|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | CLIENTE: | **MUNICÍPIO DE NITERÓI** | | | | | | | | |
| EMPREENDIMENTO: | | | **PROGRAMA REGIÃO OCEÂNICA SUSTENTÁVEL PRÓ-SUSTENTÁVEL** | | | | | | |
| logo_Planave_peq | | OPERAÇÃO: | | OS/OSA | | Nº PLANAVE | | | | REV. PLANAVE | |
| 1.17.195 | | 01/00 | | MC-H04-J04-0007 | | | | 0 | |
| CONTRATO: | | | | Nº CLIENTE | | | | REV. CLIENTE | |
| SEXEC Nº 009/2018 | | | | UGP-CAF-NIT-0024 | | | | 0 | |
| TÍTULO: | **PROJETO CANTO DE ITAIPU –**  **MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTRUTRAS E FUNDAÇÕES – SALA DE REUNIÃO** | | | | | | | | | | |
|  |
| **REV.** | **DESCRIÇÃO DAS REVISÕES** | | | | | | **DATA** | **EXE.** | **VER.** | | **APR.** |
| 0 | PARA APROVAÇÃO | | | | | | 22/11/18 | FCR | PVC | | HVA |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |
|  |  | | | | | |  |  |  | |  |

**ÍNDICE**

1 DADOS GERAIS DA ESTRUTURA 3

2 NORMAS CONSIDERADAS 3

3 AÇÕES CONSIDERADAS 3

4 ESTADOS LIMITES 5

5 SITUAÇÕES DE PROJETO 5

6 DADOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS E PISOS 9

7 DADOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PILARES-PAREDES E CORTINAS 9

8 DIMENSÕES, COEFICIENTES DE ENGASTAMENTO E COEFICIENTES DE

FLAMBAGEM PARA CADA PISO 9

9 RELATÓRIO DE PANOS 10

10 LAJES E ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO 12

11 MATERIAIS UTILIZADOS 12

12 ARMADURA DO RADIER 12

13 ARMADURA DAS VIGAS 18

**14 ARM.PILARES 27**

**15 ARM. DE PUNÇÃO 34**

1.- DADOS GERAIS DA ESTRUTURA

Projeto: ITAIPU - SALA DE REUNIÃO

2.- NORMAS CONSIDERADAS

Concreto: ABNT NBR 6118:2014

Aços dobrados: AISI

Aços laminados e soldados: ABNT NBR 8800:2008

**Categoria de uso:** Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público

3.- AÇÕES CONSIDERADAS

3.1.- Verticais

| Piso | S.C.U  (kN/m²) | C. permanentes  (kN/m²) |
| --- | --- | --- |
| COBERTURA | 0.5 | 0.5 |
| TETO | 0.5 | 0.5 |
| RADIER | 1.0 | 2.0 |

3.2.- Vento

NBR 6123. Forças devidas ao vento em edificações

Velocidade Básica: 37.00

Rugosidade: Categoria: II Classe: B

Fator Probabilístico: 1.00

Fator Topográfico: +X:1.00 -X:1.00 +Y:1.00 -Y:1.00

| **Larguras de faixa** | | |
| --- | --- | --- |
| Plantas | Largura de faixa Y  (m) | Largura de faixa X  (m) |
| Em todas as plantas | 4.90 | 6.80 |

Realiza-se análise dos efeitos de 2ª ordem

Valor para multiplicar os deslocamentos 1.43

Coeficientes de Cargas

+X: 1.00 -X:1.00

+Y: 1.00 -Y:1.00

| **Cargas de vento** | | |
| --- | --- | --- |
| Planta | Vento X  (kN) | Vento Y  (kN) |
| COBERTURA | 1.120 | 1.555 |
| TETO | 6.604 | 9.164 |

3.3.- Hipóteses/ações de carga

|  |  |
| --- | --- |
| Automáticas | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y |

3.4.- Relatório de cargas

Cargas especiais introduzidas (em kN, kN/m e kN/m²)

| Grupo | Hipótese | Tipo | Valor | Coordenadas |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | Cargas permanentes | Linear | 5.50 | ( 0.07, 4.79) ( 6.72, 4.79) |
|  | Cargas permanentes | Linear | 5.50 | ( 6.72, 4.79) ( 6.72, 0.07) |
|  | Cargas permanentes | Linear | 5.50 | ( 6.72, 0.07) ( 0.05, 0.07) |
|  | Cargas permanentes | Linear | 5.50 | ( 0.07, 0.07) ( 0.07, 4.79) |
| 1 | Cargas permanentes | Linear | 1.20 | ( 0.07, 4.82) ( 3.39, 4.82) |
|  | Cargas permanentes | Linear | 1.20 | ( 3.39, 4.82) ( 6.72, 4.82) |
|  | Cargas permanentes | Linear | 1.20 | ( 0.07, 2.45) ( 0.07, 4.79) |
|  | Cargas permanentes | Linear | 1.20 | ( 0.07, 0.10) ( 0.07, 2.45) |
|  | Cargas permanentes | Linear | 1.20 | ( 0.07, 0.07) ( 2.50, 0.07) |
|  | Cargas permanentes | Linear | 1.20 | ( 2.50, 0.07) ( 6.69, 0.07) |
|  | Cargas permanentes | Linear | 1.20 | ( 6.72, 0.07) ( 6.72, 2.45) |
|  | Cargas permanentes | Linear | 1.20 | ( 6.72, 2.45) ( 6.72, 4.79) |

4.- ESTADOS LIMITES

|  |  |
| --- | --- |
| E.L.U. Concreto  E.L.Util Fissuração. Concreto  E.L.U. Concreto em fundações | ABNT NBR 6118:2014(ELU) |
| Tensões sobre o terreno  Deslocamentos | Ações características |

5.- SITUAÇÕES DE PROJETO

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

**- Com coeficientes de combinação**

image5.wmf

**- Sem coeficientes de combinação**

image6.wmf

- Onde:

|  |  |
| --- | --- |
| Gk | Ação permanente |
| Pk | Acção de pré-esforço |
| Qk | Ação variável |
| G | Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes |
| P | Coeficiente parcial de segurança da acção de pré-esforço |
| Q,1 | Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal |
| Q,i | Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento |
| p,1 | Coeficiente de combinação da ação variável principal |
| a,i | Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento |

5.1.- Coeficientes parciais de segurança () e coeficientes de combinação ()

Para cada situação de projeto e estado limite, os coeficientes a utilizar serão:

**E.L.U. Concreto: ABNT NBR 6118:2014**

**E.L.U. Concreto em fundações: ABNT NBR 6118:2014**

| **Situação 1** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Coeficientes parciais de segurança () | | Coeficientes de combinação () | |
| Favorável | Desfavorável | Principal (p) | Acompanhamento (a) |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.400 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.400 | 1.000 | 0.700 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.400 | 1.000 | 0.600 |

**E.L.Util Fissuração. Concreto: ABNT NBR 6118:2014**

| **Situação 1** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Coeficientes parciais de segurança () | | Coeficientes de combinação () | |
| Favorável | Desfavorável | Principal (p) | Acompanhamento (a) |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 0.600 | 0.400 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 0.000 |

**Tensões sobre o terreno**

| **Ações variáveis sem sismo** | | |
| --- | --- | --- |
|  | Coeficientes parciais de segurança () | |
| Favorável | Desfavorável |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.000 |

**Deslocamentos**

| **Ações variáveis sem sismo** | | |
| --- | --- | --- |
|  | Coeficientes parciais de segurança () | |
| Favorável | Desfavorável |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.000 |

5.2.- Combinações

* **Nomes das ações**

|  |  |
| --- | --- |
| PP | Peso próprio |
| CP | Cargas permanentes |
| Qa | Sobrecarga |
| V(+X) | Vento +X |
| V(-X) | Vento -X |
| V(+Y) | Vento +Y |
| V(-Y) | Vento -Y |

* **E.L.U. Concreto**
* **E.L.U. Concreto em fundações**

| Comb. | PP | CP | Qa | V(+X) | V(-X) | V(+Y) | V(-Y) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1.000 | 1.000 |  |  |  |  |  |
| 2 | 1.400 | 1.400 |  |  |  |  |  |
| 3 | 1.000 | 1.000 | 1.400 |  |  |  |  |
| 4 | 1.400 | 1.400 | 1.400 |  |  |  |  |
| 5 | 1.000 | 1.000 |  | 1.400 |  |  |  |
| 6 | 1.400 | 1.400 |  | 1.400 |  |  |  |
| 7 | 1.000 | 1.000 | 0.980 | 1.400 |  |  |  |
| 8 | 1.400 | 1.400 | 0.980 | 1.400 |  |  |  |
| 9 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | 0.840 |  |  |  |
| 10 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 0.840 |  |  |  |
| 11 | 1.000 | 1.000 |  |  | 1.400 |  |  |
| 12 | 1.400 | 1.400 |  |  | 1.400 |  |  |
| 13 | 1.000 | 1.000 | 0.980 |  | 1.400 |  |  |
| 14 | 1.400 | 1.400 | 0.980 |  | 1.400 |  |  |
| 15 | 1.000 | 1.000 | 1.400 |  | 0.840 |  |  |
| 16 | 1.400 | 1.400 | 1.400 |  | 0.840 |  |  |
| 17 | 1.000 | 1.000 |  |  |  | 1.400 |  |
| 18 | 1.400 | 1.400 |  |  |  | 1.400 |  |
| 19 | 1.000 | 1.000 | 0.980 |  |  | 1.400 |  |
| 20 | 1.400 | 1.400 | 0.980 |  |  | 1.400 |  |
| 21 | 1.000 | 1.000 | 1.400 |  |  | 0.840 |  |
| 22 | 1.400 | 1.400 | 1.400 |  |  | 0.840 |  |
| 23 | 1.000 | 1.000 |  |  |  |  | 1.400 |
| 24 | 1.400 | 1.400 |  |  |  |  | 1.400 |
| 25 | 1.000 | 1.000 | 0.980 |  |  |  | 1.400 |
| 26 | 1.400 | 1.400 | 0.980 |  |  |  | 1.400 |
| 27 | 1.000 | 1.000 | 1.400 |  |  |  | 0.840 |
| 28 | 1.400 | 1.400 | 1.400 |  |  |  | 0.840 |

* **E.L.Util Fissuração. Concreto**

| Comb. | PP | CP | Qa | V(+X) | V(-X) | V(+Y) | V(-Y) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1.000 | 1.000 |  |  |  |  |  |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 0.600 |  |  |  |  |
| 3 | 1.000 | 1.000 |  | 0.300 |  |  |  |
| 4 | 1.000 | 1.000 | 0.400 | 0.300 |  |  |  |
| 5 | 1.000 | 1.000 |  |  | 0.300 |  |  |
| 6 | 1.000 | 1.000 | 0.400 |  | 0.300 |  |  |
| 7 | 1.000 | 1.000 |  |  |  | 0.300 |  |
| 8 | 1.000 | 1.000 | 0.400 |  |  | 0.300 |  |
| 9 | 1.000 | 1.000 |  |  |  |  | 0.300 |
| 10 | 1.000 | 1.000 | 0.400 |  |  |  | 0.300 |

* **Tensões sobre o terreno**
* **Deslocamentos**

| Comb. | PP | CP | Qa | V(+X) | V(-X) | V(+Y) | V(-Y) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1.000 | 1.000 |  |  |  |  |  |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |  |  |  |  |
| 3 | 1.000 | 1.000 |  | 1.000 |  |  |  |
| 4 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |  |  |  |
| 5 | 1.000 | 1.000 |  |  | 1.000 |  |  |
| 6 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |  | 1.000 |  |  |
| 7 | 1.000 | 1.000 |  |  |  | 1.000 |  |
| 8 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |  |  | 1.000 |  |
| 9 | 1.000 | 1.000 |  |  |  |  | 1.000 |
| 10 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |  |  |  | 1.000 |

6.- DADOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS E PISOS

| Grupo | Nome do grupo | Piso | Nome piso | Altura | Cota |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | Piso 2 | 2 | Piso 2 | 0.65 | 3.95 |
| 1 | Piso 1 | 1 | Piso 1 | 3.30 | 3.30 |
| 0 | Fundação |  |  |  | 0.00 |

7.- DADOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PILARES-PAREDES E CORTINAS

7.1.- Pilares

GI: grupo inicial

GF: grupo final

Ang: ângulo do pilar em graus sexagesimais

Dados dos pilares

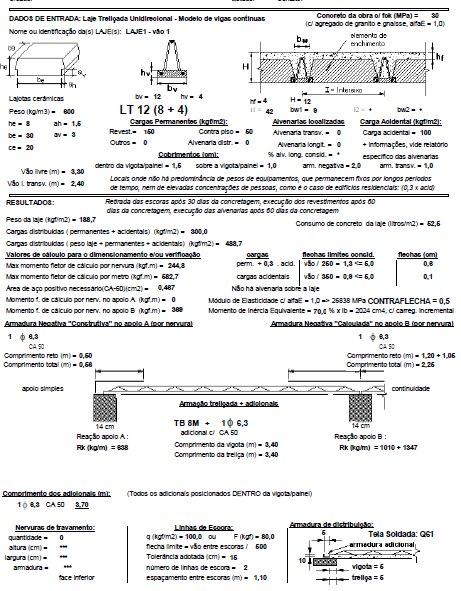
| Referência | Coord(P.Fixo) | GI- GF | Vinculação exterior | Ang. | Ponto fixo |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| P1 | ( 0.07, 4.79) | 0-2 | Sem vinculação exterior | 90.0 | Centro |
| P2 | ( 3.40, 4.82) | 0-2 | Sem vinculação exterior | 0.0 | Centro |
| P3 | ( 6.72, 4.79) | 0-2 | Sem vinculação exterior | 90.0 | Centro |
| P4 | ( 0.07, 2.45) | 0-2 | Sem vinculação exterior | 90.0 | Centro |
| P5 | ( 6.72, 2.45) | 0-2 | Sem vinculação exterior | 90.0 | Centro |
| P6 | ( 0.07, 0.10) | 0-2 | Sem vinculação exterior | 90.0 | Centro |
| P7 | ( 2.50, 0.07) | 0-2 | Sem vinculação exterior | 0.0 | Centro |
| P8 | ( 6.69, 0.07) | 0-2 | Sem vinculação exterior | 0.0 | Centro |

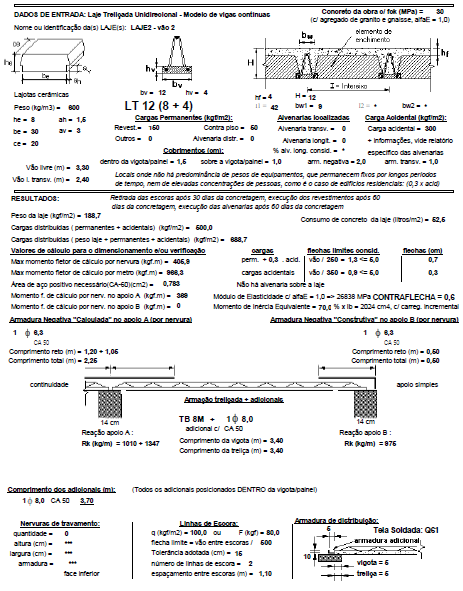
8.- DIMENSÕES, COEFICIENTES DE ENGASTAMENTO E COEFICIENTES DE FLAMBAGEM PARA CADA PISO

| Pilar | Piso | Dimensões  (cm) | Coeficiente de engastamento | | Coeficiente de flambagem | | Coeficiente de rigidez axial |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ext.Superior | Ext.Inferior | X | Y |
| Para todos os pilares | 2 | 25x15 | 0.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 |
| 1 | 25x15 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 |

9.- RELATÓRIO DE PANOS

Tipos de lajes consideradas





10.- LAJES E ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO

| Lajes fundação | Altura (cm) | Coef. de recalque (kN/m³) | Tensão admissível  em combinações  fundamentais (MPa) | Tensão admissível  em combinações  acidentais (MPa) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Todas | 18 | 13000.00 | 0.050 | 0.050 |

11.- MATERIAIS UTILIZADOS

11.1.- Concretos

| Elemento | Concreto | fck  (MPa) | c | Agregado | | Ec  (MPa) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Natureza | Tamanho máximo  (mm) |
| Todos | C35, em geral | 35 | 1.40 | Calcário | 19 | 26463 |

11.2.- Aços por elemento

11.2.1.- Aços em barras

| Elemento | Aço | fyk  (MPa) | s |
| --- | --- | --- | --- |
| Todos | CA-50 | 500 | 1.15 |

11.2.2.- Aços em perfis

| Tipo de aço para perfis | Aço | Limite elástico  (MPa) | Módulo de elasticidade  (GPa) |
| --- | --- | --- | --- |
| Aço dobrado | A-36 | 250 | 205 |
| Aço laminado | A-36 | 250 | 200 |

12. – ARMADURA DO RADIER

Malha 1: Laje maciça

——————————————————————————————————————————————————————————————————————————————

Vigas longitudinais

Armadura Base Inferior: Não se coloca

Armadura Base Superior: Não se coloca

Altura: 18

Viga 3: (y= -0.80) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 4: (y= -0.55) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 5: (y= -0.30) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 6: (y= -0.05) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 7: (y= 0.20) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 8: (y= 0.45) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 9: (y= 0.70) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 10: (y= 0.95) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 11: (y= 1.20) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 12: (y= 1.45) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 13: (y= 1.70) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 14: (y= 1.95) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 15: (y= 2.20) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 16: (y= 2.45) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 17: (y= 2.70) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 18: (y= 2.95) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 19: (y= 3.20) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 20: (y= 3.45) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 21: (y= 3.70) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 22: (y= 3.95) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 23: (y= 4.20) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 24: (y= 4.45) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 25: (y= 4.70) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 26: (y= 4.95) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 27: (y= 5.20) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 28: (y= 5.45) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

Viga 29: (y= 5.70) Inferior 12+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (x= -0.98)-(x= 7.75) +16 1Ø6.3c/10

————————————————————————————————————————

Vigas transversais

Armadura Base Inferior: Não se coloca

Armadura Base Superior: Não se coloca

Altura: 18

Viga 2: (x= -0.87) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 3: (x= -0.62) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 4: (x= -0.37) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 5: (x= -0.12) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 6: (x= 0.14) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 7: (x= 0.38) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 8: (x= 0.63) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 9: (x= 0.88) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 10: (x= 1.13) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 11: (x= 1.38) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 12: (x= 1.63) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 13: (x= 1.88) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 14: (x= 2.13) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 15: (x= 2.38) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 16: (x= 2.63) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 17: (x= 2.88) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 18: (x= 3.13) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 19: (x= 3.38) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 20: (x= 3.63) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 21: (x= 3.88) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 22: (x= 4.14) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 23: (x= 4.39) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 24: (x= 4.64) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 25: (x= 4.89) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 26: (x= 5.14) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 27: (x= 5.39) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 28: (x= 5.64) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 29: (x= 5.89) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 30: (x= 6.14) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 31: (x= 6.39) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 32: (x= 6.64) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 33: (x= 6.89) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 34: (x= 7.14) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 35: (x= 7.39) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

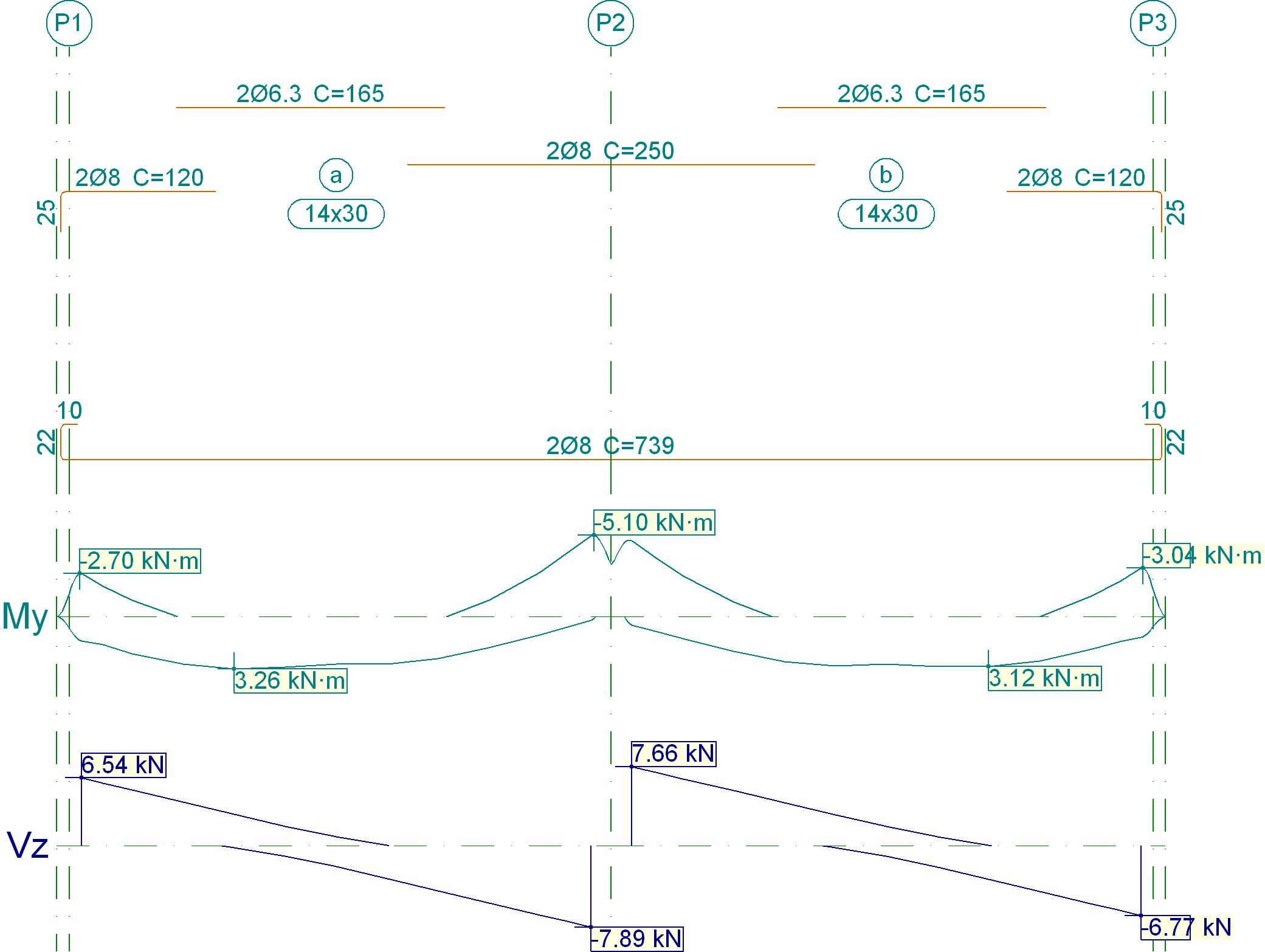
Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

Viga 36: (x= 7.64) Inferior 12+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +12 1Ø6.3c/10

Superior 16+ (y= -0.97)-(y= 5.87) +16 1Ø6.3c/10

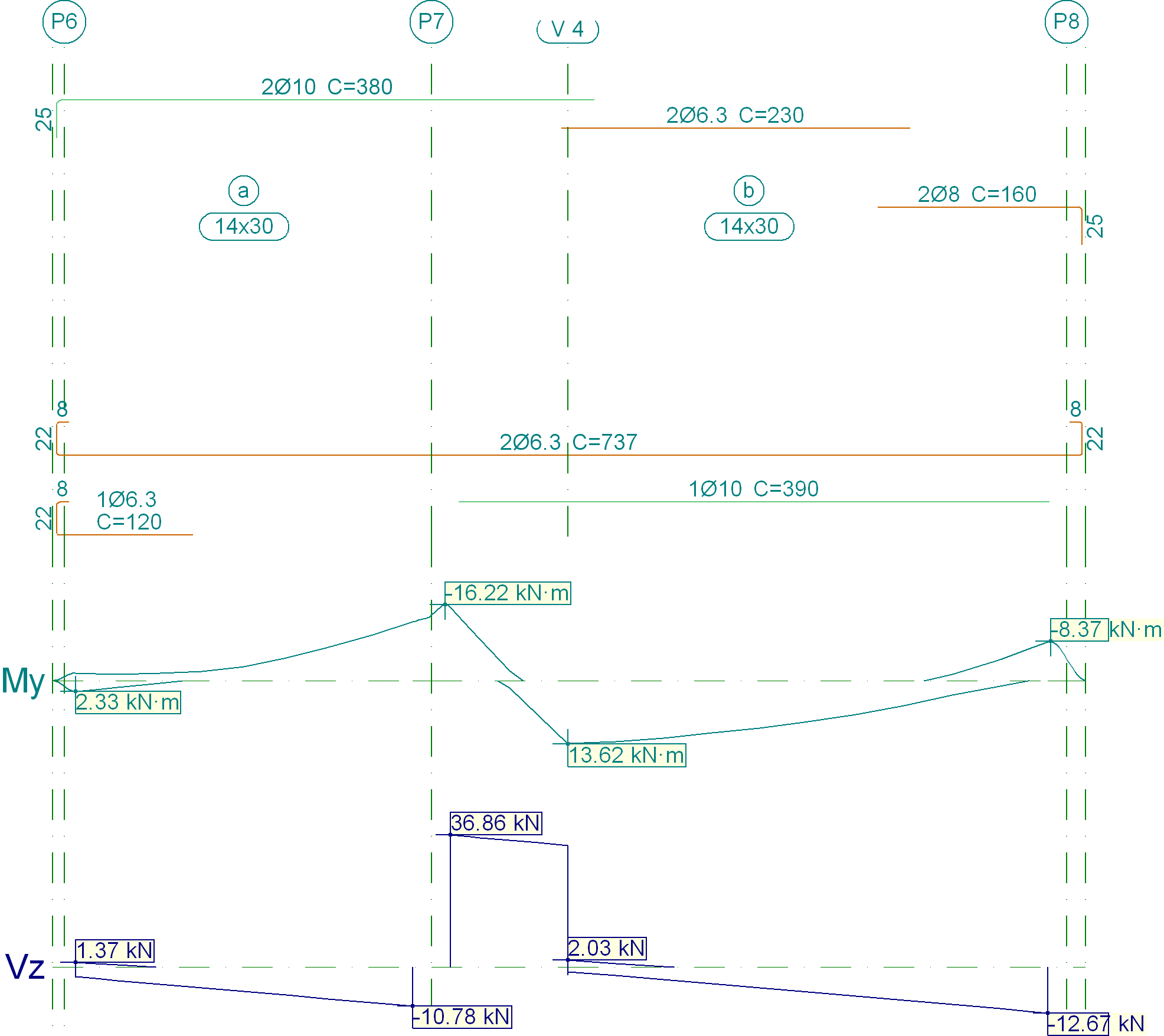
13. – ARMADURA DAS VIGAS

V 1



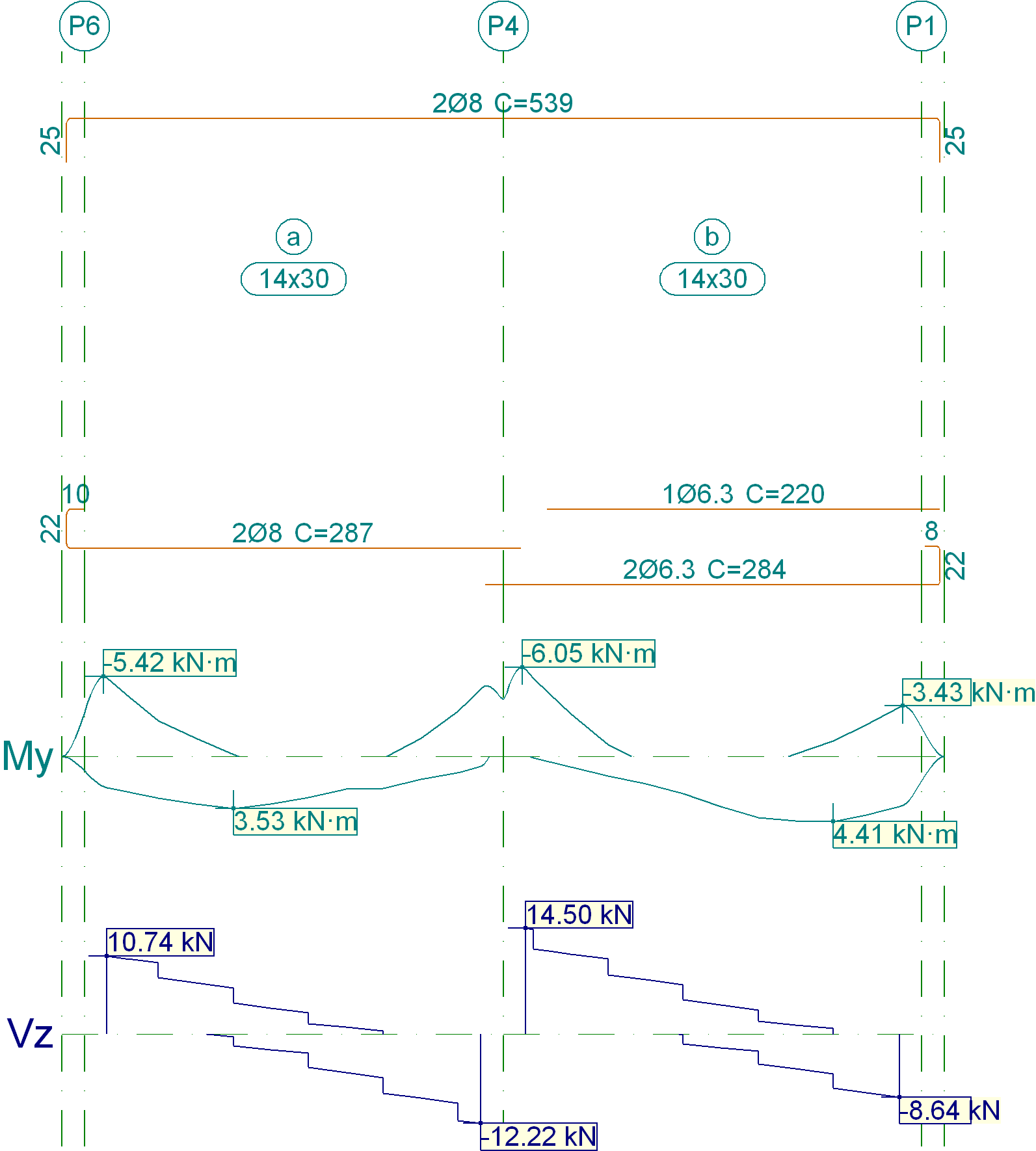
| **V 1** | | | **Tramo: a** | | | **Tramo: b** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corte** | | | **14x30** | | | **14x30** | | |
| **Região** | | | **1/3L** | **2/3L** | **3/3L** | **1/3L** | **2/3L** | **3/3L** |
| **Momento mín.** | [kN·m] | | **-2.68** | **--** | **-5.04** | **-4.73** | **--** | **-3.02** |
| **x** | [m] | | 0.00 | -- | 3.13 | 0.00 | -- | 3.13 |
| **Momento máx.** | [kN·m] | | **3.26** | **3.18** | **2.64** | **2.81** | **3.11** | **3.12** |
| **x** | [m] | | 0.94 | 1.25 | 2.19 | 0.94 | 1.88 | 2.19 |
| **Esforço cortante mín.** | [kN] | | **-0.19** | **-3.19** | **-7.89** | **--** | **-2.08** | **-6.77** |
| **x** | [m] | | 0.94 | 1.88 | 3.13 | -- | 1.88 | 3.13 |
| **Esforço cortante máx.** | [kN] | | **6.54** | **1.85** | **--** | **7.66** | **3.00** | **0.06** |
| **x** | [m] | | 0.00 | 1.25 | -- | 0.00 | 1.25 | 2.19 |
| **Torçor mín.** | [kN] | | **--** | **--** | **--** | **--** | **--** | **--** |
| **x** | [m] | | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| **Torçor máx.** | [kN] | | **--** | **--** | **--** | **--** | **--** | **--** |
| **x** | [m] | | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| **Área Sup.** | [cm²] | Real | **1.01** | **0.62** | **1.01** | **1.01** | **0.62** | **1.01** |
| Nec. | 0.85 | 0.00 | 0.85 | 0.85 | 0.00 | 0.85 |
| **Área Inf.** | [cm²] | Real | **1.01** | **1.01** | **1.01** | **1.01** | **1.01** | **1.01** |
| Nec. | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| **Área Transv.** | [cm²/m] | Real | **4.16** | **4.16** | **4.16** | **4.16** | **4.16** | **4.16** |
| Nec. | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 |
| **F. Sobrecarga** | | | **0.00 mm, <L/1000 (L: 3.13 m)** | | | **0.00 mm, <L/1000 (L: 3.13 m)** | | |
| **F. no tempo infinito** | | | **0.36 mm, L/8587 (L: 3.13 m)** | | | **0.37 mm, L/8528 (L: 3.13 m)** | | |

V 2



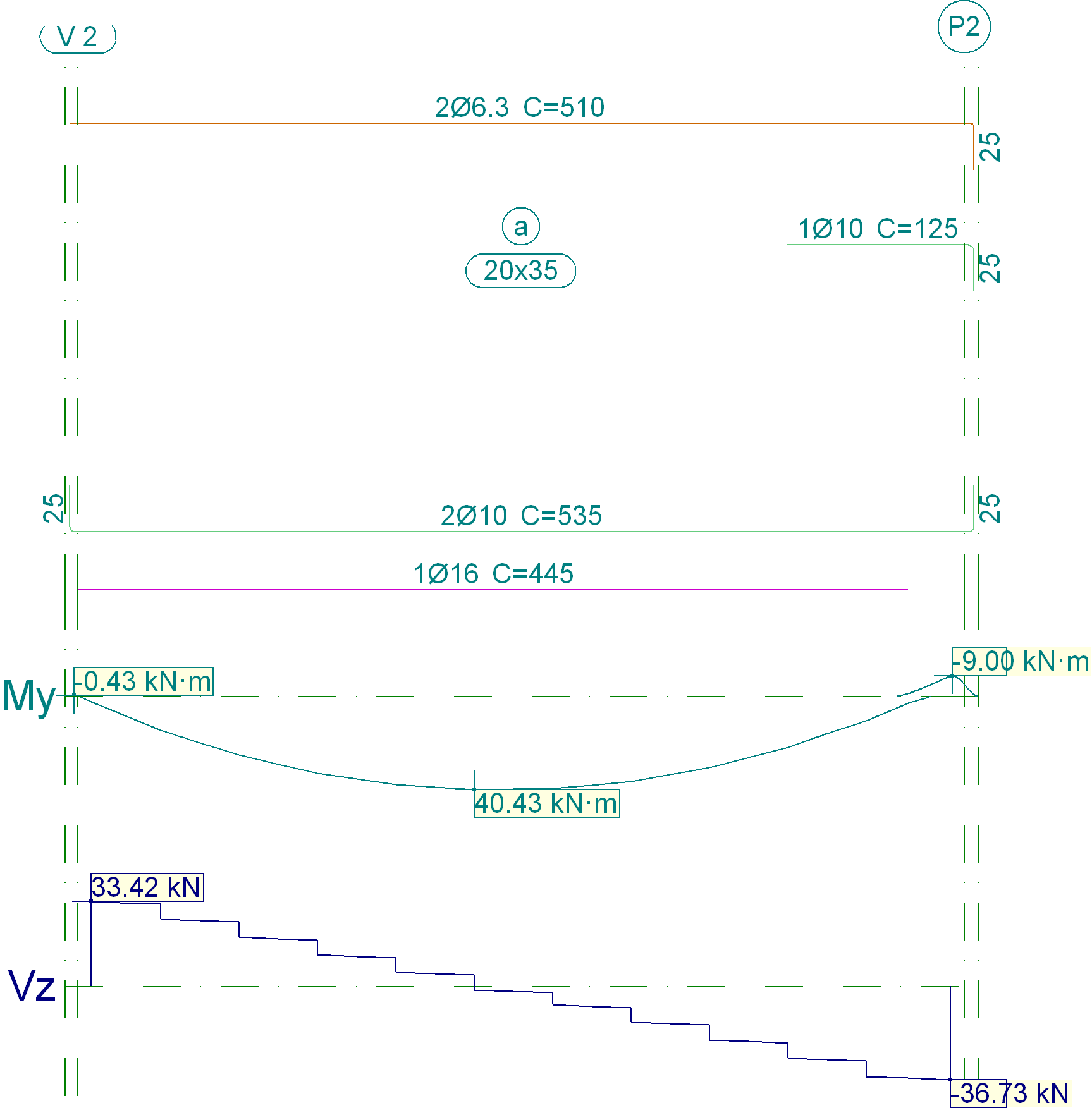
| **V 2** | | | **Tramo: a** | | | **Tramo: b** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corte** | | | **14x30** | | | **14x30** | | |
| **Região** | | | **1/3L** | **2/3L** | **3/3L** | **1/3L** | **2/3L** | **3/3L** |
| **Momento mín.** | [kN·m] | | **-1.62** | **-4.86** | **-12.58** | **-15.63** | **--** | **-8.30** |
| **x** | [m] | | 0.00 | 1.39 | 2.23 | 0.00 | -- | 3.94 |
| **Momento máx.** | [kN·m] | | **2.33** | **--** | **--** | **13.62** | **12.30** | **7.27** |
| **x** | [m] | | 0.00 | -- | -- | 0.77 | 1.41 | 2.68 |
| **Esforço cortante mín.** | [kN] | | **-4.65** | **-7.72** | **-10.78** | **-2.17** | **-6.84** | **-12.67** |
| **x** | [m] | | 0.56 | 1.39 | 2.23 | 1.09 | 2.36 | 3.94 |
| **Esforço cortante máx.** | [kN] | | **1.37** | **--** | **--** | **36.86** | **0.18** | **--** |
| **x** | [m] | | 0.00 | -- | -- | 0.00 | 1.41 | -- |
| **Torçor mín.** | [kN] | | **--** | **--** | **--** | **--** | **--** | **--** |
| **x** | [m] | | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| **Torçor máx.** | [kN] | | **--** | **--** | **--** | **--** | **--** | **--** |
| **x** | [m] | | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| **Área Sup.** | [cm²] | Real | **1.57** | **1.57** | **1.57** | **1.57** | **0.62** | **1.01** |
| Nec. | 0.85 | 0.85 | 1.28 | 1.49 | 0.00 | 0.85 |
| **Área Inf.** | [cm²] | Real | **0.94** | **0.62** | **0.62** | **1.41** | **1.41** | **1.41** |
| Nec. | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 1.24 | 1.12 | 0.85 |
| **Área Transv.** | [cm²/m] | Real | **4.16** | **4.16** | **4.16** | **4.16** | **4.16** | **4.16** |
| Nec. | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 |
| **F. Sobrecarga** | | | **0.09 mm, L/24006 (L: 2.23 m)** | | | **0.15 mm, L/26340 (L: 3.94 m)** | | |
| **F. no tempo infinito** | | | **0.43 mm, L/5130 (L: 2.23 m)** | | | **2.38 mm, L/1655 (L: 3.94 m)** | | |

V 3



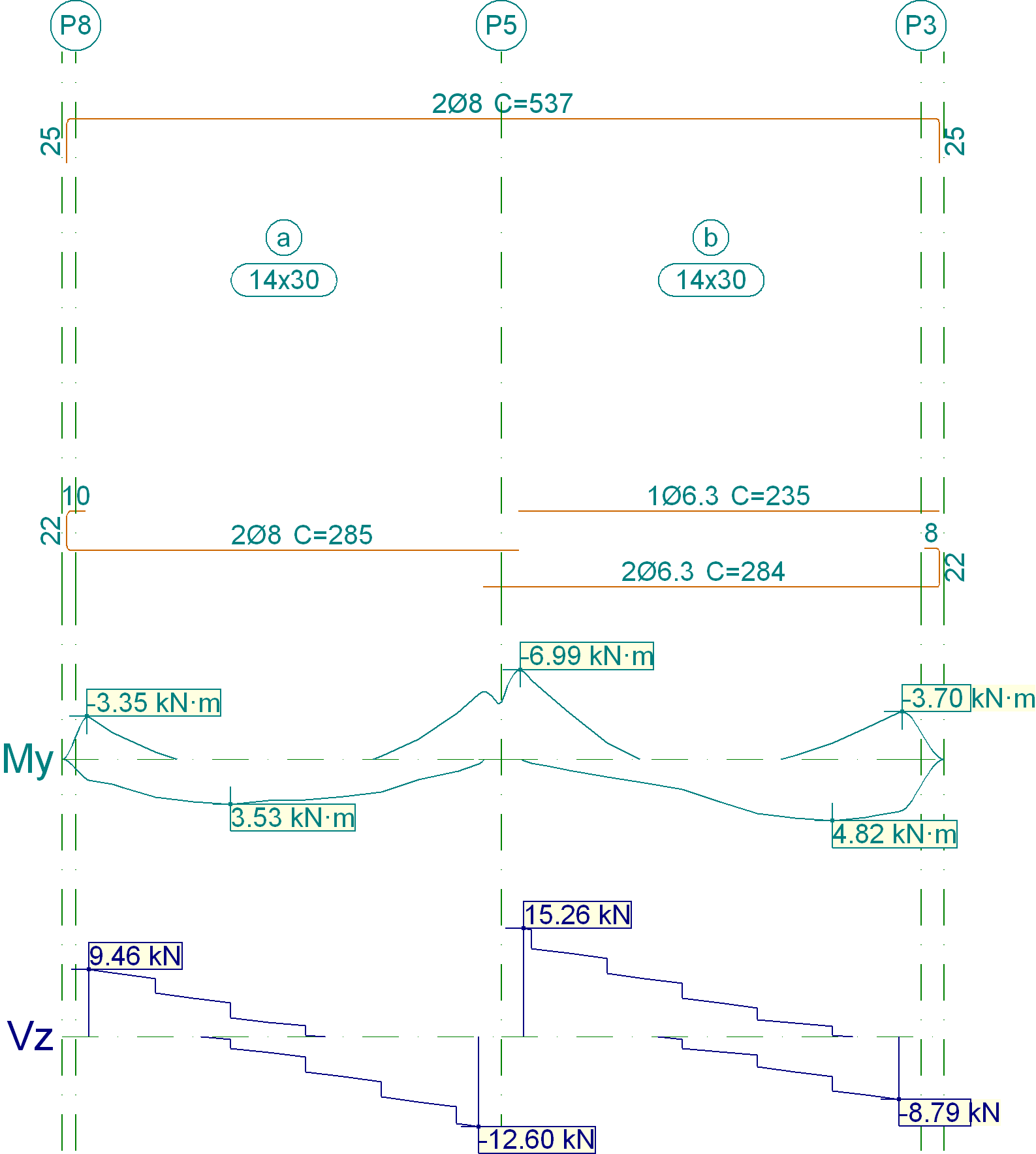
| **V 3** | | | **Tramo: a** | | | **Tramo: b** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corte** | | | **14x30** | | | **14x30** | | |
| **Região** | | | **1/3L** | **2/3L** | **3/3L** | **1/3L** | **2/3L** | **3/3L** |
| **Momento mín.** | [kN·m] | | **-5.34** | **--** | **-4.60** | **-5.90** | **--** | **-3.35** |
| **x** | [m] | | 0.00 | -- | 2.10 | 0.00 | -- | 2.10 |
| **Momento máx.** | [kN·m] | | **3.24** | **3.53** | **2.17** | **1.86** | **4.16** | **4.41** |
| **x** | [m] | | 0.50 | 0.71 | 1.55 | 0.67 | 1.30 | 1.72 |
| **Esforço cortante mín.** | [kN] | | **--** | **-5.22** | **-12.22** | **--** | **-4.05** | **-8.64** |
| **x** | [m] | | -- | 1.34 | 2.10 | -- | 1.30 | 2.10 |
| **Esforço cortante máx.** | [kN] | | **10.74** | **6.36** | **0.50** | **14.50** | **6.78** | **1.31** |
| **x** | [m] | | 0.00 | 0.71 | 1.55 | 0.00 | 0.88 | 1.51 |
| **Torçor mín.** | [kN] | | **--** | **--** | **--** | **--** | **--** | **--** |
| **x** | [m] | | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| **Torçor máx.** | [kN] | | **--** | **--** | **--** | **1.26** | **--** | **--** |
| **x** | [m] | | -- | -- | -- | 0.00 | -- | -- |
| **Área Sup.** | [cm²] | Real | **1.01** | **1.01** | **1.01** | **1.01** | **1.01** | **1.01** |
| Nec. | 0.85 | 0.11 | 0.85 | 0.85 | 0.00 | 0.85 |
| **Área Inf.** | [cm²] | Real | **1.01** | **1.01** | **1.01** | **0.94** | **0.94** | **0.94** |
| Nec. | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| **Área Transv.** | [cm²/m] | Real | **4.16** | **4.16** | **4.16** | **4.16** | **4.16** | **4.16** |
| Nec. | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 |
| **F. Sobrecarga** | | | **0.00 mm, <L/1000 (L: 2.10 m)** | | | **0.00 mm, <L/1000 (L: 2.10 m)** | | |
| **F. no tempo infinito** | | | **0.12 mm, L/16998 (L: 2.10 m)** | | | **0.15 mm, L/13613 (L: 2.10 m)** | | |

V 4



| **V 4** | | | **Tramo: a** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corte** | | | **20x35** | | |
| **Região** | | | **1/3L** | **2/3L** | **3/3L** |
| **Momento mín.** | [kN·m] | | **--** | **--** | **-8.80** |
| **x** | [m] | | -- | -- | 4.61 |
| **Momento máx.** | [kN·m] | | **35.89** | **40.43** | **33.93** |
| **x** | [m] | | 1.42 | 2.05 | 3.10 |
| **Esforço cortante mín.** | [kN] | | **--** | **-14.11** | **-36.73** |
| **x** | [m] | | -- | 2.89 | 4.61 |
| **Esforço cortante máx.** | [kN] | | **33.42** | **11.30** | **--** |
| **x** | [m] | | 0.00 | 1.63 | -- |
| **Torçor mín.** | [kN] | | **--** | **--** | **--** |
| **x** | [m] | | -- | -- | -- |
| **Torçor máx.** | [kN] | | **--** | **--** | **--** |
| **x** | [m] | | -- | -- | -- |
| **Área Sup.** | [cm²] | Real | **0.62** | **0.62** | **1.41** |
| Nec. | 0.00 | 0.00 | 1.41 |
| **Área Inf.** | [cm²] | Real | **3.58** | **3.58** | **3.58** |
| Nec. | 3.00 | 3.17 | 2.87 |
| **Área Transv.** | [cm²/m] | Real | **3.47** | **3.47** | **3.47** |
| Nec. | 2.57 | 2.57 | 2.57 |
| **F. Sobrecarga** | | | **2.16 mm, L/2129 (L: 4.61 m)** | | |
| **F. no tempo infinito** | | | **14.30 mm, L/322 (L: 4.61 m)** | | |

V 5



14.- ARM.PILARES

| Armadura de pilares | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Concreto: C35, em geral | | | | | | | | | |
| Pilar | Geometria | | | Armaduras | | | | Aprov.  (%) | Estado |
| Planta | Dimensões  (cm) | Tramo  (m) | Barras | | Estribos | |
| Cantos | Taxa  (%) | Descrição(1) | Espaçamento  (cm) |
| P1 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 |  | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 1.7 | Passa |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 36.1 | Passa |
|  | Fundação | - | - | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | - | 29.9 | Passa |
| P2 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 |  | 1.31 | 1eØ6.3 | 15 | 2.1 | Passa |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.83 | 4Ø12.5 | 1.31 | 1eØ6.3 | 15 | 100.0 | Passa |
|  | Fundação | - | - | 4Ø12.5 | 1.31 | 1eØ6.3 | - | 56.3 | Passa |
| P3 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 |  | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 1.7 | Passa |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 40.7 | Passa |
|  | Fundação | - | - | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | - | 34.7 | Passa |
| P4 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 |  | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 1.7 | Passa |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 39.7 | Passa |
|  | Fundação | - | - | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | - | 33.6 | Passa |
| P5 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 |  | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 1.7 | Passa |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 41.2 | Passa |
|  | Fundação | - | - | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | - | 34.7 | Passa |
| P6 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 |  | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 1.7 | Passa |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 38.2 | Passa |
|  | Fundação | - | - | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | - | 37.4 | Passa |
| P7 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 |  | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 3.0 | Passa |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 65.4 | Passa |
|  | Fundação | - | - | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | - | 39.8 | Passa |
| P8 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 |  | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 3.0 | Passa |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | 12 | 65.3 | Passa |
|  | Fundação | - | - | 4Ø10 | 0.84 | 1eØ6.3 | - | 43.4 | Passa |
| *Notas:*  *(1) e = estribo, r = ramo* | | | | | | | | | |

14.1.- ESFORÇOS EM PILARES, PILARES-PAREDES E MUROS POR HIPÓTESE

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

* Nota:

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Planta | Dimensão  (cm) | Tramo  (m) | Hipótese | Base | | | | | | Ext.Sup. | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N  (kN) | Mx  (kN·m) | My  (kN·m) | Qx  (kN) | Qy  (kN) | T  (kN·m) | N  (kN) | Mx  (kN·m) | My  (kN·m) | Qx  (kN) | Qy  (kN) | T  (kN·m) |
| P1 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 0.6  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | -0.0  -0.0  -0.0  0.1  -0.1  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | -0.0  -0.0  -0.0  0.2  -0.2  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | -0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0 | -0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | -0.0  -0.0  -0.0  0.2  -0.2  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 7.7  3.4  0.6  -0.8  0.8  1.9  -1.9 | 0.3  -0.2  0.1  -0.1  0.1  -2.2  2.2 | -0.2  -0.2  -0.0  1.1  -1.1  -0.0  0.0 | 0.1  -0.2  0.0  -0.1  0.1  -1.4  1.4 | -0.2  -0.2  -0.0  0.8  -0.8  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 5.0  3.4  0.6  -0.8  0.8  1.9  -1.9 | 0.1  0.3  0.0  0.1  -0.1  1.9  -1.9 | 0.4  0.3  0.0  -1.1  1.1  0.0  -0.0 | 0.1  -0.2  0.0  -0.1  0.1  -1.4  1.4 | -0.2  -0.2  -0.0  0.8  -0.8  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P2 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 0.6  -0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0 | 0.0  -0.0  0.0  -0.1  0.1  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.2  0.2 | -0.0  -0.0  0.0  -0.1  0.1  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.2  0.2 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 0.0  -0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0 | 0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0 | 0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  0.0  -0.1  0.1  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.2  0.2 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.83 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 26.1  9.1  4.3  -0.0  0.0  0.5  -0.5 | -0.2  -0.0  -0.0  -2.5  2.5  0.2  -0.2 | -2.2  -0.4  -0.5  -0.0  0.0  -1.1  1.1 | -0.1  -0.0  -0.0  -1.8  1.8  0.1  -0.1 | -2.3  -0.5  -0.5  -0.0  0.0  -0.7  0.7 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 23.5  9.1  4.3  -0.0  0.0  0.5  -0.5 | 0.2  0.0  0.1  2.5  -2.5  -0.2  0.2 | 4.3  1.0  1.0  0.0  -0.0  1.0  -1.0 | -0.1  -0.0  -0.0  -1.8  1.8  0.1  -0.1 | -2.3  -0.5  -0.5  -0.0  0.0  -0.7  0.7 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P3 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 0.6  -0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.1  -0.1  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.2  -0.2  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | 0.0  -0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0 | -0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.2  -0.2  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 7.7  3.3  0.6  0.8  -0.8  2.1  -2.1 | 0.4  -0.1  0.1  0.1  -0.1  -2.4  2.4 | 0.4  0.2  0.1  1.1  -1.1  -0.1  0.1 | 0.1  -0.1  0.0  0.1  -0.1  -1.6  1.6 | 0.3  0.2  0.1  0.8  -0.8  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 5.1  3.3  0.6  0.8  -0.8  2.1  -2.1 | -0.0  0.2  0.0  -0.1  0.1  2.2  -2.2 | -0.6  -0.3  -0.1  -1.1  1.1  0.1  -0.1 | 0.1  -0.1  0.0  0.1  -0.1  -1.6  1.6 | 0.3  0.2  0.1  0.8  -0.8  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P4 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 0.6  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0 | 0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | -0.0  -0.0  -0.0  0.1  -0.1  0.0  -0.0 | 0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | -0.0  -0.0  -0.0  0.2  -0.2  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0 | -0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0 | -0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | 0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | -0.0  -0.0  -0.0  0.2  -0.2  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0 |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 12.9  5.1  2.0  -0.2  0.2  -0.0  0.0 | 0.7  0.2  0.2  -0.1  0.1  -2.7  2.7 | -0.3  -0.0  -0.1  0.5  -0.5  0.0  -0.0 | 0.5  0.1  0.1  -0.1  0.1  -1.9  1.9 | -0.3  -0.1  -0.1  0.2  -0.2  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 10.3  5.1  2.0  -0.2  0.2  -0.0  0.0 | -0.7  -0.2  -0.2  0.1  -0.1  2.8  -2.8 | 0.7  0.2  0.2  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 0.5  0.1  0.1  -0.1  0.1  -1.9  1.9 | -0.3  -0.1  -0.1  0.2  -0.2  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P5 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 0.6  -0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0 | -0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.1  -0.1  -0.0  0.0 | -0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.2  -0.2  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0 | -0.0  -0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0 | -0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0 | -0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.2  -0.2  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0 |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 13.5  5.5  2.1  0.2  -0.2  -0.8  0.8 | 0.6  0.2  0.2  0.1  -0.1  -2.9  2.9 | 0.3  0.0  0.1  0.5  -0.5  -0.0  0.0 | 0.4  0.1  0.1  0.1  -0.1  -2.1  2.1 | 0.3  0.1  0.1  0.2  -0.2  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 10.9  5.5  2.1  0.2  -0.2  -0.8  0.8 | -0.6  -0.2  -0.2  -0.1  0.1  3.1  -3.1 | -0.7  -0.2  -0.2  -0.0  0.0  0.0  -0.0 | 0.4  0.1  0.1  0.1  -0.1  -2.1  2.1 | 0.3  0.1  0.1  0.2  -0.2  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P6 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 0.6  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.1  -0.1  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.2  -0.2  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | -0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | -0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.2  -0.2  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 6.1  2.6  0.4  -1.2  1.2  -1.9  1.9 | 0.9  0.5  0.2  -0.0  0.0  -2.2  2.2 | 0.1  -0.1  0.0  1.1  -1.1  0.0  -0.0 | 0.7  0.3  0.2  0.0  -0.0  -1.4  1.4 | 0.1  -0.1  0.0  0.7  -0.7  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 3.5  2.6  0.4  -1.2  1.2  -1.9  1.9 | -1.2  -0.5  -0.3  -0.0  0.0  1.9  -1.9 | -0.2  0.1  -0.1  -1.0  1.0  0.0  -0.0 | 0.7  0.3  0.2  0.0  -0.0  -1.4  1.4 | 0.1  -0.1  0.0  0.7  -0.7  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P7 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 0.6  0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  0.0 | 0.0  -0.0  -0.0  -0.1  0.1  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  -0.2  0.2 | 0.0  0.0  0.0  -0.1  0.1  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  -0.2  0.2 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  -0.1  0.1  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  -0.2  0.2 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 24.1  8.6  3.9  0.3  -0.3  -0.4  0.4 | 1.8  0.6  0.4  -2.4  2.4  -0.1  0.1 | 0.0  -0.1  0.0  -0.0  0.0  -0.4  0.4 | 1.8  0.6  0.4  -1.7  1.7  -0.1  0.1 | 0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 21.4  8.6  3.9  0.3  -0.3  -0.4  0.4 | -3.3  -1.2  -0.7  2.5  -2.5  0.2  -0.2 | -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  -0.2  0.2 | 1.8  0.6  0.4  -1.7  1.7  -0.1  0.1 | 0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P8 | Piso 2 | 25x15 | 3.30/3.95 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 0.6  0.0  0.0  -0.0  0.0  0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  -0.1  0.1  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.2  0.2 | 0.0  0.0  0.0  -0.1  0.1  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.2  0.2 | 0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | -0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | -0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  -0.1  0.1  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.2  0.2 | 0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 |
|  | Piso 1 | 25x15 | 0.00/2.88 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 11.2  4.8  1.3  0.9  -0.9  -1.4  1.4 | -1.2  -0.6  -0.2  -1.9  1.9  -0.2  0.2 | 0.5  0.3  0.1  0.0  -0.0  -1.3  1.3 | -1.4  -0.7  -0.3  -1.2  1.2  -0.1  0.1 | 0.4  0.2  0.1  0.0  -0.0  -0.9  0.9 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 | 8.6  4.8  1.3  0.9  -0.9  -1.4  1.4 | 2.9  1.3  0.5  1.6  -1.6  0.2  -0.2 | -0.6  -0.3  -0.1  -0.0  0.0  1.2  -1.2 | -1.4  -0.7  -0.3  -1.2  1.2  -0.1  0.1 | 0.4  0.2  0.1  0.0  -0.0  -0.9  0.9 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |

14.2.- ARRANQUES EM PILARES, PILARES-PAREDES E MUROS POR HIPÓTESE

* Nota:

Esforços em relação aos eixos locais do pilar.

| Pilar | Hipótese | Esforços em elem.fundação | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N  (kN) | Mx  (kN·m) | My  (kN·m) | Qx  (kN) | Qy  (kN) | T  (kN·m) |
| P1 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 7.7  3.4  0.6  -0.8  0.8  1.9  -1.9 | 0.3  -0.2  0.1  -0.1  0.1  -2.2  2.2 | -0.2  -0.2  -0.0  1.1  -1.1  -0.0  0.0 | 0.1  -0.2  0.0  -0.1  0.1  -1.4  1.4 | -0.2  -0.2  -0.0  0.8  -0.8  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P2 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 26.1  9.1  4.3  -0.0  0.0  0.5  -0.5 | -0.2  -0.0  -0.0  -2.5  2.5  0.2  -0.2 | -2.2  -0.4  -0.5  -0.0  0.0  -1.1  1.1 | -0.1  -0.0  -0.0  -1.8  1.8  0.1  -0.1 | -2.3  -0.5  -0.5  -0.0  0.0  -0.7  0.7 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P3 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 7.7  3.3  0.6  0.8  -0.8  2.1  -2.1 | 0.4  -0.1  0.1  0.1  -0.1  -2.4  2.4 | 0.4  0.2  0.1  1.1  -1.1  -0.1  0.1 | 0.1  -0.1  0.0  0.1  -0.1  -1.6  1.6 | 0.3  0.2  0.1  0.8  -0.8  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P4 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 12.9  5.1  2.0  -0.2  0.2  -0.0  0.0 | 0.7  0.2  0.2  -0.1  0.1  -2.7  2.7 | -0.3  -0.0  -0.1  0.5  -0.5  0.0  -0.0 | 0.5  0.1  0.1  -0.1  0.1  -1.9  1.9 | -0.3  -0.1  -0.1  0.2  -0.2  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P5 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 13.5  5.5  2.1  0.2  -0.2  -0.8  0.8 | 0.6  0.2  0.2  0.1  -0.1  -2.9  2.9 | 0.3  0.0  0.1  0.5  -0.5  -0.0  0.0 | 0.4  0.1  0.1  0.1  -0.1  -2.1  2.1 | 0.3  0.1  0.1  0.2  -0.2  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P6 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 6.1  2.6  0.4  -1.2  1.2  -1.9  1.9 | 0.9  0.5  0.2  -0.0  0.0  -2.2  2.2 | 0.1  -0.1  0.0  1.1  -1.1  0.0  -0.0 | 0.7  0.3  0.2  0.0  -0.0  -1.4  1.4 | 0.1  -0.1  0.0  0.7  -0.7  0.0  -0.0 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P7 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 24.1  8.6  3.9  0.3  -0.3  -0.4  0.4 | 1.8  0.6  0.4  -2.4  2.4  -0.1  0.1 | 0.0  -0.1  0.0  -0.0  0.0  -0.4  0.4 | 1.8  0.6  0.4  -1.7  1.7  -0.1  0.1 | 0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.1  0.1 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |
| P8 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 11.2  4.8  1.3  0.9  -0.9  -1.4  1.4 | -1.2  -0.6  -0.2  -1.9  1.9  -0.2  0.2 | 0.5  0.3  0.1  0.0  -0.0  -1.3  1.3 | -1.4  -0.7  -0.3  -1.2  1.2  -0.1  0.1 | 0.4  0.2  0.1  0.0  -0.0  -0.9  0.9 | 0.0  0.0  0.0  0.0  -0.0  -0.0  0.0 |

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

| Resumo das verificações | | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pilares | Tramo | Dimensão  (cm) | Posição | Esforços desfavoráveis | | | | | | Desfavorável | Aprov.  (%) | Estado |
| Natureza | N  (kN) | Mxx  (kN·m) | Myy  (kN·m) | Qx  (kN) | Qy  (kN) |
| P1 | Piso 2 (3.3 - 3.95 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | Q | 0.5 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 0.8 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | Q | 1.0 | Passa |
| AP, SCU, V | 0.6 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | N,M | 1.7 | Passa |
| Piso 1 (0 - 3.3 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, V | 14.5 | -1.0 | -3.2 | 2.1 | -0.6 | Q | 8.7 | Passa |
| AP, SCU, V | 13.6 | -2.6 | -0.3 | 0.0 | -1.6 | N,M | 36.1 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, V | 18.3 | 0.6 | 3.0 | 2.1 | -0.6 | Q | 8.7 | Passa |
| AP, SCU, V | 17.3 | 2.2 | -0.3 | 0.0 | -1.6 | N,M | 29.9 | Passa |
| Fundação | 25x15 | Elemento de Fundação | AP, V | 18.3 | 0.6 | 3.0 | 2.1 | -0.6 | Q | 1.4 | Passa |
| AP, SCU, V | 17.3 | 2.2 | -0.3 | 0.0 | -1.6 | N,M | 29.9 | Passa |
| P2 | Piso 2 (3.3 - 3.95 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.3 | Q | 0.8 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 0.8 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | -0.3 | Q | 1.5 | Passa |
| AP, SCU, V | 0.6 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | -0.3 | N,M | 2.1 | Passa |
| Piso 1 (0 - 3.3 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 50.6 | -9.8 | -0.1 | 0.1 | -5.5 | N,M | 100.0 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 54.2 | 5.7 | 0.1 | 0.1 | -5.5 | N,M | 56.3 | Passa |
| Fundação | 25x15 | Elemento de Fundação | AP, SCU, V | 54.2 | 5.7 | 0.1 | 0.1 | -5.5 | N,M | 56.3 | Passa |
| P3 | Piso 2 (3.3 - 3.95 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | Q | 0.5 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 0.8 | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | Q | 1.0 | Passa |
| AP, V | 0.6 | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | N,M | 1.7 | Passa |
| Piso 1 (0 - 3.3 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 9.4 | 1.6 | 2.9 | -2.4 | 0.9 | Q | 10.0 | Passa |
| AP, SCU, V | 13.5 | 2.9 | -0.1 | -0.2 | 1.9 | N,M | 40.7 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 13.1 | -1.1 | -3.9 | -2.4 | 0.9 | Q | 10.0 | Passa |
| AP, SCU, V | 17.2 | -2.5 | -0.7 | -0.2 | 1.9 | N,M | 34.7 | Passa |
| Fundação | 25x15 | Elemento de Fundação | AP, SCU, V | 13.1 | -1.1 | -3.9 | -2.4 | 0.9 | Q | 1.7 | Passa |
| AP, SCU, V | 17.2 | -2.5 | -0.7 | -0.2 | 1.9 | N,M | 34.7 | Passa |
| P4 | Piso 2 (3.3 - 3.95 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | Q | 0.5 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 0.8 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | Q | 1.0 | Passa |
| AP, SCU, V | 0.6 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | N,M | 1.7 | Passa |
| Piso 1 (0 - 3.3 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 23.5 | -1.3 | 5.3 | -3.6 | -0.7 | N,M | 39.7 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 27.3 | 0.6 | -5.2 | -3.6 | -0.7 | N,M | 33.6 | Passa |
| Fundação | 25x15 | Elemento de Fundação | AP, SCU, V | 27.3 | 0.6 | -5.2 | -3.6 | -0.7 | N,M | 33.6 | Passa |
| P5 | Piso 2 (3.3 - 3.95 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | Q | 0.5 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 0.8 | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | Q | 1.0 | Passa |
| AP, SCU, V | 0.6 | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | N,M | 1.7 | Passa |
| Piso 1 (0 - 3.3 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 26.0 | 1.3 | 5.6 | -3.8 | 0.7 | N,M | 41.2 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 29.8 | -0.6 | -5.4 | -3.8 | 0.7 | N,M | 34.7 | Passa |
| Fundação | 25x15 | Elemento de Fundação | AP, SCU, V | 29.8 | -0.6 | -5.4 | -3.8 | 0.7 | N,M | 34.7 | Passa |
| P6 | Piso 2 (3.3 - 3.95 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | Q | 0.5 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 0.8 | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | Q | 1.0 | Passa |
| AP, SCU, V | 0.6 | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | N,M | 1.7 | Passa |
| Piso 1 (0 - 3.3 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 11.5 | 0.3 | 5.4 | -3.7 | 0.1 | N,M | 38.2 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 15.2 | 0.1 | -5.3 | -3.7 | 0.1 | N,M | 37.4 | Passa |
| Fundação | 25x15 | Elemento de Fundação | AP, SCU, V | 15.2 | 0.1 | -5.3 | -3.7 | 0.1 | N,M | 37.4 | Passa |
| P7 | Piso 2 (3.3 - 3.95 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.3 | Q | 0.8 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 0.8 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | -0.3 | Q | 1.5 | Passa |
| AP, SCU, V | 0.6 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | -0.3 | N,M | 3.0 | Passa |
| Piso 1 (0 - 3.3 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 45.4 | 0.0 | 10.4 | -6.1 | 0.0 | N,M | 65.4 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 49.1 | 0.0 | -7.2 | -6.1 | 0.0 | N,M | 39.8 | Passa |
| Fundação | 25x15 | Elemento de Fundação | AP, SCU, V | 49.1 | 0.0 | -7.2 | -6.1 | 0.0 | N,M | 39.8 | Passa |
| P8 | Piso 2 (3.3 - 3.95 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | Q | 0.8 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 0.8 | -0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | Q | 1.5 | Passa |
| AP, SCU, V | 0.6 | -0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | N,M | 3.0 | Passa |
| Piso 1 (0 - 3.3 m) | 25x15 | Ext.Superior | AP, SCU, V | 21.2 | 1.4 | -8.6 | 4.9 | 0.9 | N,M | 65.3 | Passa |
| Ext.Inferior | AP, SCU, V | 24.9 | -1.2 | 5.4 | 4.9 | 0.9 | Q | 19.3 | Passa |
| AP, SCU, V | 25.7 | -2.9 | 2.4 | 3.0 | 2.1 | N,M | 43.4 | Passa |
| Fundação | 25x15 | Elemento de Fundação | AP, SCU, V | 24.9 | -1.2 | 5.4 | 4.9 | 0.9 | Q | 3.2 | Passa |
| AP, SCU, V | 25.7 | -2.9 | 2.4 | 3.0 | 2.1 | N,M | 43.4 | Passa |
| *Notas:*  *Q: Estado limite de ruptura relativo ao esforço cortante*  *N,M: Estado limite de ruptura frente a solicitações normais* | | | | | | | | | | | | |

14.4.- RELATÓRIO QUANTITATIVOS PILARES

| Tabela resumo - Piso 1 | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pilares | Dimensões  (cm) | Fôrmas  (m²) | Concreto  C35, em geral  (m³) | Armaduras  CA-50 | | | | Taxa  (kg/m³) |
| Longitudinal | | Estribos  Ø6.3  (kg) | Total  +10 %  (kg) |
| Ø10  (kg) | Ø12.5  (kg) |
| P1, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 | 25x15 | 16.10 | 0.77 | 86.1 | - | 35.7 | 134.0 | 158.18 |
| P2 | 25x15 | 2.26 | 0.11 | - | 20.1 | 4.2 | 26.7 | 220.91 |
| **Total** | | **18.36** | **0.88** | **86.1** | **20.1** | **39.9** | **160.7** | **166.02** |

| Tabela resumo - Piso 2 | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pilares | Dimensões  (cm) | Fôrmas  (m²) | Concreto  C35, em geral  (m³) | Armaduras  CA-50  Estribos  Ø6.3  (kg) | Taxa  (kg/m³) |
| P1, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 | 25x15 | 3.64 | 0.14 | 5.6 | 40.00 |
| P2 | 25x15 | 0.52 | 0.02 | 0.7 | 35.00 |
| **Total** | | **4.16** | **0.16** | **6.3** | **39.38** |

14.5.- SOMATÓRIO DE ESFORÇOS EM PILARES, PAREDES E MUROS/CORTINAS POR AÇÕES E PISO

* Somente são levados em conta os esforços de pilares, muros e paredes. Se a obra tem vigas com vinculação externa, vigas inclinadas, diagonais ou estruturas 3D integradas, os esforços dos referidos elementos não serão mostrados no relatório a seguir.
* Este relatório é útil para se conhecer as cargas atuantes no nível da cota da base dos pilares sobre um piso. Para casos tais como pilares apoiados tracionados, os esforços terão a influência não só das cargas atuantes provenientes dos pisos superiores, mas também das cargas que recebe de pisos inferiores.

| **Valores referidos à origem (X=0.00, Y=0.00)** | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Planta | Cota  (m) | Hipótese | N  (kN) | Mx  (kN·m) | My  (kN·m) | Qx  (kN) | Qy  (kN) | T  (kN·m) |
| Piso 1 | 3.30 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 4.8  0.0  0.0  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | 15.7  -0.0  0.0  0.7  -0.7  -0.0  0.0 | 11.7  -0.0  0.0  -0.0  0.0  1.0  -1.0 | -0.0  -0.0  -0.0  1.1  -1.1  -0.0  0.0 | 0.0  0.0  0.0  -0.0  0.0  1.5  -1.5 | 0.0  0.0  0.0  -2.8  2.8  5.1  -5.1 |
| Fundação | 0.00 | Peso próprio  Cargas permanentes  Sobrecarga  Vento +X  Vento -X  Vento +Y  Vento -Y | 109.4  42.4  15.2  -0.0  0.0  -0.0  0.0 | 368.3  144.0  51.6  24.9  -24.9  -0.0  0.0 | 266.2  103.2  36.6  -0.0  0.0  34.6  -34.6 | 0.0  0.0  0.0  7.3  -7.3  -0.0  0.0 | -0.0  -0.0  -0.0  -0.0  0.0  10.2  -10.2 | -0.0  -0.0  -0.0  -18.1  18.1  34.8  -34.8 |

15.- ARM. DE PUNÇÃO

15.1 – PILAR P1

Perímetro do pilar (P1)

|  |
| --- |
| **Zona adjacente ao pilar ou carga (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image6.wmf | **0.24 MPa  5.81 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.24* | MPa |
| **Rd2**: Tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C. |  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image8.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.24* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *18.98* | kN |
| ****: Coeficiente que leva em conta os efeitos da excentricidade da carga (CEB-FIP Model Code 1990, 6.4.3.6). |  | **** | : | *1.39* |  |
| |  | | --- | | image9.wmf | |  |  |  |  |  |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.67* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.48* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *0.63* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *-3.15* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *0.63* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-3.15* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **u0**: Perímetro do contorno crítico C de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1) |  | **u0** | : | *800* | mm |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image11.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image12.wmf | |  | | | | |
|  | **v** | : | *0.86* |  |
|  | | | | |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| **fcd**: Resistência de cálculo à compressão do concreto. |  | **fcd** | : | *25.00* | MPa |

**Perímetro de controlo (P1)**

|  |
| --- |
| **Zona com armadura transversal de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image13.wmf | **0.06 MPa  4.52 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.06* | MPa |
| **Rd3**: Tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção. |  | **Rd3** | : | *4.52* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image14.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.06* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *11.23* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *0.83* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *-3.60* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *0.83* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-3.60* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image15.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd3** | : | *4.52* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0021* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0020* |  |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *35.00* | MPa |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Usuário | - | - | - | 5.0 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |

**Perímetro da armadura de reforço (P1)**

|  |
| --- |
| **Zona exterior à armadura de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa.

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image17.wmf | **0.30 MPa  4.05 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.30* | MPa |
| **Rd1**: Tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção. |  | **Rd1** | : | *4.05* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image18.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.30* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *51.33* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdx** | : | *-21.98* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdy** | : | *25.19* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *3.38* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *0.24* | kN·m |
| **u'**: Perímetro do contorno crítico C'' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4). |  | **u'** | : | *2277* | mm |
| **Wp'**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u' (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image19.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C''. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wp'x** | : | *14161.5* | cm² |
|  | **Wp'y** | : | *14078.5* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.2): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image20.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd1** | : | *4.05* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0021* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0020* |  |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *35.00* | MPa |

**Armadura de reforço (P1)**

|  |
| --- |
| **Distância livre entre dois varões isolados consecutivos** |

A distância livre dl, horizontal e vertical, entre duas barras isoladas consecutivas deve ser igual ou superior a smin (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.2.2):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image21.wmf | **74 mm  23 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **smin**: Valor máximo de s1, s2, s3 |  | **smin** | : | *23* | mm |
| |  | | --- | | image22.wmf | |  | | | | |
|  | **s1** | : | *20* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image23.wmf | |  | | | | |
|  | **s2** | : | *6* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image24.wmf | |  | | | | |
|  | **s3** | : | *23* | mm |
|  | | | | |
| **max**: Diâmetro máximo das barras transversais. |  | **max** | : | *6* | mm |
| **dg**: Tamanho máximo agregado. |  | **dg** | : | *19* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre a face do pilar e o primeiro reforço de punção** |

A distância entre a face do pilar ou área carregada e o primeiro reforço de punção não pode ser superior a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **35 mm  70 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image26.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *70* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre perímetros de reforço transversal consecutivos** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **80 mm  105 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A distância dl entre perímetros de reforço transversal consecutivos deve ser, no máximo, igual a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4): |  |  |  |  |  |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image27.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *105* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Diâmetro máximo da armadura de estribos** |

O diâmetro da armadura de estribos não pode superar h/20 (ABNT NBR 6118:2014, 20.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image28.wmf | **6.3 mm  9.0 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **h**: Altura da laje. |  | **h** | : | *180.0* | mm |

|  |
| --- |
| **Armadura de punção obrigatoria (Combinações fundamentais)** |

No caso de a estabilidade global da estrutura depender da resistência da laje à punção, deve ser prevista armadura de punção, mesmo que Sd seja menor que Rd1. Essa armadura deve equilibrar um mínimo de 50% de FSd (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.5).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image29.wmf | **185.19 kN  5.66 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Usuário | - | - | - | 0.5 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *11.32* | kN |

|  |
| --- |
| **Armadura contra o colapso progressivo (Combinações fundamentais)** |

Para garantir a dutilidade local e a conseqüente proteção contra o colapso progressivo, a armadura de flexão inferior que atravessa o contorno C deve estar suficientemente ancorada além do contorno C', conforme figura 19.10, e deve ser tal que: (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.4).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image30.wmf | **542.61 kN  16.98 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **fyd·As,ccp**: Quantidade mecânica à compressão. |  | **fyd·As,ccp** | : | *542.61* | kN |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *16.98* | kN |
|  |  |  |  |  |  |

15.2 – PILAR P2

**Perímetro do pilar (P2)**

|  |
| --- |
| **Zona adjacente ao pilar ou carga (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(+X).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image6.wmf | **0.64 MPa  5.81 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.64* | MPa |
| **Rd2**: Tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C. |  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image8.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.64* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *53.49* | kN |
| ****: Coeficiente que leva em conta os efeitos da excentricidade da carga (CEB-FIP Model Code 1990, 6.4.3.6). |  | **** | : | *1.34* |  |
| |  | | --- | | image9.wmf | |  |  |  |  |  |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *4.16* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *-4.09* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *4.15* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-4.09* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **u0**: Perímetro do contorno crítico C de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1) |  | **u0** | : | *800* | mm |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image11.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image12.wmf | |  | | | | |
|  | **v** | : | *0.86* |  |
|  | | | | |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| **fcd**: Resistência de cálculo à compressão do concreto. |  | **fcd** | : | *25.00* | MPa |

**Perímetro de controlo (P2)**

|  |
| --- |
| **Zona com armadura transversal de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(+X).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image13.wmf | **0.18 MPa  0.96 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.18* | MPa |
| **Rd3**: Tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção. |  | **Rd3** | : | *0.96* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image14.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.18* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *45.58* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *4.11* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *-4.16* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *4.10* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-4.16* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image15.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd3** | : | *0.96* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0024* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0026* |  |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |

**Perímetro da armadura de reforço (P2)**

|  |
| --- |
| **Zona exterior à armadura de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa.

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image17.wmf | **0.07 MPa  0.58 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.07* | MPa |
| **Rd1**: Tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção. |  | **Rd1** | : | *0.58* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image18.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.07* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *26.33* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdx** | : | *-2.80* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdy** | : | *1.85* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *4.60* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *1.85* | kN·m |
| **u'**: Perímetro do contorno crítico C'' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4). |  | **u'** | : | *3271* | mm |
| **Wp'**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u' (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image19.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C''. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wp'x** | : | *19193.1* | cm² |
|  | **Wp'y** | : | *27567.2* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.2): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image20.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd1** | : | *0.58* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0024* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0026* |  |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |

**Armadura de reforço (P2)**

|  |
| --- |
| **Distância livre entre dois varões isolados consecutivos** |

A distância livre dl, horizontal e vertical, entre duas barras isoladas consecutivas deve ser igual ou superior a smin (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.2.2):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image21.wmf | **74 mm  23 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **smin**: Valor máximo de s1, s2, s3 |  | **smin** | : | *23* | mm |
| |  | | --- | | image22.wmf | |  | | | | |
|  | **s1** | : | *20* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image23.wmf | |  | | | | |
|  | **s2** | : | *6* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image24.wmf | |  | | | | |
|  | **s3** | : | *23* | mm |
|  | | | | |
| **max**: Diâmetro máximo das barras transversais. |  | **max** | : | *6* | mm |
| **dg**: Tamanho máximo agregado. |  | **dg** | : | *19* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre a face do pilar e o primeiro reforço de punção** |

A distância entre a face do pilar ou área carregada e o primeiro reforço de punção não pode ser superior a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **35 mm  70 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image26.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *70* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre perímetros de reforço transversal consecutivos** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **80 mm  105 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A distância dl entre perímetros de reforço transversal consecutivos deve ser, no máximo, igual a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4): |  |  |  |  |  |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image27.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *105* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Diâmetro máximo da armadura de estribos** |

O diâmetro da armadura de estribos não pode superar h/20 (ABNT NBR 6118:2014, 20.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image28.wmf | **6.3 mm  9.0 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **h**: Altura da laje. |  | **h** | : | *180.0* | mm |

|  |
| --- |
| **Armadura de punção obrigatoria (Combinações fundamentais)** |

No caso de a estabilidade global da estrutura depender da resistência da laje à punção, deve ser prevista armadura de punção, mesmo que Sd seja menor que Rd1. Essa armadura deve equilibrar um mínimo de 50% de FSd (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.5).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa+0.84·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image29.wmf | **182.27 kN  23.77 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *47.54* | kN |

|  |
| --- |
| **Armadura contra o colapso progressivo (Combinações fundamentais)** |

Para garantir a dutilidade local e a conseqüente proteção contra o colapso progressivo, a armadura de flexão inferior que atravessa o contorno C deve estar suficientemente ancorada além do contorno C', conforme figura 19.10, e deve ser tal que: (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.4).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa+0.84·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image30.wmf | **610.43 kN  71.31 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **fyd·As,ccp**: Quantidade mecânica à compressão. |  | **fyd·As,ccp** | : | *610.43* | kN |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *71.31* | kN |

15.3 – PILAR P3

**Perímetro do pilar (P3)**

|  |
| --- |
| **Zona adjacente ao pilar ou carga (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image6.wmf | **0.24 MPa  5.81 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.24* | MPa |
| **Rd2**: Tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C. |  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image8.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.24* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *19.18* | kN |
| ****: Coeficiente que leva em conta os efeitos da excentricidade da carga (CEB-FIP Model Code 1990, 6.4.3.6). |  | **** | : | *1.39* |  |
| |  | | --- | | image9.wmf | |  |  |  |  |  |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.67* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.48* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *-0.74* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *-3.08* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-0.74* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-3.07* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **u0**: Perímetro do contorno crítico C de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1) |  | **u0** | : | *800* | mm |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image11.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image12.wmf | |  | | | | |
|  | **v** | : | *0.86* |  |
|  | | | | |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| **fcd**: Resistência de cálculo à compressão do concreto. |  | **fcd** | : | *25.00* | MPa |

**Perímetro de controlo (P3)**

|  |
| --- |
| **Zona com armadura transversal de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image13.wmf | **0.06 MPa  0.94 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.06* | MPa |
| **Rd3**: Tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção. |  | **Rd3** | : | *0.94* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image14.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.06* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *10.25* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *-1.12* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *-3.64* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-1.12* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-3.64* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image15.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd3** | : | *0.94* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0021* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0020* |  |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |

**Perímetro da armadura de reforço (P3)**

|  |
| --- |
| **Zona exterior à armadura de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa.

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image17.wmf | **0.33 MPa  0.55 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.33* | MPa |
| **Rd1**: Tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção. |  | **Rd1** | : | *0.55* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image18.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.33* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *56.75* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdx** | : | *25.70* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdy** | : | *25.13* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-2.67* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-2.46* | kN·m |
| **u'**: Perímetro do contorno crítico C'' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4). |  | **u'** | : | *2281* | mm |
| **Wp'**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u' (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image19.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C''. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wp'x** | : | *14280.5* | cm² |
|  | **Wp'y** | : | *14102.6* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.2): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image20.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd1** | : | *0.55* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0021* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0020* |  |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |

**Armadura de reforço (P3)**

|  |
| --- |
| **Distância livre entre dois varões isolados consecutivos** |

A distância livre dl, horizontal e vertical, entre duas barras isoladas consecutivas deve ser igual ou superior a smin (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.2.2):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image21.wmf | **74 mm  23 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **smin**: Valor máximo de s1, s2, s3 |  | **smin** | : | *23* | mm |
| |  | | --- | | image22.wmf | |  | | | | |
|  | **s1** | : | *20* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image23.wmf | |  | | | | |
|  | **s2** | : | *6* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image24.wmf | |  | | | | |
|  | **s3** | : | *23* | mm |
|  | | | | |
| **max**: Diâmetro máximo das barras transversais. |  | **max** | : | *6* | mm |
| **dg**: Tamanho máximo agregado. |  | **dg** | : | *19* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre a face do pilar e o primeiro reforço de punção** |

A distância entre a face do pilar ou área carregada e o primeiro reforço de punção não pode ser superior a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **35 mm  70 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image26.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *70* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre perímetros de reforço transversal consecutivos** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **80 mm  105 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A distância dl entre perímetros de reforço transversal consecutivos deve ser, no máximo, igual a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4): |  |  |  |  |  |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image27.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *105* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Diâmetro máximo da armadura de estribos** |

O diâmetro da armadura de estribos não pode superar h/20 (ABNT NBR 6118:2014, 20.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image28.wmf | **6.3 mm  9.0 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **h**: Altura da laje. |  | **h** | : | *180.0* | mm |

|  |
| --- |
| **Armadura de punção obrigatoria (Combinações fundamentais)** |

No caso de a estabilidade global da estrutura depender da resistência da laje à punção, deve ser prevista armadura de punção, mesmo que Sd seja menor que Rd1. Essa armadura deve equilibrar um mínimo de 50% de FSd (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.5).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image29.wmf | **182.27 kN  5.14 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *10.27* | kN |

|  |
| --- |
| **Armadura contra o colapso progressivo (Combinações fundamentais)** |

Para garantir a dutilidade local e a conseqüente proteção contra o colapso progressivo, a armadura de flexão inferior que atravessa o contorno C deve estar suficientemente ancorada além do contorno C', conforme figura 19.10, e deve ser tal que: (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.4).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image30.wmf | **542.61 kN  15.40 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **fyd·As,ccp**: Quantidade mecânica à compressão. |  | **fyd·As,ccp** | : | *542.61* | kN |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *15.40* | kN |

15.4 – PILAR P4

**Perímetro do pilar (P4)**

|  |
| --- |
| **Zona adjacente ao pilar ou carga (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image6.wmf | **0.34 MPa  5.81 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.34* | MPa |
| **Rd2**: Tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C. |  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image8.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.34* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *27.26* | kN |
| ****: Coeficiente que leva em conta os efeitos da excentricidade da carga (CEB-FIP Model Code 1990, 6.4.3.6). |  | **** | : | *1.41* |  |
| |  | | --- | | image9.wmf | |  |  |  |  |  |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.67* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.48* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *0.55* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *5.41* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *0.55* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *5.41* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **u0**: Perímetro do contorno crítico C de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1) |  | **u0** | : | *800* | mm |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image11.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image12.wmf | |  | | | | |
|  | **v** | : | *0.86* |  |
|  | | | | |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| **fcd**: Resistência de cálculo à compressão do concreto. |  | **fcd** | : | *25.00* | MPa |

**Perímetro de controlo (P4)**

|  |
| --- |
| **Zona com armadura transversal de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image13.wmf | **0.10 MPa  0.96 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.10* | MPa |
| **Rd3**: Tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção. |  | **Rd3** | : | *0.96* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image14.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.10* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *18.34* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *1.11* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *5.42* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *1.11* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *5.42* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image15.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd3** | : | *0.96* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0024* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0026* |  |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |

**Perímetro da armadura de reforço (P4)**

|  |
| --- |
| **Zona exterior à armadura de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image17.wmf | **0.12 MPa  0.58 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.12* | MPa |
| **Rd1**: Tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção. |  | **Rd1** | : | *0.58* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image18.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.12* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *39.54* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdx** | : | *-11.88* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdy** | : | *5.02* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-0.77* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *5.01* | kN·m |
| **u'**: Perímetro do contorno crítico C'' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4). |  | **u'** | : | *3271* | mm |
| **Wp'**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u' (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image19.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C''. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wp'x** | : | *19192.8* | cm² |
|  | **Wp'y** | : | *27568.0* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.2): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image20.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd1** | : | *0.58* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0024* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0026* |  |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |

**Armadura de reforço (P4)**

|  |
| --- |
| **Distância livre entre dois varões isolados consecutivos** |

A distância livre dl, horizontal e vertical, entre duas barras isoladas consecutivas deve ser igual ou superior a smin (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.2.2):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image21.wmf | **74 mm  23 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **smin**: Valor máximo de s1, s2, s3 |  | **smin** | : | *23* | mm |
| |  | | --- | | image22.wmf | |  | | | | |
|  | **s1** | : | *20* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image23.wmf | |  | | | | |
|  | **s2** | : | *6* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image24.wmf | |  | | | | |
|  | **s3** | : | *23* | mm |
|  | | | | |
| **max**: Diâmetro máximo das barras transversais. |  | **max** | : | *6* | mm |
| **dg**: Tamanho máximo agregado. |  | **dg** | : | *19* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre a face do pilar e o primeiro reforço de punção** |

A distância entre a face do pilar ou área carregada e o primeiro reforço de punção não pode ser superior a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **35 mm  70 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image26.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *70* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre perímetros de reforço transversal consecutivos** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **80 mm  105 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A distância dl entre perímetros de reforço transversal consecutivos deve ser, no máximo, igual a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4): |  |  |  |  |  |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image27.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *105* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Diâmetro máximo da armadura de estribos** |

O diâmetro da armadura de estribos não pode superar h/20 (ABNT NBR 6118:2014, 20.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image28.wmf | **6.3 mm  9.0 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **h**: Altura da laje. |  | **h** | : | *180.0* | mm |

|  |
| --- |
| **Armadura de punção obrigatoria (Combinações fundamentais)** |

No caso de a estabilidade global da estrutura depender da resistência da laje à punção, deve ser prevista armadura de punção, mesmo que Sd seja menor que Rd1. Essa armadura deve equilibrar um mínimo de 50% de FSd (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.5).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa+0.84·V(-X).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image29.wmf | **182.27 kN  9.48 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *18.96* | kN |

|  |
| --- |
| **Armadura contra o colapso progressivo (Combinações fundamentais)** |

Para garantir a dutilidade local e a conseqüente proteção contra o colapso progressivo, a armadura de flexão inferior que atravessa o contorno C deve estar suficientemente ancorada além do contorno C', conforme figura 19.10, e deve ser tal que: (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.4).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa+0.84·V(-X).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image30.wmf | **610.43 kN  28.44 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **fyd·As,ccp**: Quantidade mecânica à compressão. |  | **fyd·As,ccp** | : | *610.43* | kN |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *28.44* | kN |

15.5 – PILAR P5

**Perímetro do pilar (P5)**

|  |
| --- |
| **Zona adjacente ao pilar ou carga (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image6.wmf | **0.37 MPa  5.81 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.37* | MPa |
| **Rd2**: Tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C. |  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image8.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.37* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *29.82* | kN |
| ****: Coeficiente que leva em conta os efeitos da excentricidade da carga (CEB-FIP Model Code 1990, 6.4.3.6). |  | **** | : | *1.39* |  |
| |  | | --- | | image9.wmf | |  |  |  |  |  |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.67* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.48* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *-0.59* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *5.61* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-0.59* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *5.62* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **u0**: Perímetro do contorno crítico C de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1) |  | **u0** | : | *800* | mm |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image11.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image12.wmf | |  | | | | |
|  | **v** | : | *0.86* |  |
|  | | | | |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| **fcd**: Resistência de cálculo à compressão do concreto. |  | **fcd** | : | *25.00* | MPa |

**Perímetro de controlo (P5)**

|  |
| --- |
| **Zona com armadura transversal de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image13.wmf | **0.10 MPa  0.96 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.10* | MPa |
| **Rd3**: Tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção. |  | **Rd3** | : | *0.96* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image14.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.10* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *20.12* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *-0.58* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *5.48* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-0.58* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *5.48* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image15.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd3** | : | *0.96* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0024* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0026* |  |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |

**Perímetro da armadura de reforço (P5)**

|  |
| --- |
| **Zona exterior à armadura de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa.

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image17.wmf | **0.12 MPa  0.58 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.12* | MPa |
| **Rd1**: Tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção. |  | **Rd1** | : | *0.58* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image18.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.12* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *42.52* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdx** | : | *12.66* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdy** | : | *1.27* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *0.50* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *1.26* | kN·m |
| **u'**: Perímetro do contorno crítico C'' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4). |  | **u'** | : | *3275* | mm |
| **Wp'**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u' (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image19.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C''. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wp'x** | : | *19301.5* | cm² |
|  | **Wp'y** | : | *27614.4* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.2): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image20.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd1** | : | *0.58* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0024* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0026* |  |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |

**Armadura de reforço (P5)**

|  |
| --- |
| **Distância livre entre dois varões isolados consecutivos** |

A distância livre dl, horizontal e vertical, entre duas barras isoladas consecutivas deve ser igual ou superior a smin (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.2.2):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image21.wmf | **74 mm  23 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **smin**: Valor máximo de s1, s2, s3 |  | **smin** | : | *23* | mm |
| |  | | --- | | image22.wmf | |  | | | | |
|  | **s1** | : | *20* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image23.wmf | |  | | | | |
|  | **s2** | : | *6* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image24.wmf | |  | | | | |
|  | **s3** | : | *23* | mm |
|  | | | | |
| **max**: Diâmetro máximo das barras transversais. |  | **max** | : | *6* | mm |
| **dg**: Tamanho máximo agregado. |  | **dg** | : | *19* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre a face do pilar e o primeiro reforço de punção** |

A distância entre a face do pilar ou área carregada e o primeiro reforço de punção não pode ser superior a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **35 mm  70 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image26.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *70* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre perímetros de reforço transversal consecutivos** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **80 mm  105 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A distância dl entre perímetros de reforço transversal consecutivos deve ser, no máximo, igual a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4): |  |  |  |  |  |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image27.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *105* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Diâmetro máximo da armadura de estribos** |

O diâmetro da armadura de estribos não pode superar h/20 (ABNT NBR 6118:2014, 20.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image28.wmf | **6.3 mm  9.0 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **h**: Altura da laje. |  | **h** | : | *180.0* | mm |

|  |
| --- |
| **Armadura de punção obrigatoria (Combinações fundamentais)** |

No caso de a estabilidade global da estrutura depender da resistência da laje à punção, deve ser prevista armadura de punção, mesmo que Sd seja menor que Rd1. Essa armadura deve equilibrar um mínimo de 50% de FSd (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.5).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa+0.84·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image29.wmf | **182.27 kN  10.93 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *21.85* | kN |

|  |
| --- |
| **Armadura contra o colapso progressivo (Combinações fundamentais)** |

Para garantir a dutilidade local e a conseqüente proteção contra o colapso progressivo, a armadura de flexão inferior que atravessa o contorno C deve estar suficientemente ancorada além do contorno C', conforme figura 19.10, e deve ser tal que: (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.4).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa+0.84·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image30.wmf | **610.43 kN  32.78 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **fyd·As,ccp**: Quantidade mecânica à compressão. |  | **fyd·As,ccp** | : | *610.43* | kN |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *32.78* | kN |

15.6 – PILAR P6

**Perímetro do pilar (P6)**

|  |
| --- |
| **Zona adjacente ao pilar ou carga (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image6.wmf | **0.23 MPa  5.81 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.23* | MPa |
| **Rd2**: Tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C. |  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image8.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.23* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *15.33* | kN |
| ****: Coeficiente que leva em conta os efeitos da excentricidade da carga (CEB-FIP Model Code 1990, 6.4.3.6). |  | **** | : | *1.66* |  |
| |  | | --- | | image9.wmf | |  |  |  |  |  |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.67* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.48* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *0.06* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *5.53* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *0.06* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *5.53* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **u0**: Perímetro do contorno crítico C de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1) |  | **u0** | : | *800* | mm |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image11.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image12.wmf | |  | | | | |
|  | **v** | : | *0.86* |  |
|  | | | | |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| **fcd**: Resistência de cálculo à compressão do concreto. |  | **fcd** | : | *25.00* | MPa |

**Perímetro de controlo (P6)**

|  |
| --- |
| **Zona com armadura transversal de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image13.wmf | **0.06 MPa  0.94 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.06* | MPa |
| **Rd3**: Tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção. |  | **Rd3** | : | *0.94* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image14.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.06* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *6.38* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *0.41* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *5.34* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *0.41* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *5.34* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image15.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd3** | : | *0.94* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0021* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0020* |  |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |

**Perímetro da armadura de reforço (P6)**

|  |
| --- |
| **Zona exterior à armadura de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa+0.84·V(+Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image17.wmf | **0.34 MPa  0.55 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.34* | MPa |
| **Rd1**: Tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção. |  | **Rd1** | : | *0.55* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image18.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.34* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *58.44* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdx** | : | *-24.05* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdy** | : | *-27.65* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *4.88* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *0.81* | kN·m |
| **u'**: Perímetro do contorno crítico C'' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4). |  | **u'** | : | *2277* | mm |
| **Wp'**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u' (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image19.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C''. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wp'x** | : | *14153.8* | cm² |
|  | **Wp'y** | : | *14065.1* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.2): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image20.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd1** | : | *0.55* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0021* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0020* |  |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |

**Armadura de reforço (P6)**

|  |
| --- |
| **Distância livre entre dois varões isolados consecutivos** |

A distância livre dl, horizontal e vertical, entre duas barras isoladas consecutivas deve ser igual ou superior a smin (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.2.2):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image21.wmf | **74 mm  23 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **smin**: Valor máximo de s1, s2, s3 |  | **smin** | : | *23* | mm |
| |  | | --- | | image22.wmf | |  | | | | |
|  | **s1** | : | *20* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image23.wmf | |  | | | | |
|  | **s2** | : | *6* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image24.wmf | |  | | | | |
|  | **s3** | : | *23* | mm |
|  | | | | |
| **max**: Diâmetro máximo das barras transversais. |  | **max** | : | *6* | mm |
| **dg**: Tamanho máximo agregado. |  | **dg** | : | *19* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre a face do pilar e o primeiro reforço de punção** |

A distância entre a face do pilar ou área carregada e o primeiro reforço de punção não pode ser superior a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **35 mm  70 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image26.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *70* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre perímetros de reforço transversal consecutivos** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **80 mm  105 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A distância dl entre perímetros de reforço transversal consecutivos deve ser, no máximo, igual a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4): |  |  |  |  |  |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image27.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *105* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Diâmetro máximo da armadura de estribos** |

O diâmetro da armadura de estribos não pode superar h/20 (ABNT NBR 6118:2014, 20.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image28.wmf | **6.3 mm  9.0 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **h**: Altura da laje. |  | **h** | : | *180.0* | mm |

|  |
| --- |
| **Armadura de punção obrigatoria (Combinações fundamentais)** |

No caso de a estabilidade global da estrutura depender da resistência da laje à punção, deve ser prevista armadura de punção, mesmo que Sd seja menor que Rd1. Essa armadura deve equilibrar um mínimo de 50% de FSd (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.5).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image29.wmf | **182.27 kN  3.19 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *6.38* | kN |

|  |
| --- |
| **Armadura contra o colapso progressivo (Combinações fundamentais)** |

Para garantir a dutilidade local e a conseqüente proteção contra o colapso progressivo, a armadura de flexão inferior que atravessa o contorno C deve estar suficientemente ancorada além do contorno C', conforme figura 19.10, e deve ser tal que: (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.4).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image30.wmf | **542.61 kN  9.57 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **fyd·As,ccp**: Quantidade mecânica à compressão. |  | **fyd·As,ccp** | : | *542.61* | kN |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *9.57* | kN |

15.7 – PILAR P7

**Perímetro do pilar (P7)**

|  |
| --- |
| **Zona adjacente ao pilar ou carga (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(-X).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image6.wmf | **0.61 MPa  5.81 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.61* | MPa |
| **Rd2**: Tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C. |  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image8.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.61* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *49.12* | kN |
| ****: Coeficiente que leva em conta os efeitos da excentricidade da carga (CEB-FIP Model Code 1990, 6.4.3.6). |  | **** | : | *1.38* |  |
| |  | | --- | | image9.wmf | |  |  |  |  |  |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *0.01* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *7.43* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *0.00* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *7.44* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **u0**: Perímetro do contorno crítico C de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1) |  | **u0** | : | *800* | mm |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image11.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image12.wmf | |  | | | | |
|  | **v** | : | *0.86* |  |
|  | | | | |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| **fcd**: Resistência de cálculo à compressão do concreto. |  | **fcd** | : | *25.00* | MPa |

**Perímetro de controlo (P7)**

|  |
| --- |
| **Zona com armadura transversal de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(-X).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image13.wmf | **0.16 MPa  0.94 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.16* | MPa |
| **Rd3**: Tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção. |  | **Rd3** | : | *0.94* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image14.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.16* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *38.88* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *-0.01* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *7.49* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-0.02* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *7.50* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image15.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd3** | : | *0.94* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0021* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0020* |  |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |

**Perímetro da armadura de reforço (P7)**

|  |
| --- |
| **Zona exterior à armadura de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa.

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image17.wmf | **0.09 MPa  0.55 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.09* | MPa |
| **Rd1**: Tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção. |  | **Rd1** | : | *0.55* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image18.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.09* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *33.11* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdx** | : | *6.90* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdy** | : | *-1.50* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-2.53* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-1.48* | kN·m |
| **u'**: Perímetro do contorno crítico C'' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4). |  | **u'** | : | *3275* | mm |
| **Wp'**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u' (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image19.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C''. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wp'x** | : | *19331.0* | cm² |
|  | **Wp'y** | : | *27581.2* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.2): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image20.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd1** | : | *0.55* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0021* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0020* |  |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |

**Armadura de reforço (P7)**

|  |
| --- |
| **Distância livre entre dois varões isolados consecutivos** |

A distância livre dl, horizontal e vertical, entre duas barras isoladas consecutivas deve ser igual ou superior a smin (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.2.2):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image21.wmf | **74 mm  23 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **smin**: Valor máximo de s1, s2, s3 |  | **smin** | : | *23* | mm |
| |  | | --- | | image22.wmf | |  | | | | |
|  | **s1** | : | *20* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image23.wmf | |  | | | | |
|  | **s2** | : | *6* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image24.wmf | |  | | | | |
|  | **s3** | : | *23* | mm |
|  | | | | |
| **max**: Diâmetro máximo das barras transversais. |  | **max** | : | *6* | mm |
| **dg**: Tamanho máximo agregado. |  | **dg** | : | *19* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre a face do pilar e o primeiro reforço de punção** |

A distância entre a face do pilar ou área carregada e o primeiro reforço de punção não pode ser superior a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **35 mm  70 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image26.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *70* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre perímetros de reforço transversal consecutivos** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **80 mm  105 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A distância dl entre perímetros de reforço transversal consecutivos deve ser, no máximo, igual a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4): |  |  |  |  |  |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image27.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *105* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Diâmetro máximo da armadura de estribos** |

O diâmetro da armadura de estribos não pode superar h/20 (ABNT NBR 6118:2014, 20.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image28.wmf | **6.3 mm  9.0 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **h**: Altura da laje. |  | **h** | : | *180.0* | mm |

|  |
| --- |
| **Armadura de punção obrigatória (Combinações fundamentais)** |

No caso de a estabilidade global da estrutura depender da resistência da laje à punção, deve ser prevista armadura de punção, mesmo que Sd seja menor que Rd1. Essa armadura deve equilibrar um mínimo de 50% de FSd (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.5).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa+0.84·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image29.wmf | **182.27 kN  20.43 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *40.86* | kN |

|  |
| --- |
| **Armadura contra o colapso progressivo (Combinações fundamentais)** |

Para garantir a dutilidade local e a conseqüente proteção contra o colapso progressivo, a armadura de flexão inferior que atravessa o contorno C deve estar suficientemente ancorada além do contorno C', conforme figura 19.10, e deve ser tal que: (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.4).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa+0.84·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image30.wmf | **542.61 kN  61.29 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **fyd·As,ccp**: Quantidade mecânica à compressão. |  | **fyd·As,ccp** | : | *542.61* | kN |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *61.29* | kN |

15.8 – PILAR P8

**Perímetro do pilar (P8)**

|  |
| --- |
| **Zona adjacente ao pilar ou carga (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(+X).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image6.wmf | **0.37 MPa  5.81 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.37* | MPa |
| **Rd2**: Tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C. |  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image8.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.37* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *25.01* | kN |
| ****: Coeficiente que leva em conta os efeitos da excentricidade da carga (CEB-FIP Model Code 1990, 6.4.3.6). |  | **** | : | *1.65* |  |
| |  | | --- | | image9.wmf | |  |  |  |  |  |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *-1.18* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *-5.60* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-1.19* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-5.60* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **u0**: Perímetro do contorno crítico C de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1) |  | **u0** | : | *800* | mm |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superficie crítica C obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.1): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image11.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd2** | : | *5.81* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image12.wmf | |  | | | | |
|  | **v** | : | *0.86* |  |
|  | | | | |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| **fcd**: Resistência de cálculo à compressão do concreto. |  | **fcd** | : | *25.00* | MPa |

**Perímetro de controlo (P8)**

|  |
| --- |
| **Zona com armadura transversal de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(+X).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image13.wmf | **0.10 MPa  0.94 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.10* | MPa |
| **Rd3**: Tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção. |  | **Rd3** | : | *0.94* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image14.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.10* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *18.01* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdx** | : | *-1.21* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C'. |  | **MSdy** | : | *-5.95* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-1.21* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-5.95* | kN·m |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |
| **Wp**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image10.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C'. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wpx** | : | *6331.9* | cm² |
|  | **Wpy** | : | *6850.7* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image15.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd3** | : | *0.94* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0021* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0020* |  |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **u**: Perímetro do contorno crítico C' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  | **u** | : | *2557* | mm |

**Perímetro da armadura de reforço (P8)**

|  |
| --- |
| **Zona exterior à armadura de punção (Combinações fundamentais)** |

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+1.4·Qa.

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image17.wmf | **0.29 MPa  0.55 MPa** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **Sd**: Tensão de cisalhamento solicitante de cálculo. |  | **Sd** | : | *0.29* | MPa |
| **Rd1**: Tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção. |  | **Rd1** | : | *0.55* | MPa |
|  |  |  |  |  |  |
| O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da seção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2.3): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image18.wmf | |  | | | | |
|  | **Sd** | : | *0.29* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **FSd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **FSd** | : | *50.80* | kN |
| **kx**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cy (dimensão na direção do eixo y) e cx (dimensão na direção do eixo x) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **kx** | : | *0.48* |  |
| **ky**: Coeficiente que depende da relação entre as dimensões cx (dimensão na direção do eixo x) e cy (dimensão na direção do eixo y) do pilar (ABNT NBR 6118:2014, Tabela 19.2). |  | **ky** | : | *0.67* |  |
| **MSdx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdx** | : | *22.23* | kN·m |
| **MSdy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do perímetro do contorno C''. |  | **MSdy** | : | *22.26* | kN·m |
| **MSdOx**: Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOx** | : | *-3.21* | kN·m |
| **MSdOy**: Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar. |  | **MSdOy** | : | *-2.48* | kN·m |
| **u'**: Perímetro do contorno crítico C'' de punção (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4). |  | **u'** | : | *2281* | mm |
| **Wp'**: Módulo de resistência plástica do perímetro crítico u' (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.2). |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image19.wmf | |  |  |  |  |  |
| **dl**: Comprimento infinitesimal no perímetro crítico C''. |  |  |  |  |  |
| **ey , ex**: Distância desde dl até ao eixo em torno do qual atua o momento MSdx, MSdy. |  | **Wp'x** | : | *14280.0* | cm² |
|  | **Wp'y** | : | *14067.9* | cm² |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
|  |  |  |  |  |  |
| A tensão resistente na superficie crítica C'' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção deve ser calculada como segue (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.2): |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image20.wmf | |  | | | | |
|  | **Rd1** | : | *0.55* | MPa |
|  | | | | |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *14.0* | cm |
| ****: Taxa geométrica de armadura de flexão aderente. |  | **** | : | *0.0021* |  |
| |  | | --- | | image16.wmf | |  |  |  |  |  |
| **x**: Taxa na direção x. |  | **x** | : | *0.0023* |  |
| **y**: Taxa na direção y. |  | **y** | : | *0.0020* |  |
| **fck**: Resistência característica à compressão do concreto. |  | **fck** | : | *35.00* | MPa |
| ****: Tensão inicial no concreto ao nível do baricentro da armadura de protensão, devida à protensão simultânea de n cabos, |  | **** | : | *0.00* | MPa |

**Armadura de reforço (P8)**

|  |
| --- |
| **Distância livre entre dois varões isolados consecutivos** |

A distância livre dl, horizontal e vertical, entre duas barras isoladas consecutivas deve ser igual ou superior a smin (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.2.2):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image21.wmf | **74 mm  23 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **smin**: Valor máximo de s1, s2, s3 |  | **smin** | : | *23* | mm |
| |  | | --- | | image22.wmf | |  | | | | |
|  | **s1** | : | *20* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image23.wmf | |  | | | | |
|  | **s2** | : | *6* | mm |
|  | | | | |
| |  | | --- | | image24.wmf | |  | | | | |
|  | **s3** | : | *23* | mm |
|  | | | | |
| **max**: Diâmetro máximo das barras transversais. |  | **max** | : | *6* | mm |
| **dg**: Tamanho máximo agregado. |  | **dg** | : | *19* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre a face do pilar e o primeiro reforço de punção** |

A distância entre a face do pilar ou área carregada e o primeiro reforço de punção não pode ser superior a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **35 mm  70 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image26.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *70* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Distância entre perímetros de reforço transversal consecutivos** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image25.wmf | **80 mm  105 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A distância dl entre perímetros de reforço transversal consecutivos deve ser, no máximo, igual a smax (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.4): |  |  |  |  |  |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| |  | | --- | | image27.wmf | |  | | | | |
|  | **smax** | : | *105* | mm |
|  | | | | |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |

|  |
| --- |
| **Diâmetro máximo da armadura de estribos** |

O diâmetro da armadura de estribos não pode superar h/20 (ABNT NBR 6118:2014, 20.4):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image28.wmf | **6.3 mm  9.0 mm** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **h**: Altura da laje. |  | **h** | : | *180.0* | mm |

|  |
| --- |
| **Armadura de punção obrigatoria (Combinações fundamentais)** |

No caso de a estabilidade global da estrutura depender da resistência da laje à punção, deve ser prevista armadura de punção, mesmo que Sd seja menor que Rd1. Essa armadura deve equilibrar um mínimo de 50% de FSd (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.3.5).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image29.wmf | **182.27 kN  9.35 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **d**: Altura útil da laje ao longo do contorno crítico C’, externo ao contorno C da área de aplicação da força e deste distante 2d no plano da laje. |  | **d** | : | *140* | mm |
| **Asw**: Área da armadura de punção num contorno completo paralelo a C'. |  |  |  |  |  |
| **sr**: Espaçamento radial entre linhas de armadura de punção. |  |  |  |  |  |
| ****: Ângulo entre a armadura de punção e o plano da laje. |  |  |  |  |  |

| Referência | Asw  (mm²) | sr  (mm) |   (graus) | Asw/sr  (cm²/m) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |
| Estribo Punção | 125 | 80 | 90.0 | 15.6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **fywd**: Resistência de cálculo da armadura de punção, não maior do que 250 MPa para estribos para lajes com espessura até 15 cm, ou 435 MPa para lajes com espessura maior que 35 cm, sendo permitida interpolação linear. |  | **fywd** | : | *277.75* | MPa |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *18.69* | kN |

|  |
| --- |
| **Armadura contra o colapso progressivo (Combinações fundamentais)** |

Para garantir a dutilidade local e a conseqüente proteção contra o colapso progressivo, a armadura de flexão inferior que atravessa o contorno C deve estar suficientemente ancorada além do contorno C', conforme figura 19.10, e deve ser tal que: (ABNT NBR 6118:2014, 19.5.4).

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·CP+0.98·Qa+1.4·V(-Y).

Deve satisfazer:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| image30.wmf | **576.52 kN  28.04 kN** | image7.bmp |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Onde: |  |  |  |  |  |
| **fyd·As,ccp**: Quantidade mecânica à compressão. |  | **fyd·As,ccp** | : | *576.52* | kN |
| **Fsd**: Força ou reação de punção de cálculo. |  | **Fsd** | : | *28.04* | kN |