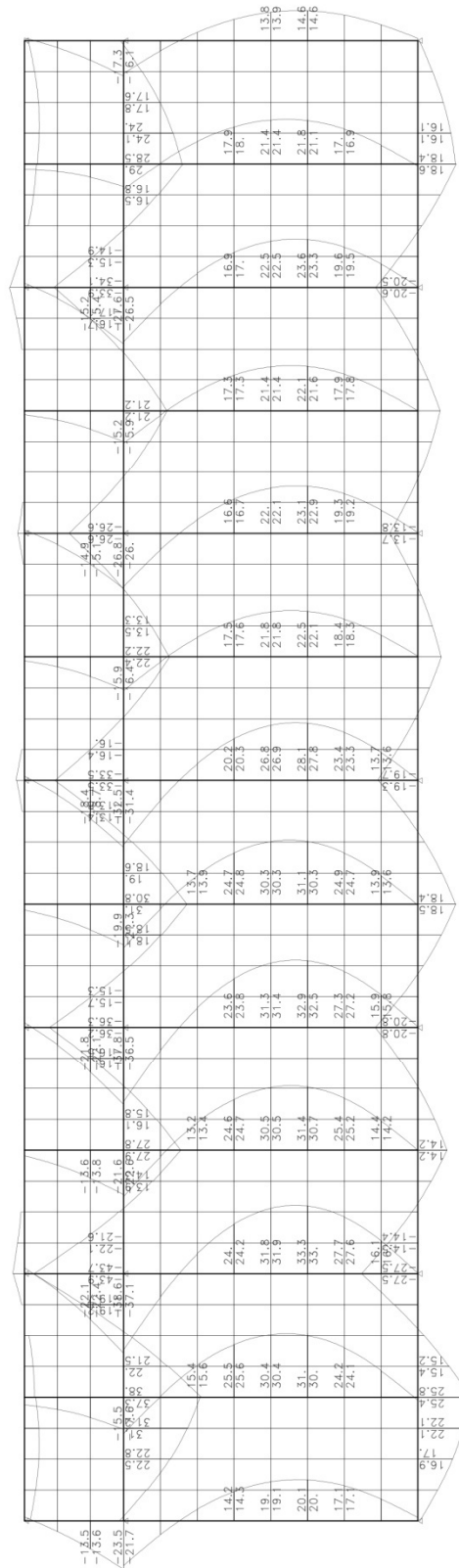
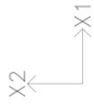
C02 — PRIMEIRO PAVIMENTO

MOMENTOS FLETORES

SCALE = 1:175

UNITS: ton*m

DATE: 16/03/17



M2 MOMENT

COMBINATIONS ENVELOPE

C02 — PRIMEIRO PAVIMENTO

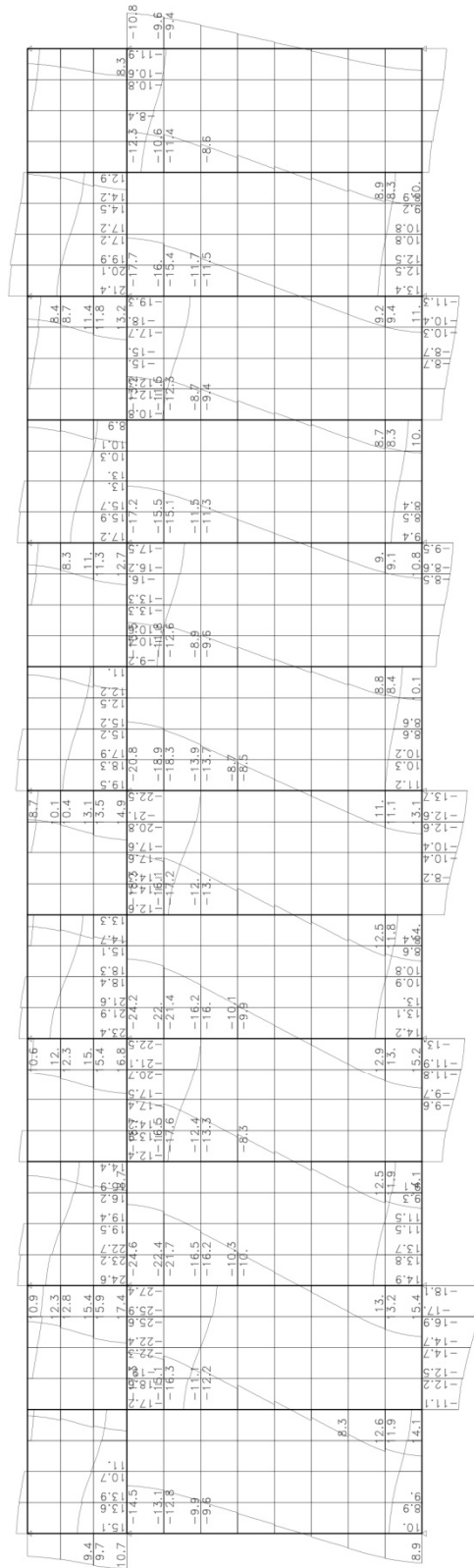
FORÇAS CORTANTES

SCALE = 1:175

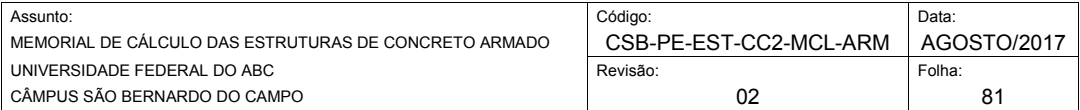
UNITS: ton

DATE:16/03/17

X2
X1



V3 SHEAR COMBINATIONS ENVELOPE



DIMENSIONAMENTO DAS LAJES

LAJE: LAJES 1º E 2º PAVIMENTO

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,00$ MPa
 Seção $b = 100,00$ cm
 $h = 12,00$ cm
 $d = 9,00$ cm
 $d' = 3,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s\text{ efetivo}}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|-------------|---|-----------------|
| L101+x | 0,36 | 0,50 | 1,31 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L101+y | 0,20 | 0,28 | 0,72 | 10,00 | 3,93 | Ø 10mm c/20cm |
| L101-x | 0,79 | 1,11 | 2,94 | 12,50 | 8,18 | Ø 12,5mm c/15cm |
| L101-y | 0,62 | 0,87 | 2,29 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L102+x | 0,32 | 0,45 | 1,16 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L102+y | 0,21 | 0,29 | 0,76 | 10,00 | 3,93 | Ø 10mm c/20cm |
| L102-x | 0,70 | 0,98 | 2,59 | 12,50 | 8,18 | Ø 12,5mm c/15cm |
| L102-y | 0,60 | 0,84 | 2,21 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L114+x | 1,11 | 1,55 | 4,21 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L114+y | 0,37 | 0,52 | 1,35 | 10,00 | 3,93 | Ø 10mm c/20cm |
| L114-x | 0,97 | 1,36 | 3,65 | 12,50 | 8,18 | Ø 12,5mm c/15cm |
| L115+x | 0,66 | 0,92 | 2,44 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L115+y | 0,33 | 0,46 | 1,20 | 10,00 | 3,93 | Ø 10mm c/20cm |
| L115-x | 1,31 | 1,83 | 5,02 | 12,50 | 8,18 | Ø 12,5mm c/15cm |

$$A_{s\text{ min}} = 1,80 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|--------|-----------------|------------------|--------------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| L101+x | 0,36 | 2,34 | 2244 | 83,63 | 0,01 | 0,03 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L101+y | 0,20 | 2,06 | 1771 | 61,27 | 0,01 | 0,03 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L101-x | 0,79 | 2,81 | 3192 | 119,78 | 0,03 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L101-y | 0,62 | 2,34 | 2244 | 144,03 | 0,04 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L102+x | 0,32 | 2,34 | 2244 | 74,34 | 0,01 | 0,03 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L102+y | 0,21 | 2,06 | 1771 | 64,34 | 0,01 | 0,03 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L102-x | 0,70 | 2,81 | 3192 | 106,13 | 0,02 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L102-y | 0,60 | 2,34 | 2244 | 139,39 | 0,03 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L114+x | 1,11 | 2,34 | 2244 | 257,87 | 0,12 | 0,09 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L114+y | 0,37 | 2,06 | 1771 | 113,36 | 0,02 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L114-x | 0,97 | 2,81 | 3192 | 147,07 | 0,05 | 0,07 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L115+x | 0,66 | 2,34 | 2244 | 153,33 | 0,04 | 0,06 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L115+y | 0,33 | 2,06 | 1771 | 101,10 | 0,02 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L115-x | 1,31 | 3,15 | 3232 | 185,63 | 0,08 | 0,09 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

CENTRO DE CONVIVÊNCIA 2 - 1º E 2º PAVIMENTOS

LAJE: 101 - 201

Dados:

Carregamento (p) = 1,15 tf/m²

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

ly = 370 cm

lx = 260 cm

λ = 1,42 < 2,00

α_x = 21,8

α_y = 38,5

-β_x = 9,9

-β_y = 12,6

Laje armada em duas direções

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

p = 1,15 tf/m²

lx = 260 cm

M_x = 0,36 tfm

M_y = 0,20 tfm

-M_{βx} = 0,79 tfm

-M_{βy} = 0,62 tfm

CENTRO DE CONVIVÊNCIA 2 - 1º E 2º PAVIMENTOS

LAJE: 102 - 202

Dados:

Carregamento (p) = 1,15 tf/m²

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

ly = 370 cm

lx = 260 cm

λ = 1,42 < 2,00

α_x = 24,6

α_y = 37,3

-β_x = 11,1

-β_y = 12,9

Laje armada em duas direções

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

p = 1,15 tf/m²

lx = 260 cm

M_x = 0,32 tfm

M_y = 0,21 tfm

-M_{βx} = 0,70 tfm

-M_{βy} = 0,60 tfm

CENTRO DE CONVIVÊNCIA 2 - 1º E 2º PAVIMENTOS

LAJE: 114 - 214

Dados:

Carregamento (p) = 1,15 tf/m²

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

ly = 910 cm

lx = 370 cm

λ = 2,46 > 2,00

α_x = 14,2

α_y = 42,5

-β_x = 8,0

-β_y =

Laje armada em uma direção

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

p = 1,15 tf/m²

lx = 370 cm

M_x = 1,11 tfm

M_y = 0,37 tfm

-M_{βx} = 1,97 tfm

-M_{βy} = - tfm

CENTRO DE CONVIVÊNCIA 2 - 1º E 2º PAVIMENTOS

LAJE: 115 - 215

Dados:

Carregamento (p) = 1,15 tf/m²

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

ly = 910 cm

lx = 370 cm

λ = 2,46 > 2,00

α_x = 24,0

α_y = 47,0

-β_x = 12,0

-β_y =

Laje armada em uma direção

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

p = 1,15 tf/m²

lx = 370 cm

M_x = 0,66 tfm

M_y = 0,33 tfm

-M_{βx} = 1,31 tfm

-M_{βy} = - tfm

DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: **VIGA 101** NÍVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 30,00$ cm $b_f = 30,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|---------------------------------------|-------------|-----------|--|-----------|
| VÃO | 7,20 | 10,08 | 3,38 | 20,00 | 5 | 15,71 | 5 Ø 20 mm |
| APOIO | 5,70 | 7,98 | 2,66 | 20,00 | 5 | 15,71 | 5 Ø 20 mm |
| VAO | 2,20 | 3,08 | 1,02 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| APOIO | 1,60 | 2,24 | 0,74 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| VAO | 1,60 | 2,24 | 0,74 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 4,10 | 5,74 | 1,91 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| VAO | 1,00 | 1,40 | 0,46 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| APOIO | 3,20 | 4,48 | 1,48 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| VAO | 1,00 | 1,40 | 0,46 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| APOIO | 7,30 | 10,22 | 3,42 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| VAO | 7,30 | 10,22 | 3,42 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |

$$A_{s\text{ mín}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s/\text{face}}$ (cm ²) | Nº Barras | $A_{s\text{ ef.}}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--|-----------|---------------------------------------|--------------|
| 30,00 | 80,00 | 2400 | 8,00 | 2,40 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{ll} (cm) | I_{ll} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 7,20 | 20,20 | 387242 | 72,45 | 0,02 | 0,07 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 5,70 | 20,20 | 387242 | 57,36 | 0,01 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 2,20 | 14,62 | 257428 | 37,03 | 0,00 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 1,60 | 17,57 | 324527 | 20,22 | 0,00 | 0,02 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 1,60 | 17,57 | 324527 | 20,22 | 0,00 | 0,02 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 4,10 | 17,57 | 324527 | 51,83 | 0,01 | 0,06 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 1,00 | 14,62 | 257428 | 16,83 | 0,00 | 0,02 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 3,20 | 14,62 | 257428 | 53,87 | 0,01 | 0,08 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 1,00 | 14,62 | 257428 | 16,83 | 0,00 | 0,02 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 7,30 | 17,57 | 324527 | 92,28 | 0,03 | 0,10 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 7,30 | 17,57 | 324527 | 92,28 | 0,03 | 0,10 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|---|-------------|------------------------|------------------------|--|----------------|
| APOIO | 5,70 | 7,98 | -10,27 | - | 6,30 | 17,94 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 18,25 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 3,4758 \text{ cm}^2/\text{m}$$

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA 102 NÍVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 30,00$ cm $b_f = 30,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|---------------------------------------|-------------|-----------|--|-----------|
| VÃO | 38,00 | 53,20 | 19,68 | 25,00 | 4 | 26,15 | 4 Ø 25 mm |
| APOIO | 43,90 | 61,46 | 23,27 | 25,00 | 5 | 24,54 | 5 Ø 25 mm |
| VAO | 27,80 | 38,92 | 13,88 | 20,00 | 5 | 15,71 | 5 Ø 20 mm |
| APOIO | 36,30 | 49,01 | 17,93 | 25,00 | 5 | 24,54 | 5 Ø 25 mm |
| VAO | 31,00 | 41,85 | 15,04 | 20,00 | 5 | 15,71 | 5 Ø 20 mm |
| APOIO | 33,50 | 45,23 | 16,39 | 25,00 | 5 | 24,54 | 5 Ø 25 mm |
| VAO | 22,40 | 30,24 | 10,57 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 26,60 | 35,91 | 12,72 | 25,00 | 4 | 16,30 | 4 Ø 25 mm |
| VAO | 21,20 | 28,62 | 9,97 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 34,10 | 46,04 | 16,71 | 25,00 | 4 | 19,63 | 4 Ø 25 mm |
| VAO | 29,00 | 39,15 | 13,97 | 20,00 | 5 | 15,71 | 5 Ø 20 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s/\text{face}}$ (cm ²) | Nº Barras | $A_{s\text{ ef.}}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--|-----------|---------------------------------------|--------------|
| 30,00 | 80,00 | 2400 | 8,00 | 2,40 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 38,00 | 24,82 | 570563 | 235,42 | 0,24 | 0,26 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 43,90 | 23,79 | 544726 | 291,38 | 0,37 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 27,80 | 17,48 | 392447 | 291,12 | 0,30 | 0,27 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 36,30 | 23,79 | 544726 | 240,93 | 0,25 | 0,28 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 31,00 | 17,48 | 392447 | 324,63 | 0,37 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 33,50 | 23,79 | 544726 | 222,35 | 0,22 | 0,26 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 22,40 | 14,85 | 331812 | 291,32 | 0,30 | 0,33 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 26,60 | 17,94 | 403393 | 268,59 | 0,29 | 0,44 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 21,20 | 14,85 | 331812 | 275,71 | 0,27 | 0,31 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 34,10 | 20,44 | 462753 | 285,75 | 0,29 | 0,40 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 29,00 | 17,48 | 392447 | 303,69 | 0,32 | 0,28 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|---|-------------|------------------------|------------------------|--|--------------|
| APOIO | 27,40 | 38,36 | 20,11 | 7,335 | 8,00 | 13,71 | 15,0 | 6,7 | Ø 8mm c/15cm |

$$V_{co} = 18,25 \text{ tf} \quad A_{s/S\text{ min}} = 3,4758 \text{ cm}^2/\text{m}$$

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: **VIGA 103** NÍVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 35,00$ cm $b_f = 35,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|---------------------------------------|-------------|-----------|--|-----------|
| VÃO | 25,80 | 36,12 | 12,65 | 20,00 | 5 | 15,71 | 5 Ø 20 mm |
| APOIO | 27,50 | 38,50 | 13,54 | 20,00 | 5 | 15,71 | 5 Ø 20 mm |
| VAO | 14,20 | 19,88 | 6,75 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| APOIO | 20,80 | 28,08 | 9,68 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| VAO | 18,50 | 24,98 | 8,56 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 19,70 | 26,60 | 9,15 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| VAO | 11,50 | 15,53 | 5,23 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| APOIO | 13,80 | 18,63 | 6,32 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| VAO | 10,90 | 14,72 | 4,95 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| APOIO | 20,60 | 27,81 | 9,59 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| VAO | 18,60 | 25,11 | 8,61 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 4,20 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s\text{ face}}$ (cm ²) | Nº Barras | $A_{s\text{ ef.}}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--|-----------|---------------------------------------|--------------|
| 35,00 | 80,00 | 2800 | 8,00 | 2,80 | 6 | 3,02 | 2 x 6 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{ll} (cm) | I_{ll} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 25,80 | 18,94 | 399704 | 257,90 | 0,23 | 0,24 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 27,50 | 18,94 | 399704 | 274,89 | 0,27 | 0,26 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 14,20 | 13,79 | 263593 | 236,93 | 0,20 | 0,34 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 20,80 | 16,52 | 333826 | 260,74 | 0,24 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 18,50 | 16,52 | 333826 | 231,91 | 0,19 | 0,26 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 19,70 | 16,52 | 333826 | 246,95 | 0,21 | 0,28 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 11,50 | 13,79 | 263593 | 191,88 | 0,13 | 0,28 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 13,80 | 13,79 | 263593 | 230,25 | 0,19 | 0,33 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 10,90 | 13,79 | 263593 | 181,87 | 0,12 | 0,26 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 20,60 | 16,52 | 333826 | 258,23 | 0,23 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 18,60 | 16,52 | 333826 | 233,16 | 0,19 | 0,26 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|---|-------------|------------------------|------------------------|--|--------------------|
| APOIO | 18,90 | 0,00 | 26,46 | 5,17 | 1,886 | 6,30 | 15,37 | 15,0 | 4,2 Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 21,29 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 4,0551 \text{ cm}^2/\text{m}$$

V104 = V116

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA 104 NIVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 30,00$ cm $b_f = 30,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| VÃO | 20,10 | 28,14 | 9,79 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 23,50 | 31,73 | 11,13 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | A_s /face (cm ²) | Nº Barras | A_s ef. (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--------------------------------|-----------|------------------------------|--------------|
| 30,00 | 80,00 | 2400 | 8,00 | 2,40 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{ll} (cm) | I_{ll} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 20,10 | 18,39 | 324096 | 250,44 | 0,22 | 0,28 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 23,50 | 18,39 | 324096 | 292,80 | 0,30 | 0,33 | 0,30 | Verificar |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{gk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | (A_s/S) efet (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|------------|------------|------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|
| APOIO | 14,50 | 20,30 | 2,05 | 0,748 | 6,30 | 17,94 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 18,25 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 3,4758 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$V_{105} = V_{107} = V_{109} = V_{111} = V_{113} = V_{115}$$

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: **VIGA 105** NÍVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 30,00$ cm $b_f = 30,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_{gk} (tf.m) | $M_{qmáxk}$ (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------------|-----------------------|-----------------|--|----------------|--------------|---|-----------|
| VÃO | 31,40 | 0,00 | 43,96 | 15,88 | 20,00 | 5 | 15,71 | 5 Ø 20 mm |
| APOIO | 22,60 | 0,00 | 30,51 | 10,67 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s/\text{face}}$ (cm ²) | Nº Barras | $A_{s\text{ ef.}}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|---|--------------|--|--------------|
| 30,00 | 80,00 | 2400 | 8,00 | 2,40 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{ll} (cm) | I_{ll} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| VÃO | 31,40 | 20,20 | 387242 | 315,96 | 0,35 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 22,60 | 17,57 | 324527 | 285,67 | 0,29 | 0,32 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|---------------|---------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---|----------------|
| APOIO | 18,70 | 26,18 | 7,93 | 2,893 | 6,30 | 17,94 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 18,25 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 3,4758 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$V106 = V108 = V110 = V112 = V114$$

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA 106 NÍVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $bw = 30,00$ cm $bf = 30,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $hf =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| VÃO | 33,30 | 46,62 | 16,95 | 20,00 | 6 | 18,85 | 6 Ø 20 mm |
| APOIO | 38,60 | 52,11 | 19,22 | 20,00 | 7 | 21,99 | 7 Ø 20 mm |

$$A_{s \text{ mín}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | A_s /face (cm ²) | Nº Barras | A_s ef. (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--------------------------------|-----------|------------------------------|--------------|
| 30,00 | 80,00 | 2400 | 8,00 | 2,40 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

3

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{ll} (cm) | I_{ll} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 33,30 | 21,78 | 446257 | 281,57 | 0,28 | 0,23 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 38,60 | 24,00 | 502338 | 276,60 | 0,27 | 0,20 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

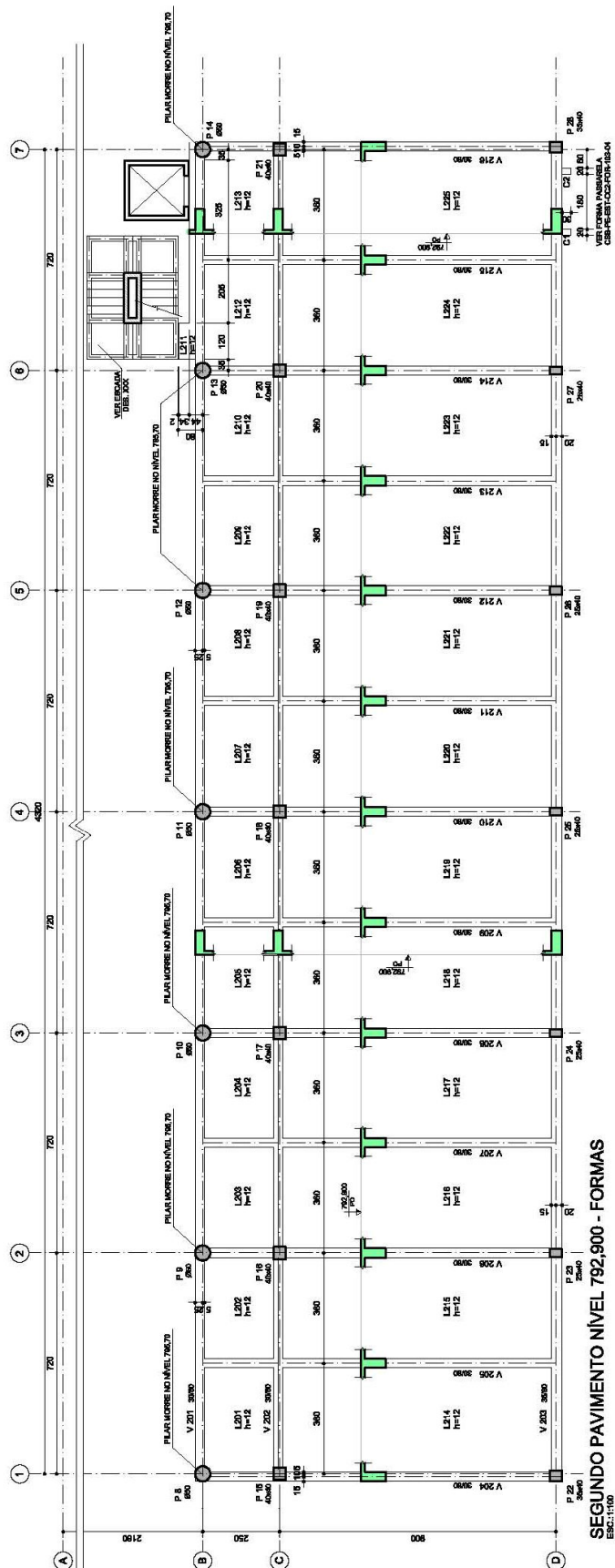
No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | (A_s/S) cal (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|--------------|
| APOIO | 24,60 | 34,44 | 16,19 | 5,906 | 8,00 | 17,02 | 15,0 | 6,7 | Ø 8mm c/15cm |

$$V_{co} = 18,25 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 3,4758 \text{ cm}^2/\text{m}$$

5.4. SEGUNDO PAVIMENTO

GEOMETRIA



CARGAS DISTRIBUÍDAS

Peso próprio viga = $0,30 \times 0,80 \times 2,50 = 0,60 \text{ tf/m}$;

Peso próprio viga = $0,35 \times 0,80 \times 2,50 = 0,70 \text{ tf/m}$;

Peso próprio lajes = $0,12 \times 2,50 = 0,30 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga lajes = $0,50 \text{ tf/m}^2$

Revestimento lajes = $0,10 \text{ tf/m}^2$

CARGAS CONCENTRADAS DEVIDO A COBERTURA METÁLICA

(Cargas inseridas diretamente na planilha de cargas)

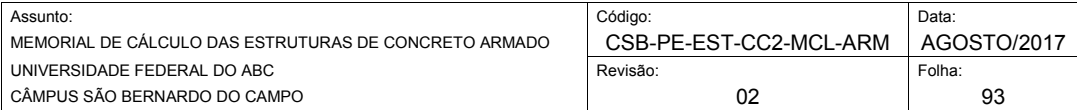
Pilares P1 a P7 (B1 a B7 no Projeto de Estrutura Metálica)

Pilares P8 a P14 (B14 a B20 no Projeto de Estrutura Metálica)

| CARGAS NAS BASES (tf,m) | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|
| BASES | CP | | SC | | CVx | | | CVy | |
| | Hy | V | Hy | V | Hx | Hy | V | Hy | V |
| B1 / B7 | 0,7 | 6,6 | 0,3 | 3,6 | - | -1,2 | -7,5 | -0,1 | -7,9 |
| B2 à B6 | 1,7 | 3,2 | 2,0 | 3,6 | | -3,4 | -6,6 | -3,9 | -7,6 |
| B8 / B9 | 3,8 | - | 2,0 | - | ±1,1 | -3,2 | - | -4,8 | - |
| B14 / B20 | -1,8 | 4,6 | 0,2 | 2,7 | - | -0,7 | -6,2 | -3,7 | -5,3 |
| B15 à B19 | 0,5 | 3,4 | 0,3 | 3,5 | - | -0,5 | -6,7 | -1,1 | -6,9 |
| B21 / B27 | -2,6 | 2,1 | -2,5 | 1,8 | - | 4,9 | -3,7 | 5,3 | -3,9 |
| B22 à B26 | -2,2 | 1,9 | -2,2 | 1,7 | - | -3,9 | -3,2 | -4,7 | -3,6 |

Projeto de Estrutura Metálica – Desenho 01

As cargas nas bases dos pilares é proveniente das cargas permanentes e sobrecargas do devido pavimento, segundo a norma NBR 6120 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações.



C02 - SEGUNDO PAVIMENTO

GEOMETRIA E PROPIEDADES

SCALE = 1:187

DATE:16/03/17

6X720=4320

1150

860

290

X2

X1



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 94 |

| | | | |
|---|--------------|---------------|---------------------------------------|
| C02 – SEGUNDO PAVIMENTO | | | <div><div>X2</div><div>X1</div></div> |
| CARGAS PERMANENTES + SOBRECARGA – LAJES | | | |
| SCALE = 1:190 | UNITS: ton m | DATE:16/03/17 | |
| | | | |



Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM

Revisão:
02

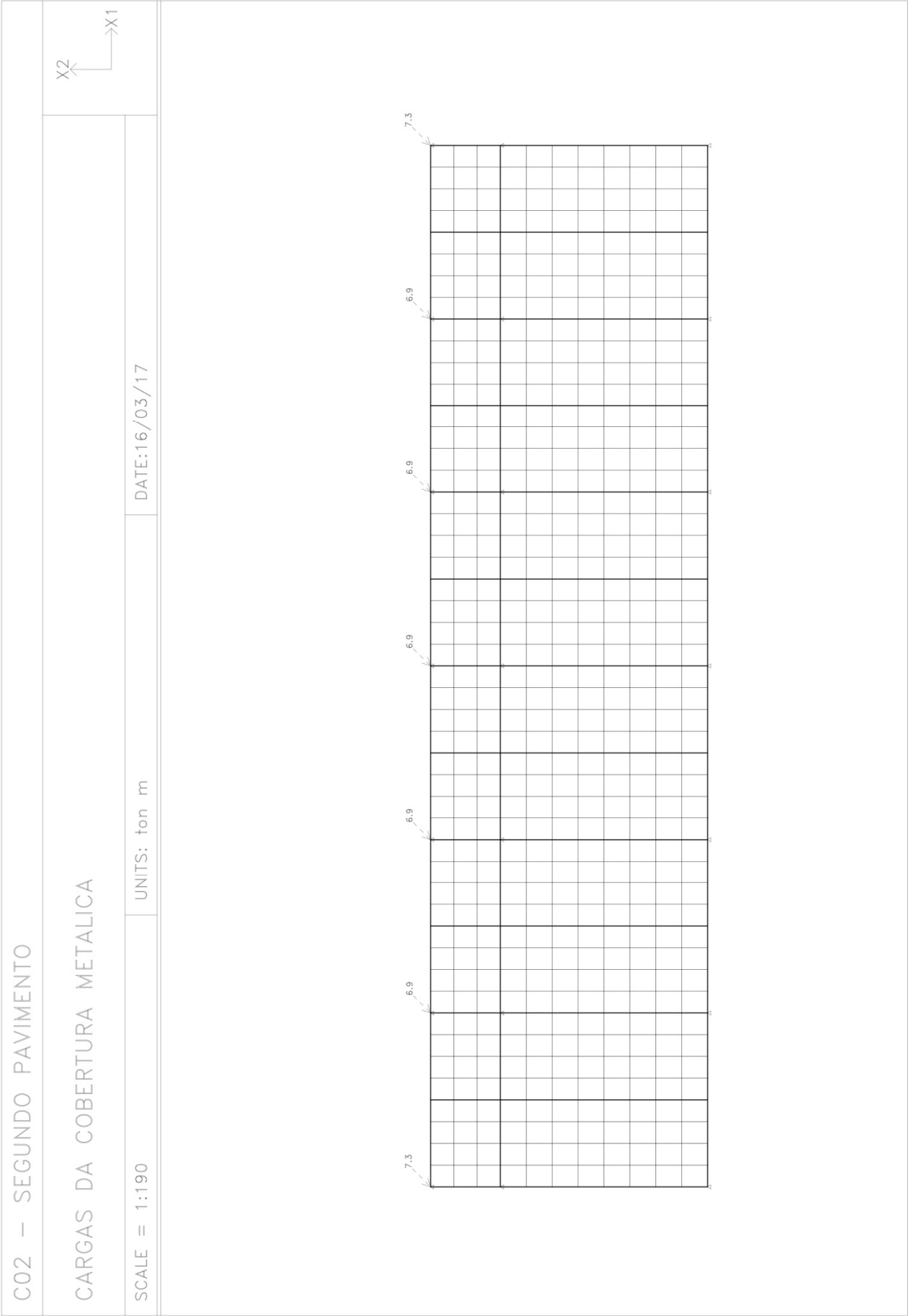
Data:
AGOSTO/2017

Folha:
95

| | | | |
|----------------------------|--------------|----------------|--|
| C02 – SEGUNDO PAVIMENTO | | X2 X1 | |
| CARGAS PERMANENTES – VIGAS | | DATE: 16/03/17 | |
| SCALE = 1:190 | UNITS: ton m | | |



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 96 |



C02 – SEGUNDO PAVIMENTO

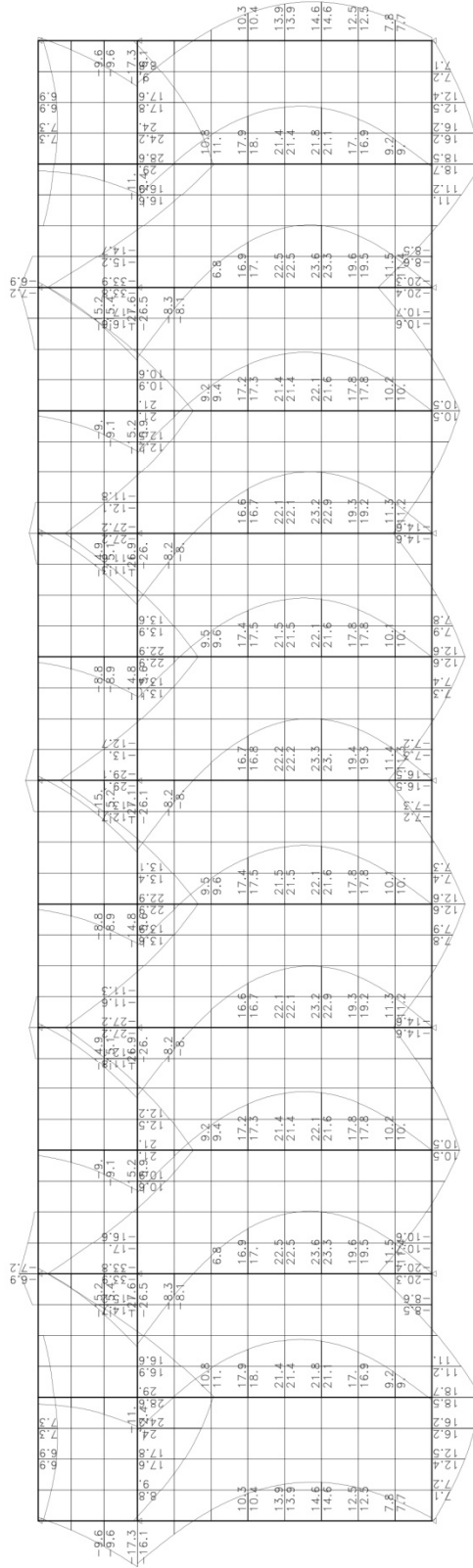
MOMENTOS FLETORES

SCALE = 1:175

UNITS: ton*m

DATE:16/03/17

X2
X1



M2 MOMENT
COMB. NO. 1 1*1.00+2*1.00+3*1.00

C02 – SEGUNDO PAVIMENTO

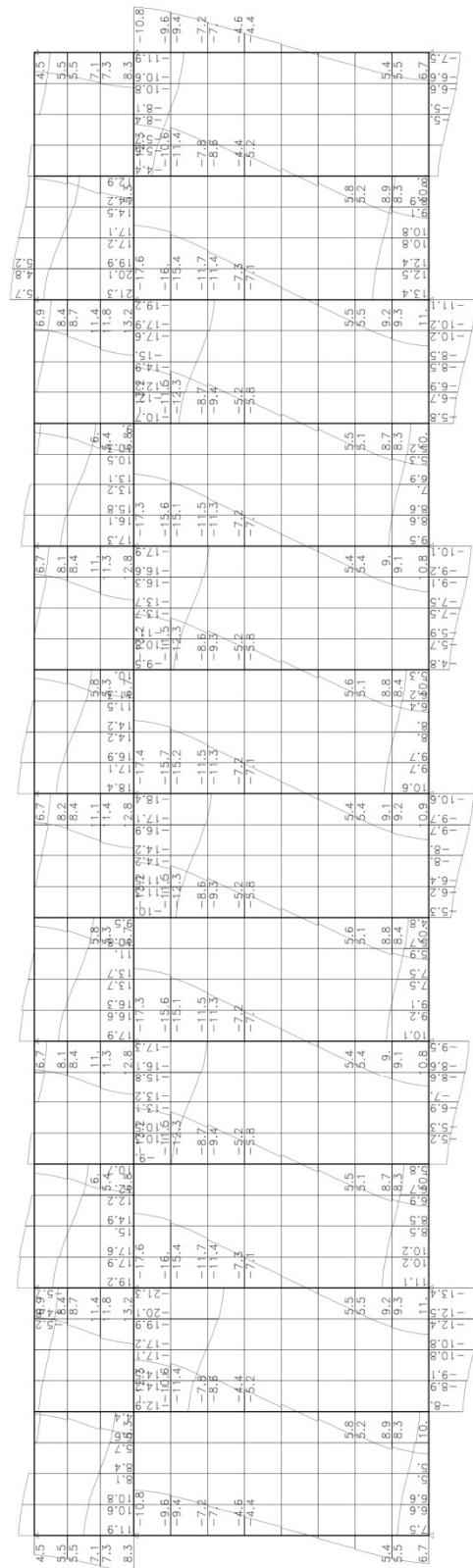
FORÇAS CORTANTES

SCALE = 1:175

UNITS: ton

DATE: 16/03/17

X2
X1



V3 SHEAR

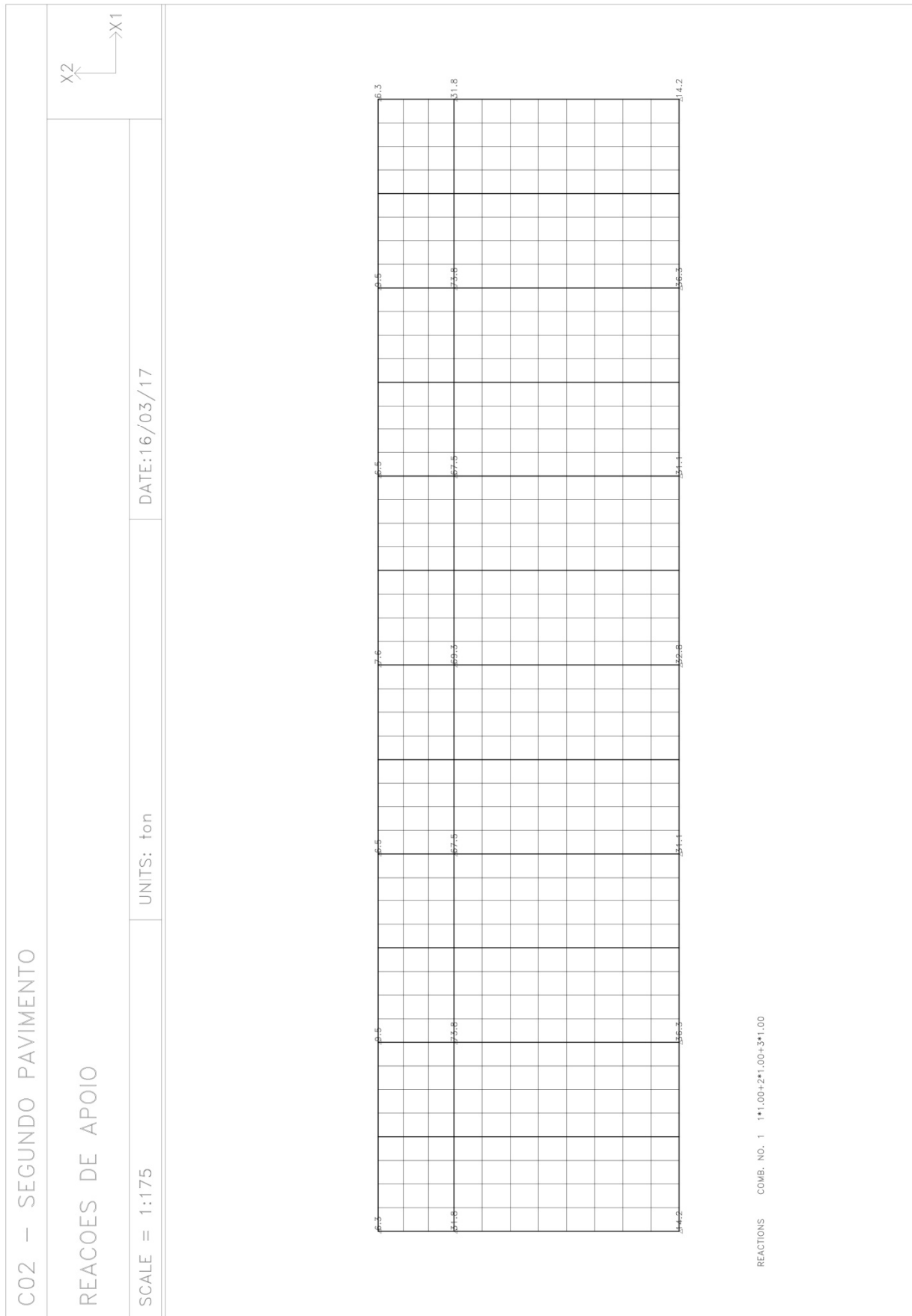
COMB. NO. 1 1*1.00+2*1.00+3*1.00



Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017
Folha:
99



DIMENSIONAMENTO DAS LAJES

LAJE: LAJES 1º E 2º PAVIMENTO

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,00$ MPa
 Seção $b = 100,00$ cm
 $h = 12,00$ cm
 $d = 9,00$ cm
 $d' = 3,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s\text{ efetivo}}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|-------------|---|-----------------|
| L101+x | 0,36 | 0,50 | 1,31 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L101+y | 0,20 | 0,28 | 0,72 | 10,00 | 3,93 | Ø 10mm c/20cm |
| L101-x | 0,79 | 1,11 | 2,94 | 12,50 | 8,18 | Ø 12,5mm c/15cm |
| L101-y | 0,62 | 0,87 | 2,29 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L102+x | 0,32 | 0,45 | 1,16 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L102+y | 0,21 | 0,29 | 0,76 | 10,00 | 3,93 | Ø 10mm c/20cm |
| L102-x | 0,70 | 0,98 | 2,59 | 12,50 | 8,18 | Ø 12,5mm c/15cm |
| L102-y | 0,60 | 0,84 | 2,21 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L114+x | 1,11 | 1,55 | 4,21 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L114+y | 0,37 | 0,52 | 1,35 | 10,00 | 3,93 | Ø 10mm c/20cm |
| L114-x | 0,97 | 1,36 | 3,65 | 12,50 | 8,18 | Ø 12,5mm c/15cm |
| L115+x | 0,66 | 0,92 | 2,44 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| L115+y | 0,33 | 0,46 | 1,20 | 10,00 | 3,93 | Ø 10mm c/20cm |
| L115-x | 1,31 | 1,83 | 5,02 | 12,50 | 8,18 | Ø 12,5mm c/15cm |

$$A_{s\text{ min}} = 1,80 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|--------|-----------------|------------------|--------------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| L101+x | 0,36 | 2,34 | 2244 | 83,63 | 0,01 | 0,03 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L101+y | 0,20 | 2,06 | 1771 | 61,27 | 0,01 | 0,03 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L101-x | 0,79 | 2,81 | 3192 | 119,78 | 0,03 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L101-y | 0,62 | 2,34 | 2244 | 144,03 | 0,04 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L102+x | 0,32 | 2,34 | 2244 | 74,34 | 0,01 | 0,03 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L102+y | 0,21 | 2,06 | 1771 | 64,34 | 0,01 | 0,03 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L102-x | 0,70 | 2,81 | 3192 | 106,13 | 0,02 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L102-y | 0,60 | 2,34 | 2244 | 139,39 | 0,03 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L114+x | 1,11 | 2,34 | 2244 | 257,87 | 0,12 | 0,09 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L114+y | 0,37 | 2,06 | 1771 | 113,36 | 0,02 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L114-x | 0,97 | 2,81 | 3192 | 147,07 | 0,05 | 0,07 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L115+x | 0,66 | 2,34 | 2244 | 153,33 | 0,04 | 0,06 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L115+y | 0,33 | 2,06 | 1771 | 101,10 | 0,02 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L115-x | 1,31 | 3,15 | 3232 | 185,63 | 0,08 | 0,09 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

CENTRO DE CONVIVÊNCIA 2 - 1º E 2º PAVIMENTOS

LAJE: 101 - 201

Dados:

Carregamento (p) = 1,15 tf/m²

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

ly = 370 cm

lx = 260 cm

λ = 1,42 < 2,00

α_x = 21,8

α_y = 38,5

-β_x = 9,9

-β_y = 12,6

Laje armada em duas direções

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

p = 1,15 tf/m²

lx = 260 cm

M_x = 0,36 tfm

M_y = 0,20 tfm

-M_{βx} = 0,79 tfm

-M_{βy} = 0,62 tfm

CENTRO DE CONVIVÊNCIA 2 - 1º E 2º PAVIMENTOS

LAJE: 102 - 202

Dados:

Carregamento (p) = 1,15 tf/m²

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

ly = 370 cm

lx = 260 cm

λ = 1,42 < 2,00

α_x = 24,6

α_y = 37,3

-β_x = 11,1

-β_y = 12,9

Laje armada em duas direções

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

p = 1,15 tf/m²

lx = 260 cm

M_x = 0,32 tfm

M_y = 0,21 tfm

-M_{βx} = 0,70 tfm

-M_{βy} = 0,60 tfm

CENTRO DE CONVIVÊNCIA 2 - 1º E 2º PAVIMENTOS

LAJE: 114 - 214

Dados:

Carregamento (p) = 1,15 tf/m²

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

ly = 910 cm

lx = 370 cm

λ = 2,46 > 2,00

α_x = 14,2

α_y = 42,5

-β_x = 8,0

-β_y =

Laje armada em uma direção

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

p = 1,15 tf/m²

lx = 370 cm

M_x = 1,11 tfm

M_y = 0,37 tfm

-M_{βx} = 1,97 tfm

-M_{βy} = - tfm

CENTRO DE CONVIVÊNCIA 2 - 1º E 2º PAVIMENTOS

LAJE: 115 - 215

Dados:

Carregamento (p) = 1,15 tf/m²

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

ly = 910 cm

lx = 370 cm

λ = 2,46 > 2,00

α_x = 24,0

α_y = 47,0

-β_x = 12,0

-β_y =

Laje armada em uma direção

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

p = 1,15 tf/m²

lx = 370 cm

M_x = 0,66 tfm

M_y = 0,33 tfm

-M_{βx} = 1,31 tfm

-M_{βy} = - tfm

DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA 201 NÍVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $bw = 30,00$ cm $bf = 30,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $hf =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | A_s efet (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| VÃO | 7,30 | 10,22 | 3,42 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |
| APOIO | 7,20 | 10,08 | 3,38 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |
| VAO | 2,00 | 2,80 | 0,92 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |
| APOIO | 3,30 | 4,46 | 1,48 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |
| VAO | 2,00 | 2,70 | 0,89 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |
| APOIO | 4,80 | 6,48 | 2,16 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |
| VAO | 2,00 | 2,70 | 0,89 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |
| APOIO | 3,30 | 4,46 | 1,48 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |
| VAO | 2,00 | 2,70 | 0,89 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |
| APOIO | 7,20 | 9,72 | 3,25 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |
| VAO | 7,30 | 9,86 | 3,30 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |

$$A_{s\min} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | A_s /face (cm ²) | Nº Barras | A_s ef. (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--------------------------------|-----------|------------------------------|--------------|
| 30,00 | 80,00 | 2400 | 8,00 | 2,40 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 7,30 | 13,60 | 181542 | 177,47 | 0,11 | 0,37 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 7,20 | 10,52 | 122959 | 272,51 | 0,21 | 0,46 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 2,00 | 13,60 | 181542 | 48,62 | 0,01 | 0,10 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 3,30 | 10,52 | 122959 | 124,90 | 0,04 | 0,21 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 2,00 | 13,60 | 181542 | 48,62 | 0,01 | 0,10 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 4,80 | 10,52 | 122959 | 181,67 | 0,09 | 0,30 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 2,00 | 13,60 | 181542 | 48,62 | 0,01 | 0,10 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 3,30 | 10,52 | 122959 | 124,90 | 0,04 | 0,21 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 2,00 | 13,60 | 181542 | 48,62 | 0,01 | 0,10 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 7,20 | 10,52 | 122959 | 272,51 | 0,21 | 0,46 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 7,30 | 13,60 | 181542 | 177,47 | 0,11 | 0,37 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{gk} (tf) | V_{qk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{cal}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{efet}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|---------------|------------|------------|--------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|----------------|
| APOIO | 5,70 | 0,00 | 7,98 | -10,27 | - | 6,30 | 17,94 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 18,25 \text{ tf} \quad A_s/S_{\min} = 3,4758 \text{ cm}^2/\text{m}$$

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA 202 NÍVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 30,00$ cm $b_f = 30,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|---------------------------------------|-------------|-----------|--|-----------|
| VÃO | 29,00 | 40,60 | 14,54 | 25,00 | 3 | 14,73 | 3 Ø 25 mm |
| APOIO | 34,00 | 47,60 | 17,35 | 25,00 | 4 | 19,63 | 4 Ø 25 mm |
| VAO | 21,00 | 29,40 | 10,26 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 27,00 | 36,45 | 12,93 | 25,00 | 3 | 14,73 | 3 Ø 25 mm |
| VAO | 23,00 | 31,05 | 10,87 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 29,00 | 39,15 | 13,97 | 25,00 | 3 | 14,73 | 3 Ø 25 mm |
| VAO | 23,00 | 31,05 | 10,87 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 27,20 | 36,72 | 13,03 | 25,00 | 3 | 16,30 | 3 Ø 25 mm |
| VAO | 21,00 | 28,35 | 9,87 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 33,90 | 45,77 | 16,60 | 25,00 | 4 | 19,63 | 4 Ø 25 mm |
| VAO | 29,00 | 39,15 | 13,97 | 25,00 | 3 | 14,73 | 3 Ø 25 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | A_s/face (cm ²) | Nº Barras | $A_s\text{ ef.}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------|
| 30,00 | 80,00 | 2400 | 8,00 | 2,40 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 29,00 | 18,64 | 616416 | 189,07 | 0,16 | 0,34 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 34,00 | 22,29 | 674148 | 188,26 | 0,16 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 21,00 | 16,87 | 590596 | 147,81 | 0,08 | 0,17 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 27,00 | 18,64 | 616416 | 176,03 | 0,14 | 0,32 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 23,00 | 16,87 | 590596 | 161,89 | 0,09 | 0,29 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 29,00 | 18,64 | 616416 | 189,07 | 0,16 | 0,34 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 23,00 | 16,87 | 590596 | 161,89 | 0,09 | 0,18 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 27,20 | 19,86 | 635039 | 168,04 | 0,29 | 0,28 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 21,00 | 16,87 | 590596 | 147,81 | 0,08 | 0,17 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 33,90 | 22,29 | 674148 | 187,70 | 0,29 | 0,26 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 29,00 | 18,64 | 616416 | 189,07 | 0,16 | 0,34 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|---|-------------|------------------------|------------------------|--|--------------|
| APOIO | 21,30 | 29,82 | 11,57 | 4,221 | 8,00 | 23,82 | 15,0 | 6,7 | Ø 8mm c/15cm |

$$V_{co} = 18,25 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 3,4758 \text{ cm}^2/\text{m}$$

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA 203 NIVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 $f_{ctm} = 2,896$ MPa $\alpha_e = 7,82$ $\eta_1 = 2,25$
 Agregado Graúdo: Granito e Gnaiss α_e Agreg. = 1,0

Seção $b_w = 35,00$ cm $b_f = 35,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 72,00$ cm
 $d' = 8,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|---------------------------------------|-------------|-----------|--|-----------|
| VÃO | 18,70 | 26,18 | 8,72 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| APOIO | 20,40 | 28,56 | 9,56 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| VAO | 10,50 | 14,70 | 4,81 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |
| APOIO | 14,60 | 20,44 | 6,74 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| VAO | 12,60 | 17,64 | 5,79 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |
| APOIO | 16,50 | 23,10 | 7,66 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| VAO | 12,60 | 17,64 | 5,79 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |
| APOIO | 14,40 | 20,16 | 6,65 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| VAO | 10,50 | 14,70 | 4,81 | 20,00 | 2 | 6,28 | 2 Ø 20 mm |
| APOIO | 20,40 | 28,56 | 9,56 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| VAO | 18,50 | 25,90 | 8,63 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |

$A_{s\text{ min}} = 4,20$ cm²

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | A_s/face (cm ²) | Nº Barras | $A_s\text{ ef.}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------|
| 35,00 | 80,00 | 2800 | 8,00 | 2,80 | 6 | 3,02 | 2 x 6 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 18,70 | 14,72 | 521001 | 160,87 | 0,09 | 0,23 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 20,40 | 18,20 | 354936 | 241,94 | 0,21 | 0,27 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 10,50 | 12,18 | 197006 | 249,45 | 0,22 | 0,52 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 14,60 | 15,44 | 278856 | 231,72 | 0,19 | 0,34 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 12,60 | 11,62 | 466283 | 127,67 | 0,06 | 0,27 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 16,50 | 15,44 | 278856 | 261,87 | 0,24 | 0,38 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 12,60 | 11,62 | 466283 | 127,67 | 0,06 | 0,27 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 14,40 | 15,44 | 278856 | 228,54 | 0,18 | 0,33 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 10,50 | 12,18 | 197006 | 249,45 | 0,22 | 0,52 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 20,40 | 18,20 | 354936 | 241,94 | 0,21 | 0,27 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| VAO | 18,50 | 14,72 | 521001 | 159,15 | 0,09 | 0,23 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|---|-------------|------------------------|------------------------|--|----------------|
| APOIO | 13,40 | 18,76 | -3,14 | - | 6,30 | 15,37 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$V_{co} = 21,90$ tf $A_s/S_{\text{min}} = 4,0551$ cm²/m

V204 = V216

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA 204 NIVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $bw = 30,00$ cm $bf = 30,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $hf =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|---------------------------------------|-------------|-----------|--|-----------|
| VÃO | 14,60 | 20,44 | 6,99 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 17,30 | 23,36 | 8,04 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s/\text{face}}$ (cm ²) | Nº Barras | $A_{s\text{ ef.}}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--|-----------|---------------------------------------|--------------|
| 30,00 | 80,00 | 2400 | 8,00 | 2,40 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{ll} (cm) | I_{ll} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | $wk_{\text{máx}}$ (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 14,60 | 18,39 | 324096 | 181,91 | 0,12 | 0,20 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 17,30 | 18,39 | 324096 | 215,55 | 0,16 | 0,24 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|---|-------------|------------------------|------------------------|--|----------------|
| APOIO | 10,80 | 15,12 | -3,13 | - | 6,30 | 17,94 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 18,25 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 3,4758 \text{ cm}^2/\text{m}$$

V205 = V207 = V209 = V211 = V213 = V215

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA 205 NÍVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 30,00$ cm $b_f = 30,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|---------------------------------------|-------------|-----------|--|-----------|
| VÃO | 15,90 | 22,26 | 7,65 | 20,00 | 3 | 9,42 | 3 Ø 20 mm |
| APOIO | 22,10 | 29,84 | 10,42 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |

$$A_{s\text{ min}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s/\text{face}}$ (cm ²) | Nº Barras | $A_{s\text{ ef.}}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--|-----------|---------------------------------------|--------------|
| 30,00 | 80,00 | 2400 | 8,00 | 2,40 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{ll} (cm) | I_{ll} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 15,90 | 16,26 | 255965 | 261,23 | 0,24 | 0,38 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| APOIO | 22,10 | 19,21 | 324538 | 270,61 | 0,26 | 0,30 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|---|-------------|------------------------|------------------------|--|----------------|
| APOIO | 13,20 | 18,48 | 0,23 | 0,085 | 6,30 | 17,94 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 18,25 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{min}} = 3,4758 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$V_{206} = V_{208} = V_{210} = V_{212} = V_{214}$$

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA 206 NIVEL:

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,0$ MPa
 Seção $b_w = 30,00$ cm $b_f = 30,00$ cm
 $h = 80,00$ cm $h_f =$ cm
 $d = 70,00$ cm
 $d' = 10,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|---------------------------------------|-------------|-----------|--|-----------|
| VÃO | 23,60 | 33,04 | 11,62 | 20,00 | 4 | 12,57 | 4 Ø 20 mm |
| APOIO | 27,60 | 37,26 | 13,24 | 20,00 | 5 | 15,71 | 5 Ø 20 mm |

$$A_{s\text{ mín}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s\text{ face}}$ (cm ²) | Nº Barras | $A_{s\text{ ef.}}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--|-----------|---------------------------------------|--------------|
| 30,00 | 80,00 | 2400 | 8,00 | 2,40 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

3

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{ll} (cm) | I_{ll} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 23,60 | 18,39 | 324096 | 294,04 | 0,30 | 0,33 | 0,30 | Verificar |
| APOIO | 27,60 | 21,02 | 387737 | 272,81 | 0,26 | 0,25 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

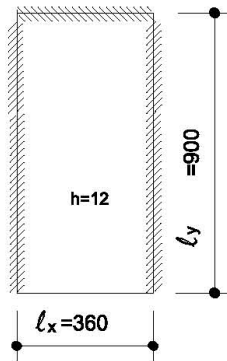
No Ramos: 2

| Seção | V_k (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|------------|------------|------------|---|-------------|------------------------|------------------------|--|----------------|
| APOIO | 17,60 | 24,64 | 6,39 | 2,331 | 6,30 | 17,94 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 18,25 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 3,4758 \text{ cm}^2/\text{m}$$

ANÁLISE DAS FLECHAS

Lajes 3,60 x 9,00 h=12

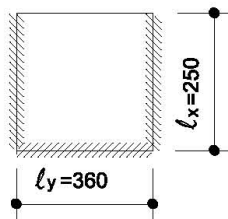


Peso próprio $12 \times 25 = 300 \text{ kg/m}^2$
Revestimento $= 100 \text{ kg/m}^2$
Alvenaria $= 450 \text{ kg/m}^2$
 $g = 850 \text{ kg/m}^2$
Sobrecarga $q = 500 \text{ kg/m}^2$

$$R_g = 1,29 \text{ tf/m}$$

$$R_q = 0,76 \text{ tf/m}$$

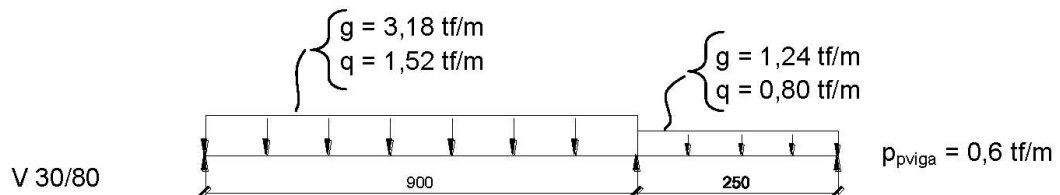
Lajes 2,50 x 3,60 h=12



Peso próprio $12 \times 25 = 300 \text{ kg/m}^2$
Revestimento $= 100 \text{ kg/m}^2$
 $g = 400 \text{ kg/m}^2$
Sobrecarga $q = 500 \text{ kg/m}^2$

$$R_g = 0,32 \text{ tf/m}$$

$$R_q = 0,40 \text{ tf/m}$$



$$\begin{aligned} \oplus \\ M_g &= 20,9 \text{ tfm} \\ M_q &= 10 \text{ tfm} \\ \hline M_g + q &= 30,9 \text{ tfm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ominus \\ M_g &= 24,9 \text{ tfm} \\ M_q &= 11,9 \text{ tfm} \\ \hline M_g + q &= 36,8 \text{ tfm} \end{aligned}$$

$$V_{k\text{máx}} = 25,2 \text{ tf} \\ g+q$$

$$M_{a,cqp} = 20,9 + 0,3 \times 10 = 23,9 \text{ tfm}$$

$$A_s = 20 \text{ cm}^2 \quad d = 73 \quad \mu = 0,00833$$

$$A'_s = 10 \text{ cm}^2 \quad d' = 5 \quad \alpha = 7,83$$

$$E_{cs} = 26838,40 \text{ MPa} \quad \mu\alpha = 0,65$$

$$E = 210.000 \text{ MPa} \quad \psi_2 = 0,3$$

$$b_f = 165 \text{ cm} \text{ — seção T}$$

$$I_c = 24,17 \times 10^{-3} \text{ m}^4 \quad e \quad y_t = 0,537 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} = 0,3 \times 30^{2/3} = 2,8965 \text{ MPa} \quad (289,65 \text{ tf/m}^2)$$

$$M_r = \frac{\alpha f_{ct} I_c}{y_t} = \frac{1,2 \times 289,65 \times 24,17 \times 10^{-3}}{0,537} = 15,64 \text{ tfm}$$

$$\left(\frac{M_r}{M_a}\right)^3 = \left(\frac{15,64}{23,9}\right)^3 = 0,28$$

$$A = \frac{30}{2} = 15$$

$$B = 12 (165 - 30) + 7,83 (10 + 20) = 1.854,90$$

$$C = -\frac{12^2}{2} (165 - 30) - 7,83 (10 \times 5 + 20 \times 73) = -21.543,3$$

$$x^2 + 123,66 - 1.436,22 = 0 \Rightarrow x = \frac{-123,66 \pm 145,04}{2} = 10,69 \text{ cm}$$

$$I_{II} = \frac{165 \times 10,69^3}{3} - \frac{(165 - 30)(10,69 - 12)^3}{3} + 7,83 \times 10 \times (5 - 10,69)^2 + 7,83 \times 20(73 - 10,69)^2$$

$$I_{II} = 677.829,99 \text{ cm}^4 (6,778 \times 10^{-3} \text{ m}^4)$$

$$E_{I,eq} = 2.683.840 [0,28 \times 24,17 \times 10^{-3} + (1 - 0,28) \times 6,778 \times 10^{-3}]$$

$$E_{I,eq} = 31.260,72 \leq 2.683.840 \times 24,17 \times 10^{-3} = 64.868,41 \text{ tfm}^2$$

Flecha para carga permanente

$$f_{g(\text{strap})} = 0,235 \text{ cm} \Rightarrow f_{g\text{corr}} = 0,235 \times \frac{E_{cs} \cdot I_c}{(E_I)_{eq}} = 0,235 \times \frac{64.868,41}{31260,72} = 0,488 \text{ cm}$$

Efeito da fluência

$$\rho' = \frac{10}{30} \times 73 = 4,57 \times 10^{-3}$$

$$\Delta \epsilon = 2,0$$

$$\alpha_f = \frac{\Delta \epsilon}{1 + 50\rho'} = \frac{2}{1,2285} = 1,628$$

$$f_{g\text{corr}} = 0,488 \times (1 + 1,628) = 1,28 \text{ cm}$$

Flecha para carga acidental

$$f_{q(\text{strap})} = 0,034 \text{ cm} \Rightarrow f_{q\text{corr}} = 0,034 \times \frac{E_{cs} \cdot I_c}{(E_I)_{eq}} = 0,034 \times \frac{64.868,41}{31260,72} = 0,07 \text{ cm}$$

$$f_{\text{total}} = 1,28 + 0,07 = 1,35 \text{ cm} \left(\frac{l}{667} \right)$$

Viga 30/80 (apoiada nas vigas)

Flecha para carga permanente

Seção Retangular 30/80

$$E_{cs} = 2.683.840 \text{ tf/m}^2$$

$$I_c = 0,3 \times 0,8^3 / 12 = 0,0128 \text{ m}^4$$

$$f_{g(\text{strap})} = 0,509 \text{ cm}$$

$$f_{\text{corr}} = 0,509 \times \frac{E_{cs} \cdot I_c}{(E_I)_{eq}} = 0,509 \times \frac{2683840 \times 0,0128}{31260,72} = 0,56 \text{ cm}$$

$$f_{\text{corr}} = 0,56 + 2,628 = 1,47 \text{ cm}$$

Flecha para carga acidental

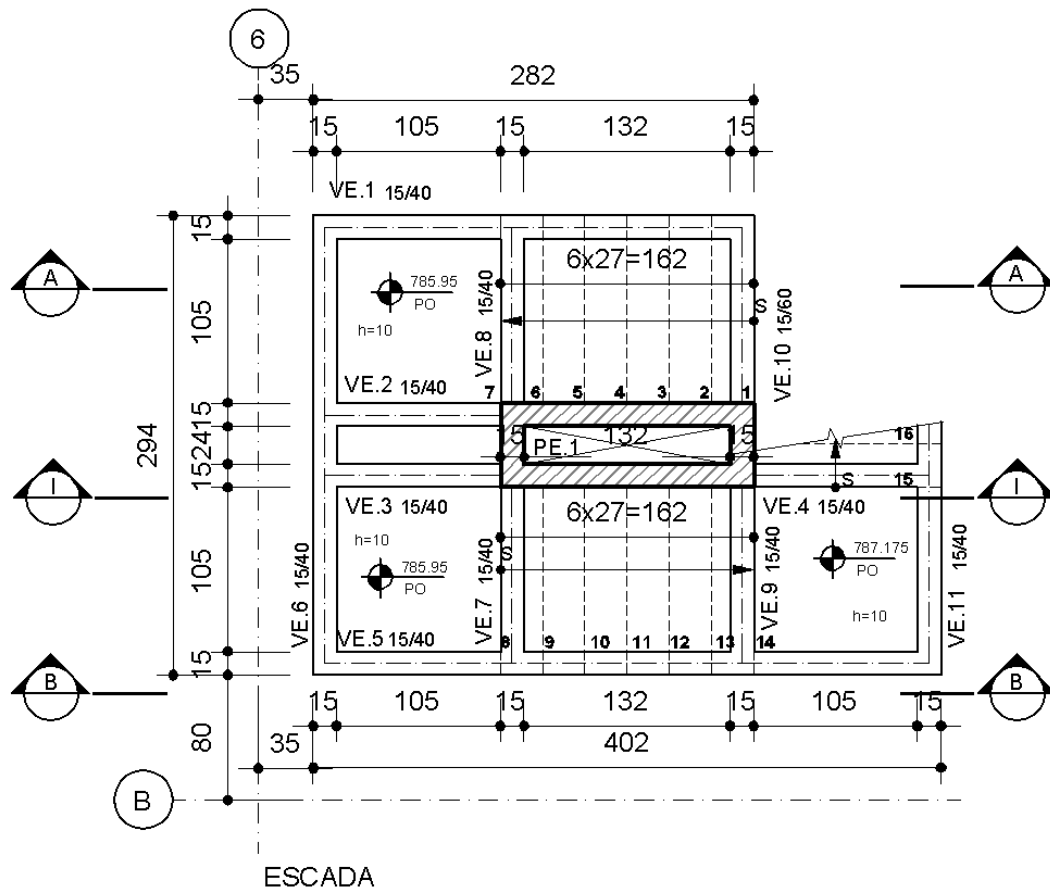
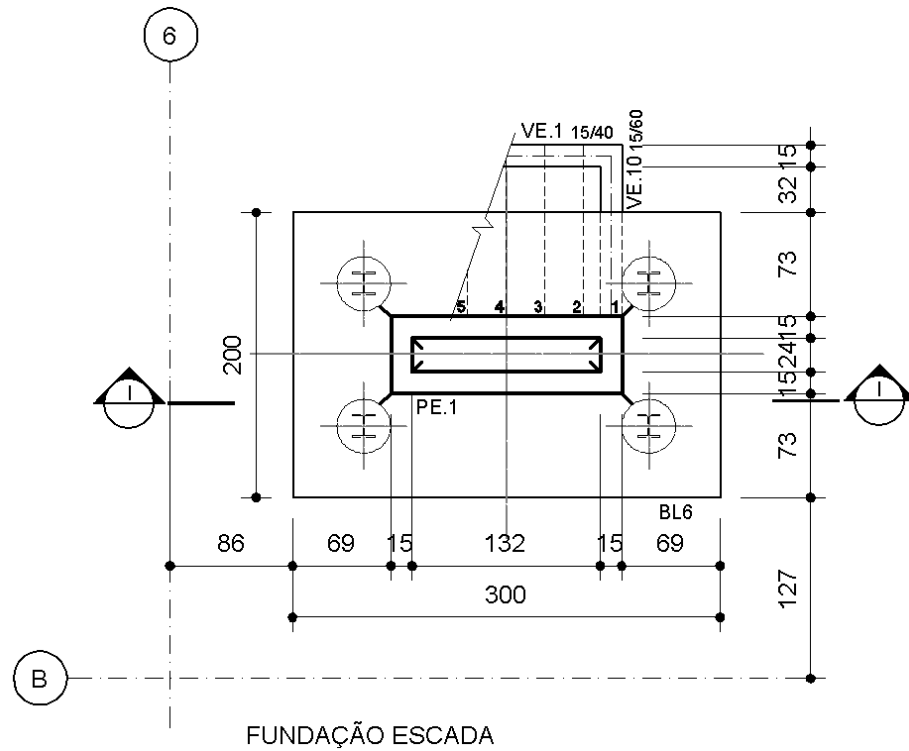
$$f_{q(\text{strap})} = 0,075 \text{ cm}$$

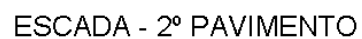
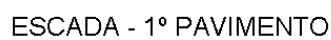
$$f_{\text{corr}} = 0,075 \times 1,10 = 0,0825 \text{ cm}$$

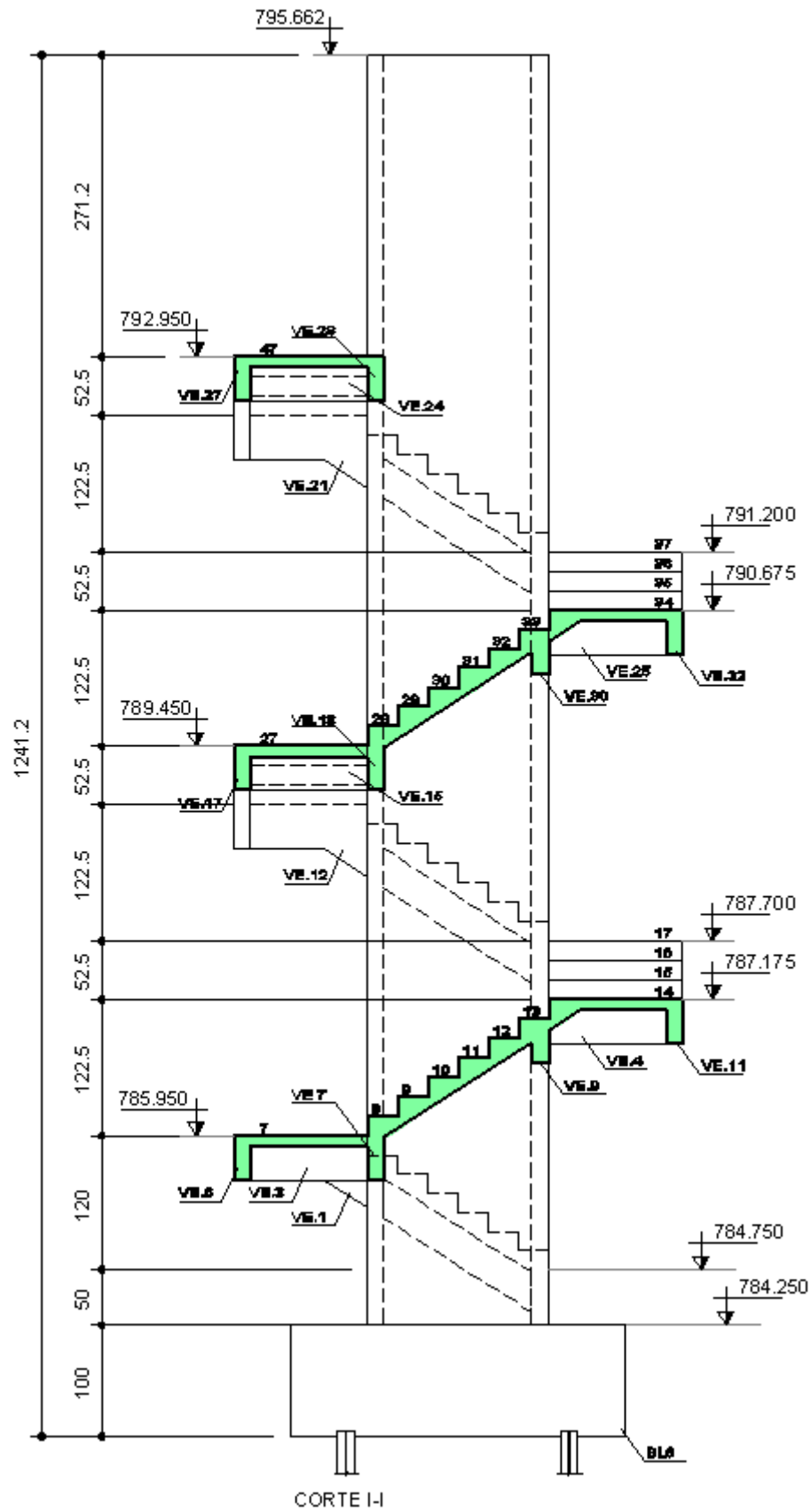
$$f_{\text{total}} = 1,47 + 0,0825 = 1,5525 \text{ cm} \left(\frac{l}{580} \right)$$

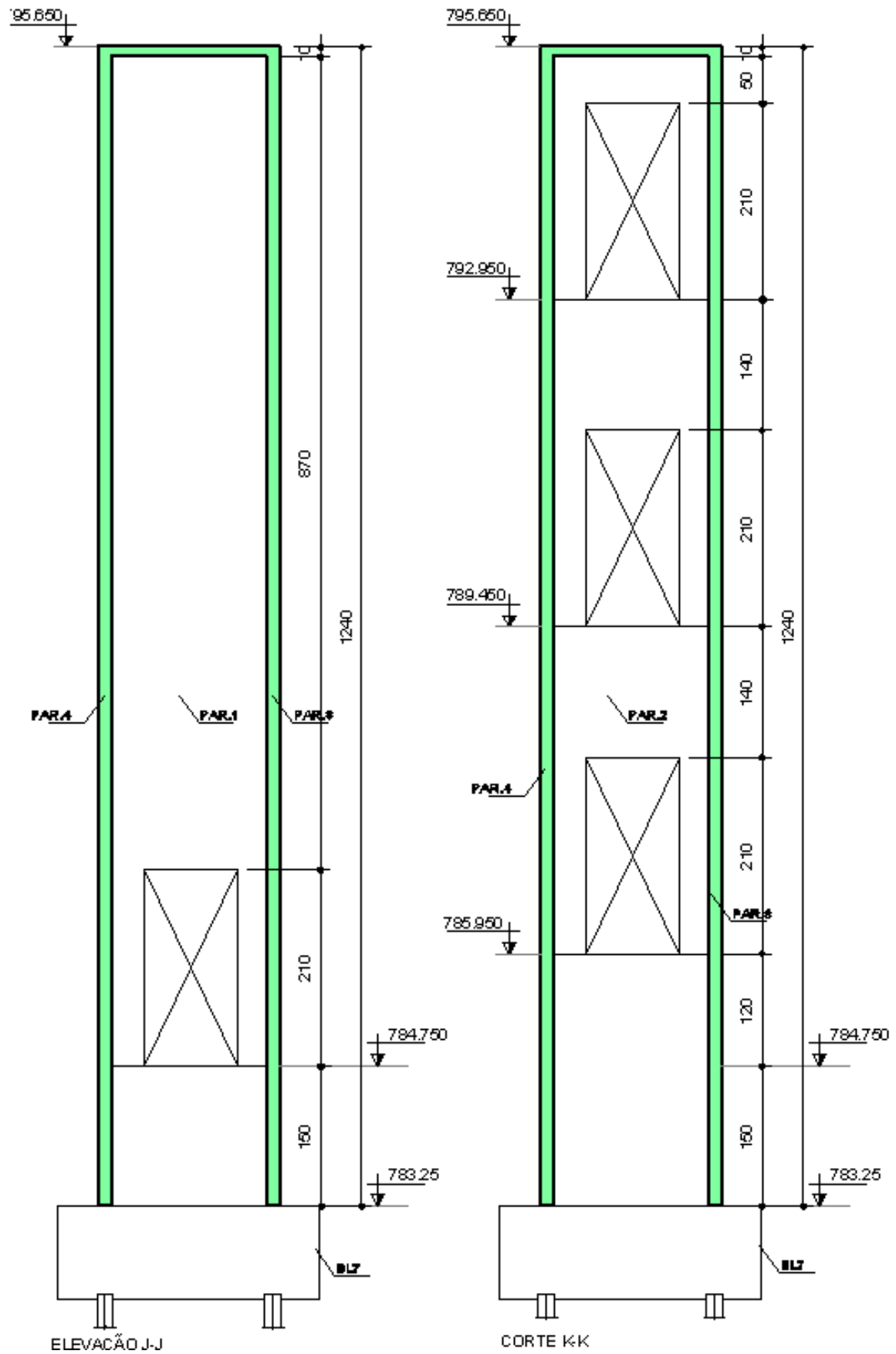
5.5. ESCADA

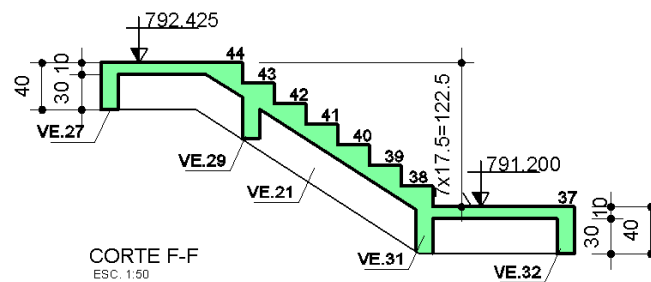
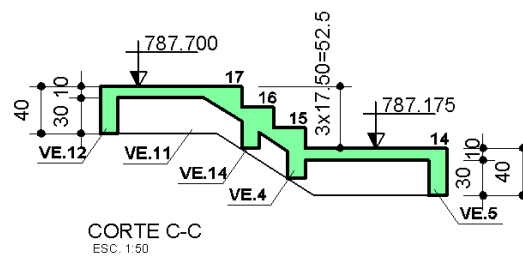
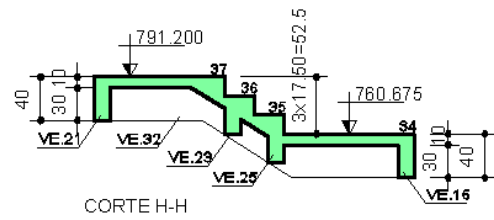
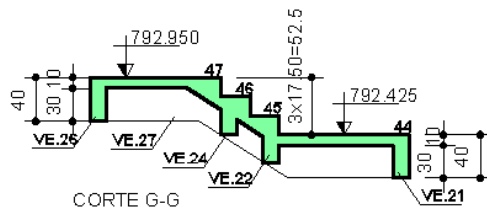
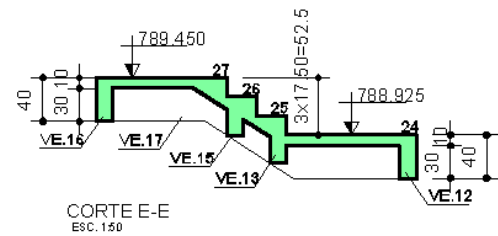
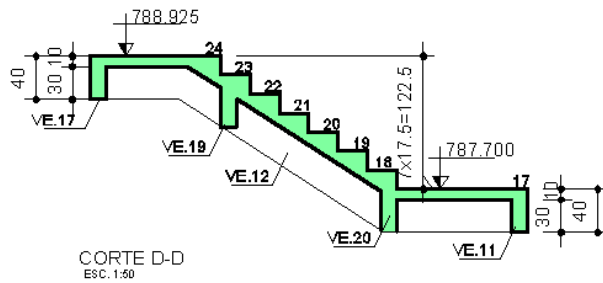
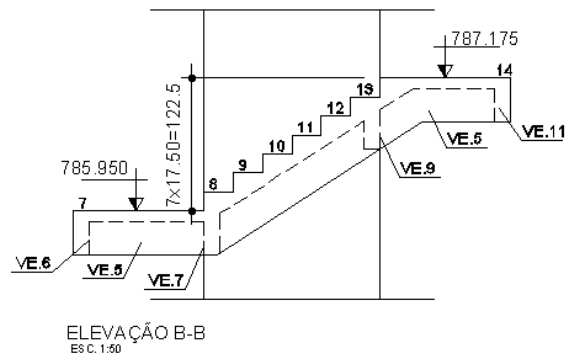
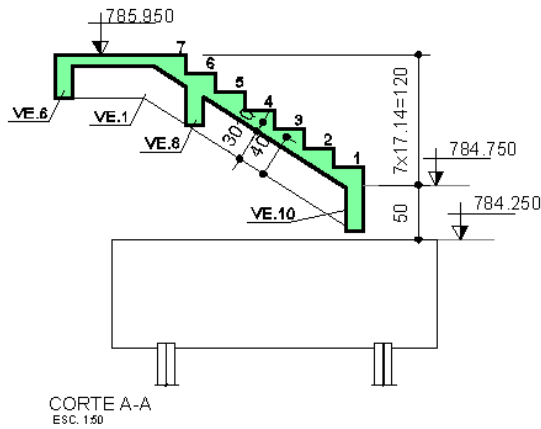
GEOMETRIA













| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 117 |

CARREGAMENTOS CONSIDERADOS

Para as lajes dos patamares ($h = 10 \text{ cm}$) , tem-se:

Peso próprio das lajes = $0,1 \times 2,5 = 0,25 \text{ tf/m}^2$

Revestimento = $0,10 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga = $0,50 \text{ tf/m}^2$

Carregamento total nas lajes = $0,85 \text{ tf/m}^2$

Para as lajes dos degraus ($h_{\text{médio}} = 20,67 \text{ cm}$) , tem-se:

Peso próprio das lajes = $0,2067 \times 2,5 = 0,517 \text{ tf/m}^2$

Revestimento = $0,10 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga = $0,50 \text{ tf/m}^2$

Carregamento total nas lajes = $1,117 \text{ tf/m}^2$

Vigas Internas:

Peso próprio das vigas: $0,15 \times 0,40 \times 2,5 = 0,15 \text{ tf/m}$

Vigas Externas:

Peso próprio das vigas: $0,15 \times 0,40 \times 2,5 = 0,15 \text{ tf/m}$

Guarda-corpo = $0,10 \text{ tf/m}$

Sobrecarga = $0,20 \text{ tf/m}$

HIPÓTESES

Escada com sobrecarga total;

Escada 1\2 carregada na direção x;

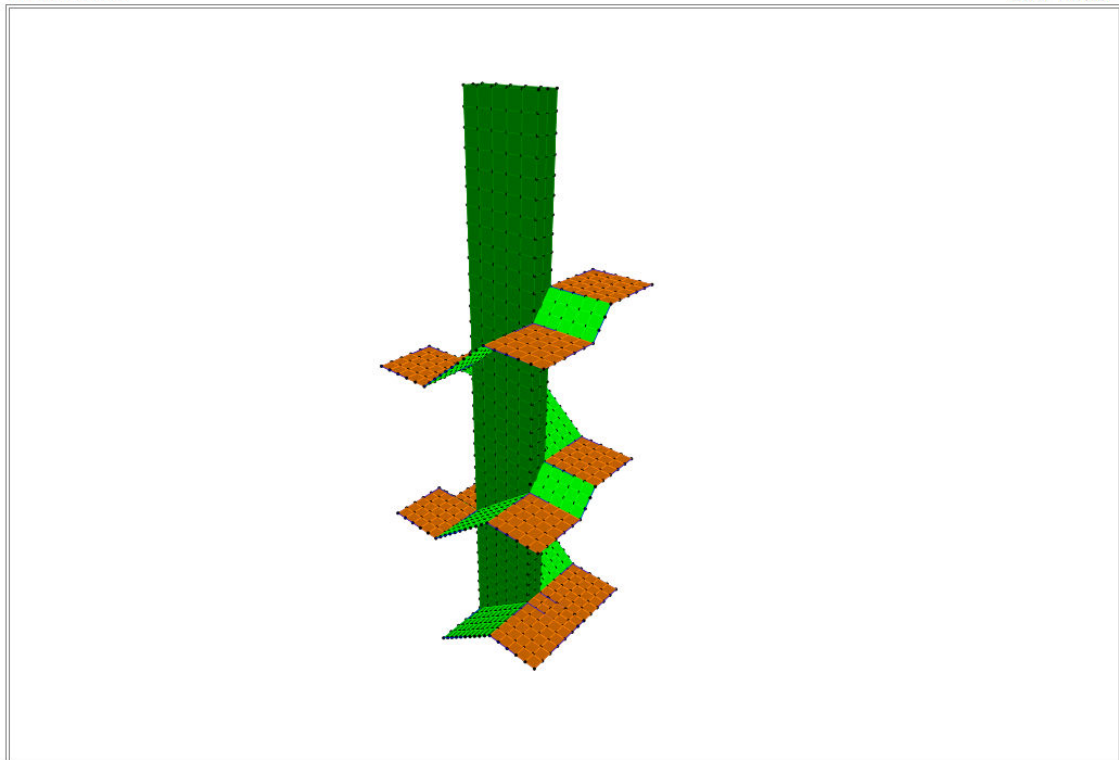
Escada 1\2 carregada na direção y;

ESQUEMA ESTÁTICO, CARREGAMENTOS E ESFORÇOS (PROCESSAMENTOS)

Geometria geral da estrutura:

SAP2000

2/7/17 11:13:24



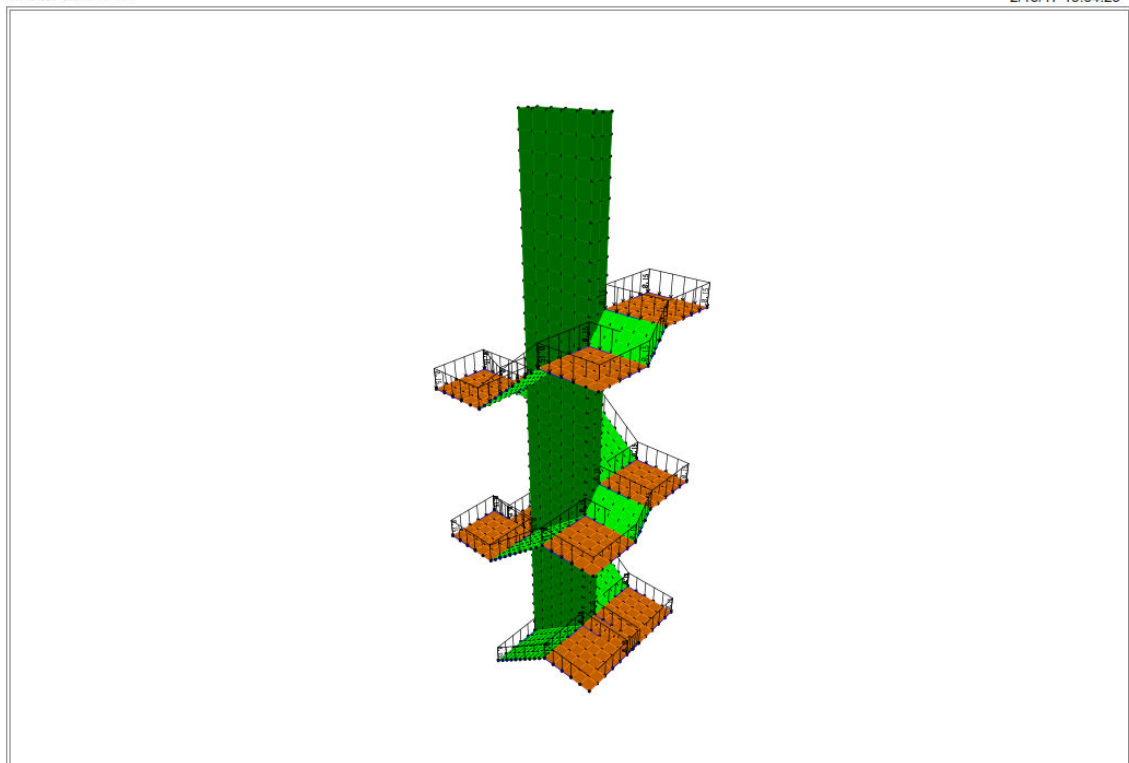
SAP2000 v14.1.0 - File:ModelEscada - 3-D View - Tonf, m, C Units

Cargas atuantes nas escadas

Peso próprio das vigas:

SAP2000

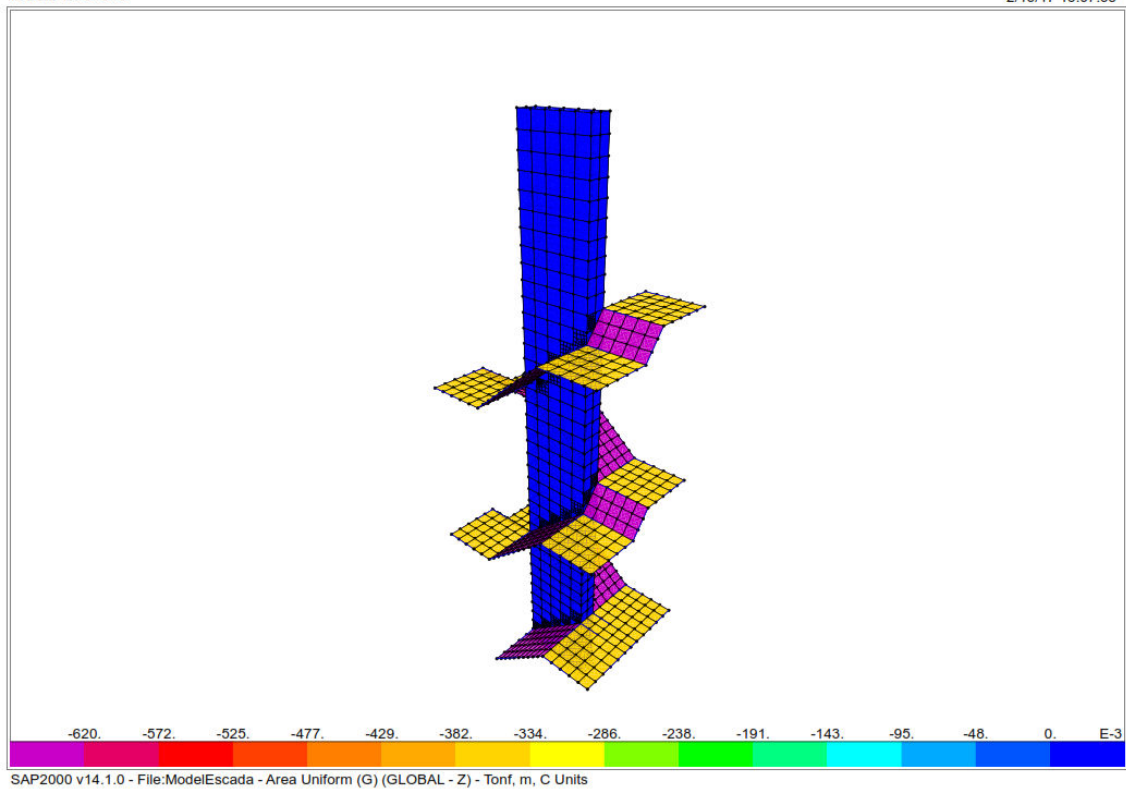
2/15/17 15:04:23



SAP2000 v14.1.0 - File:ModelEscada - Frame Span Loads (G) (As Defined) - Tonf, m, C Units

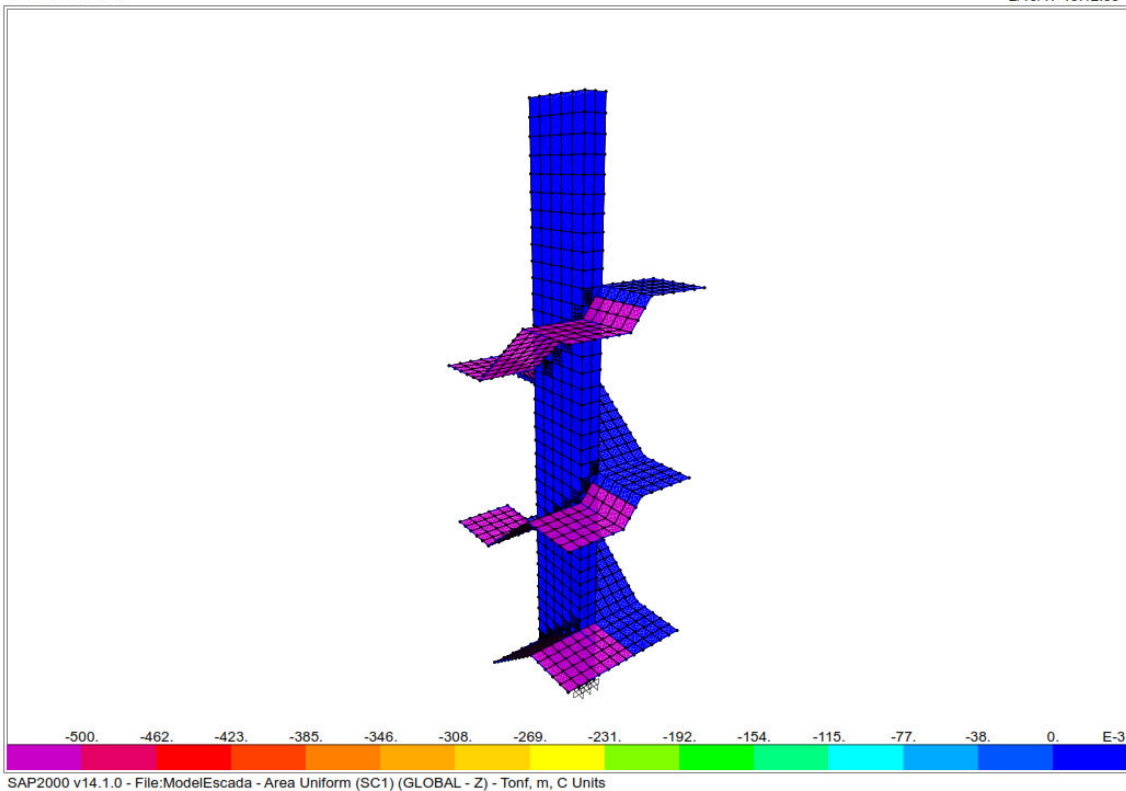
Peso próprio das lajes: SAP2000

2/15/17 15:07:58



Sobrecarga 1 SAP2000

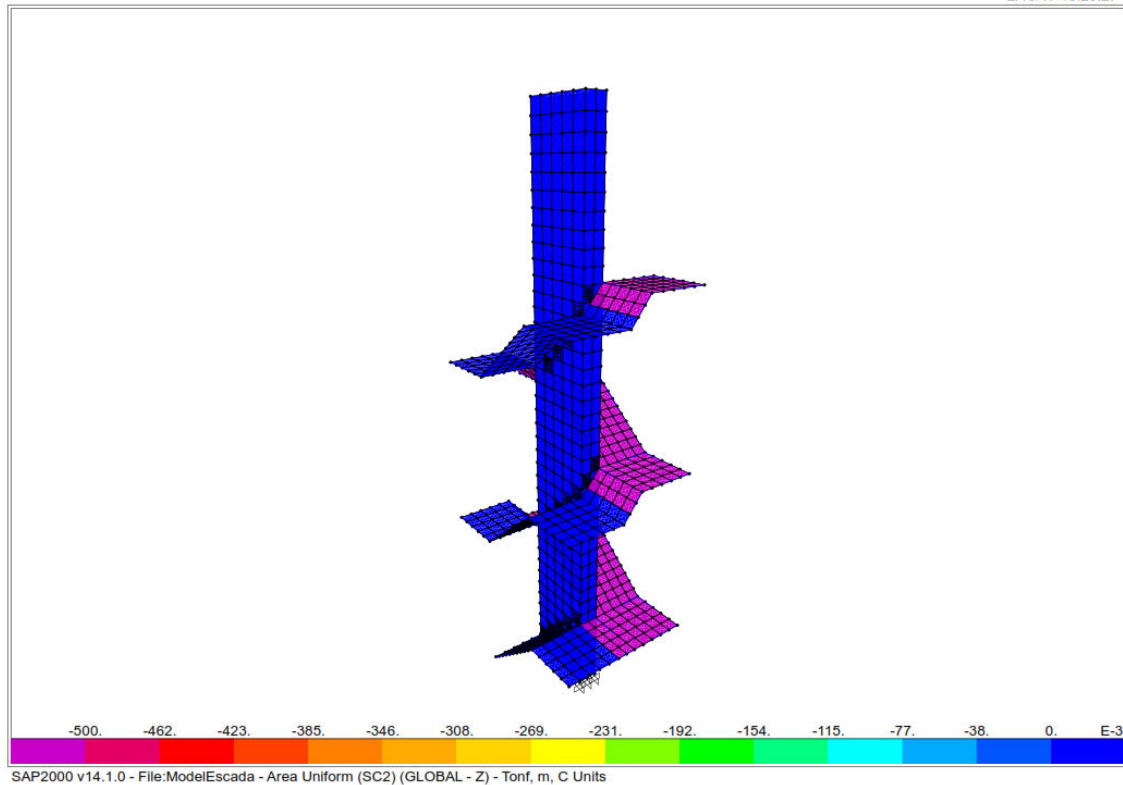
2/15/17 15:12:03



Sobrecarga 2

SAP2000

2/15/17 15:23:27



DIMENSIONAMENTO

Vigas da escada

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30.00$ Mpa Aço $f_{yt} = 500.00$ Mpa
Ecs = 26838 Mpa Es = 210000 Mpa
 $f_{ctm} = 2.896$ Mpa $\alpha_e = 7.82$

Seção b = 15.00 cm $\phi = 12.50$ mm
 h = 40.00 cm $\eta_1 = 2.25$ (Tab. 8.2 NBR)
 d = 35.00 cm $\psi_1 = 0.50$ (23.5.2 NBR Laje 0.80, Viga 0.50, Tran
 d' = 5.00 cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_{gk} (Tf-m) | $M_{qmáxk}$ (Tf-m) | M_d (Tf-m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | No Bar. n | A_s efetivo (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------------|----------------|--------------|-------------------------------------|-------------|
| S1 | 1.00 | 1.10 | 3.00 | 2.07 | 12.50 | 2 | 2.45 | 2 Ø 12.5 mm |
| S2 | 0.20 | 0.55 | 1.10 | 0.73 | 10.00 | 2 | 1.57 | 2 Ø 10 mm |

$A_{s \text{ mín}} = 1.04$ cm²

VERIFICAÇÃO DOS PILARES

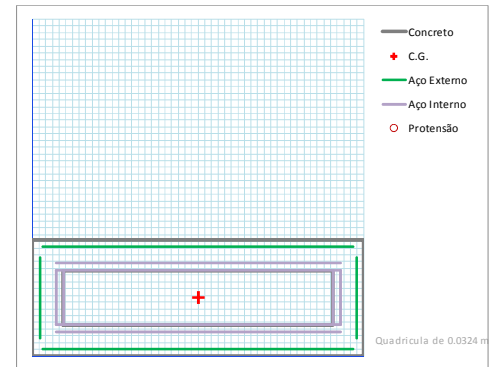
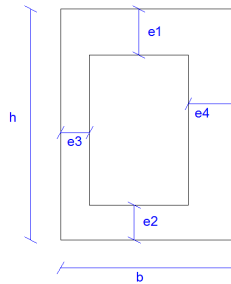
A. MATERIAIS

| | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|--------|----------------|--------------|------|--------------------|----------|-----|
| Concreto | f_{ck} : | 30 | MPa | γ_c : | 1.4 | f_{cd} : | 21.43 | MPa |
| | | | | | | E_{ci} : | 30672.46 | MPa |
| | | | | | | $f_{ct,m}$: | 2.90 | MPa |
| Aço Passivo | f_y : | 500 | MPa | γ_s : | 1.15 | f_{yd} : | 434.78 | MPa |
| | E_s : | 210000 | MPa | | | ϵ_{syd} : | 0.00207 | |
| Aço Ativo | f_{py} : | 1710 | MPa | γ_p : | 1.15 | f_{pyd} : | 1486.96 | MPa |
| | E_p : | 195000 | MPa | | | ϵ_{pyd} : | 0.00763 | |
| | f_{pt} : | 1900 | MPa | | | f_{ptd} : | 1652.17 | MPa |
| | ϵ_{pu} : | 0.035 | para cordoalha | | | | | |

B. SEÇÃO

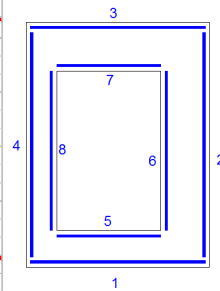
CONCRETO

| SEÇÃO | COM FURO |
|-----------|----------|
| Dimensões | m |
| b : | 1.62 |
| h : | 0.56 |
| $e1$: | 0.15 |
| $e2$: | 0.15 |
| $e3$: | 0.15 |
| $e4$: | 0.15 |



AÇO PASSIVO

| Linha de Aço | Quantidade de Camadas | Camada | As total na linha cm^2 | Distância c m |
|--------------|-----------------------|--------|--------------------------|---------------|
| EXTERNO | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 9.4 | 0.035 |
| 2 | 1 | 1 | 1.6 | 0.035 |
| 3 | 1 | 1 | 9.4 | 0.035 |
| 4 | 1 | 1 | 1.6 | 0.035 |
| INTERNO | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 9.4 | 0.035 |
| | | 2 | 0.0 | 0.000 |
| 6 | 2 | 1 | 1.6 | 0.035 |
| | | 2 | 0.0 | 0.000 |
| 7 | 2 | 1 | 9.4 | 0.035 |
| | | 2 | 0.0 | 0.000 |
| 8 | 2 | 1 | 1.6 | 0.035 |
| | | 2 | 0.0 | 0.000 |



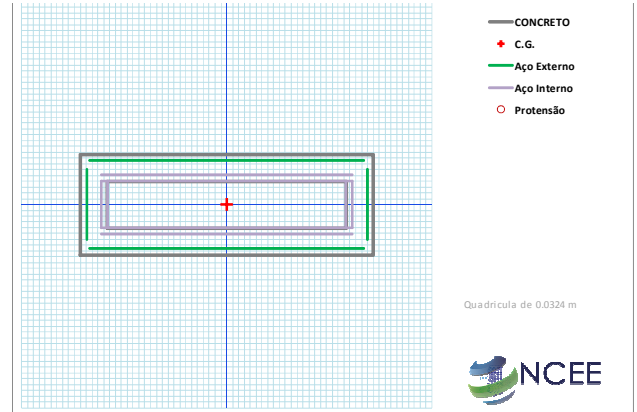
Até 2 camadas por linha de Aço

AÇO ATIVO NÃO

C. PROPRIEDADES

| | | |
|-------------|--------|----------------|
| h : | 0.56 | m |
| A_c : | 0.564 | m ² |
| P_{ext} : | 4.36 | m |
| P_{int} : | 3.16 | m |
| X_{cg} : | 0.810 | m |
| Y_{cg} : | 0.280 | m |
| I_x : | 0.0218 | m ⁴ |
| I_y : | 4.1486 | m ⁴ |
| y_{sup} : | 0.280 | m |
| y_{inf} : | 0.280 | m |
| W_{sup} : | 0.0778 | m ³ |
| W_{inf} : | 0.0778 | m ³ |

| | Area cm ² | Taxa % |
|--------------|-------------------------|-----------|
| Aço Passivo: | 44.0 | 0.78 |
| Aço Ativo: | 0.0 | 0.00 |

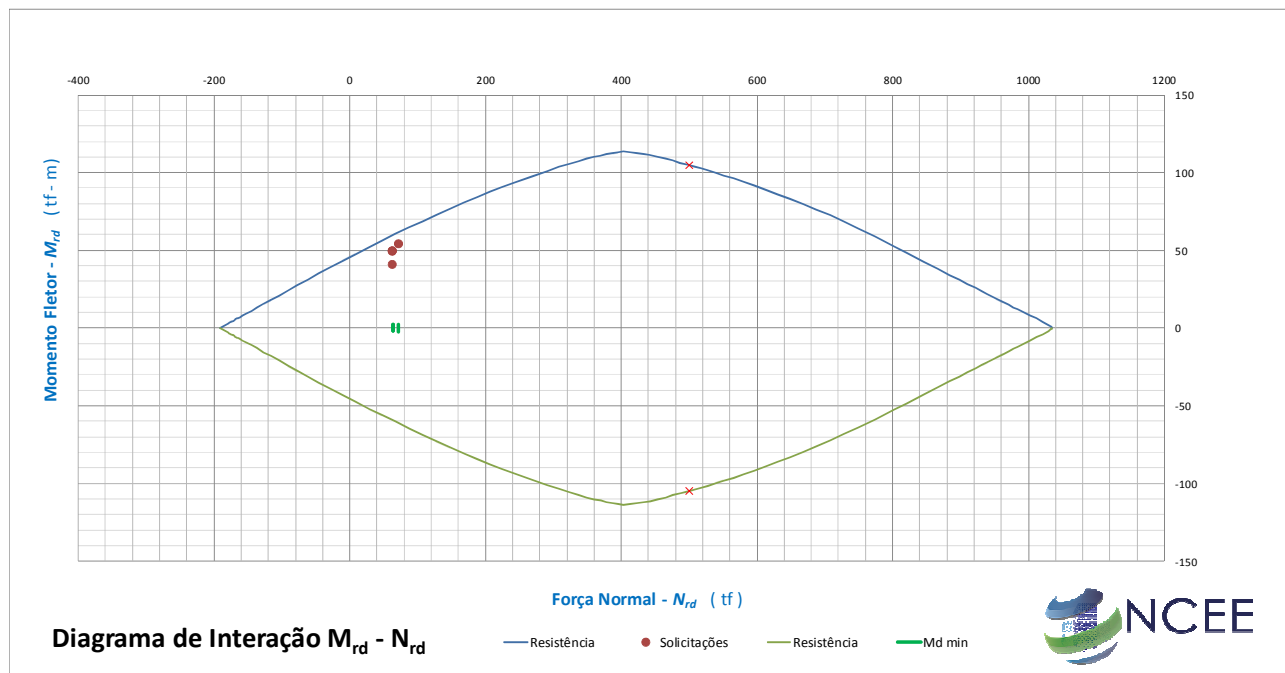


D. VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA

Convenção de Sinais.
Compressão: Positivo
Tração: Negativo

| Combinações | M_{sd} tf-m | N_{sd} tf |
|-------------|------------------|----------------|
| 1 | 54.07 | 71.82 |
| 2 | 40.46 | 63.7 |
| 3 | 49.42 | 63.7 |
| 4 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 |

VERIFICAR
(Pelo Diagrama $M_r - N_r$)



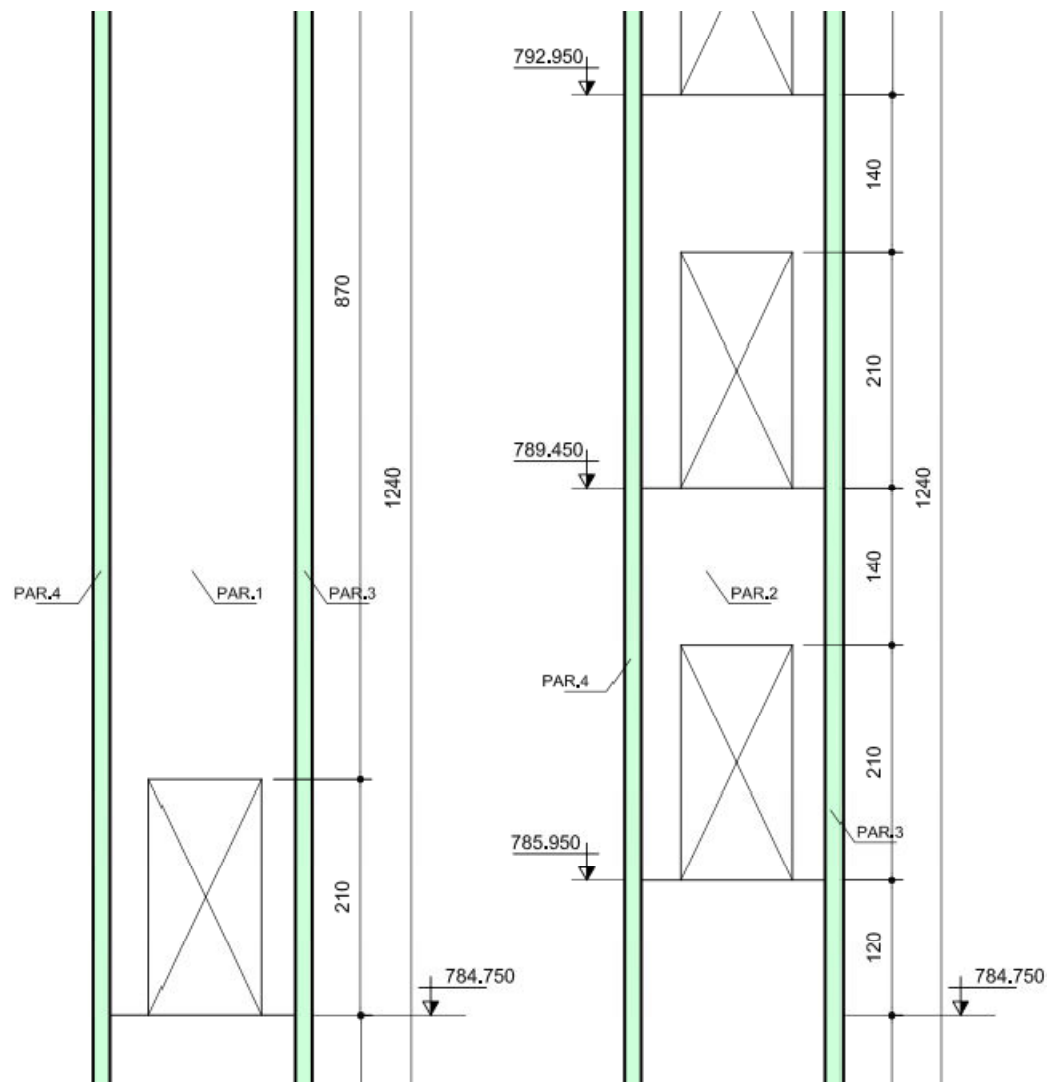
Resistência para

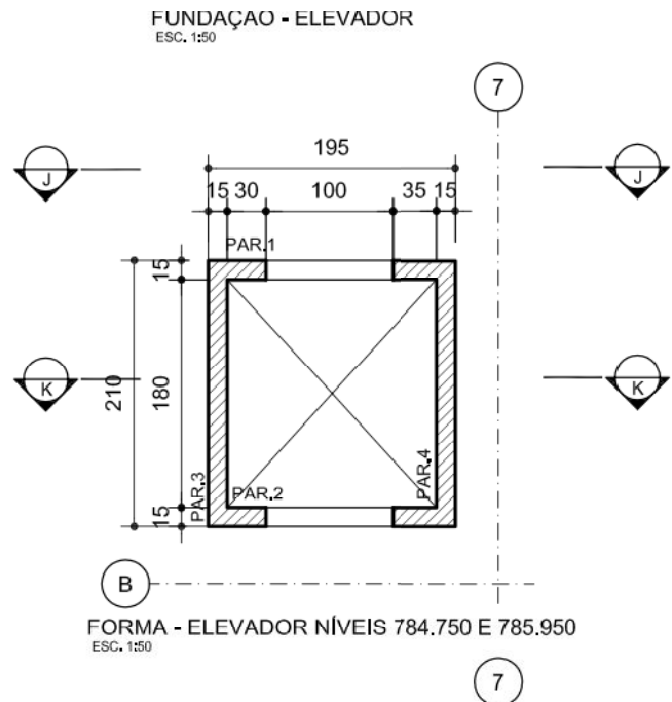
| N_d tf | $M_d +$ tf-m | $M_d -$ tf-m |
|--------------|-----------------|-----------------|
| 500.0 | 104.8 | -104.8 |
| X_{LN} (m) | 0.383 | 0.383 |

| Resistência | N_{rd} tf | M_{rd} tf-m |
|-------------------------|----------------|------------------|
| Tração Máxima | -191.3 | 0.0 |
| Compressão Máxima | 1034.1 | 0.0 |
| Momento Máximo Positivo | 402.9 | 113.5 |
| Momento Mínimo Negativo | 403.1 | -113.5 |

5.6. ELEVADOR

GEOMETRIA





CARREGAMENTOS CONSIDERADOS

Laje Sup. (G+Q) = 0,25+5,00 = 5,25tf/m²

Laje de fundo = 3,00 tf/m²

Vento $V_0 = 40$ m/s; $S_1 = 1,00$; $S_2 = 0,93$; $S_3 = 1,10$; $V_k = 40,92$;

$q_v = V_k^2 / 16 = 104,65$ kg/m²;

$h = 10,10$ m (sobre a terra); $b = 2,1$ m $h/b = 4,8 \Rightarrow C_{pe} = 1,2$

$q_v = 1,20 \times 0,10465 \times 2,1 = 0,264$ tf/m²

$A_c \text{ pilar} = 2 \times (1,8 \times 0,15 + 1,95 \times 0,15) = 1,125$ m²

$N_k = 1,125 \times 12,4 \times 2,5 + 5,25 \times 1,95 \times 2,1 = 56,375$ tf $N_d = 1,4 \times 56,375 = 78,925$ tf

$M_k = 0,264 \times 2,1 \times 12,4 \times (12,4/2) = 42,62$ tf.m $M_d = 1,4 \times 42,62 = 59,67$ tf

DIMENSIONAMENTO

Laje de topo do elevador:

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

$l_y = 195$ cm

$l_x = 180$ cm

$\lambda = 1,08 < 2,00$

$\alpha_x = 19,3$

$\alpha_y = 22,3$

$-\beta_x = 0,0$

$-\beta_y =$

Laje armada em duas direções

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

$p = 5,25$ tf/m²

$l_x = 180$ cm

$M_x = 0,88$ tfm

$M_y = 0,76$ tfm

$-M_{\beta x} = -$ tfm

$-M_{\beta y} = -$ tfm

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,00$ MPa
Seção $b = 100,00$ cm
 $h = 10,00$ cm
 $d = 7,00$ cm
 $d' = 3,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | A_s cal (cm ²) | ϕ (mm) | A_s efetivo (cm ²) | Adotado |
|-------|-----------------|-----------------|------------------------------|-------------|----------------------------------|---------------|
| X | 0,88 | 1,23 | 4,37 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |
| Y | 0,76 | 1,06 | 3,73 | 10,00 | 5,24 | Ø 10mm c/15cm |

$$A_{s \text{ mín}} = 1,50 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| X | 0,88 | 2,02 | 1291 | 265,65 | 0,12 | 0,10 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| Y | 0,76 | 2,02 | 1291 | 229,43 | 0,09 | 0,08 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Caixa do elevador:



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 126 |

Projeto estrutural: Universidade Federal do ABC

Peça estrutural: Elevador

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa PilarD

VERIFICAÇÃO DE PILAR A FLEXÃO NORMAL COMPOSTA

Pilar engastado-livre

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO RETANGULAR VAZADA

Largura b da mesa = 210,0 cm

Largura b_w da nervura = 30,0 cm

Altura total h da seção = 195,0 cm

Espessura h_1 na parte superior = 15,0 cm Espessura h_2 na parte inferior = 15,0 cm

Distância d_{linha} = 5,0 cm

Armadura distribuída - Bitola constante

42 barras de aço com área total = 52,50 cm²

Duplo eixo de simetria

Área de uma só barra = 1,25 cm²

Número de camadas de barras de aço = n_{linha} = 11

Número de barras de aço da primeira camada = 12

DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS:

f_{ck} = 0,30 tf/cm²

γ_{ac} = 1,40

f_{yk} = 5,00 tf/cm²

γ_{as} = 1,15

Módulo de elasticidade do aço E_s = 2100 tf/cm²

CARREGAMENTO

Valor de cálculo da força vertical aplicada no topo do pilar: 30 tf

Excentricidade dessa força = 0,00 m

Carga distribuída ao longo do pilar: p = 0,0078 tf/cm

DADOS SOBRE O PILAR:

Comprimento geométrico do pilar = l_{zero} = 1240 cm

Comprimento equivalente do pilar = l_{equiv} = 2480 cm

Índice de esbeltez = λ = 33

Taxa de armadura ρ = 0,47 % Taxa mecânica ω = 0,11

Coefficiente f_i de fluência = 2,00

Tipo de imperfeição geométrica: Desvio de prumo

Relação N_{Sg}/N_{Sk} = 0,90

Número de trechos em que o pilar foi dividido = 10

As seções do pilar são numeradas de baixo para cima, de zero a n_{div} (n . de divisões)

RESULTADOS:

Força normal resistente máxima (sem momento): 2269,6 tf

Reação vertical na base do pilar = F_{d0} = 78,9 tf

Reação horizontal na base do pilar = R_{h0} = 9,6 tf

Momento fletor no engastamento da base do pilar = M_{d0} = 62,1 tf.m

Fator majorador de momento de 1. ordem, devido à fluência: Fator = 1,00

Flechas sucessivas na iteração, em cm:

0,19 0,19

DEFORMADA FINAL (cm):
Ordenada

$y_{dj}(10) = 0,19$
 $y_{dj}(9) = 0,16$
 $y_{dj}(8) = 0,14$
 $y_{dj}(7) = 0,12$
 $y_{dj}(6) = 0,09$
 $y_{dj}(5) = 0,07$
 $y_{dj}(4) = 0,05$
 $y_{dj}(3) = 0,03$
 $y_{dj}(2) = 0,02$
 $y_{dj}(1) = 0,00$
 $y_{dj}(0) = 0,00$

SOLICITAÇÕES FINAIS (tf e m)

| Sec | M1d | M2d | Md | NSd | MRd | MRdInv |
|-----|------|-----|------|-----|-------|--------|
| 10 | 2,2 | 0,0 | 2,2 | 30 | 237,2 | -237,2 |
| 9 | 2,6 | 0,0 | 2,6 | 35 | 241,6 | -241,6 |
| 8 | 2,9 | 0,0 | 2,9 | 40 | 246,0 | -246,0 |
| 7 | 5,8 | 0,0 | 5,9 | 45 | 250,3 | -250,3 |
| 6 | 10,2 | 0,0 | 10,2 | 50 | 254,8 | -254,8 |
| 5 | 15,8 | 0,1 | 15,8 | 55 | 259,1 | -259,1 |
| 4 | 22,6 | 0,1 | 22,7 | 59 | 263,8 | -263,8 |
| 3 | 30,6 | 0,1 | 30,7 | 64 | 267,9 | -267,9 |
| 2 | 39,9 | 0,1 | 40,0 | 69 | 272,2 | -272,2 |
| 1 | 50,3 | 0,1 | 50,4 | 74 | 276,6 | -276,6 |
| 0 | 62,0 | 0,1 | 62,1 | 79 | 281,2 | -281,2 |

O PILAR É ESTÁVEL.

NÃO HÁ RUPTURA

x - x - x

Verificação de carga nas estacas:

Carga máxima = Terra + Bloco + Vento + Estrutura + Excentricidade + Laje de fundo do elevador;

$$\text{Terra (cunha de terra de } 30^\circ): \left[(2,8 \times 2,6 + 5,68 \times 5,48) \times \frac{2,5}{2} - 2,6 \times 2,8 \times 2,5 \right] \frac{1,8}{4} = 13,4 \text{ tf / estaca}$$

$$\text{Bloco: } \frac{2,5 \times 2,6 \times 2,8 \times 1}{4} = 4,55 \text{ tf / estaca}$$

$$\text{Vento: } \frac{42,62}{2 \times 1,6} = 13,32 \text{ tf / estaca}$$

$$\text{Estrutura: } \frac{56,375}{4} = 14,09 \text{ tf / estaca}$$

$$\text{Excentricidade: } \frac{(56,375 + 3 \times 1,65 \times 1,8)}{2 \times 1,6} = 3,825 \text{ tf / estaca}$$

$$\text{Sobrecarga na laje de fundo: } \frac{3 \times 1,65 \times 1,8}{4} = 2,23 \text{ tf / estaca}$$

CARGA MÁXIMA TOTAL = 51,415 tf/estaca

Carga mínima = Terra + Bloco - Vento + Estrutura - Excentricidade;

Terra = 13,4 tf/estaca; Bloco = 4,55 tf/estaca; Vento = -13,32 tf/estaca;

$$\text{Estrutura} = \frac{56,375 - 5 \times 2,1 \times 1,95}{4} = 8,975 \text{ tf / estaca ;}$$

$$\text{Excentricidade} = - \frac{35,9 \times 0,1875}{1,6 \times 2} = -2,1 \text{ tf / estaca}$$

CARGA MÍNIMA TOTAL = +11,5 tf/estaca.

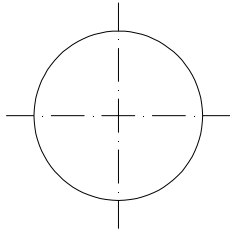
Ok! (não há tração nas estacas).

5.7. PILARES

AGRUPAMENTO DOS PILARES

AGRUPAMENTO 1

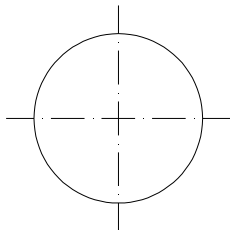
Seção Circular Ø60cm



P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 (7x)

AGRUPAMENTO 2

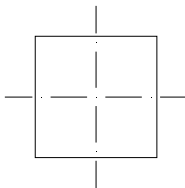
Seção Circular Ø50cm



P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14 (7x)

AGRUPAMENTO 3

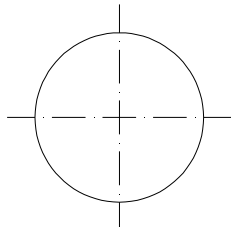
Seção 40x40cm



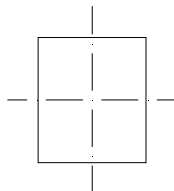
P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21 (7x)

AGRUPAMENTO 4

Trecho Térreo ao 1º Pav.
Seção Circular Ø50cm



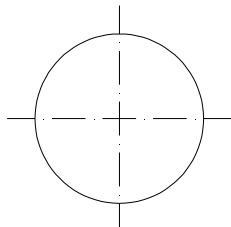
Trecho 1º Pav. ao 2º Pav.
Seção 35x40cm



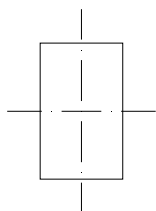
P22, P28 (2x)

AGRUPAMENTO 5

Trecho Térreo ao 1º Pav.
Seção Circular Ø50cm



Trecho 1º Pav. ao 2º Pav.
Seção 25x40cm



P23, P24, P25, P26, P27 (5x)



CARGAS CONCENTRADAS DEVIDO A COBERTURA METÁLICA

Pilares P1 a P7 (B1 a B7 no Projeto de Estrutura Metálica)

Pilares P8 a P14 (B14 a B20 no Projeto de Estrutura Metálica)

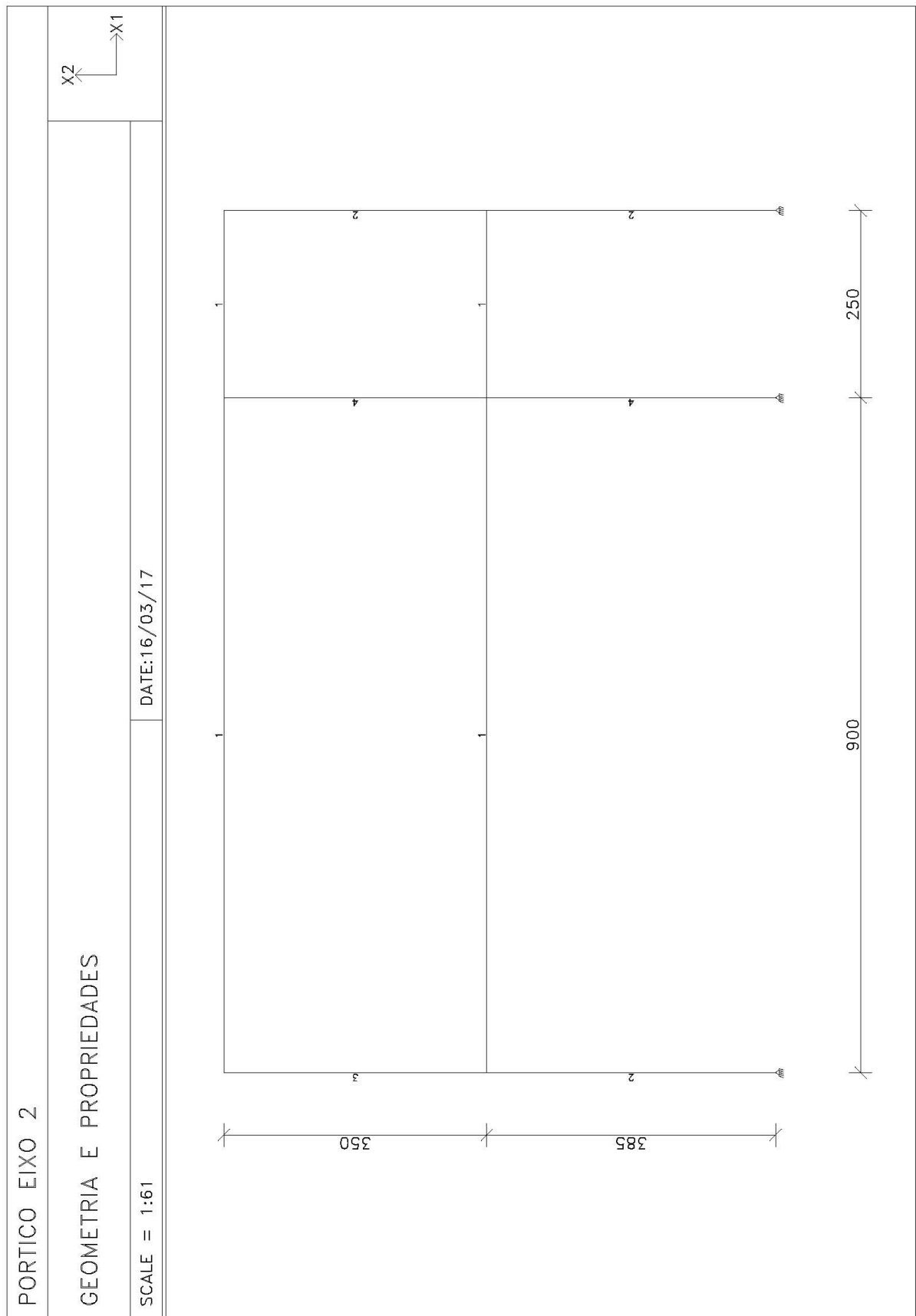
| CARGAS NAS BASES (tf,m) | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|
| BASES | CP | | SC | | CVx | | | CVy | |
| | Hy | V | Hy | V | Hx | Hy | V | Hy | V |
| B1 / B7 | 0,7 | 6,6 | 0,3 | 3,6 | - | -1,2 | -7,5 | -0,1 | -7,9 |
| B2 à B6 | 1,7 | 3,2 | 2,0 | 3,6 | - | -3,4 | -6,6 | -3,9 | -7,6 |
| B8 / B9 | 3,8 | - | 2,0 | - | ±1,1 | -3,2 | - | -4,8 | - |
| B14 / B20 | -1,8 | 4,6 | 0,2 | 2,7 | - | -0,7 | -6,2 | -3,7 | -5,3 |
| B15 à B19 | 0,5 | 3,4 | 0,3 | 3,5 | - | -0,5 | -6,7 | -1,1 | -6,9 |
| B21 / B27 | -2,6 | 2,1 | -2,5 | 1,8 | - | 4,9 | -3,7 | 5,3 | -3,9 |
| B22 à B26 | -2,2 | 1,9 | -2,2 | 1,7 | - | -3,9 | -3,2 | -4,7 | -3,6 |

Projeto de Estrutura Metálica – Desenho 01



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 131 |

MODELO DO PÓRTICO MAIS CRÍTICO (EIXO 2)





Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM

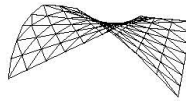
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017

Folha:
132

STRAP

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS



USA AGENT
ATIR
ENGINEERING SOFTWARE
3314 WEST RANCE TERRACE
CHICAGO, IL 60645-3831
PHONE: 847-677-1945
FAX: 847-677-3456
E-MAIL: strap@atir.com

Strap 12.5.00

*** For demonstration purposes only ***

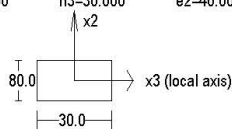
PORTICO EIXO 2
PROPRIEDADES
Prepared by:

Page: 1
Date: 16/03/17

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

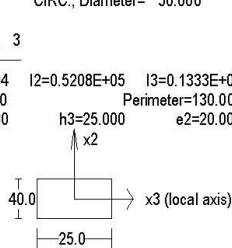
PROPERTY NO. 1

A=0.2400E+04 I2=0.1800E+06 I3=0.1280E+07 J=0.5502E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=220.000 SF3=0.850
h2=80.000 h3=30.000 e2=40.000 e3=15.000



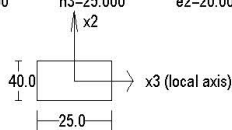
PROPERTY NO. 2

A=0.1963E+04 I2=0.3068E+06 I3=0.3068E+06 J=0.6136E+06 SF2=0.890
Material = 1 - C30 Perimeter=157.080 SF3=0.890
h2=50.000 h3=50.000 e2=25.000 e3=25.000
CIRC., Diameter= 50.000



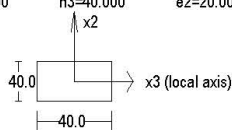
PROPERTY NO. 3

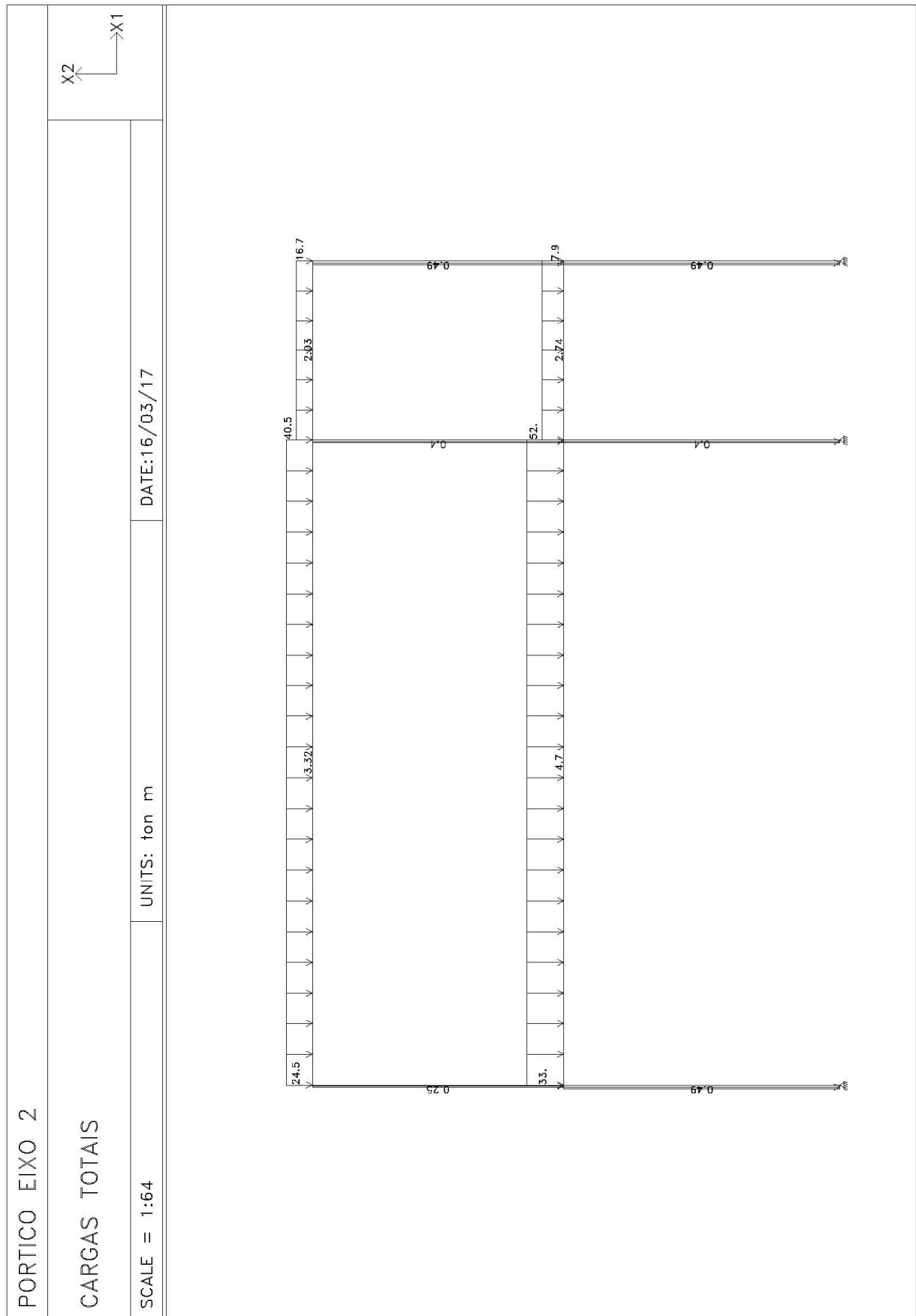
A=0.1000E+04 I2=0.5208E+05 I3=0.1333E+06 J=0.1273E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=130.000 SF3=0.850
h2=40.000 h3=25.000 e2=20.000 e3=12.500



PROPERTY NO. 4

A=0.1600E+04 I2=0.2133E+06 I3=0.2133E+06 J=0.3605E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=160.000 SF3=0.850
h2=40.000 h3=40.000 e2=20.000 e3=20.000



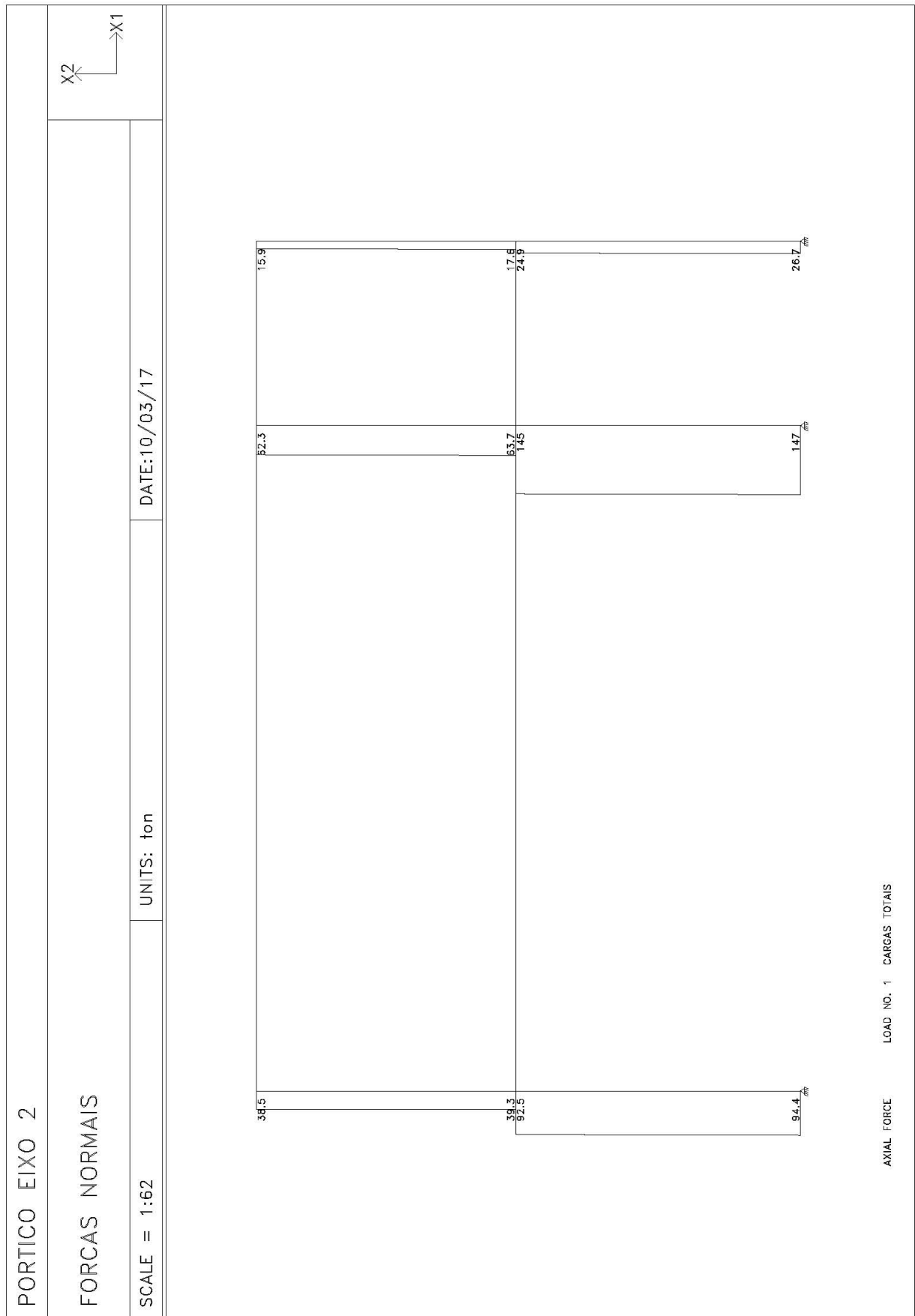


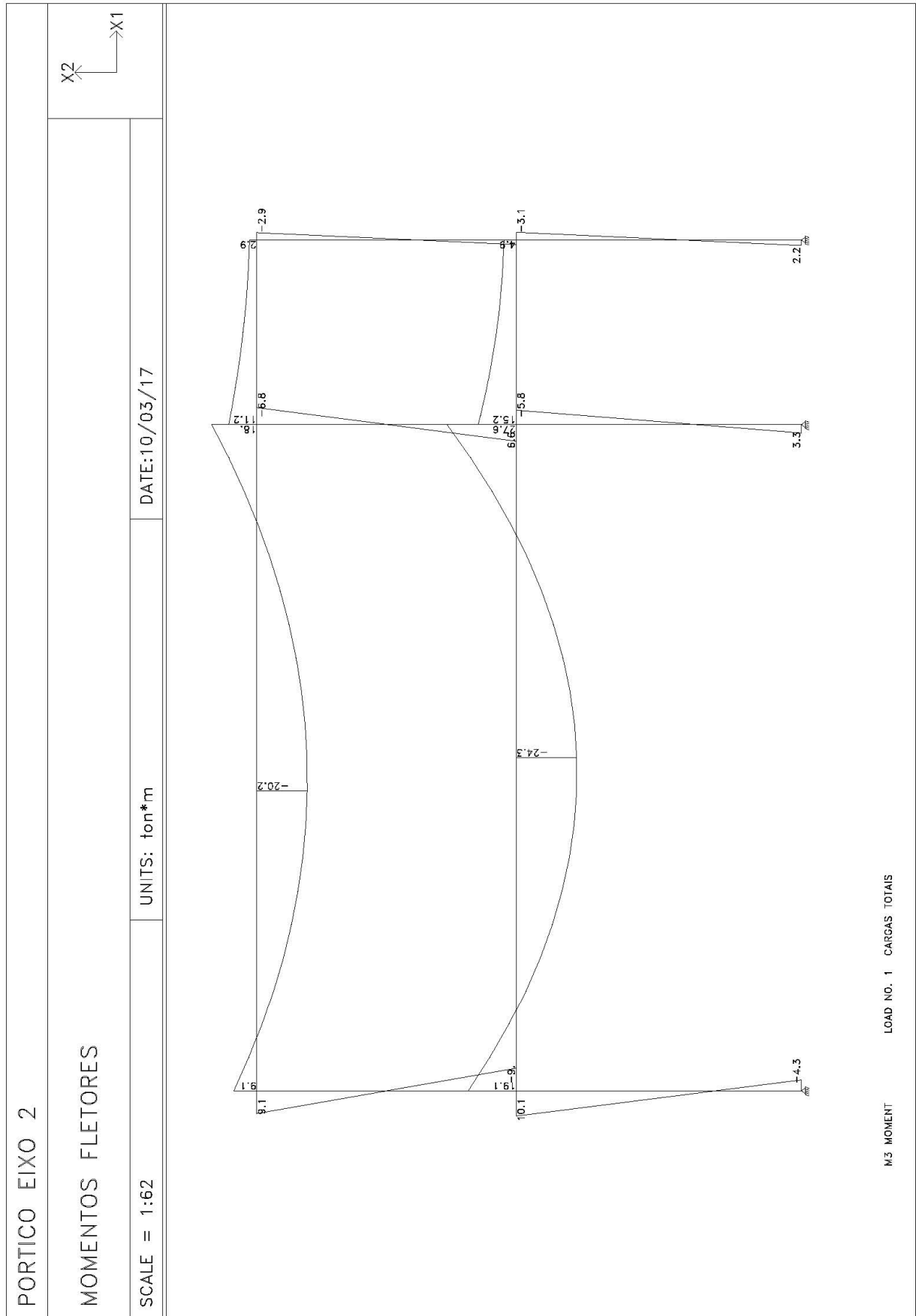


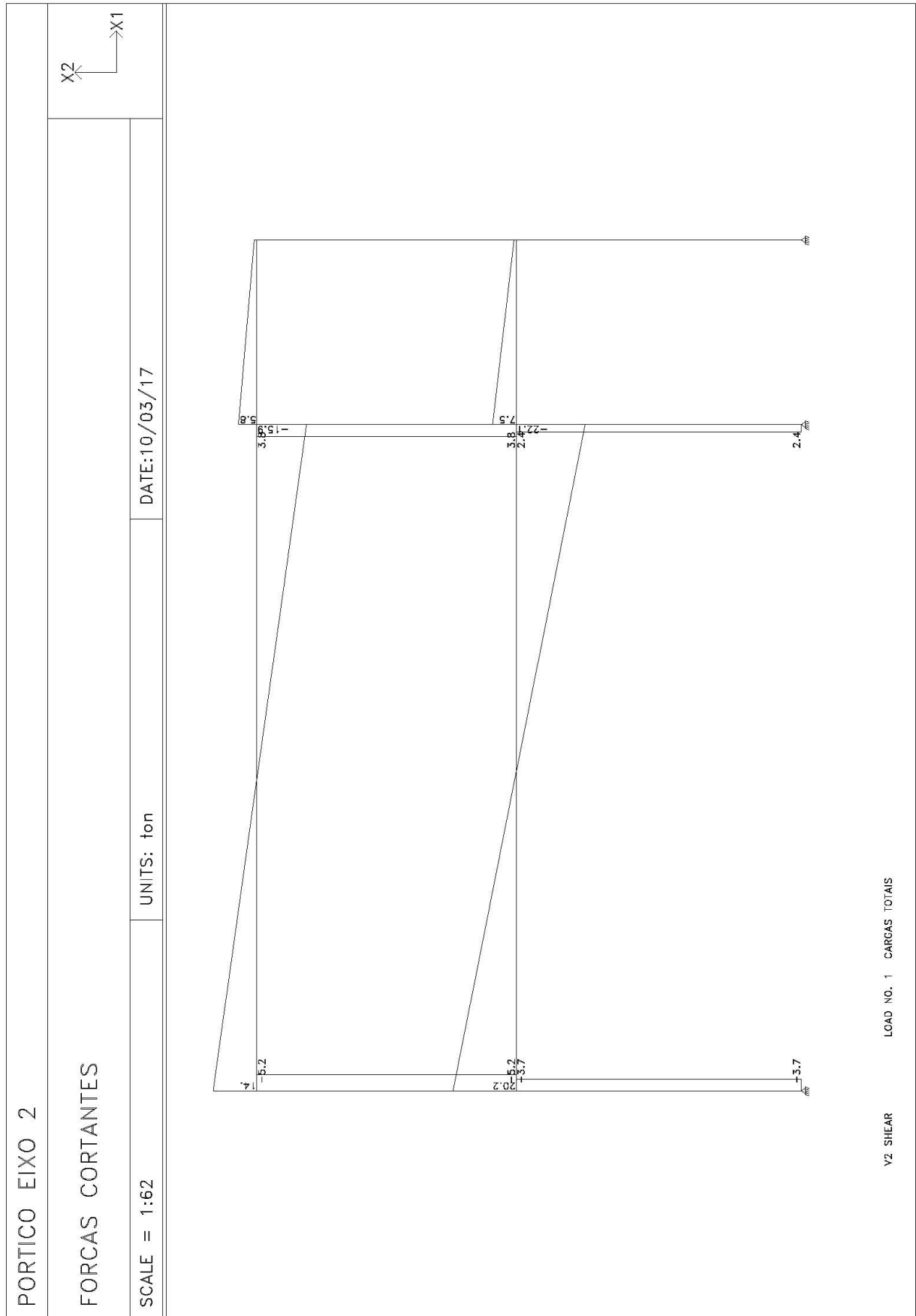
Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

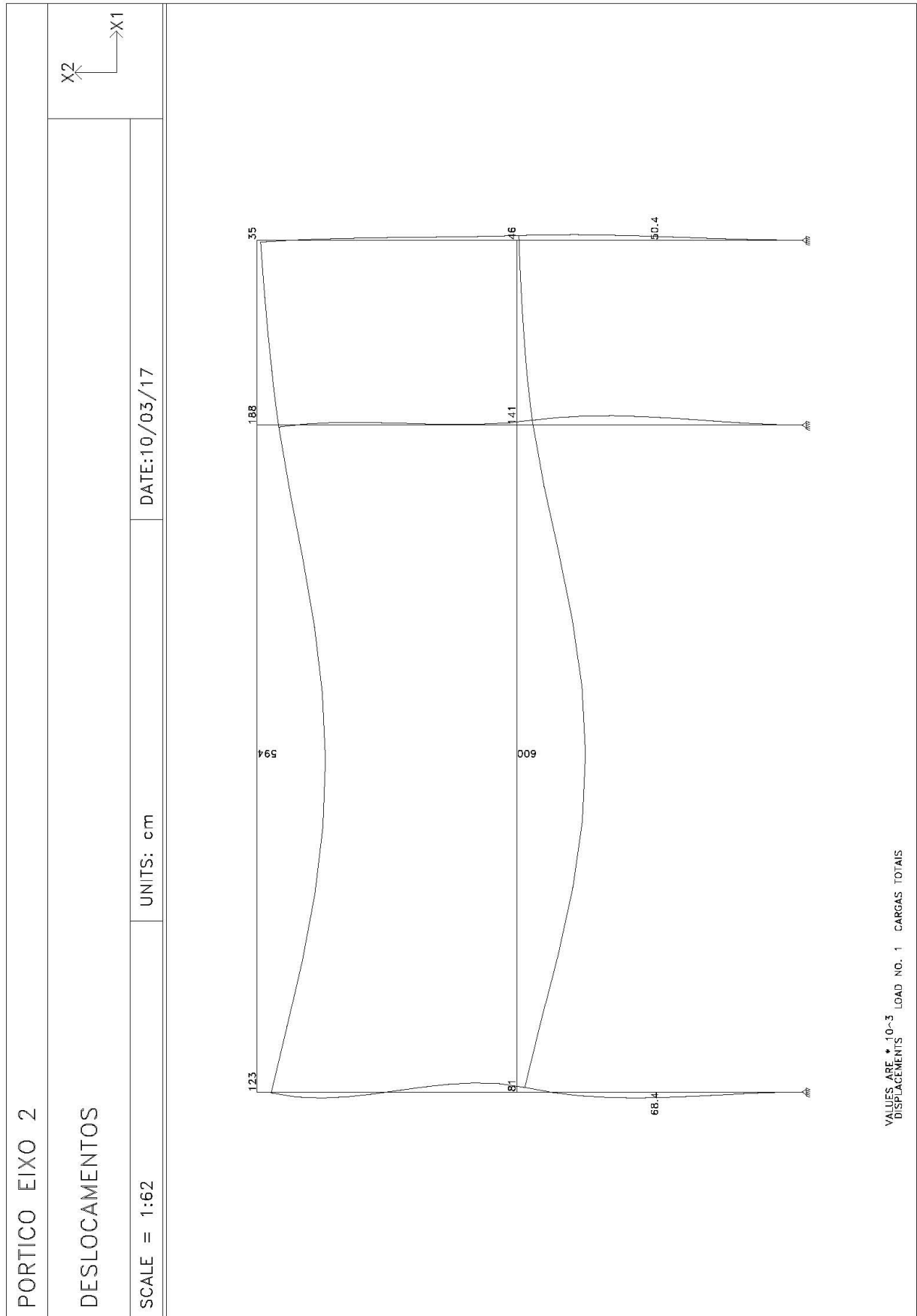
Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017
Folha:
134



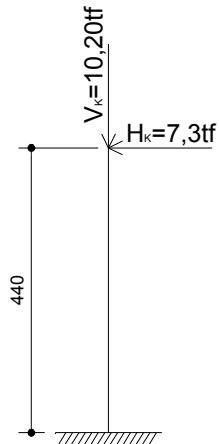




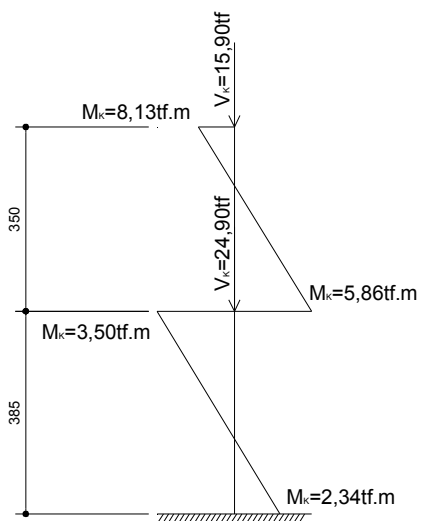


RESUMO DOS ESFORÇOS

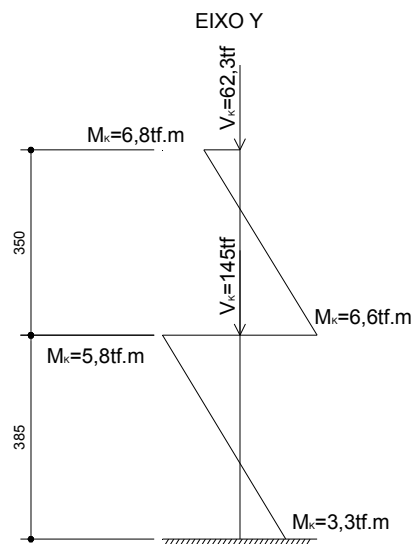
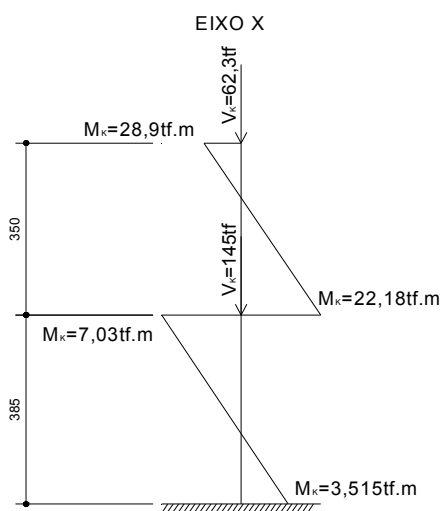
AGRUPAMENTO 1



AGRUPAMENTO 2

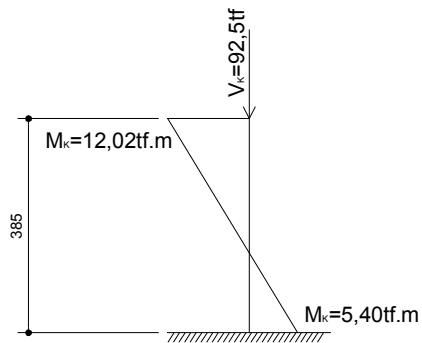


AGRUPAMENTO 3

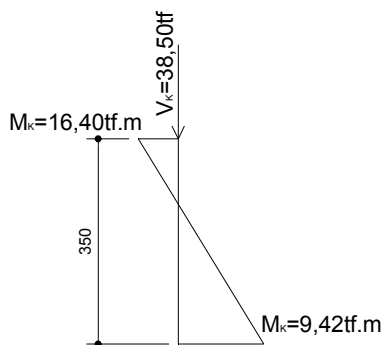


AGRUPAMENTO 4

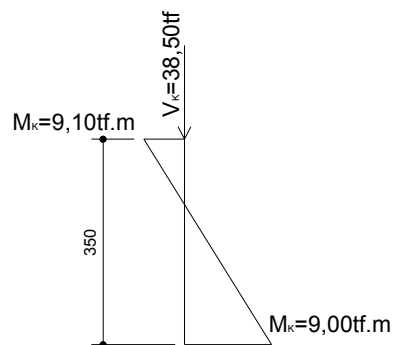
Trecho Térreo ao 1º Pav.
Seção Circular Ø50cm



Trecho 1º Pav. ao 2º Pav.
Seção 35x40cm
EIXO X

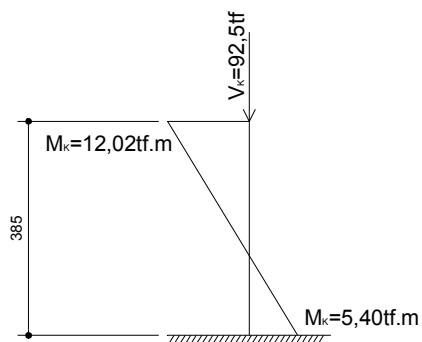


Trecho 1º Pav. ao 2º Pav.
Seção 35x40cm
EIXO Y

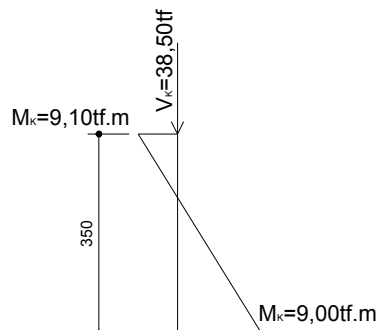


AGRUPAMENTO 5

Trecho Térreo ao 1º Pav.
Seção Circular Ø50cm



Trecho 1º Pav. ao 2º Pav.
Seção 25x40cm
EIXO Y





| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 140 |

DIMENSIONAMENTO DOS PILARES

Projeto estrutural: Universidade Federal do ABC

Peça estrutural: CC2 - Pilares P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa PilarD

VERIFICAÇÃO DE PILAR A FLEXÃO NORMAL COMPOSTA
Pilar engastado-livre Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO CIRCULAR

Diâmetro h da seção = 60,0 cm Distância d linha = 5,0 cm

Armadura distribuída - Bitola constante 16 barras de aço com área total = 80,00 cm²
Múltiplos eixos de simetria Área de uma só barra = 5,00 cm²

DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS:

$f_{ck} = 0,30$ tf/cm² $\gamma_{mC} = 1,40$
 $f_{yk} = 5,00$ tf/cm² $\gamma_{mS} = 1,15$
Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100$ tf/cm²

CARREGAMENTO

Valor de cálculo da força vertical aplicada no topo do pilar: 14 tf
Excentricidade dessa força = 3,15 m

DADOS SOBRE O PILAR:

Comprimento geométrico do pilar = $l_{zero} = 440$ cm
Comprimento equivalente do pilar = $l_{equiv} = 880$ cm
Índice de esbeltez = $\lambda = 59$
Taxa de armadura $\rho = 2,83$ % Taxa mecânica $\omega = 0,68$
Coeficiente η de fluência = 2,00
Tipo de imperfeição geométrica: Desvio de prumo
Relação $N_{Sg}/N_{Sk} = 0,90$
Número de trechos em que o pilar foi dividido = 10
As seções do pilar são numeradas de baixo para cima, de zero a n_{div} (n. de divisões)

RESULTADOS:

Força normal resistente máxima (sem momento): 851,0 tf
Reação vertical na base do pilar = $F_{d0} = 18,6$ tf
Reação horizontal na base do pilar = $R_{h0} = 0,0$ tf
Momento fletor no engastamento da base do pilar = $M_{d0} = 46,6$ tf.m
Fator majorador de momento de 1. ordem, devido à fluência: Fator = 1,01

Flechas sucessivas na iteração, em cm:

5,08 5,17 5,17

DEFORMADA FINAL (cm):
Ordenada

$y_{dj}(10) = 5,17$
 $y_{dj}(9) = 4,18$
 $y_{dj}(8) = 3,30$
 $y_{dj}(7) = 2,53$
 $y_{dj}(6) = 1,85$
 $y_{dj}(5) = 1,28$
 $y_{dj}(4) = 0,82$
 $y_{dj}(3) = 0,45$
 $y_{dj}(2) = 0,19$
 $y_{dj}(1) = 0,04$
 $y_{dj}(0) = 0,00$

SOLICITAÇÕES FINAIS (tf e m)

| Sec | M1d | M2d | Md | NSd | MRd | MRdInv |
|-----|------|-----|------|-----|------|--------|
| 10 | 45,4 | 0,0 | 45,4 | 14 | 70,2 | -70,2 |
| 9 | 45,4 | 0,2 | 45,6 | 15 | 70,2 | -70,2 |
| 8 | 45,5 | 0,3 | 45,8 | 15 | 70,3 | -70,3 |
| 7 | 45,5 | 0,4 | 45,9 | 16 | 70,3 | -70,3 |
| 6 | 45,5 | 0,5 | 46,1 | 16 | 70,4 | -70,4 |
| 5 | 45,6 | 0,6 | 46,2 | 16 | 70,4 | -70,4 |
| 4 | 45,6 | 0,7 | 46,3 | 17 | 70,4 | -70,4 |
| 3 | 45,6 | 0,8 | 46,4 | 17 | 70,5 | -70,5 |
| 2 | 45,7 | 0,8 | 46,5 | 18 | 70,5 | -70,5 |
| 1 | 45,7 | 0,9 | 46,6 | 18 | 70,6 | -70,6 |
| 0 | 45,7 | 0,9 | 46,6 | 19 | 70,6 | -70,6 |

O PILAR É ESTÁVEL.

NÃO HÁ RUPTURA

x - x - x



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 142 |

Projeto da estrutura: Universidade Federal do ABC

Peça: CC2 - PILARES P8 A P14 (TRECHO 1PAV A 2PAV)

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa PilarA

VERIFICAÇÃO DE PILAR A FLEXÃO NORMAL COMPOSTA

Pilar biarticulado com momentos aplicados nas extremidades - Seções usuais

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO CIRCULAR

Diâmetro h da seção = 50,0 cm

Distância d linha = 5,0 cm

Armadura distribuída - Bitola constante 8 barras de aço com área total = 16,00 cm²
Múltiplos eixos de simetria Área de uma só barra = 2,00 cm²

DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mC} = 1,40$

$f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

CARREGAMENTO

Valor de cálculo da força vertical aplicada no topo do pilar: 22 tf

Momento aplicado na extremidade superior = 11,4 tf.m

Momento aplicado na extremidade inferior = -8,2 tf.m

DADOS SOBRE O PILAR:

Vão teórico do pilar = 350 cm

Índice de esbeltez = $\lambda = 28$

Taxa de armadura $\rho = 0,81 \%$ Taxa mecânica $\omega = 0,19$

Coefficiente f_i de fluência = 2,00

Tipo de imperfeição geométrica: Desvio de prumo

Relação $N_{Sg}/N_{Sk} = 0,90$

Número de trechos em que o pilar foi dividido = 10

As seções do pilar são numeradas de baixo para cima, de zero a n_{div} (n. de divisões)

RESULTADOS:

Força normal resistente máxima (sem momento): 424,8 tf

Reação vertical na base do pilar = $F_{d0} = 24,67 \text{ tf}$

Reação horizontal na base do pilar = $R_{Zero} = 5,71 \text{ tf}$

Reação horizontal no topo do pilar = $R_n = -5,71 \text{ tf}$

Fator majorador de momento de 1. ordem, devido à fluência: Fator = 1,00

Flechas sucessivas na iteração, em cm: 0,15 0,15

DEFORMADA FINAL (cm):

$y_{dj}(10) = 0,00$

$y_{dj}(9) = 0,10$

$y_{dj}(8) = 0,14$

$y_{dj}(7) = 0,15$

$y_{dj}(6) = 0,13$

$y_{dj}(5) = 0,09$

$y_{dj}(4) = 0,06$

$y_{dj}(3) = 0,03$



$$\begin{aligned} y_{dj}(2) &= 0,00 \\ y_{dj}(1) &= -0,02 \\ y_{dj}(0) &= 0,00 \end{aligned}$$

SOLICITAÇÕES FINAIS (tf e m)

| Seção | M1d | M2d | Md | NSd | MRd | MRdInv |
|-------|------|-----|------|-----|------|--------|
| 10 | 11,4 | 0,0 | 11,4 | 22 | 16,4 | -16,4 |
| 9 | 9,5 | 0,0 | 9,5 | 23 | 16,5 | -16,5 |
| 8 | 7,5 | 0,0 | 7,5 | 23 | 16,5 | -16,5 |
| 7 | 5,5 | 0,0 | 5,6 | 23 | 16,5 | -16,5 |
| 6 | 3,6 | 0,0 | 3,6 | 23 | 16,6 | -16,6 |
| 5 | 1,6 | 0,0 | 1,6 | 23 | 16,6 | -16,6 |
| 4 | -0,7 | 0,0 | -0,7 | 24 | 16,6 | -16,6 |
| 3 | -2,3 | 0,0 | -2,3 | 24 | 16,7 | -16,7 |
| 2 | -4,3 | 0,0 | -4,3 | 24 | 16,7 | -16,7 |
| 1 | -6,3 | 0,0 | -6,3 | 24 | 16,7 | -16,7 |
| 0 | -8,2 | 0,0 | -8,2 | 25 | 16,8 | -16,8 |

O PILAR É ESTÁVEL.

NÃO HÁ RUPTURA

X - X - X



Projeto da estrutura: Universidade Federal do ABC

Peça: CC2 - PILARES P8 A P14 (TRECHO TERREO A 1PAV)

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa PilarA

VERIFICAÇÃO DE PILAR A FLEXÃO NORMAL COMPOSTA

Pilar biarticulado com momentos aplicados nas extremidades - Seções usuais

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO CIRCULAR

Diâmetro h da seção = 50,0 cm

Distância d linha = 5,0 cm

Armadura distribuída - Bitola constante 8 barras de aço com área total = 16,00 cm²
Múltiplos eixos de simetria Área de uma só barra = 2,00 cm²

DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mC} = 1,40$

$f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

CARREGAMENTO

Valor de cálculo da força vertical aplicada no topo do pilar: 35 tf

Momento aplicado na extremidade superior = 4,9 tf.m

Momento aplicado na extremidade inferior = -3,3 tf.m

DADOS SOBRE O PILAR:

Vão teórico do pilar = 385 cm

Índice de esbeltez = $\lambda = 31$

Taxa de armadura $\rho = 0,81 \%$ Taxa mecânica $\omega = 0,19$

Coefficiente f_i de fluência = 2,00

Tipo de imperfeição geométrica: Desvio de prumo

Relação $N_{Sg}/N_{Sk} = 0,90$

Número de trechos em que o pilar foi dividido = 10

As seções do pilar são numeradas de baixo para cima, de zero a n_{div} (n. de divisões)

RESULTADOS:

Força normal resistente máxima (sem momento): 424,8 tf

Reação vertical na base do pilar = $F_{d0} = 37,51 \text{ tf}$

Reação horizontal na base do pilar = $R_{Zero} = 2,30 \text{ tf}$

Reação horizontal no topo do pilar = $R_n = -2,30 \text{ tf}$

Fator majorador de momento de 1. ordem, devido à fluência: Fator = 1,01

Flechas sucessivas na iteração, em cm: 0,03 0,03

DEFORMADA FINAL (cm):

$y_{dj}(10) = 0,00$

$y_{dj}(9) = 0,02$

$y_{dj}(8) = 0,03$

$y_{dj}(7) = 0,03$

$y_{dj}(6) = 0,02$

$y_{dj}(5) = 0,02$

$y_{dj}(4) = 0,01$

$y_{dj}(3) = 0,00$



$y_{dj}(2) = 0,00$
 $y_{dj}(1) = 0,00$
 $y_{dj}(0) = 0,00$

SOLICITAÇÕES FINAIS (tf e m)

| Seção | M1d | M2d | Md | NSd | MRd | MRdInv |
|-------|------|-----|------|-----|------|--------|
| 10 | 4,9 | 0,0 | 4,9 | 35 | 18,2 | -18,2 |
| 9 | 4,1 | 0,0 | 4,1 | 35 | 18,2 | -18,2 |
| 8 | 3,3 | 0,0 | 3,3 | 35 | 18,2 | -18,2 |
| 7 | 2,5 | 0,0 | 2,5 | 36 | 18,3 | -18,3 |
| 6 | 1,6 | 0,0 | 1,6 | 36 | 18,3 | -18,3 |
| 5 | 1,1 | 0,0 | 1,1 | 36 | 18,3 | -18,3 |
| 4 | -1,1 | 0,0 | -1,1 | 36 | 18,4 | -18,4 |
| 3 | -1,1 | 0,0 | -1,1 | 37 | 18,4 | -18,4 |
| 2 | -1,7 | 0,0 | -1,7 | 37 | 18,4 | -18,4 |
| 1 | -2,5 | 0,0 | -2,5 | 37 | 18,5 | -18,5 |
| 0 | -3,3 | 0,0 | -3,3 | 38 | 18,5 | -18,5 |

O PILAR É ESTÁVEL.

NÃO HÁ RUPTURA

X - X - X

Projeto estrutural: Universidade Federal do ABC

Peça estrutural: CC2 - PILARES P15 A P21

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa DimRo

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - DIMENSIONAMENTO

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO QUADRADA

Largura b da seção = 40,0 cm
Altura total h da seção = 40,0 cm
Distância d linha = 5,0 cm

Armadura distribuída com dupla simetria
Bitola constante Espaçamento vertical uniforme

Número de barras da camada 1 = 4
Número de barras da camada 2 = 2
Número de barras da camada 3 = 2
Número de barras da camada 4 = 4

Características dos materiais:
 $f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mC} = 1,40$
 $f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

Esforços solicitantes de cálculo:
 $N_d = 87,2 \text{ tf}$ $M_d = 40,5 \text{ tf.m}$

RESULTADOS:

Área necessária de cada barra = 4,84 cm²

Armadura total necessária = $A_{stot} = 58,05 \text{ cm}^2$

Braço de alavanca $z = 25,6 \text{ cm}$

X - X - X

Projeto da estrutura: Universidade Federal do ABC

Peça: CC2 - PILARES P15 A P21 (TRECHO 1PAV A 2PAV)

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa PilarA

VERIFICAÇÃO DE PILAR A FLEXÃO NORMAL COMPOSTA

Pilar biarticulado com momentos aplicados nas extremidades - Seções usuais

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO QUADRADA

Largura b da seção = 40,0 cm
Distância d linha = 5,0 cm

Altura total h da seção = 40,0 cm

Armadura distribuída - Bitola constante 12 barras de aço com área total = 60,00 cm²
Duplo eixo de simetria Área de uma só barra = 5,00 cm²

Número de camadas de barras de aço = $n_{\text{linha}} = 4$
Número de barras de aço da primeira camada = 4

DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{ac} = 1,40$
 $f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{as} = 1,15$
Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

CARREGAMENTO

Valor de cálculo da força vertical aplicada no topo do pilar: 87 tf
Momento aplicado na extremidade superior = 40,5 tf.m
Momento aplicado na extremidade inferior = -31,1 tf.m

DADOS SOBRE O PILAR:

Vão teórico do pilar = 350 cm
Índice de esbeltez = $\lambda = 30$
Taxa de armadura $\rho = 3,75 \%$ Taxa mecânica $\omega = 0,90$
Coeficiente ϕ de fluência = 2,00
Tipo de imperfeição geométrica: Desvio de prumo
Relação $N_{Sg}/N_{Sk} = 0,90$
Número de trechos em que o pilar foi dividido = 10
As seções do pilar são numeradas de baixo para cima, de zero a n_{div} (n. de divisões)

RESULTADOS:

Força normal resistente máxima (sem momento): 543,4 tf
Reação vertical na base do pilar = $F_{d0} = 89,18 \text{ tf}$
Reação horizontal na base do pilar = $R_{\text{Zero}} = 20,87 \text{ tf}$
Reação horizontal no topo do pilar = $R_n = -20,87 \text{ tf}$
Fator majorador de momento de 1. ordem, devido à fluência: Fator = 1,02
Flechas sucessivas na iteração, em cm: 0,32 0,33

DEFORMADA FINAL (cm):

$y_{dj}(10) = 0,00$
 $y_{dj}(9) = 0,22$
 $y_{dj}(8) = 0,32$
 $y_{dj}(7) = 0,33$
 $y_{dj}(6) = 0,28$

ydj(5) = 0,19
ydj(4) = 0,10
ydj(3) = 0,02
ydj(2) = -0,05
ydj(1) = -0,06
ydj(0) = 0,00

SOLICITAÇÕES FINAIS (tf e m)

| Seção | M1d | M2d | Md | NSd | MRd | MRdInv |
|-------|-------|------|-------|-----|------|--------|
| 10 | 41,3 | 0,0 | 41,3 | 87 | 41,4 | -41,4 |
| 9 | 34,0 | 0,2 | 34,2 | 87 | 41,4 | -41,4 |
| 8 | 26,7 | 0,3 | 27,0 | 88 | 41,4 | -41,4 |
| 7 | 19,4 | 0,3 | 19,7 | 88 | 41,4 | -41,4 |
| 6 | 12,1 | 0,3 | 12,4 | 88 | 41,4 | -41,4 |
| 5 | 4,8 | 0,2 | 5,0 | 88 | 41,4 | -41,4 |
| 4 | -2,5 | 0,1 | -2,4 | 88 | 41,4 | -41,4 |
| 3 | -9,8 | 0,0 | -9,8 | 89 | 41,4 | -41,4 |
| 2 | -17,1 | 0,0 | -17,2 | 89 | 41,4 | -41,4 |
| 1 | -24,4 | -0,1 | -24,5 | 89 | 41,4 | -41,4 |
| 0 | -31,7 | 0,0 | -31,7 | 89 | 41,4 | -41,4 |

O PILAR É ESTÁVEL.

NÃO HÁ RUPTURA

X - X - X

Projeto da estrutura: Universidade Federal do ABC

Peça: CC2 - PILARES P15 A P21

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa PilarA

VERIFICAÇÃO DE PILAR A FLEXÃO NORMAL COMPOSTA

Pilar biarticulado com momentos aplicados nas extremidades - Seções usuais

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO QUADRADA

Largura b da seção = 40,0 cm
Distância d linha = 5,0 cm

Altura total h da seção = 40,0 cm

Armadura distribuída - Bitola constante 12 barras de aço com área total = 60,00 cm²
Duplo eixo de simetria Área de uma só barra = 5,00 cm²

Número de camadas de barras de aço = $n_{\text{linha}} = 4$
Número de barras de aço da primeira camada = 4

DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{maC} = 1,40$
 $f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{maS} = 1,15$
Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

CARREGAMENTO

Valor de cálculo da força vertical aplicada no topo do pilar: 203 tf
Momento aplicado na extremidade superior = 9,8 tf.m
Momento aplicado na extremidade inferior = -4,9 tf.m

DADOS SOBRE O PILAR:

Vão teórico do pilar = 385 cm
Índice de esbeltez = $\lambda = 33$
Taxa de armadura $\rho = 3,75 \%$ Taxa mecânica $\omega = 0,90$
Coeficiente ϕ de fluência = 2,00
Tipo de imperfeição geométrica: Desvio de prumo
Relação $NS_g/NS_k = 0,90$
Número de trechos em que o pilar foi dividido = 10
As seções do pilar são numeradas de baixo para cima, de zero a n_{div} (n. de divisões)

RESULTADOS:

Força normal resistente máxima (sem momento): 543,4 tf
Reação vertical na base do pilar = $F_{d0} = 205,16 \text{ tf}$
Reação horizontal na base do pilar = $R_{\text{Zero}} = 4,85 \text{ tf}$
Reação horizontal no topo do pilar = $R_n = -4,85 \text{ tf}$
Fator majorador de momento de 1. ordem, devido à fluência: Fator = 1,06
Flechas sucessivas na iteração, em cm: 0,11 0,11

DEFORMADA FINAL (cm):

$y_{dj}(10) = 0,00$
 $y_{dj}(9) = 0,06$
 $y_{dj}(8) = 0,09$
 $y_{dj}(7) = 0,11$
 $y_{dj}(6) = 0,11$

ydj(5) = 0,10
ydj(4) = 0,08
ydj(3) = 0,04
ydj(2) = 0,01
ydj(1) = 0,00
ydj(0) = 0,00

SOLICITAÇÕES FINAIS (tf e m)

| Seção | M1d | M2d | Md | NSd | MRd | MRdInv |
|-------|------|-----|------|-----|------|--------|
| 10 | 10,5 | 0,0 | 10,5 | 203 | 37,6 | -37,6 |
| 9 | 8,9 | 0,1 | 9,0 | 203 | 37,6 | -37,6 |
| 8 | 7,3 | 0,2 | 7,5 | 203 | 37,6 | -37,6 |
| 7 | 5,8 | 0,2 | 6,0 | 204 | 37,6 | -37,6 |
| 6 | 5,5 | 0,3 | 5,8 | 204 | 37,6 | -37,6 |
| 5 | 5,5 | 0,2 | 5,7 | 204 | 37,6 | -37,6 |
| 4 | 5,5 | 0,2 | 5,7 | 204 | 37,5 | -37,5 |
| 3 | -5,5 | 0,1 | -5,4 | 205 | 37,5 | -37,5 |
| 2 | -5,5 | 0,0 | -5,5 | 205 | 37,5 | -37,5 |
| 1 | -5,5 | 0,0 | -5,5 | 205 | 37,5 | -37,5 |
| 0 | -5,5 | 0,0 | -5,5 | 205 | 37,5 | -37,5 |

O PILAR É ESTÁVEL.

NÃO HÁ RUPTURA

X - X - X

Projeto estrutural: Universidade Federal do ABC

Peça estrutural: CC2 - PILARES P22 e P28

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa VeriFOC

FLEXÃO OBLÍQUA COMPOSTA - VERIFICAÇÃO

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO RETANGULAR

Largura b da seção = 35,0 cm
Altura total h da seção = 40,0 cm
Distância d linha = 5,0 cm

Bitola constante - Duplo eixo de simetria

10 barras de aço com área total = $A_{stot} = 50,00 \text{ cm}^2$
Área de uma só barra de aço = $A_{sunit} = 5,00 \text{ cm}^2$

Coordenadas dos vértices da seção:

(0,00 0,00) (35,00 0,00) (35,00 40,00) (0,00 40,00)

Coordenadas dos centros das barras de aço:

(5,00 5,00) (17,50 5,00) (30,00 5,00) (5,00 15,00) (30,00 15,00)
(5,00 25,00) (30,00 25,00) (5,00 35,00) (17,50 35,00) (30,00 35,00)

Dados relativos aos materiais:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{aC} = 1,40$
 $f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{aS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

Objetivo: Dado o terno de esforços de cálculo N_d, M_{dx}, M_{dy} , verificar se há ruptura.

DADOS:

$N_d = 53,9 \text{ tf}$ ($N_{dmax} = 465 \text{ tf}$)
 $M_{dx} = 23,0 \text{ tf.m}$
 $M_{dy} = 12,7 \text{ tf.m}$

RESULTADOS:

$\alpha_{fR} = 1,067 = 61,14 \text{ graus}$
 $M_{Rdx} = 22,9 \text{ tf.m}$ $M_{Rdy} = 13,9 \text{ tf.m}$
Ruptura: NÃO



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 152 |

Projeto estrutural: Universidade Federal do ABC

Peça estrutural: CC2 - PILARES P22 e P28

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa PilarC

VERIFICAÇÃO DE PILAR A FLEXÃO OBLÍQUA COMPOSTA
Pilar biarticulado com momentos aplicados nas extremidades.
Norma: NBR 6118/2007

TipoSeçãoRetangular

Número de vértices da poligonal da seção = $n_v = 4$
Número total de barras de aço = $n_{tot} = 10$
Bitola constante - Duplo eixo de simetria

10 barras de aço com área total = $A_{tot} = 50,00 \text{ cm}^2$
Área de uma só barra de aço = $A_{unit} = 5,00 \text{ cm}^2$

Coordenadas dos vértices da seção:

(0,00 0,00) (35,00 0,00) (35,00 40,00) (0,00 40,00)

Coordenadas dos centros das barras de aço:

(5,00 5,00) (17,50 5,00) (30,00 5,00) (5,00 15,00) (30,00 15,00)
(5,00 25,00) (30,00 25,00) (5,00 35,00) (17,50 35,00) (30,00 35,00)

DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{maC} = 1,40$
 $f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{maS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

CARREGAMENTO

Força normal aplicada no topo do pilar = $F_{dn} = 53,9 \text{ tf}$
Momento fletor aplicado no topo do pilar, na dir.x = $M_{1dxn} = 23,0 \text{ tf.m}$
Momento fletor aplicado no topo do pilar, na dir.y = $M_{1dyn} = 12,7 \text{ tf.m}$
Momento fletor aplicado na base do pilar, na dir.x = $M_{1dx0} = -13,2 \text{ tf.m}$
Momento fletor aplicado na base do pilar, na dir.y = $M_{1dy0} = -12,6 \text{ tf.m}$

DADOS SOBRE O PILAR

Vão teórico do pilar = 350 cm
Índice de esbeltez $\lambda = 35$
Taxa geométrica de armadura $\rho = 3,57 \%$ Taxa mecânica de armadura $\omega = 0,85$
Fator devido à fluência na direção x = 1,02
Fator devido à fluência na direção y = 1,02
Tipo de imperfeição geométrica: Desvio de prumo
Relação $N_{Sg}/N_{Sk} = 0,90$
Número de trechos em que o pilar foi dividido = 10
As seções do pilar são numeradas de baixo para cima, de zero a n_{div} (n. de divisões)

RESULTADOS

Força normal resistente máxima (sem momento): 465,0 tf
 Reação vertical na base do pilar = $F_{d0} = 55,62$ tf
 Reação horizontal na base do pilar, na direção x = 10,57 tf
 Reação horizontal na base do pilar, na direção y = 7,37 tf
 Reação horizontal no topo do pilar, na direção x = -10,57 tf
 Reação horizontal no topo do pilar, na direção y = -7,37 tf

Deformada final (cm)

| | | | | |
|-------------|------|-------------|-------|-------------|
| wdx(10) = | 0,00 | wdy(10) = | 0,00 | |
| wdx(9) = | 0,22 | wdy(9) = | 0,07 | 198,4 graus |
| wdx(8) = | 0,34 | wdy(8) = | 0,10 | 196,7 graus |
| wdx(7) = | 0,37 | wdy(7) = | 0,10 | 194,4 graus |
| wdx(6) = | 0,35 | wdy(6) = | 0,07 | 191,2 graus |
| wdx(5) = | 0,29 | wdy(5) = | 0,03 | 186,5 graus |
| wdx(4) = | 0,21 | wdy(4) = | 0,00 | 178,9 graus |
| wdx(3) = | 0,13 | wdy(3) = | -0,03 | 164,4 graus |
| wdx(2) = | 0,05 | wdy(2) = | -0,05 | 133,7 graus |
| wdx(1) = | 0,00 | wdy(1) = | -0,05 | 92,6 graus |
| wdx(0) = | 0,00 | wdy(0) = | 0,00 | |

Flechas sucessivas (cm)

0,38 194,5 graus
 0,38 194,4 graus

Solicitações Finais e Esforços Resistentes (tf e m)

| Sec | M1dx | M2dx | Mdx | M1dy | M2dy | Mdy | NSd | MRdx | MRyTraço | MRyTraço | MRdy |
|-----|-------|------|-------|-------|------|-------|-----|-------|----------|----------|------|
| 10 | 23,4 | 0,0 | 23,4 | 12,9 | 0,0 | 12,9 | 54 | 23,4 | **** | | 13,4 |
| 9 | 19,7 | 0,1 | 19,9 | 10,4 | 0,0 | 10,4 | 54 | 19,9 | 11,9 | **** | |
| 8 | 16,0 | 0,2 | 16,2 | 7,8 | 0,1 | 7,8 | 54 | 16,2 | 15,8 | **** | |
| 7 | 12,4 | 0,2 | 12,6 | 5,2 | 0,1 | 5,3 | 54 | 12,6 | 19,6 | **** | |
| 6 | 8,7 | 0,2 | 8,9 | 2,6 | 0,0 | 2,7 | 55 | 8,9 | 23,6 | **** | |
| 5 | 5,0 | 0,2 | 5,1 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 55 | 5,1 | 27,5 | **** | |
| 4 | 1,3 | 0,1 | 1,4 | -2,5 | 0,0 | -2,5 | 55 | 1,4 | 31,5 | **** | |
| 3 | -2,4 | 0,1 | -2,3 | -5,1 | 0,0 | -5,1 | 55 | -2,3 | 30,5 | **** | |
| 2 | -6,1 | 0,0 | -6,1 | -7,7 | 0,0 | -7,7 | 55 | -6,1 | 26,6 | **** | |
| 1 | -9,8 | 0,0 | -9,8 | -10,2 | 0,0 | -10,3 | 55 | -9,8 | 22,6 | **** | |
| 0 | -13,5 | 0,0 | -13,5 | -12,8 | 0,0 | -12,8 | 56 | -13,5 | 18,7 | **** | |

NÃO HÁ RUPTURA

O PILAR É ESTÁVEL

X - X - X

Projeto da estrutura: Universidade Federal do ABC

Peça: CC2 - PILARES P22 e P28

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa PilarA

VERIFICAÇÃO DE PILAR A FLEXÃO NORMAL COMPOSTA

Pilar biarticulado com momentos aplicados nas extremidades - Seções usuais

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO CIRCULAR

Diâmetro h da seção = 50,0 cm

Distância d linha = 5,0 cm

Armadura distribuída - Bitola constante 10 barras de aço com área total = 50,00 cm²
Múltiplos eixos de simetria Área de uma só barra = 5,00 cm²

DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mC} = 1,40$

$f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

CARREGAMENTO

Valor de cálculo da força vertical aplicada no topo do pilar: 130 tf

Momento aplicado na extremidade superior = 16,8 tf.m

Momento aplicado na extremidade inferior = -7,6 tf.m

DADOS SOBRE O PILAR:

Vão teórico do pilar = 385 cm

Índice de esbeltez = $\lambda = 31$

Taxa de armadura $\rho = 2,55 \%$ Taxa mecânica $\omega = 0,61$

Coefficiente f_i de fluência = 2,00

Tipo de imperfeição geométrica: Desvio de prumo

Relação $N_{Sg}/N_{Sk} = 0,90$

Número de trechos em que o pilar foi dividido = 10

As seções do pilar são numeradas de baixo para cima, de zero a n_{div} (n. de divisões)

RESULTADOS:

Força normal resistente máxima (sem momento): 567,6 tf

Reação vertical na base do pilar = $F_{d0} = 132,15 \text{ tf}$

Reação horizontal na base do pilar = $R_{Zero} = 6,99 \text{ tf}$

Reação horizontal no topo do pilar = $R_n = -6,99 \text{ tf}$

Fator majorador de momento de 1. ordem, devido à fluência: Fator = 1,03

Flechas sucessivas na iteração, em cm: 0,12 0,12

DEFORMADA FINAL (cm):

$y_{dj}(10) = 0,00$

$y_{dj}(9) = 0,07$

$y_{dj}(8) = 0,11$

$y_{dj}(7) = 0,12$

$y_{dj}(6) = 0,12$

$y_{dj}(5) = 0,11$

$y_{dj}(4) = 0,08$

$y_{dj}(3) = 0,05$

$y_{dj}(2) = 0,03$
 $y_{dj}(1) = 0,01$
 $y_{dj}(0) = 0,00$

SOLICITAÇÕES FINAIS (tf e m)

| Seção | M1d | M2d | Md | NSd | MRd | MRdInv |
|-------|------|-----|------|-----|------|--------|
| 10 | 17,3 | 0,0 | 17,3 | 130 | 42,4 | -42,4 |
| 9 | 14,8 | 0,1 | 14,9 | 130 | 42,4 | -42,4 |
| 8 | 12,3 | 0,2 | 12,4 | 130 | 42,4 | -42,4 |
| 7 | 9,8 | 0,2 | 9,9 | 130 | 42,4 | -42,4 |
| 6 | 7,3 | 0,2 | 7,4 | 131 | 42,4 | -42,4 |
| 5 | 4,8 | 0,2 | 4,9 | 131 | 42,4 | -42,4 |
| 4 | 3,9 | 0,1 | 4,0 | 131 | 42,4 | -42,4 |
| 3 | -3,9 | 0,1 | -3,9 | 131 | 42,4 | -42,4 |
| 2 | -3,9 | 0,0 | -3,9 | 132 | 42,4 | -42,4 |
| 1 | -5,3 | 0,0 | -5,3 | 132 | 42,4 | -42,4 |
| 0 | -7,8 | 0,0 | -7,8 | 132 | 42,4 | -42,4 |

O PILAR É ESTÁVEL.

NÃO HÁ RUPTURA

X - X - X



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 156 |

Projeto da estrutura: Universidade Federal do ABC

Peça: CC2 - PILARES P23 A P27

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa PilarA

VERIFICAÇÃO DE PILAR A FLEXÃO NORMAL COMPOSTA

Pilar biarticulado com momentos aplicados nas extremidades - Seções usuais

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO RETANGULAR

Largura b da seção = 25,0 cm
Distância d linha = 5,0 cm

Altura total h da seção = 40,0 cm

Armadura distribuída - Bitola constante 8 barras de aço com área total = 40,00 cm²
Duplo eixo de simetria Área de uma só barra = 5,00 cm²

Número de camadas de barras de aço = $n_{\text{linha}} = 4$
Número de barras de aço da primeira camada = 2

DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{ac} = 1,40$
 $f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{as} = 1,15$
Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

CARREGAMENTO

Valor de cálculo da força vertical aplicada no topo do pilar: 130 tf
Momento aplicado na extremidade superior = 12,7 tf.m
Momento aplicado na extremidade inferior = -12,6 tf.m

DADOS SOBRE O PILAR:

Vão teórico do pilar = 350 cm
Índice de esbeltez = $\lambda = 48$
Taxa de armadura $\rho = 4,00 \%$ Taxa mecânica $\omega = 0,95$
Coeficiente ϕ de fluência = 2,00
Tipo de imperfeição geométrica: Desvio de prumo
Relação $N_{Sg}/N_{Sk} = 0,90$
Número de trechos em que o pilar foi dividido = 10
As seções do pilar são numeradas de baixo para cima, de zero a n_{div} (n. de divisões)

RESULTADOS:

Força normal resistente máxima (sem momento): 350,1 tf
Reação vertical na base do pilar = $F_{d0} = 130,72 \text{ tf}$
Reação horizontal na base do pilar = $R_{\text{Zero}} = 7,89 \text{ tf}$
Reação horizontal no topo do pilar = $R_n = -7,89 \text{ tf}$
Fator majorador de momento de 1. ordem, devido à fluência: Fator = 1,05
Flechas sucessivas na iteração, em cm: 0,09 0,09

DEFORMADA FINAL (cm):

$y_{dj}(10) = 0,00$
 $y_{dj}(9) = 0,07$
 $y_{dj}(8) = 0,09$
 $y_{dj}(7) = 0,09$
 $y_{dj}(6) = 0,07$



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 157 |

ydj(5) = 0,03
ydj(4) = -0,01
ydj(3) = -0,05
ydj(2) = -0,06
ydj(1) = -0,05
ydj(0) = 0,00

SOLICITAÇÕES FINAIS (tf e m)

| Seção | M1d | M2d | Md | NSd | MRd | MRdInv |
|-------|-------|------|-------|-----|------|--------|
| 10 | 13,4 | 0,0 | 13,4 | 130 | 21,6 | -21,6 |
| 9 | 10,7 | 0,1 | 10,8 | 130 | 21,6 | -21,6 |
| 8 | 8,1 | 0,1 | 8,2 | 130 | 21,6 | -21,6 |
| 7 | 5,4 | 0,1 | 5,5 | 130 | 21,6 | -21,6 |
| 6 | 3,5 | 0,1 | 3,6 | 130 | 21,6 | -21,6 |
| 5 | 3,5 | 0,0 | 3,6 | 130 | 21,6 | -21,6 |
| 4 | -3,5 | 0,0 | -3,5 | 130 | 21,6 | -21,6 |
| 3 | -5,3 | -0,1 | -5,3 | 130 | 21,5 | -21,5 |
| 2 | -7,9 | -0,1 | -8,0 | 130 | 21,5 | -21,5 |
| 1 | -10,6 | -0,1 | -10,7 | 131 | 21,5 | -21,5 |
| 0 | -13,3 | 0,0 | -13,3 | 131 | 21,5 | -21,5 |

O PILAR É ESTÁVEL.

NÃO HÁ RUPTURA

X - X - X

Projeto da estrutura: Universidade Federal do ABC

Peça: CC2 - PILARES P23 A P27

Autor do projeto: Paulo Cavalcanti

Programa PilarA

VERIFICAÇÃO DE PILAR A FLEXÃO NORMAL COMPOSTA

Pilar biarticulado com momentos aplicados nas extremidades - Seções usuais

Norma: NBR 6118/2007

SEÇÃO CIRCULAR

Diâmetro h da seção = 50,0 cm

Distância d linha = 5,0 cm

Armadura distribuída - Bitola constante 8 barras de aço com área total = 40,00 cm²
Múltiplos eixos de simetria Área de uma só barra = 5,00 cm²

DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS:

$f_{ck} = 0,30 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mC} = 1,40$

$f_{yk} = 5,00 \text{ tf/cm}^2$ $\gamma_{mS} = 1,15$

Módulo de elasticidade do aço $E_s = 2100 \text{ tf/cm}^2$

CARREGAMENTO

Valor de cálculo da força vertical aplicada no topo do pilar: 130 tf

Momento aplicado na extremidade superior = 16,8 tf.m

Momento aplicado na extremidade inferior = -7,6 tf.m

DADOS SOBRE O PILAR:

Vão teórico do pilar = 385 cm

Índice de esbeltez = $\lambda = 31$

Taxa de armadura $\rho = 2,04 \%$ Taxa mecânica $\omega = 0,49$

Coefficiente f_i de fluência = 2,00

Tipo de imperfeição geométrica: Desvio de prumo

Relação $N_{Sg}/N_{Sk} = 0,90$

Número de trechos em que o pilar foi dividido = 10

As seções do pilar são numeradas de baixo para cima, de zero a n_{div} (n. de divisões)

RESULTADOS:

Força normal resistente máxima (sem momento): 525,6 tf

Reação vertical na base do pilar = $F_{d0} = 132,15 \text{ tf}$

Reação horizontal na base do pilar = $R_{Zero} = 6,99 \text{ tf}$

Reação horizontal no topo do pilar = $R_n = -6,99 \text{ tf}$

Fator majorador de momento de 1. ordem, devido à fluência: Fator = 1,03

Flechas sucessivas na iteração, em cm: 0,13 0,13

DEFORMADA FINAL (cm):

$y_{dj}(10) = 0,00$

$y_{dj}(9) = 0,07$

$y_{dj}(8) = 0,12$

$y_{dj}(7) = 0,13$

$y_{dj}(6) = 0,13$

$y_{dj}(5) = 0,11$

$y_{dj}(4) = 0,09$

$y_{dj}(3) = 0,05$

$y_{dj}(2) = 0,03$
 $y_{dj}(1) = 0,01$
 $y_{dj}(0) = 0,00$

SOLICITAÇÕES FINAIS (tf e m)

| Seção | M1d | M2d | Md | NSd | MRd | MRdInv |
|-------|------|-----|------|-----|------|--------|
| 10 | 17,3 | 0,0 | 17,3 | 130 | 38,0 | -38,0 |
| 9 | 14,8 | 0,1 | 14,9 | 130 | 38,0 | -38,0 |
| 8 | 12,3 | 0,2 | 12,4 | 130 | 38,0 | -38,0 |
| 7 | 9,8 | 0,2 | 10,0 | 130 | 38,0 | -38,0 |
| 6 | 7,3 | 0,2 | 7,4 | 131 | 38,0 | -38,0 |
| 5 | 4,8 | 0,2 | 4,9 | 131 | 38,0 | -38,0 |
| 4 | 3,9 | 0,1 | 4,1 | 131 | 38,0 | -38,0 |
| 3 | -3,9 | 0,1 | -3,9 | 131 | 38,0 | -38,0 |
| 2 | -3,9 | 0,0 | -3,9 | 132 | 38,0 | -38,0 |
| 1 | -5,3 | 0,0 | -5,3 | 132 | 38,0 | -38,0 |
| 0 | -7,8 | 0,0 | -7,8 | 132 | 38,0 | -38,0 |

O PILAR É ESTÁVEL.

NÃO HÁ RUPTURA

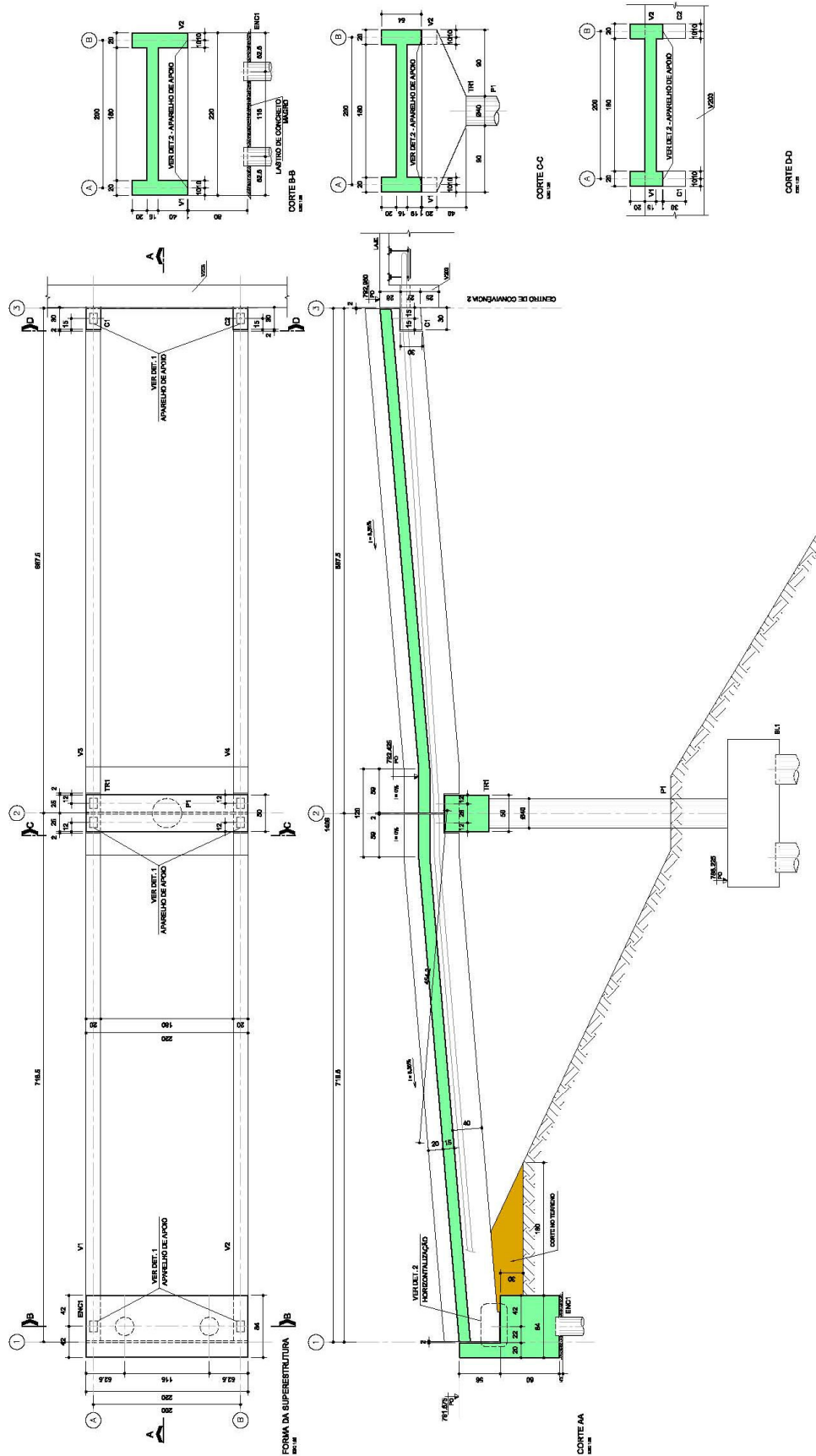
X - X - X

CARGAS NAS FUNDAÇÕES

CENTRO DE CONVIVÊNCIA 02

| CARGA NOS PILARES (tf) | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------|---|----------|------------|---------|---------|--------|-------------------------|------------------------------|--|
| PILAR | Características | | | | 2º PAV. | 1º PAV. | TÉRREO | Peso próprio pilar (tf) | Carga Total na fundação (tf) | |
| | Ø (cm) | | Área(m²) | Altura (m) | | | | | | |
| P1 | 60 | | 0,28 | 4,40 | - | 10,20 | 5,50 | 3,11 | 18,81 | |
| P2 | 60 | | 0,28 | 4,40 | - | 6,80 | 15,80 | 3,11 | 25,71 | |
| P3 | 60 | | 0,28 | 4,40 | - | 6,80 | 13,40 | 3,11 | 23,31 | |
| P4 | 60 | | 0,28 | 4,40 | - | 6,80 | 14,20 | 3,11 | 24,11 | |
| P5 | 60 | | 0,28 | 4,40 | - | 6,80 | 13,40 | 3,11 | 23,31 | |
| P6 | 60 | | 0,28 | 4,40 | - | 6,80 | 15,80 | 3,11 | 25,71 | |
| P7 | 60 | | 0,28 | 4,40 | - | 10,20 | 5,50 | 3,11 | 18,81 | |
| P8 | 50 | | 0,20 | 10,10 | 6,30 | -3,90 | 0,27 | 4,95 | 7,62 | |
| P9 | 50 | | 0,20 | 10,10 | 9,50 | -3,50 | 22,70 | 4,95 | 33,65 | |
| P10 | 50 | | 0,20 | 10,10 | 6,50 | -6,60 | 23,80 | 4,95 | 28,65 | |
| P11 | 50 | | 0,20 | 10,10 | 7,60 | -2,30 | 24,90 | 4,95 | 35,15 | |
| P12 | 50 | | 0,20 | 10,10 | 6,50 | -0,55 | 23,80 | 4,95 | 34,70 | |
| P13 | 50 | | 0,20 | 10,10 | 9,50 | 2,60 | 22,70 | 4,95 | 39,75 | |
| P14 | 50 | | 0,20 | 10,10 | 6,30 | -1,00 | 2,40 | 4,95 | 12,65 | |
| P15 | 40 | x | 40 | 0,16 | 7,35 | 31,80 | 41,40 | 2,94 | 105,24 | |
| P16 | 40 | x | 40 | 0,16 | 7,35 | 73,80 | 97,20 | 2,94 | 198,04 | |
| P17 | 40 | x | 40 | 0,16 | 7,35 | 67,50 | 90,00 | 2,94 | 181,14 | |
| P18 | 40 | x | 40 | 0,16 | 7,35 | 69,30 | 80,40 | 2,94 | 174,24 | |
| P19 | 40 | x | 40 | 0,16 | 7,35 | 67,50 | 66,80 | 2,94 | 150,44 | |
| P20 | 40 | x | 40 | 0,16 | 7,35 | 73,80 | 74,00 | 2,94 | 166,64 | |
| P21 | 40 | x | 40 | 0,16 | 7,35 | 31,80 | 31,80 | 2,94 | 90,04 | |
| P22 | 50 | | 0,20 | 7,35 | 14,20 | 19,10 | 13,80 | 3,60 | 50,70 | |
| P23 | 50 | | 0,20 | 7,35 | 36,30 | 49,40 | 19,40 | 3,60 | 108,70 | |
| P24 | 50 | | 0,20 | 7,35 | 31,10 | 43,40 | 17,20 | 3,60 | 95,30 | |
| P25 | 50 | | 0,20 | 7,35 | 32,80 | 38,80 | 21,40 | 3,60 | 96,60 | |
| P26 | 50 | | 0,20 | 7,35 | 31,10 | 30,30 | 13,40 | 3,60 | 78,40 | |
| P27 | 50 | | 0,20 | 7,35 | 36,30 | 36,50 | 15,80 | 3,60 | 92,20 | |
| P28 | 50 | | 0,20 | 7,35 | 14,20 | 14,20 | 12,20 | 3,60 | 44,20 | |

OBSERVAÇÕES:
CARGAS DE COBERTURA CONSIDERADAS NO PROCESSAMENTO.





Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017
Folha:
162

CARGAS CONSIDERADAS

Peso próprio = $(1,80 \times 0,15 + 2 \times 0,20 \times 0,75) \times 2,50 = 1,425 \text{ tf/m}$

Revestimento = $1,80 \times 0,10 = 0,18 \text{ tf/m}$

Guarda corpos = $0,20 \text{ tf/m}$

$$g = 1,805 \text{ tf/m}$$

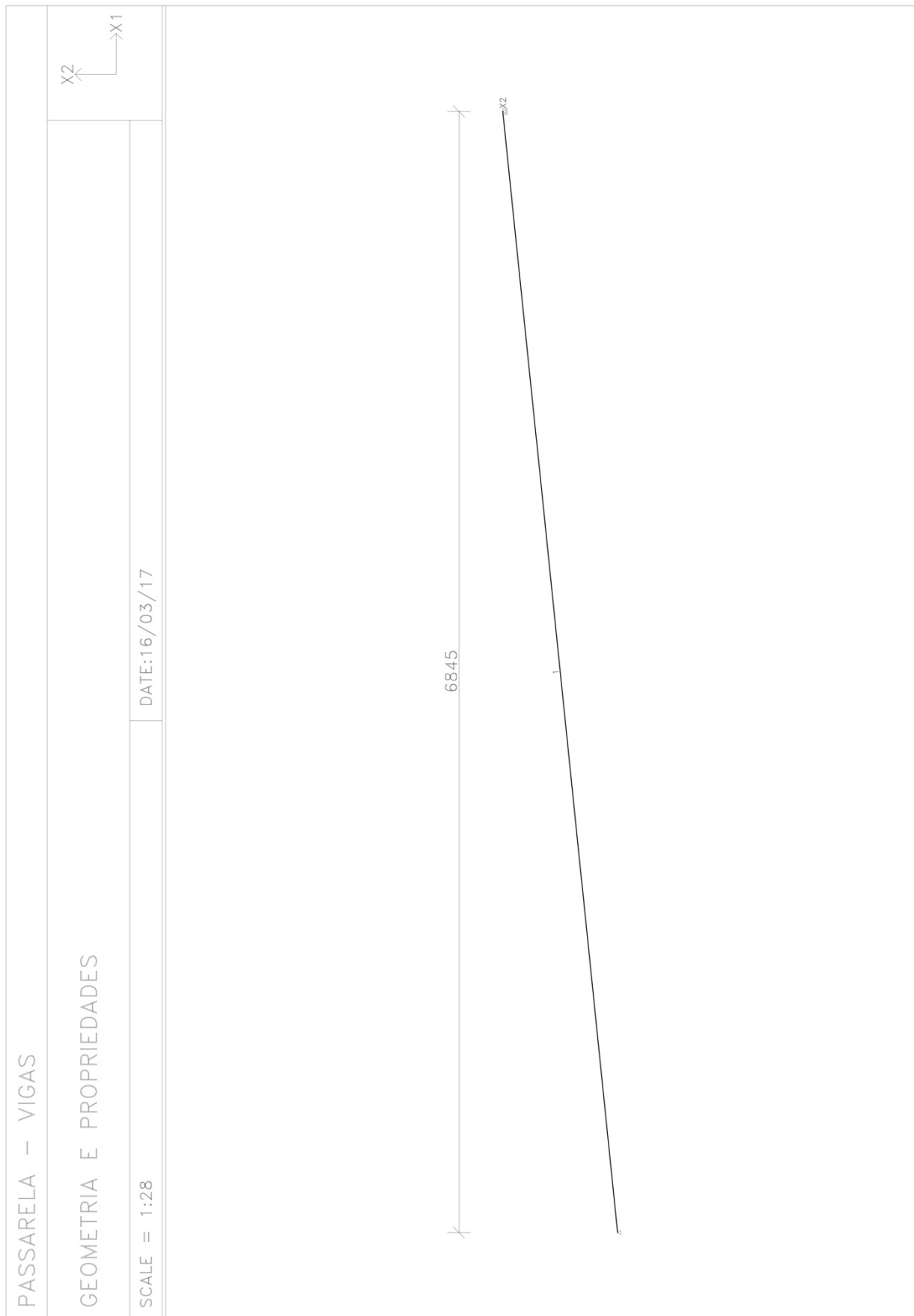
Sobrecarga útil = $1,80 \times 0,50 = q = 0,90 \text{ tf/m}$

$$g+q = 2,705 \text{ tf/m (1,35 tf/m/viga)}$$



| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 163 |

ESQUEMA ESTÁTICO, CARREGAMENTOS E ESFORÇOS (PROCESSAMENTOS)





Assunto:
MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO

Código:
CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM
Revisão:
02

Data:
AGOSTO/2017
Folha:
164

STRAP

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS



USA AGENT
ATIR
ENGINEERING SOFTWARE
3314 WEST RANCE TERRACE
CHICAGO, IL 60645-3831
PHONE: 847-677-1945
FAX: 847-677-3456
E-MAIL: strap@atir.com

Strap 12.5.00

*** For demonstration purposes only ***

PASSARELA - VIGAS

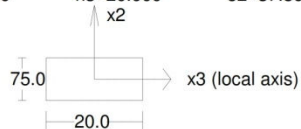
Prepared by: PROPRIEDADES

Page: 1
Date: 16/03/17

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

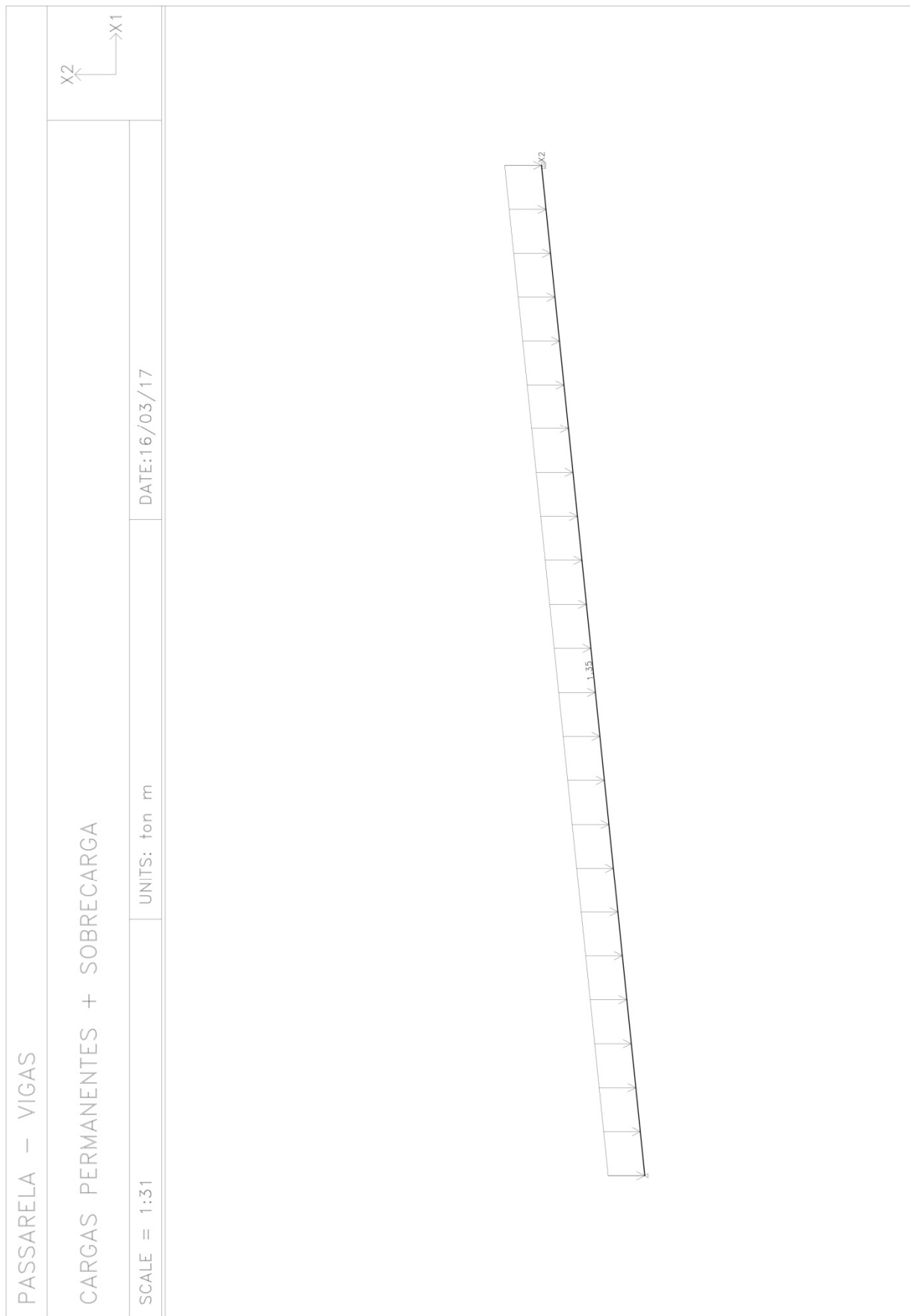
PROPERTY NO. 1

A=0.1500E+04 I2=0.5000E+05 I3=0.7031E+06 J=0.1664E+06 SF2=0.850
Material = 1 - C30 Perimeter=190.000 SF3=0.850
h2=75.000 h3=20.000 e2=37.500 e3=10.000



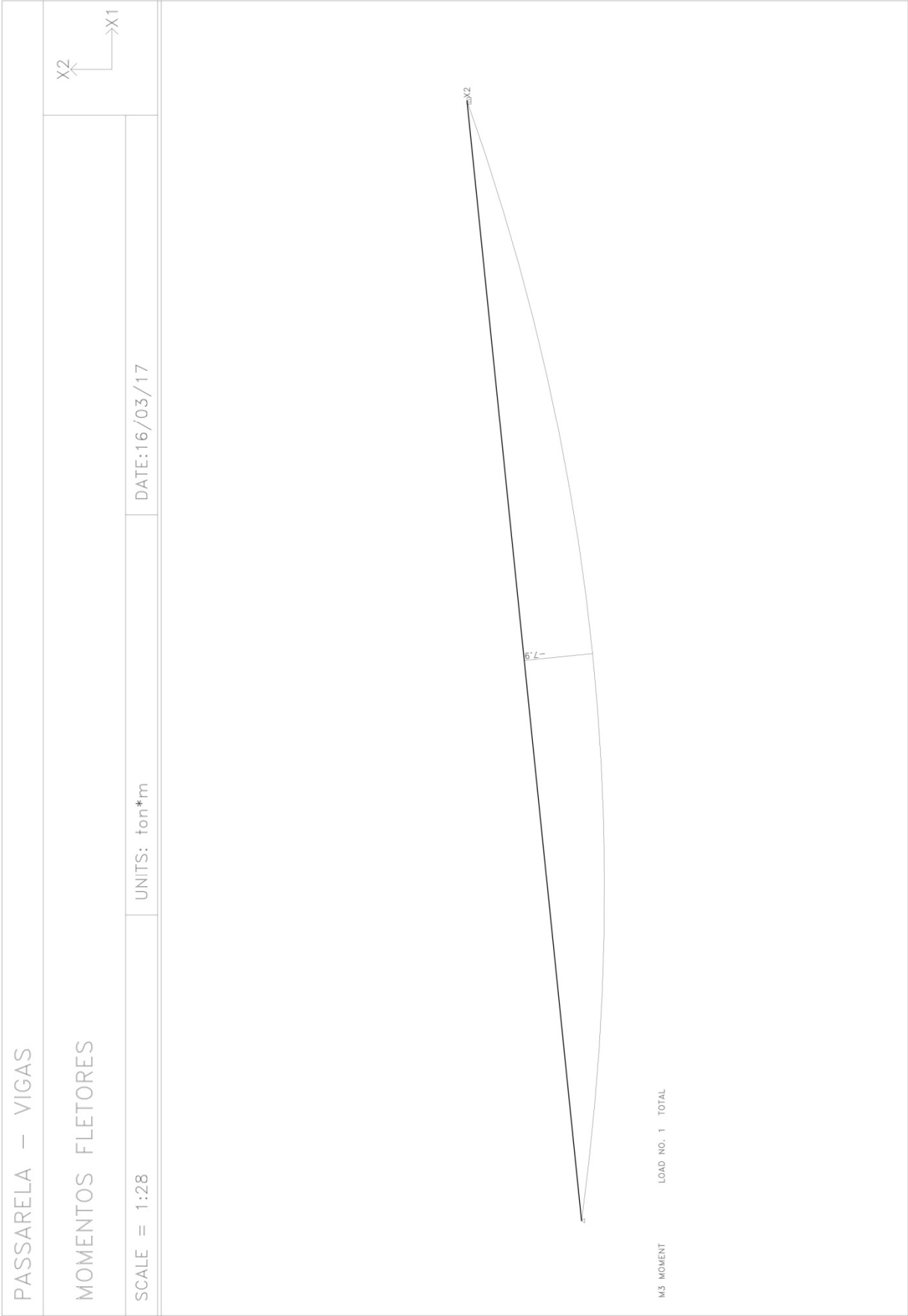


| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 165 |



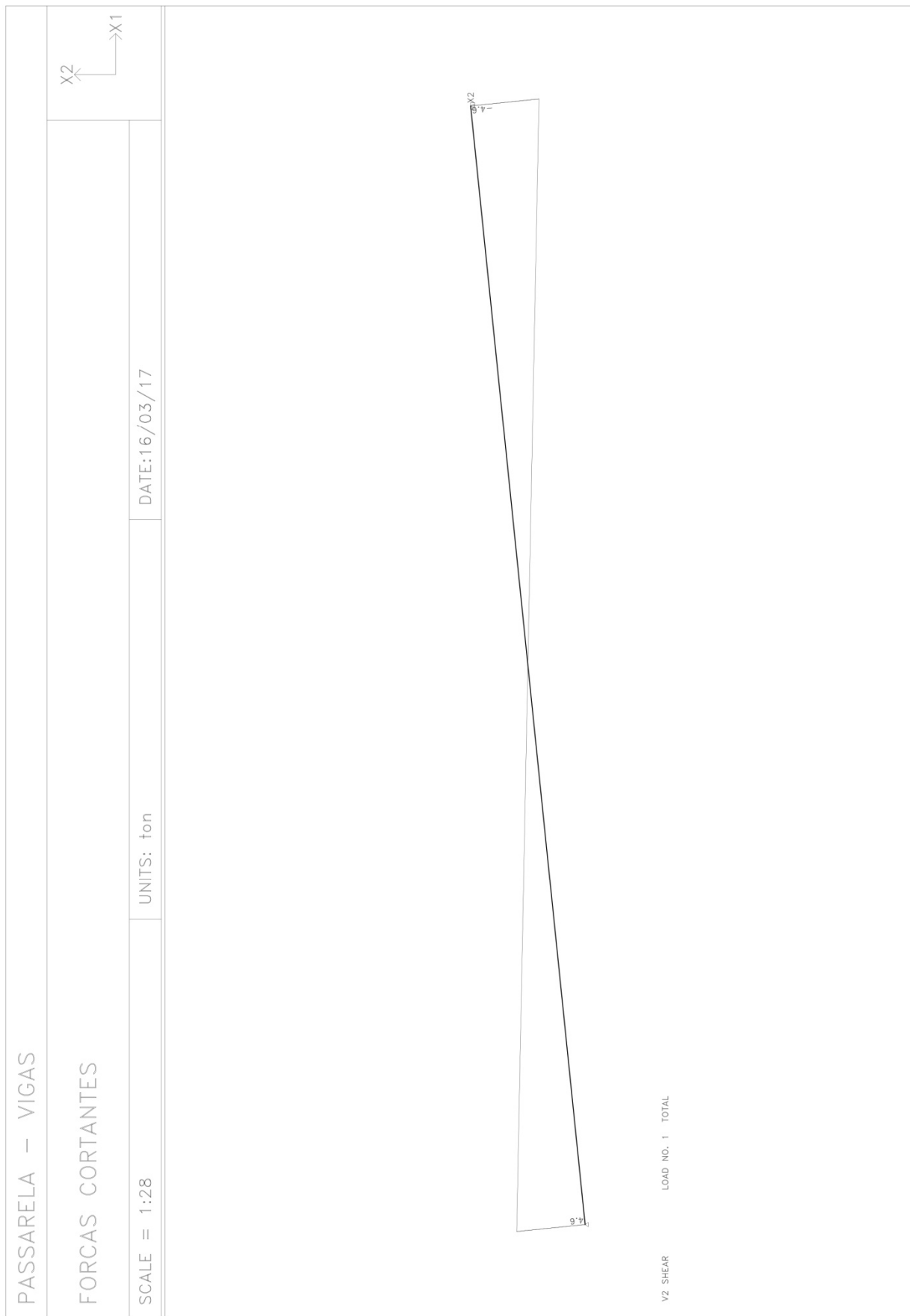


| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 166 |



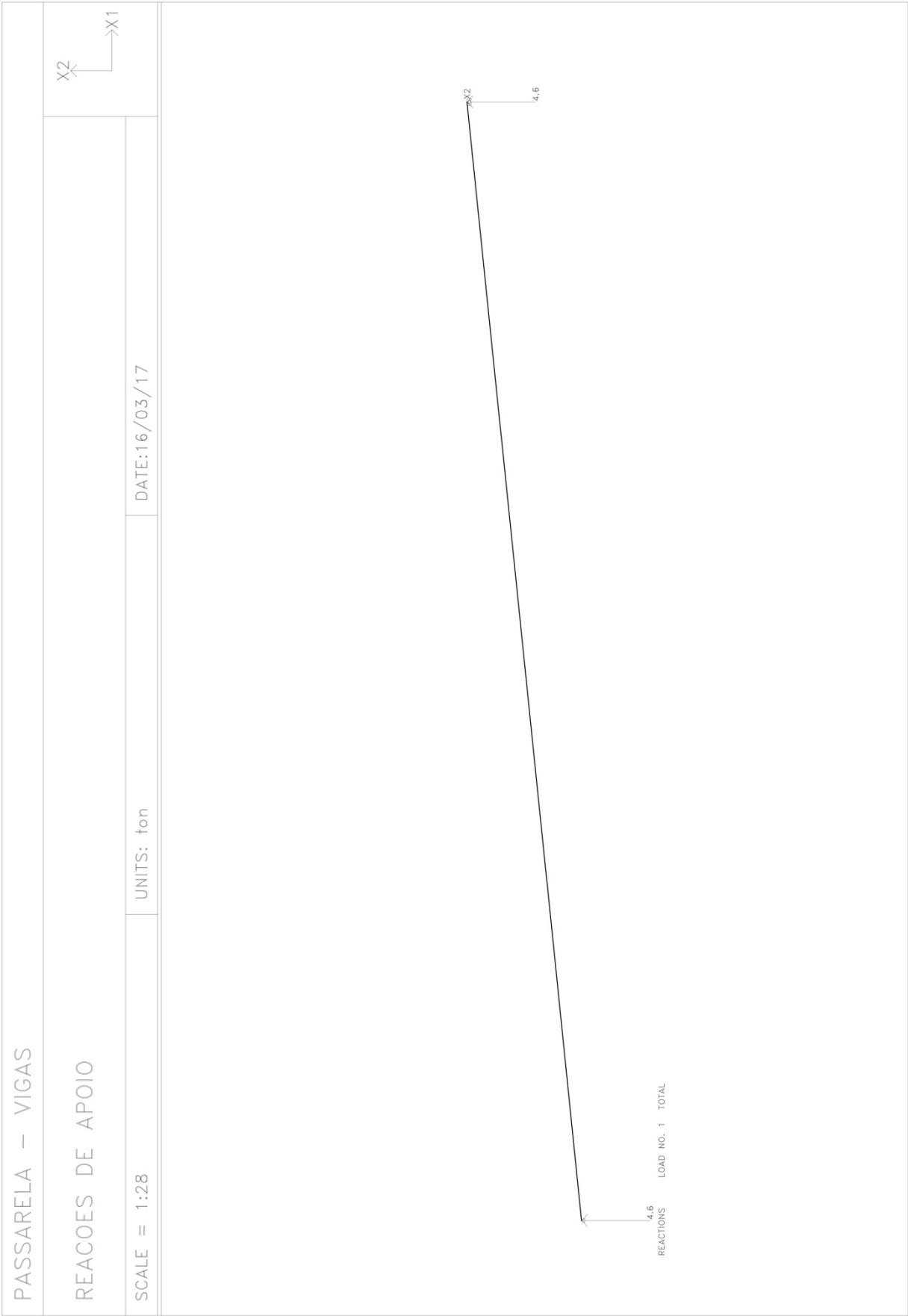


| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 167 |





| | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| Assunto: MEMORIAL DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC CÂMPUS SÃO BERNARDO DO CAMPO | Código: CSB-PE-EST-CC2-MCL-ARM | Data: AGOSTO/2017 |
| | Revisão: 02 | Folha: 168 |



DIMENSIONAMENTO DAS LAJES

PASSARELA

LAJE: 1 = 2

Dados:

Carregamento (p) = 0,98 tf/m²

Esforços

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

$l_y = 715$ cm
 $l_x = 200$ cm
 $\lambda = 3,58 > 2,00$

$\alpha_x = 8,0$
 $\alpha_y = 23,5$
 $-\beta_x = 0,0$
 $-\beta_y = 0,0$

Laje armada em uma direção

$$M = \frac{p \cdot l_x^2}{\alpha}$$

$p = 0,98$ tf/m²
 $l_x = 200$ cm

$M_x = 0,49$ tfm
 $M_y = 0,17$ tfm
 $-M_{\beta x} = -$ tfm
 $-M_{\beta y} = -$ tfm

LAJE: 1 = 2

Dados:

Concreto $f_{ck} = 30,00$ MPa Aço CA 50
 $E_{cs} = 26838$ MPa $E_s = 210000$ MPa Aço $f_{yt} = 500,00$ MPa
 Seção $b = 100,00$ cm
 $h = 15,00$ cm
 $d = 12,00$ cm
 $d' = 3,00$ cm

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s\text{ efetivo}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|-------------|---|--------------|
| L1+x | 0,49 | 0,69 | 1,33 | 8,00 | 3,35 | Ø 8mm c/15cm |
| L1+y | 0,17 | 0,24 | 0,46 | 8,00 | 3,35 | Ø 8mm c/15cm |

$$A_{s\text{ min}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{ll} (cm) | I_{ll} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| L1+x | 0,69 | 2,26 | 2872 | 182,02 | 0,05 | 0,05 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |
| L1+y | 0,24 | 2,26 | 2872 | 63,15 | 0,01 | 0,02 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

VIGA: VIGA V1=V2

NIVEL: PASSARELA

Dados:

| | | | | | |
|----------|------------|-----------|---------|------------|--------------------------|
| Concreto | $f_{ck} =$ | 30,00 MPa | Aço CA | 50 | |
| | $E_{cs} =$ | 26838 MPa | $E_s =$ | 210000 MPa | Aço $f_{yt} =$ 500,0 MPa |
| Seção | $b_w =$ | 20,00 cm | $b_f =$ | 20,00 cm | |
| | $h =$ | 75,00 cm | $h_f =$ | cm | |
| | $d =$ | 70,00 cm | | | |
| | $d' =$ | 5,00 cm | | | |

Armadura longitudinal (Flexão)

| Seção | M_k (tf.m) | M_d (tf.m) | $A_{s\text{ cal}}$ (cm ²) | ϕ (mm) | Nº Barras | $A_{s\text{ efet}}$ (cm ²) | Adotado |
|-------|--------------|--------------|---------------------------------------|-------------|-----------|--|-----------|
| VÃO | 8,00 | 11,20 | 3,80 | 16,00 | 2 | 4,02 | 2 Ø 16 mm |

$$A_{s\text{ mín}} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Armadura de pele

| b (cm) | h (cm) | A_c (cm ²) | ϕ (mm) | $A_{s/\text{face}}$ (cm ²) | Nº Barras | $A_{s\text{ ef.}}$ (cm ²) | Adotado |
|--------|--------|--------------------------|-------------|--|-----------|---------------------------------------|--------------|
| 20,00 | 75,00 | 1500 | 8,00 | 1,50 | 5 | 2,51 | 2 x 5 Ø 8 mm |

Verificação a fissuração

| Seção | M_d (tf.m) | X_{II} (cm) | I_{II} (cm ⁴) | σ_s (MPa) | wk1 (mm) | wk2 (mm) | wk _{máx} (mm) | Verificação |
|-------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|----------|----------|------------------------|-----------------|
| VÃO | 8,00 | 13,35 | 116839 | 303,50 | 0,26 | 0,51 | 0,30 | Wkmax > wk ok!! |

Armadura transversal (Cisalhamento)

No Ramos: 2

| Seção | V_{gk} (tf) | V_d (tf) | V_s (tf) | $(A_s/S)_{\text{cal}}$ (cm ² /m) | ϕ (mm) | S_{calc} (cm) | S_{adot} (cm) | $(A_s/S)_{\text{efet}}$ (cm ² /m) | Adotado |
|-------|---------------|------------|------------|---|-------------|------------------------|------------------------|--|----------------|
| VÃO | 4,60 | 6,44 | -5,73 | - | 6,30 | 26,91 | 15,0 | 4,2 | Ø 6,3mm c/15cm |

$$V_{co} = 12,17 \text{ tf} \quad A_s/S_{\text{mín}} = 2,3172 \text{ cm}^2/\text{m}$$

DIMENSIONAMENTO DO PILAR

ESFORÇOS NA BASE

CARGAS PERMANENTES

Superestrutura: $R_{gs} = 1,80 \times 5,5 = 9,90 \text{ t}$

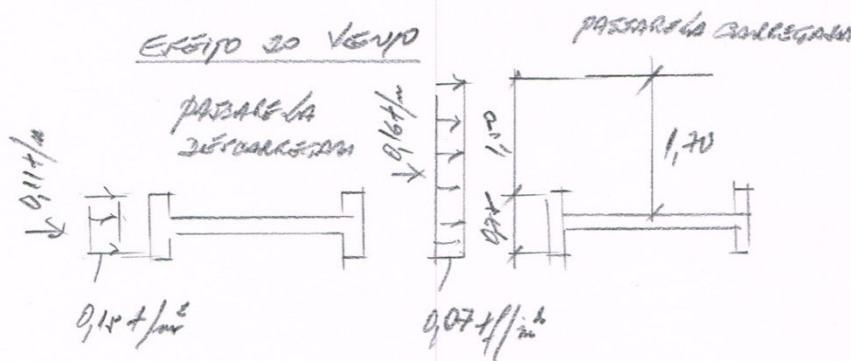
topo do pilar: $\frac{1}{2}(0,4 + 0,8) \times 0,6 \times 0,15 \times 25 = 0,90 \text{ t}$

peso próprio do pilar: $\pi \times \frac{0,4^2}{4} \times 3,85 \times 25 = 4,02 \text{ t}$
 $R_g = 13,73 \text{ t}$

SOBRECARGA MLC:

$R_{gmlc} = 9,90 \text{ t} = 5,20 \text{ t}$

ESFORÇO DE VENTO



$H_v = 9,16 \text{ t/m} \rightarrow M_v = 0,16 \times 4,375 = 0,7 \text{ t/m}$

ESFORÇOS NA BASE DO PILAR

$N_k = 13,73 + 5,85 = 19,58 \text{ t}$

$M_k = 0,7 \text{ t/m}$

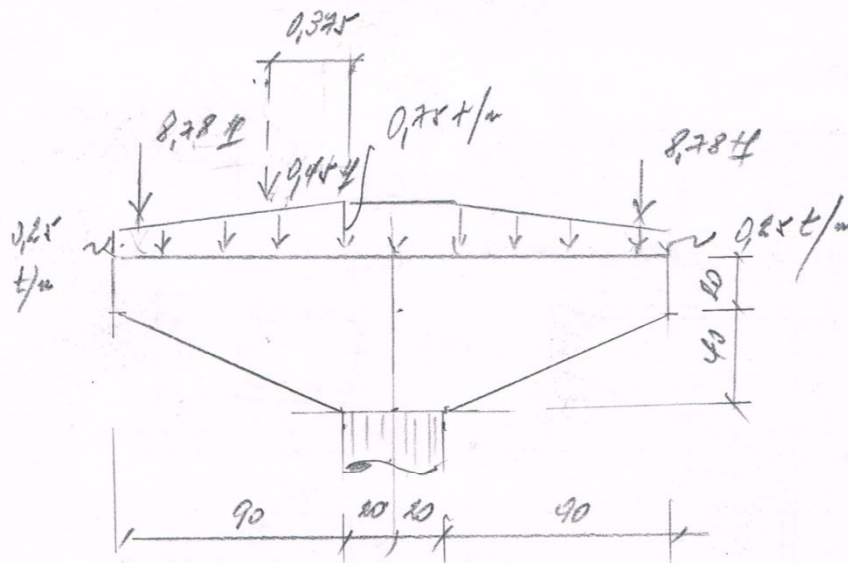
DIMENSIONAMENTO

$N_d = 19,58 \times 1,4 = 27,41 \text{ t} \rightarrow V = \frac{27,41}{\frac{0,85 \times 0,3}{1,4} + \pi \times \frac{0,4^2}{4}} = 0,16$

$e = 0,7 / 19,58 = 0,036 \text{ m} \rightarrow \mu = \frac{0,16 \times 0,036}{0,4} = 0,011 \sim 0,0$

$\phi_s = A_{n\phi_s} = 5,0 \text{ cm}^2$

DIMENSIONAMENTO DO TOPO DO PILAR DO APOIO CENTRAL DA PASSARELA



$$M = 0,45 \cdot 0,375 + 0,78 \cdot 0,8 = 7,20 \text{ t/m}$$

$$V = 0,45 + 0,78 = 1,23 \text{ t}$$

Seção 50x60 $\alpha = 51$ concreto $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$ Aço CA50

a) Flexão:

$$M_k = 7,20 \text{ t} \rightarrow K_6 = 21902 \rightarrow K_3 = 0,334 \Rightarrow A_s = 4,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 4,5 \text{ cm}^2$$

b) Cisalhamento

$$V_k = 1,23 \text{ t} \rightarrow V_{cd} = 12,98 \sim 13 \text{ t}$$

$$V_{cd2} = 140 \text{ t}$$

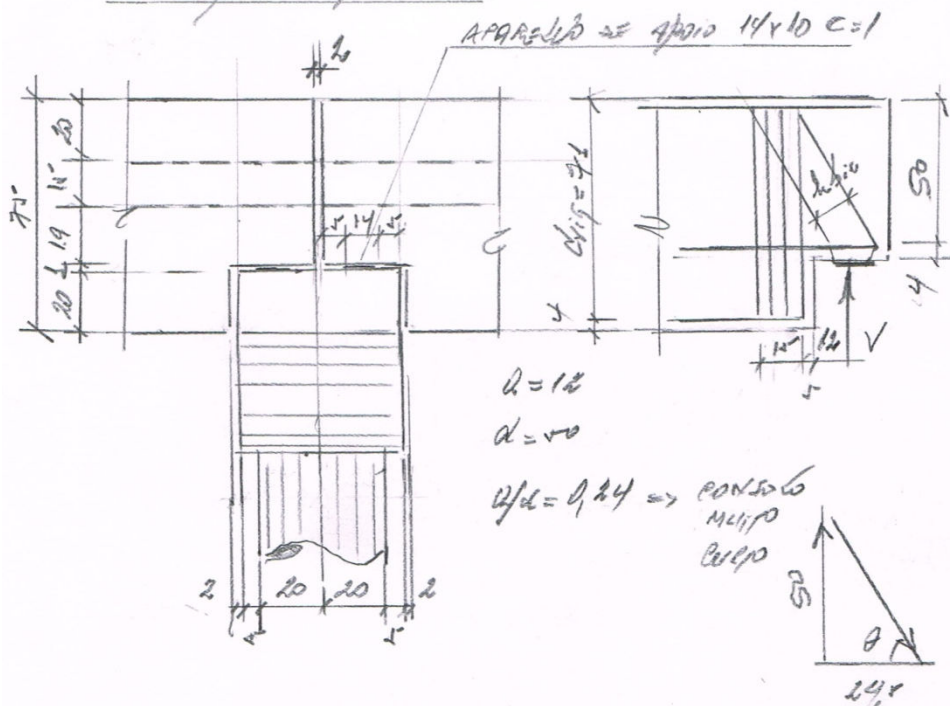
$$(A_s/f)_{min} = 1,14 = 5,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

DIMENSIONAMENTO DOS DENTES GERBER

ARMADURA DE COSTURA

$$(A_{s/r})_{\text{cost}} \geq 0,4 \cdot A_{sv}/\alpha = 0,4 \cdot \frac{310}{0,2384} = 526 \text{ cm}^2/\text{m}$$

DENTES GERBER



a) BIECA DE COMPRESSÃO

$$N_{\text{vig}} = \frac{\sqrt{d}}{\tan \theta} = \frac{6,15}{\tan 64^\circ} = 5,84 \text{ k}$$

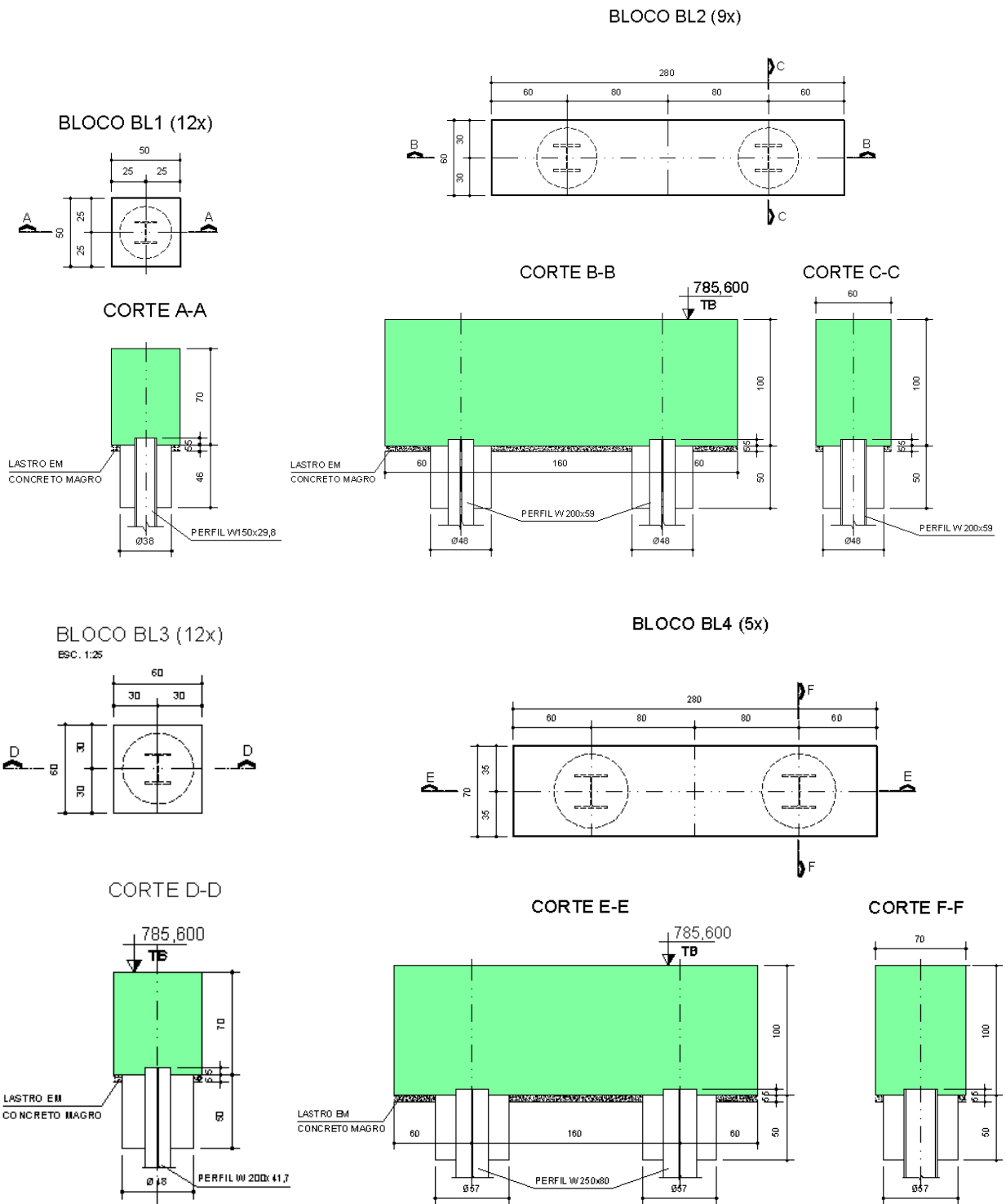
$$\sigma_{\text{vc}} = \frac{6840}{14 \times 10} = 48,86 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (4,94 MPa)} \leq f_{\text{cd}} = 21,43$$

$$\sigma = \frac{6150}{20 \times 50} = 6,15 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (0,62 MPa)} \leq 0,27 \left(1 - \frac{33}{200}\right) \times \frac{30}{34} = 5,10 \text{ MPa}$$

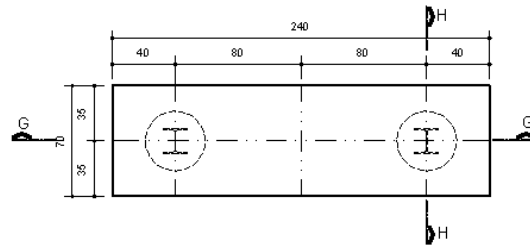
b) TIRANTE (CONSOLO MUITO CURTA)

$$A_{tr} = \frac{Q \sqrt{d}}{f_{yd} \times 16} = \frac{0,8 \cdot 6,15}{\frac{r}{34} \times 1,4} = 9,81 \text{ cm}^2$$

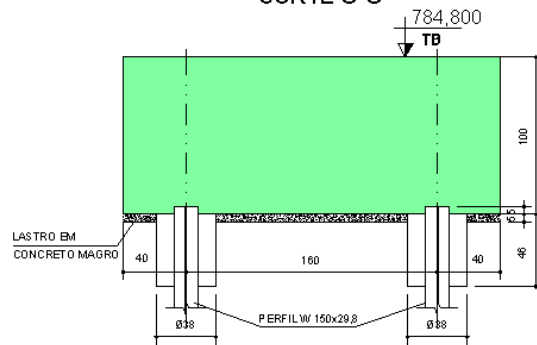
5.9. BLOCOS DE FUNDAÇÃO GEOMETRIA



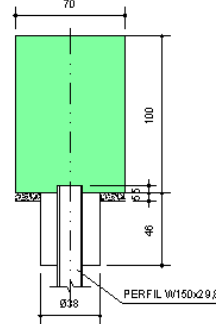
BLOCO BL5 (7x)



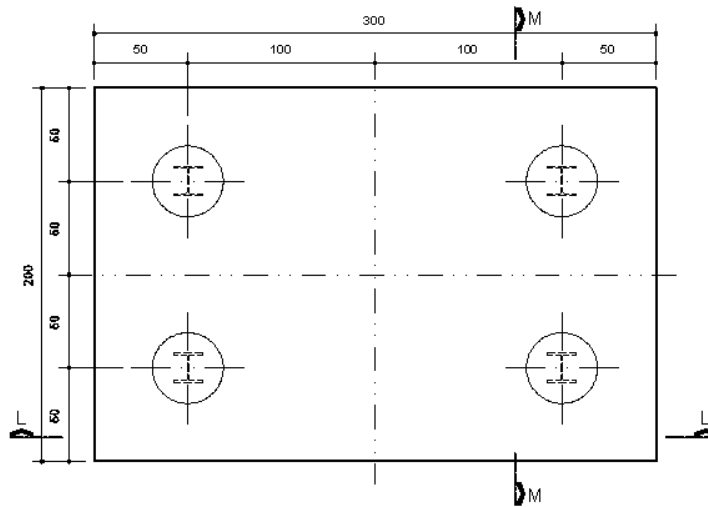
CORTE G-G



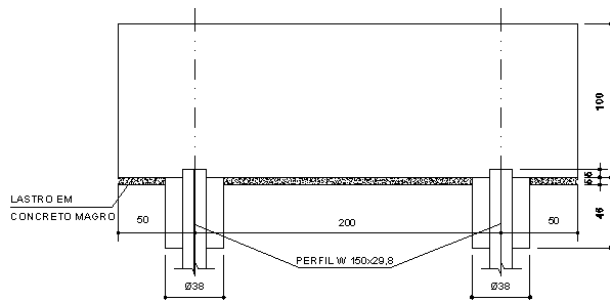
CORTE H-H



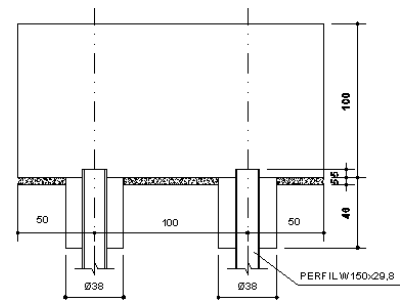
BLOCO BL6



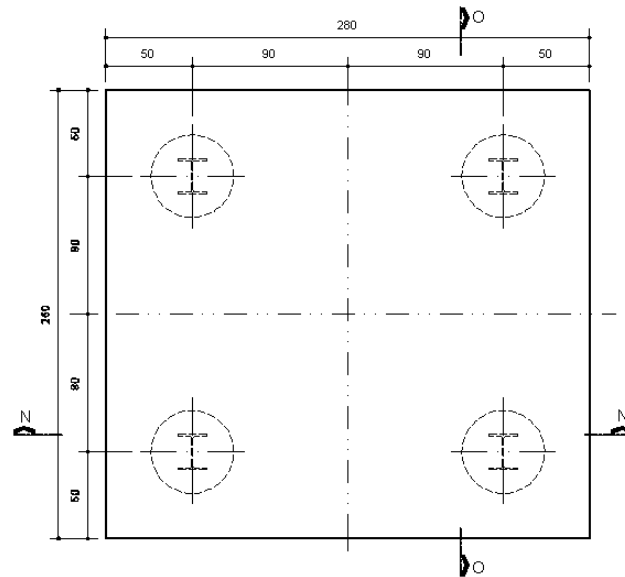
CORTE L-L



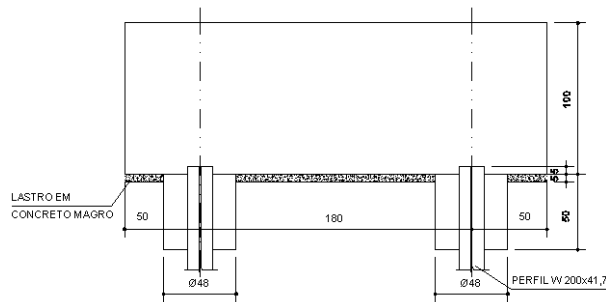
CORTE M-M



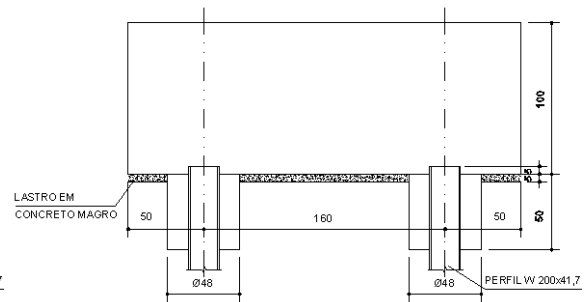
BLOCO BL7



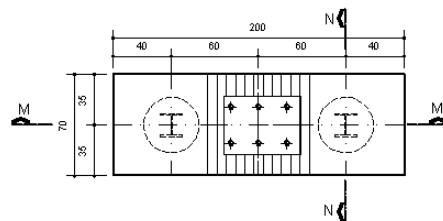
CORTE N-N



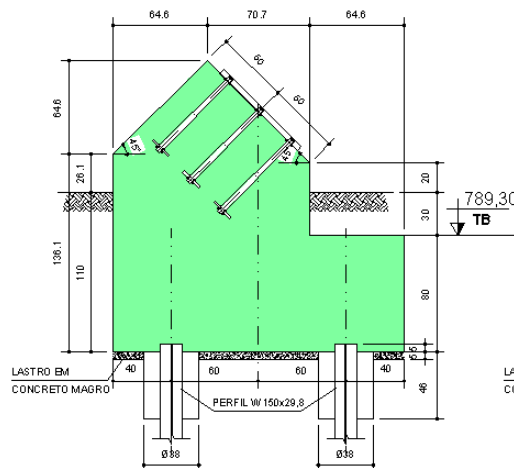
CORTE O-O



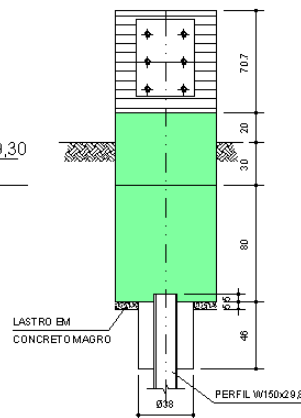
BLOCO BL8 (7x)



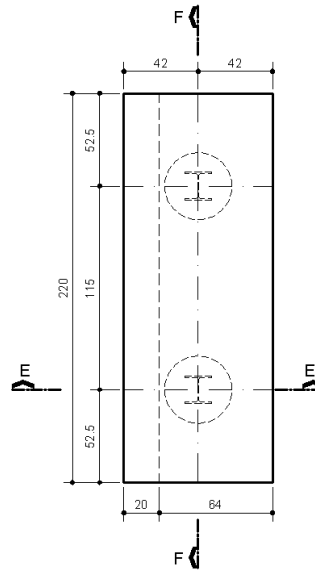
CORTE M-M



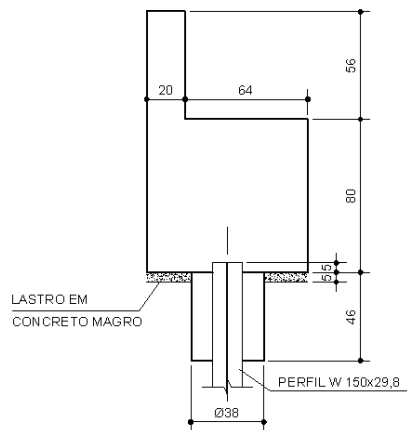
CORTE N-N



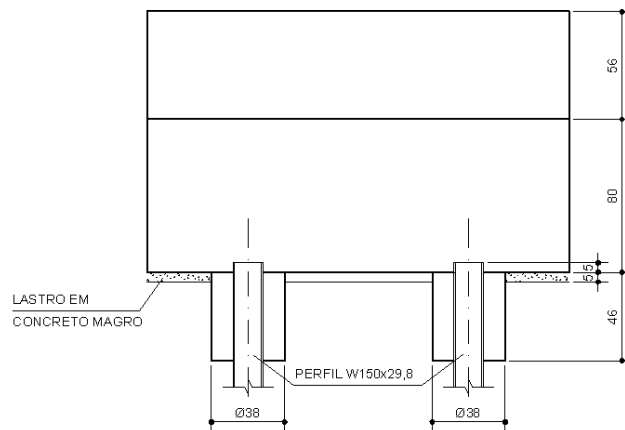
BLOCO BL9



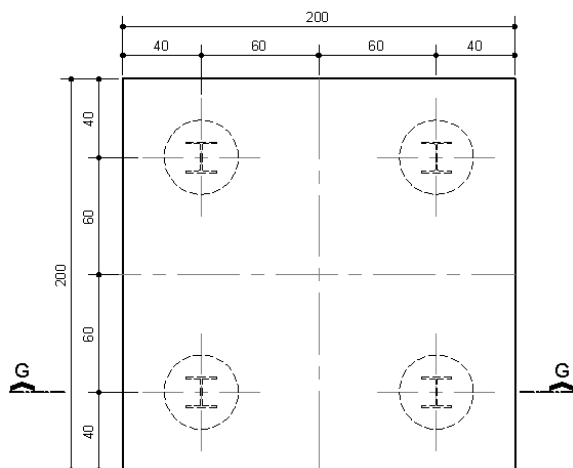
CORTE E-E



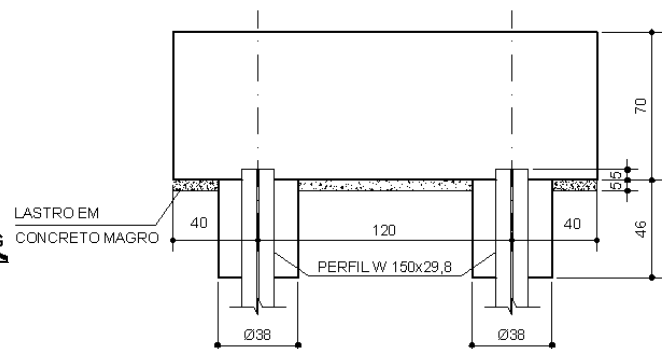
CORTE F-F



BLOCO BL10



CORTE G-G



DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÕES

BLOCO BL1

Verificação de esmagamento do concreto.

Cabeça das estacas \square 38 cm;

Capacidade de carga $P_k = 25$ tf;

$f_{ck} = 30$ MPa;

$$\sigma_{Estaca} = \frac{30 \times 1,4}{\frac{\pi \times 0,38^2}{4}} = 307 \text{ tf} / m^2 = 3,70 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 30 / 1,4 = 21,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Estaca} \leq f_{cd} \therefore OK!$$

BLOCO BL2

$a_{Pilar} = 40$ cm; $N_k = 150$ tf;

$d = 94$ cm;

$f_{ck} = 30$ MPa;

Cabeça das estacas \square 48 cm;

$$tg(\theta) = \frac{94}{\left(\frac{160}{2} - \frac{40}{4}\right)} = 1,343 \therefore \theta = 53,32^\circ$$

$$\sigma_{cd,biela,p} = \frac{1,4 \times 150 \times 100}{40^2 \times \sin^2(53,32^\circ)} = 20,41 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,biela,e} = \frac{1,4 \times 150 \times 100}{2 \times \frac{\pi \times 48^2}{4} \times \sin^2(53,32^\circ)} = 9,02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,lim} = 1,4 \times 0,90 \times f_{cd} = 1,4 \times 0,9 \times \frac{30}{1,4} = 27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,lim} > \sigma_{cd,biela}$$

Ok!!!

$$A_s = 1,15 \times \frac{Qd \times l}{4 \times d \times \sigma_{sd}} \times \left(1 - \frac{a}{2l}\right); \quad \sigma_{sd} = \frac{f_{yk}}{1,2 \times 1,15} = 3,623 \text{ tf/m}^2;$$

$$A_s = 1,15 \times \frac{1,4 \times 150 \times 160}{4 \times 94 \times 3,623} \times \left(1 - \frac{40}{2 \times 160}\right) = 24,84 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 6 \square 25 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 30 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ t/face}} = 0,075 \times b = 0,075 \times 60 = 4,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s \text{ t}} = \square 10 \text{ mm C/15} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 5,3 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$A_{s \text{ t2}} = \square 10 \text{ mm C/15 cm}$$

BLOCO BL3

Verificação de esmagamento do concreto.

Cabeça das estacas $\square 48 \text{ cm}$;

Capacidade de carga $P_k = 60 \text{ tf}$;

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{Estaca} = \frac{60 \times 1,4}{\frac{\pi \times 0,48^2}{4}} = 464,2 \text{ tf} / \text{m}^2 = 4,64 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 30 / 1,4 = 21,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Estaca} \leq f_{cd} \therefore OK!$$

BLOCO BL4

$$a_{\text{Pilar}} = 45 \text{ cm}; \quad N_k = 200 \text{ tf};$$

$$d = 94 \text{ cm};$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa};$$

Cabeça das estacas $\square 57 \text{ cm}$;

$$\text{tg}(\theta) = \frac{94}{\left(\frac{160}{2} - \frac{45}{4}\right)} = 1,343 \therefore \theta = 53,32^\circ$$

$$\sigma_{cd,biela,p} = \frac{1,4 \times 200 \times 100}{45^2 \times \sin^2(53,32^\circ)} = 21,5 MPa$$

$$\sigma_{cd,biela,e} = \frac{1,4 \times 200 \times 100}{2 \times \frac{\pi \times 57^2}{4} \times \sin^2(53,32^\circ)} = 8,53 MPa$$

$$\sigma_{cd,lim} = 1,4 \times 0,90 \times f_{cd} = 1,4 \times 0,9 \times \frac{30}{1,4} = 27 MPa$$

$$\sigma_{cd,lim} > \sigma_{cd,biela} \quad \text{Ok!!!}$$

$$A_s = 1,15 \times \frac{Qd \times l}{4 \times d \times \sigma_{sd}} \times \left(1 - \frac{a}{2l}\right); \quad \sigma_{sd} = \frac{f_{yk}}{1,2 \times 1,15} = 3,623 \text{ tf/m}^2;$$

$$A_s = 1,15 \times \frac{1,4 \times 200 \times 160}{4 \times 94 \times 3,623} \times \left(1 - \frac{45}{2 \times 160}\right) = 32,5 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 7 \square 25 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 35 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ t/face}} = 0,075 \times b = 0,075 \times 70 = 5,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s \text{ t}} = \square 10 \text{ mm C/15} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 5,3 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$A_{s \text{ t2}} = \square 12,5 \text{ mm C/15 cm}$$

BLOCO BL5

$$a_{\text{Pilar}} = 53,17 \text{ cm}; \quad N_k = 60 \text{ tf};$$

$$d = 94 \text{ cm};$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa};$$

$$\text{Cabeça das estacas} \square 38 \text{ cm};$$

$$\tan(\theta) = \frac{94}{\left(\frac{160}{2} - \frac{53,17}{4}\right)} = 1,409 \therefore \theta = 54,64^\circ$$

$$\sigma_{cd,biela,p} = \frac{1,4 \times 60 \times 100}{53,17^2 \times \sin^2(54,64^\circ)} = 4,46 MPa$$

$$\sigma_{cd,biela,e} = \frac{1,4 \times 60 \times 100}{2 \times \frac{\pi \times 38^2}{4} \times \sin^2(54,64^\circ)} = 5,57 MPa$$

$$\sigma_{cd,lim} = 1,4 \times 0,90 \times f_{cd} = 1,4 \times 0,9 \times \frac{30}{1,4} = 27 MPa$$

$$\sigma_{cd,lim} > \sigma_{cd,biela} \quad \text{Ok!!!}$$

$$A_s = 1,15 \times \frac{Qd \times l}{4 \times d \times \sigma_{sd}} \times \left(1 - \frac{a}{2l}\right); \quad \sigma_{sd} = \frac{f_{yk}}{1,2 \times 1,15} = 3,623 \text{ tf/m}^2;$$

$$A_s = 1,15 \times \frac{1,4 \times 60 \times 160}{4 \times 94 \times 3,623} \times \left(1 - \frac{53,17}{2 \times 160}\right) = 9,48 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 4 \square 20 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 12,6 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ t/face}} = 0,075 \times b = 0,075 \times 70 = 5,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s \text{ t}} = \square 10 \text{ mm C/15} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 5,3 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$A_{s \text{ t2}} = \square 12,5 \text{ mm C/15 cm}$$

BLOCO BL6

$$a_{\text{Pilar}} = 162 \text{ cm}; \quad N_k = 70 \text{ tf};$$

$$d = 94 \text{ cm};$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa};$$

$$\text{Cabeça das estacas } \square 38 \text{ cm};$$

$$\tan(\theta) = \frac{94}{\frac{\sqrt{2}}{2} \left(200 - \frac{162}{2}\right)} = 1,11 \therefore \theta = 48,17^\circ$$

$$\sigma_{cd,biela,p} = \frac{1,4 \times 70 \times 100}{5640 \times \sin^2(48,17^\circ)} = 3,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,biela,e} = \frac{1,4 \times 70 \times 100}{4 \times \frac{\pi \times 38^2}{4} \times \sin^2(45,65^\circ)} = 3,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,lim} = 2,1 \times 0,90 \times f_{cd} = 2,1 \times 0,9 \times \frac{30}{1,4} = 40,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,lim} > \sigma_{cd,biela}$$

Ok!!!

$$A_s = \frac{0,8 \times Qd}{8 \times d \times \sigma_{sd}} \times \left(l - \frac{a}{2}\right); \quad \sigma_{sd} = \frac{f_{yk}}{1,2 \times 1,15} = 3,623 \text{ tf/m}^2;$$

$$A_s = \frac{0,8 \times 1,4 \times 70}{8 \times 94 \times 3,623} \times \left(200 - \frac{162}{2}\right) = 3,42 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 6 \square 20 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 18,9 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ malha}} = \frac{2 \times (1 - 0,8) \times 1,4 \times 70}{8 \times d \times 0,8 \times 3,623} \times \left(200 - \frac{162}{3}\right) = 2,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ malha}} = \square \text{ 12,5 mm C/15 } (A_{s \text{ ef.}} = 8,33 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$A_{s \text{ susp}} = \frac{1,4 \times 70}{6 \times 3,623} = 4,5 \text{ cm}^2 = 4,5 \text{ cm}^2$$

Verificação direção perpendicular

$$tg(\theta) = \frac{94}{\frac{\sqrt{2}}{2} \left(100 - \frac{56}{2} \right)} = 1,845 \therefore \theta = 61,55^\circ$$

$$\sigma_{cd,biela,p} = \frac{1,4 \times 70 \times 100}{5640 \times \sin^2(61,55^\circ)} = 2,25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,biela,e} = \frac{1,4 \times 70 \times 100}{4 \times \frac{\pi \times 38^2}{4} \times \sin^2(61,55^\circ)} = 11,18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,lim} = 2,1 \times 0,90 \times f_{cd} = 2,1 \times 0,9 \times \frac{30}{1,4} = 40,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,lim} > \sigma_{cd,biela}$$

Ok!!!

$$A_s = \frac{0,8 \times 1,4 \times 70}{8 \times 94 \times 3,623} \times \left(100 - \frac{56}{2} \right) = 2,07 \text{ cm}^2$$

BLOCO BL7

Área pilar = 11250 cm²

Nk = 200 tf;

d = 94 cm;

f_{ck} = 30 MPa;

Cabeça das estacas □ 48 cm;

$$tg(\theta) = \frac{94}{\frac{\sqrt{2}}{2} \left(180 - \frac{106}{2} \right)} = 1,04 \therefore \theta = 46,31^\circ$$

$$\sigma_{cd,biela,p} = \frac{1,4 \times 200 \times 100}{11250 \times \sin^2(46,31^\circ)} = 4,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,biela,e} = \frac{1,4 \times 200 \times 100}{4 \times \frac{\pi \times 38^2}{4} \times \sin^2(46,31^\circ)} = 7,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,lim} = 2,1 \times 0,90 \times f_{cd} = 2,1 \times 0,9 \times \frac{30}{1,4} = 40,5 MPa$$

$$\sigma_{cd,lim} > \sigma_{cd,biela} \quad \text{Ok!!!}$$

$$A_s = \frac{0,8 \times Qd}{8 \times d \times \sigma_{sd}} \times \left(l - \frac{a}{2} \right); \quad \sigma_{sd} = \frac{f_{yk}}{1,2 \times 1,15} = 3,623 \text{ tf/m}^2;$$

$$A_s = \frac{0,8 \times 1,4 \times 200}{8 \times 94 \times 3,623} \times \left(180 - \frac{106}{2} \right) = 10,4 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 6 \square 20 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 18,9 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ malha}} = \frac{2 \times (1 - 0,8) \times 1,4 \times 200}{8 \times 94 \times 0,8 \times 3,623} \times \left(180 - \frac{106}{3} \right) = 7,43 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ malha}} = 6 \square 12,5 \text{ mm C/15} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 7,5 \text{ cm}^2/\text{m})$$

BLOCO BL8

$$a_{\text{Pilar}} = 53 \text{ cm}; N_k = 60 \text{ tf};$$

$$d = 74 \text{ cm};$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa};$$

$$\text{Cabeça das estacas} \square 38 \text{ cm};$$

$$\tan(\theta) = \frac{74}{\left(\frac{120}{2} - \frac{53}{4} \right)} = 1,58 \therefore \theta = 57,8^\circ$$

$$\sigma_{cd,biela,p} = \frac{1,4 \times 60 \times 100}{53 \times 40 \times \sin^2(57,8^\circ)} = 5,53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,biela,e} = \frac{1,4 \times 60 \times 100}{2 \times \frac{\pi \times 38^2}{4} \times \sin^2(54,64^\circ)} = 5,17 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,lim} = 1,4 \times 0,90 \times f_{cd} = 1,4 \times 0,9 \times \frac{30}{1,4} = 27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,lim} > \sigma_{cd,biela} \quad \text{Ok!!!}$$

$$A_s = 1,15 \times \frac{Qd \times l}{4 \times d \times \sigma_{sd}} \times \left(1 - \frac{a}{2l}\right); \quad \sigma_{sd} = \frac{f_{yk}}{1,2 \times 1,15} = 3,623 \text{ tf/m}^2;$$

$$A_s = 1,15 \times \frac{1,4 \times 60 \times 120}{4 \times 74 \times 3,623} \times \left(1 - \frac{53}{2 \times 120}\right) = 13,8 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 5 \square 20 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 15,75 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ t/face}} = 0,075 \times b = 0,075 \times 70 = 5,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s \text{ t}} = \square 10 \text{ mm C/15} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 5,33 \text{ cm}^2/\text{m})$$

BLOCO BL9

$$a_{\text{Pilar}} = 40 \text{ cm}; N_k = 60 \text{ tf};$$

$$d = 74 \text{ cm};$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa};$$

$$\text{Cabeça das estacas} \square 38 \text{ cm};$$

$$\text{tg}(\theta) = \frac{74}{\left(\frac{115}{2} - \frac{40}{4}\right)} = 1,55 \therefore \theta = 57,3^\circ$$

$$\sigma_{cd,biela,p} = \frac{1,4 \times 60 \times 100}{1600 \times \text{sen}^2(57,3^\circ)} = 7,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,biela,e} = \frac{1,4 \times 60 \times 100}{2 \times \frac{\pi \times 38^2}{4} \times \text{sen}^2(55,9^\circ)} = 5,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,\text{lim}} = 1,4 \times 0,90 \times f_{cd} = 1,4 \times 0,9 \times \frac{30}{1,4} = 27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,\text{lim}} > \sigma_{cd,biela} \quad \text{Ok!!!}$$

$$A_s = 1,15 \times \frac{Qd \times l}{4 \times d \times \sigma_{sd}} \times \left(1 - \frac{a}{2l}\right); \quad \sigma_{sd} = \frac{f_{yk}}{1,2 \times 1,15} = 3,623 \text{ tf/m}^2;$$

$$A_s = 1,15 \times \frac{1,4 \times 60 \times 115}{4 \times 74 \times 3,623} \times \left(1 - \frac{40}{2 \times 115}\right) = 8,55 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 5 \square 20 \text{ mm} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 15,75 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s \text{ t/face}} = 0,075 \times b = 0,075 \times 70 = 5,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s \text{ t}} = \square 10 \text{ mm C/15} \quad (A_{s \text{ ef.}} = 5,33 \text{ cm}^2/\text{m})$$

BLOCO BL10

$a_{\text{Pilar}} = 35,45 \text{ cm}; N_k = 120 \text{ tf};$

$d = 74 \text{ cm};$

$f_{ck} = 30 \text{ MPa};$

Cabeça das estacas $\square 38 \text{ cm};$

$$\tan(\theta) = \frac{74}{\frac{\sqrt{2}}{2} \left(120 - \frac{35,45}{2} \right)} = 1,023 \therefore \theta = 45,65^\circ$$

$$\sigma_{cd,biela,p} = \frac{1,4 \times 120}{35,45^2 \times \sin^2(45,65^\circ)} = 26,14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,biela,e} = \frac{1,4 \times 120}{4 \times \frac{\pi \times 38^2}{4} \times \sin^2(45,65^\circ)} = 7,24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,lim} = 2,1 \times 0,90 \times f_{cd} = 2,1 \times 0,9 \times \frac{30}{1,4} = 40 \text{ MPa}$$

$\sigma_{cd,lim} > \sigma_{cd,biela}$ Ok!!!

$$A_s = \frac{0,8 \times Qd}{8 \times d \times \sigma_{sd}} \times \left(l - \frac{a}{2} \right); \quad \sigma_{sd} = \frac{f_{yk}}{1,2 \times 1,15} = 3,623 \text{ tf/m}^2;$$

$$A_s = \frac{0,8 \times 1,4 \times 120}{8 \times 74 \times 3,623} \times \left(120 - \frac{35,45}{2} \right) = 6,4 \text{ cm}^2$$

$A_s = 5 \square 20 \text{ mm}$ ($A_{s \text{ ef.}} = 15,75 \text{ cm}^2$)

$$A_{s \text{ malha}} = \frac{2 \times (1 - 0,8) \times 1,4 \times 120}{8 \times 74 \times 0,8 \times 3,623} \times \left(120 - \frac{35,45}{3} \right) = 4,24 \text{ cm}^2$$

$A_{s \text{ malha}} = 5 \square 12,5 \text{ mm C/15}$ ($A_{s \text{ ef.}} = 8,33 \text{ cm}^2/\text{m}; 6,25 \text{ cm}^2$)

$$A_{s \text{ susp}} = \frac{1,4 \times 120}{6 \times 3,623} = 7,73 \text{ cm}^2 \text{ (total)}$$