

## **A – PEÇAS ESCRITAS**

### **III. MEMÓRIA JUSTIFICATIVA**



# ÍNDICE

1.	Quantificação de Ações.....	1
1.1.	Peso Próprio.....	1
1.2.	Restante Carga Permanente.....	2
1.2.1.	Peso das Chapas dos Pavimentos Metálicos .....	2
1.2.2.	Chapas dos Alçados .....	3
1.2.3.	Chapas da Coberturas 1 e 2 .....	4
1.2.4.	Paredes.....	4
1.3.	Sobrecargas .....	5
1.3.1.	Pavimentos Metálicos .....	5
1.3.2.	Coberturas 1 e 2 .....	7
1.3.3.	Laje de Ensoleiramento .....	8
1.3.4.	Lajes de Betão Armado.....	8
1.3.5.	Equipamentos Mecânicos .....	9
1.4.	Ações Térmicas.....	10
1.5.	Ação do Vento.....	11
1.5.1.	Introdução das forças do vento no modelo de "SAP2000" .....	17
1.6.	Ação Sísmica .....	22
2.	Dimensionamento da Estrutura Metálica.....	25
2.1.	Madres dos Alçados da Torre .....	28
2.1.1.	Pré-Dimensionamento .....	28
2.1.2.	Dimensionamento .....	30
2.2.	Madres dos Alçados na Zona de Carregamento.....	33
2.2.1.	Pré-Dimensionamento .....	33
2.2.2.	Dimensionamento .....	33
2.3.	Madres das Coberturas da Torre .....	37
2.3.1.	Pré-Dimensionamento .....	37
2.3.2.	Dimensionamento .....	38

2.4.	Vigas Interiores dos Pavimentos dos Pisos Metálicos .....	39
2.4.1.	Pré-Dimensionamento .....	39
2.4.2.	Dimensionamento .....	40
2.4.2.1.	Vigas do Piso 4 .....	41
2.4.2.2.	Vigas do Piso 5 .....	42
2.4.2.3.	Vigas do Piso 6 .....	43
2.5.	Travamentos dos Alçados .....	45
2.6.	Colunas-Viga .....	46
2.6.1.	Pré Dimensionamento .....	46
2.6.2.	Funcionamento da Tabela de Cálculo Geral utilizada no dimensionamento das colunas-viga .....	49
2.6.3.	Dimensionamento .....	51
2.6.3.1.	Pilar P2 entre os Pisos 3 e 4 .....	52
2.6.3.2.	Pilar P2 entre os Pisos 6 e 7 .....	61
2.6.3.3.	Pilar P6 entre os Pisos 3 e 4 .....	71
2.6.3.4.	Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5 .....	80
2.6.3.5.	Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5 .....	89
2.6.3.6.	Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B .....	95
2.7.	Estados Limites de Utilização .....	104
2.7.1.	Deslocamentos Horizontais .....	104
2.7.2.	Deslocamentos Verticais .....	106
2.7.3.	Observações Finais .....	108
2.8.	Ligações Metálicas .....	109
2.8.1.	Ligações Soldadas .....	109
2.8.2.	Ligações Aparafusadas .....	109
2.8.2.1.	Ligação da Base do Pilar P2 à Viga de Betão Armado .....	110
2.8.2.2.	Ligação de Pilar P1'-Travessa Cobertura 2 .....	111
2.8.2.3.	Ligação da Travessa do Pórtico V6.6-Viga Interior V8.6 .....	112
3.	Dimensionamento das Estruturas em Betão Armado .....	113

3.1.	Vigas .....	113
3.1.1.	Dimensionamento Orgânico.....	114
3.1.1.1.	Vigas do Piso 1 .....	114
3.1.1.2.	Vigas do Piso 2 .....	124
3.1.1.3.	Lajes do Piso 3 .....	129
3.1.1.1.	Vigas de Fundação .....	142
3.1.2.	Estados Limites de Utilização .....	146
3.1.2.1.	Fendilhação .....	146
3.1.2.2.	Deformação .....	146
3.2.	Lajes.....	147
3.2.1.	Considerações Gerais.....	147
3.2.2.	Envolvente Máxima de Esforços de Cálculo.....	148
3.2.2.1.	Laje de Ensoleiramento .....	148
3.2.2.2.	Lajes do Piso 1 .....	149
3.2.2.3.	Lajes do Piso 2 .....	151
3.2.2.1.	Lajes do Piso 3 .....	152
3.2.3.	Dimensionamento Orgânico.....	155
3.2.3.1.	Laje de Ensoleiramento .....	155
3.2.3.2.	Lajes do Piso 1 .....	156
3.2.3.3.	Lajes do Piso 2 .....	162
3.2.3.4.	Lajes do Piso 3 .....	163
3.2.4.	Estados Limites de Utilização .....	168
3.2.4.1.	Fendilhação .....	168
3.2.4.2.	Deformação .....	168
3.3.	Pilares .....	170
3.3.1.	Dimensionamento Orgânico.....	171
3.3.1.1.	Armaduras de Flexão Composta .....	171
3.3.1.2.	Armaduras de Esforço Transverso .....	174
3.3.2.	Estados Limites de Fendilhação .....	175

3.4. Maciços de Encabeçamento das Estacas.....	176
3.4.1. Estados Limites Últimos.....	176
3.4.1.1. Armaduras de Flexão Composta .....	177
3.4.1.2. Armaduras de Esforço Transverso .....	177
3.4.2. Estado Limite de Fendilhação.....	177
3.5. Estacas.....	178
3.5.1. Rigidez das Molas.....	178
3.5.2. Estados Limites Últimos.....	179
3.5.2.1. Armaduras de Flexão.....	179
3.5.2.2. Armaduras de Esforço Transverso .....	181

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Carga Permanente nos pisos metálicos e em Pormenor as do Piso 5 .....	2
Figura 1.2 – Peso das Paredes nas Vigas de Fundação .....	4
Figura 1.3 – Peso das Paredes nas Vigas Exteriores do Piso 1 .....	5
Figura 1.4 – Peso das Paredes nas Vigas do Piso 2 .....	5
Figura 1.5 – Sobrecargas nos pisos metálicos e em Pormenor as do Piso 5 .....	5
Figura 1.6 – Sobrecarga nas Vigas das Coberturas 1 e 2.....	7
Figura 1.7 – Sobrecarga na Laje de Ensoleiramento .....	8
Figura 1.8 – Sobrecarga nas lajes de betão armado.....	8
Figura 1.9 – Cargas Permanentes e Sobrecargas dos Equipamentos Mecânicos .....	9
Figura 1.10 – Carga Permanente e Sobrecarga da Navete .....	9
Figura 1.11 – Variação uniforme de temperatura máxima positiva nas barras [°C] .....	10
Figura 1.12 – Variação uniforme de temperatura máxima negativa nas barras [°C]....	10
Figura 1.13 – Variação uniforme de temperatura máxima positiva nas lajes [°C] .....	10
Figura 1.14 – Variação uniforme de temperatura máxima negativa nas lajes [°C].....	10
Figura 1.15 – Planta do Edifício com a indicação dos 6 casos da ação do vento.....	11
Figura 1.16 – Alturas de Referência e Pressões Dinâmicas de Pico [kN/m <sup>2</sup> ].....	11
Figura 1.17 – Ação do Vento Wx nas madres da Zona de Carregamento.....	18
Figura 1.18 – Ação do Vento Wx nas Madres na Torre .....	19
Figura 1.19 – Ação do vento Wx nas vigas da Cobertura 1 .....	20
Figura 1.20 – Ação do Vento Wx nas Vigas da Cobertura 2.....	21
Figura 1.21 – Espectros de Resposta de Cálculo do Tipo I e Tipo II .....	22
Figura 1.22 – 1º Modo de Vibração .....	24
Figura 1.23 – 2º Modo de Vibração .....	24
Figura 1.24 – 3º Modo de Vibração .....	24
Figura 2.1 – Torre Metálica.....	25
Figura 2.2 – Identificação das Madres dos alçados Torre.....	28
Figura 2.3 – Ábacos de Flexão Desviada para Seções de classes 1 e 2 - Perfis UNP's .....	28
Figura 2.4 – Ábacos de pré-dimensionamento dos UNP's segundo o eixo mais forte à Deformação .....	29
Figura 2.5 – Ábacos de dimensionamento dos UNP's segundo o eixo mais forte à Deformação .....	32
Figura 2.6 – Identificação das Madres dos alçados da Zona de Carregamento .....	33

Figura 2.7 – Ábacos de dimensionamento dos UNP's segundo o eixo mais forte à Deformação .....	36
Figura 2.8 – Identificação das Madres das Coberturas 1 e 2 .....	37
Figura 2.9 – Ábaco de Flexão Desviada para Seções - Perfis IPE's.....	37
Figura 2.10 – Ábacos de dimensionamento dos IPE's segundo o eixo mais forte à Deformação .....	38
Figura 2.11 – Planta com a identificação das Vigas Interiores do Piso 4.....	41
Figura 2.12 – Folha de Cálculo do "SAP2000" da Viga V7.4 .....	42
Figura 2.13 – Planta com a Identificação das Vigas Interiores do Piso 5.....	42
Figura 2.14 – Planta com a Identificação das Vigas Interiores do Piso 6.....	43
Figura 2.15 – Ábacos de Encurvadura por Compressão.....	47
Figura 2.16 – Ábacos de Encurvadura por Flexão Composta $N+M_y$ .....	48
Figura 2.17 – Ábacos de Encurvadura por Flexão Composta $N+M_z$ .....	49
Figura 2.18 – Fluxograma "Simplificado" para a determinação dos Fatores de Interação .....	51
Figura 2.19 – Localização do Pilar P2.....	52
Figura 2.20 – Diagramas dos Esforços de Cálculo no Pilar P2.....	52
Figura 2.21 – Verificação no <i>software</i> "SemiComp" da Secção mais solicitada do Pilar P2 .....	58
Figura 2.22 – Verificação no <i>software</i> "SemiComp" do Pilar P2 .....	59
Figura 2.23 – Localização do Pilar P2.....	61
Figura 2.24 – Diagramas dos Esforços de Cálculo do Pilar P2.....	61
Figura 2.25 – Verificação no <i>software</i> "SemiComp" da Secção mais solicitada do Pilar P2 .....	68
Figura 2.26 – Verificação no <i>software</i> "SemiComp" do Pilar P2 .....	69
Figura 2.27 – Localização do Pilar P6.....	71
Figura 2.28 – Diagramas dos Esforços de Cálculo do Pilar P6.....	71
Figura 2.29 – Verificação no <i>software</i> "SemiComp" da Secção mais solicitada do Pilar P6 .....	77
Figura 2.30 – Verificação no <i>software</i> "SemiComp" do Pilar P6 .....	78
Figura 2.31 – Localização da Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5 .....	80
Figura 2.32 – Identificação da Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5.....	80
Figura 2.33 – Diagramas de Esforço Axial $N_{Ed}$ .....	80
Figura 2.34 – Diagrama de Esforço Transverso $V_{z,Ed}$ .....	80
Figura 2.35 – Diagrama de Momentos Fletores $M_{y,Ed}$ .....	80
Figura 2.36 – Verificação no <i>software</i> "SemiComp" da Secção mais solicitada da Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5 .....	86

Figura 2.37 – Verificação no <i>software "SemiComp"</i> do Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5.....	87
Figura 2.38 – Localização da Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5.....	89
Figura 2.39 – Identificação da Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5.....	89
Figura 2.40 – Diagramas de Esforço Axial $N_{Ed}$ .....	89
Figura 2.41 – Diagrama de Esforço Transverso $V_{z,Ed}$ .....	89
Figura 2.42 – Diagrama de Momentos Fletores $M_{y,Ed}$ .....	89
Figura 2.43 – Determinação do $M_{cr}$ com indicação das deformadas correspondentes ao 1º modo (barra 3076) e ao 2º modo (barra 3075).....	91
Figura 2.44 – Verificação no <i>software "SemiComp"</i> da Secção mais solicitada da Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5.....	92
Figura 2.45 – Verificação no <i>software "SemiComp"</i> do Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5.....	93
Figura 2.46 – Localização da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B.....	95
Figura 2.47 – Identificação da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B.....	95
Figura 2.48 – Diagramas de Esforço Axial $N_{Ed}$ .....	95
Figura 2.49 – Diagrama de Esforço Transverso $V_{z,Ed}$ .....	95
Figura 2.50 – Diagrama de Momentos Fletores $M_{y,Ed}$ .....	95
Figura 2.51 – Verificação no <i>software "SemiComp"</i> da Secção mais solicitada da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B.....	101
Figura 2.52 – Verificação no <i>software "SemiComp"</i> da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B.....	102
Figura 2.53 – Deformadas dos Pórtico A e 5.....	104
Figura 2.54 – Deslocamentos Verticais.....	106
Figura 2.55 – Ábacos de dimensionamento de cordões de soldaduras em Aço S235 JR.....	109
Figura 2.56 – Vista 3D e Pormenores da Ligação de Encastramento do Pilar P2.....	110
Figura 2.57 – Vista 3D e Pormenores da Ligação Pilar-Travessa.....	111
Figura 2.58 – Vista 3D e Pormenores da Ligação Travessa-Viga Interior.....	112
Figura 3.1 – Eixos locais dos Elementos Barra.....	113
Figura 3.2 – Planta de Identificação das Vigas do Piso 1.....	114
Figura 3.3 – Diagramas das Envoltentes dos Momentos Fletores $M_{33}$ das Vigas do Piso 1.....	114
Figura 3.4 – Diagramas das Envoltentes dos Esforços Transversos $V_{22}$ das Vigas do Piso 1.....	119
Figura 3.5 – Planta de Identificação das Vigas do Piso 2.....	124

Figura 3.6 – Diagramas das Envolventes dos Momentos Fletores $M_{33}$ das Vigas do Piso 2.....	124
Figura 3.7 – Diagramas das Envolventes dos Esforços Transversos $V_{22}$ das Vigas do Piso 2.....	126
Figura 3.8 – Planta de Identificação das Vigas do Piso 3 .....	129
Figura 3.9 – Diagramas das Envolventes dos Momentos Fletores $M_{33}$ das Vigas do Piso 3.....	130
Figura 3.10 – Diagramas das Envolventes dos Esforços Transversos $V_{22}$ das Vigas do Piso 3.....	136
Figura 3.11 – Planta de Identificação das Vigas de Fundação .....	142
Figura 3.12 – Diagramas das Envolventes dos Momentos Fletores $M_{33}$ das Vigas de Fundação.....	142
Figura 3.13 – Diagramas das Envolventes dos Esforços Transversos $V_{22}$ das Vigas de Fundação.....	144
Figura 3.14 – Eixos Locais e Momentos Fletores nas Lajes (9).....	147
Figura 3.15 – Identificação dos Eixos Locais dos elementos tipo "Shell".....	147
Figura 3.16 – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo $M_{11}$ [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	148
Figura 3.17 – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo $M_{22}$ [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	148
Figura 3.18 – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo $M_{12}$ [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	148
Figura 3.19 – Envolvente Máxima dos esforços de Cálculo $M_{11}$ [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	149
Figura 3.20 – Envolvente Máxima dos esforços de Cálculo $M_{22}$ [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	149
Figura 3.21 – Envolvente Máxima dos esforços de Cálculo $M_{12}$ [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	149
Figura 3.22 – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo $M_{11}$ [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	150
Figura 3.23 – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo $M_{22}$ [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	150
Figura 3.24 – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo $M_{12}$ [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	150
Figura 3.25 – Envolvente Máxima dos esforços de Cálculo $M_{11}$ [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	150

Figura 3.26 – Envoltente Máxima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	151
Figura 3.27 – Envoltente Máxima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	151
Figura 3.28 – Envoltente Mínima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	151
Figura 3.29 – Envoltente Mínima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	151
Figura 3.30 – Envoltente Mínima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	152
Figura 3.31 – Envoltente Máxima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	152
Figura 3.32 – Envoltente Máxima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	152
Figura 3.33 – Envoltente Máxima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	152
Figura 3.34 – Envoltente Mínima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	153
Figura 3.35 – Envoltente Mínima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	153
Figura 3.36 – Envoltente Mínima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Negativos.....	153
Figura 3.37 – Envoltente Máxima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	154
Figura 3.38 – Envoltente Máxima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	154
Figura 3.39 – Envoltente Máxima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Positivos .....	154
Figura 3.40 – Identificação das Faixas na Laje de Ensoleiramento – Armaduras Inferiores.....	155
Figura 3.41 – Identificação das Faixas na Laje de Ensoleiramento – Armaduras Superiores .....	155
Figura 3.42 – Identificação das Lajes do Piso 1 .....	156
Figura 3.43 – Identificação das Lajes do Piso 2 .....	162
Figura 3.44 – Identificação das Lajes do Piso 3.....	163
Figura 3.45 – Deformações [mm] no Piso 1 .....	168
Figura 3.46 – Deformações [mm] no Piso 2 .....	168

Figura 3.47 – Deformações [mm] no Piso 3 .....	169
Figura 3.48 – Planta com a Identificação dos Pilares.....	170
Figura 3.49 – Folha de Cálculo - Dimensionamento dos Pilares.....	171
Figura 3.50 – Ábacos de flexão composta para o pilar P1 (Grupo 1).....	172
Figura 3.51 – Ábacos de flexão composta para o pilar P2 (Grupo 2).....	172
Figura 3.52 – Ábacos de flexão composta para o pilar P7 (Grupo 3).....	173
Figura 3.53 – Ábacos de flexão composta para o pilar P10 (Grupo 4).....	173
Figura 3.54 – Identificação dos Maciços .....	176
Figura 3.55 – Abacos de flexão composta para o Maciço M1 .....	176
Figura 3.56 – Modelo das Estacas e respetivos Maciços de Encabeçamento.....	178
Figura 3.57 – Planta das Fundações com a identificação das Estacas .....	179
Figura 3.58 – Ábacos de flexão simples composta das Estacas nas seções até aos 5 metros de profundidade.....	180
Figura 3.59 – Ábaco de flexão simples composta nas Estacas nas seções abaixo dos 5 metros de profundidade.....	180

# ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Reações Totais Verticais .....	1
Tabela 1.2 – Peso Próprio de todos os elementos da Estrutura .....	1
Tabela 1.3 – Peso do pavimento metálico do Piso 4.....	2
Tabela 1.4 – Peso do pavimento metálico do Piso 5.....	2
Tabela 1.5 – Peso do pavimento metálico do Piso 6.....	3
Tabela 1.6 – Peso das chapas de revestimento nas Madres.....	3
Tabela 1.7 – Peso das chapas nas Vigas da Cobertura 1 .....	4
Tabela 1.8 – Peso das chapas nas vigas da Cobertura 2.....	4
Tabela 1.9 – Peso das Paredes .....	4
Tabela 1.10 – Sobrecargas no pavimento metálico do Piso 4 .....	6
Tabela 1.11 – Sobrecargas no pavimento metálico do Piso 5 .....	6
Tabela 1.12 – Sobrecargas no pavimento metálico do Piso 6 .....	6
Tabela 1.13 – Sobrecarga na Cobertura 1 .....	7
Tabela 1.14 – Sobrecarga na Cobertura 2 .....	7
Tabela 1.15 – Pressões Dinâmicas de Pico determinadas em função da altura .....	12
Tabela 1.16 – Coeficientes de Estruturais.....	13
Tabela 1.17 – Forças nos Alçados na Zona de Carregamento .....	15
Tabela 1.18 – Forças nos Alçados na Torre Metálica .....	15
Tabela 1.19 – Forças na Cobertura 1.....	16
Tabela 1.20 – Forças na Cobertura 2.....	16
Tabela 1.21 – Forças nas Platibandas .....	17
Tabela 1.22 – Forças no Terraço da Cobertura .....	17
Tabela 1.23 – Cargas distribuídas $W_x$ e $W_{xx}$ [kN/m] nas Madres da Zona de Carregamento.....	17
Tabela 1.24 – Cargas distribuídas $W_y$ e $W_{yy}$ [kN/m] nas Madres da Zona de Carregamento.....	17
Tabela 1.25 – Cargas distribuídas $W_x$ , $W_{xx}$ , $W_y$ e $W_{yy}$ [kN/m] nas Madres da Torre. 18	
Tabela 1.26 – Cargas distribuídas $W_x$ e $W_{xx}$ [kN/m] nas vigas da Cobertura 1 .....	19
Tabela 1.27 – Cargas distribuídas $W_{y1}$ [kN/m] nas vigas da Cobertura 1 .....	19
Tabela 1.28 – Cargas distribuídas $W_{y2}$ [kN/m] nas Vigas da Cobertura 1 .....	20
Tabela 1.29 – Cargas distribuídas $W_{yy}$ [kN/m] nas Vigas da Cobertura 1.....	20
Tabela 1.30 – Cargas distribuídas $W_x$ e $W_{xx}$ [kN/m] nas Vigas da Cobertura 2 .....	20
Tabela 1.31 – Cargas distribuídas $W_y$ [kN/m] nas Vigas da Cobertura 2 .....	21
Tabela 1.32 – Cargas distribuídas $W_{yy1}$ [kN/m] nas Vigas da Cobertura 2.....	21

Tabela 1.33 – Cargas distribuídas Wyy2 [kN/m] nas Vigas da Cobertura 2.....	21
Tabela 1.34 – Parâmetros para a determinação dos Espectros de Cálculo Tipo I e Tipo II .....	22
Tabela 2.1 – Cálculo do $\alpha_{cr}$ .....	26
Tabela 2.2 – Ações Horizontais Totais no Edifício devidas ao Sismo e ao Vento .....	27
Tabela 2.3 – Dimensionamento das Seções Transversais das Madres da Torre .....	30
Tabela 2.4 – Dimensionamento das Seções das Madres da Zona de Carregamento	33
Tabela 2.5 – Dimensionamento das Seções das Madres das Coberturas da Torre ....	38
Tabela 2.6 – Pré-Dimensionamento da Vigas Interiores dos Pisos 4, 5 e 6 .....	39
Tabela 2.7 – Dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 4 .....	41
Tabela 2.8 – Dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 5 .....	43
Tabela 2.9 – Dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 6 .....	44
Tabela 2.10 – Dimensionamento dos Travamentos .....	45
Tabela 2.11 – Valores Máximos dos Fatores de Interação $k_{ij}$ [31].....	46
Tabela 2.12 – Características Gerais e Esforços de Cálculo do Pilar P2 .....	53
Tabela 2.13 – Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo do Pilar P2 .....	53
Tabela 2.14 – Análise das Seções Transversais do Pilar P2 .....	54
Tabela 2.15 – Dimensionamento à Encurvadura por Compressão do Pilar P2 .....	54
Tabela 2.16 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3034) do Pilar P2 .....	55
Tabela 2.17 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3809) do Pilar P2 .....	55
Tabela 2.18 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P2 (1ª Verificação).....	56
Tabela 2.19 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P2 (1ª Verificação).....	56
Tabela 2.20 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P2 (2ª Verificação).....	57
Tabela 2.21 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P2 (2ª Verificação).....	57
Tabela 2.22 – Rácios de dimensionamento do Pilar P2.....	60
Tabela 2.23 – Deslocamentos do Pilar P2 .....	60
Tabela 2.24 – Características Gerais e Esforços de Cálculo do Pilar P2 .....	62
Tabela 2.25 – Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo do Pilar P2 .....	62
Tabela 2.26 – Análise das Seções Transversais do Pilar P2 .....	63

Tabela 2.27 – Dimensionamento à Encurvadura por Compressão do Pilar P2 .....	63
Tabela 2.28 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3050) do Pilar P2 .....	64
Tabela 2.29 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3052) do Pilar P2 .....	64
Tabela 2.30 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3061) do Pilar P2 .....	64
Tabela 2.31 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P2 (1ª Verificação).....	65
Tabela 2.32 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P2 (1ª Verificação).....	65
Tabela 2.33 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P2 (2ª Verificação).....	66
Tabela 2.34 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P2 (2ª Verificação).....	66
Tabela 2.35 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P2 (3ª Verificação).....	67
Tabela 2.36 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P2 (3ª Verificação).....	67
Tabela 2.37 – Rácios de dimensionamento do Pilar P2.....	70
Tabela 2.38 – Flechas do Pilar P2.....	70
Tabela 2.39 – Características Gerais e Esforços de Cálculo do Pilar P6 .....	72
Tabela 2.40 – Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo do Pilar P6 .....	72
Tabela 2.41 – Análise das Secções Transversais do Pilar P6 .....	73
Tabela 2.42 – Dimensionamento à Encurvadura por Compressão do Pilar P6 .....	73
Tabela 2.43 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3023) do Pilar P6 .....	74
Tabela 2.44 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3807) do Pilar P6 .....	74
Tabela 2.45 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P6 (1ª Verificação).....	75
Tabela 2.46 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P6 (1ª Verificação).....	75
Tabela 2.47 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P6 (2ª Verificação).....	76

Tabela 2.48 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P6 (2ª Verificação).....	76
Tabela 2.49 – Rácios de dimensionamento do Pilar P6.....	79
Tabela 2.50 – Deslocamentos no Pilar P6 .....	79
Tabela 2.51 – Características Gerais e Esforços de Cálculo da Viga V6.6 .....	81
Tabela 2.52 – Características Elásticas, Plásticas e Esforços Resistentes de Cálculo da Viga V6.6 .....	81
Tabela 2.53 – Análise das Secções Transversais da Viga V6.6 .....	82
Tabela 2.54 – Dimensionamento à Encurvadura por Compressão da Viga V6.6 .....	82
Tabela 2.55 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3204) da Viga V6.6 .....	83
Tabela 2.56 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3220) da Viga V6.6 .....	83
Tabela 2.57 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente da Viga V6.6 (1ª Verificação).....	84
Tabela 2.58 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão da Viga V6.6 (1ª Verificação).....	84
Tabela 2.59 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente da Viga V6.6 (2ª Verificação).....	85
Tabela 2.60 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão da Viga V6.6 (2ª Verificação).....	85
Tabela 2.61 – Rácios de dimensionamento da Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5... 88	88
Tabela 2.62 – Flecha na Viga V6.6 .....	88
Tabela 2.63 – Características Gerais e Esforços de Cálculo da Viga V4.5 .....	90
Tabela 2.64 – Características Elásticas, Plásticas e Esforços Resistentes de Cálculo da Viga V4.5 .....	90
Tabela 2.65 – Análise das Secções Transversais da Viga V4.5 .....	91
Tabela 2.66 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3076) da Viga V4.5 .....	91
Tabela 2.67 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3075) da Viga V4.5 .....	91
Tabela 2.68 – Rácios de dimensionamento da Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5... 94	94
Tabela 2.69 – Flecha na Viga V4.5 .....	94
Tabela 2.70 – Características Gerais e Esforços de Cálculo da Viga V4.1 .....	96
Tabela 2.71 – Características Elásticas, Plásticas e Esforços Resistentes de Cálculo da Viga V4.1 .....	96
Tabela 2.72 – Análise das Secções Transversais da Viga V1.4 .....	97

Tabela 2.73 – Dimensionamento à Encurvadura por Compressão da Viga V1.4 .....	97
Tabela 2.74 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3781) da Viga V1.4 .....	98
Tabela 2.75 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 44) da Viga V1.4 .....	98
Tabela 2.76 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente da Viga V1.4 (1ª Verificação).....	99
Tabela 2.77 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão da Viga V1.4 (1ª Verificação).....	99
Tabela 2.78 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente da Viga V1.4 (2ª Verificação).....	100
Tabela 2.79 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão da Viga V1.4 (2ª Verificação).....	100
Tabela 2.80 – Rácios de dimensionamento da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B	103
Tabela 2.81 – Flechas na Viga 1.4 .....	103
Tabela 2.82 – Deslocamentos Horizontais na Estrutura Globalmente .....	105
Tabela 2.83 – Deslocamentos Horizontais entre Pisos na direção X (Pórtico A).....	105
Tabela 2.84 – Deslocamentos Horizontais entre Pisos na direção Y (Pórtico 5) .....	105
Tabela 2.85 – Deslocamentos Verticais nas Vigas do Piso 6 .....	107
Tabela 2.86 – Deslocamentos Verticais nas Vigas do Piso 5 .....	107
Tabela 2.87 – Deslocamentos Verticais nas Vigas do Piso 4 .....	107
Tabela 2.88 – Análise dos deslocamentos globais na estrutura .....	108
Tabela 3.1 – Geometria das Vigas do Edifício .....	113
Tabela 3.2 – Cálculo das Armaduras de Flexão das Vigas do Piso 1 .....	115
Tabela 3.3 – Cálculo das Armaduras de Esforço Transverso das Vigas do Piso 1 ...	119
Tabela 3.4 – Cálculo das Armaduras de Flexão das Vigas do Piso 2.....	125
Tabela 3.5 – Cálculo das Armaduras de Esforço Transverso das Vigas do Piso 2 ...	127
Tabela 3.6 – Cálculo das Armaduras de Flexão das Vigas do Piso 3.....	130
Tabela 3.7 – Cálculo das Armaduras de Esforço Transverso das Vigas do Piso 3 ...	136
Tabela 3.8 – Cálculo das Armaduras de Flexão das Vigas de Fundação.....	143
Tabela 3.9 – Cálculo das Armaduras de Esforço Transverso das Vigas de Fundação .....	144
Tabela 3.10 – Cálculo das Armaduras de Pele .....	146
Tabela 3.11 – Cálculo das Armaduras Mínimas para controlo de Fendilhação em Vigas .....	146
Tabela 3.12 – Cálculo das Armaduras Inferiores .....	155
Tabela 3.13 – Cálculo das Armaduras Superiores .....	156

Tabela 3.14 – Cálculo das Armaduras das Lajes do Piso 1 .....	157
Tabela 3.15 – Cálculo das Armaduras das Lajes do Piso 2 .....	162
Tabela 3.16 – Cálculo das Armaduras das Lajes do Piso 3 .....	164
Tabela 3.17 – Armaduras mínimas para controlo de Fendilhação nas Lajes.....	168
Tabela 3.18 – Verificação da Deformação nas Lajes .....	169
Tabela 3.19 – Geometria e Armaduras Longitudinais dos Pilares .....	173
Tabela 3.20 – Geometria e Cálculo das Cintas .....	174
Tabela 3.21 – Estado Limite de Fendilhação no Pilar P1 (Grupo 1) .....	175
Tabela 3.22 – Estado Limite de Fendilhação no Pilar P2 (Grupo 2) .....	175
Tabela 3.23 – Estado Limite de Fendilhação no Pilar P7 (Grupo 3) .....	175
Tabela 3.24 – Estado Limite de Fendilhação no Pilar P10 (Grupo 4) .....	175
Tabela 3.25 – Geometria e Armaduras Longitudinais dos Maciços .....	177
Tabela 3.26 – Cálculo das Armaduras Transversais dos Maciços.....	177
Tabela 3.27 – Estado Limite de Fendilhação nos Maciços .....	177
Tabela 3.28 – Rigidez das "molas" em função da profundidade .....	178
Tabela 3.29 – Armaduras de Esforço Transverso nas Estacas .....	181

# 1. Quantificação de Ações

## 1.1. Peso Próprio

O peso próprio do Edifício é automaticamente determinado no programa de cálculo automático, através da introdução da geometria e das características dos diferentes materiais da estrutura.

De forma a validar uma das fases do modelo, foi feita uma verificação, onde se compararam as reações totais verticais com o peso próprio de todos os elementos que compõem a estrutura.

**Tabela 1.1 – Reações Totais Verticais**

Apoios Exteriores	Reações Verticais [kN]
E1	775.4
E2	836.0
E3	863.4
E4	1120.6
E5	1141.5
E6	1155.4
E7	1225.6
E8	1255.8
E9	1271.9
E10	1277.7
E11	1287.2
E12	1299.2
E13	1292.6
E14	1269.9
E15	1337.1
E16	1370.7
E17	1393.3
E18	1407.3
E19	1418.8
E20	1428.1
E21	1415.4
E22	1389.4
E23	1443.5
E24	1480.1
E25	1507.7
E26	1525.9
E27	1539.9
E28	1549.0
E29	1532.6
E30	1503.7
<b>Σ=</b>	<b>39314.4</b>

**Tabela 1.2 – Peso Próprio de todos os elementos da Estrutura**

Elementos	Pesos [kN]
HE180A	3.6
HE200A	9.6
HE260A	23.9
IPE100	0.6
IPE120	1.8
IPE140	7.9
IPE160	4.2
IPE220	1.5
IPE240	19.0
IPE270	17.3
IPE300	87.5
IPE330	10.6
IPE360	40.3
Estacas	9753.6
Pilares	1784.2
Vigas_30x60	2372.1
Vigas_30x70	541.6
Vigas_45x50	123.7
Vigas_Fund_40x100	548.8
UPN100	29.2
UPN120	19.9
UPN140	11.3
UPN160	10.9
Platibanda_25x100	671.1
Tubo-D127X4	5.9
Tubo-D139.7X4	7.9
Tubo-D159X4	6.1
Tubo-D193.7X4.5	17.5
Tubo-D244.5X5.4	24.4
Varão D12	0.5
Maçãos	179.9
Ensoleiramento	19794.2
Laje 12	1384.2
Laje 16	1799.4
<b>Σ=</b>	<b>39314.4</b>

## 1.2. Restante Carga Permanente

### 1.2.1. Peso das Chapas dos Pavimentos Metálicos

Considerou-se para todos os pisos chapas de pavimento do tipo Miniquadrícula 400, cujas características geométricas e elásticas estão indicadas no ANEXO I.

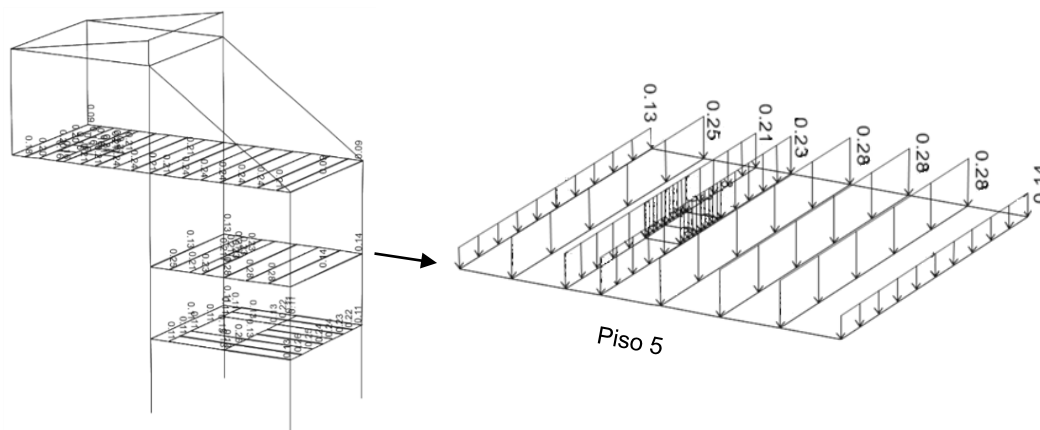


Figura 1.1 – Carga Permanente nos pisos metálicos e em Pormenor as do Piso 5

Tabela 1.3 – Peso do pavimento metálico do Piso 4

Vigas	Carga Permanente [kN/m <sup>2</sup> ]	Largura de influência [m]	Carga unifor. distribuída [kN/m]
V1.4	0.24	0.00	0.00
V2.4	0.24	0.47	0.11
V3.4	0.24	0.48	0.11
V4.4	0.24	0.54	0.13
V5.4	0.24	1.08	0.26
V6.4	0.24	1.04	0.25
V7.4	0.24	1.00	0.24
V8.4	0.24	1.00	0.24
V9.4	0.24	0.97	0.23
V10.4	0.24	0.93	0.22
V11.4	0.24	1.08	0.26
V12.4	0.24	0.54	0.13
V13.4	0.24	0.54	0.13
V14.4	0.24	0.93	0.22
V15.4	0.24	0.00	0.00
V16.4	0.24	0.48	0.11

Tabela 1.4 – Peso do pavimento metálico do Piso 5

Vigas	Carga Permanente [kN/m <sup>2</sup> ]	Largura de influência [m]	Carga unifor. distribuída [kN/m]
V1.5	0.24	0.59	0.14
V2.5	0.24	0.00	0.00
V3.5	0.24	0.53	0.13
V4.5	0.24	0.00	0.00
V5.5	0.24	1.18	0.28
V6.5	0.24	1.18	0.28
V7.5	0.24	1.18	0.28
V8.5	0.24	0.94	0.23
V9.5	0.24	0.88	0.21
V10.5	0.24	1.05	0.25

**Tabela 1.5 – Peso do pavimento metálico do Piso 6**

<b>Vigas</b>	<b>Carga Permanente [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Largura de influência [m]</b>	<b>Carga unifor. distribuída [kN/m]</b>
V1.6	0.24	0.38	0.09
V2.6	0.24	0.00	0.00
V3.6	0.24	0.00	0.00
V4.6	0.24	0.38	0.09
V5.6	0.24	0.00	0.00
V6.6	0.24	0.00	0.00
V7.6	0.24	0.87	0.21
V8.6	0.24	0.88	0.21
V9.6	0.24	1.00	0.24
V10.6	0.24	1.00	0.24
V11.6	0.24	1.00	0.24
V12.6	0.24	1.00	0.24
V13.6	0.24	1.00	0.24
V14.6	0.24	0.88	0.21
V15.6	0.24	0.98	0.24
V16.6	0.24	0.98	0.24
V17.6	0.24	0.88	0.21
V18.6	0.24	0.86	0.21
V19.6	0.24	0.67	0.16
V20.6	0.24	0.68	0.16
V21.6	0.24	0.85	0.20
V22.6	0.24	0.75	0.18

### 1.2.2. Chapas dos Alçados

Utilizou-se para as chapas de revestimentos exteriores dos alçados e da cobertura, chapas em aço lacado, perfil trapezoidal, cujas características geométricas e elásticas estão indicadas no ANEXO I.

**Tabela 1.6 – Peso das chapas de revestimento nas Madres**

<b>Madres</b>	<b>Carga Permanente [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Largura de influência [m]</b>	<b>Carga unifor. distribuída [kN/m]</b>
M1	0.10	0.68	0.07
M2	0.10	1.35	0.14
M3	0.10	0.68	0.07
M4	0.10	1.03	0.10
M5	0.10	1.65	0.17
M6	0.10	1.75	0.18
M7	0.10	1.75	0.17
M8	0.10	1.63	0.16
M9	0.10	1.48	0.15
M10	0.10	1.53	0.15
M11	0.10	1.63	0.16
M12	0.10	1.70	0.17
M13	0.10	1.70	0.17
M14	0.10	0.85	0.09
M15	0.10	0.60	0.06
M16	0.10	0.60	0.06

### 1.2.3. Chapas da Coberturas 1 e 2

Tabela 1.7 – Peso das chapas nas Vigas da Cobertura 1

Vigas	Carga Permanente [kN/m <sup>2</sup> ]	Largura de influência [m]	Carga unifor. distribuída [kN/m]
C1	0.10	1.25	0.12
C2	0.10	2.19	0.22
C3	0.10	2.19	0.22
C4	0.10	2.19	0.22
C5	0.10	1.25	0.12

Tabela 1.8 – Peso das chapas nas vigas da Cobertura 2

Vigas	Carga Permanente [kN/m <sup>2</sup> ]	Largura de influência [m]	Carga unifor. distribuída [kN/m]
C6	0.10	1.39	0.14
C7	0.10	2.48	0.25
C8	0.10	2.48	0.25
C9	0.10	1.24	0.12

### 1.2.4. Paredes

As paredes exteriores do Edifício são constituídas por dois panos de alvenaria de tijolo furado (0.13m+0.17m), com 2 cm de reboco e uma caixa-de-ar que se traduz numa carga de 3 kN/m<sup>2</sup>.

Tabela 1.9 – Peso das Paredes

Pisos	Pé direito [m]	Carga Permanente [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga unifor. distribuída [kN/m]
R/C	5.80	3.00	17.40
Piso 1	4.45	3.00	13.35
Piso 2	2.75	3.00	8.25

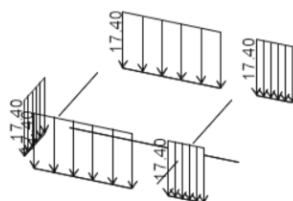
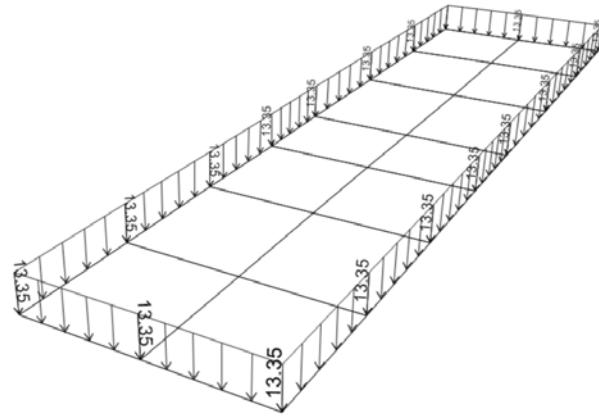
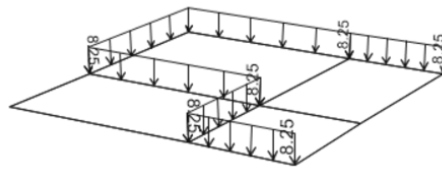


Figura 1.2 – Peso das Paredes nas Vigas de Fundação



**Figura 1.3** – Peso das Paredes nas Vigas Exteriores do Piso 1

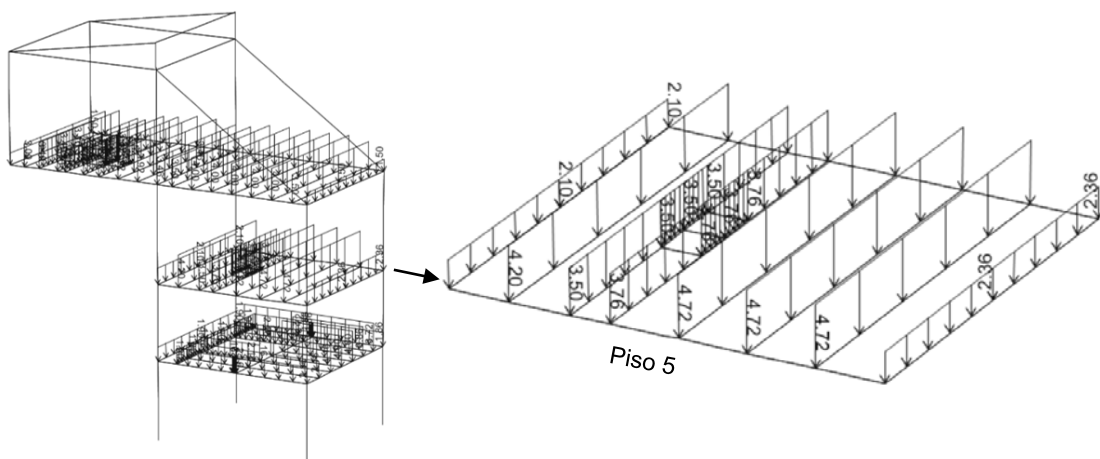


**Figura 1.4** – Peso das Paredes nas Vigas do Piso 2

### 1.3. Sobrecargas

As sobrecargas consideradas nos diferentes Pisos estão indicadas na Tabela 6.5 da Memoria Descritiva.

#### 1.3.1. Pavimentos Metálicos



**Figura 1.5** – Sobrecargas nos pisos metálicos e em Pormenor as do Piso 5

**Tabela 1.10 – Sobrecargas no pavimento metálico do Piso 4**

<b>Vigas</b>	<b>Sobrecarga [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Largura de influência [m]</b>	<b>Carga unifor. distribuída [kN/m]</b>
V1.4	4.00	0.00	0.00
V2.4	4.00	0.47	1.86
V3.4	4.00	0.48	1.90
V4.4	4.00	0.54	2.16
V5.4	4.00	1.08	4.32
V6.4	4.00	1.04	4.16
V7.4	4.00	1.00	4.00
V8.4	4.00	1.00	4.00
V9.4	4.00	0.97	3.86
V10.4	4.00	0.93	3.72
V11.4	4.00	1.08	4.32
V12.4	4.00	0.54	2.16
V13.4	4.00	0.54	2.16
V14.4	4.00	0.93	3.72
V15.4	4.00	0.00	0.00
V16.4	4.00	0.48	1.90

**Tabela 1.11 – Sobrecargas no pavimento metálico do Piso 5**

<b>Vigas</b>	<b>Sobrecarga [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Largura de influência [m]</b>	<b>Carga unifor. distribuída [kN/m]</b>
V1.5	4.00	0.59	2.36
V2.5	4.00	0.00	0.00
V3.5	4.00	0.53	2.10
V4.5	4.00	0.00	0.00
V5.5	4.00	1.18	4.72
V6.5	4.00	1.18	4.72
V7.5	4.00	1.18	4.72
V8.5	4.00	0.94	3.76
V9.5	4.00	0.88	3.50
V10.5	4.00	1.05	4.20

**Tabela 1.12 – Sobrecargas no pavimento metálico do Piso 6**

<b>Vigas</b>	<b>Sobrecarga [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Largura de influência [m]</b>	<b>Carga unifor. distribuída [kN/m]</b>
V1.6	4.00	0.38	1.50
V2.6	4.00	0.00	0.00
V3.6	4.00	0.00	0.00
V4.6	4.00	0.38	1.50
V5.6	4.00	0.00	0.00
V6.6	4.00	0.00	0.00
V7.6	4.00	0.87	3.46
V8.6	4.00	0.88	3.50
V9.6	4.00	1.00	4.00
V10.6	4.00	1.00	4.00
V11.6	4.00	1.00	4.00
V12.6	4.00	1.00	4.00
V13.6	4.00	1.00	4.00
V14.6	4.00	0.88	3.50
V15.6	4.00	0.98	3.92
V16.6	4.00	0.98	3.92
V17.6	4.00	0.88	3.52
V18.6	4.00	0.86	3.42
V19.6	4.00	0.67	2.66
V20.6	4.00	0.68	2.70
V21.6	4.00	0.85	3.40
V22.6	4.00	0.75	3.00

### 1.3.2. Coberturas 1 e 2

Na Figura 1.6 indicam-se as cargas distribuídas nas coberturas devido à sobrecarga.

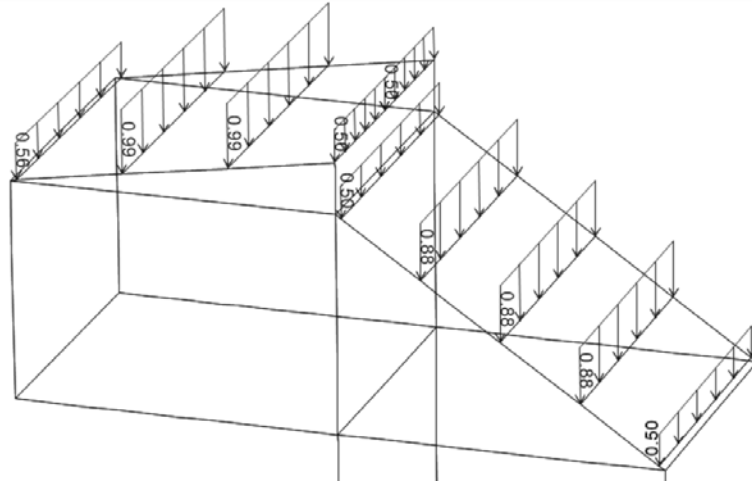


Figura 1.6 – Sobrecarga nas Vigas das Coberturas 1 e 2

Tabela 1.13 – Sobrecarga na Cobertura 1

Vigas	Carga [kN/m <sup>2</sup> ]	Largura de influência [m]	Carga unifor. distribuída [kN/m]
C1	0.40	1.25	0.50
C2	0.40	2.19	0.88
C3	0.40	2.19	0.88
C4	0.40	2.19	0.88
C5	0.40	1.25	0.50

Tabela 1.14 – Sobrecarga na Cobertura 2

Vigas	Carga [kN/m <sup>2</sup> ]	Largura de influência [m]	Carga unifor. distribuída [kN/m]
C6	0.40	1.39	0.56
C7	0.40	2.48	0.99
C8	0.40	2.48	0.99
C9	0.40	1.24	0.50

### 1.3.3. Laje de Ensoleiramento

Considerou-se uma sobrecarga de  $5 \text{ kN/m}^2$  para a laje de ensoleiramento.

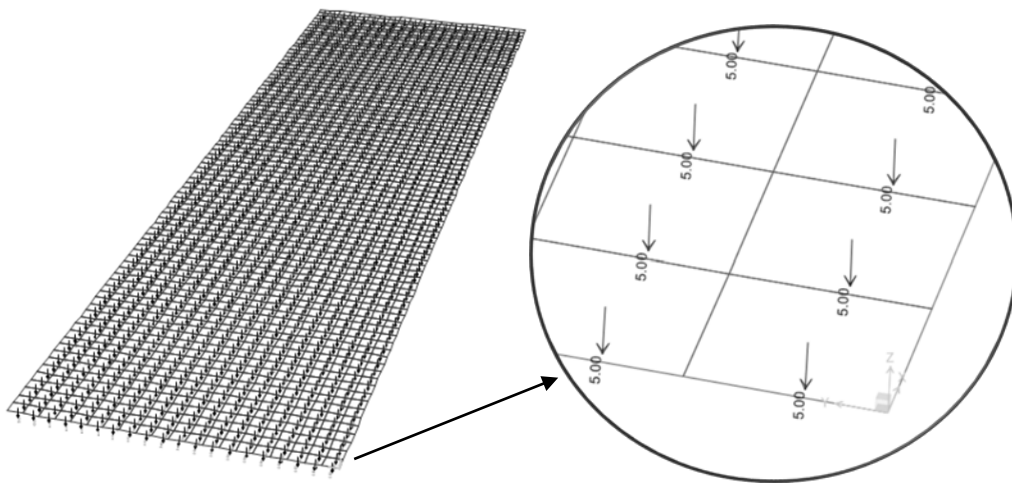


Figura 1.7 – Sobrecarga na Laje de Ensoleiramento

### 1.3.4. Lajes de Betão Armado

Nas lajes do Piso 1 considerou-se uma sobrecarga de  $5 \text{ kN/m}^2$ , e nas restantes lajes dos Pisos 2 e 3 sobrecargas de  $4 \text{ kN/m}^2$ .

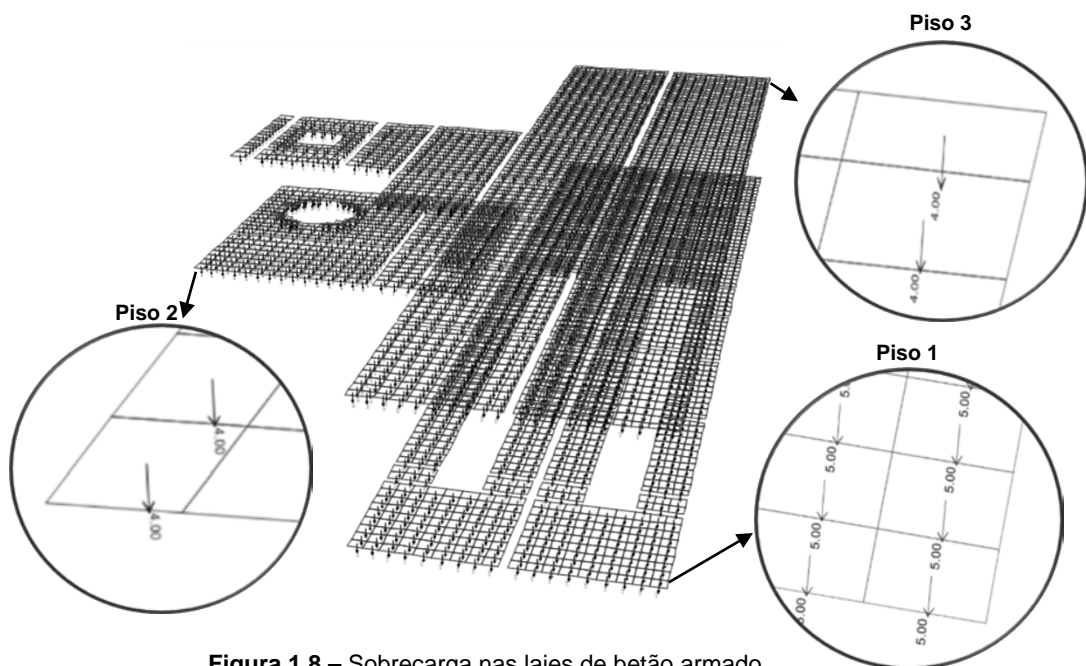
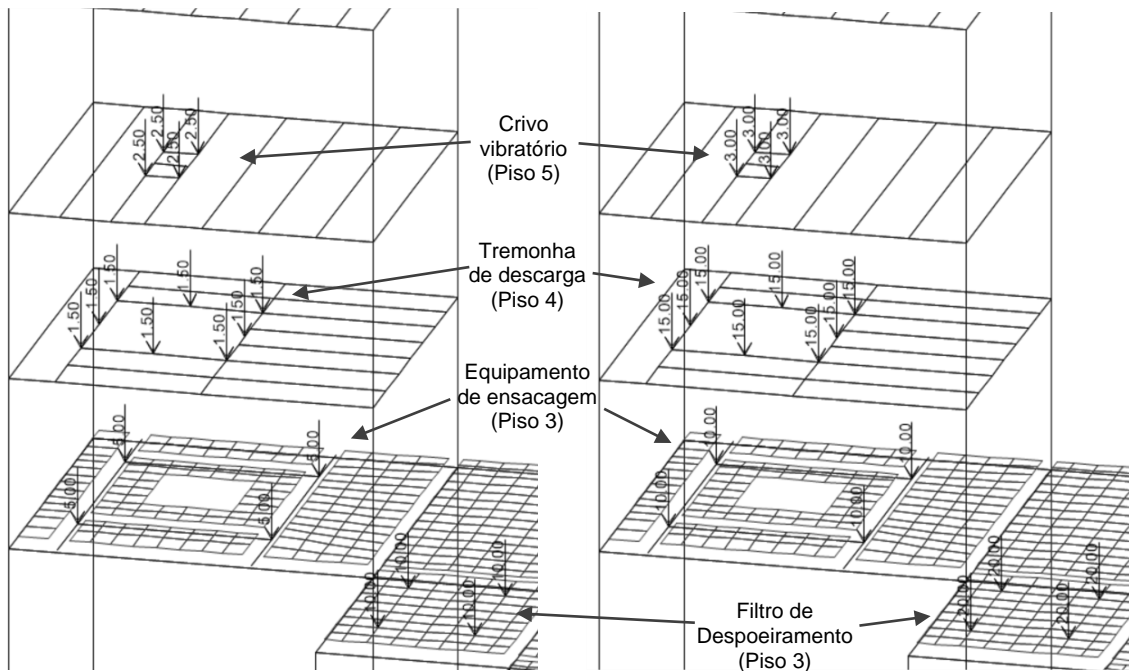


Figura 1.8 – Sobrecarga nas lajes de betão armado

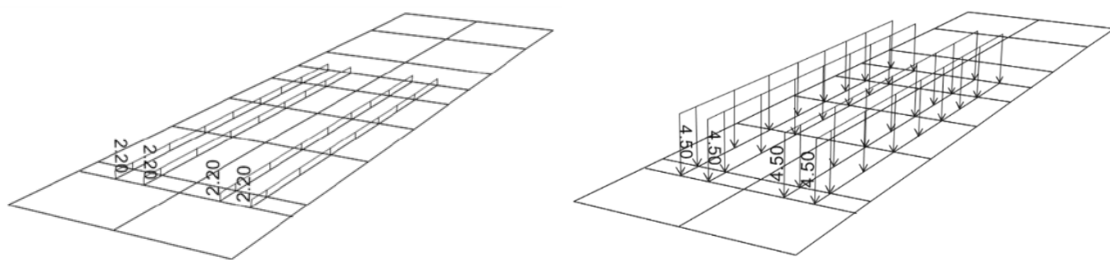
### 1.3.5. Equipamentos Mecânicos

Nas Figuras 1.9 e 1.10 estão representadas as ações do peso próprio e das sobrecargas dos diferentes equipamentos mecânicos.



**Figura 1.9 – Cargas Permanentes e Sobrecargas dos Equipamentos Mecânicos**

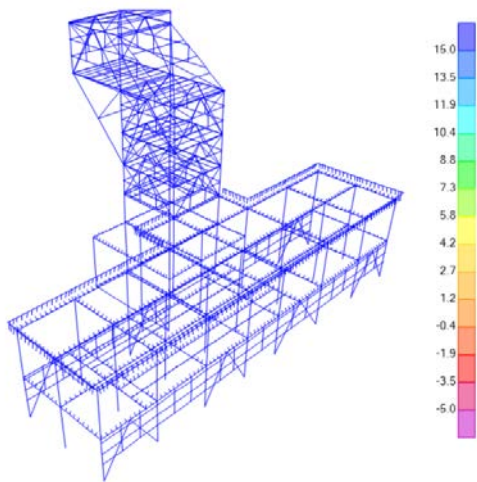
As vigas do Piso 1 onde apoia a Navete tem dimensões de 0.30m x 0.70m, e recebem cargas uniformemente distribuídas de 2.2 kN/m (peso próprio) e 4.5 kN/m (sobrecarga).



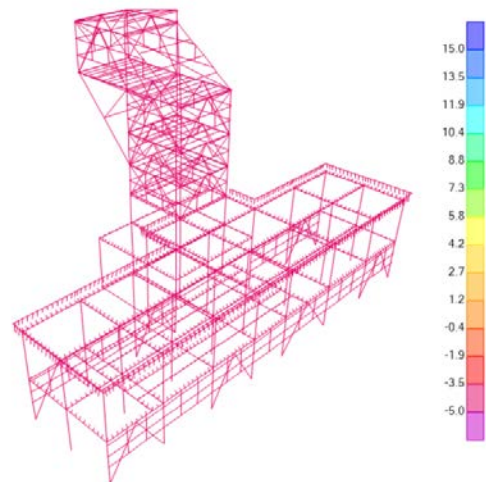
**Figura 1.10 – Carga Permanente e Sobrecarga da Navete**

## 1.4. Ações Térmicas

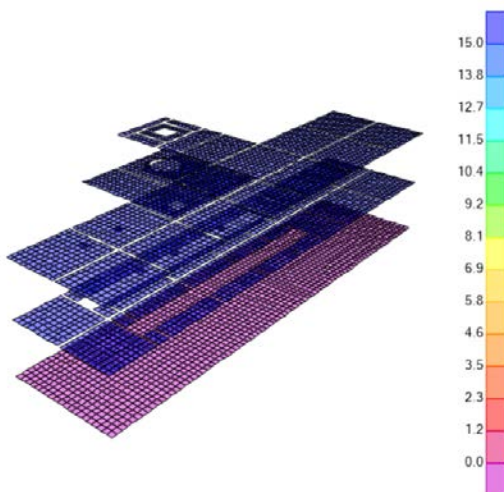
O efeito das ações térmicas nas estruturas está representado nas Figuras 1.11 a 1.14.



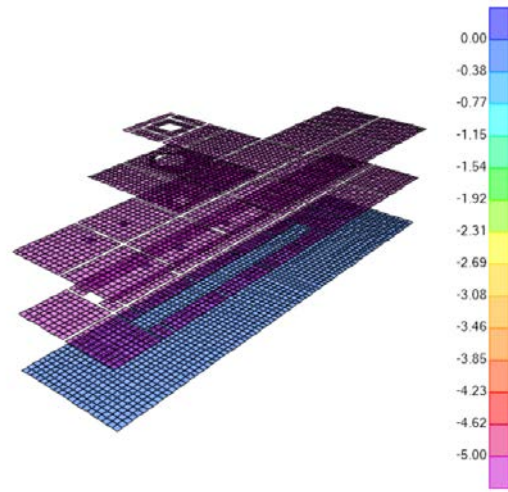
**Figura 1.11** – Variação uniforme de temperatura máxima positiva nas barras [°C]



**Figura 1.12** – Variação uniforme de temperatura máxima negativa nas barras [°C]



**Figura 1.13** – Variação uniforme de temperatura máxima positiva nas lajes [°C]



**Figura 1.14** – Variação uniforme de temperatura máxima negativa nas lajes [°C]

## 1.5. Ação do Vento

O vento pode atuar em 2 direções e em cada uma destas direções em 2 sentidos. No total consideraram-se 6 casos possíveis para a ação do vento:

- $W_x$  – Vento segundo a direção x (sentido positivo);
- $W_{xx}$  – Vento segundo a direção x (sentido negativo);
- $W_{y1}$  – Vento segundo a direção y (sentido positivo; 1º caso);
- $W_{y2}$  – Vento segundo a direção y (sentido positivo; 2º caso);
- $W_{yy1}$  – Vento segundo a direção y (sentido negativo; 1º caso);
- $W_{yy2}$  – Vento segundo a direção y (sentido negativo; 2º caso).

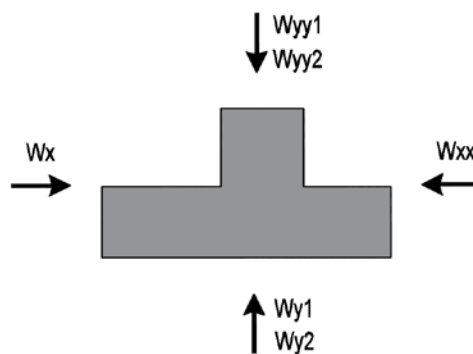


Figura 1.15 – Planta do Edifício com a indicação dos 6 casos da ação do vento

Em virtude do Edifício ter uma altura de 27.65 m foi necessário considerar várias pressões dinâmicas de pico.

Foram consideradas três alturas de referência que correspondem a três pressões dinâmicas de pico diferentes, conforme se indica na Figura 1.16.

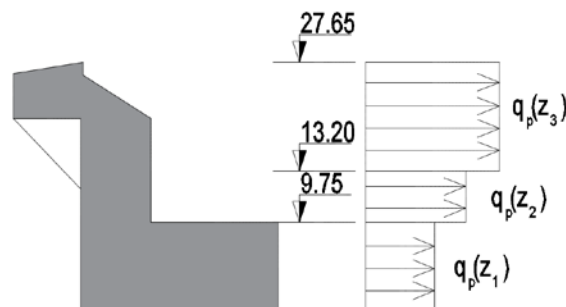


Figura 1.16 – Alturas de Referência e Pressões Dinâmicas de Pico [kN/m<sup>2</sup>]

**Tabela 1.15** – Pressões Dinâmicas de Pico determinadas em função da altura

<b>Variáveis</b>	<b>Valores</b>			<b>Unidades</b>
<b>z</b>	9.75	13.25	27.65	m
<b>v<sub>b,0</sub></b>	27.00	27.00	27.00	m/s
<b>ρ</b>	1.25	1.25	1.25	kg/m <sup>3</sup>
<b>c<sub>dir</sub></b>	1.00	1.00	1.00	
<b>c<sub>season</sub></b>	1.00	1.00	1.00	
<b>c<sub>0</sub>(z)</b>	1.00	1.00	1.00	
<b>z<sub>0</sub></b>	0.05	0.05	0.05	m
<b>z<sub>min</sub></b>	2.00	2.00	2.00	m
<b>z<sub>max</sub></b>	200.00	200.00	200.00	m
<b>k<sub>l</sub></b>	1.00	1.00	1.00	
<b>k<sub>r</sub></b>	0.19	0.19	0.19	
<b>c<sub>r</sub>(z)</b>	1.00	1.06	1.20	
<b>v<sub>b</sub></b>	27.00	27.00	27.00	m/s
<b>σ<sub>v</sub></b>	5.13	5.13	5.13	m/s
<b>v<sub>m</sub>(z)</b>	27.05	28.62	32.40	m/s
<b>l<sub>v</sub>(z)</b>	0.19	0.18	0.16	
<b>q<sub>p</sub>(z)</b>	1.06	1.15	1.38	kN/m <sup>2</sup>

Para os coeficientes  $c_{dir}$  e  $c_{season}$  consideraram-se valores unitários, segundo a NP EN 1991-1-4 2010.

Os dois valores dos coeficientes estruturais que foram calculados correspondem à Zona da Torre ( $z=27.65\text{m}$ ), e o outro à Zona de Carregamento do Edifício ( $z=9.75\text{m}$ ).

**Tabela 1.16 – Coeficientes de Estruturais**

<b>Variáveis</b>	<b>Valores</b>		<b>Unidades</b>
<b>z</b>	27.65	9.75	m
<b>z<sub>s</sub></b>	16.59	5.85	m
<b>L<sub>t</sub></b>	300.00	300.00	m
<b>z<sub>t</sub></b>	200.00	200.00	m
<b>α</b>	0.52	0.52	
<b>L(z<sub>s</sub>)</b>	82.16	47.77	
<b>b</b>	7.50	5.00	m
<b>B<sup>2</sup></b>	0.65	0.70	
<b>c<sub>r</sub>(z<sub>s</sub>)</b>	1.10	0.90	
<b>v<sub>b</sub></b>	27.00	27.00	m/s
<b>σ<sub>v</sub></b>	5.13	5.13	m/s
<b>v<sub>m</sub>(z<sub>s</sub>)</b>	29.78	24.43	m/s
<b>I<sub>v</sub>(z<sub>s</sub>)</b>	0.17	0.21	
<b>x<sub>1</sub></b>	0.006	0.005	m
<b>n<sub>1,x</sub></b>	6.44	7.05	Hz
<b>f<sub>L</sub>(z<sub>s</sub>,n)</b>	17.76	13.79	
<b>S<sub>L</sub>(z<sub>s</sub>,n)</b>	0.02	0.02	
<b>η<sub>n</sub></b>	27.49	12.94	
<b>η<sub>b</sub></b>	27.49	12.94	
<b>R<sub>n</sub></b>	0.036	0.074	
<b>R<sub>b</sub></b>	0.036	0.074	
<b>cf</b>	0.00	0.00	
<b>μ<sub>e</sub></b>	219.00	9281.00	Kg/m <sup>2</sup>
<b>δ<sub>a</sub></b>	0.00	0.00	
<b>δ<sub>s</sub></b>	0.08	0.08	
<b>δ<sub>d</sub></b>	0.00	0.00	
<b>δ</b>	0.08	0.08	
<b>R<sup>2</sup></b>	0.0016	0.0083	
<b>v</b>	0.32	0.79	Hz
<b>T</b>	600.00	600.00	s
<b>k<sub>p</sub></b>	3.43	3.68	
<b>c<sub>d</sub></b>	0.99	1.03	
<b>c<sub>s</sub></b>	0.90	0.89	
<b>c<sub>s</sub>·c<sub>d</sub></b>	0.89	0.92	

O valor do decremento logarítmico de amortecimento  $\delta$  considerado no cálculo de  $R^2$  foi determinado a partir da expressão:

$$\delta = \delta_a + \delta_s + \delta_d \quad (1.1)$$

Em que:

- $\delta_a$  é o decremento logarítmico de amortecimento aerodinâmico;
- $\delta_s$  é o decremento logarítmico de amortecimento estrutural;
- $\delta_d$  é o decremento logarítmico de amortecimento devido a disposições especiais.

Segundo o Quadro F.2 da NP EN 1991-1-4 2010,  $\delta_s = 0.08$ .

Para o decremento logarítmico de amortecimento aerodinâmico e para o decremento logarítmico de amortecimento, tendo em conta que foram consideradas determinadas disposições especiais, consideraram-se valores nulos.

Nas Tabelas 1.17 a 1.22 nas páginas seguintes são apresentados todos os cálculos referentes aos coeficientes de pressão (exteriores e interiores), bem como a determinação da força resultante do vento no Edifício.

**Notas:**

1. A força resultante correspondente à soma vetorial das forças exteriores,  $F_{w,e}$ , e das forças interiores,  $F_{w,i}$ , do vento.
2. O sinal "-" representa os efeitos de sucção nas paredes e nas coberturas, e o sinal "+" as pressões nos mesmos elementos estruturais.

Tabela 1.17 – Forças nos Alçados na Zona de Carregamento

Direções	q <sub>p</sub> (z) [kN/m <sup>2</sup> ]	C <sub>s</sub> ·C <sub>d</sub>	C <sub>pe</sub>					Forças Exteriores [kN/m <sup>2</sup> ]					C <sub>pi</sub>					Forças Interiores [kN/m <sup>2</sup> ]					Forças Resultantes [kN/m <sup>2</sup> ]				
			Zonas					Zonas					Zonas					Zonas					Zonas				
			D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C
W <sub>x</sub>	1.06	0.92	0.70	-0.30	-1.20	-0.80	-0.50	0.68	-0.29	-1.17	-0.78	-0.49	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.32	0.21	0.21	0.21	0.21	1.00	-0.51	-1.39	-0.99	-0.70
W <sub>xx</sub>			0.70	-0.30	-1.20	-0.80	-0.50	0.68	-0.29	-1.17	-0.78	-0.49	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.32	0.21	0.21	0.21	0.21	1.00	-0.51	-1.39	-0.99	-0.70
W <sub>y</sub>			0.80	-0.50	-1.20	-0.80	-	0.78	-0.49	-1.17	-0.78	-	-0.30	0.20	0.20	0.20	-	-0.32	0.21	0.21	0.21	-	1.10	-0.70	-1.39	-0.99	-
W <sub>yy</sub>			0.80	-0.50	-1.20	-0.80	-	0.78	-0.49	-1.17	-0.78	-	-0.30	0.20	0.20	0.20	-	-0.32	0.21	0.21	0.21	-	1.10	-0.70	-1.39	-0.99	-

Tabela 1.18 – Forças nos Alçados na Torre Metálica

Direções	q <sub>p</sub> (z) [kN/m <sup>2</sup> ]	C <sub>s</sub> ·C <sub>d</sub>	C <sub>pe</sub>				Forças Exteriores [kN/m <sup>2</sup> ]				C <sub>pi</sub>				Forças Interiores [kN/m <sup>2</sup> ]				Forças Resultantes [kN/m <sup>2</sup> ]			
			Zonas				Zonas				Zonas				Zonas				Zonas			
			D	E	A	B	D	E	A	B	D	E	A	B	D	E	A	B	D	E	A	B
W <sub>x</sub>	1.06	0.89	0.8	-0.65	-1.2	-0.8	0.76	-0.61	-1.13	-0.76	-0.3	0.2	0.2	0.2	-0.32	0.21	0.21	0.21	1.07	-0.83	-1.35	-0.97
	1.15						0.82	-0.67	-1.23	-0.82					-0.35	0.23	0.23	0.23	1.17	-0.90	-1.46	-1.05
	1.38						0.98	-0.80	-1.47	-0.98					-0.41	0.28	0.28	0.28	1.40	-1.07	-1.75	-1.26
W <sub>xx</sub>	1.06	0.89	0.8	-0.65	-1.2	-0.8	0.76	-0.61	-1.13	-0.76	-0.3	0.2	0.2	0.2	-0.32	0.21	0.21	0.21	1.07	-0.83	-1.35	-0.97
	1.15						0.82	-0.67	-1.23	-0.82					-0.35	0.23	0.23	0.23	1.17	-0.90	-1.46	-1.05
	1.38						0.98	-0.80	-1.47	-0.98					-0.41	0.28	0.28	0.28	1.40	-1.07	-1.75	-1.26
W <sub>y</sub>	1.06	0.89	0.8	-0.65	-1.2	-0.8	0.76	-0.61	-1.13	-0.76	-0.3	0.2	0.2	0.2	-0.32	0.21	0.21	0.21	1.07	-0.83	-1.35	-0.97
	1.15						0.82	-0.67	-1.23	-0.82					-0.35	0.23	0.23	0.23	1.17	-0.90	-1.46	-1.05
	1.38						0.98	-0.80	-1.47	-0.98					-0.41	0.28	0.28	0.28	1.40	-1.07	-1.75	-1.26
W <sub>yy</sub>	1.06	0.89	0.8	-0.65	-1.2	-0.8	0.76	-0.61	-1.13	-0.76	-0.3	0.2	0.2	0.2	-0.32	0.21	0.21	0.21	1.07	-0.83	-1.35	-0.97
	1.15						0.82	-0.67	-1.23	-0.82					-0.35	0.23	0.23	0.23	1.17	-0.90	-1.46	-1.05
	1.38						0.98	-0.80	-1.47	-0.98					-0.41	0.28	0.28	0.28	1.40	-1.07	-1.75	-1.26

Tabela 1.19 – Forças na Cobertura 1

Direções	q <sub>p</sub> (z) [kN/m <sup>2</sup> ]	C <sub>s</sub> ·C <sub>d</sub>	C <sub>pe</sub>						Forças Exteriores [kN/m <sup>2</sup> ]						C <sub>pi</sub>						Forças Interiores [kN/m <sup>2</sup> ]						Forças Resultantes [kN/m <sup>2</sup> ]					
			Zonas						Zonas						Zonas						Zonas						Zonas					
			F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I	F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I	F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I	F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I	F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I
Wx	1.38	0.89	-2.1	-1.3	-	-1.5	-1.0	-0.8	-2.58	-1.60	-	-1.84	-1.23	-0.98	0.2	0.2	-	0.2	0.2	0.2	0.28	0.28	-	0.28	0.28	0.28	-2.85	-1.87	-	-2.12	-1.50	-1.26
Wxx			-2.1	-1.3	-	-1.5	-1.0	-0.8	-2.58	-1.60	-	-1.84	-1.23	-0.98	0.2	0.2	-	0.2	0.2	0.2	0.28	0.28	-	0.28	0.28	0.28	-2.85	-1.87	-	-2.12	-1.50	-1.26
Wyy1			-	-	0.7	0.7	0.4	-	-	-	0.86	0.86	0.49	-	-	-	-0.3	-0.3	-0.3	-	-	-	-0.41	-0.41	-0.41	-	-	-	1.27	1.27	0.91	-
Wyy2			-	-	-0.5	-0.5	-0.2	-	-	-	-0.61	-0.61	-0.25	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.28	0.28	0.28	-	-	-	-0.89	-0.89	-0.52	-
Wyy			-	-	-1.1	-0.8	-0.8	-	-	-	-1.35	-0.98	-0.98	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.28	0.28	0.28	-	-	-	-1.63	-1.26	-1.26	-

Tabela 1.20 – Forças na Cobertura 2

Direções	q <sub>p</sub> (z) [kN/m <sup>2</sup> ]	C <sub>s</sub> ·C <sub>d</sub>	C <sub>pe</sub>						Forças Exteriores [kN/m <sup>2</sup> ]						C <sub>pi</sub>						Forças Interiores [kN/m <sup>2</sup> ]						Forças Resultantes [kN/m <sup>2</sup> ]					
			Zonas						Zonas						Zonas						Zonas						Zonas					
			F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I	F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I	F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I	F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I	F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I
Wx	1.38	0.89	-2.3	-1.9	-	-1.9	-0.7	-0.6	-2.82	-2.33	-	-2.33	-0.86	-0.74	0.2	0.2	-	0.2	0.2	0.2	0.28	0.28	-	0.28	0.28	0.28	-3.10	-2.61	-	-2.61	-1.14	-1.01
Wxx			-2.3	-1.9	-	-1.9	-0.7	-0.6	-2.82	-2.33	-	-2.33	-0.86	-0.74	0.2	0.2	-	0.2	0.2	0.2	0.28	0.28	-	0.28	0.28	0.28	-3.10	-2.61	-	-2.61	-1.14	-1.01
Wy			-	-	-2.4	-1.3	-0.9	-	-	-	-2.94	-1.60	-1.10	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.28	0.28	0.28	-	-	-	-3.22	-1.87	-1.38	-
Wyy1			-	-	0.1	0.1	0.1	-	-	-	0.12	0.12	0.12	-	-	-	-0.3	-0.3	-0.3	-	-	-	-0.41	-0.41	-0.41	-	-	-	0.54	0.54	0.54	-
Wyy2			-	-	-1.3	-1.0	-0.5	-	-	-	-1.60	-1.23	-0.61	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.28	0.28	0.28	-	-	-	-1.87	-1.50	-0.89	-

**Tabela 1.21 – Forças nas Platibandas**

Direções	$q_p(z)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_s \cdot C_d$	$C_{pe}$					Forças Exteriores Resultantes [kN/m <sup>2</sup> ]				
			Zonas					Zonas				
			D	E	A	B	C	D	E	A	B	C
Wx	1.06	0.92	1.40	-0.60	-2.40	-1.60	-1.00	1.37	-0.59	-2.35	-1.56	-0.98
Wxx			1.40	-0.60	-2.40	-1.60	-1.00	1.37	-0.59	-2.35	-1.56	-0.98
Wy			1.60	-1.00	-2.40	-1.60	-	1.56	-0.98	-2.35	-1.56	-
Wyy			1.60	-1.00	-2.40	-1.60	-	1.56	-0.98	-2.35	-1.56	-

**Tabela 1.22 – Forças no Terraço da Cobertura**

Direções	$q_p(z)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_s \cdot C_d$	$C_{pe}$	Forças Exteriores [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_{pi}$	Forças Interiores [kN/m <sup>2</sup> ]	Forças Resultantes [kN/m <sup>2</sup> ]
			Zona F	Zona F	Zona F	Zona F	Zona F
Wx1 Wx2	1.06	0.92	0.20	0.20	-0.30	-0.32	0.51
Wxx1 Wxx2			0.20	0.20	-0.30	-0.32	0.51
Wy1 Wy2			0.20	0.20	-0.30	-0.32	0.51
Wyy1 Wyy2			0.20	0.20	-0.30	-0.32	0.51

### 1.5.1. Introdução das forças do vento no modelo de "SAP2000"

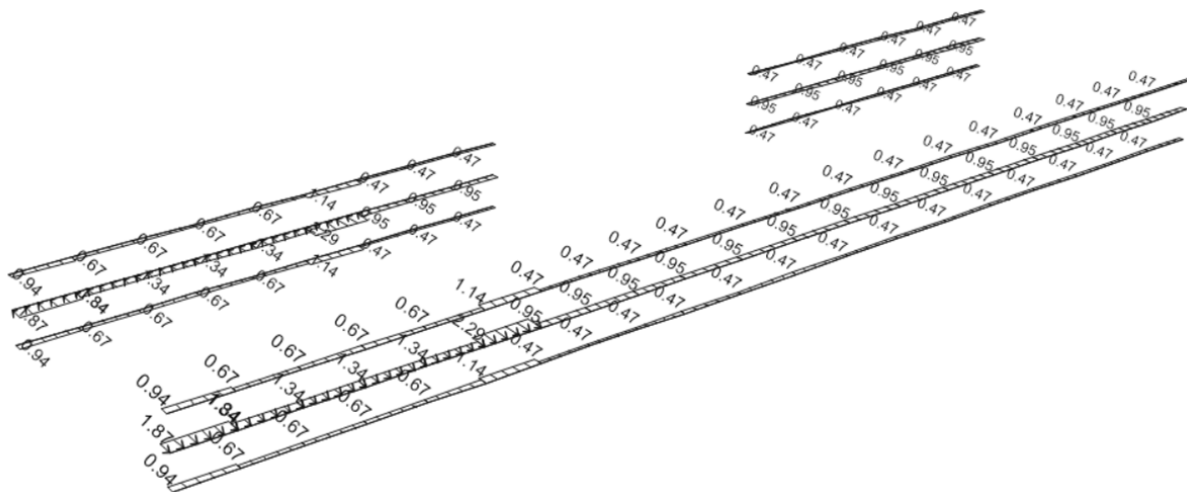
Obtidas as forças resultantes do vento em toda a estrutura, foram trabalhados estes valores, tendo em consideração as diferentes larguras de influência das madres dos alçados e das coberturas.

**Tabela 1.23 – Cargas distribuídas Wx e Wxx [kN/m] nas Madres da Zona de Carregamento**

Madres	Larguras [m]	Zonas				
		D	E	A	B	C
M1	0.68	0.68	-0.34	-0.94	-0.67	-0.47
M2	1.35	1.35	-0.68	-1.87	-1.34	-0.95
M3	0.68	0.68	-0.34	-0.94	-0.67	-0.47

**Tabela 1.24 – Cargas distribuídas Wy e Wyy [kN/m] nas Madres da Zona de Carregamento**

Madres	Larguras [m]	Zonas				
		D	E	A	B	C
M1	0.68	0.74	-0.47	-0.94	-0.67	-
M2	1.35	1.49	-0.95	-1.87	-1.34	-
M3	0.68	0.74	-0.47	-0.94	-0.67	-

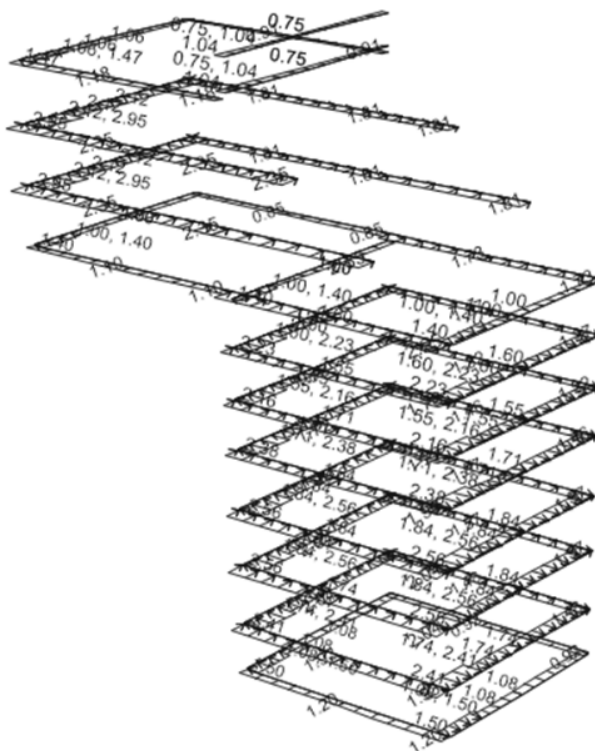


**Figura 1.17** – Ação do Vento  $W_x$  nas madres da Zona de Carregamento

Na Tabela 1.25 estão indicadas as ações do vento nas madres.

**Tabela 1.25** – Cargas distribuídas  $W_x$ ,  $W_{xx}$ ,  $W_y$  e  $W_{yy}$  [kN/m] nas Madres da Torre

Madres	Larguras de influência [m]	Zonas			
		D	E	A	B
<b>M4</b>	1.03	1.19	-0.92	-1.50	-1.08
<b>M5</b>	1.65	1.92	-1.48	-2.41	-1.73
<b>M6</b>	1.75	2.04	-1.57	-2.55	-1.84
<b>M7</b>	1.75	2.03	-1.56	-2.55	-1.83
<b>M8</b>	1.63	1.89	-1.46	-2.37	-1.71
<b>M9</b>	1.48	1.72	-1.32	-2.15	-1.55
<b>M10</b>	1.53	1.78	-1.37	-2.23	-1.60
<b>M11</b>	0.78	1.10	-0.85	-1.40	-1.00
<b>M12</b>	1.70	2.37	-1.83	-2.97	-2.14
<b>M13</b>	1.70	2.37	-1.83	-2.97	-2.14
<b>M14</b>	0.85	1.19	-0.91	-1.49	-1.07
<b>M15</b>	0.6	0.84	-0.64	-1.05	-0.75
<b>M16</b>	0.6	0.84	-0.64	-1.05	-0.75



**Figura 1.18** – Ação do Vento  $W_x$  nas Mães na Torre

As ações do vento nas Coberturas 1 e 2 estão indicadas nas Tabelas 1.26 a 1.33.

**Tabela 1.26** – Cargas distribuídas  $W_x$  e  $W_{xx}$  [kN/m] nas vigas da Cobertura 1

Vigas	Larguras de influência [m]	Zonas					
		$F_{up}$	$F_{low}$	F	G	H	I
C1	1.25	-	-2.33	-	-	-1.87	-1.57
C2	2.19	-	-4.10	-	-	-3.29	-2.76
C3	2.19	-	-	-	-4.64	-3.29	-2.76
C4	2.19	-6.25	-	-	-	-3.29	-2.76
C5	1.25	-3.55	-	-	-	-1.87	-1.57

**Tabela 1.27** – Cargas distribuídas  $W_{y1}$  [kN/m] nas vigas da Cobertura 1

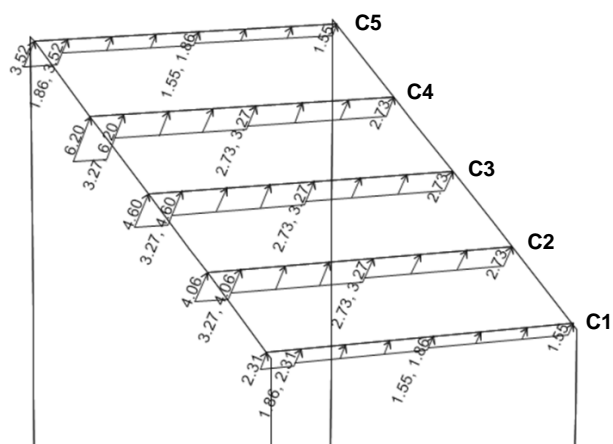
Vigas	Larguras de influência [m]	Zonas					
		$F_{up}$	$F_{low}$	F	G	H	I
C1	1.25	-	-	1.59	1.59	-	-
C2	2.19	-	-	-	-	1.98	-
C3	2.19	-	-	-	-	1.98	-
C4	2.19	-	-	-	-	1.98	-
C5	1.25	-	-	-	-	1.13	-

**Tabela 1.28** – Cargas distribuídas Wy2 [kN/m] nas Vigas da Cobertura 1

Vigas	Larguras de influência [m]	Zonas					
		F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I
C1	1.25	-	-	-1.11	-1.11	-	-
C2	2.19	-	-	-	-	-1.14	-
C3	2.19	-	-	-	-	-1.14	-
C4	2.19	-	-	-	-	-1.14	-
C5	1.25	-	-	-	-	-0.65	-

**Tabela 1.29** – Cargas distribuídas Wyy [kN/m] nas Vigas da Cobertura 1

Vigas	Larguras de influência [m]	Zonas					
		F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I
C1	1.25	-	-	-2.02	-1.57	-	-
C2	2.19	-	-	-	-	-2.76	-
C3	2.19	-	-	-	-	-2.76	-
C4	2.19	-	-	-	-	-2.76	-
C5	1.25	-	-	-	-	-1.57	-



**Figura 1.19** – Ação do vento Wx nas vigas da Cobertura 1

**Tabela 1.30** – Cargas distribuídas Wx e Wxx [kN/m] nas Vigas da Cobertura 2

Vigas	Larguras de influência [m]	Zonas					
		F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I
C6	1.39	-	-3.62	-	-	-1.58	-1.41
C7	2.48	-	-	-	-6.47	-2.82	-2.51
C8	2.48	-	-	-	-6.47	-2.82	-2.51
C9	1.24	-3.84	-	-	-	-1.41	-1.26

**Tabela 1.31 – Cargas distribuídas Wy [kN/m] nas Vigas da Cobertura 2**

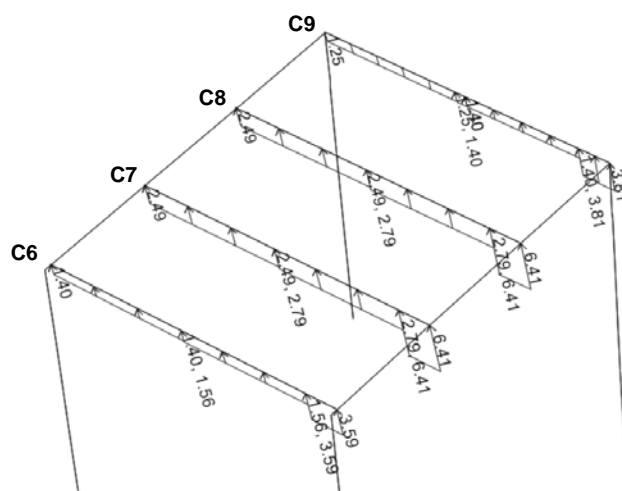
Vigas	Larguras de influência [m]	Zonas					
		F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I
C6	1.39	-	-	-4.48	-2.60	-	-
C7	2.48	-	-	-	-	-3.42	-
C8	2.48	-	-	-	-	-3.42	-
C9	1.24	-	-	-	-	-1.71	-

**Tabela 1.32 – Cargas distribuídas Wyy1 [kN/m] nas Vigas da Cobertura 2**

Vigas	Larguras de influência [m]	Zonas					
		F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I
C6	1.39	-	-	0.75	0.75	-	-
C7	2.48	-	-	-	-	1.33	-
C8	2.48	-	-	-	-	1.33	-
C9	1.24	-	-	-	-	0.67	-

**Tabela 1.33 – Cargas distribuídas Wyy2 [kN/m] nas Vigas da Cobertura 2**

Vigas	Larguras de influência [m]	Zonas					
		F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I
C6	1.39	-	-	-2.60	-2.09	-	-
C7	2.48	-	-	-	-	-2.21	-
C8	2.48	-	-	-	-	-2.21	-
C9	1.24	-	-	-	-	-1.10	-



**Figura 1.20 – Ação do Vento Wx nas Vigas da Cobertura 2**

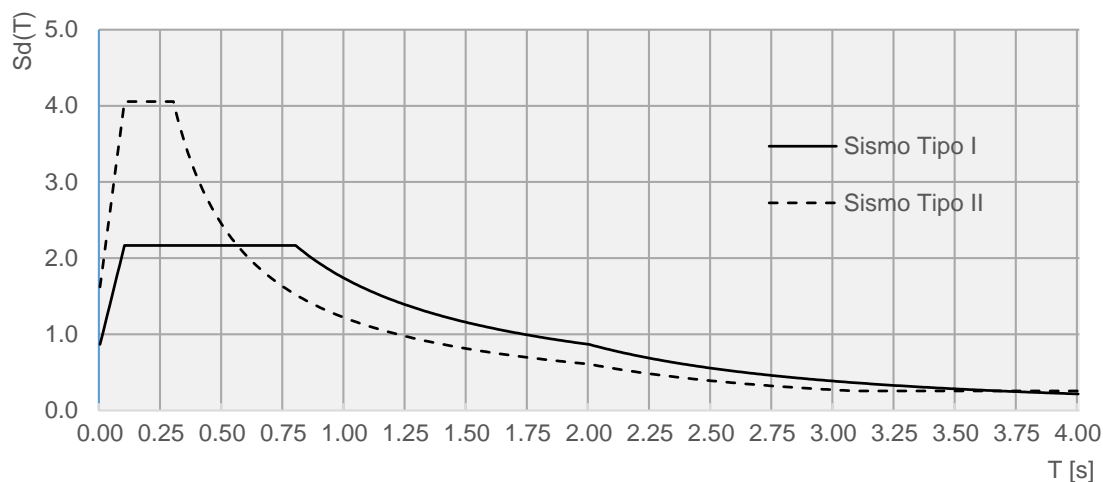
## 1.6. Ação Sísmica

A quantificação da ação sísmica, tal como já foi referido, depende de vários fatores: tipo de terreno, zona sísmica, classe de importância, coeficiente de comportamento, entre outros. A Tabela 1.34 indica alguns dos parâmetros necessários para a definição dos espectros de cálculo da Ação Sísmica Tipo I e do Tipo II.

**Tabela 1.34** – Parâmetros para a determinação dos Espectros de Cálculo Tipo I e Tipo II

	Ação sísmica Tipo I	Ação sísmica Tipo II
<b>Tipo de terreno</b>	D	D
<b>S<sub>max</sub></b>	2.00	2.00
<b>T<sub>B</sub>(s)</b>	0.10 s	0.10 s
<b>T<sub>C</sub>(s)</b>	0.80 s	0.30 s
<b>T<sub>D</sub>(s)</b>	2.00 s	2.00 s
<b>α<sub>gR</sub></b>	1.00 m/s <sup>2</sup>	1.70 m/s <sup>2</sup>
<b>γ<sub>1</sub></b>	0.65	0.75
<b>α<sub>g</sub></b>	0.65 m/s <sup>2</sup>	1.28 m/s <sup>2</sup>
<b>S</b>	2.00	1.91
<b>ξ</b>	5%	5%
<b>q</b>	1.50	1.50

Com base na informação da Tabela 1.34, e recorrendo a uma folha de cálculo obtiveram-se os espectros de resposta indicados na Figura 1.21.



**Figura 1.21** – Espectros de Resposta de Cálculo do Tipo I e Tipo II

Uma vez que as ondas sísmicas se podem propagar em qualquer direção, considerou-se a seguinte combinação direcional, por aproximação linear, segundo a cláusula 4.3.3.5.1 (3) da NP EN 1998-1:

$$E_{Edx} + 0.30E_{Edy} \quad (1.2)$$

$$0.30E_{Edx} + E_{Edy} \quad (1.3)$$

Em que:

- "+" significa " a combinar com ";
- $E_{Edx}$  representa os esforços devidos à aplicação da ação sísmica segundo o eixo horizontal x;
- $E_{Edy}$  representa os esforços devidos à aplicação da ação sísmica segundo o eixo horizontal y.

A análise sísmica foi realizada com recurso ao "SAP2000". A função "mass source" deste software foi utilizada de modo a contabilizar as massas devidas às restantes cargas permanentes e às sobrecargas.

**Notas:**

1. Neste projeto para se atingir uma participação da massa de 90% nas duas direções x e y foram considerados 173 modos de vibração.
2. Em edifícios de betão, mistos aço-betão e em alvenaria, a rigidez dos elementos resistentes deverá, em geral, ser avaliada tendo em conta o efeito da fendilhação. Esta rigidez deverá corresponder ao início da cedência da armadura.

Segundo o EC8 poderá considerar-se que as propriedades de rigidez elástica de flexão e de esforço transversal dos elementos de betão e de alvenaria são iguais a metade da rigidez correspondente dos elementos não fendilhados, a não ser que seja efetuada uma análise mais rigorosa dos elementos fendilhados.

3. No presente projeto foram feitas várias análises, com diferentes modelos, tendo sido também abordadas as considerações do ponto anterior.

Nas Figuras seguintes indicam-se os modos de vibração mais participativos:

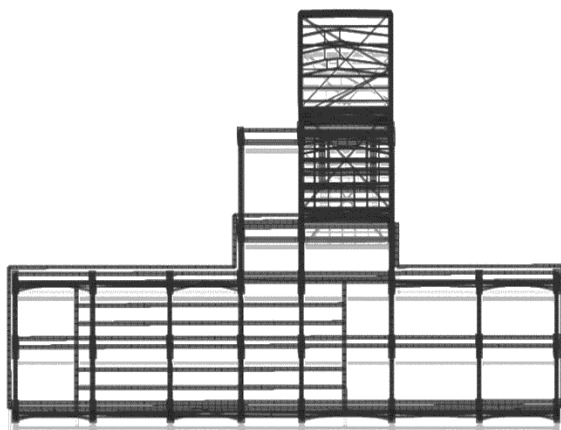


Figura 1.22 – 1º Modo de Vibração

1º Modo de Vibração

Participação modal de 49% na direção Y

$F = 1.06 \text{ Hz}$

$T = 0.94 \text{ seg}$

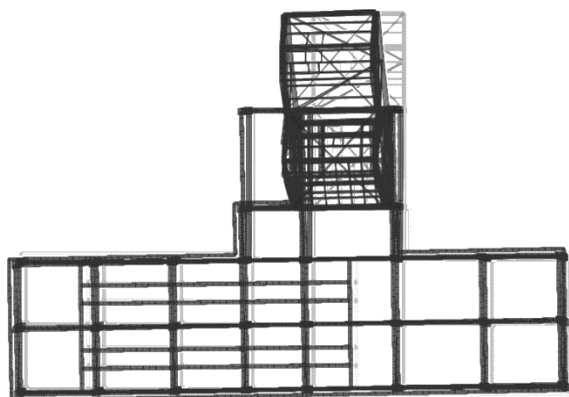


Figura 1.23 – 2º Modo de Vibração

2º Modo de Vibração

Participação modal de 41% na direção X

$F = 1.29 \text{ Hz}$

$T = 0.77 \text{ seg}$

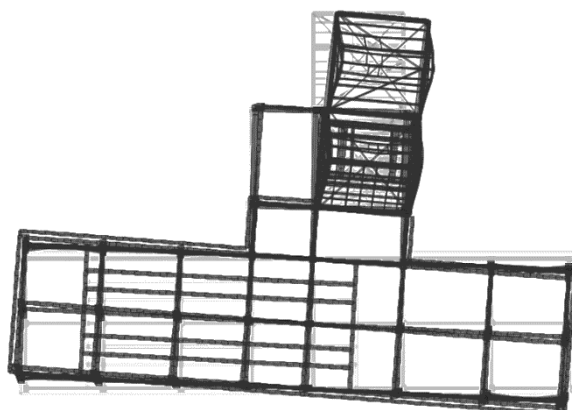


Figura 1.24 – 3º Modo de Vibração

3º Modo de Vibração

Modo de Torção

$F = 1.57 \text{ Hz}$

$T = 0.64 \text{ seg}$

## 2. Dimensionamento da Estrutura Metálica

Os elementos metálicos que constituem os pórticos dos alçados, os travamentos, as madres e as vigas interiores dos diferentes pisos foram dimensionados a partir das expressões da NP EN 1993-1-1: 2010.

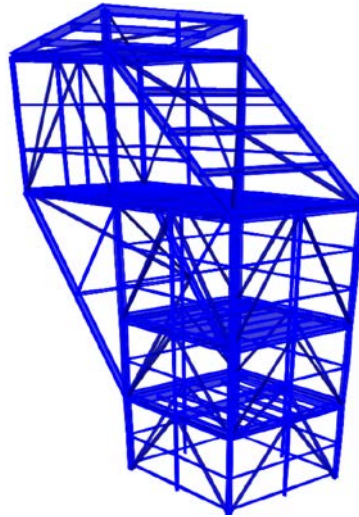


Figura 2.1 – Torre Metálica

Foi no entanto necessário verificar previamente a Torre em termos de comportamento “sway” ou “non-sway”, tendo-se para isso procedido à determinação dos coeficientes  $\alpha_{cr}$ , que podem ser calculados para este tipo de estruturas a partir da seguinte expressão:

$$\alpha_{cr} = \left( \frac{H_{Ed}}{V_{Ed}} \right) \cdot \left( \frac{h_i}{\delta_{H,Ed}} \right) \quad (2.1)$$

Onde:

$H_{Ed}$  Reações horizontais totais nas bases dos pórticos;

$V_{Ed}$  Reações verticais totais nas bases dos pórticos;

$h_i$  Altura dos pórticos entre pisos adjacentes;

$\delta_{H,Ed}$  Deslocamentos horizontais relativos entre o topo e a base dos pórticos, devido às forças horizontais.

Determinaram-se os valores de  $\alpha_{cr}$ , com base nas combinações de ações mais desfavoráveis. Estes valores tem de ser sempre superiores ou iguais a 10, para que se possa proceder a uma análise elástica de primeira ordem.

Neste Projeto calcularam-se os valores de  $\alpha_{cr}$  para todos os pórticos, tendo-se obtido os resultados mais desfavoráveis para o pórtico A, que constam na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1 – Cálculo do  $\alpha_{cr}$**

Pórtico A	Combinações Condicionantes	$h_i$ [m]	$\delta_{base}$ [cm]	$\delta_{topo}$ [cm]	$\delta_{H,Ed}$ [cm]	$\sum H_{Ed}$ [kN]	$\sum V_{Ed}$ [kN]	$\alpha_{cr}$
RC – Piso 2	ELU_Wx_(T+)	6.4	0.00	0.58	0.58	87.7	2387.7	40.6
	ELU_Wxx_(T+)	6.4	0.00	0.58	0.58	83.6	2396.6	38.7
	ELU_Wx_(T-)	6.4	0.00	0.55	0.55	80.2	2368.5	39.5
	ELU_Wxx_(T-)	6.4	0.00	0.61	0.61	91.1	2377.5	40.3
	ELU_S1X	6.4	0.00	0.55	0.55	82.8	1943.0	49.5
	ELU_S2X	6.4	0.00	0.61	0.61	92.2	2051.9	46.9
Piso 2 - Piso 3	ELU_Wx_(T+)	3.35	0.58	0.91	0.33	99.9	1544.3	66.4
	ELU_Wxx_(T+)	3.35	0.58	0.86	0.28	80.0	1548.2	60.8
	ELU_Wx_(T-)	3.35	0.55	0.86	0.31	100.4	1542.4	69.4
	ELU_Wxx_(T-)	3.35	0.61	0.91	0.30	79.6	1546.3	58.0
	ELU_S1X	3.35	0.55	0.79	0.24	69.2	1352.9	72.2
	ELU_S2X	3.35	0.61	0.88	0.27	79.7	1455.2	68.6
Piso 3 - Piso 4	ELU_Wx_(T+)	3.6	0.91	1.32	0.42	21.9	1007.9	18.7
	ELU_Wxx_(T+)	3.6	0.86	1.28	0.41	23.3	1002.0	20.2
	ELU_Wx_(T-)	3.6	0.86	1.26	0.40	22.0	909.4	21.7
	ELU_Wxx_(T-)	3.6	0.91	1.34	0.43	23.1	903.5	21.4
	ELU_S1X	3.6	0.79	1.03	0.24	8.0	841.4	14.3
	ELU_S2X	3.6	0.88	1.16	0.28	10.3	919.3	14.7
Piso 4 - Piso 5	ELU_Wx_(T+)	3.5	1.32	1.63	0.31	11.4	568.6	22.8
	ELU_Wxx_(T+)	3.5	1.28	1.60	0.32	11.2	569.3	21.5
	ELU_Wx_(T-)	3.5	1.26	1.57	0.31	11.4	518.5	24.9
	ELU_Wxx_(T-)	3.5	1.34	1.65	0.32	11.2	519.3	23.7
	ELU_S1X	3.5	1.03	1.19	0.16	4.3	442.2	20.8
	ELU_S2X	3.5	1.16	1.35	0.19	4.9	478.0	18.4
Piso 5 - Piso 6	ELU_Wx_(T+)	4.5	1.63	2.00	0.37	8.5	281.6	36.6
	ELU_Wxx_(T+)	4.5	1.60	1.93	0.34	8.5	280.8	40.7
	ELU_Wx_(T-)	4.5	1.57	1.92	0.35	8.6	321.0	34.4
	ELU_Wxx_(T-)	4.5	1.65	2.01	0.36	8.5	320.3	33.2
	ELU_S1X	4.5	1.19	1.37	0.18	3.4	266.3	32.1
	ELU_S2X	4.5	1.35	1.58	0.23	4.3	278.7	30.3
Piso 6 - Cobertura	ELU_Wx_(T+)	6.3	2.00	2.30	0.30	47.2	1.5	66843.8
	ELU_Wxx_(T+)	6.3	1.93	2.35	0.41	47.3	1.9	37238.4
	ELU_Wx_(T-)	6.3	1.92	2.27	0.35	47.2	17.4	4936.8
	ELU_Wxx_(T-)	6.3	2.01	2.38	0.36	47.3	16.9	4830.8
	ELU_S1X	6.3	1.37	1.54	0.17	6.2	103.0	220.3
	ELU_S2X	6.3	1.58	1.80	0.21	8.3	106.9	228.3

**Nota:** Os travamentos existentes em todos os alçados da Torre originam deslocamentos entre pisos muito pequenos, permitindo pois que os efeitos de segunda ordem possam ser dispensados.

De referir também que as imperfeições globais dos pórticos, que se traduzem na "instabilização segundo um modo com deslocamentos laterais", podem ser consideradas admitindo uma inclinação lateral inicial das colunas dos pórticos, com desvio de verticalidade ou introduzindo um sistema de forças horizontais equivalentes.

As imperfeições globais dos pórticos da Torre foram porem ignoradas, uma vez que se verifica a condição definida na EN NP 1993-1-1:

$$H_{Ed} \geq 0.15 \times V_{Ed} \quad (2.2)$$

Nos estudos prévios analisados, constatou-se também que o sismo é a ação mais condicionante no dimensionamento de grande parte dos elementos estruturais, dada a elevada massa da Estrutura do Edifício.

Verificou-se também que o somatório das ações horizontais do sismo é aproximadamente 10 vezes superior na direção X e 5 na direção Y, em relação à ação do vento nestas mesmas direções.

**Tabela 2.2** – Ações Horizontais Totais no Edifício devidas ao Sismo e ao Vento

	Sismo	Vento
Direção X	5 755 kN	601 kN
Direção Y	4 636 kN	968 kN

O dimensionamento dos elementos metálicos foi realizado a partir dos ficheiros de resultados da análise no "SAP2000", e num conjunto de Tabelas de Cálculo e Ábacos realizados em "Excel".

Em paralelo, recorreu-se também a outros programas, nomeadamente o "SemiComp".

## 2.1. Madres dos Alçados da Torre

### 2.1.1. Pré-Dimensionamento

A Figura 2.2 mostra a identificação de todas as barras das madres dos alçados da Torre.

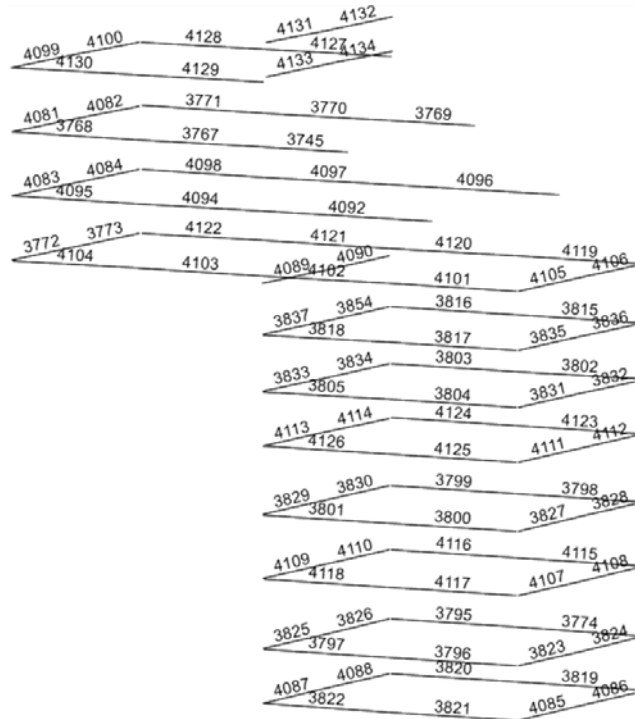


Figura 2.2 – Identificação das Madres dos alçados Torre

### Verificações das Seções Transversais

Para o pré dimensionamento das madres dos alçados utilizou-se numa primeira fase, o ábaco de flexão composta para perfis UNP para as classes 1 e 2, de forma a controlar os momentos atuantes de cálculo nos dois sentidos.

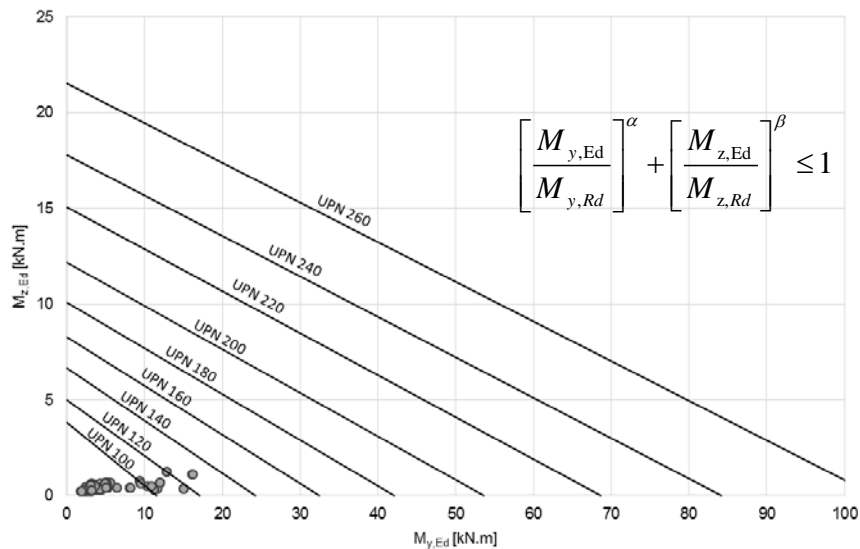
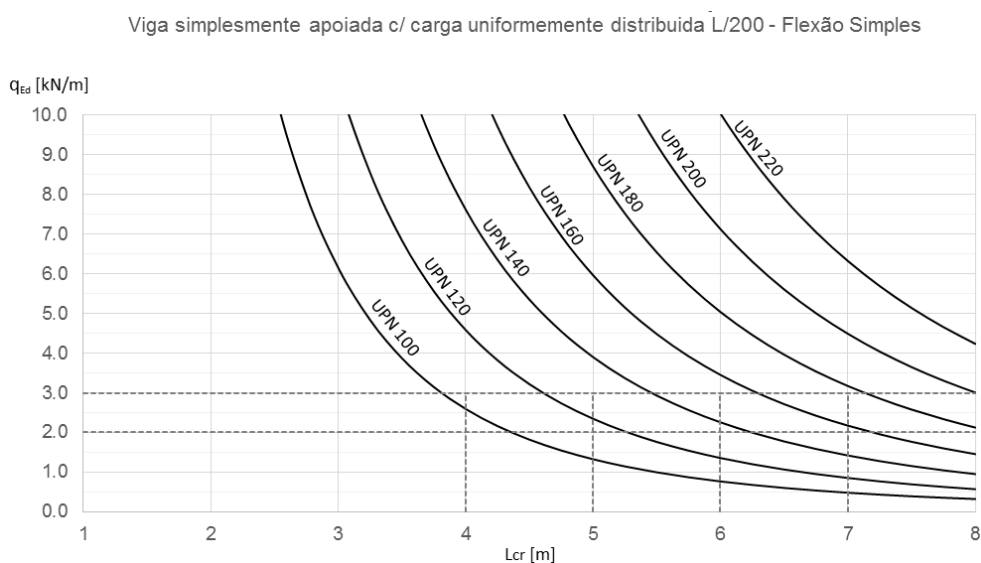


Figura 2.3 – Ábacos de Flexão Desviada para Seções de classes 1 e 2 - Perfis UNP's

## Verificação à Deformação

As deformações foram controladas para flechas inferiores a  $L/200$ , segundo o eixo mais resistente, para a combinação condicionante do Estado Limite de Utilização (ação variável base vento), a partir do ábaco da Figura 2.4.

Em relação ao eixo menos resistente, uma vez que as madres funcionam como vigas contínuas tarugadas, ou como vigas contínuas de dois tramos, solicitadas por ações pouco significativas (peso das madres + chapas), verificou-se que a deformação era também inferior a  $L/200$ .



**Figura 2.4** – Ábacos de pré-dimensionamento dos UNP's segundo o eixo mais forte à Deformação

## 2.1.2. Dimensionamento

### Verificações das Seções Transversais

O dimensionamento das seções transversais das madres dos alçados da Torre foi realizado a partir da expressão de flexão desviada, válida para seções das classes 1 e 2, para as combinações de ações mais desfavoráveis em relação aos Estados Limites Últimos.

Os resultados de dimensionamento para todas as seções das madres estão indicados na Tabela 2.3.

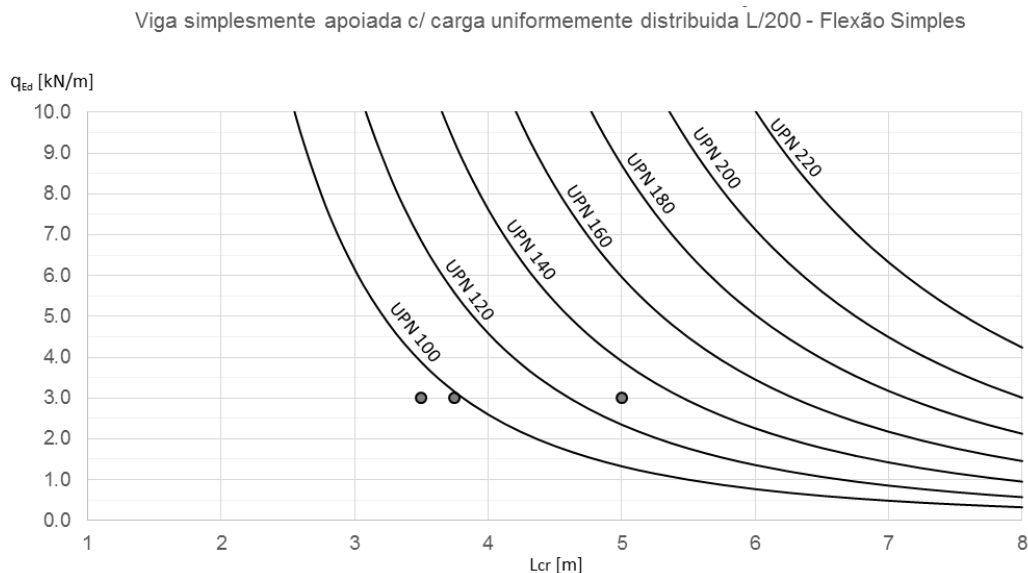
**Tabela 2.3 – Dimensionamento das Seções Transversais das Madres da Torre**

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Rd,z</sub> [kN.m]	α	β	Rácios	Obs.
3745	UPN 160	ELU_Wx_(T-)	-14.96	-0.33	32.43	8.27	1	1	0.50	OK
3767	UPN 160	ELU_Wx_(T-)	-15.04	-0.33	32.43	8.27	1	1	0.50	OK
3768	UPN 160	ELU_Wx_(T-)	11.61	0.35	32.43	8.27	1	1	0.40	OK
3769	UPN 160	ELU_Wy1_(T-)	-11.92	-0.68	32.43	8.27	1	1	0.45	OK
3770	UPN 160	ELU_Wy1_(T-)	-12.00	-0.68	32.43	8.27	1	1	0.45	OK
3771	UPN 160	ELU_Wyy1_(T-)	10.36	0.49	32.43	8.27	1	1	0.38	OK
3772	UPN 120	ELU_Wyy2_(T-)	2.43	0.24	17.06	4.98	1	1	0.19	OK
3773	UPN 120	ELU_Wyy2_(T-)	2.45	0.24	17.06	4.98	1	1	0.19	OK
3774	UPN 100	ELU_Wy2_(T+)	-4.27	-0.64	11.52	3.81	1	1	0.54	OK
3795	UPN 100	ELU_Wy2_(T+)	-4.26	-0.64	11.52	3.81	1	1	0.54	OK
3796	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	3.75	0.37	11.52	3.81	1	1	0.42	OK
3797	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	3.75	0.37	11.52	3.81	1	1	0.42	OK
3798	UPN 100	ELU_Wy1_(T+)	-5.11	-0.64	11.52	3.81	1	1	0.61	OK
3799	UPN 100	ELU_Wy1_(T+)	-5.11	-0.64	11.52	3.81	1	1	0.61	OK
3800	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	4.51	0.33	11.52	3.81	1	1	0.48	OK
3801	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	4.51	0.33	11.52	3.81	1	1	0.48	OK
3802	UPN 100	ELU_Wy1_(T+)	-3.26	-0.59	11.52	3.81	1	1	0.44	OK
3803	UPN 100	ELU_Wy1_(T+)	-3.26	-0.59	11.52	3.81	1	1	0.44	OK
3804	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	4.35	0.31	11.52	3.81	1	1	0.46	OK
3805	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	4.35	0.31	11.52	3.81	1	1	0.46	OK
3815	UPN 100	ELU_Wy2_(T+)	-3.17	-0.60	11.52	3.81	1	1	0.43	OK
3816	UPN 100	ELU_Wyy1_(T+)	-3.16	-0.60	11.52	3.81	1	1	0.43	OK
3817	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	4.35	0.31	11.52	3.81	1	1	0.46	OK
3818	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	4.35	0.31	11.52	3.81	1	1	0.46	OK
3819	UPN 100	ELU_Wy1_(T+)	-2.84	-0.46	11.52	3.81	1	1	0.37	OK
3820	UPN 100	ELU_Wy1_(T+)	-2.84	-0.46	11.52	3.81	1	1	0.37	OK
3821	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	-2.75	-0.48	11.52	3.81	1	1	0.37	OK
3822	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	-2.75	-0.48	11.52	3.81	1	1	0.37	OK
3823	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	-3.40	-0.55	11.52	3.81	1	1	0.44	OK
3824	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	-3.40	-0.55	11.52	3.81	1	1	0.44	OK
3825	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	3.38	0.31	11.52	3.81	1	1	0.38	OK
3826	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	3.38	0.31	11.52	3.81	1	1	0.38	OK
3827	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	3.86	0.32	11.52	3.81	1	1	0.42	OK
3828	UPN 100	ELU_Wxx_(T-)	3.87	0.32	11.52	3.81	1	1	0.42	OK
3829	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	3.86	0.31	11.52	3.81	1	1	0.42	OK
3830	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	3.86	0.31	11.52	3.81	1	1	0.42	OK
3831	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	3.87	0.29	11.52	3.81	1	1	0.41	OK
3832	UPN 100	ELU_Wxx_(T+)	3.87	0.29	11.52	3.81	1	1	0.41	OK
3833	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	3.67	0.29	11.52	3.81	1	1	0.39	OK
3834	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	3.67	0.29	11.52	3.81	1	1	0.39	OK
3835	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	3.88	0.29	11.52	3.81	1	1	0.41	OK

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Rd,z</sub> [kN.m]	α	β	Rácios	Obs.
3836	UPN 100	ELU_Wxx_(T+)	3.88	0.29	11.52	3.81	1	1	0.41	OK
3837	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	3.68	0.29	11.52	3.81	1	1	0.40	OK
3854	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	3.68	0.29	11.52	3.81	1	1	0.40	OK
4081	UPN 160	ELU_Wyy1_(T-)	11.25	0.31	32.43	8.27	1	1	0.38	OK
4082	UPN 160	ELU_Wyy1_(T-)	11.25	0.31	32.43	8.27	1	1	0.38	OK
4083	UPN 160	ELU_Wx_(T+)	-9.33	-0.73	32.43	8.27	1	1	0.38	OK
4084	UPN 160	ELU_Wx_(T+)	-9.33	-0.73	32.43	8.27	1	1	0.38	OK
4085	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	-2.58	-0.40	11.52	3.81	1	1	0.33	OK
4086	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	-2.58	-0.40	11.52	3.81	1	1	0.33	OK
4087	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	-2.39	-0.43	11.52	3.81	1	1	0.32	OK
4088	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	-2.39	-0.43	11.52	3.81	1	1	0.32	OK
4089	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	2.08	0.21	11.52	3.81	1	1	0.24	OK
4090	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	2.08	0.21	11.52	3.81	1	1	0.24	OK
4092	UPN 160	ELU_Wx_(T-)	-16.13	-1.10	32.43	8.27	1	1	0.63	OK
4094	UPN 160	ELU_Wx_(T-)	-16.23	-1.10	32.43	8.27	1	1	0.63	OK
4095	UPN 160	ELU_Wx_(T-)	10.90	0.47	32.43	8.27	1	1	0.39	OK
4096	UPN 160	ELU_Wy1_(T-)	-12.85	-1.23	32.43	8.27	1	1	0.55	OK
4097	UPN 160	ELU_Wy1_(T-)	-12.85	-1.23	32.43	8.27	1	1	0.55	OK
4098	UPN 160	ELU_Wyy1_(T-)	9.51	0.61	32.43	8.27	1	1	0.37	OK
4099	UPN 120	ELU_Wyy2_(T+)	2.88	0.26	17.06	4.98	1	1	0.22	OK
4100	UPN 120	ELU_Wyy2_(T+)	2.86	0.26	17.06	4.98	1	1	0.22	OK
4101	UPN 120	ELU_Wx_(T+)	5.24	0.41	17.06	4.98	1	1	0.39	OK
4102	UPN 120	ELU_Wx_(T-)	-8.07	-0.40	17.06	4.98	1	1	0.55	OK
4103	UPN 120	ELU_Wx_(T-)	-6.41	-0.40	17.06	4.98	1	1	0.46	OK
4104	UPN 120	ELU_Wx_(T-)	2.54	0.32	17.06	4.98	1	1	0.21	OK
4105	UPN 120	ELU_Wx_(T+)	3.07	0.24	17.06	4.98	1	1	0.23	OK
4106	UPN 120	ELU_Wxx_(T+)	3.04	0.24	17.06	4.98	1	1	0.23	OK
4107	UPN 100	ELU_Wxx_(T+)	-3.13	-0.58	11.52	3.81	1	1	0.42	OK
4108	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	-3.08	-0.58	11.52	3.81	1	1	0.42	OK
4109	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	3.81	0.32	11.52	3.81	1	1	0.42	OK
4110	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	3.80	0.32	11.52	3.81	1	1	0.41	OK
4111	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	4.22	0.30	11.52	3.81	1	1	0.45	OK
4112	UPN 100	ELU_Wxx_(T+)	4.20	0.30	11.52	3.81	1	1	0.44	OK
4113	UPN 100	ELU_Wyy1_(T-)	3.58	0.30	11.52	3.81	1	1	0.39	OK
4114	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	3.57	0.30	11.52	3.81	1	1	0.39	OK
4115	UPN 100	ELU_Wy1_(T+)	-5.53	-0.67	11.52	3.81	1	1	0.66	OK
4116	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	-4.90	-0.67	11.52	3.81	1	1	0.60	OK
4117	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	4.28	0.38	11.52	3.81	1	1	0.47	OK
4118	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	4.24	0.38	11.52	3.81	1	1	0.47	OK
4119	UPN 120	ELU_Wx_(T+)	4.56	0.39	17.06	4.98	1	1	0.35	OK
4120	UPN 120	ELU_Wx_(T-)	-8.17	-0.38	17.06	4.98	1	1	0.55	OK
4121	UPN 120	ELU_Wx_(T-)	-4.94	-0.38	17.06	4.98	1	1	0.36	OK
4122	UPN 120	ELU_Wyy2_(T+)	-2.76	-0.36	17.06	4.98	1	1	0.23	OK
4123	UPN 100	ELU_Wy1_(T+)	-5.11	-0.61	11.52	3.81	1	1	0.60	OK
4124	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	-4.90	-0.61	11.52	3.81	1	1	0.59	OK
4125	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	4.22	0.32	11.52	3.81	1	1	0.45	OK
4126	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	4.26	0.32	11.52	3.81	1	1	0.45	OK
4127	UPN 120	ELU_Wyy1_(T+)	-3.58	-0.49	17.06	4.98	1	1	0.31	OK
4128	UPN 120	ELU_Wyy2_(T+)	3.05	0.52	17.06	4.98	1	1	0.28	OK
4129	UPN 120	ELU_Wx_(T+)	3.11	0.28	17.06	4.98	1	1	0.24	OK
4130	UPN 120	ELU_Wx_(T+)	3.19	0.28	17.06	4.98	1	1	0.24	OK
4131	UPN 120	ELU_Wy2_(T+)	-4.98	-0.41	17.06	4.98	1	1	0.37	OK
4132	UPN 120	ELU_Wy2_(T+)	-4.98	-0.41	17.06	4.98	1	1	0.37	OK
4133	UPN 120	ELU_Wx_(T-)	1.80	0.22	17.06	4.98	1	1	0.15	OK
4134	UPN 120	ELU_Wxx_(T-)	1.86	0.22	17.06	4.98	1	1	0.15	OK

## Verificação à Deformação

Verificou-se também, a deformação a partir dos ábacos da Figura 2.5, que permitem selecionar os perfis em função da combinação de ações mais desfavorável, para os Estados Limites de Utilização e do vão L.



**Figura 2.5** – Ábacos de dimensionamento dos UNP's segundo o eixo mais forte à Deformação

Notas:

1. De referir que a encurvadura não é condicionante no dimensionamento das madres, uma vez que as chapas dos alçados restringem parcialmente estes movimentos.
2. O esforço transversal também não é significativo, uma vez que em todas as combinações de ações para os E. L. Últimos, é sempre inferior a metade do esforço transversal plástico resistente.
3. O esforço normal não tem também significado, e não foi por isso considerado nas expressões de dimensionamento.

## 2.2. Madres dos Alçados na Zona de Carregamento

### 2.2.1. Pré-Dimensionamento

A Figura 2.6 mostra a identificação de todas as barras das madres dos alçados da Zona de Carregamento.

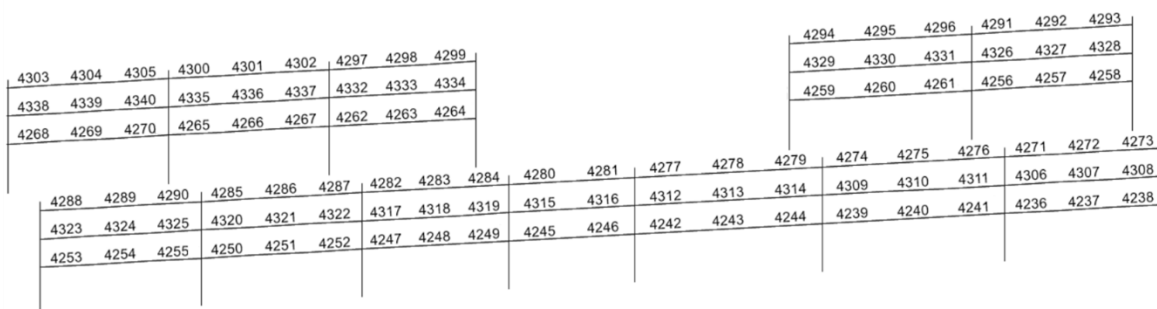


Figura 2.6 – Identificação das Madres dos alçados da Zona de Carregamento

### Verificações das Seções Transversais

Para o pré dimensionamento das madres dos alçados na Zona de Carregamento, utilizaram-se os mesmos ábacos de flexão composta da Zona da Torre (Ver Figura 2.4).

### Verificação à Deformação

As deformações foram controladas para flechas inferiores a  $L/200$ , segundo o eixo mais resistente, de acordo com a mesma filosofia adotada para as madres da Torre.

### 2.2.2. Dimensionamento

#### Verificações das Seções Transversais

O dimensionamento das madres dos alçados da Zona de Carregamento foi realizado a partir da expressão de flexão desviada, válida para as seções transversais das classes 1 e 2, para as combinações de ações mais desfavoráveis, aos Estados Limites Últimos.

A Tabela 2.4 resume os resultados do dimensionamento realizado.

Tabela 2.4 – Dimensionamento das Seções das Madres da Zona de Carregamento

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Ed,z}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,z}$ [kN.m]	$\alpha$	$\beta$	Rácios	Obs.
4236	UPN 120	ELU_Wy2_(T+)	-4.44	-0.08	17.06	4.98	1	1	0.28	OK
4237	UPN 120	ELU_Wxx_(T-)	4.93	0.04	17.06	4.98	1	1	0.30	OK
4238	UPN 120	ELU_Wy1_(T+)	-4.44	-0.13	17.06	4.98	1	1	0.29	OK
4239	UPN 120	ELU_Wy2_(T-)	-5.70	-0.09	17.06	4.98	1	1	0.35	OK
4240	UPN 120	ELU_Wy1_(T-)	-6.39	0.06	17.06	4.98	1	1	0.36	OK
4241	UPN 120	ELU_Wy1_(T+)	-5.70	-0.12	17.06	4.98	1	1	0.36	OK

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Rd,z</sub> [kN.m]	α	β	Rácios	Obs.
4242	UPN 120	ELU_Wy2_(T+)	-6.04	-0.13	17.06	4.98	1	1	0.38	OK
4243	UPN 120	ELU_Wy2_(T+)	-6.77	0.04	17.06	4.98	1	1	0.39	OK
4244	UPN 120	ELU_Wy1_(T+)	-6.04	-0.14	17.06	4.98	1	1	0.38	OK
4245	UPN 120	ELU_Wy1_(T-)	-3.06	-0.15	17.06	4.98	1	1	0.21	OK
4246	UPN 120	ELU_Wy1_(T-)	-3.06	-0.15	17.06	4.98	1	1	0.21	OK
4247	UPN 120	ELU_Wy2_(T+)	-3.73	-0.09	17.06	4.98	1	1	0.24	OK
4248	UPN 120	ELU_Wy2_(T+)	-4.20	0.03	17.06	4.98	1	1	0.24	OK
4249	UPN 120	ELU_Wy1_(T+)	-3.73	-0.08	17.06	4.98	1	1	0.23	OK
4250	UPN 120	ELU_Wy2_(T+)	-4.44	-0.09	17.06	4.98	1	1	0.28	OK
4251	UPN 120	ELU_Wy1_(T-)	-5.00	0.05	17.06	4.98	1	1	0.28	OK
4252	UPN 120	ELU_Wy1_(T-)	-4.44	-0.07	17.06	4.98	1	1	0.27	OK
4253	UPN 120	ELU_Wy2_(T+)	-4.44	-0.12	17.06	4.98	1	1	0.29	OK
4254	UPN 120	ELU_Wx_(T-)	4.93	0.04	17.06	4.98	1	1	0.30	OK
4255	UPN 120	ELU_Wy1_(T+)	-4.44	-0.08	17.06	4.98	1	1	0.28	OK
4256	UPN 120	ELU_Wxx_(T+)	-4.29	-0.09	17.06	4.98	1	1	0.27	OK
4257	UPN 120	ELU_Wyy2_(T-)	5.00	0.04	17.06	4.98	1	1	0.30	OK
4258	UPN 120	ELU_Wxx_(T+)	-4.56	-0.12	17.06	4.98	1	1	0.29	OK
4259	UPN 120	ELU_Wyy1_(T+)	5.70	-0.08	17.06	4.98	1	1	0.32	OK
4260	UPN 120	ELU_Wyy1_(T+)	6.39	0.07	17.06	4.98	1	1	0.39	OK
4261	UPN 120	ELU_Wyy2_(T-)	5.70	-0.12	17.06	4.98	1	1	0.31	OK
4262	UPN 120	ELU_Wyy1_(T-)	3.73	-0.08	17.06	4.98	1	1	0.20	OK
4263	UPN 120	ELU_Wyy1_(T-)	4.20	0.04	17.06	4.98	1	1	0.25	OK
4264	UPN 120	ELU_Wyy2_(T-)	3.73	-0.07	17.06	4.98	1	1	0.20	OK
4265	UPN 120	ELU_Wyy1_(T-)	4.44	-0.09	17.06	4.98	1	1	0.24	OK
4266	UPN 120	ELU_Wyy1_(T+)	5.00	0.06	17.06	4.98	1	1	0.30	OK
4267	UPN 120	ELU_Wyy2_(T+)	4.44	-0.07	17.06	4.98	1	1	0.25	OK
4268	UPN 120	ELU_Wx_(T+)	-4.56	-0.11	17.06	4.98	1	1	0.29	OK
4269	UPN 120	ELU_Wyy2_(T-)	5.00	0.04	17.06	4.98	1	1	0.30	OK
4270	UPN 120	ELU_Wx_(T+)	-4.29	-0.10	17.06	4.98	1	1	0.27	OK
4271	UPN 100	ELU_Wxx_(T+)	-0.32	-0.10	11.52	3.81	1	1	0.05	OK
4272	UPN 100	ELU_Wxx_(T+)	-0.38	-0.07	11.52	3.81	1	1	0.05	OK
4273	UPN 100	ELU_Wxx_(T-)	-0.35	-0.13	11.52	3.81	1	1	0.06	OK
4274	UPN 100	ELU_Wyy1_(T+)	0.37	0.09	11.52	3.81	1	1	0.06	OK
4275	UPN 100	ELU_Wxx_(T+)	-0.41	-0.07	11.52	3.81	1	1	0.05	OK
4276	UPN 100	ELU_Wxx_(T+)	-0.32	-0.15	11.52	3.81	1	1	0.07	OK
4277	UPN 100	ELU_Wxx_(T-)	-0.32	-0.15	11.52	3.81	1	1	0.07	OK
4278	UPN 100	ELU_Wxx_(T-)	-0.39	-0.10	11.52	3.81	1	1	0.06	OK
4279	UPN 100	ELU_Wxx_(T+)	-0.26	-0.16	11.52	3.81	1	1	0.06	OK
4280	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	-0.33	-0.15	11.52	3.81	1	1	0.07	OK
4281	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	-0.32	-0.15	11.52	3.81	1	1	0.07	OK
4282	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	0.31	0.04	11.52	3.81	1	1	0.04	OK
4283	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	-0.18	-0.07	11.52	3.81	1	1	0.03	OK
4284	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	0.29	0.05	11.52	3.81	1	1	0.04	OK
4285	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	-0.40	-0.12	11.52	3.81	1	1	0.06	OK
4286	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	-0.36	-0.06	11.52	3.81	1	1	0.05	OK
4287	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	-0.31	-0.10	11.52	3.81	1	1	0.05	OK

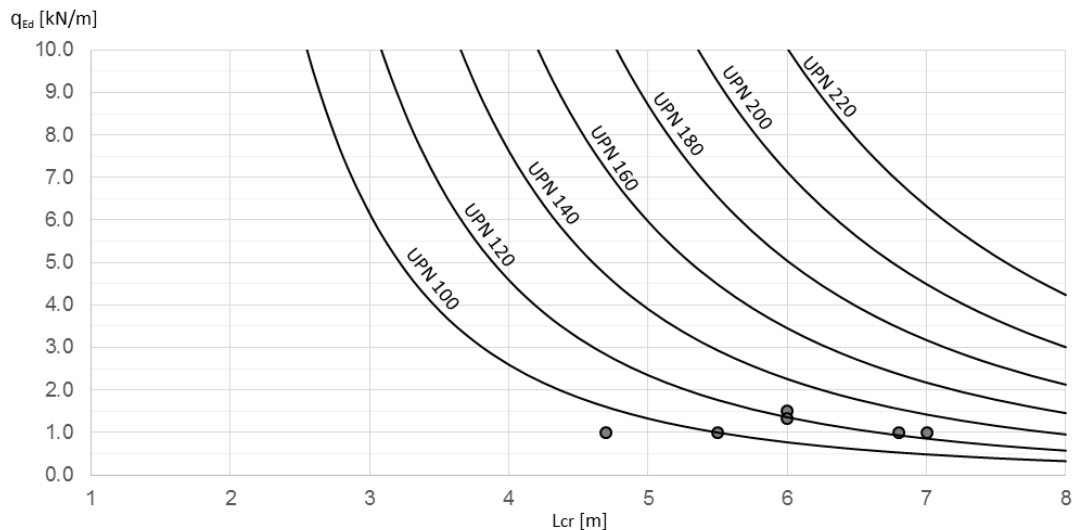
Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Rd,z</sub> [kN.m]	α	β	Rácios	Obs.
4288	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	0.57	0.05	11.52	3.81	1	1	0.06	OK
4289	UPN 100	ELU_Wx_(T+)	-0.49	-0.07	11.52	3.81	1	1	0.06	OK
4290	UPN 100	ELU_Wx_(T-)	-0.40	-0.10	11.52	3.81	1	1	0.06	OK
4291	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	-0.53	-0.09	11.52	3.81	1	1	0.07	OK
4292	UPN 100	ELU_Wyy1_(T+)	-0.59	-0.10	11.52	3.81	1	1	0.08	OK
4293	UPN 100	ELU_Wyy1_(T+)	-0.74	-0.14	11.52	3.81	1	1	0.10	OK
4294	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	-0.56	-0.12	11.52	3.81	1	1	0.08	OK
4295	UPN 100	ELU_Wyy1_(T+)	-0.53	-0.08	11.52	3.81	1	1	0.07	OK
4296	UPN 100	ELU_Wyy1_(T+)	-0.60	-0.15	11.52	3.81	1	1	0.09	OK
4297	UPN 100	ELU_Wyy1_(T+)	-0.24	-0.10	11.52	3.81	1	1	0.05	OK
4298	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	-0.33	-0.07	11.52	3.81	1	1	0.05	OK
4299	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	0.37	0.06	11.52	3.81	1	1	0.05	OK
4300	UPN 100	ELU_Wyy1_(T+)	-0.52	-0.12	11.52	3.81	1	1	0.08	OK
4301	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	-0.40	-0.07	11.52	3.81	1	1	0.05	OK
4302	UPN 100	ELU_Wyy1_(T-)	-0.46	-0.10	11.52	3.81	1	1	0.07	OK
4303	UPN 100	ELU_Wyy1_(T+)	-0.51	-0.13	11.52	3.81	1	1	0.08	OK
4304	UPN 100	ELU_Wyy2_(T+)	-0.57	-0.09	11.52	3.81	1	1	0.07	OK
4305	UPN 100	ELU_Wyy2_(T-)	0.44	0.07	11.52	3.81	1	1	0.06	OK
4306	UPN 140	ELU_Wy2_(T+)	-8.94	-0.12	24.21	6.65	1	1	0.39	OK
4307	UPN 140	ELU_Wxx_(T-)	9.84	0.05	24.21	6.65	1	1	0.41	OK
4308	UPN 140	ELU_Wy1_(T+)	-8.94	-0.20	24.21	6.65	1	1	0.40	OK
4309	UPN 140	ELU_Wy2_(T-)	-11.48	-0.14	24.21	6.65	1	1	0.49	OK
4310	UPN 140	ELU_Wy2_(T+)	-12.86	0.09	24.21	6.65	1	1	0.52	OK
4311	UPN 140	ELU_Wy1_(T+)	-11.48	-0.18	24.21	6.65	1	1	0.50	OK
4312	UPN 140	ELU_Wy2_(T+)	-12.17	-0.19	24.21	6.65	1	1	0.53	OK
4313	UPN 140	ELU_Wy2_(T+)	-13.63	0.06	24.21	6.65	1	1	0.55	OK
4314	UPN 140	ELU_Wy1_(T+)	-12.17	-0.21	24.21	6.65	1	1	0.53	OK
4315	UPN 140	ELU_Wy2_(T-)	-6.17	-0.23	24.21	6.65	1	1	0.29	OK
4316	UPN 140	ELU_Wy2_(T-)	-6.17	-0.23	24.21	6.65	1	1	0.29	OK
4317	UPN 140	ELU_Wy2_(T+)	-7.51	-0.14	24.21	6.65	1	1	0.33	OK
4318	UPN 140	ELU_Wy2_(T+)	-8.45	0.04	24.21	6.65	1	1	0.34	OK
4319	UPN 140	ELU_Wy1_(T+)	-7.51	-0.12	24.21	6.65	1	1	0.33	OK
4320	UPN 140	ELU_Wy2_(T+)	-8.94	-0.14	24.21	6.65	1	1	0.39	OK
4321	UPN 140	ELU_Wy2_(T-)	-10.06	0.08	24.21	6.65	1	1	0.40	OK
4322	UPN 140	ELU_Wy1_(T-)	-8.94	-0.11	24.21	6.65	1	1	0.39	OK
4323	UPN 140	ELU_Wy2_(T+)	-8.94	-0.19	24.21	6.65	1	1	0.40	OK
4324	UPN 140	ELU_Wx_(T-)	9.81	0.05	24.21	6.65	1	1	0.41	OK
4325	UPN 140	ELU_Wy1_(T+)	-8.94	-0.12	24.21	6.65	1	1	0.39	OK
4326	UPN 140	ELU_Wxx_(T+)	-8.57	-0.14	24.21	6.65	1	1	0.38	OK
4327	UPN 140	ELU_Wyy2_(T-)	10.06	0.05	24.21	6.65	1	1	0.42	OK
4328	UPN 140	ELU_Wxx_(T+)	-9.10	-0.18	24.21	6.65	1	1	0.40	OK
4329	UPN 140	ELU_Wyy1_(T+)	11.48	-0.13	24.21	6.65	1	1	0.45	OK
4330	UPN 140	ELU_Wyy1_(T-)	12.86	0.10	24.21	6.65	1	1	0.55	OK
4331	UPN 140	ELU_Wyy2_(T-)	11.48	-0.18	24.21	6.65	1	1	0.45	OK
4332	UPN 140	ELU_Wyy1_(T-)	7.51	-0.12	24.21	6.65	1	1	0.29	OK
4333	UPN 140	ELU_Wyy2_(T-)	8.45	0.05	24.21	6.65	1	1	0.36	OK

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Ed,z}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,z}$ [kN.m]	$\alpha$	$\beta$	Rácios	Obs.
4334	UPN 140	ELU_Wyy2_(T-)	7.51	-0.11	24.21	6.65	1	1	0.29	OK
4335	UPN 140	ELU_Wyy1_(T-)	8.94	-0.14	24.21	6.65	1	1	0.35	OK
4336	UPN 140	ELU_Wyy2_(T+)	10.06	0.08	24.21	6.65	1	1	0.43	OK
4337	UPN 140	ELU_Wyy2_(T+)	8.94	-0.11	24.21	6.65	1	1	0.35	OK
4338	UPN 140	ELU_Wx_(T+)	-9.06	-0.17	24.21	6.65	1	1	0.40	OK
4339	UPN 140	ELU_Wyy2_(T-)	10.06	0.06	24.21	6.65	1	1	0.42	OK
4340	UPN 140	ELU_Wx_(T+)	-8.55	-0.15	24.21	6.65	1	1	0.38	OK

## Verificação à Deformação

Verificou-se também a deformação a partir dos ábacos da Figura 2.7.

Viga simplesmente apoiada c/ carga uniformemente distribuída  $L/200$  - Flexão Simples



**Figura 2.7** – Ábacos de dimensionamento dos UNP's segundo o eixo mais forte à Deformação

Uma vez que as madres funcionam como vigas contínuas tarugadas no plano de menor inercia, os momentos fletores  $M_{z,Ed}$  são pouco significativos.

As conclusões são idênticas às das madres dos alçados da Torre.

## 2.3. Madres das Coberturas da Torre

### 2.3.1. Pré-Dimensionamento

A Figura 2.6 mostra a identificação das madres das Coberturas 1 e 2.

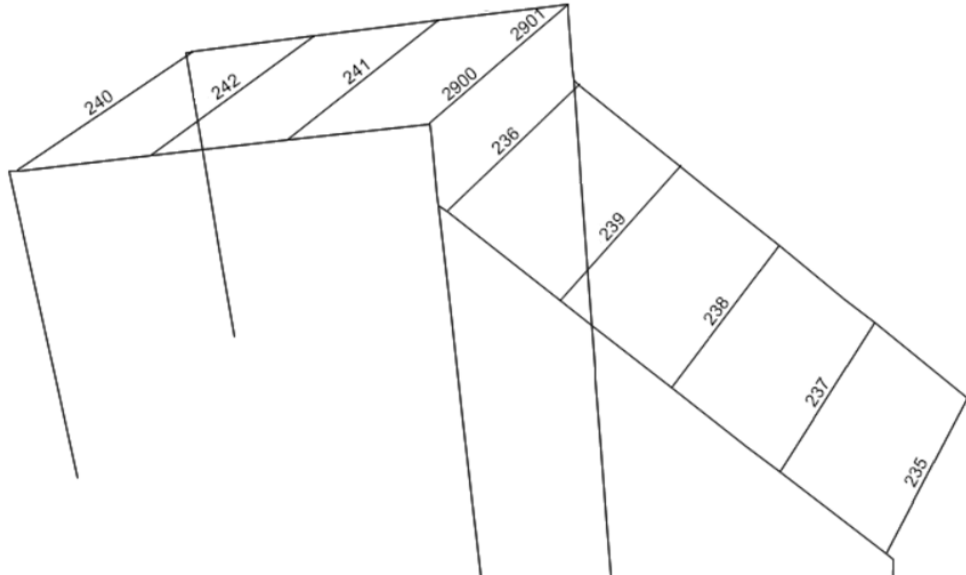


Figura 2.8 – Identificação das Madres das Coberturas 1 e 2

### Verificação das Seções Transversais e da Deformação

O pré dimensionamento das seções das vigas das Coberturas 1 e 2 da Torre foi feito com recurso aos ábacos de flexão desviada para seções de classe 1 e 2. Os resultados estão indicados na Figura 2.9, para as combinações de ações mais condicionantes dos Estados limites Últimos.

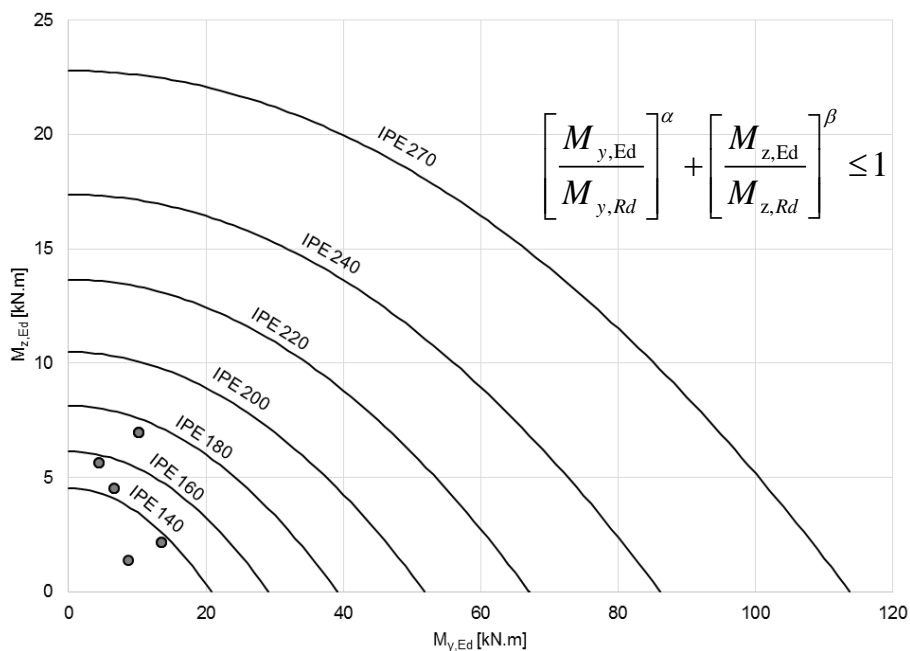


Figura 2.9 – Ábaco de Flexão Desviada para Seções - Perfis IPE's

Em relação às deformações recorreu-se aos ábacos da Figura 2.10, que permitem dimensionar os perfis em função do vão L, e da combinação de ações mais desfavoráveis dos Estados Limites de Utilização.

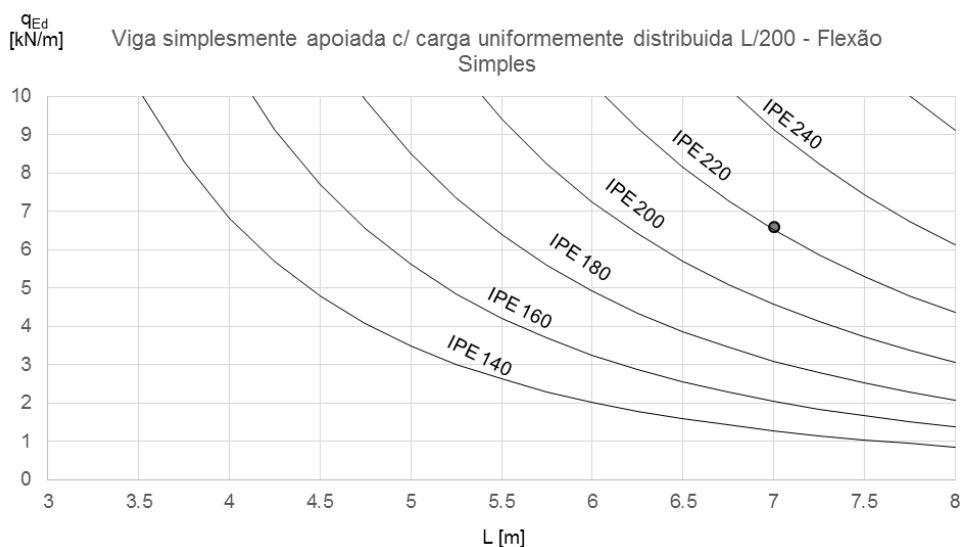


Figura 2.10 – Ábacos de dimensionamento dos IPE’s segundo o eixo mais forte à Deformação

### 2.3.2. Dimensionamento

O dimensionamento das Madres das Coberturas da Torre foi realizado com base na expressão de flexão desviada para seções transversais das classes 1 e 2, cujos resultados constam da Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Dimensionamento das Seções das Madres das Coberturas da Torre

Nº Barra	Perfis	Combinação Condicionante	L [m]	$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Ed,z}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,z}$ [kN.m]	$\alpha$	$\beta$	Rácio	Obs.
235	IPE 240	ELU_COB_(T+)	7	6.68	-4.54	86.15	17.37	2	1	0.26	OK
236	IPE 240	ELU_COB_(T+)	7	6.68	-4.54	86.15	17.37	2	1	0.26	OK
237	IPE 240	ELU_COB_(T+)	7	10.25	-6.97	86.15	17.37	2	1	0.39	OK
238	IPE 240	ELU_COB_(T+)	7	10.25	-6.97	86.15	17.37	2	1	0.39	OK
239	IPE 240	ELU_COB_(T+)	7	10.25	-6.97	86.15	17.37	2	1	0.39	OK
240	IPE 240	ELU_COB_(T+)	7	8.68	1.39	86.15	17.37	2	1	0.09	OK
241	IPE 240	ELU_COB_(T+)	7	13.48	2.16	86.15	17.37	2	1	0.15	OK
242	IPE 240	ELU_COB_(T+)	7	13.48	2.16	86.15	17.37	2	1	0.15	OK
2900	IPE 240	ELU_Wy2_(T+)	3.5	-4.46	5.65	86.15	17.37	2	1	0.33	OK
2901	IPE 240	ELU_Wy2_(T+)	3.5	-4.40	5.65	86.15	17.37	2	1	0.33	OK

A verificação à deformação foi feita a partir dos mesmos ábacos utilizados no pré-dimensionamento (Figura 2.10).

## 2.4. Vigas Interiores dos Pavimentos dos Pisos Metálicos

O dimensionamento das vigas dos pisos interiores compreendeu 2 fases, a primeira respeitante ao pré-dimensionamento e segunda à fase final do dimensionamento.

### 2.4.1. Pré-Dimensionamento

Os critérios de pré-dimensionamento que foram utilizados no cálculo das vigas foram os seguintes:

- resistência das seções transversais à flexão e ao esforço transversal, com base nas combinações de ações mais desfavoráveis para os Estados Limites Últimos.
- deformação a partir das flechas máximas ( $L/300$ ) para as combinações de ações condicionantes dos Estados Limites de Utilização.

Na Tabela 2.6 resumem-se as verificações realizadas para a fase de pré-dimensionamento de todas as vigas interiores dos Pisos 4, 5 e 6.

Tabela 2.6 – Pré-Dimensionamento da Vigas Interiores dos Pisos 4, 5 e 6

Perfis e Vãos		1.00 [m]	2.00 [m]	3.00 [m]	4.00 [m]	5.00 [m]	6.00 [m]	7.00 [m]	8.00 [m]	9.00 [m]	10.00 [m]
IPE 100	qEd,Resist. [kN/m]	74.1	18.5	8.2	4.6	3.0	2.1	1.5	1.2	0.9	0.7
	qEd,Defor. [kN/m]	91.9	11.5	3.4	1.4	0.7	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1
	qEd,esf.Transv. [kN/m]	137.8	68.9	45.9	34.5	27.6	23.0	19.7	17.2	15.3	13.8
IPE 120	qEd,Resist. [kN/m]	114.2	28.5	12.7	7.1	4.6	3.2	2.3	1.8	1.4	1.1
	qEd,Defor. [kN/m]	170.8	21.4	6.3	2.7	1.4	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2
	qEd,esf.Transv. [kN/m]	171.2	85.6	57.1	42.8	34.2	28.5	24.5	21.4	19.0	17.1
IPE 140	qEd,Resist. [kN/m]	166.1	41.5	18.5	10.4	6.6	4.6	3.4	2.6	2.1	1.7
	qEd,Defor. [kN/m]	290.9	36.4	10.8	4.5	2.3	1.3	0.8	0.6	0.4	0.3
	qEd,esf.Transv. [kN/m]	207.3	103.7	69.1	51.8	41.5	34.6	29.6	25.9	23.0	20.7
IPE 160	qEd,Resist. [kN/m]	232.9	58.2	25.9	14.6	9.3	6.5	4.8	3.6	2.9	2.3
	qEd,Defor. [kN/m]	467.3	58.4	17.3	7.3	3.7	2.2	1.4	0.9	0.6	0.5
	qEd,esf.Transv. [kN/m]	262.1	131.1	87.4	65.5	52.4	43.7	37.4	32.8	29.1	26.2
IPE 180	qEd,Resist. [kN/m]	312.8	78.2	34.8	19.6	12.5	8.7	6.4	4.9	3.9	3.1
	qEd,Defor. [kN/m]	708.0	88.5	26.2	11.1	5.7	3.3	2.1	1.4	1.0	0.7
	qEd,esf.Transv. [kN/m]	305.3	152.6	101.8	76.3	61.1	50.9	43.6	38.2	33.9	30.5
IPE 200	qEd,Resist. [kN/m]	414.7	103.7	46.1	25.9	16.6	11.5	8.5	6.5	5.1	4.1
	qEd,Defor. [kN/m]	1044.6	130.6	38.7	16.3	8.4	4.8	3.0	2.0	1.4	1.0
	qEd,esf.Transv. [kN/m]	379.9	189.9	126.6	95.0	76.0	63.3	54.3	47.5	42.2	38.0
IPE 220	qEd,Resist. [kN/m]	536.6	134.1	59.6	33.5	21.5	14.9	11.0	8.4	6.6	5.4
	qEd,Defor. [kN/m]	1490.2	186.3	55.2	23.3	11.9	6.9	4.3	2.9	2.0	1.5
	qEd,esf.Transv. [kN/m]	430.9	215.5	143.6	107.7	86.2	71.8	61.6	53.9	47.9	43.1
IPE 240	qEd,Resist. [kN/m]	689.2	172.3	76.6	43.1	27.6	19.1	14.1	10.8	8.5	6.9
	qEd,Defor. [kN/m]	2092.3	261.5	77.5	32.7	16.7	9.7	6.1	4.1	2.9	2.1
	qEd,esf.Transv. [kN/m]	519.4	259.7	173.1	129.8	103.9	86.6	74.2	64.9	57.7	51.9
IPE 270	qEd,Resist. [kN/m]	909.9	227.5	101.1	56.9	36.4	25.3	18.6	14.2	11.2	9.1
	qEd,Defor. [kN/m]	3112.7	389.1	115.3	48.6	24.9	14.4	9.1	6.1	4.3	3.1
	qEd,esf.Transv. [kN/m]	600.8	300.4	200.3	150.2	120.2	100.1	85.8	75.1	66.8	60.1
IPE 300	qEd,Resist. [kN/m]	1181.4	295.3	131.3	73.8	47.3	32.8	24.1	18.5	14.6	11.8
	qEd,Defor. [kN/m]	4492.2	561.5	166.4	70.2	35.9	20.8	13.1	8.8	6.2	4.5
	qEd,esf.Transv. [kN/m]	696.8	348.4	232.3	174.2	139.4	116.1	99.5	87.1	77.4	69.7

Perfis e Vãos		1.00 [m]	2.00 [m]	3.00 [m]	4.00 [m]	5.00 [m]	6.00 [m]	7.00 [m]	8.00 [m]	9.00 [m]	10.00 [m]
IPE 330	q <sub>Ed,Resist.</sub> [kN/m]	1512.1	378.0	168.0	94.5	60.5	42.0	30.9	23.6	18.7	15.1
	q <sub>Ed,Deform.</sub> [kN/m]	6327.6	790.9	234.4	98.9	50.6	29.3	18.4	12.4	8.7	6.3
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub> [kN/m]	836.0	418.0	278.7	209.0	167.2	139.3	119.4	104.5	92.9	83.6
IPE 360	q <sub>Ed,Resist.</sub> [kN/m]	1915.7	478.9	212.9	119.7	76.6	53.2	39.1	29.9	23.7	19.2
	q <sub>Ed,Deform.</sub> [kN/m]	8746.8	1093.3	324.0	136.7	70.0	40.5	25.5	17.1	12.0	8.7
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub> [kN/m]	953.5	476.8	317.8	238.4	190.7	158.9	136.2	119.2	105.9	95.4
IPE 400	q <sub>Ed,Resist.</sub> [kN/m]	2457.2	614.3	273.0	153.6	98.3	68.3	50.1	38.4	30.3	24.6
	q <sub>Ed,Deform.</sub> [kN/m]	12434.7	1554.3	460.5	194.3	99.5	57.6	36.3	24.3	17.1	12.4
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub> [kN/m]	1158.4	579.2	386.1	289.6	231.7	193.1	165.5	144.8	128.7	115.8

Nomenclatura:

q<sub>Ed,Resist.</sub> - Carga máxima uniformemente distribuída constante em todo o vão L, que uma viga simplesmente apoiada é capaz de suportar quando sujeita a um momento M<sub>y,Ed.</sub>

q<sub>Ed,Deform.</sub> - Carga máxima uniformemente distribuída constante em todo o vão L, que uma viga simplesmente apoiada é capaz de suportar para uma flecha de L/300.

q<sub>Ed,esf.Transv.</sub> - Carga máxima uniformemente distribuída constante em todo o vão L, que uma viga simplesmente apoiada é capaz de suportar quando sujeita a um esforço transversal, V<sub>z,Ed.</sub>

#### 2.4.2. Dimensionamento

A fase de dimensionamento foi feita com base nas informações recolhidas no pré-dimensionamento das seções transversais, a partir dos esforços condicionantes (M<sub>Ed,y</sub> e M<sub>Ed,z</sub>), simples ou combinados, cujos resultados estão resumidos nas Tabelas dos diferentes pisos.

**Nota:** Em virtude de nesta fase do projeto não estarem ainda definidas as posições das aberturas nos diferentes pisos, para a passagem de tubagens, de escadas ou equipamentos, considerou-se também o estudo da encurvadura lateral em todas as vigas dos pisos, uma vez que os banzos comprimidos (superiores) podem bambejar, no caso de não existirem chapas de pavimentos nestas zonas.

### 2.4.2.1. Vigas do Piso 4

Na Figura 2.11 apresenta-se a geometria e identificação das vigas interiores do Piso 4.

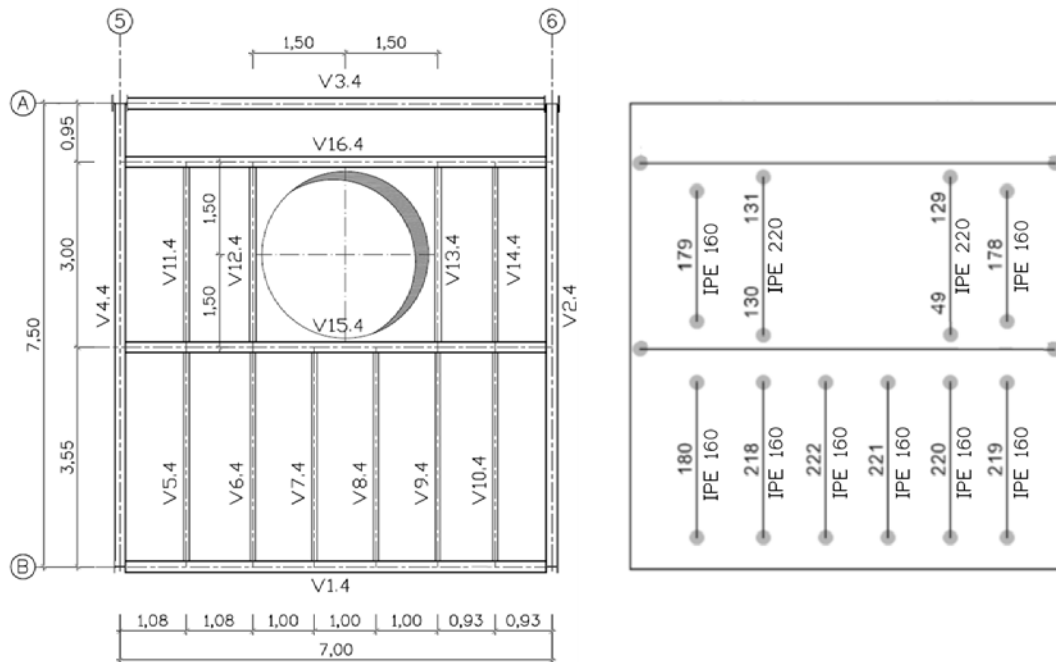


Figura 2.11 – Planta com a identificação das Vigas Interiores do Piso 4

Resume-se na Tabela 2.7 o dimensionamento das seções das Vigas Interiores do Piso 4, incluindo também o estudo da encurvadura lateral (bambeamento).

Tabela 2.7 – Dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 4

Vigas	Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	L [m]	Resistência à Flexão nas seções mais esforçadas			Resistência ao Esf. Transverso nas seções mais esforçadas			Dimensionamento da Encurvadura		Obs.
					$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	$M_{b,Rd}$ [kN.m]	Rácios	
V5.4	180	IPE 160	ELU_Wxx_(T-)	3.6	6.0	29.1	0.21	6.7	73.8	0.09	16.7	0.36	OK
V6.4	218	IPE 160	ELU_PAV_(Wy2_T+)	3.6	10.7	29.1	0.37	12.0	73.8	0.16	16.7	0.64	OK
V7.4	222	IPE 160	ELU_PAV_(Wy2_T-)	3.6	10.3	29.1	0.35	11.6	73.8	0.16	16.7	0.62	OK
V8.4	221	IPE 160	ELU_PAV_(Wy1_T-)	3.6	10.3	29.1	0.35	11.6	73.8	0.16	16.7	0.62	OK
V9.4	220	IPE 160	ELU_PAV_(Wy2_T+)	3.6	9.9	29.1	0.34	11.2	73.8	0.15	16.7	0.60	OK
V10.4	219	IPE 160	ELU_PAV_(Wx_T-)	3.6	9.6	29.1	0.33	10.8	73.8	0.15	16.7	0.58	OK
V11.4	179	IPE 160	ELU_PAV_(Wxx_T-)	3.0	4.3	29.1	0.15	5.7	87.4	0.07	19.0	0.22	OK
V14.4	178	IPE 160	ELU_PAV_(Wx_T-)	3.0	6.1	29.1	0.21	6.6	87.4	0.08	19.0	0.32	OK

O estudo da encurvadura lateral das vigas do piso, foi realizado no *software* "SAP2000". Na Figura 2.12 mostra-se a informação da folha de cálculo deste *software* para uma das vigas.

AXIAL FORCE DESIGN							
	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-5.026	472.350	472.350				
	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag		
	472.350	520.992	753.383	753.383	1.000		
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd	
Major (y-y)	a	0.210	1429.164	0.575	0.705	424.766	
MajorB(y-y)	a	0.210	1429.164	0.575	0.705	424.766	
Minor (z-z)	b	0.340	112.327	2.051	2.917	94.622	
MinorB(z-z)	b	0.340	112.327	2.051	2.917	94.622	
Torsional TF	b	0.340	753.383	0.792	0.914	344.575	
MOMENT DESIGN							
	Med	Med, span	Mc, Rd	Mv, Rd	Mn, Rd	Mb, Rd	
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	
Major (y-y)	0.000	10.291	29.140	29.140	29.140	16.654	
Minor (z-z)	0.000	0.000	6.134	6.134	6.134		
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr	
LTB	a	0.210	1.136	1.244	0.572	1.136	22.574

Figura 2.12 – Folha de Cálculo do "SAP2000" da Viga V7.4

### 2.4.2.2. Vigas do Piso 5

Na Figura 2.13 apresenta-se a geometria e identificação das vigas interiores do Piso 5.

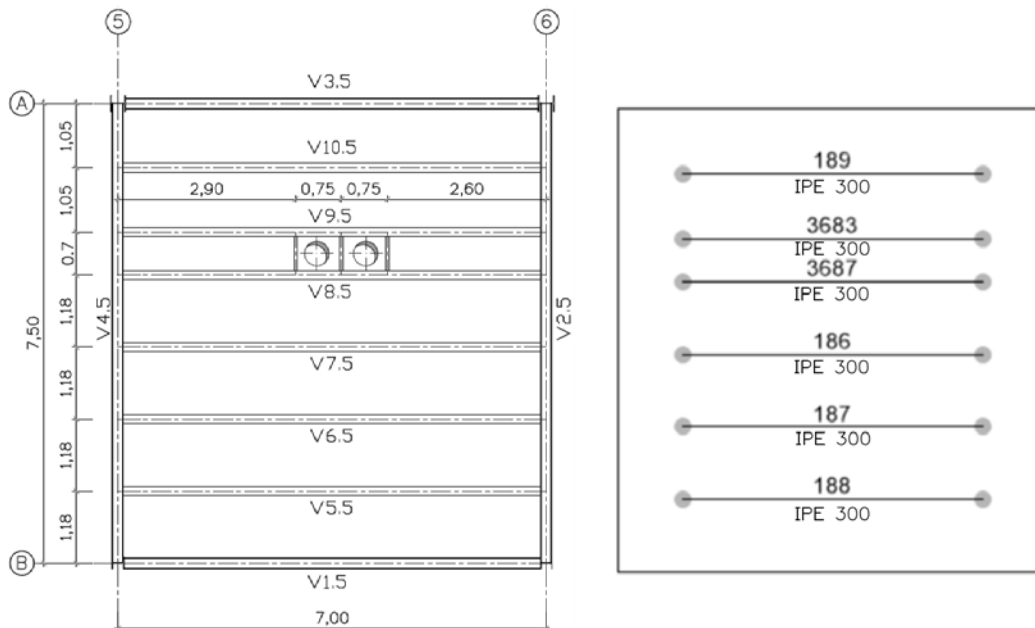


Figura 2.13 – Planta com a Identificação das Vigas Interiores do Piso 5

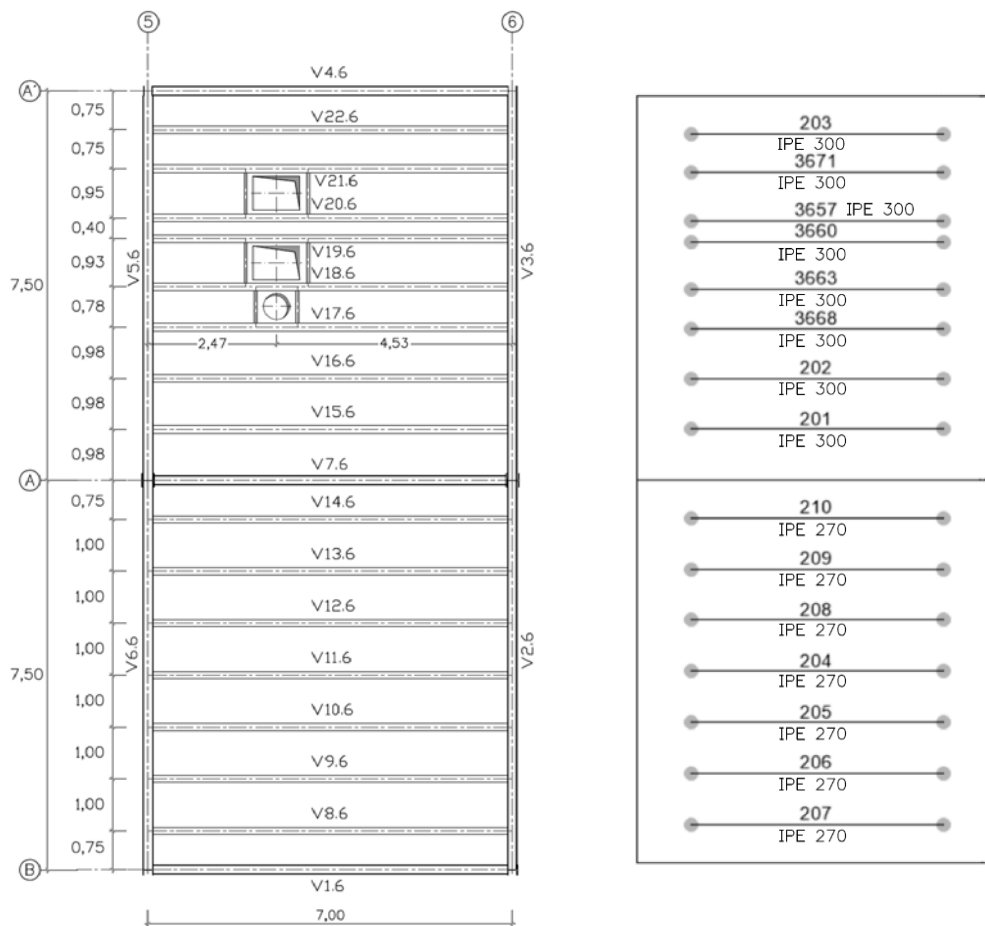
O dimensionamento das seções das vigas interiores do Piso 5 bem como o estudo da encurvadura lateral está resumido na Tabela 2.8.

**Tabela 2.8 – Dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 5**

Vigas	Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	L [m]	Resistência à Flexão nas seções mais esforçadas			Resistência ao Esf. Transverso nas seções mais esforçadas			Dimensionamento da Encurvadura		Obs.
					$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	$M_{b,Rd}$ [kN.m]	Rácios	
V5.5	188	IPE 300	ELU_PAV_(Wxx_T-)	7.0	49.1	147.7	0.33	28.1	99.5	0.28	67.5	0.73	OK
V6.5	187	IPE 300	ELU_PAV_(Wy2_T+)	7.0	49.1	147.7	0.33	28.1	99.5	0.28	67.5	0.73	OK
V7.5	186	IPE 300	ELU_PAV_(Wx_T+)	7.0	49.1	147.7	0.33	28.1	99.5	0.28	67.5	0.73	OK
V8.5	3687	IPE 300	ELU_PAV_(Wx_T-)	7.0	39.9	147.7	0.27	22.8	99.5	0.23	67.5	0.59	OK
V9.5	3683	IPE 300	ELU_PAV_(Wyy2_T+)	7.0	37.3	147.7	0.25	21.3	99.5	0.21	67.5	0.55	OK
V10.5	189	IPE 300	ELU_PAV_(Wxx_T-)	7.0	44.1	147.7	0.30	25.2	99.5	0.25	67.5	0.65	OK

### 2.4.2.3. Vigas do Piso 6

Na Figura 2.14 apresenta-se a geometria e identificação das vigas interiores do Piso 6.



**Figura 2.14 – Planta com a Identificação das Vigas Interiores do Piso 6**

O dimensionamento das seções das Vigas Interiores do Piso 6 está resumido na Tabela 2.9.

**Tabela 2.9 – Dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 6**

Vigas	Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	L [m]	Resistência à Flexão nas seções mais esforçadas			Resistência ao Esf. Transverso nas seções mais esforçadas			Dimensionamento da Encurvadura		Obs.
					$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	$M_{b,Rd}$ [kN.m]	Rácios	
V8.6	207	IPE 270	ELU_PAV_(Wx_T-)	7.0	36.8	113.7	0.32	21.0	85.8	0.25	44.1	0.83	OK
V9.6	206	IPE 270	ELU_PAV_(Wy2_T+)	7.0	41.7	113.7	0.37	23.8	85.8	0.28	44.1	0.94	OK
V10.6	205	IPE 270	ELU_PAV_(Wx_T-)	7.0	41.7	113.7	0.37	23.8	85.8	0.28	44.1	0.94	OK
V11.6	204	IPE 270	ELU_PAV_(Wx_T-)	7.0	41.7	113.7	0.37	23.8	85.8	0.28	44.1	0.94	OK
V12.7	208	IPE 270	ELU_PAV_(Wxx_T-)	7.0	41.7	113.7	0.37	23.8	85.8	0.28	44.1	0.94	OK
V13.7	209	IPE 270	ELU_PAV_(Wyy1_T-)	7.0	41.7	113.7	0.37	23.8	85.8	0.28	44.1	0.94	OK
V14.6	210	IPE 270	ELU_PAV_(Wxx_T+)	7.0	36.8	113.7	0.32	21.0	85.8	0.25	44.1	0.83	OK
V15.6	201	IPE 300	ELU_PAV_(Wyy2_T-)	7.0	41.4	147.7	0.28	23.7	99.5	0.24	60.8	0.68	OK
V16.6	202	IPE 300	ELU_PAV_(Wy1_T-)	7.0	41.4	147.7	0.28	23.7	99.5	0.24	60.8	0.68	OK
V17.6	3668	IPE 300	ELU_PAV_(Wyy2_T+)	7.0	37.5	147.7	0.25	21.4	99.5	0.22	60.8	0.62	OK
V18.6	3663	IPE 300	ELU_PAV_(Wxx_T-)	7.0	36.6	147.7	0.25	20.9	99.5	0.21	60.8	0.60	OK
V19.6	3660	IPE 300	ELU_PAV_(Wxx_T-)	7.0	29.2	147.7	0.20	16.7	99.5	0.17	60.8	0.48	OK
V20.6	3657	IPE 300	ELU_PAV_(Wyy2_T-)	7.0	29.6	147.7	0.20	16.9	99.5	0.17	44.1	0.67	OK
V21.6	3671	IPE 300	ELU_PAV_(Wyy2_T+)	7.0	36.3	147.7	0.25	20.8	99.5	0.21	60.8	0.60	OK
V22.6	203	IPE 300	ELU_PAV_(Wxx_T-)	7.0	32.5	147.7	0.22	18.6	99.5	0.19	60.8	0.53	OK

## 2.5. Travamentos dos Alçados

Os travamentos utilizados nas estruturas do Edifício são realizados com perfis tubulares circulares que funcionam à tração e/ou à compressão. Na Tabela 2.10 apresentam-se os rácios máximos de tração e de compressão, determinados a partir das expressões que constam nos fluxogramas da Memória Descritiva.

**Tabela 2.10 – Dimensionamento dos Travamentos**

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	L [m]	A [cm <sup>2</sup> ]	N <sub>Ed</sub> [kN]	χ	N <sub>b,Rd</sub> [kN]	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	Rácios	Obs.
151	Tubo-D139.7X4	ELU_Wx_(T+)	6.2	17.1	-20.7	0.43	173.0	400.7	0.12	OK
3716	Tubo-D127X4	ELU_Wxx_(T+)	4.9	15.5	-118.1	0.52	189.9	363.3	0.62	OK
3717	Tubo-D127X4	ELU_Wx_(T+)	4.9	15.5	-143.0	0.52	189.9	363.3	0.75	OK
3718	Tubo-D139.7X4	ELU_Wxx_(T+)	5.7	17.1	-98.3	0.49	196.6	400.7	0.50	OK
3719	Tubo-D139.7X4	ELU_Wx_(T+)	5.7	17.1	-127.5	0.49	196.6	400.7	0.65	OK
3720	Tubo-D159X4	ELU_S2Y	5.1	19.5	-86.2	0.67	305.8	457.8	0.28	OK
3721	Tubo-D159X4	ELU_Wy1_(T+)	5.1	19.5	-214.3	0.67	305.8	457.8	0.70	OK
3722	Tubo-D159X4	ELU_Wyy2_(T+)	5.1	19.5	-122.7	0.67	305.8	457.8	0.40	OK
3723	Tubo-D159X4	ELU_Wy1_(T+)	5.1	19.5	-146.7	0.67	305.8	457.8	0.48	OK
3724	Tubo-D127X4	ELU_Wxx_(T+)	4.9	15.5	-97.6	0.52	189.9	363.3	0.51	OK
3725	Tubo-D127X4	ELU_Wx_(T+)	4.9	15.5	-93.7	0.52	189.9	363.3	0.49	OK
3726	Tubo-D139.7X4	ELU_Wxx_(T+)	5.7	17.1	-88.5	0.49	196.6	400.7	0.45	OK
3727	Tubo-D139.7X4	ELU_Wx_(T+)	5.7	17.1	-74.0	0.49	196.6	400.7	0.38	OK
3728	Tubo-D193.7X4.5	ELU_Wyy2_(T+)	5.9	26.8	-100.7	0.71	447.9	628.6	0.22	OK
3729	Tubo-D193.7X4.5	ELU_Wy1_(T+)	5.9	26.8	-142.9	0.71	447.9	628.6	0.32	OK
3730	Tubo-D193.7X4.5	ELU_S2Y	5.9	26.8	132.8	0.71	447.9	628.6	0.21	OK
3731	Tubo-D193.7X4.5	ELU_PAV_(Wy1_T+)	5.9	26.8	-227.4	0.71	447.9	628.6	0.51	OK
3732	Tubo-D159X4	ELU_Wx_(T-)	5.0	19.5	-190.0	0.68	312.5	457.8	0.61	OK
3733	Tubo-D159X4	ELU_Wxx_(T-)	5.0	19.5	-219.8	0.68	312.5	457.8	0.70	OK
3734	Tubo-D159X4	ELU_Wx_(T+)	5.0	19.5	-197.7	0.68	312.5	457.8	0.63	OK
3735	Tubo-D159X4	ELU_Wxx_(T+)	5.0	19.5	-178.0	0.68	312.5	457.8	0.57	OK
3736	Tubo-D193.7X4.5	ELU_Wyy1_(T-)	5.2	26.8	-217.5	0.78	490.2	628.6	0.44	OK
3737	Tubo-D193.7X4.5	ELU_Wy1_(T-)	5.2	26.8	-236.7	0.78	490.2	628.6	0.48	OK
3738	Tubo-D193.7X4.5	ELU_Wyy1_(T-)	5.2	26.8	-254.0	0.78	490.2	628.6	0.52	OK
3739	Tubo-D193.7X4.5	ELU_Wy1_(T-)	5.2	26.8	-212.4	0.78	490.2	628.6	0.43	OK
3740	Tubo-D139.7X4	ELU_PAV_(Wxx_T+)	6.3	17.1	-100.0	0.42	166.6	400.7	0.60	OK
3741	Tubo-D139.7X4	ELU_Wyy2_(T+)	6.3	17.1	-31.2	0.42	166.6	400.7	0.19	OK
3742	Tubo-D139.7X4	ELU_PAV_(Wx_T+)	6.3	17.1	-91.6	0.42	166.6	400.7	0.55	OK
3743	Tubo-D139.7X4	ELU_PAV_(Wyy2_T+)	6.3	17.1	-37.6	0.42	166.6	400.7	0.23	OK
3744	Tubo-D139.7X4	ELU_Wxx_(T+)	6.2	17.1	-41.6	0.43	173.0	400.7	0.24	OK
3746	Tubo-D193.7X4.5	ELU_Wxx_(T-)	8.9	26.8	-112.4	0.41	258.1	628.6	0.44	OK
3747	Tubo-D193.7X4.5	ELU_Wx_(T+)	8.9	26.8	-47.2	0.41	258.1	628.6	0.18	OK
3748	Tubo-D127X4	ELU_Wx_(T+)	8.9	15.5	-36.2	0.19	69.2	363.3	0.52	OK
3749	Tubo-D127X4	ELU_S1X	10.3	15.5	-18.0	0.14	52.2	363.3	0.35	OK
3750	Tubo-D127X4	ELU_S1X	10.3	15.5	-7.5	0.14	52.2	363.3	0.14	OK
3751	Tubo-D193.7X4.5	ELU_Wxx_(T+)	11.5	26.8	-34.1	0.26	166.0	628.6	0.21	OK
3752	Tubo-D193.7X4.5	ELU_Wx_(T-)	11.5	26.8	-63.4	0.26	166.0	628.6	0.38	OK
3753	Tubo-D244.5X5.4	ELU_T+(Wxx)	5.6	40.6	-505.5	0.85	807.0	953.2	0.63	OK
3754	Tubo-D244.5X5.4	ELU_T+(Wxx)	5.6	40.6	344.2	0.85	807.0	953.2	0.36	OK
3755	Tubo-D244.5X5.4	ELU_S1X	5.4	40.6	-270.8	0.85	814.3	953.2	0.33	OK
3756	Tubo-D244.5X5.4	ELU_S1X	5.4	40.6	210.6	0.85	814.3	953.2	0.22	OK
3757	Tubo-D244.5X5.4	ELU_S1X	5.9	40.6	-275.1	0.83	790.3	953.2	0.35	OK
3758	Tubo-D244.5X5.4	ELU_S1X	5.9	40.6	-271.5	0.83	790.3	953.2	0.34	OK
3759	Tubo-D244.5X5.4	ELU_T+(Wyy1)	5.6	40.6	422.9	0.85	807.0	953.2	0.44	OK
3760	Tubo-D244.5X5.4	ELU_T+(Wyy1)	5.6	40.6	-580.4	0.85	807.0	953.2	0.72	OK
3761	Tubo-D244.5X5.4	ELU_T+(Wxx)	5.6	40.6	-515.4	0.85	807.0	953.2	0.64	OK
3762	Tubo-D244.5X5.4	ELU_T+(Wxx)	5.6	40.6	357.5	0.85	807.0	953.2	0.38	OK
3763	Tubo-D244.5X5.4	ELU_S1X	5.4	40.6	-367.6	0.85	814.3	953.2	0.45	OK
3764	Tubo-D244.5X5.4	ELU_S1X	5.4	40.6	-348.0	0.85	814.3	953.2	0.43	OK
3765	Tubo-D244.5X5.4	ELU_T+(Wx)	5.6	40.6	506.9	0.85	807.0	953.2	0.53	OK
3766	Tubo-D244.5X5.4	ELU_T+(Wx)	5.6	40.6	-652.0	0.85	807.0	953.2	0.81	OK

## 2.6. Colunas-Viga

As colunas-viga deste projeto apresentam comportamentos em que existe uma interação entre fenómenos de instabilidade e plasticidade, mas também outros impostos pelas imperfeições geométricas e dos materiais.

Dado o elevado grau de complexidade na análise destes elementos, as expressões de verificação baseiam-se em fórmulas de interação (M + N), que são calibradas a partir de resultados experimentais e numéricos.

### 2.6.1. Pré Dimensionamento

Numa primeira aproximação, o pré-dimensionamento das colunas-viga pode ser realizado, utilizando valores altamente conservativos para os fatores de interação  $k_{ij}$ .

Na Tabela 2.11 indicam-se os valores máximos que podem ser utilizados para os elementos suscetíveis de deformações por torção.

**Tabela 2.11 – Valores Máximos dos Fatores de Interação  $k_{ij}$  [31]**

Fatores de Interação	Valores Máximos	
	Classes 1 e 2	Classe 3
$k_{yy}$	$C_{my} \times 1.8$	$C_{my} \times 1.6$
$k_{yz}$	$0.6 \times k_{zz}$	$k_{zz}$
$k_{zy}$	1.0	1.0
$k_{zz}$	$C_{mz} \times 2.4$	$C_{mz} \times 1.6$

Segundo a NP-EN-1993-1-1, os elementos sujeitos a flexão composta com compressão das classes 1, 2 e 3 são verificados a partir das seguintes equações [31]:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{cd,z,Rd}} \leq 1.0 \quad (2.3)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{cd,z,Rd}} \leq 1.0 \quad (2.4)$$

Onde:

$N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$  e  $M_{z,Ed}$  Valores dos esforços atuantes de cálculo;

$N_{b,y,Rd}$  e  $N_{b,z,Rd}$  Valores de cálculo da resistência à encurvadura;

$M_{b,Rd}$  Valores de cálculo do momento fletor resistente à encurvadura lateral;

$$M_{cb,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \text{ para seções das Classe 1 e 2;}$$

$$= \frac{W_{el,z} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \text{ para seções da Classe 3;}$$

$k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$  e  $k_{zz}$  Fatores de interação.

Para realizar o pré dimensionamento dos pilares, recorreu-se a vários ábacos, para permitir de uma forma mais expedita, selecionar os perfis.

A título de exemplo, juntam-se as várias análises que foram realizadas para o pré-dimensionamento do Pilar metálico P2.

**1ª Análise** – Considerou-se o pilar sujeito unicamente a esforços de compressão, considerando todas as cargas permanentes e sobrecargas que atuam nos diferentes pisos e que "influenciam" este pilar.

Nesta análise, o estudo da encurvadura foi realizado nos dois planos principais, a partir dos ábacos da Figura 2.15, tendo-se concluído que a secção mais económica seria um perfil HEA 140.

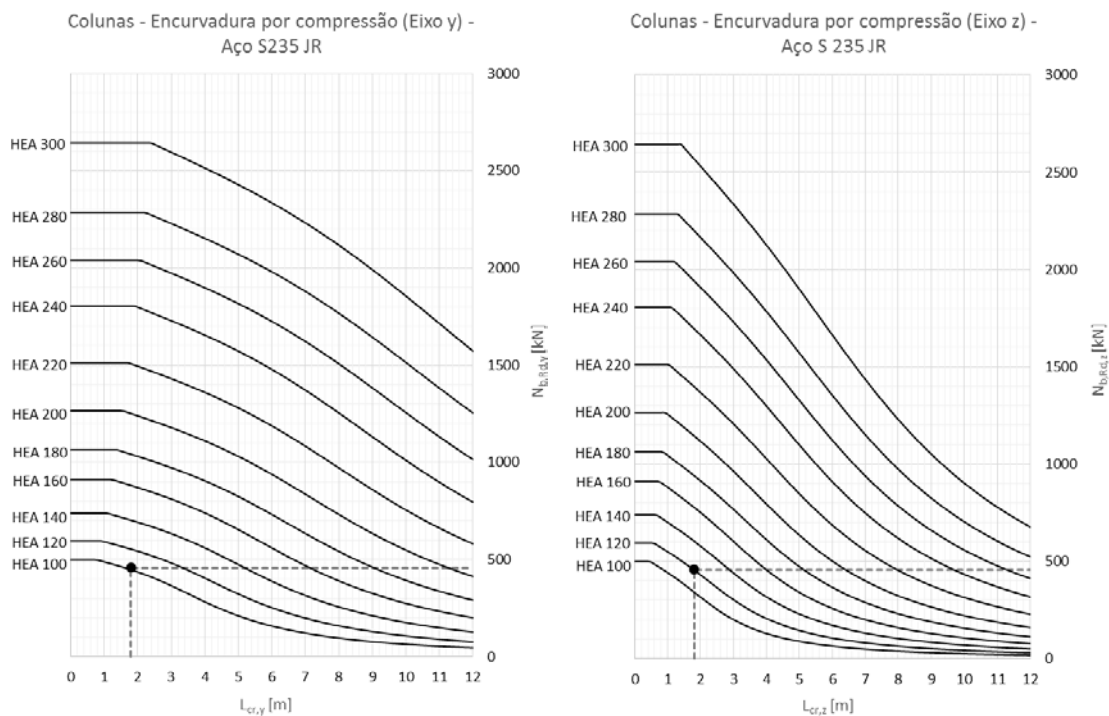
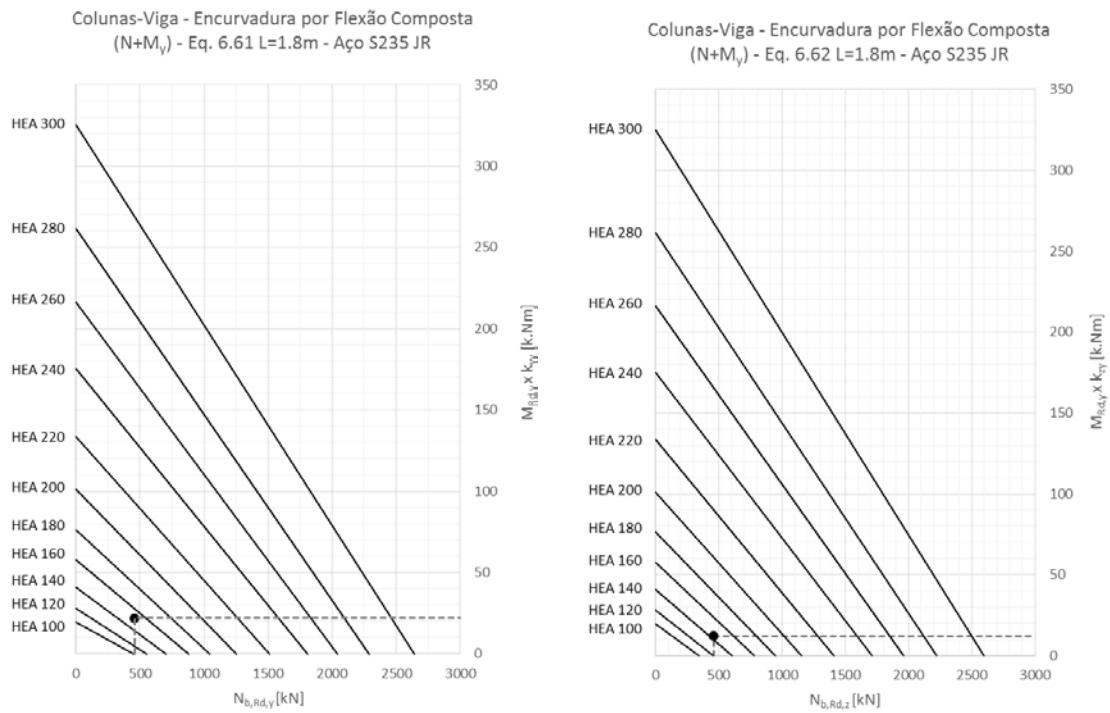


Figura 2.15 – Ábacos de Encurvadura por Compressão

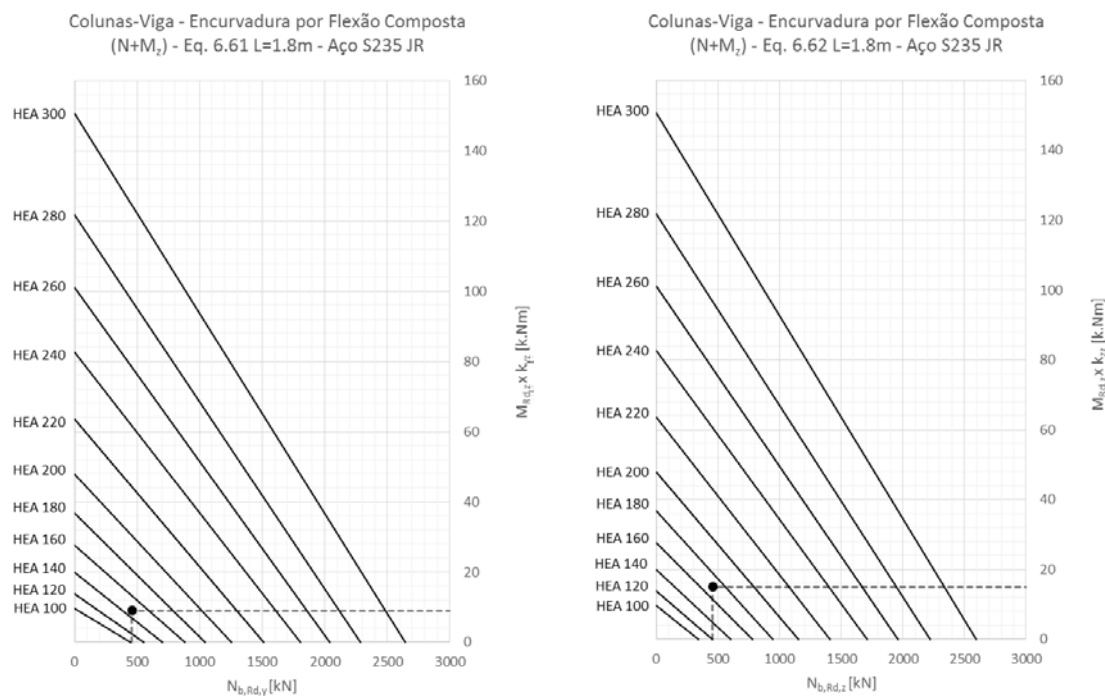
**2ª Análise** – Nesta fase estimaram-se os momentos  $M_y$  e  $M_z$ , tendo em conta as cargas horizontais totais do vento e do sismo na base da Torre Metálica. Consideraram-se que as cargas horizontais distribuídas por todos os pilares em função das inercias dos mesmos, e determinaram-se os momentos máximos, admitindo a “presença” de rótulas a  $\frac{1}{2}$  altura dos pilares.

Consideraram-se também as seguintes premissas:

- Aplicação das expressões de Flexão Composta com Compressão para a verificação destes elementos como colunas-viga (Esta análise foi feita independentemente para cada um dos planos principais dos pilares dos pórticos).
- Valores unitários para os coeficientes de momento uniforme equivalente;
- Valores máximos para os fatores de interação, conforme a Tabela 2.11.



**Figura 2.16** – Ábacos de Encurvadura por Flexão Composta N+M<sub>y</sub>



**Figura 2.17** – Ábacos de Encurvadura por Flexão Composta N+Mz

Conclui-se pelos ábacos das Figura 2.16 e 2.17, que o perfil ideal seria um HEA 180.

Como nas análises anteriores não se considerou a flexão simultaneamente nos dois planos, escolheu-se para o pilar P2 um perfil com uma secção superior (HEA 200).

### 2.6.2. Funcionamento da Tabela de Cálculo Geral utilizada no dimensionamento das colunas-viga

As colunas-viga deste projeto foram dimensionadas recorrendo a vários processos, dentro das quais se destaca a Tabela de Cálculo Geral, preparada com base nas expressões definidas no EC3.

Esta Tabela está dividida em diversos sectores numerados de I a IX que incluem:

#### I. Características Gerais

Neste setor indicam-se as informações respeitantes ao número da barra, combinação condicionante, comprimento do elemento, secção e tipo de aço utilizado.

#### II. Esforços Atuantes de Cálculo

Neste ponto estão indicados todos os esforços atuantes de cálculo para três secções da barra.

### **III. Características Elásticas e Geométricas**

Com base nas informações indicadas nos setores I e II, são automaticamente preenchidos os campos referentes às características elásticas e geométricas das secções para os eixos yy e zz, bem como a classe da secção.

### **IV. Esforços Resistentes de Cálculo**

Nesta secção a Tabela efetua os cálculos dos esforços resistentes de cálculo para as secções das classes 1, 2 e 3.

### **V. Dimensionamento das Secções Transversais**

Neste sector a Tabela procede às verificações das secções transversais à flexão simples com esforço transverso.

### **VI. Análise das Secções Transversais (Flexão Composta Desviada + Esforço Transverso)**

Nesta secção são realizadas as verificações das secções transversais, tendo em conta os esforços combinados de flexão composta desviada em conjunto com o esforço transverso.

### **VII. Dimensionamento à Encurvadura por Compressão**

Com base nos comprimentos críticos da barra, a Tabela calcula os rácios finais  $N_{Ed}/N_{b,Rd}$  em relação aos dois eixos principais de inercia.

### **VIII. Dimensionamento à Encurvadura Lateral**

Nas células deste sector é feita a determinação do rácio  $M_{y,Ed}/M_{b,Rd}$ , sendo necessário previamente introduzir os valores de  $k_z$  e  $k_w$ , o tipo de carregamento e as coordenadas do ponto de aplicação da carga.

### **IX. Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas-Viga**

Nesta secção são calculados os rácios das expressões 6.61 e 6.62, com base no Anexo B do EC3-1-1, sendo para isso necessário definir os coeficientes de momentos uniformes equivalentes  $C_{my}$ ,  $C_{mLT}$  e  $C_{mz}$ , necessários para a determinação dos fatores de interação  $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ , e  $k_{zz}$ .

### 2.6.3. Dimensionamento

Neste projeto procedeu-se ao dimensionamento dos pilares e vigas mais solicitados dos pórticos principais que funcionam como colunas-viga.

O procedimento de análise adotado para estes elementos foi o seguinte:

1. Informação dos ficheiros de resultados do "SAP2000";
2. Utilização da Tabela de Cálculo Geral em "Excel", que foi desenvolvida para este projeto, já explicada anteriormente;
3. Recurso a outros *softwares*, tais como o "SemiComp" e o "LTBeamN".
4. Verificação das deformações (flechas) verticais e horizontais segundo os critérios orientativos do EC3.

Na Figura 2.18 junta-se um fluxograma "simplificado" para a determinação dos fatores de interação necessários ao dimensionamento das colunas-viga.

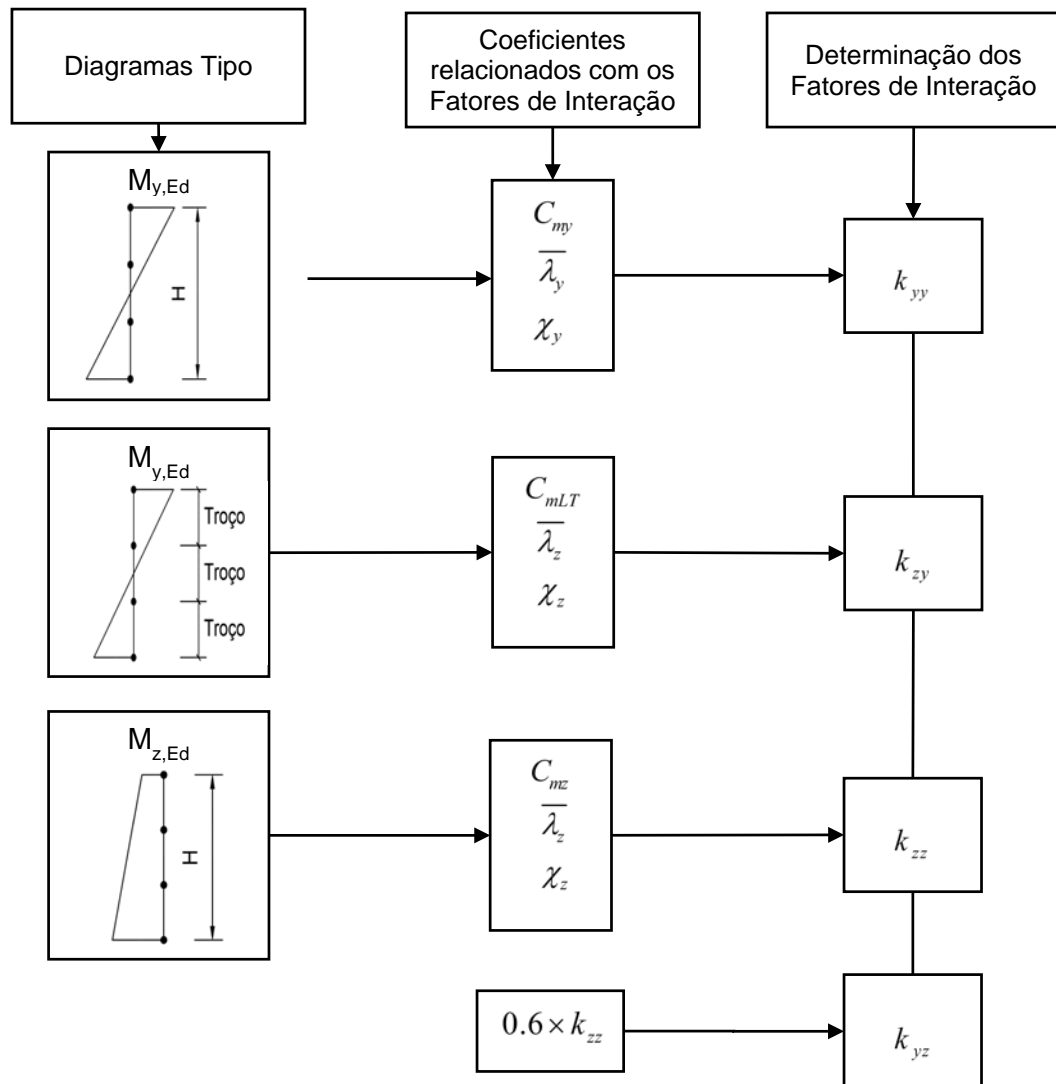


Figura 2.18 – Fluxograma "Simplificado" para a determinação dos Fatores de Interação

### 2.6.3.1. Pilar P2 entre os Pisos 3 e 4

Nas verificações seguintes está indicado todo o processo que foi realizado no dimensionamento do troço do Pilar P2, entre os Pisos 3 e 4.

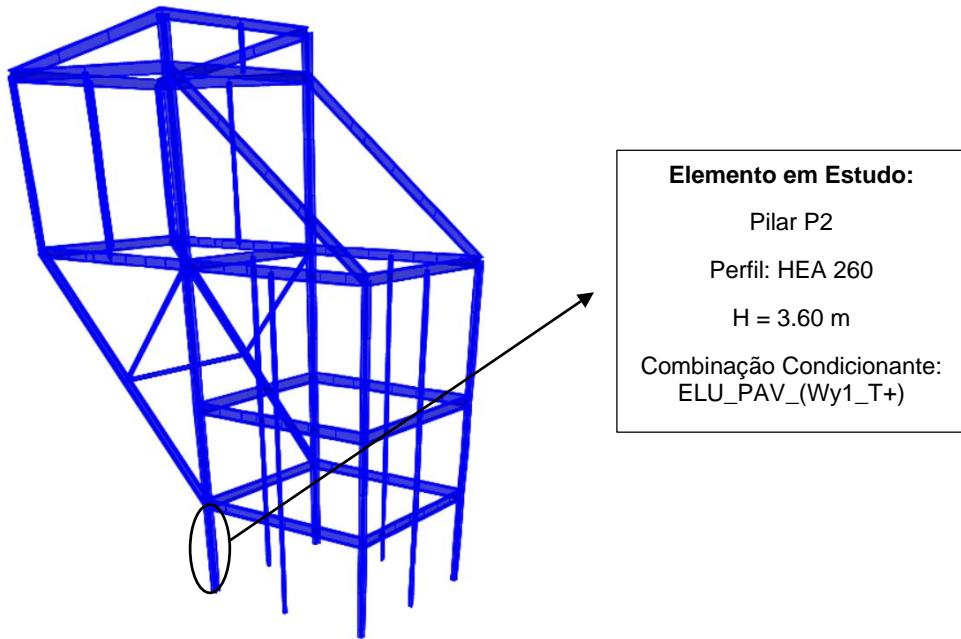


Figura 2.19 – Localização do Pilar P2

Na Figura 2.20 indicam-se os diagramas dos esforços de cálculo do E. L. Último da combinação condicionante ELU\_PAV\_(Wy1\_T+).

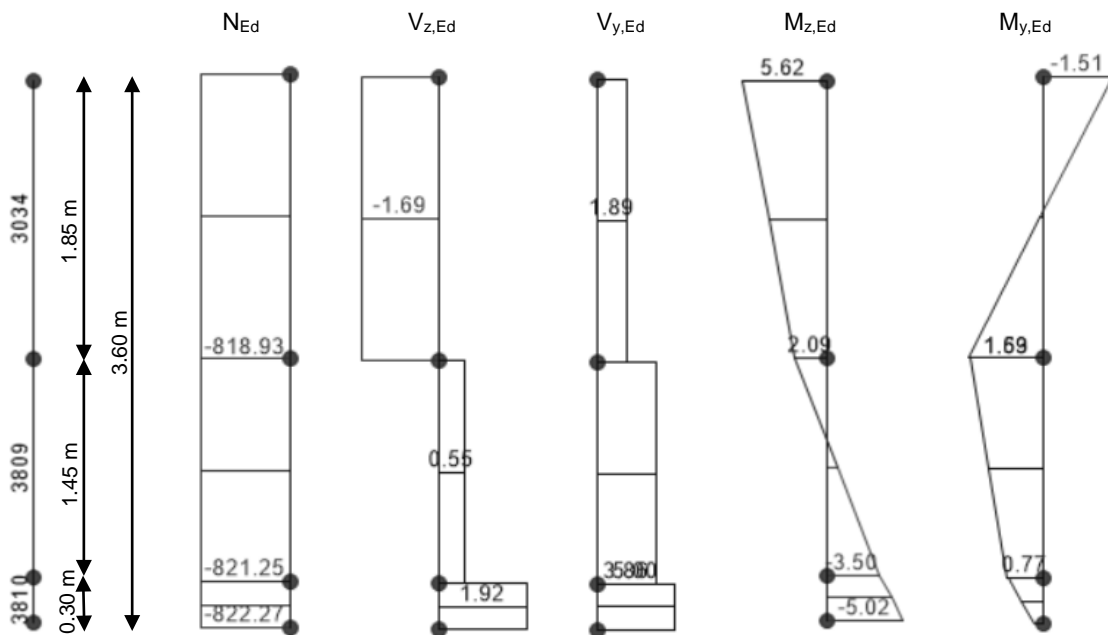


Figura 2.20 – Diagramas dos Esforços de Cálculo no Pilar P2

**Nota:** O Pilar P2 está contraventado a meia altura por duas madres nos dois planos principais de inercia.

### **Analises Efetuadas**

**1ª Análise** – Realizada a partir da Tabela de Cálculo Geral em "Excel", cujos "sectores" indicados anteriormente, permitem fazer não só o dimensionamento das seções mais esforçadas, sujeitas a esforços simples e combinados, mas também proceder às verificações do pilar como coluna-viga.

**Tabela 2.12** – Caraterísticas Gerais e Esforços de Cálculo do Pilar P2

I - Caraterísticas Gerais						II - Esforços Atuantes de Cálculo						
Elemento	Combinação	L [m]	Perfil	Área [mm <sup>2</sup> ]	Tipo de Aço	Secções	N <sub>c,Ed</sub> [kN]	N <sub>t,Ed</sub> [kN]	V <sub>z,Ed</sub> [kN]	V <sub>y,Ed</sub> [kN]	M <sub>z,Ed</sub> [kN.m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]
Pilar	ELU_PAV_(Wy1_T+)	3.6	HE 260 A	8682	S 235	1	-819.00	0.00	-1.70	1.89	5.62	-1.50
	ELU_PAV_(Wy1_T+)	3.6	HE 260 A	8682	S 235	2	-822.00	0.00	-1.70	3.80	2.09	1.70
	ELU_PAV_(Wy1_T+)	3.6	HE 260 A	8682	S 235	3	-822.00	0.00	1.92	5.00	-5.02	0.20

**Tabela 2.13** – Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo do Pilar P2

III - Características Elásticas e Plásticas									IV - Esforços Resistentes de Cálculo							
Eixo YY				Eixo ZZ				Classes		N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,z,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,y,Rd</sub> [kN]	M <sub>pl,y,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>pl,z,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>el,y,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>el,z,Rd</sub> [kN.m]
I <sub>perfil</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> ]	A <sub>v,z</sub> [cm <sup>2</sup> ]	I <sub>perfil</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> ]	A <sub>v,y</sub> [cm <sup>2</sup> ]	Flexão	Compres.							
10450	919.8	836.4	28.8	3668	430.2	282.1	58.1	2	2	2040.3	390.2	787.7	216.2	101.1	196.6	66.3

Tabela 2.14 – Análise das Secções Transversais do Pilar P2

VI - Análise das Secções Transversais																	
Momentos segundo YY - Classes 1 ou 2							Momentos segundo ZZ- Classes 1 ou 2					Classes 1 ou 2					Obs.
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_{wtw} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	$M_{N,y,Rd}$ [kN.m]	$\alpha$	$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	$M_{N,z,Rd}$ [kN.m]	$\beta$	$(M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$	Rácio Eq 6.41	$N_{Ed} / N_{t,Rd}$	$M_{y,Ed} / M_{el,y,Rd}$	$M_{z,Ed} / M_{el,z,Rd}$	$V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$ [kN]	$V_{y,Ed} / V_{pl,y,Rd}$ [kN]	
0.40	0.25	510.1	198.3	147.6	2.0	0.000	396.6	97.0	2.0	0.003	0.003	0.403	0.007	0.056	0.004	0.002	OK
0.40	0.25	510.1	198.3	147.6	2.0	0.000	396.6	97.0	2.0	0.000	0.001	0.403	0.008	0.021	0.004	0.005	OK
0.40	0.25	510.1	198.3	147.6	2.0	0.000	396.6	97.0	2.0	0.003	0.003	0.403	0.001	0.050	0.005	0.006	OK

Tabela 2.15 – Dimensionamento à Encurvadura por Compressão do Pilar P2

VII - Dimensionamento à Encurvadura por Compressão																									
Nº Barra	Curva yy	Curva zz	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,y}$ [cm]	$L_{cr,z}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\varphi_y$	$\varphi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,y,Rd}$ [kN]	$N_{b,z,Rd}$ [kN]	Rácios $N_{Ed} / N_{b,Rd}$	Obs.
3034	b	c	0.34	0.49	360	180	1	1	360	180	32.82	27.69	0.35	0.29	Calcular Encurvadura	Calcular Encurvadura	0.59	0.57	0.95	0.95	0.95	1929.4	1941.8	0.424	OK
3809	b	c	0.34	0.49	360	180	1	1	360	180	32.82	27.69	0.35	0.29	Calcular Encurvadura	Calcular Encurvadura	0.59	0.57	0.95	0.95	0.95	1929.4	1941.8	0.426	OK

**Tabela 2.16** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3034) do Pilar P2

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																			
Nº Barra	$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}$	Obs.
3034	1	1.8	1.8	1	-0.88	ME	2.7	0	7985.1	919.8	0.165	Ignora-se efeitos Encurvadura	a	0.21	0.510	1.000	216.15	0.008	OK

**Tabela 2.17** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3809) do Pilar P2

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																			
Nº Barra	$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}$	Obs.
3809	1	1.8	1.8	1	0.12	ME	1.73	0	5117.2	919.8	0.206	Calcular Bamenteamento	a	0.21	0.522	0.999	215.89	0.008	OK

ME – Momentos aplicados nas seções extremas do troço

**Tabela 2.18** – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P2 (1ª Verificação)

IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga																											
$M_{y,Ed}$ entre travamentos em zz - $C_{my}$										$M_{y,Ed}$ entre travamentos em yy - $C_{mLT}$							$M_{z,Ed}$ entre travamentos em yy - $C_{mz}$										
Susc. à def. torção	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{my}$	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{mLT}$	L [m]	$M_{z,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{mz}$
Sim	3.60	-1.50	Parabólico	cc	-1.50	0.00	-0.88	-0.13	0.835	1.80	-1.50	Linear	cu	1.70	0.06	0.00	-0.88	0.400	3.60	5.62	Linear	cu	5.62	0.05	0.00	-0.89	0.400
Sim	3.60	1.70	Parabólico	cc	-1.50	0.00	-0.88	-0.13	0.835	1.80	0.10	Linear	cu	1.70	0.06	0.00	-0.88	0.400	3.60	0.30	Linear	cu	5.62	0.05	0.00	-0.89	0.400
Sim	3.60	0.20	Parabólico	cc	-1.50	0.00	-0.88	-0.13	0.835	1.80	1.70	Linear	cu	1.70	0.06	0.00	-0.88	0.400	3.60	-5.02	Linear	cu	5.62	0.05	0.00	-0.89	0.400

cc – Carga concentrada

cu – Carga uniformemente distribuída

**Tabela 2.19** – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P2 (1ª Verificação)

IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga												
Fatores de Interação										Rácios Eq 6.61	Rácios Eq 6.62	Obs.
$k_{yy}$	$k_{yz}$	$k_{zy}$	$k_{zz}$	$N_{Ed}/N_{b,y,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,z,Rd}$	$k_{yy}^*(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{zy}^*(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{yz}^*(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$	$k_{zz}^*(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$			
0.888	0.239	0.895	0.398	0.426	0.423	0.007	0.007	0.013	0.022	0.446	0.453	OK
0.888	0.239	0.895	0.398	0.426	0.423	0.007	0.007	0.013	0.022	0.446	0.453	OK
0.888	0.239	0.895	0.398	0.426	0.423	0.007	0.007	0.013	0.022	0.446	0.453	OK

**Tabela 2.20** – Determinação dos Coefficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P2 (2ª Verificação)

IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga																											
$M_{y,Ed}$ entre travamentos em zz - $C_{my}$										$M_{y,Ed}$ entre travamentos em yy - $C_{mLT}$							$M_{z,Ed}$ entre travamentos em yy - $C_{mz}$										
Susc. à def. torção	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{my}$	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{mLT}$	L [m]	$M_{z,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{mz}$
Sim	3.60	-1.50	Parabólico	cc	-1.50	0.00	-0.88	-0.13	0.835	1.80	1.70	Linear	cu	1.70	0.59	0.00	0.12	0.647	3.60	5.62	Linear	cu	5.62	0.05	0.00	-0.89	0.400
Sim	3.60	1.70	Parabólico	cc	-1.50	0.00	-0.88	-0.13	0.835	1.80	1.00	Linear	cu	1.70	0.59	0.00	0.12	0.647	3.60	0.30	Linear	cu	5.62	0.05	0.00	-0.89	0.400
Sim	3.60	0.20	Parabólico	cc	-1.50	0.00	-0.88	-0.13	0.835	1.80	0.20	Linear	cu	1.70	0.59	0.00	0.12	0.647	3.60	-5.02	Linear	cu	5.62	0.05	0.00	-0.89	0.400

cc – Carga concentrada

cu – Carga uniformemente distribuída

**Tabela 2.21** – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P2 (2ª Verificação)

IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga												
Fatores de Interação				$N_{Ed}/N_{b,y,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,z,Rd}$	$k_{yy}^*(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{zy}^*(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{yz}^*(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$	$k_{zz}^*(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$	Rácios Eq 6.61	Rácios Eq 6.62	Obs.
$k_{yy}$	$k_{yz}$	$k_{zy}$	$k_{zz}$									
0.888	0.239	0.895	0.398	0.426	0.423	0.007	0.007	0.013	0.022	0.446	0.453	OK
0.888	0.239	0.895	0.398	0.426	0.423	0.007	0.007	0.013	0.022	0.446	0.453	OK
0.888	0.239	0.895	0.398	0.426	0.423	0.007	0.007	0.013	0.022	0.446	0.453	OK

**2ª Análise – Realizada a partir do software "SemiComp"**

A Análise da Seção Transversal mais esforçada foi feita conforme se mostra na Figura 2.21.

**SEMCOMP Cross-Section Check**

---

Choose method EN 1993-1-1 (elastic Resistance)

$N_{Ed} = -819.000$  kN  
 $M_{y,Ed} = -1.500$  kNm  
 $M_{z,Ed} = 5.620$  kNm  
 $V_{z,Ed} = -1.700$  kN  
 $V_{y,Ed} = 1.890$  kN

Perform cross-section checks

---

*Reference values for classification*

$c/t_w = 23.600$      $\alpha_{web} = 1.000$      $\psi_{web} = 0.973$      $\epsilon = 1.000$   
 $c/t_f = 8.180$      $\alpha_{flange} = 1.000$      $\psi_{flange} = 0.865$      $\epsilon_{mod,C3/4} = NaN$

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max}$	33.000	38.000	42.371
$c/t_f \leq c/t_{f,max}$	9.000	10.000	13.941

Cross section class = 1

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations.

---

$M_{pl,y,Rd} = 216.15$  kNm     $M_{pl,z,Rd} = 101.09$  kNm     $V_{pl,z,Rd} = 390.17$  kN  
 $M_{el,y,Rd} = 196.55$  kNm     $M_{el,z,Rd} = 66.30$  kNm     $V_{pl,y,Rd} = 881.90$  kN  
 $N_{Rd} = 2040.26$  kN

---

**EN 1993-1-1, 6.2.3 / 6.2.4**  
*Tension or compression*

$U_{(6.5)/(6.9)} = 0.401 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.5**  
*Bending moment*

$U_{strong A} = 0.007 \leq 1,0$  ok  
 $U_{weak A} = 0.056 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.6**  
*Shear*

$U_{z-plastic} = 0.004 \leq 1,0$  ok     $U_{y-plastic} = 0.002 \leq 1,0$  ok  
 $U_{z-elastic} = 0.007 \leq 1,0$  ok     $U_{y-elastic} = 0.003 \leq 1,0$  ok  
 $h_w/t_w = 31.333 \leq 72\epsilon/\eta = 60.000$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.9**  
*Bending and axial force*

$U_{(6.41)/(6.42)} = 0.003 \leq 1,0$  ok     $UF = inf.$

*Comment: Shear Interaction is not considered within this software tool. If the utilization for shear is higher than 0.5, an additional check for shear interaction is necessary.*

**Figura 2.21 – Verificação no software "SemiComp" da Seção mais solicitada do Pilar P2**

Indica-se na Figura seguinte a Verificação do Elemento realizada no "SemiComp".

### SEMICOMP Member Check

Choose method for member check

Method 2 (EN 1993-1-1 Annex B) ▾

Choose method for cross-section resistance

EN 1993-1-1:2010-12 ▾

Perform member design check

---

**Section classification for member design check** (based on 1. order cross-section forces)

Reference values for classification in the worst section along the member

$c/t_w = 23.600$	$\alpha_{web} = 1.000$	$\psi_{web} = 0.975$	$\epsilon = 1.000$
$c/t_f = 8.180$	$\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{flange} = 0.869$	

Boundaries

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max}$	33.000	38.000	42.344
$c/t_f \leq c/t_{f,max}$	9.000	10.000	13.936

Member class = 1

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations. The user should check if parts of member are Class 4 in the "Additional info"-sheet.

---

**Member Check**

$N_{Rd} = 2040.257$ kN	$M_{pl,y,Rd} = 216.146$ kNm	$N_{Ed} = -822.000$ kN
$M_{y,Rd} = 216.146$ kNm	$M_{pl,z,Rd} = 101.090$ kNm	$M_{y,Ed,max} = 1.688$ kNm
$M_{z,Rd} = 101.090$ kNm	$M_{el,y,Rd} = 196.553$ kNm	$M_{z,Ed,max} = 5.620$ kNm
	$M_{el,z,Rd} = 66.298$ kNm	

<b>Strong axis buckling</b>	<b>Weak axis buckling</b>	<b>Lateral torsional buckling</b>
$L_{\alpha,y} = 3.600$ m	$L_{\alpha,z} = 1.800$ m	$M_{cr} = 5117.000$ kNm
$N_{\alpha,y} = 16719.998$ kN	$N_{\alpha,z} = 23461.277$ kN	$\alpha_{LT} = 0.34$ [-]
$\alpha_y = 0.34$ [-]	$\alpha_z = 0.49$ [-]	$\lambda_{LT} = 0.206$ [-]
$\lambda_y = 0.349$ [-]	$\lambda_z = 0.295$ [-]	$\chi_{LT,mod} = 1.000$ [-]
$\chi_y = 0.946$ [-]	$\chi_z = 0.952$ [-]	$f_{mod} = 0.967$ [-]

---

**EN 1993-1-1, 6.3.3**

Uniform member in bending and axial compression

Eq. (6.61):	$U = 0.453 \leq 1,0$	<b>ok</b>	Global interaction factors
Eq. (6.62):	$U = 0.464 \leq 1,0$	<b>ok</b>	

$k_{yy} = 0.888$
$k_{yz} = 0.366$
$k_{zy} = 0.895$
$k_{zz} = 0.609$

Cross-section check at each end of the member

Left end:	$U = 0.403 \leq 1,0$	<b>ok</b>	UF = 0.425
Right end:	$U = 0.403 \leq 1,0$	<b>ok</b>	UF = inf.

---

**Additional member checks**

**EN 1993-1-1, 6.3.1**

Strong axis flexural buckling check

Eq. (6.46):  $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.426 \leq 1,0$  **ok**

Weak axis flexural buckling check

Eq. (6.46):  $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.423 \leq 1,0$  **ok**

**EN 1993-1-1, 6.3.2**

Lateral torsional buckling

Eq. (6.54):  $M_{Ed}/M_{b,Rd} = 0.008 \leq 1,0$  **ok**

Figura 2.22 – Verificação no software "SemiComp" do Pilar P2

## Conclusões

A Tabela 2.22 resume os resultados obtidos na Tabela de Cálculo Geral e os do *software* "SemiComp".

**Tabela 2.22** – Rácios de dimensionamento do Pilar P2

Rácios	Elementos/Barras	Tabela de Cálculo Geral	"SemiComp"
Secções Transversais mais solicitadas	Pilar P2	0.401	0.403
Encurvadura por Compressão	Pilar P2	0.426	0.426
Encurvadura Lateral por Flexão	Barra 3034	0.008	0.008
	Barra 3809	0.007	
Flexão Composta + Compressão (Colunas-Viga)	Pilar P2/ Barra 3034	0.446 0.453	0.453 0.464
	Pilar P2/ Barra 3809	0.446 0.453	

Verifica-se na Tabela 2.22 que os dimensionamentos realizados pelos dois processos para o pilar P2, conduzem a resultados da mesma ordem de grandeza e rácios inferiores à unidade.

### **3ª Análise** - Verificação da Deformação

Nesta análise procedeu-se à verificação ao Estado Limite de Utilização, de modo a calcular os deslocamentos máximos segundo as direções x e y.

**Tabela 2.23** – Deslocamentos do Pilar P2

	$\delta$ [m] (retirado do "SAP2000")	$\delta_{admissivel}$ [m] h/300	Rácios $\frac{\delta}{\delta_{admissivel}}$	Observações
Direção X	0.0022	3.6/300 = 0.012	0.18	OK
Direção Y	0.0043	3.6/300 = 0.012	0.35	OK

Conclusão: Verificou-se que as deformações máximas para o troço do pilar P2 nas direções x e y, são inferiores às flechas máximas admissíveis h/300, em que h é a altura entre pisos.

### 2.6.3.2. Pilar P2 entre os Pisos 6 e 7

Nas verificações seguintes está indicado todo o processo que foi realizado no dimensionamento do troço do Pilar P2 entre os Pisos 6 e 7.

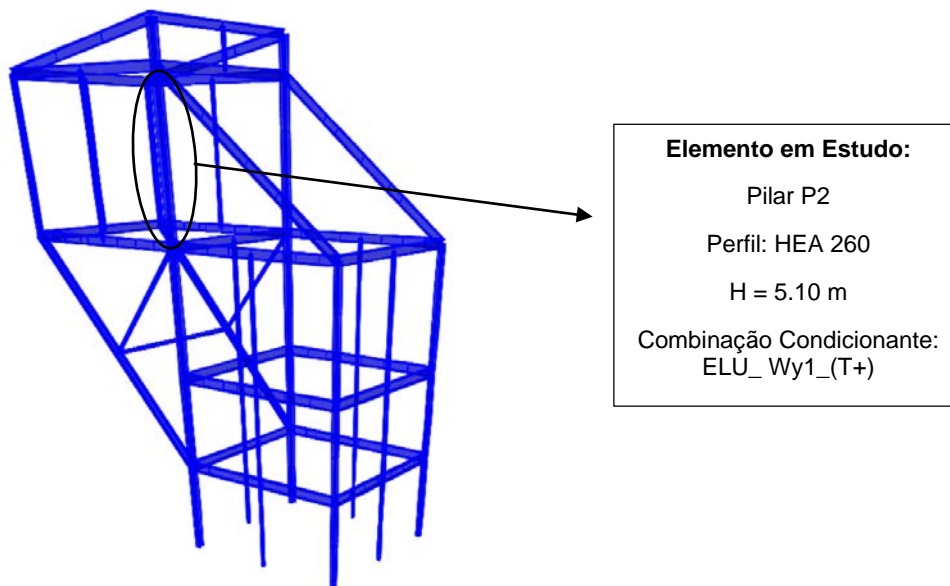


Figura 2.23 – Localização do Pilar P2

Na Figura 2.24 indicam-se os diagramas dos esforços de cálculo da combinação condicionante ELU\_ Wy1\_(T+).

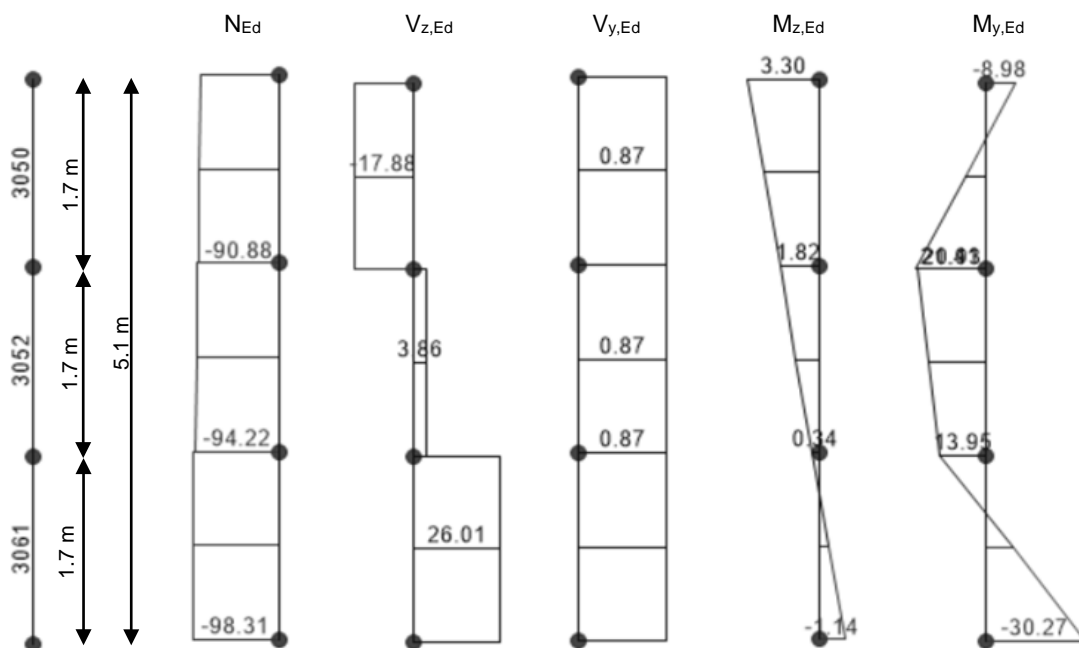


Figura 2.24 – Diagramas dos Esforços de Cálculo do Pilar P2

**Nota:** Este pilar tem dois contraventamentos segundo os dois eixos principais de inércia que dividem o pilar em 3 troços iguais.

### Analises Efetuadas

**1ª Análise** – A partir da Tabela de Cálculo Geral em "Excel"

Indicam-se nas Tabelas seguintes as diversas verificações que foram realizadas.

**Tabela 2.24** – Caraterísticas Gerais e Esforços de Cálculo do Pilar P2

I - Caraterísticas Gerais						II - Esforços Atuantes de Cálculo						
Elemento	Combinação	L [m]	Perfil	Área [mm <sup>2</sup> ]	Tipo de Aço	Secções	N <sub>c,Ed</sub> [kN]	N <sub>t,Ed</sub> [kN]	V <sub>z,Ed</sub> [kN]	V <sub>y,Ed</sub> [kN]	M <sub>z,Ed</sub> [kN.m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]
Pilar	ELU_Wy1_(T+)	5.1	HE 260 A	8682	S 235	1	-90.88		-17.88	0.87	3.30	-8.98
	ELU_Wy1_(T+)	5.1	HE 260 A	8682	S 235	2	-94.22		3.86	0.87	1.82	20.93
	ELU_Wy1_(T+)	5.1	HE 260 A	8682	S 235	3	-98.31		26.01	0.87	-1.14	-30.27

**Tabela 2.25** – Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo do Pilar P2

III - Características Elásticas e Plásticas								IV - Esforços Resistentes de Cálculo									
Eixo YY				Eixo ZZ				Classes									
I <sub>perfil</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> ]	A <sub>v,z</sub> [cm <sup>2</sup> ]	I <sub>perfil</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> ]	A <sub>v,y</sub> [cm <sup>2</sup> ]	Flexão	Compres.	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,z,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,y,Rd</sub> [kN]	M <sub>pl,y,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>pl,z,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>el,y,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>el,z,Rd</sub> [kN.m]	
10450	919.8	836.4	28.8	3668	430.2	282.1	58.1	2	2	2040.3	390.2	787.7	216.2	101.1	196.6	66.3	

**Tabela 2.26 – Análise das Secções Transversais do Pilar P2**

<b>VI - Análise das Secções Transversais</b>																	
Momentos segundo YY - Classes 1 ou 2							Momentos segundo ZZ- Classes 1 ou 2					Classes 1 ou 2					Obs.
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot n_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	$M_{N,y,Rd}$ [kN.m]	$\alpha$	$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	$M_{N,z,Rd}$ [kN.m]	$\beta$	$(M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$	Rácio Eq 6.41	$N_{Ed} / N_{t,Rd}$	$M_{y,Ed} / M_{el,y,Rd}$	$M_{z,Ed} / M_{el,z,Rd}$	$V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$ [kN]	$V_{y,Ed} / V_{pl,y,Rd}$ [kN]	
0.05	0.25	510.1	198.3	216.2	2.0	0.002	396.6	101.1	1.0	0.033	0.034	0.048	0.042	0.033	0.046	0.001	OK
0.05	0.25	510.1	198.3	216.2	2.0	0.009	396.6	101.1	1.0	0.018	0.027	0.048	0.097	0.018	0.010	0.001	OK
0.05	0.25	510.1	198.3	216.2	2.0	0.020	396.6	101.1	1.0	0.011	0.031	0.048	0.140	0.011	0.067	0.001	OK

**Tabela 2.27 – Dimensionamento à Encurvadura por Compressão do Pilar P2**

<b>VII - Dimensionamento à Encurvadura por Compressão</b>																									
Nº Barra	Curva yy	Curva zz	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,y}$ [cm]	$L_{cr,z}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\varphi_y$	$\varphi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,y,Rd}$ [kN]	$N_{b,z,Rd}$ [kN]	Rácios	Obs.
																								$N_{Ed} / N_{b,Rd}$	
3050	b	c	0.34	0.49	510	170	1	1	510	170	46.49	26.15	0.50	0.28	Calcular encurvadura	Calcular Encurvadura	0.67	0.56	0.89	0.96	0.89	1808.4	1958.8	0.050	OK
3052	b	c	0.34	0.49	510	170	1	1	510	170	46.49	26.15	0.50	0.28	Calcular Encurvadura	Calcular Encurvadura	0.67	0.56	0.89	0.96	0.89	1808.4	1958.8	0.052	OK
3061	b	c	0.34	0.49	510	170	1	1	510	170	46.49	26.15	0.50	0.28	Calcular Encurvadura	Calcular Encurvadura	0.67	0.56	0.89	0.96	0.89	1808.4	1958.8	0.054	OK

**Tabela 2.28** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3050) do Pilar P2

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																		
$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed} / M_{b,y,Rd}$	Obs.
1	1.7	1.7	1	-0.43	ME	2.58	0	8514.5	919.8	0.159	Ignora-se efeitos Encurvadura	a	0.21	0.508	1.000	216.15	0.140	OK

**Tabela 2.29** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3052) do Pilar P2

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																		
$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed} / M_{b,y,Rd}$	Obs.
1	1.7	1.7	1	0.67	ME	1.2	0	3960.1	919.8	0.234	Calcular Bambeamento	a	0.21	0.531	0.993	214.55	0.141	OK

**Tabela 2.30** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3061) do Pilar P2

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																		
$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed} / M_{b,y,Rd}$	Obs.
1	1.7	1.7	1	-0.46	ME	2.64	0	8691.9	919.8	0.158	Ignora-se efeitos Encurvadura	a	0.21	0.508	1.000	216.15	0.140	OK

ME – Momentos aplicados nas seções extremas do troço

**Tabela 2.31** – Determinação dos Coefficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P2 (1ª Verificação)

IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga																											
M <sub>y,Ed</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>										M <sub>y,Ed</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>							M <sub>z,Ed</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mz</sub>										
Susc. à def. torção	L [m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>mLT</sub>	L [m]	M <sub>z,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>mz</sub>
Sim	5.10	-8.98	Parabólico	cc	-30.27	-0.69	0.00	0.30	0.553	1.70	-8.98	Linear	cu	20.93	0.29	0.00	-0.43	0.428	5.10	3.30	Linear	cu	3.30	0.37	0.00	-0.35	0.462
Sim	5.10	20.93	Parabólico	cc	-30.27	-0.69	0.00	0.30	0.553	1.70	6.03	Linear	cu	20.93	0.29	0.00	-0.43	0.428	5.10	1.23	Linear	cu	3.30	0.37	0.00	-0.35	0.462
Sim	5.10	-30.27	Parabólico	cc	-30.27	-0.69	0.00	0.30	0.553	1.70	20.93	Linear	cu	20.93	0.29	0.00	-0.43	0.428	5.10	-1.14	Linear	cu	3.30	0.37	0.00	-0.35	0.462

**Tabela 2.32** – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P2 (1ª Verificação)

IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga												
Fatores de Interação				N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,y,Rd</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,z,Rd</sub>	k <sub>yy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>b,y,Rd</sub> )	k <sub>zy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>b,y,Rd</sub> )	k <sub>yz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,Rd</sub> )	k <sub>zz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,Rd</sub> )	Rácios Eq 6.61	Rácios Eq 6.62	Obs.
k <sub>yy</sub>	k <sub>yz</sub>	k <sub>zy</sub>	k <sub>zz</sub>									
0.562	0.277	0.879	0.461	0.054	0.050	0.079	0.124	0.009	0.015	0.143	0.189	OK
0.562	0.277	0.879	0.461	0.054	0.050	0.079	0.124	0.009	0.015	0.143	0.189	OK
0.562	0.277	0.879	0.461	0.054	0.050	0.079	0.124	0.009	0.015	0.143	0.189	OK

cc – Carga concentrada

cu – Carga uniformemente distribuída

**Tabela 2.33** – Determinação dos Coefficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P2 (2ª Verificação)

IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga																											
M <sub>y,Ed</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>										M <sub>y,Ed</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>							M <sub>z,Ed</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mz</sub>										
Susc. à def. torção	L [m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>mLT</sub>	L [m]	M <sub>z,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>mz</sub>
Sim	5.10	-8.98	Parabólico	cc	-30.27	-0.69	0.00	0.30	0.553	1.70	20.93	Linear	cu	20.93	0.85	0.00	0.65	0.858	5.10	3.30	Linear	cu	3.30	0.37	0.00	-0.35	0.462
Sim	5.10	20.93	Parabólico	cc	-30.27	-0.69	0.00	0.30	0.553	1.70	17.70	Linear	cu	20.93	0.85	0.00	0.65	0.858	5.10	1.23	Linear	cu	3.30	0.37	0.00	-0.35	0.462
Sim	5.10	-30.27	Parabólico	cc	-30.27	-0.69	0.00	0.30	0.553	1.70	13.50	Linear	cu	20.93	0.85	0.00	0.65	0.858	5.10	-1.14	Linear	cu	3.30	0.37	0.00	-0.35	0.462

**Tabela 2.34** – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P2 (2ª Verificação)

IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga												
Fatores de Interação				Rádios Eq 6.61						Rádios Eq 6.62		Obs.
k <sub>yy</sub>	k <sub>yz</sub>	k <sub>zy</sub>	k <sub>zz</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,y,Rd</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,z,Rd</sub>	k <sub>yy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>b,y,Rd</sub> )	k <sub>zy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>b,y,Rd</sub> )	k <sub>yz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,Rd</sub> )	k <sub>zz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,Rd</sub> )	Rádios Eq 6.61	Rádios Eq 6.62	
0.562	0.277	0.879	0.461	0.054	0.050	0.079	0.124	0.009	0.015	0.143	0.189	OK
0.562	0.277	0.879	0.461	0.054	0.050	0.079	0.124	0.009	0.015	0.143	0.189	OK
0.562	0.277	0.879	0.461	0.054	0.050	0.079	0.124	0.009	0.015	0.143	0.189	OK

cc – Carga concentrada

cu – Carga uniformemente distribuída

**Tabela 2.35 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P2 (3ª Verificação)**

IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga																											
M <sub>y,Ed</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>										M <sub>y,Ed</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>								M <sub>z,Ed</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mz</sub>									
Susc. à def. torção	L [m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>mLT</sub>	L [m]	M <sub>z,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>mz</sub>
Sim	5.10	-8.98	Parabólico	cc	-30.27	-0.69	0.00	0.30	0.553	1.70	13.95	Linear	cu	-30.27	0.27	0.00	-0.46	0.416	5.10	3.30	Linear	cu	3.30	0.37	0.00	-0.35	0.462
Sim	5.10	20.93	Parabólico	cc	-30.27	-0.69	0.00	0.30	0.553	1.70	-8.13	Linear	cu	-30.27	0.27	0.00	-0.46	0.416	5.10	1.23	Linear	cu	3.30	0.37	0.00	-0.35	0.462
Sim	5.10	-30.27	Parabólico	cc	-30.27	-0.69	0.00	0.30	0.553	1.70	-30.27	Linear	cu	-30.27	0.27	0.00	-0.46	0.416	5.10	-1.14	Linear	cu	3.30	0.37	0.00	-0.35	0.462

**Tabela 2.36 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P2 (3ª Verificação)**

IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga												
Fatores de Interação				N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,y,Rd</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,z,Rd</sub>	k <sub>yy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>b,y,Rd</sub> )	k <sub>zy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>b,y,Rd</sub> )	k <sub>yz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,Rd</sub> )	k <sub>zz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,Rd</sub> )	Rácios Eq 6.61	Rácios Eq 6.62	Obs.
k <sub>yy</sub>	k <sub>yz</sub>	k <sub>zy</sub>	k <sub>zz</sub>									
0.562	0.277	0.879	0.461	0.054	0.050	0.079	0.124	0.009	0.015	0.143	0.189	OK
0.562	0.277	0.879	0.461	0.054	0.050	0.079	0.124	0.009	0.015	0.143	0.189	OK
0.562	0.277	0.879	0.461	0.054	0.050	0.079	0.124	0.009	0.015	0.143	0.189	OK

cc – Carga concentrada

cu – Carga uniformemente distribuída

**2ª Análise – Realizado a partir do software "SemiComp"**

A Análise da Seção Transversal mais esforçada foi feita conforme se mostra na Figura 2.25.

**SEMCOMP Cross-Section Check**

---

Choose method EN 1993-1-1 (elastic Resistance)

$N_{Ed} = -98.310$  kN  
 $M_{y,Ed} = -30.270$  kNm  
 $M_{z,Ed} = -1.140$  kNm  
 $V_{z,Ed} = 26.010$  kN  
 $V_{y,Ed} = 0.870$  kN

Perform cross-section checks

---

*Reference values for classification*

$c/t_w = 23.600$      $\alpha_{web} = 0.959$      $\psi_{web} = -0.387$      $\epsilon = 1.000$   
 $c/t_f = 8.180$      $\alpha_{flange} = 1.000$      $\psi_{flange} = 0.938$      $\epsilon_{mod,CBS4} = NaN$

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq$	34.553	39.788	77.451
$c/t_f \leq$	9.000	10.000	13.844

Cross section class = 1

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations.

---

$M_{pl,y,Rd} = 216.15$  kNm     $M_{pl,z,Rd} = 101.09$  kNm     $V_{pl,z,Rd} = 390.17$  kN  
 $M_{el,y,Rd} = 196.55$  kNm     $M_{el,z,Rd} = 66.30$  kNm     $V_{pl,y,Rd} = 881.90$  kN  
 $N_{Rd} = 2040.26$  kN

---

**EN 1993-1-1, 6.2.3 / 6.2.4**  
*Tension or compression*

$U_{(6.5)/(6.9)} = 0.048 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.5**  
*Bending moment*

$U_{strong A} = 0.140 \leq 1,0$  ok  
 $U_{weak A} = 0.011 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.6**  
*Shear*

$U_{z-plastic} = 0.067 \leq 1,0$  ok     $U_{y-plastic} = 0.001 \leq 1,0$  ok  
 $U_{z-elastic} = 0.112 \leq 1,0$  ok     $U_{y-elastic} = 0.001 \leq 1,0$  ok  
 $h_w/t_w = 31.333 \leq 72\epsilon/\eta = 60.000$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.9**  
*Bending and axial force*

$U_{(6.41)/(6.42)} = 0.031 \leq 1,0$  ok     $UF = 0.172$

*Comment: Shear Interaction is not considered within this software tool. If the utilization for shear is higher than 0.5, an additional check for shear interaction is necessary.*

**Figura 2.25 – Verificação no software "SemiComp" da Seção mais solicitada do Pilar P2**

Indica-se na Figura seguinte a Verificação do Elemento realizada no "SemiComp".

### SEMCOMP Member Check

Choose method for member check

Method 2 (EN 1993-1-1 Annex B)

Choose method for cross-section resistance

EN 1993-1-1:2010-12

Perform member design check

---

**Section classification for member design check** (based on 1. order cross-section forces)

Reference values for classification in the worst section along the member

$ct_w =$ 23.600	$\alpha_{web} =$ 1.000	$\psi_{web} =$ 0.911	$\epsilon =$ 1.000
$ct_f =$ 8.180	$\alpha_{flange} =$ 1.000	$\psi_{flange} =$ 0.969	

Boundaries

	Class 1	Class 2	Class 3
$ct_w \leq ct_{w,max} =$	33.000	38.000	43.277
$ct_f \leq ct_{f,max} =$	9.000	10.000	13.807

Member class = 1

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations. The user should check if parts of member are Class 4 in the "Additional info"-sheet.

---

**Member Check**

$N_{Rd} =$ 2040.257 kN	$M_{pl,y,Rd} =$ 216.146 kNm	$N_{Ed} =$ -98.310 kN
$M_{y,Rd} =$ 216.146 kNm	$M_{pl,z,Rd} =$ 101.090 kNm	$M_{y,Ed,max} =$ 30.270 kNm
$M_{z,Rd} =$ 101.090 kNm	$M_{el,y,Rd} =$ 196.553 kNm	$M_{z,Ed,max} =$ 3.300 kNm
	$M_{el,z,Rd} =$ 66.298 kNm	

<p><i>Strong axis buckling</i></p> <p><math>L_{\sigma,y} =</math> 5.100 m</p> <p><math>N_{\sigma,y} =</math> 8331.072 kN</p> <p><math>\alpha_y =</math> 0.34 [-]</p> <p><math>\lambda_y =</math> 0.495 [-]</p> <p><math>\chi_y =</math> 0.886 [-]</p>	<p><i>Weak axis buckling</i></p> <p><math>L_{\sigma,z} =</math> 1.700 m</p> <p><math>N_{\sigma,z} =</math> 26302.608 kN</p> <p><math>\alpha_z =</math> 0.49 [-]</p> <p><math>\lambda_z =</math> 0.279 [-]</p> <p><math>\chi_z =</math> 0.960 [-]</p>	<p><i>Lateral torsional buckling</i></p> <p><math>M_{cr} =</math> 3960.100 kNm</p> <p><math>\alpha_{LT} =</math> 0.34 [-]</p> <p><math>\lambda_{LT} =</math> 0.234 [-]</p> <p><math>\chi_{LT,mod} =</math> 1.000 [-]</p> <p><math>f_{mod} =</math> 0.995 [-]</p>
---	--	--

---

**EN 1993-1-1, 6.3.3**

*Uniform member in bending and axial compression*

Eq. (6.61): $U =$ 0.153 $\leq$ 1,0 <span style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">ok</span>	Global interaction factors
Eq. (6.62): $U =$ 0.189 $\leq$ 1,0 <span style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">ok</span>	

$k_{yy} =$ 0.640
$k_{yz} =$ 0.290
$k_{zy} =$ 0.879
$k_{zz} =$ 0.483

*Cross-section check at each end of the member*

Left end: $U =$ 0.048 $\leq$ 1,0 <span style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">ok</span>	UF = 0.087
Right end: $U =$ 0.140 $\leq$ 1,0 <span style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">ok</span>	UF = 0.172

---

**Additional member checks**

**EN 1993-1-1, 6.3.1**

*Strong axis flexural buckling check*

Eq. (6.46):  $N_{Ed}/N_{b,Rd} =$  0.054  $\leq$  1,0 ok

*Weak axis flexural buckling check*

Eq. (6.46):  $N_{Ed}/N_{b,Rd} =$  0.050  $\leq$  1,0 ok

**EN 1993-1-1, 6.3.2**

*Lateral torsional buckling*

Eq. (6.54):  $M_{Ed}/M_{b,Rd} =$  0.140  $\leq$  1,0 ok

Figura 2.26 – Verificação no software "SemiComp" do Pilar P2

## Conclusões

Na Tabela 2.37 resumem-se os resultados realizados na Tabela de Cálculo Geral e os obtidos no *software "SemiComp"*.

**Tabela 2.37** – Rácios de dimensionamento do Pilar P2

Rácios	Elementos/Barras	Tabela de Cálculo Geral	"SemiComp"
Secções Transversais mais solicitadas	Pilar P2	0.140	0.140
Encurvadura por Compressão	Pilar P2	0.054	0.054
Encurvadura Lateral por Flexão	Barra 3052	0.141	0.140
	Barra 3061	0.140	
Flexão Composta + Compressão (Colunas-Viga)	Pilar P2/ Barra 3052	0.143 0.189	0.153 0.189
	Pilar P2/ Barra 3061	0.143 0.189	

Verifica-se na Tabela 2.37 que os dimensionamentos realizados pelos dois processos para o pilar P2 conduzem a resultados semelhantes e rácios inferiores à unidade.

### **3ª Análise** - Verificação da Deformação

Nesta análise procedeu-se à verificação ao Estado Limite de Utilização do pilar de modo a calcularem-se as flechas máximas segundo as direções x e y.

**Tabela 2.38** – Flechas do Pilar P2

	$\delta$ [m] (retirado do "SAP2000")	$\delta_{admissivel}$ [m] h/300	Rácios $\frac{\delta}{\delta_{admissivel}}$	Observações
Direção X	0.0009	5.1/300 = 0.017	0.05	OK
Direção Y	0.0043	5.1/300 = 0.017	0.25	OK

Conclusão: Verificou-se que as flechas máximas nas direções x e y são inferiores às flechas máximas admissíveis h/300, para o troço do Pilar P2.

### 2.6.3.3. Pilar P6 entre os Pisos 3 e 4

Nas verificações seguintes está indicado todo o processo que foi realizado no dimensionamento do troço do Pilar P6, entre os Pisos 3 e 4.

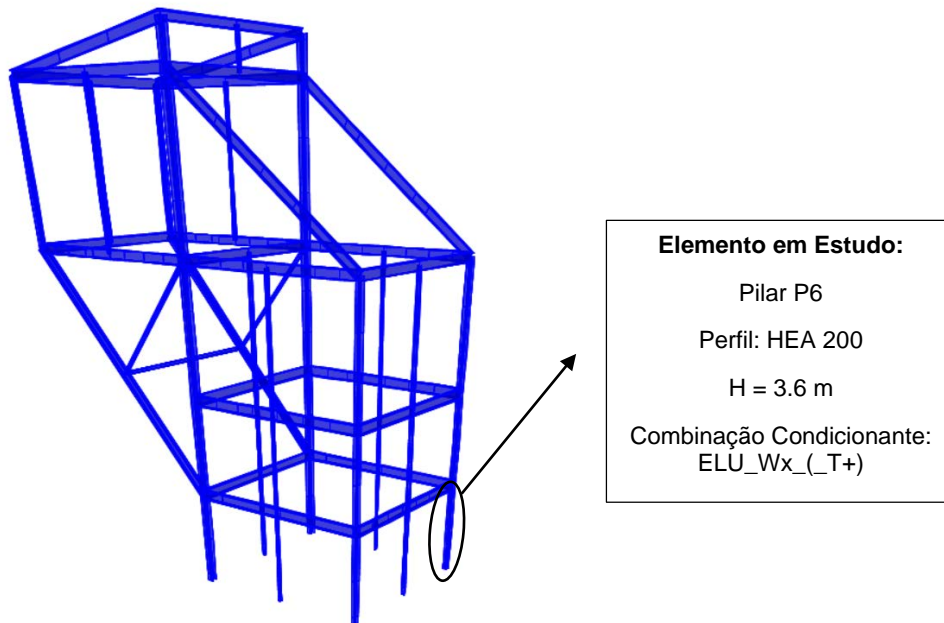


Figura 2.27 – Localização do Pilar P6

Na Figura 2.28 indicam-se os diagramas dos esforços de cálculo da combinação condicionante ELU\_Wx\_(T+) deste pilar.

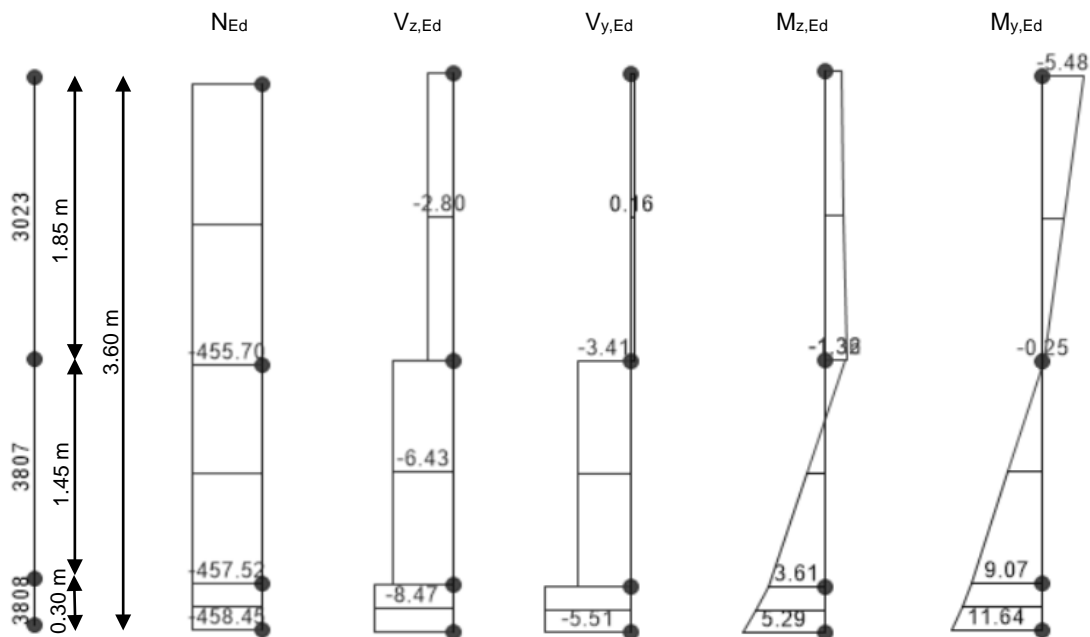


Figura 2.28 – Diagramas dos Esforços de Cálculo do Pilar P6

**Nota:** O Pilar P6 está contraventado por duas madres a meia altura nos dois planos principais de inercia.

### **Analises Efetuadas**

**1ª Análise** – A partir da Tabela de Cálculo Geral em "Excel".

Indicam-se nas Tabelas seguintes as diversas verificações que foram realizadas.

**Tabela 2.39** – Características Gerais e Esforços de Cálculo do Pilar P6

I - Características Gerais						II - Esforços Atuantes de Cálculo						
Elemento	Combinação	L [m]	Perfil	Área [mm <sup>2</sup> ]	Tipo de Aço	Secções	N <sub>c,Ed</sub> [kN]	N <sub>t,Ed</sub> [kN]	V <sub>z,Ed</sub> [kN]	V <sub>y,Ed</sub> [kN]	M <sub>z,Ed</sub> [kN.m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]
Pilar	ELU_Wx_(T+)	3.6	HE 200 A	5383	S 235	1	-455.70		-2.80	0.16	-1.06	-5.48
	ELU_Wx_(T+)	3.6	HE 200 A	5383	S 235	2	-457.50		-6.43	-3.41	-1.38	-0.25
	ELU_Wx_(T+)	3.6	HE 200 A	5383	S 235	3	-458.45		-8.47	-5.51	5.29	11.64

**Tabela 2.40** – Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo do Pilar P6

III - Características Elásticas e Plásticas								IV - Esforços Resistentes de Cálculo									
Eixo YY				Eixo ZZ				Classes									
I <sub>perfil</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> ]	A <sub>v,z</sub> [cm <sup>2</sup> ]	I <sub>perfil</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> ]	A <sub>v,y</sub> [cm <sup>2</sup> ]	Flexão	Compres	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,z,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,y,Rd</sub> [kN]	M <sub>pl,y,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>pl,z,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>el,y,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>el,z,Rd</sub> [kN.m]	
3692	429.5	388.6	18.1	1336	203.8	133.6	35.8	1	1	1265.0	245.3	485.0	100.9	47.9	91.3	31.4	

**Tabela 2.41 – Análise das Secções Transversais do Pilar P6**

VI - Análise das Secções Transversais																	
Momentos segundo YY - Classes 1 ou 2							Momentos segundo ZZ- Classes 1 ou 2				Classes 1 ou 2					Obs.	
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_{wtw} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	$M_{N,y,Rd}$ [kN.m]	$\alpha$	$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	$M_{N,z,Rd}$ [kN.m]	$\beta$	$(M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$	Rácio Eq 6.41	$N_{Ed} / N_{t,Rd}$	$M_{y,Ed} / M_{el,y,Rd}$	$M_{z,Ed} / M_{el,z,Rd}$	$V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$ [kN]		$V_{y,Ed} / V_{pl,y,Rd}$ [kN]
0.36	0.26	316.3	129.8	73.8	2.0	0.006	259.7	46.9	1.8	0.001	0.007	0.362	0.054	0.022	0.011	0.000	OK
0.36	0.26	316.3	129.8	73.8	2.0	0.000	259.7	46.9	1.8	0.002	0.002	0.362	0.002	0.029	0.026	0.007	OK
0.36	0.26	316.3	129.8	73.8	2.0	0.025	259.7	46.9	1.8	0.019	0.044	0.362	0.115	0.110	0.035	0.011	OK

**Tabela 2.42 – Dimensionamento à Encurvadura por Compressão do Pilar P6**

VII - Dimensionamento à Encurvadura por Compressão																								
Curva yy	Curva zz	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,y}$ [cm]	$L_{cr,z}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\varphi_y$	$\varphi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,y,Rd}$ [kN]	$N_{b,z,Rd}$ [kN]	Rácios	Obs.
																							$N_{Ed} / N_{b,Rd}$	
b	c	0.34	0.49	360	180	1	1	360	180	43.48	36.14	0.46	0.38	Calcular encurvadura	Calcular Encurvadura	0.65	0.62	0.90	0.91	0.90	1138.8	1145.2	0.400	OK
b	c	0.34	0.49	360	180	1	1	360	180	43.48	36.14	0.46	0.38	Calcular Encurvadura	Calcular Encurvadura	0.65	0.62	0.90	0.91	0.90	1138.8	1145.2	0.403	OK

**Tabela 2.43** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3023) do Pilar P6

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																			
Nº Barra	$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed} / M_{b,y,Rd}$	Obs.
3023	1	1.8	1.8	1	0.05	ME	1.82	0	1562.2	429.5	0.254	Calcular Bambeamento	a	0.21	0.538	0.988	99.72	0.117	OK

**Tabela 2.44** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3807) do Pilar P6

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																			
Nº Barra	$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed} / M_{b,y,Rd}$	Obs.
3807	1	1.8	1.8	1	-0.02	ME	1.91	0	1641.3	429.5	0.248	Calcular Bambeamento	a	0.21	0.536	0.989	99.86	0.117	OK

ME – Momentos aplicados nas seções extremas do troço

**Tabela 2.45 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P6 (1ª Verificação)**

IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga																											
M <sub>y,Ed</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>										M <sub>y,Ed</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>							M <sub>z,Ed</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mz</sub>										
Susc. à def. torção	L [m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>mLT</sub>	L [m]	M <sub>z,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>mz</sub>
Sim	3.60	-5.48	Parabólico	cu	11.64	-0.02	0.00	-0.47	0.400	1.80	-5.48	Linear	cu	-5.48	0.51	0.00	0.05	0.618	1.00	-1.06	Parabólico	cu	5.29	-0.26	0.00	-0.20	0.400
Sim	3.60	-0.25	Parabólico	cu	11.64	-0.02	0.00	-0.47	0.400	1.80	-2.80	Linear	cu	-5.48	0.51	0.00	0.05	0.618	1.00	-1.38	Parabólico	cu	5.29	-0.26	0.00	-0.20	0.400
Sim	3.60	11.64	Parabólico	cu	11.64	-0.02	0.00	-0.47	0.400	1.80	-0.25	Linear	cu	-5.48	0.51	0.00	0.05	0.618	1.00	5.29	Parabólico	cu	5.29	-0.26	0.00	-0.20	0.400

cu – Carga uniformemente distribuída

**Tabela 2.46 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P6 (1ª Verificação)**

IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga												
Fatores de Interação				N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,y,Rd</sub> N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,z,Rd</sub> k <sub>yy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>b,y,Rd</sub> ) k <sub>zy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>b,y,Rd</sub> ) k <sub>yz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,Rd</sub> ) k <sub>zz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,Rd</sub> )						Rácios Eq 6.61	Rácios Eq 6.62	Obs.
k <sub>yy</sub>	k <sub>yz</sub>	k <sub>zy</sub>	k <sub>zz</sub>									
0.442	0.256	0.958	0.427	0.403	0.400	0.052	0.112	0.028	0.047	0.483	0.559	OK
0.442	0.256	0.958	0.427	0.403	0.400	0.052	0.112	0.028	0.047	0.483	0.559	OK
0.442	0.256	0.958	0.427	0.403	0.400	0.052	0.112	0.028	0.047	0.483	0.559	OK

**Tabela 2.47 – Determinação dos Coeficientes de Momento Uniforme Equivalente do Pilar P6 (2ª Verificação)**

IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga																											
M <sub>y,Ed</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>										M <sub>y,Ed</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>							M <sub>z,Ed</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mz</sub>										
Susc. à def. torção	L [m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>mLT</sub>	L [m]	M <sub>z,Ed</sub> [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	M <sub>h</sub>	α <sub>s</sub>	α <sub>h</sub>	ψ	C <sub>mz</sub>
Sim	3.60	-5.48	Parabólico	cu	11.64	-0.02	0.00	-0.47	0.400	1.80	-0.25	Linear	cu	11.64	0.49	0.00	-0.02	0.591	1.00	-1.06	Parabólico	cu	5.29	-0.26	0.00	-0.20	0.400
Sim	3.60	-0.25	Parabólico	cu	11.64	-0.02	0.00	-0.47	0.400	1.80	5.69	Linear	cu	11.64	0.49	0.00	-0.02	0.591	1.00	-1.38	Parabólico	cu	5.29	-0.26	0.00	-0.20	0.400
Sim	3.60	11.64	Parabólico	cu	11.64	-0.02	0.00	-0.47	0.400	1.80	11.64	Linear	cu	11.64	0.49	0.00	-0.02	0.591	1.00	5.29	Parabólico	cu	5.29	-0.26	0.00	-0.20	0.400

cu – Carga uniformemente distribuída

**Tabela 2.48 – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão do Pilar P6 (2ª Verificação)**

IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga												
Fatores de Interação										Rácios Eq 6.61	Rácios Eq 6.62	Obs.
k <sub>yy</sub>	k <sub>yz</sub>	k <sub>zy</sub>	k <sub>zz</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,y,Rd</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,z,Rd</sub>	k <sub>yy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>b,y,Rd</sub> )	k <sub>zy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>b,y,Rd</sub> )	k <sub>yz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,Rd</sub> )	k <sub>zz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,Rd</sub> )			
0.442	0.256	0.955	0.427	0.403	0.400	0.052	0.111	0.028	0.047	0.483	0.559	OK
0.442	0.256	0.955	0.427	0.403	0.400	0.052	0.111	0.028	0.047	0.483	0.559	OK
0.442	0.256	0.955	0.427	0.403	0.400	0.052	0.111	0.028	0.047	0.483	0.559	OK

**2ª Análise – Realizado a partir do software "SemiComp"**

A Análise da Seção Transversal mais esforçada foi feita conforme se mostra na Figura 2.29.

### SEMCOMP Cross-Section Check

Choose method EN 1993-1-1 (elastic Resistance)

$N_{Ed} = -458.450$  kN  
 $M_{y,Ed} = 11.640$  kNm  
 $M_{z,Ed} = 5.290$  kNm  
 $V_{z,Ed} = -8.470$  kN  
 $V_{y,Ed} = -5.510$  kN

Perform cross-section checks

---

*Reference values for classification*

$c/t_w = 20.615$      $\alpha_{web} = 1.000$      $\psi_{web} = 0.603$      $\epsilon = 1.000$   
 $c/t_f = 7.875$      $\alpha_{flange} = 1.000$      $\psi_{flange} = 0.798$      $\epsilon_{mod,c/3/4} = NaN$

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max}$	33.000	38.000	48.340
$c/t_f \leq c/t_{f,max}$	9.000	10.000	14.040

Cross section class = 1

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations.

---

$M_{pl,y,Rd} = 100.93$  kNm     $M_{pl,z,Rd} = 47.90$  kNm     $V_{pl,z,Rd} = 245.32$  kN  
 $M_{el,y,Rd} = 91.33$  kNm     $M_{el,z,Rd} = 31.38$  kNm     $V_{pl,y,Rd} = 542.71$  kN  
 $N_{Rd} = 1265.03$  kN

---

**EN 1993-1-1, 6.2.3 / 6.2.4**  
*Tension or compression*  
 $U_{(6.5)/(6.9)} = 0.362 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.5**  
*Bending moment*  
 $U_{strong A} = 0.115 \leq 1,0$  ok  
 $U_{weak A} = 0.110 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.6**  
*Shear*  
 $U_{z-plastic} = 0.035 \leq 1,0$  ok     $U_{y-plastic} = 0.010 \leq 1,0$  ok  
 $U_{z-elastic} = 0.056 \leq 1,0$  ok     $U_{y-elastic} = 0.015 \leq 1,0$  ok  
 $h_w/t_w = 27.231 \leq 72\epsilon/\eta = 60.000$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.9**  
*Bending and axial force*  
 $U_{(6.41)/(6.42)} = 0.044 \leq 1,0$  ok     $UF = 0.466$

*Comment: Shear Interaction is not considered within this software tool. If the utilization for shear is higher than 0.5, an additional check for shear interaction is necessary.*

**Figura 2.29 – Verificação no software "SemiComp" da Seção mais solicitada do Pilar P6**

Indica-se na Figura seguinte a Verificação do Elemento realizada no "SemiComp".

### SEMICOMP Member Check

Choose method for member check

Method 2 (EN 1993-1-1 Annex B) ▾

Choose method for cross-section resistance

EN 1993-1-1:2010-12 ▾

Perform member design check

---

**Section classification for member design check** (based on 1. order cross-section forces)

*Reference values for classification in the worst section along the member*

$c/t_w = 20.615$	$\alpha_{web} = 1.000$	$\psi_{web} = 0.897$	$\epsilon = 1.000$
$c/t_f = 7.875$	$\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{flange} = 0.924$	

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max}$	33.000	38.000	43.479
$c/t_f \leq c/t_{f,max}$	9.000	10.000	13.862

Member class = 1

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations. The user should check if parts of member are Class 4 in the "Additional info"-sheet.

---

**Member Check**

$N_{Rd} = 1265.034$ kN	$M_{pl,y,Rd} = 100.929$ kNm	$N_{Ed} = -458.450$ kN
$M_{y,Rd} = 100.929$ kNm	$M_{pl,z,Rd} = 47.897$ kNm	$M_{y,Ed,max} = 11.640$ kNm
$M_{z,Rd} = 47.897$ kNm	$M_{el,y,Rd} = 91.332$ kNm	$M_{z,Ed,max} = 5.290$ kNm
	$M_{el,z,Rd} = 31.384$ kNm	

<i>Strong axis buckling</i>	<i>Weak axis buckling</i>	<i>Lateral torsional buckling</i>
$L_{\alpha,y} = 3.600$ m	$L_{\alpha,z} = 1.800$ m	$M_{cr} = 1562.200$ kNm
$N_{\alpha,y} = 5904.648$ kN	$N_{\alpha,z} = 8543.208$ kN	$\alpha_{LT} = 0.34$ [-]
$\alpha_y = 0.34$ [-]	$\alpha_z = 0.49$ [-]	$\lambda_{LT} = 0.254$ [-]
$\lambda_y = 0.463$ [-]	$\lambda_z = 0.385$ [-]	$\chi_{LT,mod} = 1.000$ [-]
$\chi_y = 0.900$ [-]	$\chi_z = 0.905$ [-]	$f_{mod} = 0.951$ [-]

---

**EN 1993-1-1, 6.3.3**

*Uniform member in bending and axial compression*

Eq. (6.61):	$U = 0.524 \leq 1.0$	ok	
Eq. (6.62):	$U = 0.628 \leq 1.0$	ok	

*Global interaction factors*

$k_{yy} = 0.442$
$k_{yz} = 0.635$
$k_{zy} = 0.958$
$k_{zz} = 1.058$

*Cross-section check at each end of the member*

Left end:	$U = 0.362 \leq 1.0$	ok	UF = 0.410
Right end:	$U = 0.362 \leq 1.0$	ok	UF = 0.466

---

**Additional member checks**

**EN 1993-1-1, 6.3.1**

*Strong axis flexural buckling check*

Eq. (6.46):  $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.403 \leq 1.0$  ok

*Weak axis flexural buckling check*

Eq. (6.46):  $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.400 \leq 1.0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.3.2**

*Lateral torsional buckling*

Eq. (6.54):  $M_{Ed}/M_{b,Rd} = 0.115 \leq 1.0$  ok

Figura 2.30 – Verificação no software "SemiComp" do Pilar P6

## Conclusões

Na Tabela 2.49 estão indicados os resultados obtidos na Tabela de Cálculo Geral e os do software "SemiComp".

**Tabela 2.49** – Rácios de dimensionamento do Pilar P6

Rácios	Elementos/Barras	Tabela de Cálculo Geral	"SemiComp"
Secções Transversais mais solicitadas	Pilar P6	0.362	0.362
Encurvadura por Compressão	Pilar P6	0.403	0.403
Encurvadura Lateral por Flexão	Barra 3023	0.117	0.117
	Barra 3807	0.117	
Flexão Composta + Compressão (Colunas-Viga)	Pilar P6/ Barra 3023	0.483 0.559	0.524 0.628
	Pilar P6/ Barra 3807	0.483 0.559	

Verifica-se na Tabela 2.49 que os resultados do dimensionamento pelos dois processos para o pilar P6, conduzem a valores da mesma ordem de grandeza e rácios inferiores à unidade.

### **3ª Análise** - Verificação da Deformação

Nesta análise foi feita a verificação ao Estado Limite de Utilização de modo a verificar as flechas máximas admissíveis.

**Tabela 2.50** – Deslocamentos no Pilar P6

	$\delta$ [m] (retirado do "SAP2000")	$\delta_{admissivel}$ [m] h/300	Rácios $\frac{\delta}{\delta_{admissivel}}$	Observações
Direção X	0.0047	3.6/300 = 0.012	0.39	OK
Direção Y	0.0072	3.6/300 = 0.012	0.60	OK

Conclusão: Verificou-se que as deformações máximas nas direções x e y são inferiores às flechas máximas admissíveis.

### 2.6.3.4. Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5

Nas verificações seguintes está indicado todo o processo que foi realizado no dimensionamento da Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5.

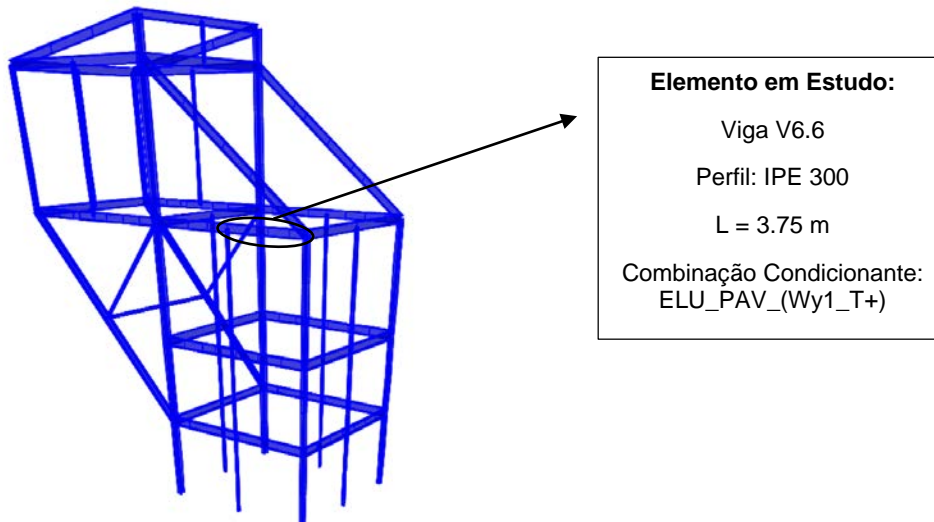


Figura 2.31 – Localização da Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5

Nas Figuras 2.32 a 2.35 estão identificadas todas as barras que compõem a Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5, e os diagramas de esforços de cálculo da combinação mais desfavorável ELU\_PAV\_(Wy1\_T+).

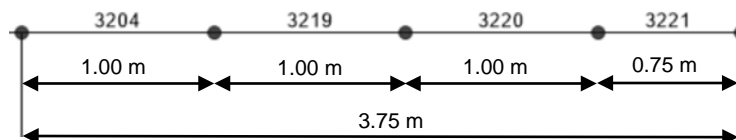


Figura 2.32 – Identificação da Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5



Figura 2.33 – Diagramas de Esforço Axial  $N_{Ed}$

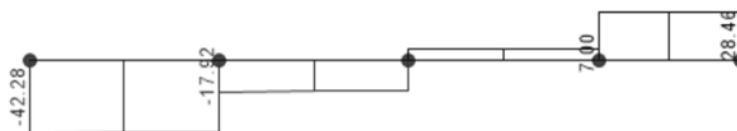


Figura 2.34 – Diagrama de Esforço Transverso  $V_{z,Ed}$



Figura 2.35 – Diagrama de Momentos Fletores  $M_{y,Ed}$

**Nota:** Para todas as vigas dos alçados laterais, considerou-se que não encurvavam lateralmente, uma vez que os banzos comprimidos apresentam um travamento contínuo, materializado pelas chapas dos pavimentos. Deste modo os momentos,  $M_z$ , não existem.

### Analises Efetuadas

**1ª Análise** – Com base na Tabela de Cálculo Geral realizada em "Excel", foram feitas as seguintes verificações.

**Tabela 2.51** – Características Gerais e Esforços de Cálculo da Viga V6.6

I - Características Gerais						II - Esforços Atuantes de Cálculo						
Elemento	Combinação	L [m]	Perfil	Área [mm <sup>2</sup> ]	Tipo de Aço	Secções	$N_{c,Ed}$ [kN]	$N_{t,Ed}$ [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kN.m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]
Viga	ELU_PAV_(Wy1_T+)	3.75	IPE 300	5381	S 235	1	-132.04	0.00	-42.28	0.00	0.00	-28.04
	ELU_PAV_(Wy1_T+)	3.75	IPE 300	5381	S 235	2	-132.04	0.00	-17.92	0.00	0.00	31.60
	ELU_PAV_(Wy1_T+)	3.75	IPE 300	5381	S 235	3	-132.04	0.00	28.46	0.00	0.00	3.69

**Tabela 2.52** – Características Elásticas, Plásticas e Esforços Resistentes de Cálculo da Viga V6.6

III - Características Elásticas e Plásticas								IV - Esforços Resistentes de Cálculo									
Eixo YY				Eixo ZZ				Classes									
$I_{perfil}$ [cm <sup>4</sup> ]	$W_{pl}$ [cm <sup>3</sup> ]	$W_{el}$ [cm <sup>3</sup> ]	$A_{v,z}$ [cm <sup>2</sup> ]	$I_{perfil}$ [cm <sup>4</sup> ]	$W_{pl}$ [cm <sup>3</sup> ]	$W_{el}$ [cm <sup>3</sup> ]	$A_{v,y}$ [cm <sup>2</sup> ]	Flexão	Compres.	$N_{t,Rd}$ [kN]	$V_{pl,z,Rd}$ [kN]	$V_{pl,y,Rd}$ [kN]	$M_{pl,y,Rd}$ [kN.m]	$M_{pl,z,Rd}$ [kN.m]	$M_{el,y,Rd}$ [kN.m]	$M_{el,z,Rd}$ [kN.m]	
8356	628.4	557.1	25.7	603.8	125.2	80.5	28.1	1	2	1264.5	348.4	381.7	147.7	29.4	130.9	18.9	

**Tabela 2.53 – Análise das Secções Transversais da Viga V6.6**

VI - Análise das Secções Transversais																	
Momentos segundo YY - Classes 1 ou 2							Momentos segundo ZZ- Classes 1 ou 2					Classes 1 ou 2					Obs.
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / V_{M0}$	$M_{N,y,Rd}$ [kN.m]	$\alpha$	$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / V_{M0}$	$M_{N,z,Rd}$ [kN.m]	$\beta$	$(M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$	Rácio Eq 6.41	$N_{Ed} / N_{t,Rd}$	$M_{y,Ed} / M_{el,y,Rd}$	$M_{z,Ed} / M_{el,z,Rd}$	$V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$ [kN]	$V_{y,Ed} / V_{pl,y,Rd}$ [kN]	
0.10	0.40	316.1	232.4	147.7	2.0	0.036	464.8	29.4	1.0	0.000	0.036	0.104	0.214	0.000	0.121	0.000	OK
0.10	0.40	316.1	232.4	147.7	2.0	0.046	464.8	29.4	1.0	0.000	0.046	0.104	0.241	0.000	0.051	0.000	OK
0.10	0.40	316.1	232.4	147.7	2.0	0.001	464.8	29.4	1.0	0.000	0.001	0.104	0.028	0.000	0.082	0.000	OK

**Tabela 2.54 – Dimensionamento à Encurvadura por Compressão da Viga V6.6**

VII - Dimensionamento à Encurvadura por Compressão																									
Nº Barra	Curva yy	Curva zz	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,y}$ [cm]	$L_{cr,z}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\varphi_y$	$\varphi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,y,Rd}$ [kN]	$N_{b,z,Rd}$ [kN]	Rácios $N_{Ed} / N_{b,Rd}$	Obs.
3204	a	b	0.21	0.34	375	100	1	1	375	100	30.10	29.85	0.32	0.32	Calcular Encurvadura	Calcular Encurvadura	0.56	0.57	0.97	0.96	0.96	1230.0	1210.8	0.109	OK
3220	a	b	0.21	0.34	375	100	1	1	375	100	30.10	29.85	0.32	0.32	Calcular Encurvadura	Calcular Encurvadura	0.56	0.57	0.97	0.96	0.96	1230.0	1210.8	0.109	OK

**Tabela 2.55** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3204) da Viga V6.6

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																			
Nº Barra	$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}$	Obs.
3204	1	1	1	1	-0.50	ME	2.7	0	5028.8	628.4	0.171	Ignora-se efeitos Encurvadura	a	0.21	0.512	1.000	147.67	0.214	OK

**Tabela 2.56** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3220) da Viga V6.6

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																			
Nº Barra	$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}$	Obs.
3220	1	1	1	1	0.79	ME	1.12	0	2086.1	628.4	0.266	Calcular Bامبamento	a	0.21	0.542	0.985	145.50	0.217	OK

ME – Momentos aplicados nas seções extremas do troço

**Tabela 2.57** – Determinação dos Coefficientes de Momento Uniforme Equivalente da Viga V6.6 (1ª Verificação)

<b>IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga</b>																		
<b><math>M_{y,Ed}</math> entre travamentos em zz - <math>C_{my}</math></b>										<b><math>M_{y,Ed}</math> entre travamentos em yy - <math>C_{mLT}</math></b>								
Susc. à def. torção	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{my}$	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{mLT}$
Sim	3.75	-28.04	Parabólico	cu	-28.04	0.00	-0.89	-0.13	0.950	1.00	-28.04	Linear	cc	-28.04	0.25	0.00	-0.50	0.401
Sim	3.75	31.60	Parabólico	cu	-28.04	0.00	-0.89	-0.13	0.950	1.00	-6.97	Linear	cc	-28.04	0.25	0.00	-0.50	0.401
Sim	3.75	3.69	Parabólico	cu	-28.04	0.00	-0.89	-0.13	0.950	1.00	13.95	Linear	cc	-28.04	0.25	0.00	-0.50	0.401

cc – Carga concentrada

cu – Carga uniformemente distribuída

**Tabela 2.58** – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão da Viga V6.6 (1ª Verificação)

<b>IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga</b>										
Fatores de Interação								Rácios Eq 6.61	Rácios Eq 6.62	Obs.
$k_{yy}$	$k_{zy}$	$N_{Ed}/N_{b,y,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,z,Rd}$	$k_{yy}*(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{zy}*(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{yz}*(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$	$k_{zz}*(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$			
0.962	0.918	0.107	0.109	0.209	0.199	0.000	0.000	0.316	0.308	OK
0.962	0.918	0.107	0.109	0.209	0.199	0.000	0.000	0.316	0.308	OK
0.962	0.918	0.107	0.109	0.209	0.199	0.000	0.000	0.316	0.308	OK

**Tabela 2.59** – Determinação dos Coefficientes de Momento Uniforme Equivalente da Viga V6.6 (2ª Verificação)

<b>IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga</b>																		
<b><math>M_{y,Ed}</math> entre travamentos em zz - <math>C_{my}</math></b>										<b><math>M_{y,Ed}</math> entre travamentos em yy - <math>C_{mLT}</math></b>								
Susc. à def. torção	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{my}$	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{mLT}$
Sim	3.75	-28.04	Parabólico	cu	-28.04	0.00	-0.89	-0.13	0.950	1.00	31.60	Linear	cc	31.60	0.90	0.00	0.79	0.915
Sim	3.75	31.60	Parabólico	cu	-28.04	0.00	-0.89	-0.13	0.950	1.00	28.31	Linear	cc	31.60	0.90	0.00	0.79	0.915
Sim	3.75	3.69	Parabólico	cu	-28.04	0.00	-0.89	-0.13	0.950	1.00	24.88	Linear	cc	31.60	0.90	0.00	0.79	0.915

cc – Carga concentrada

cu – Carga uniformemente distribuída

**Tabela 2.60** – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão da Viga V6.6 (2ª Verificação)

<b>IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga</b>										
<b>Fatores de Interação</b>								Rácios Eq 6.61	Rácios Eq 6.62	Obs.
$k_{yy}$	$k_{zy}$	$N_{Ed}/N_{b,y,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,z,Rd}$	$k_{yy} * (M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{zy} * (M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{yz} * (M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$	$k_{zz} * (M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$			
0.962	0.918	0.107	0.109	0.209	0.199	0.000	0.000	0.316	0.308	OK
0.962	0.918	0.107	0.109	0.209	0.199	0.000	0.000	0.316	0.308	OK
0.962	0.918	0.107	0.109	0.209	0.199	0.000	0.000	0.316	0.308	OK

**2ª Análise – Realizado a partir do software "SemiComp"**

A Análise da Seção Transversal mais esforçada foi feita conforme se mostra na Figura 2.36.

**SEMCOMP Cross-Section Check**

---

Choose method EN 1993-1-1 (elastic Resistance)

$N_{Ed} = -132.040$  kN  
 $M_{y,Ed} = 31.600$  kNm  
 $M_{z,Ed} = 0.000$  kNm  
 $V_{z,Ed} = -17.920$  kN  
 $V_{y,Ed} = 0.000$  kN

Perform cross-section checks

---

*Reference values for classification*

$c/t_w = 35.014$      $\alpha_{web} = 1.000$      $\psi_{web} = -0.314$      $\epsilon = 1.000$   
 $c/t_f = 5.276$      $\alpha_{flange} = 1.000$      $\psi_{flange} = 1.000$      $\epsilon_{mod,c/B4} = NaN$

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max}$	33.000	38.000	74.158
$c/t_f \leq c/t_{f,max}$	9.000	10.000	13.771

Cross section class = 2

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations.

---

$M_{pl,y,Rd} = 147.66$  kNm     $M_{pl,z,Rd} = 29.43$  kNm     $V_{pl,z,Rd} = 348.44$  kN  
 $M_{el,y,Rd} = 130.91$  kNm     $M_{el,z,Rd} = 18.92$  kNm     $V_{pl,y,Rd} = 435.52$  kN  
 $N_{Rd} = 1264.58$  kN

---

**EN 1993-1-1, 6.2.3 / 6.2.4**  
*Tension or compression*  
 $U_{(6.5)/(6.9)} = 0.104 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.5**  
*Bending moment*  
 $U_{strong A} = 0.214 \leq 1,0$  ok  
 $U_{weak A} = 0.000 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.6**  
*Shear*  
 $U_{z-plastic} = 0.051 \leq 1,0$  ok     $U_{y-plastic} = 0.000 \leq 1,0$  ok  
 $U_{z-elastic} = 0.070 \leq 1,0$  ok     $U_{y-elastic} = 0.000 \leq 1,0$  ok  
 $h_w/t_w = 40.254 \leq 72\epsilon/\eta = 60.000$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.9**  
*Bending and axial force*  
 $U_{(6.41)/(6.42)} = 0.046 \leq 1,0$  ok     $UF = 0.275$

*Comment: Shear Interaction is not considered within this software tool. If the utilization for shear is higher than 0.5, an additional check for shear interaction is necessary.*

**Figura 2.36 – Verificação no software "SemiComp" da Seção mais solicitada da Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5**

Indica-se na Figura seguinte a Verificação do Elemento realizada no "SemiComp".

### SEMCOMP Member Check

Choose method for member check

Method 2 (EN 1993-1-1 Annex B) ▼

Choose method for cross-section resistance

EN 1993-1-1:2010-12 ▼

Perform member design check

---

**Section classification for member design check** (based on 1. order cross-section forces)

Reference values for classification in the worst section along the member

$c/t_w = 35.014$	$\alpha_{web} = 1.000$	$\psi_{web} = -0.313$	$\epsilon = 1.000$
$c/t_f = 5.276$	$\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{flange} = 1.000$	

Boundaries	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max}$	33.000	38.000	74.101
$c/t_f \leq c/t_{f,max}$	9.000	10.000	13.771

Member class = 2

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations. The user should check if parts of member are Class 4 in the "Additional info"-sheet.

---

**Member Check**

$N_{Rd} = 1264.582$ kN	$M_{pl,y,Rd} = 147.664$ kNm	$N_{Ed} = -132.000$ kN
$M_{y,Rd} = 147.664$ kNm	$M_{pl,z,Rd} = 29.426$ kNm	$M_{y,Ed,max} = 31.504$ kNm
$M_{z,Rd} = 29.426$ kNm	$M_{el,y,Rd} = 130.912$ kNm	$M_{z,Ed,max} = 0.000$ kNm
	$M_{el,z,Rd} = 18.918$ kNm	

<b>Strong axis buckling</b>	<b>Weak axis buckling</b>	<b>Lateral torsional buckling</b>
$L_{\sigma,y} = 3.750$ m	$L_{\sigma,z} = 0.938$ m	$M_{cr} = 3894.000$ kNm
$N_{\sigma,y} = 12315.743$ kN	$N_{\sigma,z} = 14238.167$ kN	$\alpha_{LT} = 0.34$ [-]
$\alpha_y = 0.21$ [-]	$\alpha_z = 0.34$ [-]	$\lambda_{LT} = 0.195$ [-]
$\lambda_y = 0.320$ [-]	$\lambda_z = 0.298$ [-]	$\chi_{LT,mod} = 1.000$ [-]
$\chi_y = 0.973$ [-]	$\chi_z = 0.965$ [-]	$f_{mod} = 0.998$ [-]

---

**EN 1993-1-1, 6.3.3**

Uniform member in bending and axial compression

Eq. (6.61): $U = 0.305 \leq 1.0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>	Global interaction factors
Eq. (6.62): $U = 0.300 \leq 1.0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>	

$k_{yy} = 0.927$
$k_{yz} = 0.000$
$k_{zy} = 0.898$
$k_{zz} = 0.000$

Cross-section check at each end of the member

Left end: $U = 0.190 \leq 1.0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>	$UF = 0.256$
Right end: $U = 0.104 \leq 1.0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>	$UF = 0.124$

---

**Additional member checks**

**EN 1993-1-1, 6.3.1**

Strong axis flexural buckling check

Eq. (6.46):  $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.107 \leq 1.0$  ok

Weak axis flexural buckling check

Eq. (6.46):  $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.108 \leq 1.0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.3.2**

Lateral torsional buckling

Eq. (6.54):  $M_{Ed}/M_{b,Rd} = 0.213 \leq 1.0$  ok

Figura 2.37 – Verificação no software "SemiComp" do Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5

## Conclusões

Apresenta-se na Tabela 2.61 a comparação entre os resultados do dimensionamento da Tabela de Cálculo Geral e do "SemiComp".

**Tabela 2.61** – Rácios de dimensionamento da Viga V6.6 da Travessa do Pórtico 5

Rácios	Elementos/Barras	Tabela de Cálculo Geral	"SemiComp"
Secções Transversais	Barra 3204	0.036	0.036
	Barra 3220	0.046	0.046
Encurvadura por Compressão	Viga V6.6	0.109	0.108
Encurvadura Lateral por Flexão	Viga V6.6	0.217	0.213
Flexão Composta + Compressão (Colunas-Viga)	Viga V6.6/ Barra 3204	0.316 0.308	0.305 0.300
	Viga V6.6/ Barra 3220	0.316 0.308	

### 3ª Análise - Verificação da Deformação

Na Tabela 2.62 estão resumidas as verificações realizadas para o cálculo das deformações.

**Tabela 2.62** – Flecha na Viga V6.6

$\delta$ [m] (retirado do "SAP2000")	$\delta_{admissivel}$ [m] L/300	Rácio $\frac{\delta}{\delta_{admissivel}}$	Observação
0.00014	3.75/300 = 0.0125	0.0112	OK

São verificados os Estados Limite de Utilização para a viga.

### 2.6.3.5. Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5

Na análise seguinte está indicado todo o processo realizado no dimensionamento da Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5.

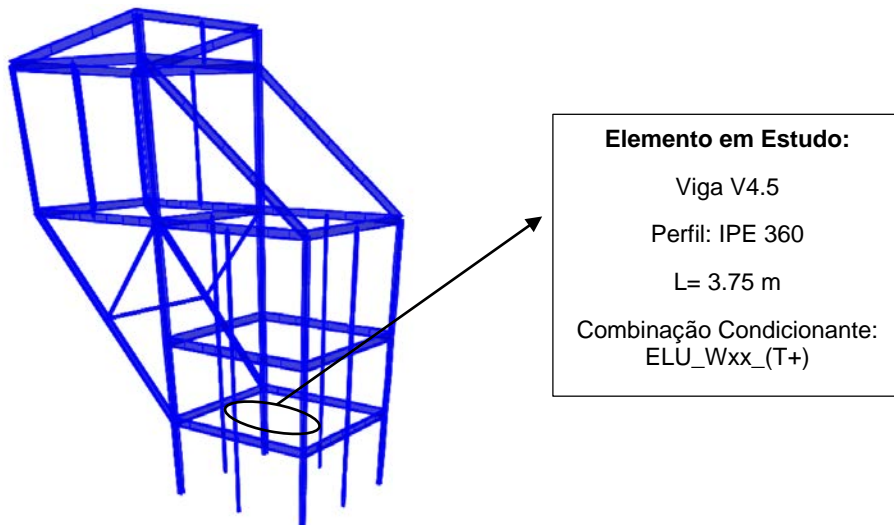


Figura 2.38 – Localização da Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5

Nas Figuras 2.39 a 2.42 estão identificadas todas as barras que compõem a Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5, bem como os diagramas de esforços de cálculo da combinação mais desfavorável ELU\_Wxx\_(T+).

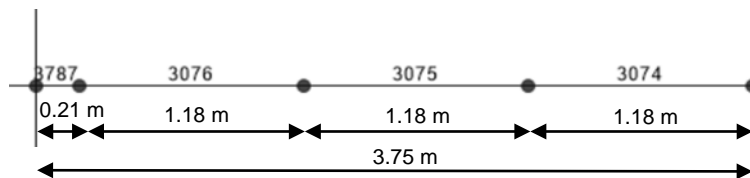


Figura 2.39 – Identificação da Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5



Figura 2.40 – Diagramas de Esforço Axial  $N_{Ed}$



Figura 2.41 – Diagrama de Esforço Transverso  $V_{z,Ed}$

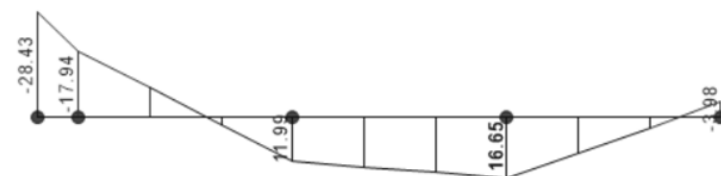


Figura 2.42 – Diagrama de Momentos Fletores  $M_{y,Ed}$

**Nota:** Esta viga dispõe de travamentos, proporcionados por duas vigas transversais interiores que funcionam perpendicularmente, que limitam a encurvadura lateral desta viga.

### **Analises Efetuadas**

**1ª Análise** – Com base na Tabela de Cálculo Geral realizada em "Excel", foram feitas as seguintes verificações:

**Tabela 2.63** – Características Gerais e Esforços de Cálculo da Viga V4.5

I - Características Gerais						II - Esforços Atuantes de Cálculo						
Elemento	Combinação	L [m]	Perfil	Área [mm <sup>2</sup> ]	Tipo de Aço	Secções	N <sub>c,Ed</sub> [kN]	N <sub>t,Ed</sub> [kN]	V <sub>z,Ed</sub> [kN]	V <sub>y,Ed</sub> [kN]	M <sub>z,Ed</sub> [kN.m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]
Viga	ELU_Wxx_(T+)	3.75	IPE 360	7273	S 235	1	0.00	51.25	46.70	0.00	0.00	-28.40
	ELU_Wxx_(T+)	3.75	IPE 360	7273	S 235	2	0.00	51.25	4.40	0.00	0.00	16.70
	ELU_Wxx_(T+)	3.75	IPE 360	7273	S 235	3	0.00	51.25	-18.00	0.00	0.00	-4.00

**Tabela 2.64** – Características Elásticas, Plásticas e Esforços Resistentes de Cálculo da Viga V4.5

III - Características Elásticas e Plásticas								IV - Esforços Resistentes de Cálculo									
Eixo YY				Eixo ZZ				Classes									
I <sub>perfil</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> ]	A <sub>v,z</sub> [cm <sup>2</sup> ]	I <sub>perfil</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> ]	A <sub>v,y</sub> [cm <sup>2</sup> ]	Flexão	Compres.	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,z,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,y,Rd</sub> [kN]	M <sub>pl,y,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>pl,z,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>el,y,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>el,z,Rd</sub> [kN.m]	
16270	1019.0	903.6	35.1	1043	191.1	122.8	37.6	1	2	1709.2	476.8	510.0	239.5	44.9	212.3	28.9	

**Tabela 2.65 – Análise das Secções Transversais da Viga V4.5**

VI - Análise das Secções Transversais																		
Momentos segundo YY - Classes 1 ou 2							Momentos segundo ZZ- Classes 1 ou 2				Classes 1 ou 2							Obs.
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	$M_{N,y,Rd}$ [kN.m]	$\alpha$ ( $M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd}$ ) <sup>a</sup>	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	$M_{N,z,Rd}$ [kN.m]	$\beta$	$(M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$	Rácio Eq 6.41	$N_{Ed} / N_{t,Rd}$	$M_{y,Ed} / M_{b1,y,Rd}$	$M_{z,Ed} / M_{b1,z,Rd}$	$V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$ [kN]	$V_{y,Ed} / V_{pl,y,Rd}$ [kN]			
0.03	0.41	427.3	314.5	239.5	2.0	0.014	629.0	44.9	1.0	0.000	0.014	0.030	0.134	0.000	0.098	0.000	OK	
0.03	0.41	427.3	314.5	239.5	2.0	0.005	629.0	44.9	1.0	0.000	0.005	0.030	0.079	0.000	0.009	0.000	OK	
0.03	0.41	427.3	314.5	239.5	2.0	0.000	629.0	44.9	1.0	0.000	0.000	0.030	0.019	0.000	0.038	0.000	OK	

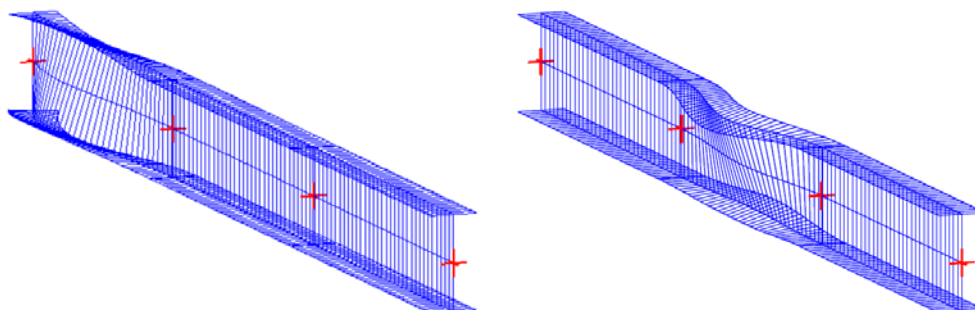
**Tabela 2.66 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3076) da Viga V4.5**

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral														
$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed} / M_{b,y,Rd}$	Obs.
1	1.25	1.25	1	7415.2	1019.0	0.180	Ignora-se efeitos Encurvadura	b	0.34	0.513	1.000	239.47	0.119	OK

**Tabela 2.67 – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3075) da Viga V4.5**

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral														
$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed} / M_{b,y,Rd}$	Obs.
1	1.25	1.25	1	16991.0	1019.0	0.119	Ignora-se efeitos Encurvadura	b	0.34	0.493	1.000	239.47	0.119	OK

**Nota:** Recorreu-se ao *software* "LTBeamN" para a determinação do momento crítico  $M_{cr}$ , uma vez que existe **flexão + tração** nesta viga com algum significado.



**Figura 2.43 – Determinação do  $M_{cr}$  com indicação das deformadas correspondentes ao 1º modo (barra 3076) e ao 2º modo (barra 3075)**

**2ª Análise** – Realizada a partir do software "SemiComp".

A Análise da Seção Transversal mais esforçada foi feita conforme se mostra na Figura 2.44.

### SEMCOMP Cross-Section Check

Choose method EN 1993-1-1 (elastic Resistance)

$N_{Ed} = 51.500$ kN	$V_{z,Ed} = 46.700$ kN	<span style="border: 1px solid gray; padding: 5px;">Perform cross-section checks</span>
$M_{y,Ed} = -28.500$ kNm	$V_{y,Ed} = 0.000$ kN	
$M_{z,Ed} = 0.000$ kNm		

*Reference values for classification*

$c/t_w = 37.325$	$\alpha_{web} = 0.148$	$\psi_{web} = -1.742$	$\epsilon = 1.000$
$c/t_f = 4.961$	$\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{flange} = 1.000$	$\epsilon_{mod,C194} = NaN$

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max}$	243.300	280.471	224.423
$c/t_f \leq c/t_{f,max}$	9.000	10.000	13.771

Cross section class = 1

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations.

$M_{pl,y,Rd} = 239.50$ kNm	$M_{pl,z,Rd} = 44.91$ kNm	$V_{pl,z,Rd} = 476.73$ kN
$M_{el,y,Rd} = 212.36$ kNm	$M_{el,z,Rd} = 28.85$ kNm	$V_{pl,y,Rd} = 585.85$ kN
$N_{Rd} = 1709.14$ kN		

**EN 1993-1-1, 6.2.3 / 6.2.4**  
*Tension or compression*

$U_{(6.5)/(6.9)} = 0.030 \leq 1.0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.5**  
*Bending moment*

$U_{strong A} = 0.119 \leq 1.0$  ok

$U_{weak A} = 0.000 \leq 1.0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.6**  
*Shear*

$U_{z-plastic} = 0.098 \leq 1.0$  ok      $U_{y-plastic} = 0.000 \leq 1.0$  ok

$U_{z-elastic} = 0.135 \leq 1.0$  ok      $U_{y-elastic} = 0.000 \leq 1.0$  ok

$h_w/t_w = 43.000 \leq 72\epsilon/\eta = 60.000$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.9**  
*Bending and axial force*

$U_{(6.41)/(6.42)} = 0.014 \leq 1.0$  ok      $UF = 0.125$

*Comment: Shear Interaction is not considered within this software tool. If the utilization for shear is higher than 0.5, an additional check for shear interaction is necessary.*

**Figura 2.44** – Verificação no software "SemiComp" da Seção mais solicitada da Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5

Indica-se na Figura seguinte a Verificação do Elemento realizada no "SemiComp".

### SEMCOMP Member Check

Choose method for member check

Method 2 (EN 1993-1-1 Annex B) ▼

Choose method for cross-section resistance

EN 1993-1-1:2010-12 ▼

Perform member design check

---

**Section classification for member design check** (based on 1. order cross-section forces)

Reference values for classification in the worst section along the member

$c/t_w =$ 37.325	$\alpha_{web} =$ 0.148	$\psi_{web} =$ -1.741	$\epsilon =$ 1.000
$c/t_f =$ 4.961	$\alpha_{flange} =$ 1.000	$\psi_{flange} =$ 1.000	

Boundaries

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max} =$	242.645	279.716	224.223
$c/t_f \leq c/t_{f,max} =$	9.000	10.000	13.771

Member class = 1

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations. The user should check if parts of member are Class 4 in the "Additional info"-sheet.

---

#### Member Check

$N_{Rd} =$ 1709.137 kN	$M_{pl,y,Rd} =$ 239.500 kNm	$N_{Ed} =$ 51.250 kN
$M_{y,Rd} =$ 239.500 kNm	$M_{pl,z,Rd} =$ 44.908 kNm	$M_{y,Ed,max} =$ 28.400 kNm
$M_{z,Rd} =$ 44.908 kNm	$M_{el,y,Rd} =$ 212.357 kNm	$M_{z,Ed,max} =$ 0.000 kNm
	$M_{el,z,Rd} =$ 28.848 kNm	

Strong axis buckling	Weak axis buckling	Lateral torsional buckling
$L_{\alpha,y} =$ 3.750 m	$L_{\alpha,z} =$ 1.250 m	$M_{cr} =$ 7415.000 kNm
$N_{\alpha,y} =$ 23973.278 kN	$N_{\alpha,z} =$ 13841.128 kN	$\alpha_{LT} =$ 0.49 [-]
$\alpha_y =$ 0.21 [-]	$\alpha_z =$ 0.34 [-]	$\lambda_{LT} =$ 0.180 [-]
$\lambda_y =$ 0.267 [-]	$\lambda_z =$ 0.351 [-]	$\chi_{LT,mod} =$ 1.000 [-]
$\chi_y =$ 0.985 [-]	$\chi_z =$ 0.945 [-]	$f_{mod} =$ 0.994 [-]

---

**EN 1993-1-1, 6.3.2**

Lateral torsional buckling

Eq. (6.54):  $M_{Ed}/M_{b,Rd} =$  0.119  $\leq 1,0$  ok

Figura 2.45 – Verificação no software "SemiComp" do Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5

## Conclusões

A Tabela 2.68 reúne a informação com os resultados do dimensionamento retirados da Tabela de Cálculo Geral e o "SemiComp".

**Tabela 2.68** – Rácios de dimensionamento da Viga V4.5 da Travessa do Pórtico 5

Rácios	Elementos/Barras	Tabela de Cálculo Geral	"SemiComp"
Secções Transversais	Viga V4.5	0.134	0.135
Encurvadura Lateral por Flexão	Viga V4.5	0.119	0.119

### 3ª Análise - Verificação da Deformação

Na Tabela 2.69 é feita a comparação entre a deformação máxima da viga retirada dos ficheiros de resultados do "SAP2000" para a combinação condicionante do Estado Limite de Utilização, com a deformação máxima admissível de L/300.

**Tabela 2.69** – Flecha na Viga V4.5

$\delta$ [m] (retirado do "SAP2000")	$\delta_{admissivel}$ [m] L/300	Rácio $\frac{\delta}{\delta_{admissivel}}$	Observação
0.0000714	3.75/300 = 0.0125	0.005	OK

São verificados os Estados Limite de Utilização para a viga.

### 2.6.3.6. Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B

Nas verificações seguintes está indicado todo o processo que foi realizado no dimensionamento da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B.

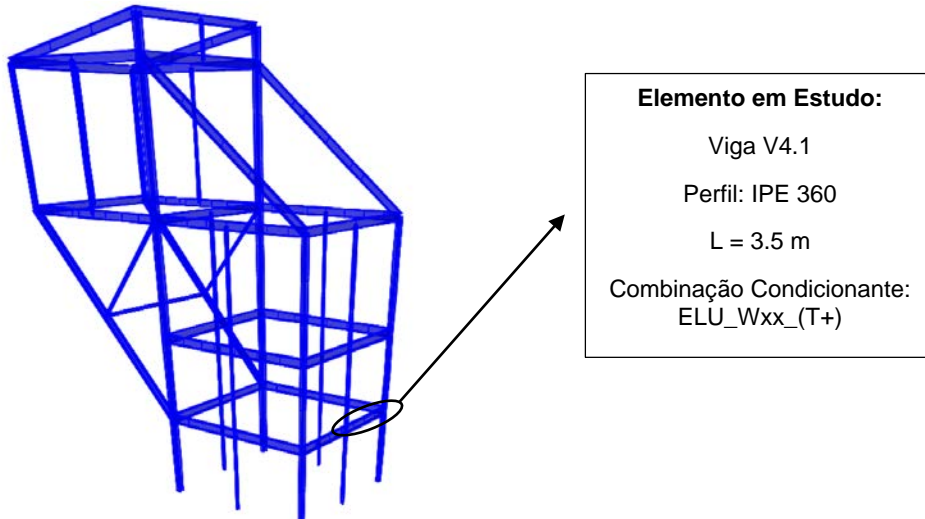


Figura 2.46 – Localização da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B

Nas Figuras seguintes estão identificadas as barras da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B, e os diagramas de esforços de cálculo da combinação mais desfavorável ELU\_Wxx\_(T+).

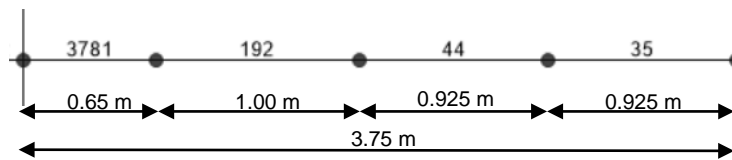


Figura 2.47 – Identificação da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B



Figura 2.48 – Diagramas de Esforço Axial  $N_{Ed}$

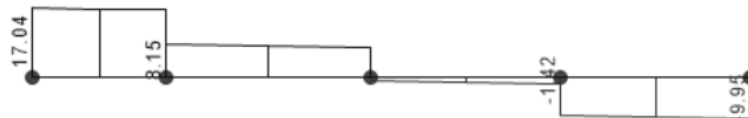


Figura 2.49 – Diagrama de Esforço Transverso  $V_{z,Ed}$

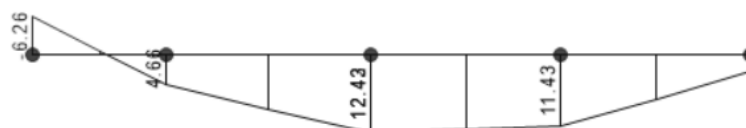


Figura 2.50 – Diagrama de Momentos Fletores  $M_{y,Ed}$

## Analises Efetuadas

**1ª Análise** – Com base na Tabela de Cálculo Geral realizada em "Excel", foram feitas as seguintes verificações.

**Tabela 2.70** – Características Gerais e Esforços de Cálculo da Viga V4.1

I - Características Gerais						II - Esforços Atuantes de Cálculo						
Elemento	Combinação	L [m]	Perfil	Área [mm <sup>2</sup> ]	Tipo de Aço	Secções	N <sub>c,Ed</sub> [kN]	N <sub>t,Ed</sub> [kN]	V <sub>z,Ed</sub> [kN]	V <sub>y,Ed</sub> [kN]	M <sub>z,Ed</sub> [kN.m]	M <sub>y,Ed</sub> [kN.m]
Viga	ELU_Wxx_(T+)	3.5	IPE 360	7273	S 235	1	-71.13	0.00	17.04	0.00	0.00	-6.26
	ELU_Wxx_(T+)	3.5	IPE 360	7273	S 235	2	-71.13	0.00	-1.42	0.00	0.00	12.43
	ELU_Wxx_(T+)	3.5	IPE 360	7273	S 235	3	-71.13	0.00	-9.95	0.00	0.00	2.55

**Tabela 2.71** – Características Elásticas, Plásticas e Esforços Resistentes de Cálculo da Viga V4.1

III - Características Elásticas e Plásticas										IV - Esforços Resistentes de Cálculo						
Eixo YY				Eixo ZZ				Classes								
I <sub>perfil</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> ]	A <sub>v,z</sub> [cm <sup>2</sup> ]	I <sub>perfil</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> ]	A <sub>v,y</sub> [cm <sup>2</sup> ]	Flexão	Compres.	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,z,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,y,Rd</sub> [kN]	M <sub>pl,y,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>pl,z,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>el,y,Rd</sub> [kN.m]	M <sub>el,z,Rd</sub> [kN.m]
16270	1019.0	903.6	35.1	1043	191.1	122.8	37.6	1	2	1709.2	476.8	510.0	239.5	44.9	212.3	28.9

Tabela 2.72 – Análise das Secções Transversais da Viga V1.4

VI - Análise das Secções Transversais																	
Momentos segundo YY - Classes 1 ou 2							Momentos segundo ZZ- Classes 1 ou 2					Classes 1 ou 2					Obs.
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	$M_{N,y,Rd}$ [kN.m]	$\alpha$	$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$	$A_w \cdot t_y / \gamma_{M0}$	$M_{N,z,Rd}$ [kN.m]	$\beta$	$(M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$	Rácio Eq 6.41	$N_{Ed} / N_{t,Rd}$	$M_{y,Ed} / M_{el,y,Rd}$	$M_{z,Ed} / M_{el,z,Rd}$	$V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$ [kN]	$V_{y,Ed} / V_{pl,y,Rd}$ [kN]	
0.04	0.41	427.3	314.5	239.5	2.0	0.001	629.0	44.9	1.0	0.000	0.001	0.042	0.029	0.000	0.036	0.000	OK
0.04	0.41	427.3	314.5	239.5	2.0	0.003	629.0	44.9	1.0	0.000	0.003	0.042	0.059	0.000	0.003	0.000	OK
0.04	0.41	427.3	314.5	239.5	2.0	0.000	629.0	44.9	1.0	0.000	0.000	0.042	0.012	0.000	0.021	0.000	OK

Tabela 2.73 – Dimensionamento à Encurvadura por Compressão da Viga V1.4

VII - Dimensionamento à Encurvadura por Compressão																									
Nº Barra	Curva yy	Curva zz	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,y}$ [cm]	$L_{cr,z}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\phi_y$	$\phi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,y,Rd}$ [kN]	$N_{b,z,Rd}$ [kN]	Rácios $N_{Ed} / N_{b,Rd}$	Obs.
92	a	b	0.21	0.34	350	100	1	1	350	100	23.41	26.39	0.25	0.28	Calcular encurvadura	Calcular Encurvadura	0.54	0.55	0.99	0.97	0.97	1690.5	1659.7	0.043	OK

**Tabela 2.74** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 3781) da Viga V1.4

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																			
Nº Barra	$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}$	Obs.
3781	1	0.65	0.65	1	-0.74	ME	2.7	0	24188.7	1019.0	0.099	Ignora-se efeitos Encurvadura	b	0.34	0.488	1.000	239.47	0.052	OK

**Tabela 2.75** – Dimensionamento à Encurvadura Lateral do Troço (barra 44) da Viga V1.4

VIII - Dimensionamento à Encurvadura Lateral																			
Nº Barra	$k_z$	L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	$Z_g$ [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$	Curva Encurv Lateral	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,y,Rd}$ [kN.m]	Rácios $M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}$	Obs.
44	1	1	1	1	0.92	ME	1.05	0	4008.6	1019.0	0.244	Calcular Bambeamento	b	0.34	0.537	0.984	235.68	0.053	OK

ME – Momentos aplicados nas seções extremas do troço

**Tabela 2.76** – Determinação dos Coefficientes de Momento Uniforme Equivalente da Viga V1.4 (1ª Verificação)

<b>IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga</b>																		
<b><math>M_{y,Ed}</math> entre travamentos em zz - <math>C_{my}</math></b>										<b><math>M_{y,Ed}</math> entre travamentos em yy - <math>C_{mLT}</math></b>								
Susc. à def. torção	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{my}$	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{mLT}$
Sim	3.50	-6.26	Parabólico	cu	-6.26	0.00	-0.50	-0.41	0.950	0.65	-6.26	Linear	cu	-6.26	0.13	0.00	-0.74	0.400
Sim	3.50	12.43	Parabólico	cu	-6.26	0.00	-0.50	-0.41	0.950	0.65	-0.81	Linear	cu	-6.26	0.13	0.00	-0.74	0.400
Sim	3.50	2.55	Parabólico	cu	-6.26	0.00	-0.50	-0.41	0.950	0.65	4.65	Linear	cu	-6.26	0.13	0.00	-0.74	0.400

cu – Carga uniformemente distribuída

**Tabela 2.77** – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão da Viga V1.4 (1ª Verificação)

<b>IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga</b>										
<b>Fatores de Interação</b>								<b>Rácios Eq 6.61</b>	<b>Rácios Eq 6.62</b>	<b>Obs.</b>
$k_{yy}$	$k_{zy}$	$N_{Ed}/N_{b,y,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,z,Rd}$	$k_{yy}^*(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{zy}^*(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{yz}^*(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$	$k_{zz}^*(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$			
0.952	0.881	0.042	0.043	0.050	0.046	0.000	0.000	0.092	0.089	OK
0.952	0.881	0.042	0.043	0.050	0.046	0.000	0.000	0.092	0.089	OK
0.952	0.881	0.042	0.043	0.050	0.046	0.000	0.000	0.092	0.089	OK

**Tabela 2.78** – Determinação dos Coefficientes de Momento Uniforme Equivalente da Viga V1.4 (2ª Verificação)

<b>IX.1 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga</b>																		
<b><math>M_{y,Ed}</math> entre travamentos em zz - <math>C_{my}</math></b>										<b><math>M_{y,Ed}</math> entre travamentos em yy - <math>C_{mLT}</math></b>								
Susc. à def. torção	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{my}$	L [m]	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	Diag. de momentos	Tipo de carga	$M_h$	$\alpha_s$	$\alpha_h$	$\psi$	$C_{mLT}$
Sim	3.50	-6.26	Parabólico	cu	-6.26	0.00	-0.50	-0.41	0.950	0.93	12.43	Linear	cu	12.43	0.92	0.00	0.92	0.968
Sim	3.50	12.43	Parabólico	cu	-6.26	0.00	-0.50	-0.41	0.950	0.93	11.43	Linear	cu	12.43	0.92	0.00	0.92	0.968
Sim	3.50	2.55	Parabólico	cu	-6.26	0.00	-0.50	-0.41	0.950	0.93	11.43	Linear	cu	12.43	0.92	0.00	0.92	0.968

cu – Carga uniformemente distribuída

**Tabela 2.79** – Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão da Viga V1.4 (2ª Verificação)

<b>IX.2 - Dimensionamento à Flexão Composta com Compressão - Colunas Viga</b>										
Fatores de Interação								Rácios Eq 6.61	Rácios Eq 6.62	Obs.
$k_{yy}$	$k_{zy}$	$N_{Ed}/N_{b,y,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,z,Rd}$	$k_{yy}^*(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{zy}^*(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd})$	$k_{yz}^*(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$	$k_{zz}^*(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})$			
0.952	0.881	0.042	0.043	0.050	0.046	0.000	0.000	0.092	0.089	OK
0.952	0.881	0.042	0.043	0.050	0.046	0.000	0.000	0.092	0.089	OK
0.952	0.881	0.042	0.043	0.050	0.046	0.000	0.000	0.092	0.089	OK

**2ª Análise – Realizada a partir do software "SemiComp"**

A Análise da Seção Transversal mais esforçada foi feita conforme se mostra na Figura 2.51.

### SEMCOMP Cross-Section Check

Choose method EN 1993-1-1 (elastic Resistance)

$N_{Ed} = -71.130$  kN  
 $M_{y,Ed} = 12.430$  kNm  
 $M_{z,Ed} = 0.000$  kNm  
 $V_{z,Ed} = -1.420$  kN  
 $V_{y,Ed} = 0.000$  kN

Perform cross-section checks

---

*Reference values for classification*

$c/t_w = 37.325$      $\alpha_{web} = 1.000$      $\psi_{web} = -0.077$      $\epsilon = 1.000$   
 $c/t_f = 4.961$      $\alpha_{flange} = 1.000$      $\psi_{flange} = 1.000$      $\epsilon_{mod,c13/4} = NaN$

*Boundaries*

		Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq$	$c/t_{w,max} =$	33.000	38.000	65.154
$c/t_f \leq$	$c/t_{f,max} =$	9.000	10.000	13.771

Cross section class = 2

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations.

---

$M_{pl,y,Rd} = 239.50$  kNm     $M_{pl,z,Rd} = 44.91$  kNm     $V_{pl,z,Rd} = 476.73$  kN  
 $M_{el,y,Rd} = 212.36$  kNm     $M_{el,z,Rd} = 28.85$  kNm     $V_{pl,y,Rd} = 585.85$  kN  
 $N_{Rd} = 1709.14$  kN

---

**EN 1993-1-1, 6.2.3 / 6.2.4**  
*Tension or compression*  
 $U_{(6.5)/(6.9)} = 0.042 \leq 1,0$     ok

**EN 1993-1-1, 6.2.5**  
*Bending moment*  
 $U_{strong A} = 0.052 \leq 1,0$     ok  
 $U_{weak A} = 0.000 \leq 1,0$     ok

**EN 1993-1-1, 6.2.6**  
*Shear*  
 $U_{z-plastic} = 0.003 \leq 1,0$     ok     $U_{y-plastic} = 0.000 \leq 1,0$     ok  
 $U_{z-elastic} = 0.004 \leq 1,0$     ok     $U_{y-elastic} = 0.000 \leq 1,0$     ok  
 $h_w/t_w = 43.000 \leq 72\epsilon/\eta = 60.000$     ok

**EN 1993-1-1, 6.2.9**  
*Bending and axial force*  
 $U_{(6.41)/(6.42)} = 0.003 \leq 1,0$     ok     $UF = 0.083$

*Comment: Shear interaction is not considered within this software tool. If the utilization for shear is higher than 0.5, an additional check for shear interaction is necessary.*

**Figura 2.51 – Verificação no software "SemiComp" da Seção mais solicitada da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B**

Indica-se na Figura seguinte a Verificação do Elemento realizada no "SemiComp".

### SEMCOMP Member Check

Choose method for member check

Method 2 (EN 1993-1-1 Annex B)

Choose method for cross-section resistance

EN 1993-1-1:2010-12

Perform member design check

---

**Section classification for member design check** (based on 1. order cross-section forces)

Reference values for classification in the worst section along the member

$c/t_w =$ 37.325	$\alpha_{web} =$ 1.000	$\psi_{web} =$ 0.925	$\epsilon =$ 1.000
$c/t_f =$ 4.961	$\alpha_{flange} =$ 1.000	$\psi_{flange} =$ 1.000	

Boundaries

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max} =$	33.000	38.000	43.073
$c/t_f \leq c/t_{f,max} =$	9.000	10.000	13.771

Member class = 2

Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations. The user should check if parts of member are Class 4 in the "Additional info"-sheet.

---

**Member Check**

$N_{Rd} =$ 1709.137 kN	$M_{pl,y,Rd} =$ 239.500 kNm	$N_{Ed} =$ -71.130 kN
$M_{y,Rd} =$ 239.500 kNm	$M_{pl,z,Rd} =$ 44.908 kNm	$M_{y,Ed,max} =$ 12.278 kNm
$M_{z,Rd} =$ 44.908 kNm	$M_{el,y,Rd} =$ 212.357 kNm	$M_{z,Ed,max} =$ 0.000 kNm
	$M_{el,z,Rd} =$ 28.848 kNm	

<b>Strong axis buckling</b>	<b>Weak axis buckling</b>	<b>Lateral torsional buckling</b>
$L_{\alpha,y} =$ 3.500 m	$L_{\alpha,z} =$ 0.875 m	$M_{cr} =$ 4008.600 kNm
$N_{\alpha,y} =$ 27520.344 kN	$N_{\alpha,z} =$ 28247.199 kN	$\alpha_{LT} =$ 0.49 [-]
$\alpha_y =$ 0.21 [-]	$\alpha_z =$ 0.34 [-]	$\lambda_{LT} =$ 0.244 [-]
$\lambda_y =$ 0.249 [-]	$\lambda_z =$ 0.246 [-]	$\chi_{LT,mod} =$ 1.000 [-]
$\chi_y =$ 0.989 [-]	$\chi_z =$ 0.984 [-]	$f_{mod} =$ 0.997 [-]

---

**EN 1993-1-1, 6.3.3**

Uniform member in bending and axial compression

Eq. (6.61):	$U =$ 0.091 $\leq$ 1.0	ok	Global interaction factors
Eq. (6.62):	$U =$ 0.086 $\leq$ 1.0	ok	

$k_{yy} =$ 0.947
$k_{yz} =$ 0.000
$k_{zy} =$ 0.846
$k_{zz} =$ 0.000

Cross-section check at each end of the member

Left end:	$U =$ 0.042 $\leq$ 1.0	ok	UF = 0.062
Right end:	$U =$ 0.042 $\leq$ 1.0	ok	UF = 0.050

---

**Additional member checks**

**EN 1993-1-1, 6.3.1**

Strong axis flexural buckling check

Eq. (6.46):  $N_{Ed}/N_{b,Rd} =$  0.042  $\leq$  1.0 ok

Weak axis flexural buckling check

Eq. (6.46):  $N_{Ed}/N_{b,Rd} =$  0.042  $\leq$  1.0 ok

**EN 1993-1-1, 6.3.2**

Lateral torsional buckling

Eq. (6.54):  $M_{Ed}/M_{b,Rd} =$  0.051  $\leq$  1.0 ok

Figura 2.52 – Verificação no software "SemiComp" da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B

## Conclusões

Na Tabela 2.80 resumem-se os resultados do dimensionamento realizado na Tabela de Cálculo Geral e no "SemiComp".

**Tabela 2.80** – Rácios de dimensionamento da Viga V1.4 da Travessa do Pórtico B

Rácios	Elementos/Barras	Tabela de Cálculo Geral	"SemiComp"
Secção Transversal	Viga 1.4	0.059	0.052
Encurvadura por Compressão	Viga 1.4	0.043	0.042
Encurvadura Lateral por Flexão	Viga 1.4	0.053	0.051
Flexão Composta + Compressão (Colunas-Viga)	Viga 1.4/ Barra 3781	0.092 0.089	0.091 0.086
	Viga 1.4/ Barra 44	0.092 0.089	

**Nota:** Verifica-se que nos cálculos efetuados pelos dois processos, obtém-se resultados da mesma ordem de grandeza e rácios inferiores à unidade.

### 3ª Análise - Verificação da Deformação

Na Tabela 2.81 é feita a comparação entre a deformação máxima para a combinação condicionante do Estado Limite de Utilização e a deformação máxima admissível de  $L/300$ .

**Tabela 2.81** – Flechas na Viga 1.4

$\delta$ [m] (retirado do "SAP2000")	$\delta_{admissivel}$ [m] $L/300$	Rácio $\frac{\delta}{\delta_{admissivel}}$	Observação
0.000026	$3.5/300 = 0.012$	0.002	OK

## 2.7. Estados Limites de Utilização

### 2.7.1. Deslocamentos Horizontais

De forma a verificar os Estados Limites de Utilização na estrutura, analisaram-se os deslocamentos dos pórticos com maiores deformadas nas direções x e y, que correspondem respetivamente aos pórticos A e 5.

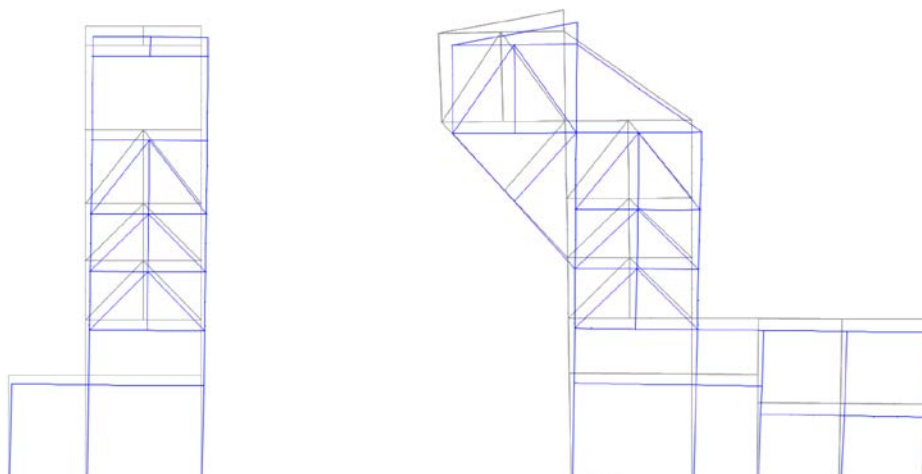


Figura 2.53 – Deformadas dos Pórtico A e 5

Consideraram-se as combinações características dos Estados Limites de Utilização para a determinação das flechas, tendo-se respeitado os valores limites recomendados no EC3 para os deslocamentos horizontais nas colunas de edifícios de vários pisos, que são os seguintes:

- Entre pisos  $\delta_{adm} \leq h/300$
- Na estrutura globalmente  $\delta_{adm} \leq h_0/500$

Em que:

$h$  Distância entre pisos [m];

$h_0$  Altura da estrutura [m].

Nas Tabelas 2.82 e 2.84 indicam-se os valores dos deslocamentos calculados para os pórticos analisados.

**Tabela 2.82** – Deslocamentos Horizontais na Estrutura Globalmente

	$h_0$ [m]	$\delta_{topo}$ [cm]	$\delta_{adm}$ [cm]	Observações
Pórtico A	27.65	2.42	5.54	OK
Pórtico 5	27.65	2.45	5.54	OK

**Tabela 2.83** – Deslocamentos Horizontais entre Pisos na direção X (Pórtico A)

	$h$ [m]	$\delta_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\delta_{adm}$ [cm]	Observações
Entre os Pisos 3 e 4	3.6	0.21	1.20	OK
Entre os Pisos 4 e 5	3.5	0.18	1.17	OK
Entre os Pisos 5 e 6	4.5	0.17	1.50	OK
Entre o Piso 6 e Cobertura	5.1	0.30	1.70	OK

**Tabela 2.84** – Deslocamentos Horizontais entre Pisos na direção Y (Pórtico 5)

	$h$ [m]	$\delta_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\delta_{adm}$ [cm]	Observações
Entre os Pisos 3 e 4	3.6	0.13	1.20	OK
Entre os Pisos 4 e 5	3.5	0.22	1.17	OK
Entre os Pisos 5 e 6	4.5	0.26	1.50	OK
Entre o Piso 6 e Cobertura	5.1	0.23	1.70	OK

**Conclusão:** Nas Tabelas anteriores verifica-se que os deslocamentos horizontais nos pórticos analisados são inferiores às condições impostas pelo Dono de Obra.

### 2.7.2. Deslocamentos Verticais

Determinaram-se os deslocamentos máximos verticais das vigas interiores de todos os pisos, e compararam-se com os valores máximos admissíveis definidos no EC3 a seguir indicados.

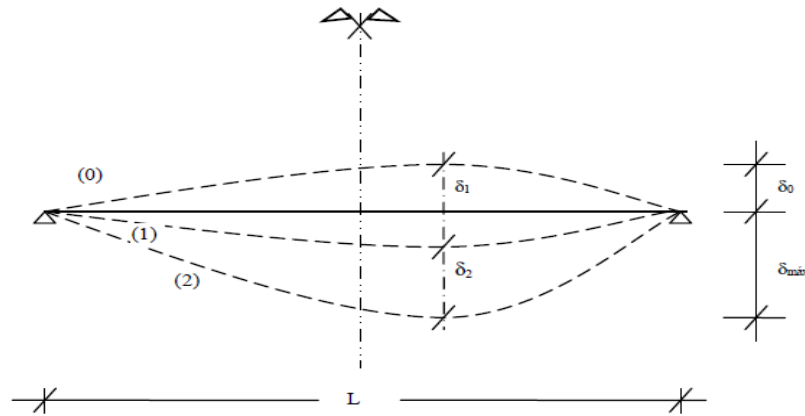


Figura 2.54 – Deslocamentos Verticais

Os deslocamentos verticais foram calculados no "SAP2000" e verificados pela expressão 2.5 para a Combinação Característica imposta pelo Dono de Obra.

$$\delta_{m\acute{a}x} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0 \quad (2.5)$$

Em que:

- $\delta_{m\acute{a}x}$  Flecha no estado final relativamente à linha reta que une os apoios;
- $\delta_0$  Contra flecha da viga no estado não carregado, (estado "0");
- $\delta_1$  Variação da flecha da viga devida às ações permanentes imediatamente após a sua aplicação, (estado "1");
- $\delta_2$  Variação da flecha da viga devida à ação variável de base associada aos valores de combinação das restantes ações variáveis, (estado "2").

Considerou-se de acordo com o EC3, que os deslocamentos não podem ser superiores para a combinação característica, (imposta pelo dono de obra), a:

$$\delta_{adm} \leq L/300 \quad (2.6)$$

Em que:

- $L$  Vão da viga [m]

As Tabelas 2.85, 2.86 e 2.87 indicam os resultados que foram obtidos para as vigas de todos os pisos metálicos.

**Tabela 2.85 – Deslocamentos Verticais nas Vigas do Piso 6**

Vigas	$\delta_{\text{máx}}$ [m]	$\delta_{\text{adm}}$ [cm]	Observações
V9.6	1.00	2.30	OK
V10.6	1.20	2.30	OK
V11.6	1.20	2.30	OK
V12.6	1.20	2.30	OK
V13.6	1.20	2.30	OK
V14.6	1.00	2.30	OK
V15.6	0.80	2.30	OK
V16.6	0.80	2.30	OK
V17.6	0.20	2.30	OK
V18.6	0.20	2.30	OK
V19.6	0.20	2.30	OK
V20.6	0.20	2.30	OK
V21.6	0.20	2.30	OK
V22.6	0.60	2.30	OK

**Tabela 2.86 – Deslocamentos Verticais nas Vigas do Piso 5**

Vigas	$\delta_{\text{máx}}$ [m]	$\delta_{\text{adm}}$ [m]	Observações
V5.5	1.00	2.30	OK
V6.5	1.00	2.30	OK
V7.5	1.00	2.30	OK
V8.5	1.00	2.30	OK
V9.5	1.00	2.30	OK
V10.5	0.90	2.30	OK

**Tabela 2.87 – Deslocamentos Verticais nas Vigas do Piso 4**

Vigas	$\delta_{\text{máx}}$ [m]	$\delta_{\text{adm}}$ [m]	Observações
V5.4	0.30	1.20	OK
V6.4	0.50	1.20	OK
V7.4	0.50	1.20	OK
V8.4	0.50	1.20	OK
V9.4	0.50	1.20	OK
V10.4	0.50	1.20	OK
V11.4	0.10	1.00	OK
V12.4	0.10	1.00	OK
V13.4	0.10	1.00	OK
V14.4	0.10	1.00	OK

### 2.7.3. Observações Finais

Verifica-se que se os pilares HEA 200 e as travessas IPE 360 diminuíssem de inercia, tomando-se por exemplo perfis imediatamente inferiores, HEA 180 para os pilares e IPE 330 para as travessas, que os deslocamentos “se aproximariam” dos máximos definidos pelo Dono de Obra.

A Tabela 2.88 resume o raciocínio realizado.

**Tabela 2.88** – Análise dos deslocamentos globais na estrutura

Perfis Adotados	$I_y$ [cm <sup>4</sup> ]	$I_z$ [cm <sup>4</sup> ]	Deslocamentos Globais Iniciais		Perfis Novos	$I_y$ [cm <sup>4</sup> ]	$I_z$ [cm <sup>4</sup> ]	Proporção das Inercias		Deslocamentos Globais Finais		$\delta_{adm}$ [cm]
			$\delta_x$ [cm]	$\delta_y$ [cm]				y	z	$\delta_x$ [cm]	$\delta_y$ [cm]	
HE 200 A	3692	1336	2.42	2.45	HE 180 A	2510	924.6	1.47	1.44	3.56	3.54	5.54
HE 200 A	3692	1336	2.42	2.45	HE 160 A	1673	615.6	2.21	2.17	5.34	5.32	5.54

**Conclusão:** Optaram-se pelos perfis considerados neste projeto, dada a natureza do Edifício do tipo industrial, onde é frequente ao longo da vida útil proceder a modificações de exploração, que passam pela introdução de novos equipamento e/ou substituição por outros (muitas vezes mais pesados), e também pela alteração dos valores das sobrecargas.

## 2.8. Ligações Metálicas

Juntam-se alguns elementos que foram utilizados no dimensionamento das ligações metálicas.

### 2.8.1. Ligações Soldadas

As ligações soldadas podem ser dimensionadas segundo a expressão da NP EN 1993-1-8 já referenciada na Memória Descritiva.

Os ábacos da Figura 2.55 permitem de um modo fácil proceder ao dimensionamento dos cordões de angulo das soldaduras em função dos esforços instalados.

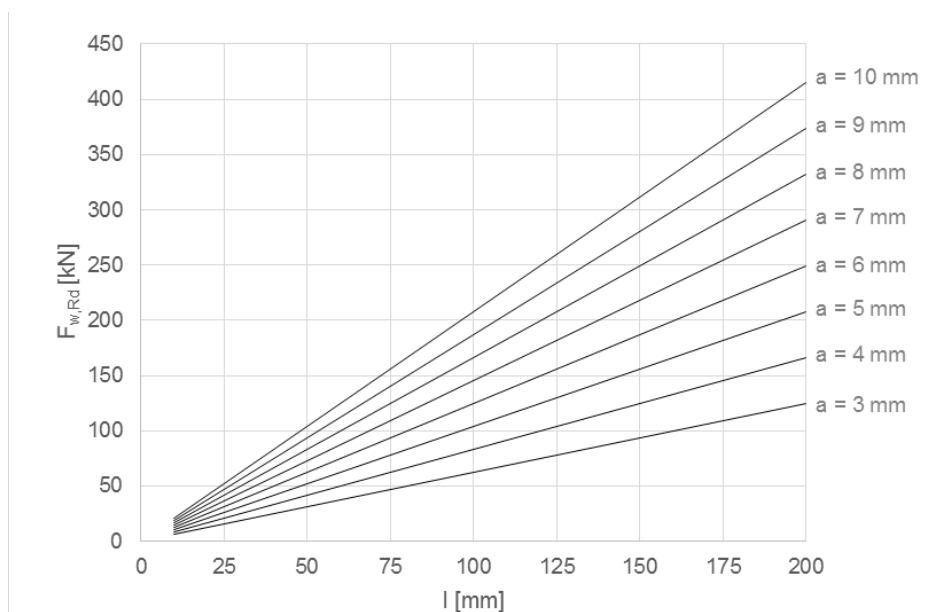


Figura 2.55 – Ábacos de dimensionamento de cordões de soldaduras em Aço S235 JR

### 2.8.2. Ligações Aparafusadas

Neste projeto foram dimensionadas algumas ligações aparafusadas a partir do "*Robot Structural Analysis Professional*".

Dentro dos diferentes nós aparafusados da estrutura escolheram-se alguns de diferentes tipos.

Os resultados obtidos estão indicados de um modo resumido para as ligações aparafusadas analisadas nos pontos seguintes.

### 2.8.2.1. Ligação da Base do Pilar P2 à Viga de Betão Armado

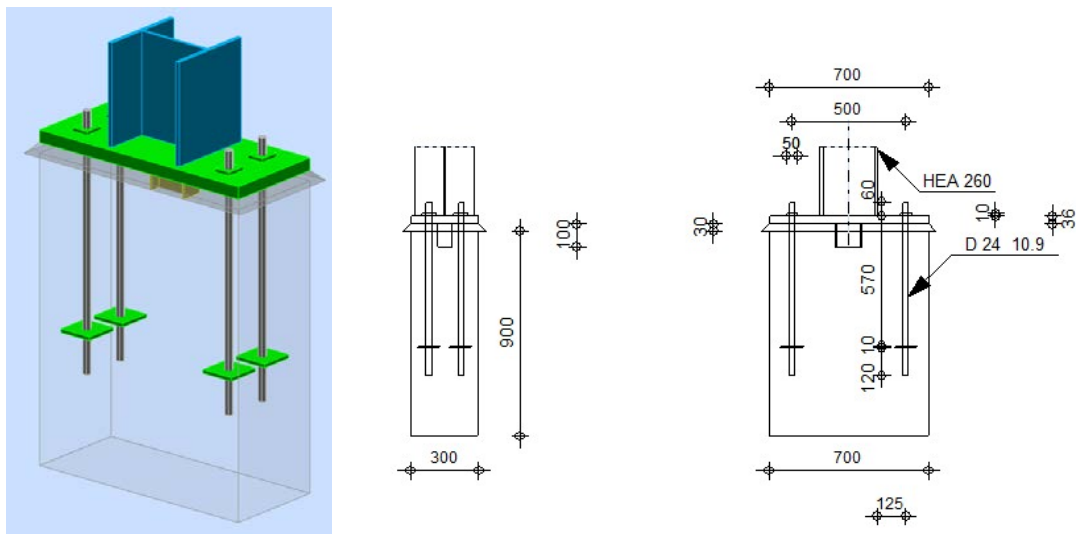


Figura 2.56 – Vista 3D e Pormenores da Ligação de Encastramento do Pilar P2

## RESULTADOS

### CONTROLE DE RESISTÊNCIA DA CONEXÃO

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24)	$0.28 < 1.00$	verificado	(0.28)
$M_{j,Rd,y} = 56.38$ [kN*m] Resistência da conexão à flexão			[6.2.8.3]
$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23)	$0.45 < 1.00$	verificado	(0.45)
$M_{j,Rd,z} = 16.60$ [kN*m] Resistência da conexão à flexão			[6.2.8.3]
$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ (6.23)	$0.54 < 1.00$	verificado	(0.54)
$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$	$1.00 < 1.00$	verificado	(1.00)

### 2.8.2.2. Ligação de Pilar P1'-Travessa Cobertura 2

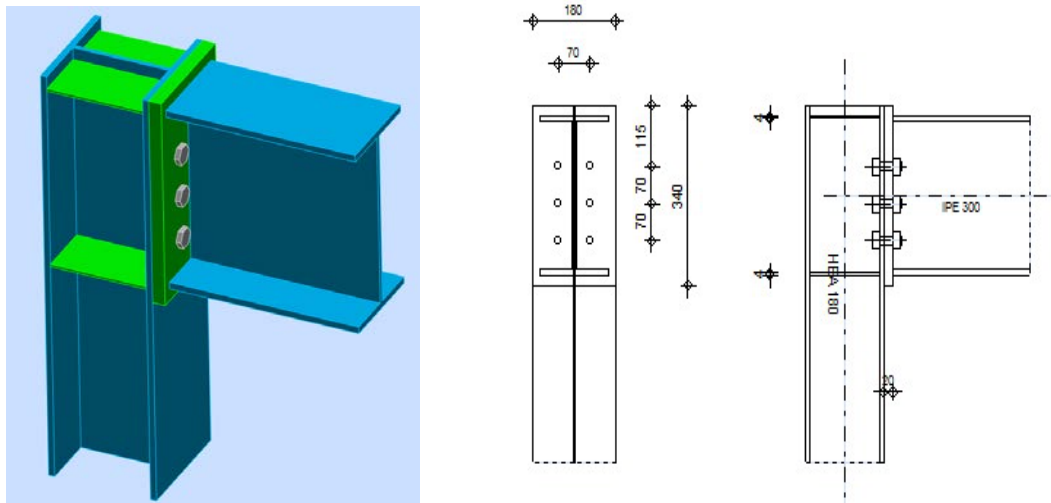


Figura 2.57 – Vista 3D e Pormenores da Ligação Pilar-Travessa

## RESULTADOS

### RESISTÊNCIAS DA VIGA

$N_{tb,Rd} = 1264.58$	[kN]	Resistência do projeto da seção à tração	EN1993-1-1:[6.2.3]
$V_{cb,Rd} = 348.44$	[kN]	Resistência do projeto da seção ao cisalhamento	EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]
$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$		0.01 < 1.00	verificado (0.01)
$M_{b,pl,Rd} = 147.67$	[kN*m]	Resistência plástica da seção em flexão (sem enrijecedores)	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{cb,Rd} = 147.67$	[kN*m]	Resistência do projeto da seção em flexão	EN1993-1-1:[6.2.5]
$F_{c,fb,Rd} = 510.45$	[kN]	Resistência da mesa e da alma comprimidas	[6.2.6.7.(1)]

### RESISTÊNCIAS DA COLUNA

$V_{wp,Ed} = 73.19$	[kN]	Força de cisalhamento no painel da alma	[5.3.(3)]
$V_{wp,Rd} = 184.30$	[kN]	Resistência do painel da alma do pilar em cisalhamento	[6.2.6.1]
$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$		0.40 < 1.00	verificado (0.40)
$F_{c,wc,Rd} = 314.08$	[kN]	Resistência da alma do pilar	[6.2.6.2.(1)]

### 2.8.2.3. Ligação da Travessa do Pórtico V6.6-Viga Interior V8.6

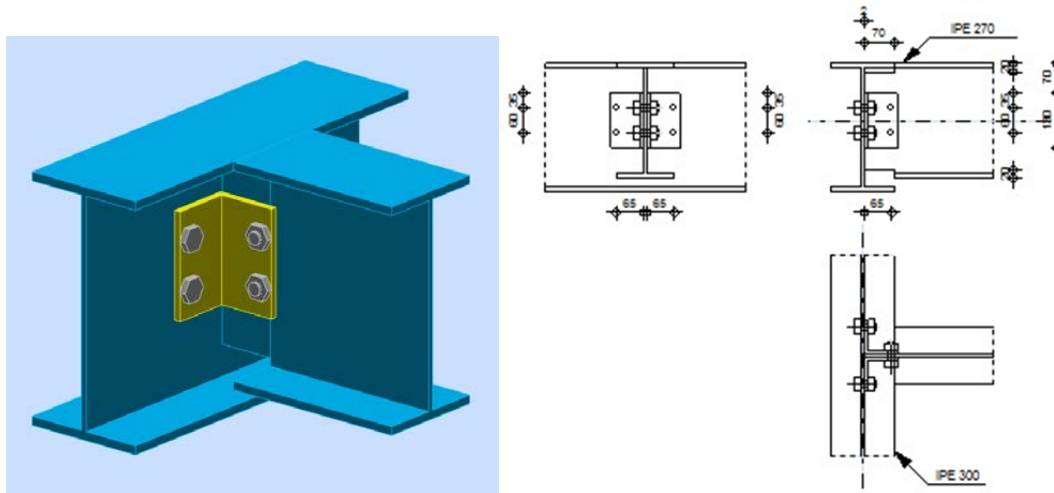


Figura 2.58 – Vista 3D e Pormenores da Ligação Travessa-Viga Interior

## RESULTADOS

### PARAFUSOS CONECTANDO O ÂNGULO À VIGA PRINCIPAL

#### FORÇAS ATUANTES EM PARAFUSOS NA CONEXÃO DA VIGA PRINCIPAL COM O ÂNGULO

$F_{x,Ed} =$	11.95	[kN]	Força total do projeto em um parafuso na direção x	
$F_{z,Ed} =$	5.25	[kN]	Força de projeto total em um parafuso na direção z	
$F_{Ed} =$	13.05	[kN]	Força de cisalhamento resultante no parafuso	
$F_{Rdx} =$	25.60	[kN]	Capacidade do projeto efetivo de um parafuso	[Tabela 3.4]
$F_{Rdz} =$	15.13	[kN]	Capacidade do projeto efetivo de um parafuso	[Tabela 3.4]
$F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	11.95	<	25.60	verificado (0.47)
$F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	5.25	<	15.13	verificado (0.35)
$F_{Ed} \leq F_{vRd}$	13.05	<	38.60	verificado (0.34)

#### Tração do parafuso

$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$	12.00	<	45.22	verificado (0.27)
--------------------------	-------	---	-------	-------------------

#### Ação simultânea de uma força de tração e uma força de cisalhamento no parafuso

$F_{v,Ed} =$	13.05	[kN]	Força de cisalhamento resultante no parafuso	$F_{v,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} + F_{t,Ed}/(1.4 \cdot F_{t,Rd}) \leq 1.0$	0.53	<	1.00	verificado (0.53)

No ANEXO III juntam-se os relatórios detalhados dos dimensionamentos realizados para estes nós.

## 3. Dimensionamento das Estruturas em Betão Armado

Os elementos de betão armado foram dimensionados com base nos esforços dos ficheiros de resultados do "SAP2000", e o dimensionamento das armaduras calculadas em Tabelas em "Excel" e também com recurso ao software "GaLa Reinforcement".

### 3.1. Vigas

No cálculo dos momentos fletores  $M_{33}$  e dos esforços transversos  $V_{22}$  das vigas, utilizou-se o sistema de eixos locais indicado na Figura 3.1.

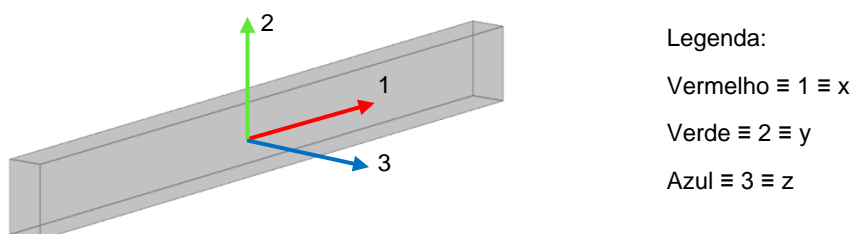


Figura 3.1 – Eixos locais dos Elementos Barra

A geometria das vigas do Edifício indicadas na Tabela 3.1 basearam-se nos critérios de pré-dimensionamento definidos na Memória Descritiva.

Tabela 3.1 – Geometria das Vigas do Edifício

Vigas	Identificação	b [m]	h [m]
Piso 1	V3.1; V4.1; V5.1; V6.1; V7.1; V8.1; V9.1; V10.1; V11.1; V12.1; V13.1;	0.30	0.60
Piso 2	V1.2; V2.2; V9.2; V10.2; V11.2	0.30	0.60
Piso 3	V1.3; V2.3; V3.3; V4.3; V5.3; V6.3; V7.3; V8.3; V9.3; V10.3; V11.3; V12.3; V13.3	0.30	0.60
Navete de Carregamento	VNAV1.1; VNAV2.1; VNAV3.1; VNAV4.1; VNAV5.1; VNAV6.1;	0.30	0.70
Vigas de reforço do perímetro da abertura do Piso 3	VA1.3; VA2.3; VA3.3; VA4.3	0.45	0.50
Vigas de Fundação	VF1; VF2; VF3; VF9; VF10; VF11	0.40	1.00

### 3.1.1. Dimensionamento Orgânico

Os esforços utilizados para o cálculo das armaduras das vigas, são os resultantes das envoltentes de cálculo mais desfavoráveis para os Estados Limites Últimos de flexão e de esforço transversal.

#### 3.1.1.1. Vigas do Piso 1

Nas Figuras 3.2 e 3.3 estão identificadas as Vigas que constituem as estruturas do Piso 1 e as Envoltentes Máximas dos Esforços de Cálculo dos Momentos Fletores. Na Tabela 3.2 indica-se o dimensionamento das armaduras de flexão.

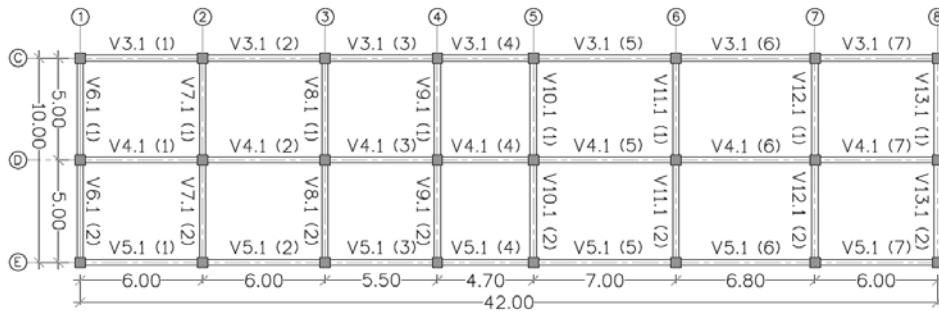


Figura 3.2 – Planta de Identificação das Vigas do Piso 1

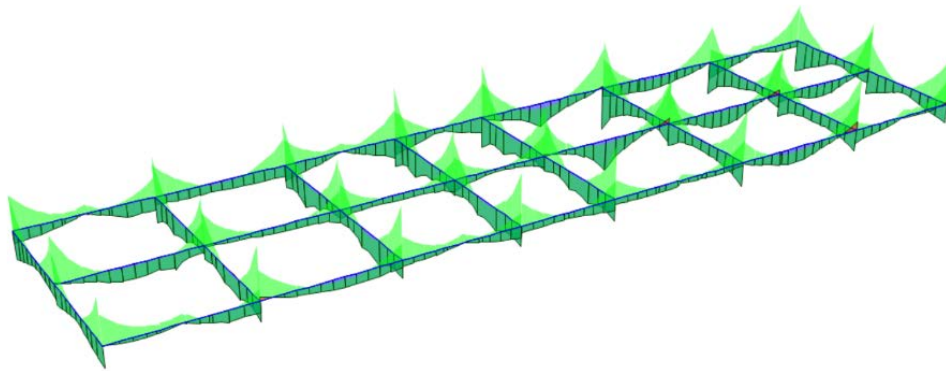


Figura 3.3 – Diagramas das Envoltentes dos Momentos Fletores  $M_{33}$  das Vigas do Piso 1

**Tabela 3.2 – Cálculo das Armaduras de Flexão das Vigas do Piso 1**

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V3.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-191.2	0.126	0.142	9.0	5φ16	66.1	0.044	0.046	2.9	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-36.7	0.024	0.025	2.2	2φ16	7.5	0.005	0.005	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-108.0	0.071	0.076	4.8	5φ16	74.7	0.049	0.052	3.3	3φ12
V3.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-179.9	0.119	0.133	8.4	5φ16	42.7	0.028	0.029	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	11.7	0.008	0.008	2.2	2φ16	52.1	0.034	0.036	2.3	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-150.1	0.099	0.109	6.9	4φ16	64.3	0.042	0.044	2.8	4φ12
V3.1 (3)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-145.2	0.096	0.105	6.7	4φ16	89.9	0.059	0.063	4.0	4φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-48.8	0.032	0.033	2.2	2φ16	0.5	0.000	0.000	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-165.2	0.109	0.121	7.7	4φ16	117.0	0.077	0.083	5.3	5φ12
V3.1 (4)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-164.4	0.108	0.120	7.6	4φ16	97.3	0.064	0.068	4.3	5φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-2.7	0.002	0.002	2.2	2φ16	27.3	0.018	0.018	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-198.2	0.131	0.148	9.4	5φ16	96.2	0.063	0.067	4.3	4φ12
V3.1 (5)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-209.8	0.138	0.158	10.0	5φ16	8.3	0.005	0.006	2.2	4φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	29.4	0.019	0.020	2.2	2φ16	122.5	0.081	0.087	5.5	5φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-249.5	0.165	0.192	12.1	6φ16	-14.9	0.010	0.010	2.2	3φ12
V3.1 (6)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-184.8	0.122	0.137	8.7	6φ16	54.5	0.036	0.037	2.4	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	17.4	0.011	0.012	2.2	2φ16	79.1	0.052	0.055	3.5	4φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-226.0	0.149	0.171	10.9	6φ16	-2.8	0.002	0.002	2.2	5φ12
V3.1 (7)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-88.6	0.058	0.062	3.9	6φ16	108.3	0.071	0.077	4.9	5φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-37.7	0.025	0.025	2.2	2φ16	9.4	0.006	0.006	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-236.7	0.156	0.181	11.4	6φ16	35.7	0.024	0.024	2.2	3φ12
V4.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-246.2	0.162	0.189	12.0	4φ20	-8.3	0.005	0.006	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	8.3	0.005	0.006	2.2	2φ20	75.7	0.050	0.052	3.3	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-125.7	0.083	0.090	5.7	3φ20	33.9	0.022	0.023	2.2	3φ12
V4.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-169.6	0.112	0.124	7.9	3φ20	9.4	0.006	0.006	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	3.8	0.002	0.002	2.2	2φ20	34.7	0.023	0.023	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-101.3	0.067	0.071	4.5	3φ20	70.2	0.046	0.048	3.1	3φ12

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s, cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V4.1 (3)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-135.7	0.090	0.098	6.2	3φ20	49.4	0.033	0.034	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	3.6	0.002	0.002	2.2	2φ20	34.8	0.023	0.024	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-110.8	0.073	0.078	5.0	3φ20	68.8	0.045	0.047	3.0	3φ12
V4.1 (4)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-125.8	0.083	0.090	5.7	3φ20	68.3	0.045	0.047	3.0	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-3.3	0.002	0.002	2.2	2φ20	14.2	0.009	0.009	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-134.2	0.089	0.096	6.1	3φ20	63.0	0.042	0.043	2.7	3φ12
V4.1 (5)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-185.2	0.122	0.137	8.7	3φ20	-10.9	0.007	0.007	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	18.0	0.012	0.012	2.2	2φ20	146.7	0.097	0.106	6.7	6φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-251.5	0.166	0.193	12.3	4φ20	-29.6	0.020	0.020	2.2	3φ12
V4.1 (6)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-175.8	0.116	0.129	8.2	4φ20	7.6	0.005	0.005	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	11.6	0.008	0.008	2.2	2φ20	97.7	0.064	0.069	4.3	4φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-276.9	0.183	0.216	13.7	5φ20	-28.6	0.019	0.019	2.2	3φ12
V4.1 (7)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-106.4	0.070	0.075	4.8	5φ20	52.6	0.035	0.036	2.3	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	9.9	0.007	0.007	2.2	2φ20	84.1	0.055	0.059	3.7	4φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-304.1	0.201	0.241	15.3	5φ20	-20.6	0.014	0.014	2.2	3φ12
V5.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-152.3	0.100	0.111	7.0	4φ16	-2.9	0.002	0.002	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-34.7	0.023	0.023	2.2	2φ16	5.9	0.004	0.004	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-61.3	0.040	0.042	2.7	4φ16	57.4	0.038	0.039	2.5	4φ10
V5.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-152.5	0.101	0.111	7.0	4φ16	-18.0	0.012	0.012	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	11.1	0.007	0.007	2.2	2φ16	51.6	0.034	0.035	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-86.8	0.057	0.061	3.8	3φ16	36.5	0.024	0.025	2.2	4φ10
V5.1 (3)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-120.6	0.080	0.086	5.4	3φ16	29.9	0.020	0.020	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-49.5	0.033	0.034	2.2	2φ16	-0.4	0.000	0.000	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-74.2	0.049	0.051	3.3	3φ16	64.6	0.043	0.044	2.8	4φ10
V5.1 (4)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-125.9	0.083	0.090	5.7	3φ16	35.4	0.023	0.024	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	7.6	0.005	0.005	2.2	2φ16	32.5	0.021	0.022	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-101.5	0.067	0.071	4.5	3φ16	61.0	0.040	0.042	2.7	4φ10

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores				Armaduras Inferiores					
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s, cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V5.1 (5)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-104.6	0.069	0.074	4.7	3φ16	26.6	0.018	0.018	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-32.6	0.022	0.022	2.2	2φ16	13.3	0.009	0.009	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-129.0	0.085	0.092	5.9	3φ16	14.8	0.010	0.010	2.2	4φ10
V5.1 (6)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-114.2	0.075	0.081	5.1	3φ16	8.5	0.006	0.006	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	18.0	0.012	0.012	2.2	2φ16	81.6	0.054	0.057	3.6	5φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-202.0	0.133	0.151	9.6	5φ16	-48.2	0.032	0.033	2.2	5φ10
V5.1 (7)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-47.1	0.031	0.032	2.2	5φ16	80.1	0.053	0.056	3.5	5φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-39.5	0.026	0.027	2.2	2φ16	5.2	0.003	0.003	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-185.8	0.123	0.138	8.7	5φ16	-19.7	0.013	0.013	2.2	4φ10
V6.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-197.1	0.130	0.147	9.3	3φ20	147.7	0.097	0.107	6.8	4φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	11.4	0.008	0.008	2.2	2φ20	49.8	0.033	0.034	2.2	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-203.9	0.135	0.153	9.7	2φ20+2φ16	74.2	0.049	0.051	3.3	3φ16
V6.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-169.6	0.112	0.124	7.9	2φ20+2φ16	102.9	0.068	0.072	4.6	3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	8.1	0.005	0.005	2.2	2φ20	47.8	0.032	0.033	2.2	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-236.5	0.156	0.180	11.4	4φ20	109.7	0.072	0.078	4.9	3φ16
V7.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-226.1	0.149	0.171	10.9	4φ20	143.1	0.094	0.103	6.5	4φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	9.6	0.006	0.006	2.2	2φ20	82.7	0.055	0.058	3.6	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-243.8	0.161	0.187	11.8	4φ20	48.9	0.032	0.033	2.2	3φ16
V7.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-202.0	0.133	0.151	9.6	4φ20	72.3	0.048	0.050	3.2	3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	11.1	0.007	0.007	2.2	2φ20	90.6	0.060	0.063	4.0	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-274.7	0.181	0.214	13.6	5φ20	104.4	0.069	0.074	4.7	3φ16
V8.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-241.2	0.159	0.184	11.7	4φ20	128.6	0.085	0.092	5.8	4φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	12.2	0.008	0.008	2.2	2φ20	98.7	0.065	0.069	4.4	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-273.0	0.180	0.213	13.5	5φ20	48.6	0.032	0.033	2.2	3φ16
V8.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-231.2	0.153	0.176	11.1	5φ20	63.6	0.042	0.044	2.8	3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	14.6	0.010	0.010	2.2	2φ20	116.2	0.077	0.083	5.2	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-280.3	0.185	0.219	13.9	5φ20	94.2	0.062	0.066	4.2	3φ16

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s, cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
						V9.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-302.1	0.199	0.239	15.1
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	9.5	0.006	0.006	2.2	2φ20	87.6	0.058	0.061	3.9	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-274.9	0.181	0.214	13.6	5φ20	88.2	0.058	0.062	3.9	3φ16
V9.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-224.3	0.148	0.170	10.8	5φ20	82.1	0.054	0.057	3.6	3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	12.2	0.008	0.008	2.2	2φ20	106.9	0.071	0.075	4.8	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-283.7	0.187	0.222	14.1	5φ20	108.5	0.072	0.077	4.9	3φ16
V10.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-309.8	0.204	0.246	15.6	5φ20	184.4	0.122	0.136	8.6	5φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	12.0	0.008	0.008	2.2	2φ20	92.5	0.061	0.065	4.1	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-285.5	0.188	0.224	14.2	5φ20	82.1	0.054	0.057	3.6	3φ16
V10.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-227.3	0.150	0.173	10.9	5φ20	65.2	0.043	0.045	2.8	3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	8.7	0.006	0.006	2.2	2φ20	117.2	0.077	0.083	5.3	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-145.8	0.096	0.105	6.7	3φ20	119.1	0.079	0.085	5.4	3φ16
V11.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-291.4	0.192	0.229	14.5	5φ20	261.3	0.172	0.202	12.8	3φ20+3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	7.0	0.005	0.005	2.2	2φ20	65.2	0.043	0.045	2.8	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-258.5	0.171	0.200	12.6	4φ20	112.5	0.074	0.080	5.1	3φ16
V11.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-188.3	0.124	0.140	8.8	4φ20	134.8	0.089	0.097	6.1	3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	6.1	0.004	0.004	2.2	2φ20	58.0	0.038	0.040	2.5	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-292.2	0.193	0.230	14.6	5φ20	140.9	0.093	0.102	6.4	4φ16
V12.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-227.9	0.150	0.173	11.0	4φ20	203.3	0.134	0.152	9.6	5φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	7.5	0.005	0.005	2.2	2φ20	70.5	0.047	0.049	3.1	4φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-257.4	0.170	0.199	12.6	4φ20	83.1	0.055	0.058	3.7	4φ16
V12.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-189.9	0.125	0.141	8.9	4φ20	137.5	0.091	0.099	6.3	4φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	7.4	0.005	0.005	2.2	2φ20	65.3	0.043	0.045	2.8	4φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-305.6	0.202	0.242	15.4	5φ20	127.2	0.084	0.091	5.8	4φ16
V13.1 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-205.3	0.135	0.154	9.7	4φ20	204.6	0.135	0.153	9.7	5φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	12.9	0.008	0.009	2.2	2φ20	54.8	0.036	0.038	2.4	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-254.0	0.168	0.196	12.4	4φ20	79.5	0.052	0.055	3.5	4φ16
V13.1 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-176.9	0.117	0.130	8.3	4φ20	146.5	0.097	0.106	6.7	4φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	7.6	0.005	0.005	2.2	2φ20	47.2	0.031	0.032	2.2	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-295.0	0.195	0.233	14.7	5φ20	117.0	0.077	0.083	5.3	3φ16

Na Figura 3.4 está representada as envolventes máximas de cálculo dos esforços transversos e na Tabela 3.3 o dimensionamento das armaduras de corte.

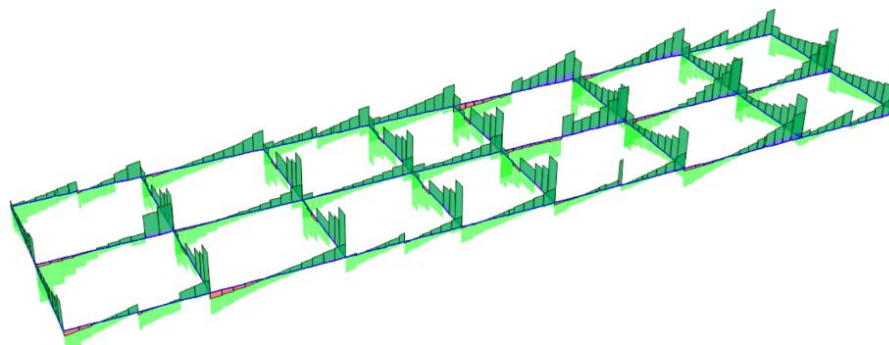


Figura 3.4 – Diagramas das Envolventes dos Esforços Transversos  $V_{22}$  das Vigas do Piso 1

Tabela 3.3 – Cálculo das Armaduras de Esforço Transverso das Vigas do Piso 1

Vigas	Secções	$V_{Ed}$ [kN]	$b_w$ [m]	$z$ [m]	$v_l$	$V_{Rd,Máx}$ [kN]	$s_{l,máx}$ [m]	$\rho_{w,min}$	$(A_{sw/s})_{Min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$(A_{sw/s})$ [cm <sup>2</sup> /m]	$(A_{sw/s})_{Máx}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$(A_{sw/s})_{Cal}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	$(A_{sw/s})_{Ramo}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V3.1 (1)	Ap. Esq.	131.79	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.12	31.10	6.12	2	3.1	φ8//0.15
	1/2 vão	102.31	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.75	31.10	4.75	2	2.4	φ8//0.20
	Ap. Dir.	97.97	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.55	31.10	4.55	2	2.3	φ8//0.20
V3.1 (2)	Ap. Esq.	132.87	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.17	31.10	6.17	2	3.1	φ8//0.125
	1/2 vão	35.60	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.65	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	116.19	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.40	31.10	5.40	2	2.7	φ8//0.175
V3.1 (3)	Ap. Esq.	102.93	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.78	31.10	4.78	2	2.4	φ8//0.20
	1/2 vão	80.61	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.74	31.10	3.74	2	1.9	φ8//0.25
	Ap. Dir.	121.93	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.66	31.10	5.66	2	2.8	φ8//0.175

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>i</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	s <sub>l,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V3.1 (4)	Ap. Esq.	116.70	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.42	31.10	5.42	2	2.7	φ8//0.175
	1/2 vão	62.19	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.89	31.10	2.89	2	1.4	φ8//0.25
	Ap. Dir.	140.16	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.51	31.10	6.51	2	3.3	φ8//0.15
V3.1 (5)	Ap. Esq.	164.37	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.63	31.10	7.63	2	3.8	φ8//0.125
	1/2 vão	79.81	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.71	31.10	3.71	2	1.9	φ8//0.25
	Ap. Dir.	191.83	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.91	31.10	8.91	2	4.5	φ8//0.10
V3.1 (6)	Ap. Esq.	147.23	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.84	31.10	6.84	2	3.4	φ8//0.125
	1/2 vão	39.29	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.82	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	177.85	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.26	31.10	8.26	2	4.1	φ8//0.10
V3.1 (7)	Ap. Esq.	77.98	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.62	31.10	3.62	2	1.8	φ8//0.20
	1/2 vão	47.78	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.22	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	173.92	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.08	31.10	8.08	2	4.0	φ8//0.125
V4.1 (1)	Ap. Esq.	223.41	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.38	31.10	10.38	2	5.2	φ10//0.15
	1/2 vão	19.73	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.92	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	161.73	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.51	31.10	7.51	2	3.8	φ8//0.125
V4.1 (2)	Ap. Esq.	147.38	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.84	31.10	6.84	2	3.4	φ8//0.15
	1/2 vão	23.78	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.10	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	91.04	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.23	31.10	4.23	2	2.1	φ8//0.20
V4.1 (3)	Ap. Esq.	115.58	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.37	31.10	5.37	2	2.7	φ8//0.175
	1/2 vão	25.20	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.17	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	98.39	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.57	31.10	4.57	2	2.3	φ8//0.20
V4.1 (4)	Ap. Esq.	102.60	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.76	31.10	4.76	2	2.4	φ8//0.20
	1/2 vão	34.25	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.59	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	106.85	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.96	31.10	4.96	2	2.5	φ8//0.20
V4.1 (5)	Ap. Esq.	170.77	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.93	31.10	7.93	2	4.0	φ8//0.125
	1/2 vão	126.63	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.88	31.10	5.88	2	2.9	φ8//0.175
	Ap. Dir.	224.75	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.44	31.10	10.44	2	5.2	φ10//0.15

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>i</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	s <sub>l,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V4.1 (6)	Ap. Esq.	175.46	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.15	31.10	8.15	2	4.1	φ8//0.10
	1/2 vão	23.71	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.10	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	235.60	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.94	31.10	10.94	2	5.5	φ10//0.125
V4.1 (7)	Ap. Esq.	122.69	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.70	31.10	5.70	2	2.8	φ8//0.175
	1/2 vão	41.41	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.92	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	281.72	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	13.08	31.10	13.08	2	6.5	φ10//0.10
V5.1 (1)	Ap. Esq.	121.43	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.64	31.10	5.64	2	2.8	φ8//0.125
	1/2 vão	102.03	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.74	31.10	4.74	2	2.4	φ8//0.175
	Ap. Dir.	73.15	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.40	31.10	3.40	2	1.7	φ8//0.125
V5.1 (2)	Ap. Esq.	126.26	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.86	31.10	5.86	2	2.9	φ8//0.15
	1/2 vão	28.04	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.30	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	79.34	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.68	31.10	3.68	2	1.8	φ8//0.25
V5.1 (3)	Ap. Esq.	90.23	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.19	31.10	4.19	2	2.1	φ8//0.20
	1/2 vão	76.10	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.53	31.10	3.53	2	1.8	φ8//0.25
	Ap. Dir.	62.38	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.90	31.10	2.90	2	1.4	φ8//0.25
V5.1 (4)	Ap. Esq.	98.60	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.58	31.10	4.58	2	2.3	φ8//0.20
	1/2 vão	35.71	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.66	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	84.29	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.91	31.10	3.91	2	2.0	φ8//0.25
V5.1 (5)	Ap. Esq.	81.27	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.77	31.10	3.77	2	1.9	φ8//0.25
	1/2 vão	155.24	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.21	31.10	7.21	2	3.6	φ8//0.125
	Ap. Dir.	99.37	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.61	31.10	4.61	2	2.3	φ8//0.20
V5.1 (6)	Ap. Esq.	121.73	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.65	31.10	5.65	2	2.8	φ8//0.175
	1/2 vão	30.47	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.42	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	168.70	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.83	31.10	7.83	2	3.9	φ8//0.125
V5.1 (7)	Ap. Esq.	52.51	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.44	31.10	2.44	2	1.2	φ8//0.25
	1/2 vão	31.54	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.46	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	150.57	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.99	31.10	6.99	2	3.5	φ8//0.125

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>i</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	s <sub>l,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V6.1 (1)	Ap. Esq.	142.15	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.60	31.10	6.60	2	3.3	φ8//0.15
	1/2 vão	63.63	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.96	31.10	2.96	2	1.5	φ8//0.25
	Ap. Dir.	149.02	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.92	31.10	6.92	2	3.5	φ8//0.125
V6.1 (2)	Ap. Esq.	129.51	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.01	31.10	6.01	2	3.0	φ8//0.15
	1/2 vão	63.06	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.93	31.10	2.93	2	1.5	φ8//0.25
	Ap. Dir.	164.21	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.63	31.10	7.63	2	3.8	φ8//0.125
V7.1 (1)	Ap. Esq.	185.61	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.62	31.10	8.62	2	4.3	φ10//0.175
	1/2 vão	69.79	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.24	31.10	3.24	2	1.6	φ8//0.25
	Ap. Dir.	212.20	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.86	31.10	9.86	2	4.9	φ10//0.15
V7.1 (2)	Ap. Esq.	181.06	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.41	31.10	8.41	2	4.2	φ10//0.175
	1/2 vão	58.87	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.73	31.10	2.73	2	1.4	φ8//0.25
	Ap. Dir.	225.03	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.45	31.10	10.45	2	5.2	φ10//0.15
V8.1 (1)	Ap. Esq.	210.43	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.77	31.10	9.77	2	4.9	φ10//0.15
	1/2 vão	96.52	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.48	31.10	4.48	2	2.2	φ8//0.20
	Ap. Dir.	243.46	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	11.31	31.10	11.31	2	5.7	φ10//0.125
V8.1 (2)	Ap. Esq.	217.02	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.08	31.10	10.08	2	5.0	φ10//0.15
	1/2 vão	76.64	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.56	31.10	3.56	2	1.8	φ8//0.25
	Ap. Dir.	243.13	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	11.29	31.10	11.29	2	5.6	φ10//0.125
V9.1 (1)	Ap. Esq.	232.65	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.80	31.10	10.80	2	5.4	φ10//0.125
	1/2 vão	99.55	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.62	31.10	4.62	2	2.3	φ8//0.20
	Ap. Dir.	226.66	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.53	31.10	10.53	2	5.3	φ10//0.125
V9.1 (2)	Ap. Esq.	202.89	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.42	31.10	9.42	2	4.7	φ10//0.15
	1/2 vão	74.62	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.47	31.10	3.47	2	1.7	φ8//0.25
	Ap. Dir.	236.93	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	11.00	31.10	11.00	2	5.5	φ10//0.125
V10.1 (1)	Ap. Esq.	243.27	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	11.30	31.10	11.30	2	5.6	φ10//0.125
	1/2 vão	97.88	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.55	31.10	4.55	2	2.3	φ8//0.20
	Ap. Dir.	240.88	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	11.19	31.10	11.19	2	5.6	φ10//0.125

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>i</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	s <sub>l,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V10.1 (2)	Ap. Esq.	200.55	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.31	31.10	9.31	2	4.7	φ10//0.15
	1/2 vão	78.22	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.63	31.10	3.63	2	1.8	φ8//0.25
	Ap. Dir.	238.27	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	11.07	31.10	11.07	2	5.5	φ10//0.125
V11.1 (1)	Ap. Esq.	225.70	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.48	31.10	10.48	2	5.2	φ10//0.15
	1/2 vão	81.35	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.78	31.10	3.78	2	1.9	φ8//0.25
	Ap. Dir.	208.02	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.66	31.10	9.66	2	4.8	φ10//0.15
V11.1 (2)	Ap. Esq.	159.02	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.39	31.10	7.39	2	3.7	φ8//0.125
	1/2 vão	64.32	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.99	31.10	2.99	2	1.5	φ8//0.25
	Ap. Dir.	225.20	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.46	31.10	10.46	2	5.2	φ10//0.15
V12.1 (1)	Ap. Esq.	184.09	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.55	31.10	8.55	2	4.3	φ10//0.175
	1/2 vão	74.77	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.47	31.10	3.47	2	1.7	φ8//0.25
	Ap. Dir.	212.50	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.87	31.10	9.87	2	4.9	φ10//0.15
V12.1 (2)	Ap. Esq.	160.27	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.44	31.10	7.44	2	3.7	φ8//0.125
	1/2 vão	68.06	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.16	31.10	3.16	2	1.6	φ8//0.25
	Ap. Dir.	243.44	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	11.31	31.10	11.31	2	5.7	φ10//0.125
V13.1 (1)	Ap. Esq.	146.21	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.79	31.10	6.79	2	3.4	φ8//0.15
	1/2 vão	83.78	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.89	31.10	3.89	2	1.9	φ8//0.25
	Ap. Dir.	176.74	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.21	31.10	8.21	2	4.1	φ10//0.175
V13.1 (2)	Ap. Esq.	133.00	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.18	31.10	6.18	2	3.1	φ8//0.15
	1/2 vão	82.47	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.83	31.10	3.83	2	1.9	φ8//0.25
	Ap. Dir.	194.50	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.03	31.10	9.03	2	4.5	φ10//0.175

**Nota:** Foram considerados os valores de  $\alpha_{cw} = 1$  e  $\theta = 45^\circ$  no cálculo das armaduras de Esforço Transverso.

### 3.1.1.2. Vigas do Piso 2

Nas Figuras 3.5 e 3.6 estão identificadas as Vigas que constituem as estruturas do Piso 2 e as envolventes máximas dos esforços de cálculo dos momentos fletores. Na

Tabela 3.4 indica-se o dimensionamento das armaduras de flexão.

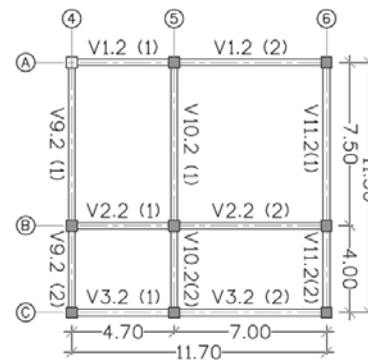


Figura 3.5 – Planta de Identificação das Vigas do Piso 2

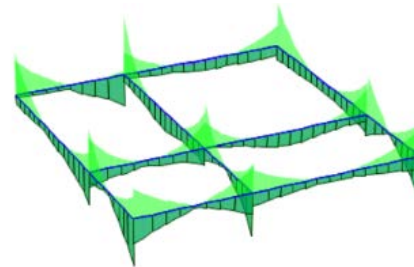


Figura 3.6 – Diagramas das Envoltórias dos Momentos Fletores  $M_{33}$  das Vigas do Piso 2

Tabela 3.4 – Cálculo das Armaduras de Flexão das Vigas do Piso 2

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s, cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V1.2 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-288.4	0.190	0.226	14.3	5φ20	20.0	0.013	0.013	2.2	3φ20
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	0.6	0.000	0.000	2.2	2φ20	37.2	0.025	0.025	2.2	3φ20
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-27.7	0.018	0.019	2.2	2φ20+2φ16	269.5	0.178	0.209	13.3	5φ20
V1.2 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-178.0	0.117	0.131	8.3	2φ20+2φ16	28.1	0.019	0.019	2.2	5φ20
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	21.4	0.014	0.014	2.2	2φ20	88.8	0.059	0.062	3.9	3φ20
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-176.2	0.116	0.130	8.2	3φ20	79.8	0.053	0.055	3.5	3φ20
V2.2 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-257.9	0.170	0.199	12.6	4φ20	115.7	0.076	0.082	5.2	3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	8.8	0.006	0.006	2.2	2φ20	40.9	0.027	0.028	2.2	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-192.6	0.127	0.143	9.1	4φ20	126.9	0.084	0.091	5.8	3φ16
V2.2 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-206.4	0.136	0.155	9.8	4φ20	-2.9	0.002	0.002	2.2	3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	7.7	0.005	0.005	2.2	2φ20	110.7	0.073	0.078	5.0	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-205.6	0.136	0.154	9.8	4φ20	45.9	0.030	0.031	2.2	3φ16
V3.2 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-216.1	0.143	0.163	10.3	5φ16	186.9	0.123	0.139	8.8	5φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-1.8	0.001	0.001	2.2	2φ16	18.3	0.012	0.012	2.2	2φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-194.1	0.128	0.144	9.2	5φ16	160.3	0.106	0.117	7.4	4φ16
V3.2 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-166.7	0.110	0.122	7.7	5φ16	100.4	0.066	0.071	4.5	4φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	1.7	0.001	0.001	2.2	2φ16	41.3	0.027	0.028	2.2	2φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-213.6	0.141	0.161	10.2	5φ16	104.2	0.069	0.073	4.7	3φ16
V9.2 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-346.1	0.228	0.281	17.8	6φ20	75.6	0.050	0.052	3.3	3φ20
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.2	0.003	0.003	2.2	2φ20	77.4	0.051	0.054	3.4	3φ20
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-142.8	0.094	0.103	6.5	6φ20	250.7	0.165	0.193	12.2	4φ20
V9.2 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-324.9	0.214	0.260	16.5	6φ20	77.3	0.051	0.054	3.4	4φ20
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	0.0	0.000	0.000	2.2	2φ20	16.5	0.011	0.011	2.2	3φ20
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-159.4	0.105	0.116	7.4	3φ20	349.5	0.231	0.284	18.0	6φ20
V10.2 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-458.0	0.302	0.394	24.9	8φ20	60.1	0.040	0.041	2.6	3φ20
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	21.5	0.014	0.014	2.2	2φ20	142.6	0.094	0.103	6.5	3φ20
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-286.3	0.189	0.225	14.2	6φ20	132.4	0.087	0.095	6.0	3φ20

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V10.2 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-342.5	0.226	0.277	17.6	6φ20	97.8	0.065	0.069	4.4	3φ20
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-10.5	0.007	0.007	2.2	2φ20	12.3	0.008	0.008	2.2	3φ20
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-215.7	0.142	0.163	10.3	4φ20	327.8	0.216	0.263	16.7	6φ20
V11.2 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-347.0	0.229	0.281	17.8	6φ20	117.4	0.077	0.083	5.3	3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	20.3	0.013	0.014	2.2	2φ20	82.4	0.054	0.057	3.6	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-254.0	0.168	0.196	12.4	6φ20	136.7	0.090	0.098	6.2	4φ16
V11.2 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-296.2	0.195	0.234	14.8	6φ20	167.9	0.111	0.123	7.8	4φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-5.7	0.004	0.004	2.2	2φ20	13.4	0.009	0.009	2.2	3φ16
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-274.2	0.181	0.214	13.5	5φ20	287.4	0.190	0.226	14.3	3φ20+3φ16

Na Figura 3.7 estão representadas as envolturas máximas de cálculo dos esforços transversos e na Tabela 3.5 o dimensionamento das armaduras de corte.

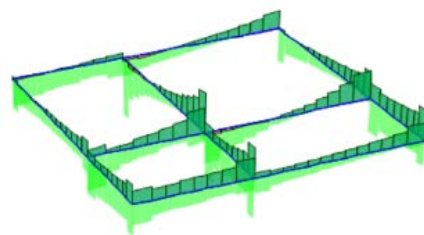


Figura 3.7 – Diagramas das Envolturas dos Esforços Transversos V<sub>22</sub> das Vigas do Piso 2

**Tabela 3.5 – Cálculo das Armaduras de Esforço Transverso das Vigas do Piso 2**

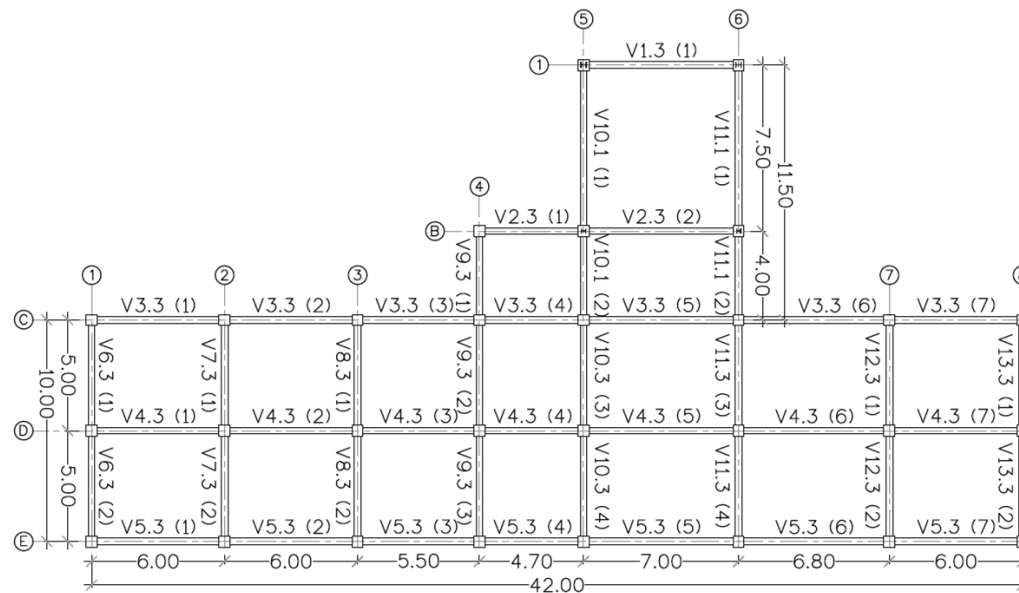
Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>i</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	S <sub>l,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V1.2 (1)	Ap. Esq.	193.48	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.99	31.10	8.99	2	4.5	φ10//0.175
	1/2 vão	117.99	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.48	31.10	5.48	2	2.7	φ8//0.175
	Ap. Dir.	117.74	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.47	31.10	5.47	2	2.7	φ8//0.175
V1.2 (2)	Ap. Esq.	123.20	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.72	31.10	5.72	2	2.9	φ8//0.15
	1/2 vão	31.87	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.48	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	121.73	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.65	31.10	5.65	2	2.8	φ8//0.175
V2.2 (1)	Ap. Esq.	212.70	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.88	31.10	9.88	2	4.9	φ10//0.15
	1/2 vão	67.54	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.14	31.10	3.14	2	1.6	φ8//0.25
	Ap. Dir.	157.03	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.29	31.10	7.29	2	3.6	φ8//0.125
V2.2 (2)	Ap. Esq.	193.92	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.01	31.10	9.01	2	4.5	φ10//0.175
	1/2 vão	27.02	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.25	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	176.45	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.19	31.10	8.19	2	4.1	φ10//0.175
V3.2 (1)	Ap. Esq.	123.80	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.75	31.10	5.75	2	2.9	φ8//0.175
	1/2 vão	81.23	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.77	31.10	3.77	2	1.9	φ8//0.25
	Ap. Dir.	121.55	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.65	31.10	5.65	2	2.8	φ8//0.175
V3.2 (2)	Ap. Esq.	96.57	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.48	31.10	4.48	2	2.2	φ8//0.20
	1/2 vão	42.84	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.99	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	112.41	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.22	31.10	5.22	2	2.6	φ8//0.175
V9.2 (1)	Ap. Esq.	198.74	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.23	31.10	9.23	2	4.6	φ10//0.15
	1/2 vão	69.15	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.21	31.10	3.21	2	1.6	φ8//0.25
	Ap. Dir.	100.12	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.65	31.10	4.65	2	2.3	φ8//0.20
V9.2 (2)	Ap. Esq.	230.15	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.69	31.10	10.69	2	5.3	φ10//0.125
	1/2 vão	156.77	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.28	31.10	7.28	2	3.6	φ8//0.125
	Ap. Dir.	191.84	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.91	31.10	8.91	2	4.5	φ10//0.175
V10.2 (1)	Ap. Esq.	379.13	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	17.61	31.10	17.61	2	8.8	φ12//0.125
	1/2 vão	50.77	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.36	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	248.31	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	11.53	31.10	11.53	2	5.8	φ10//0.125

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>i</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	s <sub>l,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	N <sup>o</sup> Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V10.2 (2)	Ap. Esq.	269.78	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	12.53	31.10	12.53	2	6.3	φ10//0.125
	1/2 vão	134.94	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.27	31.10	6.27	2	3.1	φ8//0.15
	Ap. Dir.	246.95	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	11.47	31.10	11.47	2	5.7	φ10//0.125
V11.2 (1)	Ap. Esq.	217.57	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.10	31.10	10.10	2	5.1	φ10//0.15
	1/2 vão	52.75	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.45	31.10	2.45	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	169.61	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.88	31.10	7.88	2	3.9	φ8//0.125
V11.2 (2)	Ap. Esq.	210.55	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	9.78	31.10	9.78	2	4.9	φ10//0.15
	1/2 vão	135.35	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.29	31.10	6.29	2	3.1	φ8//0.15
	Ap. Dir.	189.89	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.82	31.10	8.82	2	4.4	φ10//0.175

**Nota:** Foram considerados os valores de  $\alpha_{cw}=1$  e  $\theta=45^\circ$  no cálculo das armaduras de Esforço Transverso.

### 3.1.1.3. Lajes do Piso 3

Nas Figuras 3.8 e 3.9 estão identificadas as Vigas que constituem as estruturas do Piso 3 e as envolventes máximas dos esforços de cálculo dos momentos fletores. Na Tabela 3.6 indicam-se os principais parâmetros referentes ao dimensionamento das armaduras de flexão das vigas.



**Figura 3.8** – Planta de Identificação das Vigas do Piso 3

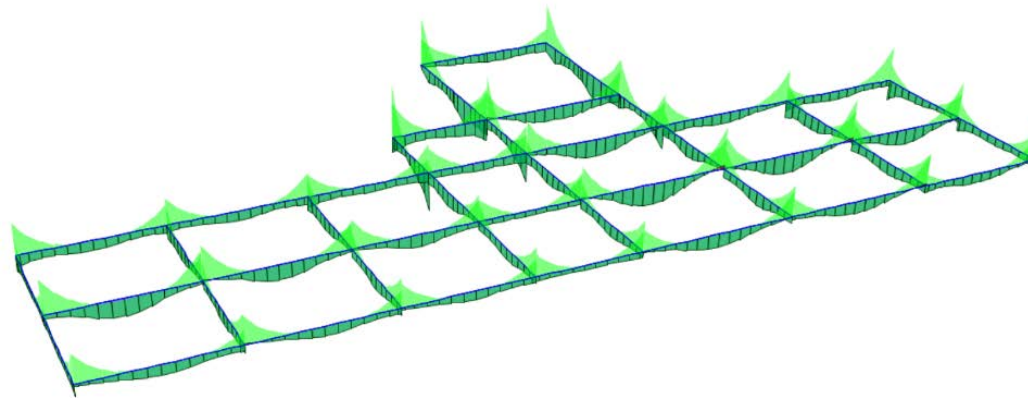


Figura 3.9 – Diagramas das Envolventes dos Momentos Fletores  $M_{33}$  das Vigas do Piso 3

Tabela 3.6 – Cálculo das Armaduras de Flexão das Vigas do Piso 3

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,máx}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						$M_{Ed,y Sup}$ [kN.m/m]	$\mu$	$\omega$	$A_{s,cal}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	$M_{Ed,y Inf}$ [kN.m/m]	$\mu$	$\omega$	$A_{s, cal}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V1.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-144.3	0.095	0.104	6.6	6 $\phi$ 12	8.0	0.005	0.005	2.2	3 $\phi$ 10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-5.9	0.004	0.004	2.2	2 $\phi$ 12	50.6	0.033	0.034	2.2	3 $\phi$ 10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-80.8	0.053	0.056	3.6	4 $\phi$ 12	43.6	0.029	0.030	2.2	3 $\phi$ 10
V2.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-170.4	0.112	0.125	7.9	4 $\phi$ 16	74.0	0.049	0.051	3.2	3 $\phi$ 12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.7	0.003	0.003	2.2	2 $\phi$ 16	48.6	0.032	0.033	2.2	3 $\phi$ 12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-146.3	0.097	0.106	6.7	4 $\phi$ 16	110.8	0.073	0.078	5.0	5 $\phi$ 12
V2.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-135.8	0.090	0.098	6.2	4 $\phi$ 16	-13.6	0.009	0.009	2.2	5 $\phi$ 12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.2	0.003	0.003	2.2	2 $\phi$ 16	65.4	0.043	0.045	2.9	3 $\phi$ 12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-131.2	0.087	0.094	6.0	3 $\phi$ 16	35.5	0.023	0.024	2.2	3 $\phi$ 12
V3.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-144.0	0.095	0.104	6.6	6 $\phi$ 12	55.3	0.036	0.038	2.4	4 $\phi$ 10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.8	0.002	0.002	2.2	2 $\phi$ 12	46.2	0.030	0.031	2.2	4 $\phi$ 10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-94.0	0.062	0.066	4.2	5 $\phi$ 12	37.6	0.025	0.025	2.2	4 $\phi$ 10

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V3.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-125.2	0.083	0.089	5.7	5φ12	30.2	0.020	0.020	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.3	0.001	0.001	2.2	2φ12	44.6	0.029	0.030	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-109.0	0.072	0.077	4.9	5φ12	36.4	0.024	0.025	2.2	4φ10
V3.3 (3)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-110.8	0.073	0.078	5.0	5φ12	49.5	0.033	0.034	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	1.9	0.001	0.001	2.2	2φ12	36.3	0.024	0.024	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-139.1	0.092	0.100	6.3	6φ12	44.3	0.029	0.030	2.2	4φ10
V3.3 (4)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-116.5	0.077	0.083	5.2	6φ12	26.7	0.018	0.018	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.6	0.003	0.003	2.2	2φ12	39.1	0.026	0.026	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-135.1	0.089	0.097	6.2	6φ12	48.0	0.032	0.033	2.2	4φ10
V3.3 (5)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-150.0	0.099	0.109	6.9	6φ12	12.0	0.008	0.008	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	6.5	0.004	0.004	2.2	2φ12	85.9	0.057	0.060	3.8	5φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-155.3	0.102	0.113	7.2	7φ12	1.0	0.001	0.001	2.2	4φ10
V3.3 (6)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-126.4	0.083	0.090	5.7	7φ12	49.4	0.033	0.034	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.7	0.002	0.002	2.2	2φ12	48.6	0.032	0.033	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-156.3	0.103	0.114	7.2	7φ12	12.4	0.008	0.008	2.2	4φ10
V3.3 (7)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-70.1	0.046	0.048	3.1	7φ12	53.8	0.036	0.037	2.3	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.7	0.002	0.002	2.2	2φ12	45.0	0.030	0.031	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-175.3	0.116	0.129	8.2	7φ12	30.7	0.020	0.021	2.2	4φ10
V4.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-151.1	0.100	0.110	6.9	4φ16	14.2	0.009	0.009	2.2	3φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	5.9	0.004	0.004	2.2	2φ16	78.4	0.052	0.054	3.4	5φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-129.7	0.086	0.093	5.9	4φ16	8.4	0.006	0.006	2.2	3φ10
V4.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-155.9	0.103	0.113	7.2	4φ16	-6.6	0.004	0.004	2.2	3φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.9	0.003	0.003	2.2	2φ16	68.1	0.045	0.047	3.0	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-119.1	0.079	0.085	5.4	3φ16	9.9	0.007	0.007	2.2	3φ10
V4.3 (3)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-131.6	0.087	0.094	6.0	3φ16	5.9	0.004	0.004	2.2	3φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.0	0.003	0.003	2.2	2φ16	56.5	0.037	0.039	2.4	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-98.7	0.065	0.069	4.4	3φ16	20.4	0.013	0.014	2.2	3φ10

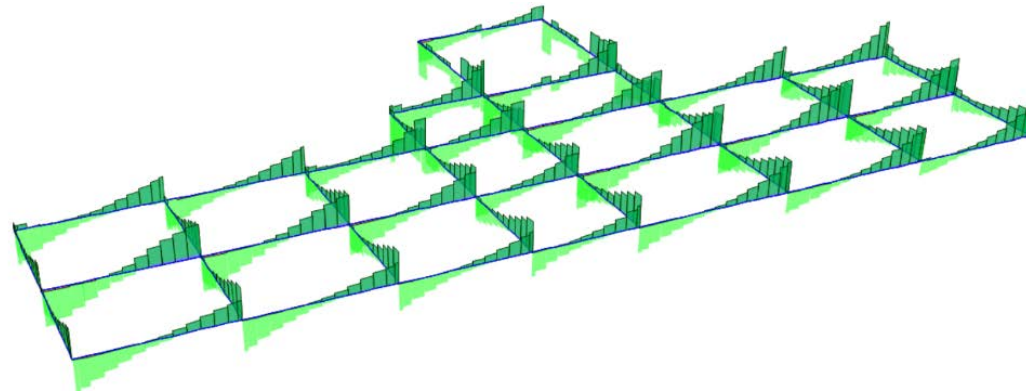
Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V4.3 (4)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-98.3	0.065	0.069	4.4	3φ16	24.5	0.016	0.016	2.2	3φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	1.6	0.001	0.001	2.2	2φ16	25.0	0.016	0.017	2.2	3φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-103.0	0.068	0.073	4.6	4φ16	23.7	0.016	0.016	2.2	3φ10
V4.3 (5)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-150.0	0.099	0.109	6.9	4φ16	-9.8	0.006	0.006	2.2	3φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	7.4	0.005	0.005	2.2	2φ16	98.4	0.065	0.069	4.4	6φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-198.4	0.131	0.148	9.4	5φ16	-14.2	0.009	0.009	2.2	3φ10
V4.3 (6)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-145.8	0.096	0.105	6.7	5φ16	-4.9	0.003	0.003	2.2	3φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	6.3	0.004	0.004	2.2	2φ16	86.3	0.057	0.060	3.8	5φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-201.4	0.133	0.151	9.5	5φ16	-14.1	0.009	0.009	2.2	3φ10
V4.3 (7)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-107.1	0.071	0.076	4.8	5φ16	22.2	0.015	0.015	2.2	3φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	5.5	0.004	0.004	2.2	2φ16	73.6	0.049	0.051	3.2	5φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-179.7	0.119	0.133	8.4	5φ16	-1.7	0.001	0.001	2.2	3φ10
V5.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-124.1	0.082	0.089	5.6	3φ16	8.2	0.005	0.005	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.8	0.002	0.002	2.2	2φ16	44.0	0.029	0.030	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-60.7	0.040	0.042	2.6	3φ16	25.2	0.017	0.017	2.2	4φ10
V5.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-120.8	0.080	0.086	5.5	3φ16	-5.0	0.003	0.003	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.3	0.002	0.002	2.2	2φ16	42.2	0.028	0.029	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-75.3	0.050	0.052	3.3	3φ16	21.6	0.014	0.014	2.2	4φ10
V5.3 (3)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-103.0	0.068	0.073	4.6	3φ16	8.0	0.005	0.005	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.1	0.001	0.001	2.2	2φ16	39.1	0.026	0.026	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-76.1	0.050	0.053	3.3	3φ16	25.3	0.017	0.017	2.2	4φ10
V5.3 (4)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-99.1	0.065	0.070	4.4	3φ16	19.0	0.013	0.013	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	0.9	0.001	0.001	2.2	2φ16	23.4	0.015	0.016	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-88.3	0.058	0.062	3.9	3φ16	26.6	0.018	0.018	2.2	4φ10
V5.3 (5)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-98.2	0.065	0.069	4.4	3φ16	4.2	0.003	0.003	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	3.6	0.002	0.002	2.2	2φ16	59.6	0.039	0.041	2.6	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-119.7	0.079	0.085	5.4	3φ16	-3.5	0.002	0.002	2.2	4φ10

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V5.3 (6)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-84.1	0.055	0.059	3.7	3φ16	13.5	0.009	0.009	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.8	0.002	0.002	2.2	2φ16	51.5	0.034	0.035	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-146.5	0.097	0.106	6.7	4φ16	-8.4	0.006	0.006	2.2	4φ10
V5.3 (7)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-53.0	0.035	0.036	2.3	4φ16	33.4	0.022	0.023	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.8	0.002	0.002	2.2	2φ16	45.5	0.030	0.031	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-144.1	0.095	0.104	6.6	4φ16	-3.7	0.002	0.002	2.2	4φ10
V6.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-93.9	0.062	0.066	4.2	4φ12	71.9	0.047	0.050	3.1	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	1.9	0.001	0.001	2.2	2φ12	37.9	0.025	0.026	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-98.7	0.065	0.069	4.4	4φ12	26.1	0.017	0.018	2.2	4φ10
V6.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-80.0	0.053	0.056	3.5	4φ12	41.9	0.028	0.028	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.2	0.001	0.001	2.2	2φ12	37.1	0.025	0.025	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-116.3	0.077	0.083	5.2	5φ12	48.5	0.032	0.033	2.2	4φ10
V7.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-97.8	0.065	0.069	4.4	4φ12	64.3	0.042	0.044	2.8	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	3.8	0.003	0.003	2.2	2φ12	59.0	0.039	0.040	2.6	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-119.2	0.079	0.085	5.4	5φ12	16.2	0.011	0.011	2.2	4φ10
V7.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-90.6	0.060	0.063	4.0	5φ12	36.5	0.024	0.025	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.1	0.003	0.003	2.2	2φ12	56.0	0.037	0.038	2.4	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-128.7	0.085	0.092	5.8	5φ12	36.4	0.024	0.025	2.2	4φ10
V8.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-96.5	0.064	0.068	4.3	4φ12	61.5	0.041	0.042	2.7	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	3.6	0.002	0.002	2.2	2φ12	57.9	0.038	0.040	2.5	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-119.9	0.079	0.085	5.4	5φ12	19.0	0.013	0.013	2.2	4φ10
V8.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-88.2	0.058	0.062	3.9	5φ12	37.7	0.025	0.025	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	3.9	0.003	0.003	2.2	2φ12	54.2	0.036	0.037	2.3	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-128.5	0.085	0.092	5.8	5φ12	30.7	0.020	0.021	2.2	4φ10
V9.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-259.0	0.171	0.200	12.7	2φ20+3φ16	59.0	0.039	0.040	2.6	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.1	0.003	0.003	2.2	2φ16	49.3	0.033	0.034	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-60.7	0.040	0.042	2.6	2φ16	185.3	0.122	0.137	8.7	3φ12+3φ16

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V9.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-40.1	0.026	0.027	2.2	2φ16	54.5	0.036	0.037	2.4	3φ12+3φ16
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	3.1	0.002	0.002	2.2	2φ16	66.3	0.044	0.046	2.9	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-123.4	0.081	0.088	5.6	3φ16	15.3	0.010	0.010	2.2	3φ12
V9.3 (3)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-85.3	0.056	0.059	3.8	3φ16	40.3	0.027	0.027	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	3.6	0.002	0.002	2.2	2φ16	50.3	0.033	0.034	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-129.6	0.085	0.093	5.9	3φ16	30.1	0.020	0.020	2.2	3φ12
V10.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-244.8	0.162	0.188	11.9	2φ20+3φ16	27.3	0.018	0.018	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.2	0.003	0.003	2.2	2φ16	72.6	0.048	0.050	3.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-168.9	0.111	0.124	7.8	2φ20+2φ16	77.5	0.051	0.054	3.4	3φ12
V10.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-215.9	0.142	0.163	10.3	2φ20+2φ16	47.0	0.031	0.032	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.7	0.002	0.002	2.2	2φ16	38.4	0.025	0.026	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-89.9	0.059	0.063	4.0	3φ16	141.1	0.093	0.102	6.4	6φ12
V10.3 (3)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-66.6	0.044	0.046	2.9	3φ16	47.1	0.031	0.032	2.2	6φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.4	0.002	0.002	2.2	2φ16	58.7	0.039	0.040	2.5	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-123.7	0.082	0.088	5.6	3φ16	15.8	0.010	0.011	2.2	3φ12
V10.3 (4)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-85.1	0.056	0.059	3.8	3φ16	42.0	0.028	0.028	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.0	0.003	0.003	2.2	2φ16	54.1	0.036	0.037	2.3	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-136.9	0.090	0.099	6.2	4φ16	27.9	0.018	0.019	2.2	3φ12
V11.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-207.1	0.137	0.155	9.8	5φ16	48.5	0.032	0.033	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.0	0.003	0.003	2.2	2φ16	66.9	0.044	0.046	2.9	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-188.1	0.124	0.139	8.8	5φ16	65.8	0.043	0.045	2.9	4φ10
V11.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-176.7	0.117	0.130	8.2	5φ16	72.8	0.048	0.050	3.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	-5.2	0.003	0.003	2.2	2φ16	29.0	0.019	0.019	2.2	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-111.6	0.074	0.079	5.0	3φ16	116.9	0.077	0.083	5.3	2φ12+4φ10
V11.3 (3)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-78.4	0.052	0.054	3.4	3φ16	47.4	0.031	0.032	2.2	2φ12+4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.1	0.001	0.001	2.2	2φ16	64.6	0.043	0.044	2.8	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-137.2	0.091	0.099	6.3	4φ16	7.2	0.005	0.005	2.2	4φ10

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V11.3 (4)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-93.5	0.062	0.065	4.1	4φ16	43.0	0.028	0.029	2.2	4φ10
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.4	0.003	0.003	2.2	2φ16	59.6	0.039	0.041	2.6	4φ10
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-140.9	0.093	0.102	6.4	4φ16	31.8	0.021	0.021	2.2	4φ10
V12.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-90.7	0.060	0.063	4.0	4φ12	86.0	0.057	0.060	3.8	4φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.1	0.003	0.003	2.2	2φ12	62.9	0.041	0.043	2.7	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-146.3	0.097	0.106	6.7	6φ12	11.5	0.008	0.008	2.2	3φ12
V12.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-88.8	0.059	0.062	3.9	6φ12	46.7	0.031	0.032	2.2	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	4.2	0.003	0.003	2.2	2φ12	56.9	0.038	0.039	2.5	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-147.2	0.097	0.107	6.7	6φ12	34.3	0.023	0.023	2.2	3φ12
V13.3 (1)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-89.0	0.059	0.062	3.9	4φ12	105.5	0.070	0.074	4.7	5φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.0	0.001	0.001	2.2	2φ12	39.5	0.026	0.027	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-124.0	0.082	0.089	5.6	5φ12	24.2	0.016	0.016	2.2	3φ12
V13.3 (2)	Ap Esq.	0.60	0.30	2.2	72.0	-77.0	0.051	0.053	3.4	5φ12	65.4	0.043	0.045	2.9	3φ12
	1/2 vão	0.60	0.30	2.2	72.0	2.1	0.001	0.001	2.2	4φ12	36.5	0.024	0.025	2.2	3φ12
	Ap Dir.	0.60	0.30	2.2	72.0	-148.9	0.098	0.108	6.8	6φ12	45.0	0.030	0.031	2.2	3φ12

Na Figura 3.10 está representada as envolturas máximas de cálculo dos esforços transversos e na Tabela 3.7 o dimensionamento das armaduras de Esforço Transverso.



**Figura 3.10** – Diagramas das Envolturas dos Esforços Transversos  $V_{22}$  das Vigas do Piso 3

**Tabela 3.7** – Cálculo das Armaduras de Esforço Transverso das Vigas do Piso 3

Vigas	Secções	$V_{Ed}$ [kN]	$b_w$ [m]	$z$ [m]	$v_l$	$V_{Rd,Máx}$ [kN]	$s_{l,máx}$ [m]	$\rho_{w,min}$	$(A_{sw/s})_{Min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$(A_{sw/s})$ [cm <sup>2</sup> /m]	$(A_{sw/s})_{Máx}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$(A_{sw/s})_{Cal}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	$(A_{sw/s})_{Ramo}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V1.3 (1)	Ap. Esq.	86.81	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.03	31.10	4.03	2	2.0	φ8//0.20
	1/2 vão	41.58	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.93	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	67.80	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.15	31.10	3.15	2	1.6	φ8//0.25
V2.3 (1)	Ap. Esq.	160.03	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.43	31.10	7.43	2	3.7	φ8//0.125
	1/2 vão	38.14	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.77	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	159.11	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.39	31.10	7.39	2	3.7	φ8//0.125
V2.3 (2)	Ap. Esq.	142.80	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.63	31.10	6.63	2	3.3	φ8//0.15
	1/2 vão	39.75	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.85	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	135.77	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.31	31.10	6.31	2	3.2	φ8//0.15

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>I</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	S <sub>I,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V3.3 (1)	Ap. Esq.	138.40	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.43	31.10	6.43	2	3.2	φ8//0.15
	1/2 vão	14.70	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.68	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	100.55	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.67	31.10	4.67	2	2.3	φ8//0.20
V3.3 (2)	Ap. Esq.	124.58	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.79	31.10	5.79	2	2.9	φ8//0.15
	1/2 vão	16.44	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.76	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	111.55	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.18	31.10	5.18	2	2.6	φ8//0.175
V3.3 (3)	Ap. Esq.	103.75	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.82	31.10	4.82	2	2.4	φ8//0.20
	1/2 vão	20.37	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.95	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	133.32	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.19	31.10	6.19	2	3.1	φ8//0.15
V3.3 (4)	Ap. Esq.	114.43	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.31	31.10	5.31	2	2.7	φ8//0.175
	1/2 vão	37.13	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.72	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	124.36	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.78	31.10	5.78	2	2.9	φ8//0.175
V3.3 (5)	Ap. Esq.	137.24	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.37	31.10	6.37	2	3.2	φ8//0.15
	1/2 vão	24.93	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.16	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	140.48	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.52	31.10	6.52	2	3.3	φ8//0.15
V3.3 (6)	Ap. Esq.	122.02	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.67	31.10	5.67	2	2.8	φ8//0.175
	1/2 vão	16.29	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.76	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	142.30	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.61	31.10	6.61	2	3.3	φ8//0.15
V3.3 (7)	Ap. Esq.	76.47	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.55	31.10	3.55	2	1.8	φ8//0.25
	1/2 vão	24.01	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.12	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	166.20	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.72	31.10	7.72	2	3.9	φ8//0.125
V4.3 (1)	Ap. Esq.	141.28	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.56	31.10	6.56	2	3.3	φ8//0.15
	1/2 vão	22.91	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.06	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	125.57	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.83	31.10	5.83	2	2.9	φ8//0.175
V4.3 (2)	Ap. Esq.	141.56	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.57	31.10	6.57	2	3.3	φ8//0.15
	1/2 vão	18.11	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.84	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	117.77	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.47	31.10	5.47	2	2.7	φ8//0.175

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>I</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	S <sub>I,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V4.3 (3)	Ap. Esq.	123.64	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.74	31.10	5.74	2	2.9	φ8//0.175
	1/2 vão	21.54	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.00	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	102.90	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.78	31.10	4.78	2	2.4	φ8//0.20
V4.3 (4)	Ap. Esq.	86.36	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.01	31.10	4.01	2	2.0	φ8//0.20
	1/2 vão	26.57	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.23	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	92.20	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.28	31.10	4.28	2	2.1	φ8//0.20
V4.3 (5)	Ap. Esq.	146.51	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.80	31.10	6.80	2	3.4	φ8//0.125
	1/2 vão	21.57	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.00	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	173.90	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.08	31.10	8.08	2	4.0	φ8//0.125
V4.3 (6)	Ap. Esq.	132.78	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.17	31.10	6.17	2	3.1	φ8//0.15
	1/2 vão	20.44	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.95	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	166.10	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.71	31.10	7.71	2	3.9	φ8//0.125
V4.3 (7)	Ap. Esq.	109.12	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.07	31.10	5.07	2	2.5	φ8//0.20
	1/2 vão	31.58	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.47	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	160.90	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.47	31.10	7.47	2	3.7	φ8//0.125
V5.3 (1)	Ap. Esq.	123.22	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.72	31.10	5.72	2	2.9	φ8//0.15
	1/2 vão	12.57	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.58	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	74.47	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.46	31.10	3.46	2	1.7	φ8//0.25
V5.3 (2)	Ap. Esq.	121.95	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.66	31.10	5.66	2	2.8	φ8//0.175
	1/2 vão	11.91	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.55	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	79.87	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.71	31.10	3.71	2	1.9	φ8//0.25
V5.3 (3)	Ap. Esq.	107.67	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.00	31.10	5.00	2	2.5	φ8//0.20
	1/2 vão	14.77	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.69	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	80.72	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.75	31.10	3.75	2	1.9	φ8//0.25
V5.3 (4)	Ap. Esq.	98.10	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.56	31.10	4.56	2	2.3	φ8//0.20
	1/2 vão	18.31	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.85	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	88.56	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.11	31.10	4.11	2	2.1	φ8//0.20

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>I</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	S <sub>I,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V5.3 (5)	Ap. Esq.	107.20	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.98	31.10	4.98	2	2.5	φ8//0.20
	1/2 vão	10.01	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.47	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	125.83	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.84	31.10	5.84	2	2.9	φ8//0.175
V5.3 (6)	Ap. Esq.	87.53	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.07	31.10	4.07	2	2.0	φ8//0.20
	1/2 vão	13.49	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	0.63	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	139.98	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.50	31.10	6.50	2	3.3	φ8//0.15
V5.3 (7)	Ap. Esq.	63.20	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.94	31.10	2.94	2	1.5	φ8//0.25
	1/2 vão	21.64	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.00	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	139.69	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.49	31.10	6.49	2	3.2	φ8//0.15
V6.3 (1)	Ap. Esq.	95.96	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.46	31.10	4.46	2	2.2	φ8//0.20
	1/2 vão	25.03	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.16	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	102.54	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.76	31.10	4.76	2	2.4	φ8//0.20
V6.3 (2)	Ap. Esq.	88.17	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.09	31.10	4.09	2	2.0	φ8//0.20
	1/2 vão	26.67	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.24	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	111.21	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.16	31.10	5.16	2	2.6	φ8//0.175
V7.3(1)	Ap. Esq.	94.50	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.39	31.10	4.39	2	2.2	φ8//0.20
	1/2 vão	35.57	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.65	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	116.26	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.40	31.10	5.40	2	2.7	φ8//0.175
V7.3 (2)	Ap. Esq.	99.24	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.61	31.10	4.61	2	2.3	φ8//0.20
	1/2 vão	36.91	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.71	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	117.94	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.48	31.10	5.48	2	2.7	φ8//0.175
V8.3 (1)	Ap. Esq.	95.93	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.46	31.10	4.46	2	2.2	φ8//0.20
	1/2 vão	35.25	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.64	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	117.10	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.44	31.10	5.44	2	2.7	φ8//0.175
V8.3 (2)	Ap. Esq.	97.03	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.51	31.10	4.51	2	2.3	φ8//0.20
	1/2 vão	37.04	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.72	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	119.52	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.55	31.10	5.55	2	2.8	φ8//0.175

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>I</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	S <sub>I,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V9.3 (1)	Ap. Esq.	228.90	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	10.63	31.10	10.63	2	5.3	φ10//0.15
	1/2 vão	100.68	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.68	31.10	4.68	2	2.3	φ8//0.20
	Ap. Dir.	114.81	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.33	31.10	5.33	2	2.7	φ8//0.175
V9.3 (2)	Ap. Esq.	65.85	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.06	31.10	3.06	2	1.5	φ8//0.25
	1/2 vão	39.00	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.81	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	119.84	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.57	31.10	5.57	2	2.8	φ8//0.175
V9.3 (3)	Ap. Esq.	92.62	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.30	31.10	4.30	2	2.2	φ8//0.20
	1/2 vão	37.04	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.72	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	117.38	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.45	31.10	5.45	2	2.7	φ8//0.175
V10.3 (1)	Ap. Esq.	167.02	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.76	31.10	7.76	2	3.9	φ8//0.125
	1/2 vão	70.71	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.28	31.10	3.28	2	1.6	φ8//0.25
	Ap. Dir.	150.74	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.00	31.10	7.00	2	3.5	φ8//0.125
V10.3 (2)	Ap. Esq.	191.34	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	8.89	31.10	8.89	2	4.4	φ10//0.175
	1/2 vão	74.93	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.48	31.10	3.48	2	1.7	φ8//0.25
	Ap. Dir.	81.95	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.81	31.10	3.81	2	1.9	φ8//0.25
V10.3 (3)	Ap. Esq.	83.45	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.88	31.10	3.88	2	1.9	φ8//0.25
	1/2 vão	34.48	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.60	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	116.75	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.42	31.10	5.42	2	2.7	φ8//0.175
V10.3 (4)	Ap. Esq.	93.22	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.33	31.10	4.33	2	2.2	φ8//0.20
	1/2 vão	37.85	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.76	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	123.80	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.75	31.10	5.75	2	2.9	φ8//0.15
V11.3 (1)	Ap. Esq.	153.75	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	7.14	31.10	7.14	2	3.6	φ8//0.125
	1/2 vão	65.95	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.06	31.10	3.06	2	1.5	φ8//0.25
	Ap. Dir.	134.31	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.24	31.10	6.24	2	3.1	φ8//0.15
V11.3 (2)	Ap. Esq.	127.36	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.91	31.10	5.91	2	3.0	φ8//0.15
	1/2 vão	60.49	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.81	31.10	2.81	2	1.4	φ8//0.25
	Ap. Dir.	97.36	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.52	31.10	4.52	2	2.3	φ8//0.20

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>i</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	S <sub>I,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
V11.3 (3)	Ap. Esq.	96.23	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.47	31.10	4.47	2	2.2	φ8//0.20
	1/2 vão	36.63	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.70	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	125.24	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.82	31.10	5.82	2	2.9	φ8//0.175
V11.3 (4)	Ap. Esq.	101.38	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.71	31.10	4.71	2	2.4	φ8//0.20
	1/2 vão	38.20	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.77	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	130.19	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.05	31.10	6.05	2	3.0	φ8//0.15
V12.3 (1)	Ap. Esq.	89.85	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.17	31.10	4.17	2	2.1	φ8//0.20
	1/2 vão	44.15	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	2.05	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	137.43	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.38	31.10	6.38	2	3.2	φ8//0.15
V12.3 (2)	Ap. Esq.	96.82	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.50	31.10	4.50	2	2.2	φ8//0.20
	1/2 vão	41.34	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.92	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	134.71	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.26	31.10	6.26	2	3.1	φ8//0.15
V13.3 (1)	Ap. Esq.	86.58	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	4.02	31.10	4.02	2	2.0	φ8//0.20
	1/2 vão	33.21	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.54	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	121.88	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	5.66	31.10	5.66	2	2.8	φ8//0.175
V13.3 (2)	Ap. Esq.	77.71	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	3.61	31.10	3.61	2	1.8	φ8//0.25
	1/2 vão	34.88	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	1.62	31.10	2.40	2	1.2	φ8//0.25
	Ap. Dir.	135.64	0.30	0.50	0.54	669.6	0.41	0.0008	2.40	6.30	31.10	6.30	2	3.1	φ8//0.15

**Nota:** Foram considerados os valores de  $\alpha_{cw} = 1$  e  $\theta = 45^\circ$  no cálculo das armaduras de Esforço Transverso.

### 3.1.1.1. Vigas de Fundação

Nas Figuras 3.11 e 3.12 estão identificadas as Vigas de Fundação e as envolventes máximas dos esforços de cálculo dos momentos fletores e na Tabela 3.8 o dimensionamento das armaduras de flexão.

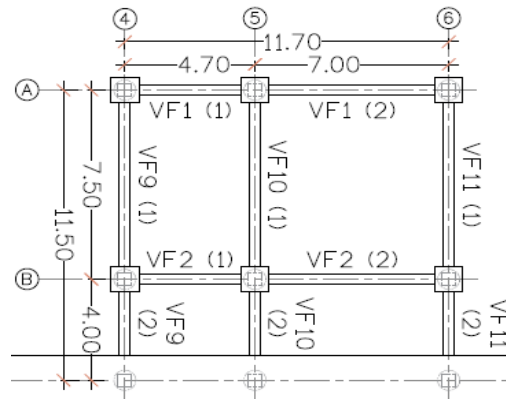


Figura 3.11 – Planta de Identificação das Vigas de Fundação

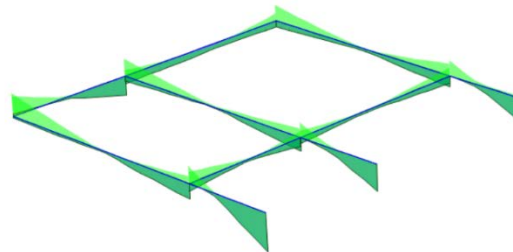


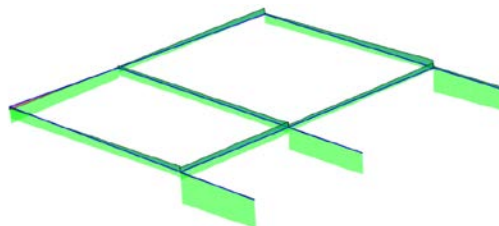
Figura 3.12 – Diagramas das Envolventes dos Momentos Fletores  $M_{33}$  das Vigas de Fundação

**Tabela 3.8 – Cálculo das Armaduras de Flexão das Vigas de Fundação**

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores					Armaduras Inferiores				
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s, cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
VF1 (1)	Ap. Esq.	1.00	0.40	5.1	160.0	-441.3	0.073	0.079	11.5	6φ16	-14.0	0.002	0.002	5.1	2φ25
	1/2 vão	1.00	0.40	5.1	160.0	-28.7	0.005	0.005	5.1	3φ16	236.2	0.039	0.041	5.9	2φ25
	Ap. Dir.	1.00	0.40	5.1	160.0	56.4	0.009	0.009	5.1	3φ16	770.0	0.128	0.144	21.0	5φ25
VF1 (2)	Ap. Esq.	1.00	0.40	5.1	160.0	-83.8	0.014	0.014	5.1	3φ16	549.8	0.091	0.100	14.5	5φ25
	1/2 vão	1.00	0.40	5.1	160.0	75.4	0.013	0.013	5.1	3φ16	410.7	0.068	0.073	10.6	3φ25
	Ap. Dir.	1.00	0.40	5.1	160.0	-190.4	0.032	0.033	5.1	3φ16	303.9	0.050	0.053	7.7	3φ25
VF2 (1)	Ap. Esq.	1.00	0.40	5.1	160.0	-362.8	0.060	0.064	9.3	5φ16	271.2	0.045	0.047	6.9	3φ20
	1/2 vão	1.00	0.40	5.1	160.0	-82.4	0.014	0.014	5.1	3φ16	120.2	0.020	0.020	5.1	3φ20
	Ap. Dir.	1.00	0.40	5.1	160.0	-128.5	0.021	0.022	5.1	3φ16	323.3	0.054	0.056	8.2	3φ20
VF2 (2)	Ap. Esq.	1.00	0.40	5.1	160.0	-183.3	0.030	0.031	5.1	3φ16	243.1	0.040	0.042	6.1	3φ20
	1/2 vão	1.00	0.40	5.1	160.0	-39.0	0.006	0.007	5.1	3φ16	161.7	0.027	0.028	5.1	3φ20
	Ap. Dir.	1.00	0.40	5.1	160.0	-306.9	0.051	0.053	7.8	4φ16	332.2	0.055	0.058	8.5	3φ20
VF9 (1)	Ap. Esq.	1.00	0.40	5.1	160.0	-828.7	0.137	0.156	22.8	5φ25	118.9	0.020	0.020	5.1	4φ25
	1/2 vão	1.00	0.40	5.1	160.0	-32.9	0.005	0.005	5.1	2φ25	63.6	0.011	0.011	5.1	4φ25
	Ap. Dir.	1.00	0.40	5.1	160.0	-290.9	0.048	0.051	7.4	2φ25	580.0	0.096	0.105	15.4	4φ25
VF9 (2)	Ap. Esq.	1.00	0.40	5.1	160.0	-95.1	0.016	0.016	5.1	2φ25	207.5	0.034	0.036	5.2	4φ25
	1/2 vão	1.00	0.40	5.1	160.0	-1.4	0.000	0.000	5.1	2φ25	980.5	0.163	0.189	27.6	6φ25+6φ25
	Ap. Dir.	1.00	0.40	5.1	160.0	-1.4	0.000	0.000	5.1	2φ25	1775.0	0.294	0.381	55.6	6φ25+6φ25
VF10 (1)	Ap. Esq.	1.00	0.40	5.1	160.0	-681.4	0.113	0.126	18.4	4φ25	224.4	0.037	0.039	5.6	5φ20
	1/2 vão	1.00	0.40	5.1	160.0	-136.5	0.023	0.023	5.1	3φ25	62.2	0.010	0.010	5.1	5φ20
	Ap. Dir.	1.00	0.40	5.1	160.0	-461.3	0.077	0.082	12.0	3φ25	568.4	0.094	0.103	15.1	5φ20
VF10 (2)	Ap. Esq.	1.00	0.40	5.1	160.0	-257.0	0.043	0.044	6.5	3φ25	266.7	0.044	0.046	6.7	5φ20
	1/2 vão	1.00	0.40	5.1	160.0	-11.0	0.002	0.002	5.1	2φ25	662.6	0.110	0.122	17.8	6φ20+6φ20
	Ap. Dir.	1.00	0.40	5.1	160.0	-14.4	0.002	0.002	5.1	2φ25	1244.9	0.206	0.249	36.3	6φ20+6φ20

Vigas	Secções	h [m]	b [m]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Superiores				Armaduras Inferiores					
						M <sub>Ed,y Sup</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	M <sub>Ed,y Inf</sub> [kN.m/m]	μ	ω	A <sub>s, cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
VF11 (1)	Ap. Esq.	1.00	0.40	5.1	160.0	-642.3	0.107	0.118	17.2	4φ25	334.1	0.055	0.058	8.5	5φ20
	1/2 vão	1.00	0.40	5.1	160.0	-72.2	0.012	0.012	5.1	3φ25	117.0	0.019	0.020	5.1	5φ20
	Ap. Dir.	1.00	0.40	5.1	160.0	-549.9	0.091	0.100	14.5	3φ25	502.0	0.083	0.090	13.2	5φ20
VF11 (2)	Ap. Esq.	1.00	0.40	5.1	160.0	-344.2	0.057	0.060	8.8	3φ25	231.3	0.038	0.040	5.8	5φ20
	1/2 vão	1.00	0.40	5.1	160.0	-198.5	0.033	0.034	5.1	2φ25	664.7	0.110	0.122	17.9	6φ20+6φ20
	Ap. Dir.	1.00	0.40	5.1	160.0	-161.5	0.027	0.028	5.1	2φ25	1266.3	0.210	0.254	37.1	6φ20+6φ20

Na Figura 3.13 estão representadas as envolventes máximas dos esforços de cálculo dos esforços transversos e na Tabela 3.9 o dimensionamento das armaduras de corte.



**Figura 3.13** – Diagramas das Envolventes dos Esforços Transversos  $V_{22}$  das Vigas de Fundação

**Tabela 3.9** – Cálculo das Armaduras de Esforço Transverso das Vigas de Fundação

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>i</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	S <sub>i,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Calc</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
VF1 (1)	Ap. Esq.	480.65	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	12.92	41.46	12.92	2	6.5	φ10//0.10
	1/2 vão	430.72	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	11.58	41.46	11.58	2	5.8	φ10//0.125
	Ap. Dir.	380.79	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	10.24	41.46	10.24	2	5.1	φ10//0.15

Vigas	Secções	V <sub>Ed</sub> [kN]	b <sub>w</sub> [m]	z [m]	v <sub>I</sub>	V <sub>Rd,Máx</sub> [kN]	S <sub>I,máx</sub> [m]	ρ <sub>w,min</sub>	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Máx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>Calc</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) Ramo [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
VF1 (2)	Ap. Esq.	144.28	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	3.88	41.46	3.88	2	1.9	φ8//0.25
	1/2 vão	130.82	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	3.52	41.46	3.52	2	1.8	φ8//0.25
	Ap. Dir.	202.60	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	5.45	41.46	5.45	2	2.7	φ8//0.175
VF2 (1)	Ap. Esq.	238.47	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	6.41	41.46	6.41	2	3.2	φ8//0.15
	1/2 vão	224.97	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	6.05	41.46	6.05	2	3.0	φ8//0.15
	Ap. Dir.	211.47	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	5.69	41.46	5.69	2	2.8	φ8//0.175
VF2 (2)	Ap. Esq.	125.66	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	3.38	41.46	3.38	2	1.7	φ8//0.25
	1/2 vão	107.56	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	2.89	41.46	3.20	2	1.6	φ8//0.25
	Ap. Dir.	132.55	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	3.56	41.46	3.56	2	1.8	φ8//0.25
VF9 (1)	Ap. Esq.	331.31	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	8.91	41.46	8.91	2	4.5	φ10//0.175
	1/2 vão	249.12	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	6.70	41.46	6.70	2	3.3	φ8//0.15
	Ap. Dir.	180.63	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	4.86	41.46	4.86	2	2.4	φ8//0.20
VF9 (2)	Ap. Esq.	840.01	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	22.59	41.46	22.59	2	11.3	φ12//0.10
	1/2 vão	831.47	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	22.36	41.46	22.36	2	11.2	φ12//0.10
	Ap. Dir.	831.47	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	22.36	41.46	22.36	2	11.2	φ12//0.10
VF10 (1)	Ap. Esq.	252.04	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	6.78	41.46	6.78	2	3.4	φ8//0.15
	1/2 vão	222.05	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	5.97	41.46	5.97	2	3.0	φ8//0.15
	Ap. Dir.	197.06	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	5.30	41.46	5.30	2	2.6	φ8//0.175
VF10 (2)	Ap. Esq.	629.08	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	16.91	41.46	16.91	2	8.5	φ12//0.125
	1/2 vão	615.58	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	16.55	41.46	16.55	2	8.3	φ12//0.125
	Ap. Dir.	602.09	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	16.19	41.46	16.19	2	8.1	φ12//0.125
VF11 (1)	Ap. Esq.	281.87	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	7.58	41.46	7.58	2	3.8	φ10//0.20
	1/2 vão	199.68	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	5.37	41.46	5.37	2	2.7	φ10//0.25
	Ap. Dir.	234.54	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	6.31	41.46	6.31	2	3.2	φ10//0.20
VF11 (2)	Ap. Esq.	709.02	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	19.06	41.46	19.06	2	9.5	φ12//0.10
	1/2 vão	672.03	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	18.07	41.46	18.07	2	9.0	φ12//0.125
	Ap. Dir.	635.05	0.40	0.86	0.54	1542.08	0.71	0.0008	3.20	17.07	41.46	17.07	2	8.5	φ12//0.125

## Armaduras de Pele

Como as vigas de fundação tem uma altura de 1 m e a armadura principal está concentrada apenas numa pequena parte da seção, calcularam-se armaduras de pele para controlar a fendilhação, e assegurar uma resistência adequada ao destacamento do betão de recobrimento nas faces laterais. Segundo a cláusula 7.3.3 (3) do EC2, calcularam-se as áreas das armaduras necessárias, conforme indicado na Tabela 3.10.

**Tabela 3.10** – Cálculo das Armaduras de Pele

Seções	k	$k_c$	$f_{ct,eff}$ [MPa]	$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [MPa]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]
Viga 40 x 100cm	0.5	0.4	2.6	0.2	500	2.08

Adotou-se para as armaduras de pele 5 $\phi$ 8 em cada face.

### 3.1.2. Estados Limites de Utilização

#### 3.1.2.1. Fendilhação

O Estado Limite de Utilização para a Fendilhação é verificado quando as armaduras longitudinais adotadas em vigas cumprem as condições referentes às áreas de armaduras mínimas indicadas no EC2. Para as vigas do Edifício obtiveram-se os resultados da Tabela 3.11.

**Tabela 3.11** – Cálculo das Armaduras Mínimas para controlo de Fendilhação em Vigas

Seções	k	$k_c$	$f_{ct,eff}$ [MPa]	$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [MPa]	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]
Viga 0.30 x 0.60m	1	0.4	2.6	0.09	500	1.87
Viga 0.30 x 0.70m	1	0.4	2.6	0.105	500	2.18
Viga 0.45 x 0.50m	0.9	0.4	2.6	0.1125	500	2.10

**Nota:** Verifica-se em todas vigas do Edifício o Estado Limite de Fendilhação, uma vez que as áreas das armaduras existentes são inferiores às indicadas na Tabela 3.11.

#### 3.1.2.2. Deformação

Os critérios de pré dimensionamento referidos da Memoria Descritiva, aplicados neste projeto, garantem o Estado Limite de Fendilhação em todas as vigas do Edifício.

## 3.2. Lajes

### 3.2.1. Considerações Gerais

As lajes do Edifício de Ensacagem foram modeladas no programa de elementos finitos "SAP2000" a partir de elementos do tipo "shell".

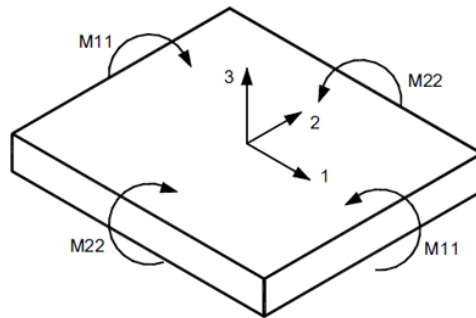


Figura 3.14 – Eixos Locais e Momentos Fletores nas Lajes (9)

Na leitura dos diagramas de esforços nas lajes, há que ter sempre em consideração a orientação dos eixos locais, conforme está indicado na Figura 3.15.

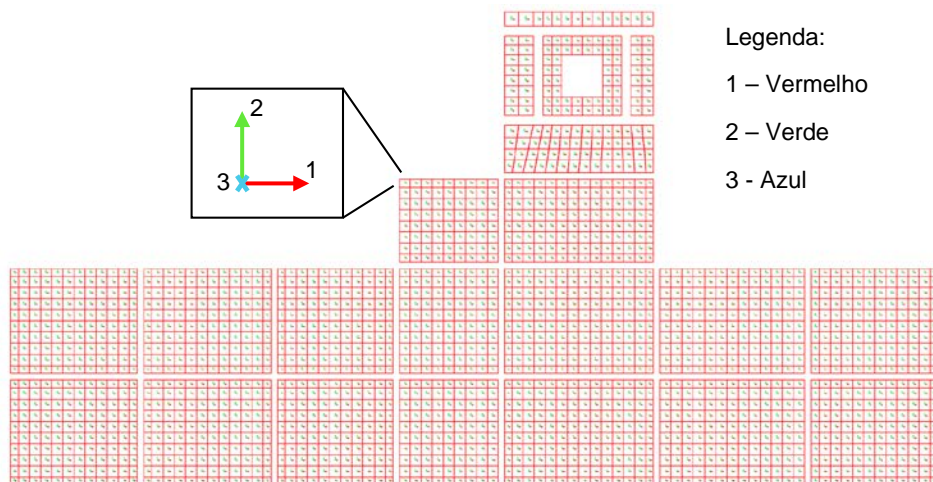


Figura 3.15 – Identificação dos Eixos Locais dos elementos tipo "Shell"

Os momentos máximos e mínimos nas lajes foram calculados com base nos momentos fletores M11 e M22 e combinados com os momentos de torção M12, a partir das seguintes expressões:

$$M_{11} > 0: M_{11_{Ed}} = M_{11} + |M_{12}| \quad (3.1)$$

$$M_{11} < 0: M_{11_{Ed}} = M_{11} - |M_{12}| \quad (3.2)$$

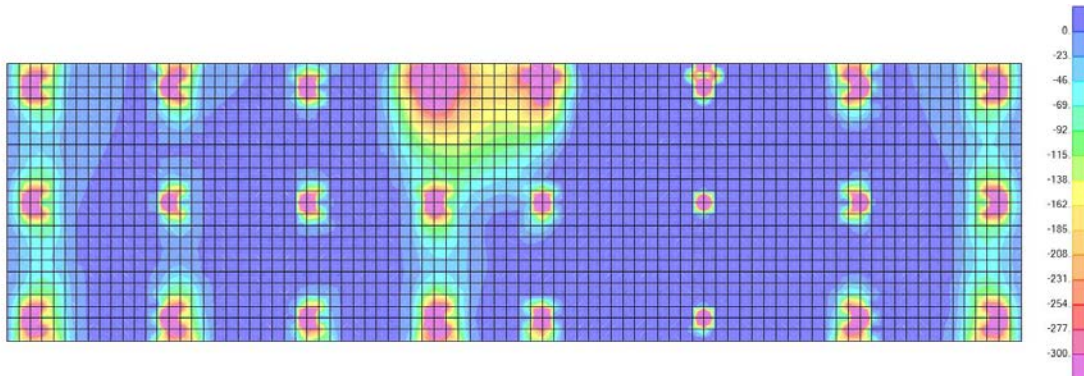
$$M_{22} > 0: M_{22_{Ed}} = M_{22} + |M_{12}| \quad (3.3)$$

$$M_{22} < 0: M_{22_{Ed}} = M_{22} - |M_{12}| \quad (3.4)$$

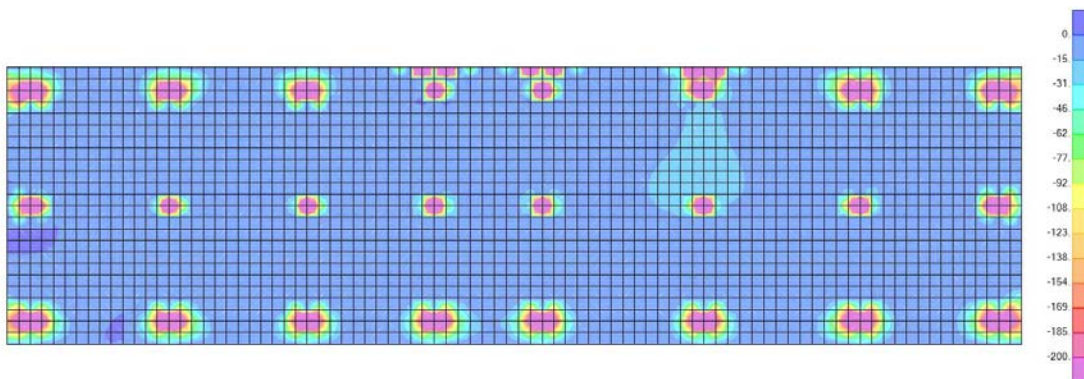
### 3.2.2. Envolvente Máxima de Esforços de Cálculo

#### 3.2.2.1. Laje de Ensoleiramento

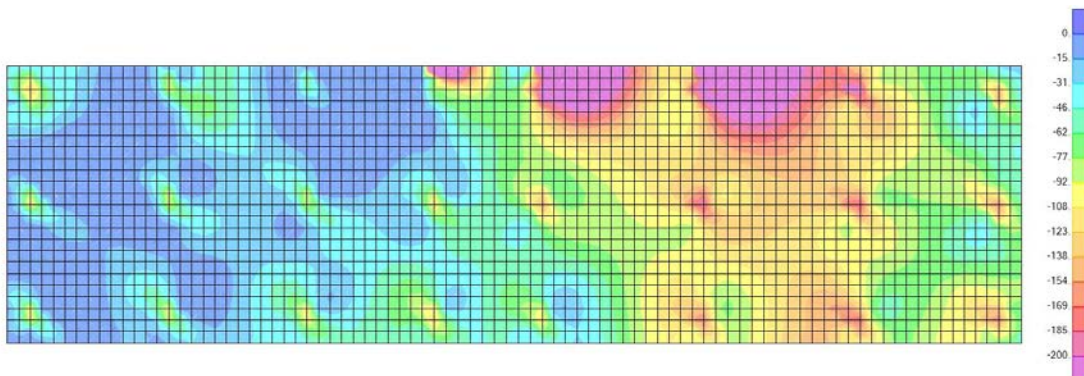
A Laje de Ensoleiramento apoia em 25 estacas e tem uma espessura de 1.5 m. Nas Figuras 3.16 a 3.21 apresentam-se as envolventes mínimas e máximas de todos os esforços de cálculo para os Estados Limites Últimos.



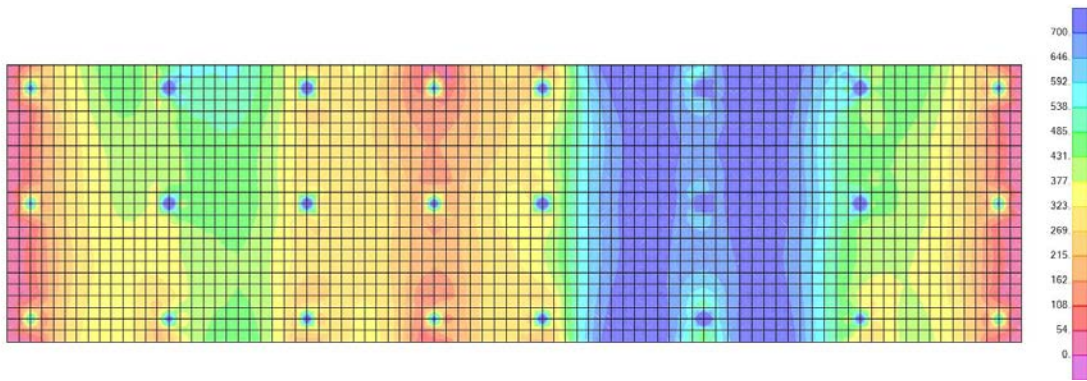
**Figura 3.16** – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



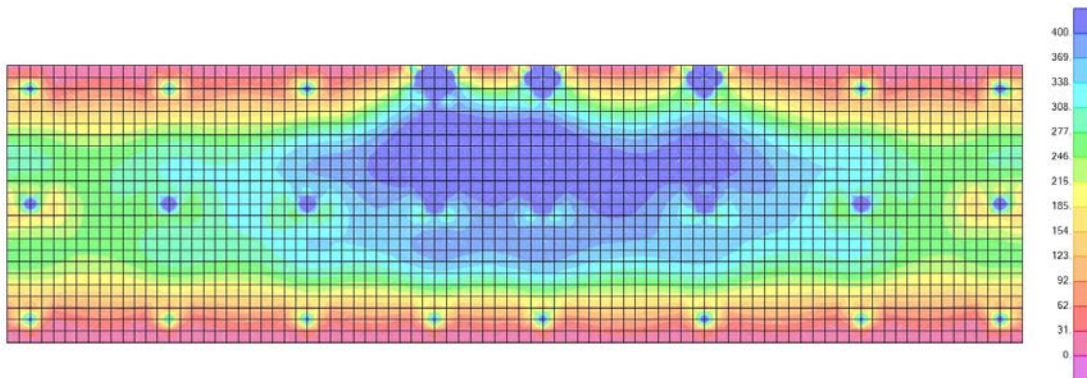
**Figura 3.17** – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



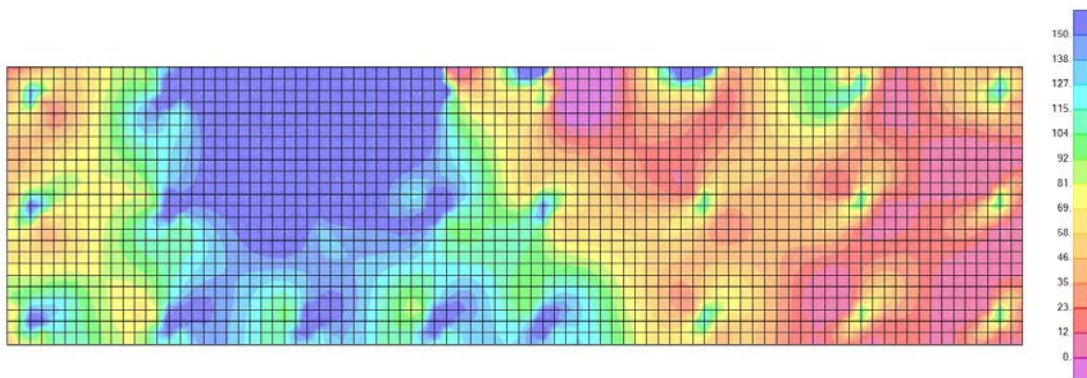
**Figura 3.18** – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



**Figura 3.19** – Envoltura Máxima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Positivos



**Figura 3.20** – Envoltura Máxima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Positivos

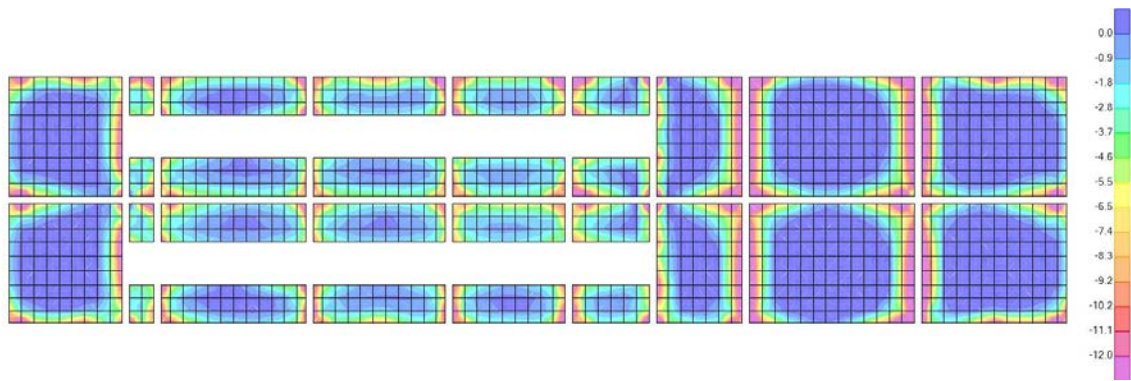


**Figura 3.21** – Envoltura Máxima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Positivos

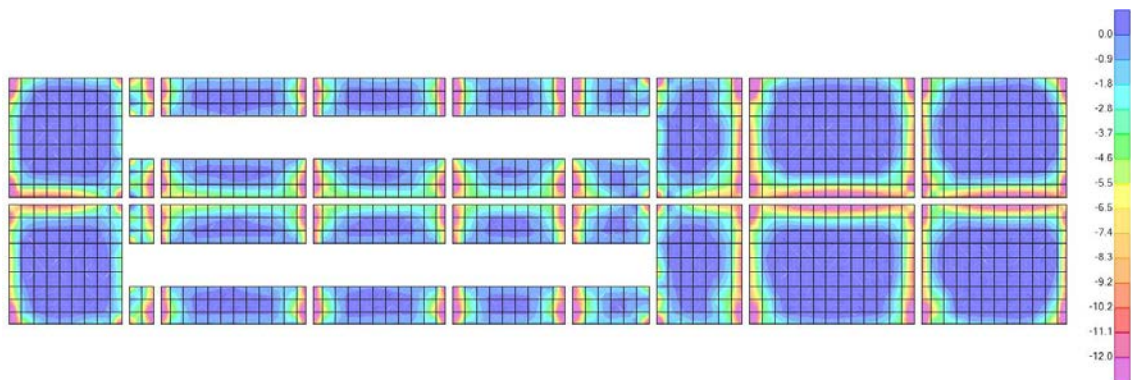
### 3.2.2.2. Lajes do Piso 1

As Lajes do Piso 1 funcionam como lajes vigadas e tem espessuras de 0.16 m.

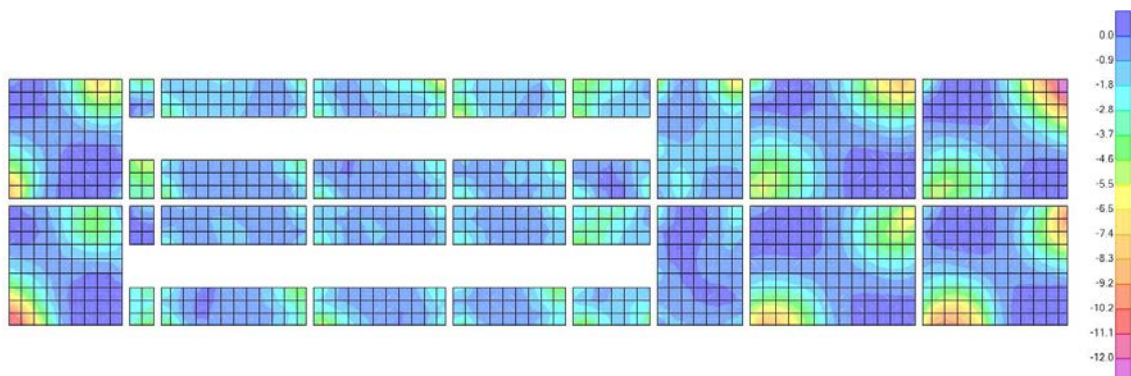
As envolturas máximas e mínimas para os esforços atuantes de cálculo estão indicadas nas Figuras 3.22 a 3.27.



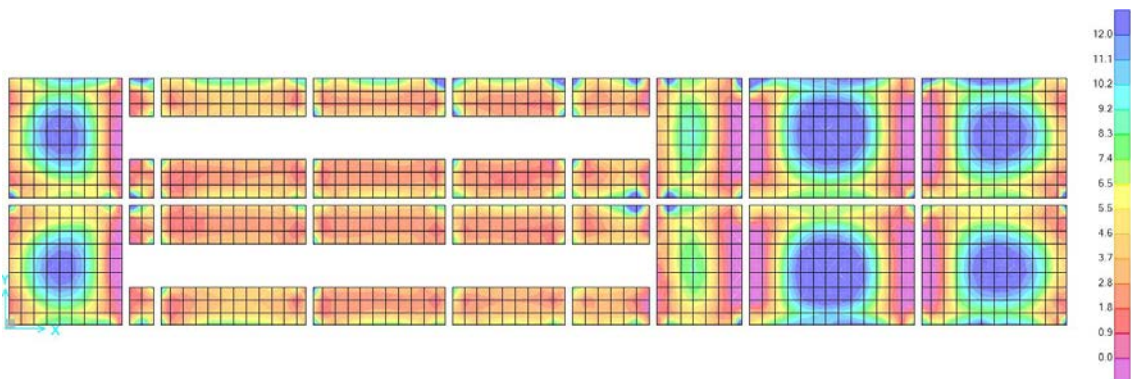
**Figura 3.22** – Envoltiva Mínima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



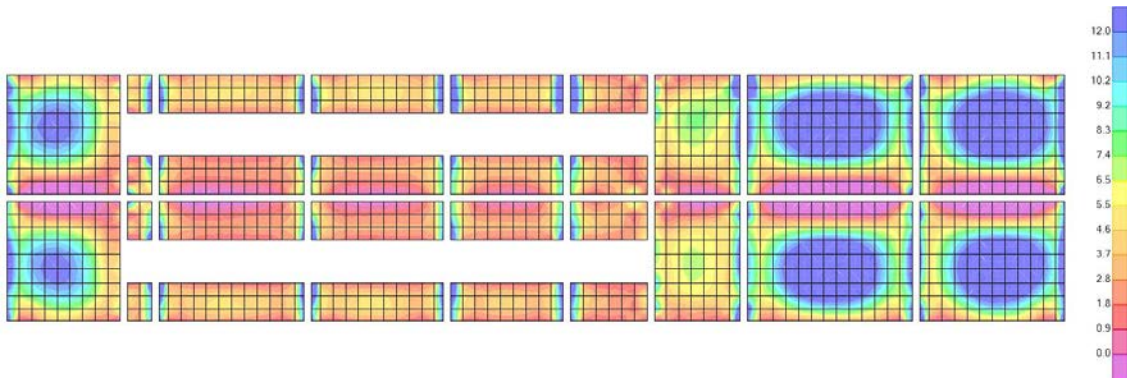
**Figura 3.23** – Envoltiva Mínima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



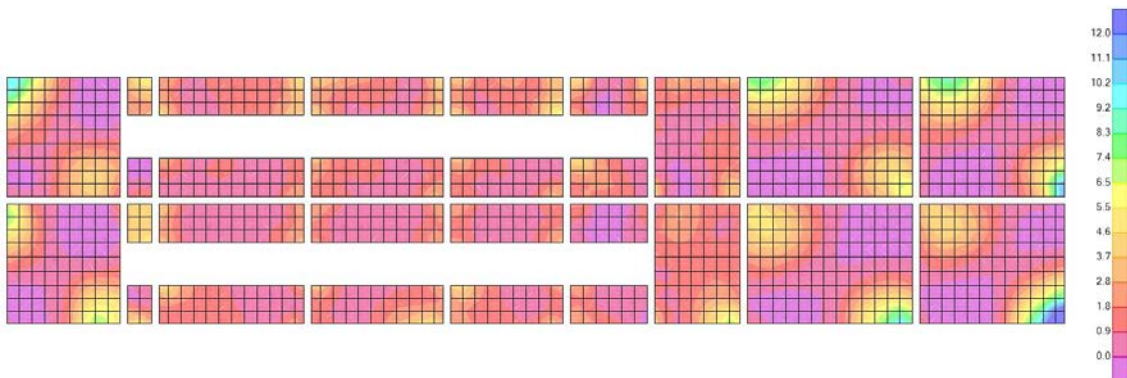
**Figura 3.24** – Envoltiva Mínima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



**Figura 3.25** – Envoltiva Máxima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Positivos



**Figura 3.26** – Envolvente Máxima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Positivos

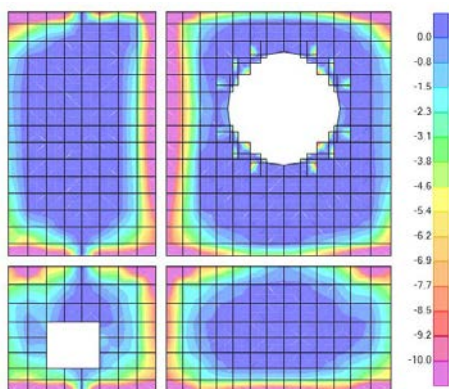


**Figura 3.27** – Envolvente Máxima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Positivos

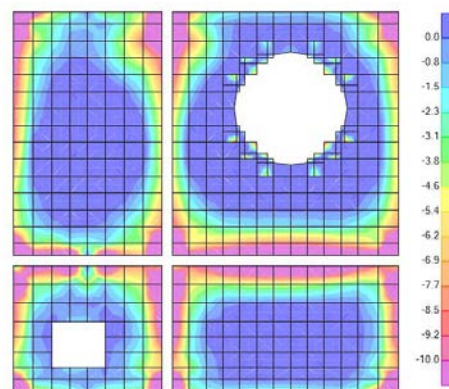
### 3.2.2.3. Lajes do Piso 2

As Lajes do Piso 2 funcionam também como lajes vigadas com espessuras de 0.16 m.

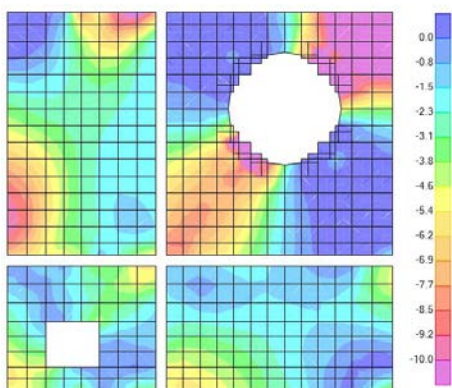
As envolventes máximas e mínimas para os esforços de cálculo estão representadas nas Figuras 3.28 a 3.33.



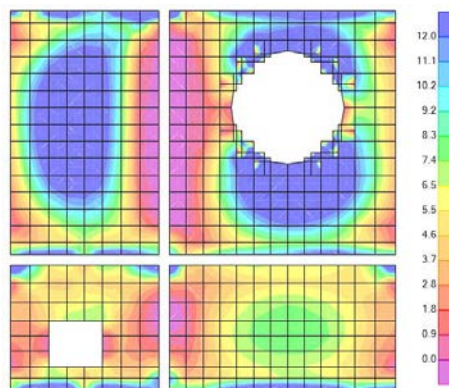
**Figura 3.28** – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



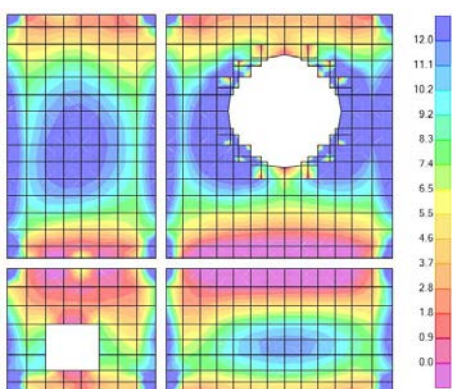
**Figura 3.29** – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



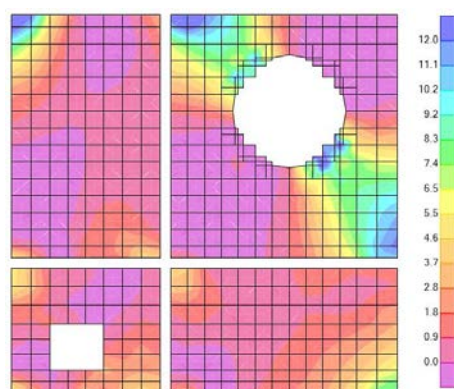
**Figura 3.30** – Envolvente Mínima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



**Figura 3.31** – Envolvente Máxima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Positivos



**Figura 3.32** – Envolvente Máxima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Positivos

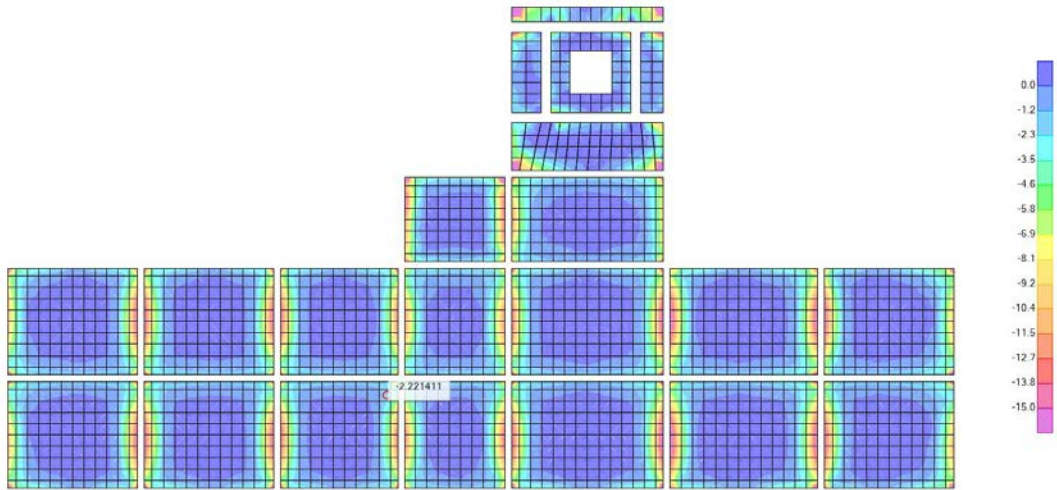


**Figura 3.33** – Envolvente Máxima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Positivos

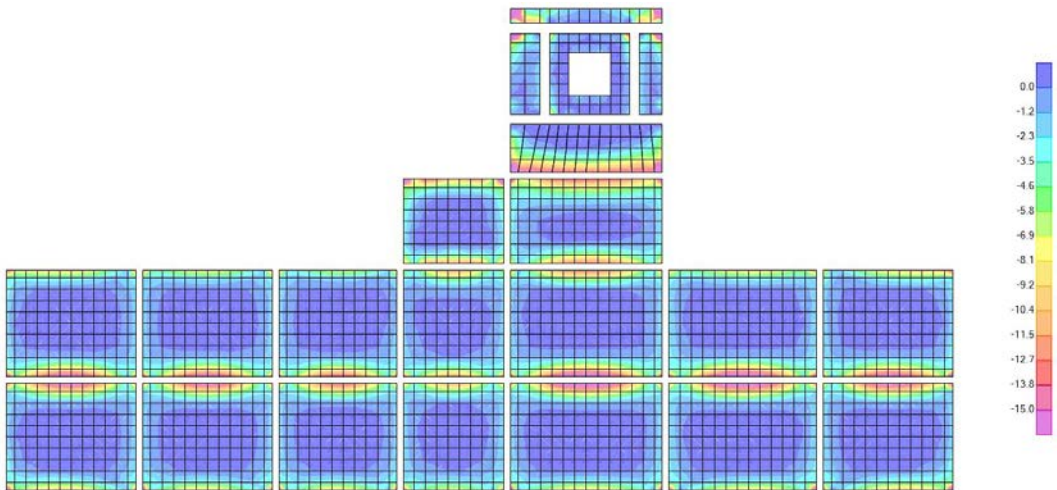
### 3.2.2.1. Lajes do Piso 3

As Lajes do Piso 3 funcionam como lajes vigadas com espessuras de 0.16 m e de 0.12 m.

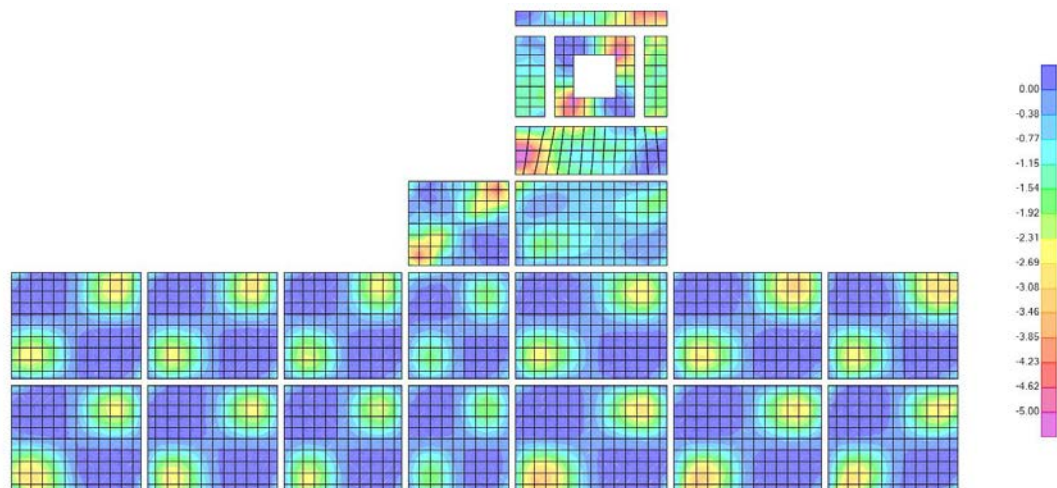
As envolventes máximas e mínimas para os esforços de cálculo estão indicadas nas Figuras 3.34 a 3.39.



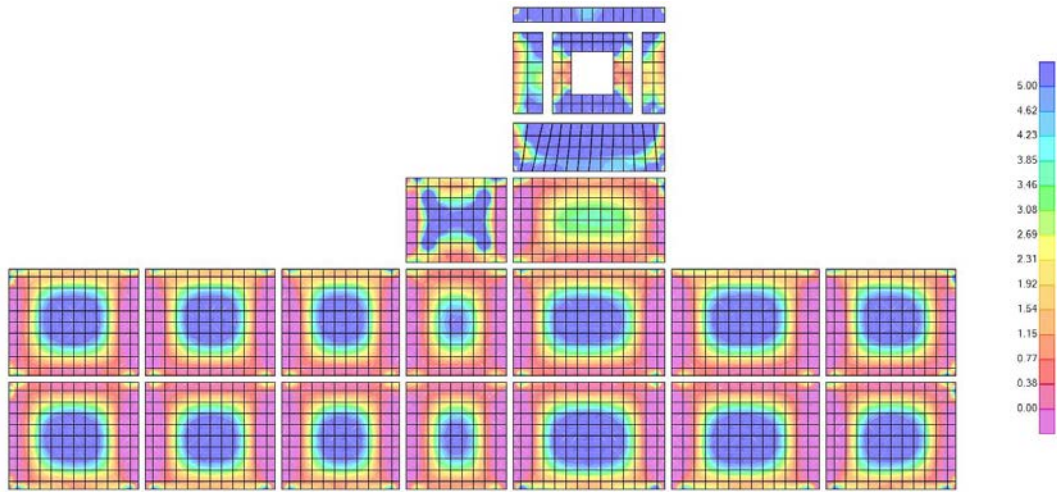
**Figura 3.34** – Envoltória Mínima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



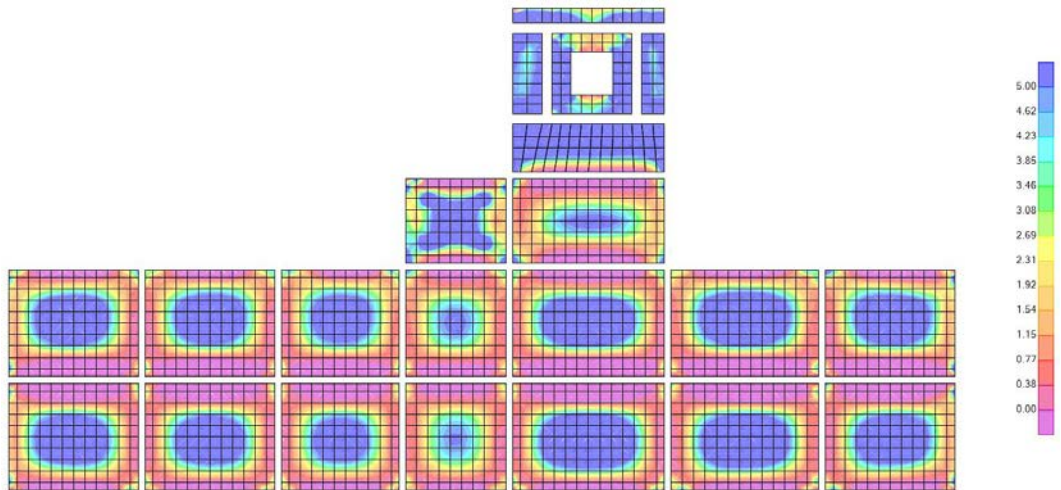
**Figura 3.35** – Envoltória Mínima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



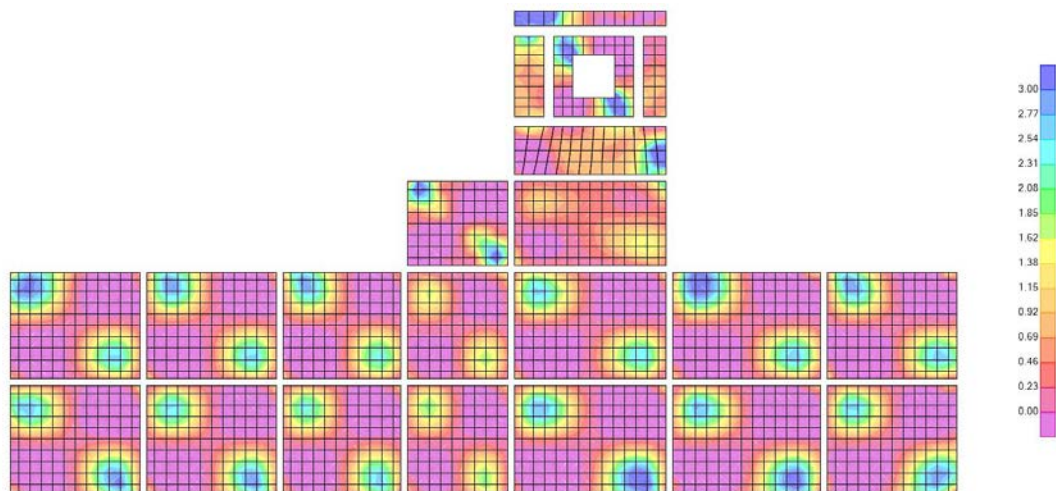
**Figura 3.36** – Envoltória Mínima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Negativos



**Figura 3.37** – Envoltura Máxima dos esforços de Cálculo M11 [kN.m/m] dos Momentos Positivos



**Figura 3.38** – Envoltura Máxima dos esforços de Cálculo M22 [kN.m/m] dos Momentos Positivos



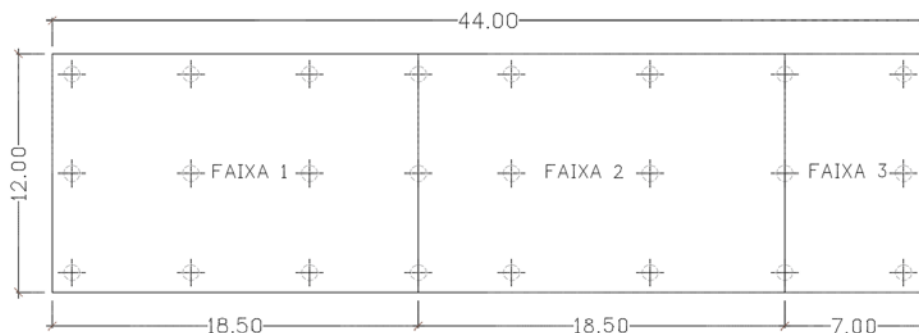
**Figura 3.39** – Envoltura Máxima dos esforços de Cálculo M12 [kN.m/m] dos Momentos Positivos

### 3.2.3. Dimensionamento Orgânico

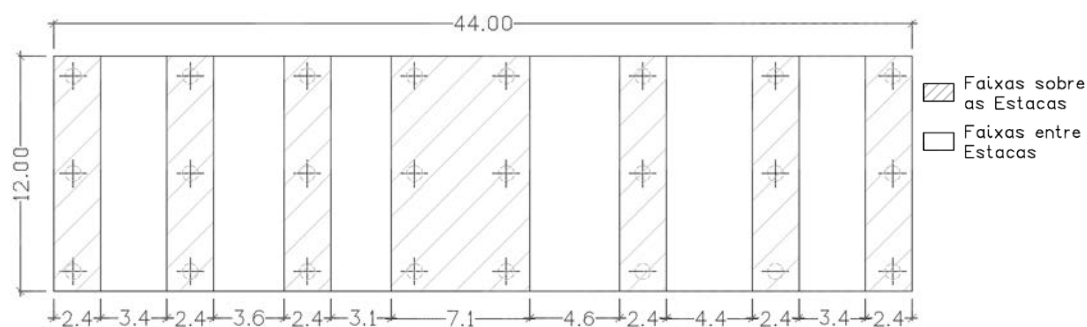
#### 3.2.3.1. Laje de Ensoleiramento

Para o dimensionamento da laje de ensoleiramento consideraram-se várias faixas que foram definidas em função dos esforços atuantes de cálculo.

Nas Figura 3.40 e 3.41 indicam-se as faixas que foram consideradas para o dimensionamento das armaduras inferiores e superiores.



**Figura 3.40** – Identificação das Faixas na Laje de Ensoleiramento – Armaduras Inferiores



**Figura 3.41** – Identificação das Faixas na Laje de Ensoleiramento – Armaduras Superiores

O dimensionamento das armaduras de flexão está indicado nas Tabelas 3.12 e 3.13, e foi realizado com base nas envolventes dos esforços de cálculo mais desfavoráveis, para as diferentes faixas e segundo os dois eixos de flexão.

**Tabela 3.12** – Cálculo das Armaduras Inferiores

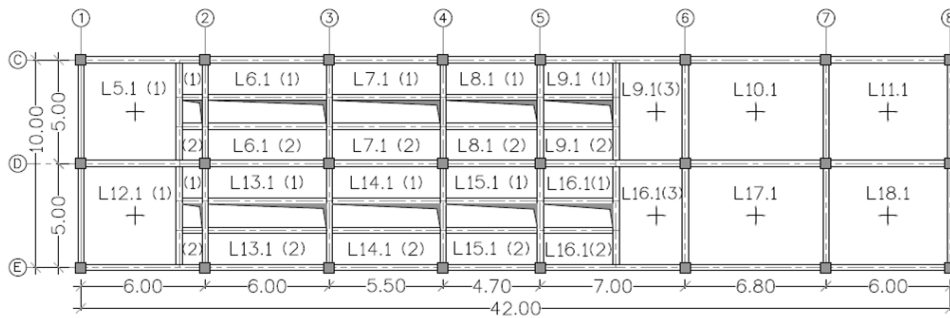
Faixas	h [m]	Direção dos Momentos	$M_{Ed}^+$ [kN.m/m]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
Faixa 1	1.50	$M_{11}$	677.0	10.9	$\phi 16//0.175$
	1.50	$M_{22}$	680.0	11.0	$\phi 16//0.175$
Faixa 2	1.50	$M_{11}$	935.0	15.2	$\phi 16//0.125$
	1.50	$M_{22}$	696.0	11.3	$\phi 16//0.175$
Faixa 3	1.50	$M_{11}$	578.0	9.3	$\phi 16//0.20$
	1.50	$M_{22}$	438.0	7.0	$\phi 16//0.25$

**Tabela 3.13 – Cálculo das Armaduras Superiores**

Faixas	h [m]	Direção dos Momentos	$M_{Ed}$ [kN.m/m]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
Faixas sobre as Estacas	1.50	$M_{11}$	-920.00	15.0	$\phi 16//0.125$
	1.50	$M_{22}$	-780.00	12.6	$\phi 16//0.15$
Faixas entre Estacas	1.50	$M_{11}$	-390.00	6.3	$\phi 12//0.175$
	1.50	$M_{22}$	-381.00	6.1	$\phi 12//0.175$

### 3.2.3.2. Lajes do Piso 1

Tratam-se de lajes vigadas, armadas em cruz e num só sentido, apresentando um conjunto de aberturas que servem de passagem a diversos equipamentos mecânicos. O dimensionamento das Lajes deste piso, geometria e armaduras de flexão, está resumido nos documentos seguintes.



**Figura 3.42 – Identificação das Lajes do Piso 1**

Tabela 3.14 – Cálculo das Armaduras das Lajes do Piso 1

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> <sup>-</sup> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L5.1 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-6.20	-5.10	-11.3	2.08	φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	10.70	4.20	14.9	2.77	φ8//0.15
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-22.50	-5.10	-27.6	5.36	φ10//0.15		M <sub>22</sub>	11.00	4.20	15.2	2.83	φ8//0.15
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-6.40	-5.10	-11.5	2.12	φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	3.80	4.20	8.0	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-20.60	-5.10	-25.7	4.96	φ10//0.15		M <sub>22</sub>	3.90	4.20	8.1	1.76	φ8//0.30
L5.1 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-7.70	-4.60	-12.3	2.27	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	2.80	3.50	6.3	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-11.80	-4.60	-16.4	3.07	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	5.10	3.50	8.6	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-8.60	-4.60	-13.2	2.44	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	6.10	3.50	9.6	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-4.60	-4.60	-9.2	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	7.40	3.50	10.9	2.00	φ8//0.25
L5.1 (3)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-5.80	-3.60	-9.4	1.76	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	2.30	2.00	4.3	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-13.90	-3.60	-17.5	3.29	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	4.20	2.00	6.2	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-2.00	-3.60	-5.6	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	5.10	2.00	7.1	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-9.30	-3.60	-12.9	2.39	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	8.00	2.00	10.0	1.83	φ8//0.25
L6.1 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-12.50	-2.20	-14.7	2.73	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	3.00	2.00	5.0	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-10.80	-2.20	-13.0	2.40	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	3.70	2.00	5.7	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-1.00	-2.20	-3.2	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	3.70	2.00	5.7	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-3.50	-2.20	-5.7	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	7.30	2.00	9.3	1.76	φ8//0.25
L6.1 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-14.30	-2.30	-16.6	3.11	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	1.50	1.50	3.0	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-8.50	-2.30	-10.8	1.98	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	1.20	1.50	2.7	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-2.20	-2.30	-4.5	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	3.20	1.50	4.7	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-11.00	-2.30	-13.3	2.46	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	5.30	1.50	6.8	1.76	φ8//0.25
L7.1 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-12.20	-3.40	-15.6	2.91	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	1.60	3.00	4.6	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-14.10	-3.40	-17.5	3.29	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	4.40	3.00	7.4	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-6.10	-3.40	-9.5	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	3.90	3.00	6.9	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-5.30	-3.40	-8.7	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	7.00	3.00	10.0	1.83	φ8//0.25

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> <sup>-</sup> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L7.1 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-12.50	-1.70	-14.2	2.64	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	1.50	1.70	3.2	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-8.00	-1.70	-9.7	1.77	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	1.80	1.70	3.5	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-2.30	-1.70	-4.0	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	2.80	1.70	4.5	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	14.20	-1.70	12.5	2.31	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	5.00	1.70	6.7	1.76	φ8//0.25
L8.1 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-16.70	-1.80	-18.5	3.49	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	1.60	3.40	5.0	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-16.60	-1.80	-18.4	3.47	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	4.30	3.40	7.7	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-6.20	-1.80	-8.0	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.40	3.40	7.8	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-5.70	-1.80	-7.5	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	6.30	3.40	9.7	1.77	φ8//0.25
L8.1 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-11.30	-1.90	-13.2	2.44	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	0.70	3.20	3.9	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-10.80	-1.90	-12.7	2.35	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	2.80	3.20	6.0	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-2.40	-1.90	-4.3	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	3.70	3.20	6.9	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-11.20	-1.90	-13.1	2.42	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	4.00	3.20	7.2	1.76	φ8//0.25
L9.1 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-14.10	-4.00	-18.1	3.41	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	2.50	3.70	6.2	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-2.00	-4.00	-6.0	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	3.20	3.70	6.9	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-8.00	-4.00	-12.0	2.21	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.30	3.70	8.0	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-5.20	-4.00	-9.2	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	6.60	3.70	10.3	1.89	φ8//0.25
L9.1 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-13.00	-1.10	-14.1	2.62	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	2.40	2.90	5.3	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-1.30	-1.10	-2.4	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	2.70	2.90	5.6	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-3.40	-1.10	-4.5	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.10	2.90	7.0	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-10.40	-1.10	-11.5	2.12	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	5.00	2.90	7.9	1.76	φ8//0.25
L9.1 (3)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-5.80	-5.00	-10.8	1.98	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	9.30	3.60	12.9	2.39	φ8//0.15
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-22.80	-5.00	-27.8	5.40	φ10//0.15		M <sub>22</sub>	6.70	3.60	10.3	1.89	φ8//0.15
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-7.10	-5.00	-12.1	2.23	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	2.30	3.60	5.9	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-11.70	-5.00	-16.7	3.13	φ10//0.15		M <sub>22</sub>	3.10	3.60	6.7	1.76	φ8//0.30

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> <sup>-</sup> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L10.1	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-23.40	-4.70	-28.1	5.46	φ10//0.15	Central	M <sub>11</sub>	12.40	5.20	17.6	3.31	φ8//0.125
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-24.60	-4.70	-29.3	5.72	φ10//0.125		M <sub>22</sub>	14.90	5.20	20.1	3.81	φ8//0.125
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	3.10	-4.70	-1.6	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.60	5.20	9.8	1.79	φ8//0.25
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-23.10	-4.70	-27.8	5.40	φ10//0.15		M <sub>22</sub>	5.70	5.20	10.9	2.00	φ8//0.25
L11.1	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-23.20	-4.50	-27.7	5.38	φ10//0.125	Central	M <sub>11</sub>	11.10	4.60	15.7	2.93	φ8//0.125
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-9.00	-4.50	-13.5	2.50	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	15.10	4.60	19.7	3.73	φ8//0.125
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-3.30	-4.50	-7.8	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	6.20	4.60	10.8	1.98	φ8//0.25
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-23.40	-4.50	-27.9	5.42	φ10//0.15		M <sub>22</sub>	6.30	4.60	10.9	2.00	φ8//0.25
L12.1 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-5.80	-4.80	-10.6	1.94	φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	10.40	4.70	15.1	2.81	φ8//0.15
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-21.90	-4.80	-26.7	5.17	φ10//0.15		M <sub>22</sub>	10.80	4.70	15.5	2.89	φ8//0.15
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-18.30	-4.80	-23.1	4.42	φ10//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.50	4.70	9.2	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-6.40	-4.80	-11.2	2.06	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	4.80	4.70	9.5	1.76	φ8//0.30
L12.1 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-5.00	-1.60	-6.6	1.76	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	3.00	3.20	6.2	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-13.30	-1.60	-14.9	2.77	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	4.60	3.20	7.8	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-9.20	-1.60	-10.8	1.98	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	6.40	3.20	9.6	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-2.90	-1.60	-4.5	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	7.00	3.20	10.2	1.87	φ8//0.25
L12.1 (3)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-7.00	-2.90	-9.9	1.81	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	3.00	3.90	6.9	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-14.90	-2.90	-17.8	3.35	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	5.00	3.90	8.9	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-3.10	-2.90	-6.0	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	5.70	3.90	9.6	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-5.30	-2.90	-8.2	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	6.00	3.90	9.9	1.81	φ8//0.25
L13.1 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-12.20	-1.90	-14.1	2.62	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	1.40	2.90	4.3	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-6.80	-1.90	-8.7	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	1.30	2.90	4.2	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-11.30	-1.90	-13.2	2.44	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.00	2.90	6.9	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-2.00	-1.90	-3.9	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	4.10	2.90	7.0	1.76	φ8//0.25

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> <sup>-</sup> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L13.1 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-14.60	-3.00	-17.6	3.31	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	2.80	4.50	7.3	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-12.50	-3.00	-15.5	2.89	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	3.50	4.50	8.0	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-3.60	-3.00	-6.6	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.90	4.50	9.4	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-4.50	-3.00	-7.5	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	5.10	4.50	9.6	1.76	φ8//0.25
L14.1 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-11.10	-3.80	-14.9	2.77	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	1.40	3.00	4.4	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-8.80	-3.80	-12.6	2.33	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	1.00	3.00	4.0	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-9.70	-3.80	-13.5	2.50	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.60	3.00	7.6	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-1.50	-3.80	-5.3	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	4.50	3.00	7.5	1.76	φ8//0.25
L14.1 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-15.90	-1.70	-17.6	3.31	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	1.60	2.90	4.5	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-11.60	-1.70	-13.3	2.46	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	1.20	2.90	4.1	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-2.90	-1.70	-4.6	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.10	2.90	7.0	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-4.10	-1.70	-5.8	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	4.00	2.90	6.9	1.76	φ8//0.25
L15.1 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-10.70	-3.20	-13.9	2.58	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	0.80	1.90	2.7	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-10.50	-3.20	-13.7	2.54	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	1.00	1.90	2.9	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-9.90	-3.20	-13.1	2.42	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	3.70	1.90	5.6	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-1.80	-3.20	-5.0	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	4.20	1.90	6.1	1.76	φ8//0.25
L15.1 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-14.90	-2.90	-17.8	3.35	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	2.10	2.80	4.9	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-12.10	-2.90	-15.0	2.79	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	3.30	2.80	6.1	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-3.80	-2.90	-6.7	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.80	2.80	7.6	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-4.00	-2.90	-6.9	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	5.10	2.80	7.9	1.76	φ8//0.25
L16.1 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-11.70	-3.10	-14.8	2.75	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	2.40	1.70	4.1	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-0.40	-3.10	-3.5	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	2.20	1.70	3.9	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-10.40	-3.10	-13.5	2.50	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.10	1.70	5.8	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-3.10	-3.10	-6.2	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	4.00	1.70	5.7	1.76	φ8//0.25

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> <sup>-</sup> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L16.1 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-14.20	-3.60	-17.8	3.35	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	2.20	2.80	5.0	1.76	φ8//0.30
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-1.60	-3.60	-5.2	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	2.90	2.80	5.7	1.76	φ8//0.25
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-3.00	-3.60	-6.6	1.76	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	6.00	2.80	8.8	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-5.20	-3.60	-8.8	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	5.10	2.80	7.9	1.76	φ8//0.25
L16.1 (3)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-7.10	-1.60	-8.7	1.76	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	8.00	4.80	12.8	2.37	φ8//0.125
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-20.70	-1.60	-22.3	4.25	φ10//0.15		M <sub>22</sub>	6.00	4.80	10.8	1.98	φ8//0.125
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-11.00	-1.60	-12.6	2.33	φ10//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	3.40	4.80	8.2	1.76	φ8//0.25
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-3.90	-1.60	-5.5	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	2.70	4.80	7.5	1.76	φ8//0.25
L17.1	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-21.70	-5.30	-27.0	5.23	φ10//0.15	Central	M <sub>11</sub>	12.80	4.80	17.6	3.31	φ8//0.125
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-25.60	-5.30	-30.9	6.06	φ10//0.125		M <sub>22</sub>	14.50	4.80	19.3	3.65	φ8//0.125
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-22.30	-5.30	-27.6	5.36	φ10//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	5.20	4.80	10.0	1.83	φ8//0.25
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-3.50	-5.30	-8.8	1.76	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	6.10	4.80	10.9	2.00	φ8//0.25
L18.1	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-23.30	-5.10	-28.4	5.53	φ10//0.125	Central	M <sub>11</sub>	11.20	5.70	16.9	3.17	φ8//0.125
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-8.00	-5.10	-13.1	2.42	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	14.60	5.70	20.3	3.85	φ8//0.125
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-21.90	-5.10	-27.0	5.23	φ10//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	4.70	5.70	10.4	1.91	φ8//0.25
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-8.30	-5.10	-13.4	2.48	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	5.20	5.70	10.9	2.00	φ8//0.25

### 3.2.3.3. Lajes do Piso 2

São também lajes vigadas armadas em cruz e num só sentido. O dimensionamento das lajes deste piso, geometria e armaduras de flexão, está documentado na Figura 3.43 e Tabela 3.15.

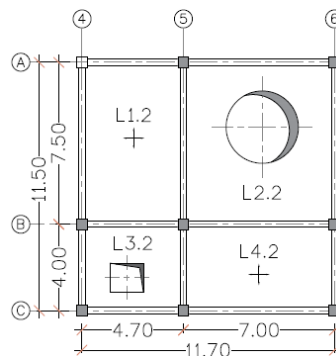


Figura 3.43 – Identificação das Lajes do Piso 2

Tabela 3.15 – Cálculo das Armaduras das Lajes do Piso 2

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> <sup>-</sup> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L1.2	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-4.40	-9.20	-13.6	2.52	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	14.80	4.10	18.9	3.57	φ8//0.125
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-21.90	-9.20	-31.1	6.11	φ12//0.15			M <sub>22</sub>	11.10	4.10	15.2	2.83
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-7.70	-9.20	-16.9	3.17	φ8//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	7.20	4.10	11.3	2.08	φ8//0.25
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-23.10	-9.20	-32.3	6.37	φ12//0.175			M <sub>22</sub>	6.10	4.10	10.2	1.87
L2.2	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-23.00	-12.70	-35.7	7.11	φ12//0.15	Central	M <sub>11</sub>	20.00	6.50	26.5	5.13	φ10//0.15
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-4.20	-12.70	-16.9	3.17	φ8//0.15			M <sub>22</sub>	13.50	6.50	20.0	3.79
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-9.40	-12.70	-22.1	4.21	φ10//0.175	Bordo	M <sub>11</sub>	10.50	6.50	17.0	3.19	φ10//0.15
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-25.00	-12.70	-37.7	7.56	φ12//0.15			M <sub>22</sub>	5.90	6.50	12.4	2.29

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> <sup>-</sup> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L3.2	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-3.80	-4.00	-7.8	1.76	φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	5.40	1.80	7.2	1.76	φ8//0.15
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-12.30	-4.00	-16.3	3.05	φ8//0.15		M <sub>22</sub>	9.60	1.80	11.4	2.10	φ8//0.15
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-22.10	-4.00	-26.1	5.04	φ12//0.175	Bordo	M <sub>11</sub>	3.00	1.80	4.8	1.76	φ8//0.15
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-6.10	-4.00	-10.1	1.85	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	5.70	1.80	7.5	1.76	φ8//0.15
L4.2	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-12.80	-3.90	-16.7	3.13	φ8//0.15	Central	M <sub>11</sub>	6.40	3.40	9.8	1.79	φ8//0.15
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-5.10	-3.90	-9.0	1.76	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	8.90	3.40	12.3	2.27	φ8//0.15
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-24.10	-3.90	-28.0	5.44	φ12//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	3.80	3.40	7.2	1.76	φ8//0.15
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-5.40	-3.90	-9.3	1.76	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	5.00	3.40	8.4	1.76	φ8//0.15

### 3.2.3.4. Lajes do Piso 3

Este piso é constituído também por um conjunto de lajes vigadas armadas em cruz e num só sentido, com as espessuras de 0.12 m e 0.16 m.

O dimensionamento das lajes, geometria e armaduras de flexão, está resumido nos documentos seguintes.

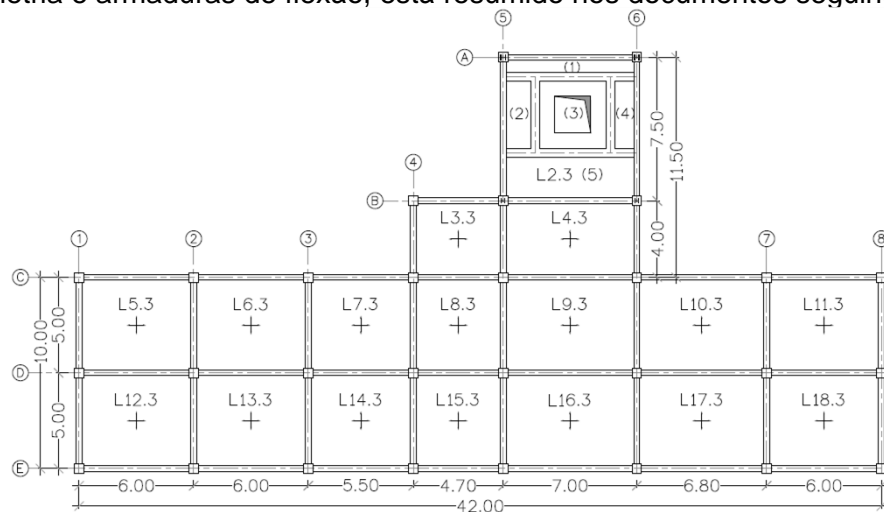


Figura 3.44 – Identificação das Lajes do Piso 3

Tabela 3.16 – Cálculo das Armaduras das Lajes do Piso 3

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> <sup>-</sup> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>+final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L2.3 (1)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-4.90	-4.60	-9.5	1.76	φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	4.50	4.30	8.8	1.76	φ8//0.125
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-4.00	-4.60	-8.6	1.76	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	3.30	4.30	7.6	1.76	φ8//0.125
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-5.70	-4.60	-10.3	1.89	φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	12.20	4.30	16.5	3.09	φ8//0.125
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-7.90	-4.60	-12.5	2.31	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	9.00	4.30	13.3	2.46	φ8//0.125
L2.3 (2)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-4.00	-1.40	-5.4	1.76	φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	3.60	2.60	6.2	1.76	φ8//0.125
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-0.40	-1.40	-1.8	1.76	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	4.20	2.60	6.8	1.76	φ8//0.125
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-4.40	-1.40	-5.8	1.76	φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	5.00	2.60	7.6	1.76	φ8//0.125
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-0.80	-1.40	-2.2	1.76	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	6.00	2.60	8.6	1.76	φ8//0.125
L2.3 (3)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-2.90	-5.00	-7.9	1.76	φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	11.00	4.50	15.5	2.89	φ8//0.125
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-3.10	-5.00	-8.1	1.76	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	6.00	4.50	10.5	1.93	φ8//0.125
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-1.30	-5.00	-6.3	1.76	φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	11.00	4.50	15.5	2.89	φ8//0.125
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-0.30	-5.00	-5.3	1.76	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	6.00	4.50	10.5	1.93	φ8//0.125
L2.3 (4)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-0.50	-2.50	-3.0	1.76	φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	2.30	0.60	2.9	1.76	φ8//0.125
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-3.80	-2.50	-6.3	1.76	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	4.40	0.60	5.0	1.76	φ8//0.125
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-6.40	-2.50	-8.9	1.76	φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	6.00	0.60	6.6	1.76	φ8//0.125
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-1.50	-2.50	-4.0	1.76	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	8.00	0.60	8.6	1.76	φ8//0.125
L2.3 (5)	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-7.30	-5.70	-13.0	2.40	φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	10.10	3.90	14.0	2.60	φ8//0.20
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-5.60	-5.70	-11.3	2.08	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	15.00	3.90	18.9	3.57	φ8//0.125
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	0.50	-5.70	-5.2	1.76	φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	10.10	3.90	14.0	2.60	φ8//0.20
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-12.70	-5.70	-18.4	3.47	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	15.00	3.90	18.9	3.57	φ8//0.125
L3.3	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-15.80	-4.00	-19.8	3.75	φ10//0.20+φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	12.00	3.70	15.7	2.93	φ8//0.15
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-14.10	-4.00	-18.1	3.41	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	10.00	3.70	13.7	2.54	φ8//0.15
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-14.10	-4.00	-18.1	3.41	φ8//0.125	Bordo	M <sub>11</sub>	1.70	3.70	5.4	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-12.80	-4.00	-16.8	3.15	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	4.10	3.70	7.8	1.76	φ8//0.30

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> final [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> final [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L4.3	0.16	Esq.	M <sub>11</sub>	-12.20	-1.60	-13.8	2.56	φ8//0.125	Central	M <sub>11</sub>	3.60	1.60	5.2	1.76	φ8//0.15
	0.16	Dir.	M <sub>11</sub>	-8.10	-1.60	-9.7	1.77	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	5.80	1.60	7.4	1.76	φ8//0.15
	0.16	Sup.	M <sub>22</sub>	-14.30	-1.60	-15.9	2.97	φ8//0.125	Bordo	M <sub>11</sub>	2.00	1.60	3.6	1.76	φ8//0.30
	0.16	Inf.	M <sub>22</sub>	-12.50	-1.60	-14.1	2.62	φ8//0.20		M <sub>22</sub>	2.30	1.60	3.9	1.76	φ8//0.30
L5.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-10.20	-2.80	-13.0	3.64	φ8//0.125	Central	M <sub>11</sub>	7.10	3.10	10.2	2.80	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-15.60	-2.80	-18.4	5.34	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	8.70	3.10	11.8	3.28	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-9.50	-2.80	-12.3	3.43	φ8//0.125	Bordo	M <sub>11</sub>	3.20	3.10	6.3	1.68	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-16.90	-2.80	-19.7	5.76	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	3.40	3.10	6.5	1.74	φ8//0.30
L6.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-15.10	-2.30	-17.4	5.02	φ10//0.20+φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	6.90	2.80	9.7	2.66	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-14.20	-2.30	-16.5	4.73	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	8.30	2.80	11.1	3.07	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-8.50	-2.30	-10.8	2.98	φ8//0.125	Bordo	M <sub>11</sub>	3.00	2.80	5.8	1.55	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-16.60	-2.30	-18.9	5.50	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	3.70	2.80	6.5	1.74	φ8//0.30
L7.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-14.80	-2.40	-17.2	4.95	φ10//0.20+φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	6.70	2.80	9.5	2.60	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-13.30	-2.40	-15.7	4.48	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	7.60	2.80	10.4	2.86	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-7.40	-2.40	-9.8	2.68	φ8//0.125	Bordo	M <sub>11</sub>	3.30	2.80	6.1	1.63	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-14.90	-2.40	-17.3	4.98	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	3.40	2.80	6.2	1.66	φ8//0.30
L8.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-12.60	-1.50	-14.1	3.98	φ10//0.20+φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	5.10	1.60	6.7	1.80	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-13.20	-1.50	-14.7	4.16	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	5.30	1.60	6.9	1.85	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-12.00	-1.50	-13.5	3.79	φ8//0.125	Bordo	M <sub>11</sub>	2.70	1.60	4.3	1.22	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-11.30	-1.50	-12.8	3.58	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	2.80	1.60	4.4	1.22	φ8//0.30
L9.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-14.70	-2.70	-17.4	5.02	φ10//0.20+φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	6.60	2.50	9.1	2.48	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-16.50	-2.70	-19.2	5.60	φ10//0.125		M <sub>22</sub>	9.40	2.50	11.9	3.31	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-14.30	-2.70	-17.0	4.89	φ10//0.15	Bordo	M <sub>11</sub>	3.60	2.50	6.1	1.63	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-18.60	-2.70	-21.3	6.30	φ10//0.125		M <sub>22</sub>	4.00	2.50	6.5	1.74	φ8//0.30

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> <sup>-</sup> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L10.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-16.30	-3.20	-19.5	5.70	φ10//0.125	Central	M <sub>11</sub>	7.10	2.70	9.8	2.68	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-15.90	-3.20	-19.1	5.57	φ10//0.125		M <sub>22</sub>	8.50	2.70	11.2	3.10	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-9.40	-3.20	-12.6	3.52	φ10//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	3.70	2.70	6.4	1.71	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-18.60	-3.20	-21.8	6.47	φ10//0.125		M <sub>22</sub>	3.80	2.70	6.5	1.74	φ8//0.30
L11.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-15.70	-3.10	-18.8	5.47	φ10//0.125	Central	M <sub>11</sub>	7.00	2.80	9.8	2.68	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-10.50	-3.10	-13.6	3.82	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	8.70	2.80	11.5	3.19	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-10.70	-3.10	-13.8	3.88	φ10//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	3.70	2.80	6.5	1.74	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-16.90	-3.10	-20.0	5.86	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	3.50	2.80	6.3	1.68	φ8//0.30
L12.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-10.50	-2.40	-12.9	3.61	φ8//0.125	Central	M <sub>11</sub>	7.00	2.90	9.9	2.71	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-15.80	-2.40	-18.2	5.27	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	8.70	2.90	11.6	3.22	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-16.90	-2.40	-19.3	5.63	φ10//0.20+φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	3.50	2.90	6.4	1.71	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-9.80	-2.40	-12.2	3.40	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	3.60	2.90	6.5	1.74	φ8//0.30
L13.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-15.40	-2.60	-18.0	5.21	φ10//0.20+φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	6.80	2.90	9.7	2.66	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-15.10	-2.60	-17.7	5.11	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	8.20	2.90	11.1	3.07	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-16.50	-2.60	-19.1	5.57	φ10//0.20+φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	3.50	2.90	6.4	1.71	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-9.00	-2.60	-11.6	3.22	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	3.30	2.90	6.2	1.66	φ8//0.30
L14.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-15.10	-2.40	-17.5	5.05	φ10//0.20+φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	6.60	2.50	9.1	2.48	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-13.90	-2.40	-16.3	4.67	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	7.20	2.50	9.7	2.66	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-14.70	-2.40	-17.1	4.92	φ10//0.20+φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	3.30	2.50	5.8	1.55	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-8.70	-2.40	-11.1	3.07	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	3.50	2.50	6.0	1.60	φ8//0.30
L15.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-13.20	-1.70	-14.9	4.23	φ10//0.20+φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	5.70	1.70	7.4	1.99	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-14.30	-1.70	-16.0	4.57	φ10//0.20+φ8//0.20		M <sub>22</sub>	5.10	1.70	6.8	1.82	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-10.60	-1.70	-12.3	3.43	φ10//0.20+φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	3.20	1.70	4.9	1.30	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-7.80	-1.70	-9.5	2.60	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	2.50	1.70	4.2	1.22	φ8//0.30

Lajes	h [m]	Armaduras Superiores							Armaduras Inferiores						
		Faixas	Direções	M <sub>Ed</sub> <sup>-</sup> [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas	Faixas	Direções	M [kN.m/m]	M <sub>12</sub> [kN.m/m]	M <sub>Ed</sub> <sup>final</sup> [kN.m/m]	A <sub>s,cal</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Adotadas
L16.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-15.70	-3.50	-19.2	5.60	φ10//0.20+φ8//0.20	Central	M <sub>11</sub>	7.20	3.10	10.3	2.83	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-17.30	-3.50	-20.8	6.13	φ10//0.125		M <sub>22</sub>	9.50	3.10	12.6	3.52	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-18.20	-3.50	-21.7	6.43	φ10//0.125	Bordo	M <sub>11</sub>	2.50	3.10	5.6	1.49	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-9.20	-3.50	-12.7	3.55	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	3.00	3.10	6.1	1.63	φ8//0.30
L17.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-17.00	-3.40	-20.4	6.00	φ10//0.125	Central	M <sub>11</sub>	7.10	3.00	10.1	2.77	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-16.20	-3.40	-19.6	5.73	φ10//0.125		M <sub>22</sub>	9.10	3.00	12.1	3.37	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-18.60	-3.40	-22.0	6.53	φ10//0.125	Bordo	M <sub>11</sub>	3.00	3.00	6.0	1.60	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-9.20	-3.40	-12.6	3.52	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	3.50	3.00	6.5	1.74	φ8//0.30
L18.3	0.12	Esq.	M <sub>11</sub>	-15.90	-2.70	-18.6	5.40	φ10//0.125	Central	M <sub>11</sub>	6.90	2.80	9.7	2.66	φ8//0.15
	0.12	Dir.	M <sub>11</sub>	-11.30	-2.70	-14.0	3.95	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	8.50	2.80	11.3	3.13	φ8//0.15
	0.12	Sup.	M <sub>22</sub>	-16.40	-2.70	-19.1	5.57	φ10//0.20+φ8//0.20	Bordo	M <sub>11</sub>	3.70	2.80	6.5	1.74	φ8//0.30
	0.12	Inf.	M <sub>22</sub>	-10.20	-2.70	-12.9	3.61	φ8//0.125		M <sub>22</sub>	3.60	2.80	6.4	1.71	φ8//0.30

#### Notas:

- Para as armaduras de distribuição, adotaram-se φ8//0.30.
- Nas lajes com cantos em que os 2 bordos concorrentes são simplesmente apoiados surgem momentos torsões. Para controlar uma possível fendilhação, devidos a estes momentos, foram colocadas armaduras (Ver peças desenhadas).

### 3.2.4. Estados Limites de Utilização

#### 3.2.4.1. Fendilhação

A verificação do Estado Limite de Fendilhação nas lajes foi feita respeitando os critérios das armaduras mínimas impostas no EC2.

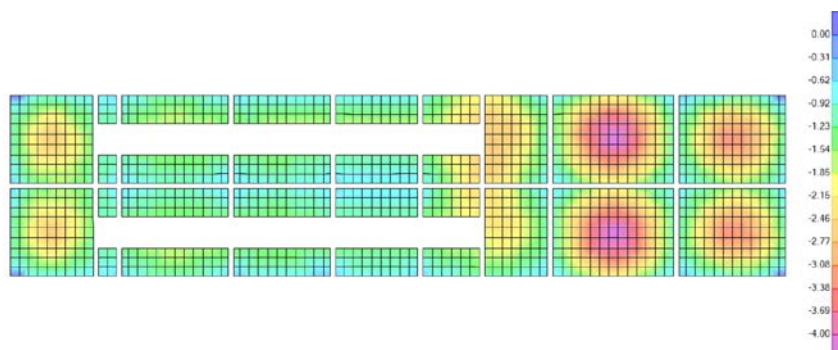
**Tabela 3.17** – Armaduras mínimas para controlo de Fendilhação nas Lajes

Lajes	k	$k_c$	$f_{ct,eff}$ [MPa]	$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [MPa]	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]
Laje 12 cm	1	0.4	2.6	0.06	500	1.25
Laje 16 cm	1	0.4	2.6	0.08	501	1.66

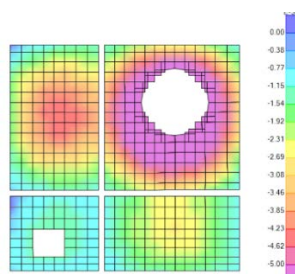
**Nota:** As armaduras longitudinais de todas as lajes do Edifício tem áreas superiores a 1.25 cm<sup>2</sup>/m nas lajes com espessuras de 12 cm e 1.66 cm<sup>2</sup>/m nas lajes com espessuras de 16 cm, cumprindo pois as condições de verificação ao Estado Limite de Fendilhação.

#### 3.2.4.2. Deformação

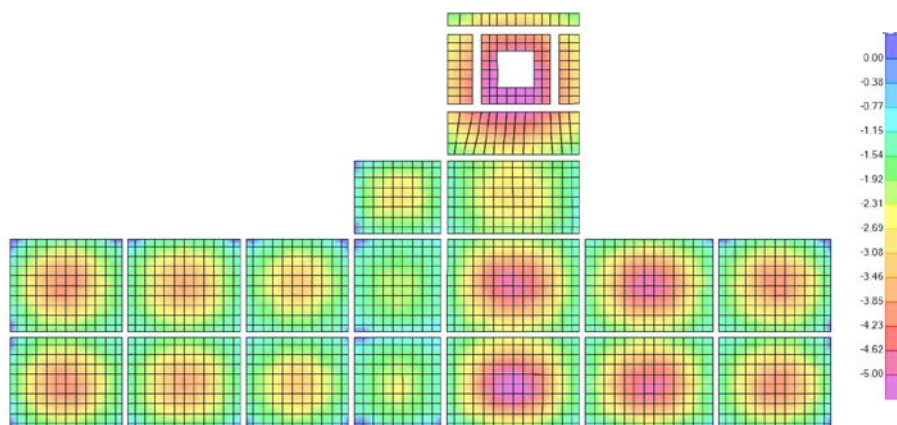
Numa primeira fase obtiveram-se as flechas a curto prazo nas lajes de betão dos diferentes pisos que estão indicadas nas Figuras 3.45, 3.46 e 3.47.



**Figura 3.45** – Deformações [mm] no Piso 1



**Figura 3.46** – Deformações [mm] no Piso 2



**Figura 3.47** – Deformações [mm] no Piso 3

Na Tabela 3.18 indicam-se os resultados das deformações nas lajes de maior vão dos diferentes pisos.

**Tabela 3.18** – Verificação da Deformação nas Lajes

<b>Pisos</b>	<b>Lajes</b>	<b>Vãos [m]</b>	$\delta_{v,SAP}^*$ [cm]	$\delta_{v,longo\ prazo}^{**}$ [cm]	<b>Deformação admissível L/400</b>	<b>Rácios</b>	<b>Obs.</b>
Piso 1	L17.1	6.8	-0.42	-1.26	1.7	0.74	OK
Piso 2	L2.2	7.5	-0.60	-1.8	1.88	0.96	OK
Piso 3	L16.3	7	-0.53	-1.59	1.75	0.91	OK

\* Flecha a curto prazo para a combinação do E. L. de Utilização condicionante.

\*\* Flecha a longo prazo para a combinação do E. L. de Utilização condicionante.

### 3.3. Pilares

O estudo dos pilares foi realizado tendo em conta a interação simultânea dos diferentes esforços ( $N_{Ed}$ ,  $V_{y,Ed}$ ,  $V_{z,Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ ), nas diferentes secções dos pilares, para as combinações de ações mais condicionantes, referentes aos Estados Limites Últimos.

Na planta da Figura 3.48 estão identificados todos os pilares de betão armado que compõem a estrutura do Edifício.

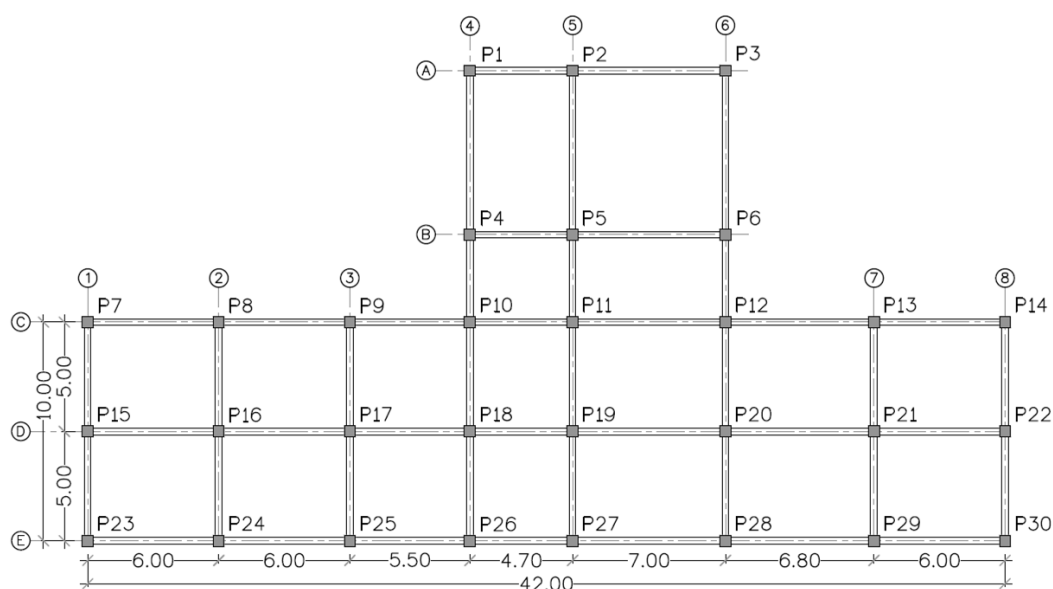


Figura 3.48 – Planta com a Identificação dos Pilares

O dimensionamento orgânico que conduziu às armaduras de flexão e de esforço transversal, para as secções dos pilares, foi realizado a partir de uma folha de cálculo em "Excel", com recurso ao VBA, de modo a se obterem as armaduras de flexão e de esforço transversal.

Na Figura 3.49 está indicada uma das folhas de cálculo que serviu para o dimensionamento, onde se definem os materiais (betão da classe C25/30 e aço das armaduras A500), as características geométricas dos pilares, as armaduras máximas e mínimas, bem como alguns parâmetros das expressões utilizadas para o cálculo das secções à flexão composta com tração e/ou compressão.

Na folha de cálculo, indicam-se também as expressões de dimensionamento que foram utilizadas nas verificações realizadas para o dimensionamento das cintas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K				
1	<b>Dimensionamento Pilar: P1</b>														
2	Fonte: C:\Users\Pedro\Dropbox\TFM\Excel\Tabelas de Dimensionamento Betão\Pilares\Esforços SAP\P1.xlsx														
4	Betão	C25/30	$f_{ck} =$	25.0	MPa	$f_{cd} =$	16.7	MPa	$f_{ctm} =$	2.6	MPa				
5	Aço	A500	$f_{yk} =$	500	MPa	$f_{syd} =$	435	MPa	Rec =	3.0	cm				
7	<b>Armadura de Flexão</b>														
8	$N_{min}$	$N_{max}$	$h$	$d$	$b$	$A_{s,min}$	$A_{s,max}$	Armadura Longitudinal	$A_{s,Adot}$						
9	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]		[cm <sup>2</sup> ]						
9	-59.0	-369.7	0.5	0.47	0.5	5.00	100.0	<b>20φ20</b>	62.8						
11	<b>Armadura de Transversal</b>														
12	$V_{Ed,max}$	$z$	$V_{Rd,max}$	$(A_{sw/s})_{min}$	$(A_{sw/s})$	$(A_{sw/s})_{max}$	$(A_{sw/s})_{calc}$	Nº ramos	$(A_{sw/s})_{ramo}$	Armadura Transversal	$A_{s, Adot}$				
13	[kN]	[m]	[kN]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]		[cm <sup>2</sup> /m]		[cm <sup>2</sup> /m]				
13	120.0	0.42	953.7	4.0	6.5	51.8	6.5	4	1.6	<b>φ8//0.20</b>	2.5				
15						Abaco de Flexão Composta 1			Abaco de Flexão Composta 2						
17	Obter Esforços/Comb					N [kN]	-59.0			N [kN]	-250.0				
18						ΔN [kN]	-59.0	-250.0			ΔN [kN]	-250.0	-369.7		
19	<b>Esforços para todas as combinações</b>					20φ20			20φ20						
20	N	$V_2$	$V_3$	$M_2$	$M_3$			$M_2$	$M_3$						
21	[kN]	[kN]	[kN]	[kN.m]	[kN.m]			[kN.m]	[kN.m]						
21	-59.0	-10.1	120.0	79.2	230.7			0.0	516.8						
22	-79.0	-10.1	120.0	23.5	0.0			25.9	509.7						
23	-84.2	-11.7	101.1	24.9	226.2			51.2	501.6						
24	-99.0	-10.1	120.0	407.6	-32.3			75.7	492.6						
25	-104.1	-11.7	101.1	17.2	-0.5			99.5	482.5						
26	-105.1	8.5	77.7	-42.0	282.4			122.9	472.4						
27	-118.9	-3.4	70.7	-62.2	248.2			145.2	460.3						
28	-124.1	-11.7	101.1	340.4	-37.9			166.8	447.6						
29	-125.1	8.5	77.7	9.2	7.7			188.0	435.0						
30	-138.9	-3.4	70.7	7.0	4.0			208.7	421.9						
31	-145.1	8.5	77.7	257.6	34.9			228.2	407.3						
32	-158.9	-3.4	70.7	233.0	-6.8			247.5	392.6						
33	-196.9	-83.5	17.1	-219.3	14.7			265.9	377.0						
	Info	TResumo	<b>P1</b>	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13

Figura 3.49 – Folha de Cálculo - Dimensionamento dos Pilares

### 3.3.1. Dimensionamento Orgânico

#### 3.3.1.1. Armaduras de Flexão Composta

Para dimensionar as armaduras de flexão dos pilares, procedeu-se numa primeira fase ao agrupamento dos mesmos definidos, em função dos esforços da mesma ordem de grandeza.

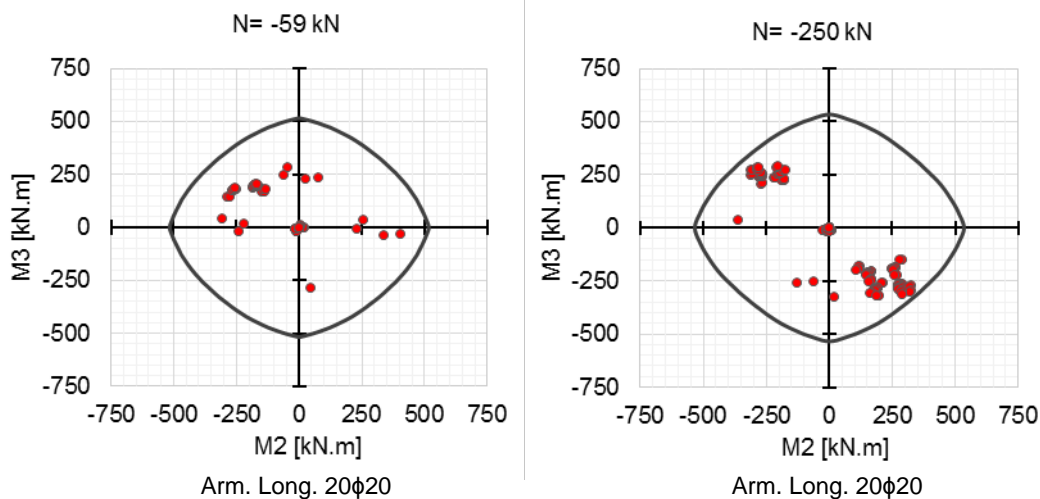
Consideraram-se os seguintes grupos:

- Grupo 1 (20φ20) que englobam os pilares P1 e P4;
- Grupo 2 (8φ20 + 8φ16) que incluem os pilares P2, P3, P5, P6;
- Grupo 3 (16φ16) referente aos pilares P7, P8, P9, P16, P17, P23, P24, P25, P26, P27 e P28;
- Grupo 4 (4φ20 + 12φ16) que englobam os pilares P10, P11, P12, P13, P14, P15, P18, P19, P20, P21, P22, P29 e P30.

O dimensionamento foi realizado para os diferentes grupos, a partir de ábacos de flexão composta realizados no "GaLa Reinforcement", de modo a obterem-se as envolventes resistentes de cálculo para as secções de betão armado previamente arbitradas e comparadas com os esforços de cálculo para as combinações mais condicionantes.

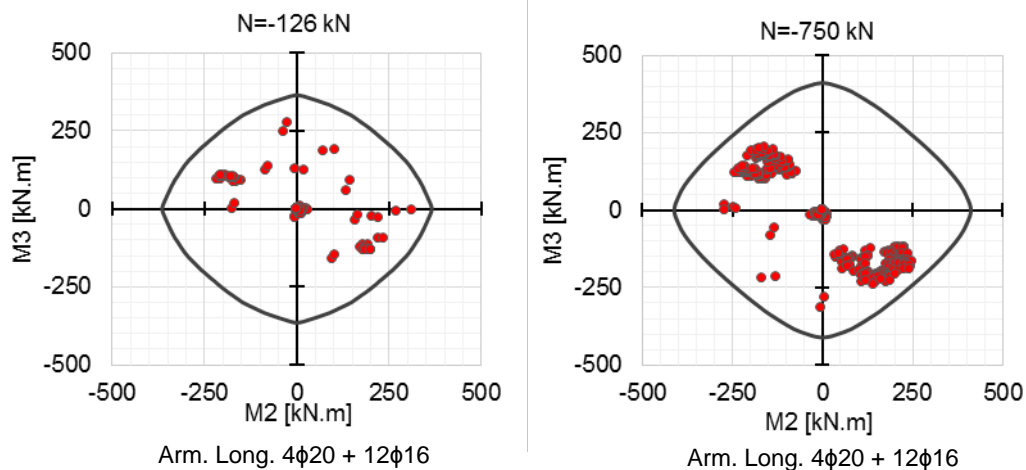
Nas Figuras 3.50 a 3.53 estão indicados os ábacos de dimensionamento dos diferentes grupos de pilares que fazem parte do Edifício.

### Pilares do Grupo 1



**Figura 3.50** – Ábacos de flexão composta para o pilar P1 (Grupo 1)

### Pilares do Grupo 2



**Figura 3.51** – Ábacos de flexão composta para o pilar P2 (Grupo 2)

### Pilares do Grupo 3

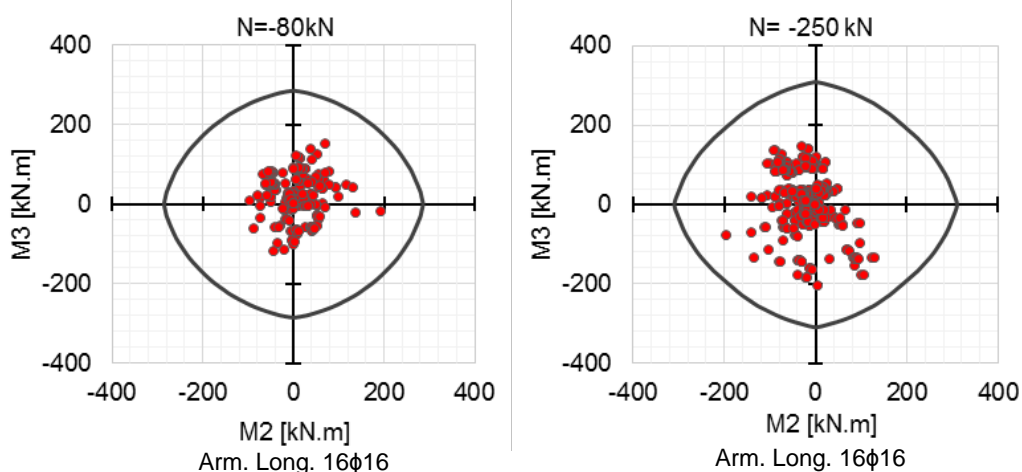


Figura 3.52 – Ábacos de flexão composta para o pilar P7 (Grupo 3)

### Pilares do Grupo 4

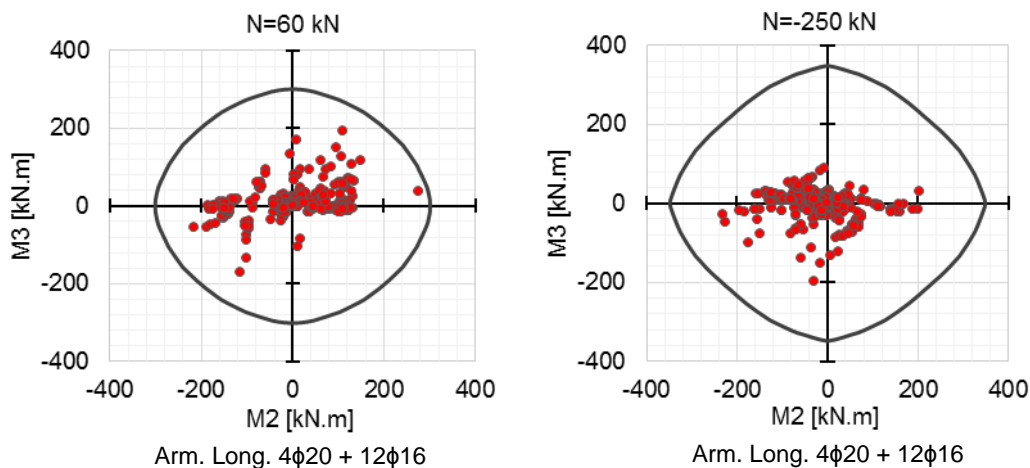


Figura 3.53 – Ábacos de flexão composta para o pilar P10 (Grupo 4)

Na Tabela 3.19 estão indicadas as armaduras de flexão composta com tração e/ou compressão de todos os pilares do Edifício.

Tabela 3.19 – Geometria e Armaduras Longitudinais dos Pilares

Pilares	b [m]	h [m]	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,máx}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Longitudinais
P1	0.50	0.50	5.0	100	20φ20
P2	0.50	0.50	5.0	100	8φ20+8φ16
P3	0.50	0.50	5.0	100	8φ20+8φ16
P4	0.50	0.50	5.0	100	20φ20
P5	0.50	0.50	5.0	100	8φ20+8φ16
P6	0.50	0.50	5.0	100	8φ20+8φ16
P7	0.50	0.50	5.0	100	16φ16
P8	0.50	0.50	5.0	100	16φ16
P9	0.50	0.50	5.0	100	16φ16
P10	0.50	0.50	5.0	100	4φ20+12φ16
P11	0.50	0.50	5.0	100	4φ20+12φ16
P12	0.50	0.50	5.0	100	4φ20+12φ16

Pilares	b [m]	h [m]	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,máx}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Longitudinais
P13	0.50	0.50	5.0	100	4 $\phi$ 20+12 $\phi$ 16
P14	0.50	0.50	5.0	100	4 $\phi$ 20+12 $\phi$ 16
P15	0.50	0.50	5.0	100	4 $\phi$ 20+12 $\phi$ 16
P16	0.50	0.50	5.0	100	16 $\phi$ 16
P17	0.50	0.50	5.0	100	16 $\phi$ 16
P18	0.50	0.50	5.0	100	4 $\phi$ 20+12 $\phi$ 16
P19	0.50	0.50	5.0	100	4 $\phi$ 20+12 $\phi$ 16
P20	0.50	0.50	5.0	100	4 $\phi$ 20+12 $\phi$ 16
P21	0.50	0.50	5.0	100	4 $\phi$ 20+12 $\phi$ 16
P22	0.50	0.50	5.0	100	4 $\phi$ 20+12 $\phi$ 16
P23	0.50	0.50	5.0	100	16 $\phi$ 16
P24	0.50	0.50	5.0	100	16 $\phi$ 16
P25	0.50	0.50	5.0	100	16 $\phi$ 16
P26	0.50	0.50	5.0	100	16 $\phi$ 16
P27	0.50	0.50	5.0	100	16 $\phi$ 16
P28	0.50	0.50	5.0	100	16 $\phi$ 16
P29	0.50	0.50	5.0	100	4 $\phi$ 20+12 $\phi$ 16
P30	0.50	0.50	5.0	100	4 $\phi$ 20+12 $\phi$ 16

### 3.3.1.2. Armaduras de Esforço Transverso

Na Tabela 3.20 resumem-se os cálculos utilizados no dimensionamento das armaduras transversais dos pilares.

**Tabela 3.20 – Geometria e Cálculo das Cintas**

Pilares	b [m]	h [m]	$V_{Ed,máx}$ [kN]	$(A_{sw/s})_{calc}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Nº ramos	$(A_{sw/s})_{ramo}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Transversais
P1	0.50	0.50	120.0	6.8	4.0	1.7	$\phi$ 8//0.20
P2	0.50	0.50	147.1	8.4	4.0	2.1	$\phi$ 8//0.20
P3	0.50	0.50	110.2	6.3	4.0	1.6	$\phi$ 8//0.20
P4	0.50	0.50	156.9	8.9	4.0	2.2	$\phi$ 8//0.20
P5	0.50	0.50	131.5	7.5	4.0	1.9	$\phi$ 8//0.20
P6	0.50	0.50	125.4	7.1	4.0	1.8	$\phi$ 8//0.20
P7	0.50	0.50	72.1	4.1	4.0	1.0	$\phi$ 8//0.25
P8	0.50	0.50	80.8	4.6	4.0	1.1	$\phi$ 8//0.25
P9	0.50	0.50	93.2	5.3	4.0	1.3	$\phi$ 8//0.25
P10	0.50	0.50	213.3	12.1	4.0	3.0	$\phi$ 8//0.15
P11	0.50	0.50	230.7	13.1	4.0	3.3	$\phi$ 8//0.15
P12	0.50	0.50	202.2	11.5	4.0	2.9	$\phi$ 8//0.15
P13	0.50	0.50	92.3	5.2	4.0	1.3	$\phi$ 8//0.25
P14	0.50	0.50	81.1	4.6	4.0	1.2	$\phi$ 8//0.25
P15	0.50	0.50	60.0	4.0	4.0	1.0	$\phi$ 8//0.25
P16	0.50	0.50	56.8	4.0	4.0	1.0	$\phi$ 8//0.25
P17	0.50	0.50	57.6	4.0	4.0	1.0	$\phi$ 8//0.25
P18	0.50	0.50	58.3	4.0	4.0	1.0	$\phi$ 8//0.25
P19	0.50	0.50	59.3	4.0	4.0	1.0	$\phi$ 8//0.25
P20	0.50	0.50	62.8	4.0	4.0	1.0	$\phi$ 8//0.25
P21	0.50	0.50	68.5	4.0	4.0	1.0	$\phi$ 8//0.25

Pilares	b [m]	h [m]	V <sub>Ed,máx</sub> [kN]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>calc</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Nº ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras Transversais
P22	0.50	0.50	104.6	5.9	4.0	1.5	φ8//0.25
P23	0.50	0.50	54.6	4.0	4.0	1.0	φ8//0.25
P24	0.50	0.50	59.9	4.0	4.0	1.0	φ8//0.25
P25	0.50	0.50	65.9	4.0	4.0	1.0	φ8//0.25
P26	0.50	0.50	75.7	4.3	4.0	1.1	φ8//0.25
P27	0.50	0.50	81.3	4.6	4.0	1.2	φ8//0.25
P28	0.50	0.50	83.4	4.7	4.0	1.2	φ8//0.25
P29	0.50	0.50	73.1	4.1	4.0	1.0	φ8//0.25
P30	0.50	0.50	63.0	4.0	4.0	1.0	φ8//0.25

### 3.3.2. Estados Limites de Fendilhação

A verificação dos Estados Limites de Fendilhação foi analisada no programa "GaLa Reinforcement". A fendilhação é verificada sempre que  $W_k$  for inferior a 0.3 mm para as classes de exposição XC2.

#### Pilares do Grupo 1

Tabela 3.21 – Estado Limite de Fendilhação no Pilar P1 (Grupo 1)

Load	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Load	Bar	es [o/oo]	ec [o/oo]	S <sub>rm</sub> [mm]	W <sub>m</sub> [mm]	W <sub>k</sub> [mm]	W <sub>s</sub> [mm]
L1	-235	-229	213	L1	1	1.73	-1.35	76.592	0.13249	0.22524	0.26964
L2	-163	-116	131	L2	1	0.89	-0.72	70.014	0.06265	0.10650	0.12751
L3	-265	135	-234	L3	11	1.39	-1.09	72.011	0.10037	0.17063	0.20424

#### Pilares do Grupo 2

Tabela 3.22 – Estado Limite de Fendilhação no Pilar P2 (Grupo 2)

Load	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Load	Bar	es [o/oo]	ec [o/oo]	S <sub>rm</sub> [mm]	W <sub>m</sub> [mm]	W <sub>k</sub> [mm]	W <sub>s</sub> [mm]
L1	-875	164	139	L1	13	0.77	-0.98	85.156	0.06539	0.11116	0.13883
L2	-1098	88	-176	L2	9	0.43	-0.81	76.851	0.03329	0.05660	0.07400
L3	-432	-99	47	L3	1	0.33	-0.45	77.897	0.02569	0.04367	0.05415

#### Pilares do Grupo 3

Tabela 3.23 – Estado Limite de Fendilhação no Pilar P7 (Grupo 3)

Load	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Load	Bar	es [o/oo]	ec [o/oo]	S <sub>rm</sub> [mm]	W <sub>m</sub> [mm]	W <sub>k</sub> [mm]	W <sub>s</sub> [mm]
L1	-328	68	-121	L1	9	0.86	-0.71	119.932	0.10264	0.17448	0.20885
L2	-113	11	30	L2							No cracks
L3	-344	84	-91	L3	9	0.68	-0.64	133.126	0.09007	0.15311	0.18494

#### Pilares do Grupo 4

Tabela 3.24 – Estado Limite de Fendilhação no Pilar P10 (Grupo 4)

Load	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Load	Bar	es [o/oo]	ec [o/oo]	S <sub>rm</sub> [mm]	W <sub>m</sub> [mm]	W <sub>k</sub> [mm]	W <sub>s</sub> [mm]
L1	-82	98	81	L1	5	1.01	-0.67	85.492	0.08628	0.14668	0.17311
L2	-249	11	-83	L2	9	0.24	-0.30	85.672	0.02091	0.03555	0.04273
L3	-343	134	-7	L3	9	0.55	-0.46	88.725	0.04855	0.08254	0.09831

### 3.4. Maciços de Encabeçamento das Estacas

#### 3.4.1. Estados Limites Últimos

Os maciços de encabeçamento são elementos que têm como função transmitir os esforços da superestrutura às estacas. Neste edifício consideraram-se para todos os maciços seções de 1.0 m x 1.0 m x 1.2 m.

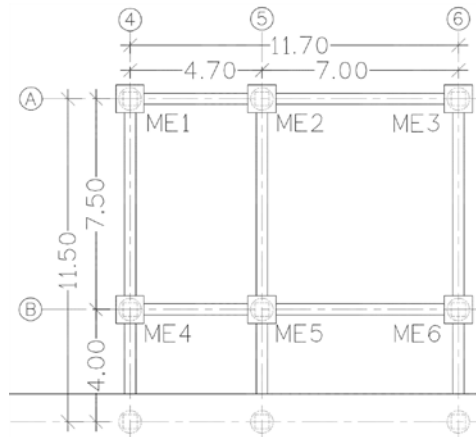


Figura 3.54 – Identificação dos Maciços

O processo de dimensionamento dos maciços foi semelhante ao utilizado nos pilares. Consideraram-se para materiais, o betão da classe C25/30 ( $f_{ck}=25$  MPa) e o aço A500 NR ( $f_{syk}=500$  MPa)

Na Figura 3.55 apresentam-se os ábacos de flexão composta desviada que foram considerados no dimensionamento do maciço de fundação M1.

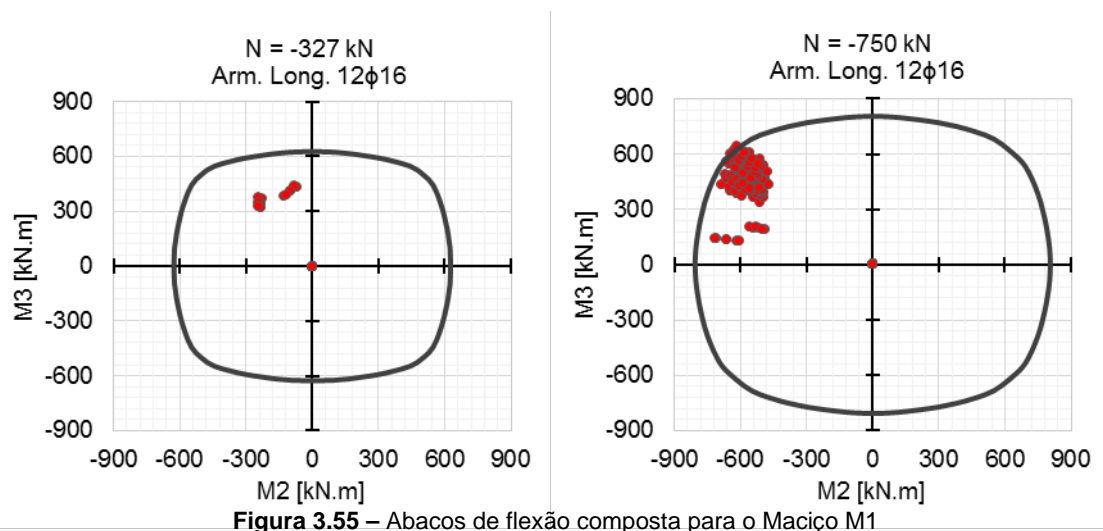


Figura 3.55 – Ábacos de flexão composta para o Maciço M1

Os restantes maciços foram calculados de um modo idêntico tendo-se considerado para todos as mesmas armaduras.

### 3.4.1.1. Armaduras de Flexão Composta

Na Tabela 3.25 resume-se os resultados do dimensionamento realizado.

**Tabela 3.25** – Geometria e Armaduras Longitudinais dos Maciços

Maciços	h [m]	d [m]	b [m]	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,máx}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armadura Longitudinal Adotada
M1 a M6	1.00	0.95	1.00	20.0	400.0	12 $\phi$ 16

### 3.4.1.2. Armaduras de Esforço Transverso

Relativamente ao esforço transverso, foi utilizado o mesmo procedimento dos pilares.

Na Tabela 3.26 indica-se as armaduras transversais que foram consideradas em função dos esforços de cálculo mais condicionantes.

**Tabela 3.26** – Cálculo das Armaduras Transversais dos Maciços

Maciços	$V_{Ed,máx}$ [kN]	$(A_{sw/s})_{calc}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Nº Ramos	$(A_{sw/s})_{ramo}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armadura Transversal Adotada
M1 a M6	204.6	8.0	2.0	4.0	$\phi$ 8//0.125

### 3.4.2. Estado Limite de Fendilhação

A verificação dos Estados Limites de Fendilhação nos maciços, foi analisada no programa "GaLa Reinforcement" para as combinações de ações mais desfavoráveis. A fendilhação é verificada sempre que  $W_k$  é inferior a 0.3, para classe de exposição XC2.

**Tabela 3.27** – Estado Limite de Fendilhação nos Maciços

Load	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Load	Bar	es [o/oo]	ec [o/oo]	S <sub>rm</sub> [mm]	W <sub>m</sub> [mm]	W <sub>k</sub> [mm]	W <sub>s</sub> [mm]
L1	-503	304	-29	L1							No cracks
L2	-1094	-645	3.5	L2	1	0.64	-0.43	173.390	0.11162	0.18975	0.20348
L3	-1287	251	20	L3							No cracks
L4	-890	-407	440	L4	1	1.02	-0.66	174.958	0.17930	0.30482	0.32920

### 3.5. Estacas

As estacas são elementos de fundação da estrutura que tem como função principal transmitir todas as cargas da superestrutura aos diferentes estratos do terreno.

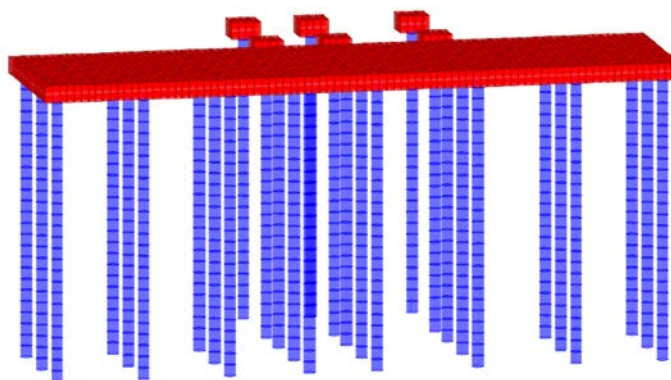


Figura 3.56 – Modelo das Estacas e respetivos Maciços de Encabeçamento

#### 3.5.1. Rigidez das Molas

De modo a proceder-se ao dimensionamento das estacas foram introduzidas “molas” nos modelos estudados, de modo a simular as rigidezes dos diferentes estratos do terreno.

Na Tabela 3.28 indicam-se as rigidezes das "molas" que foram consideradas.

Tabela 3.28 – Rigidez das "molas" em função da profundidade

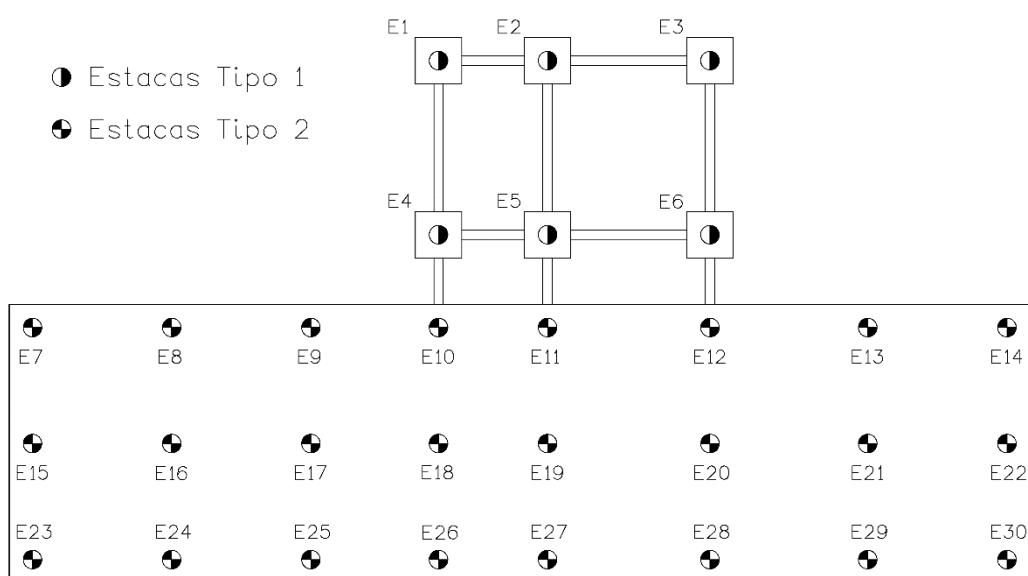
Molas	Tipo de Terreno	Parâmetros	Z [m]	$K_z$	$K_z$	$K_w$
1	Aterro	$n_h=200 \text{ kN/m}^3$	-1	250	250	-
2	Argilas Moles	$E_s=7570 \text{ kPa}$	-2	5244	5244	-
3			-3	5244	5244	-
4			-4	5244	5244	-
5			-5	5244	5244	-
6			-6	5244	5244	-
7			-7	5244	5244	-
8			-8	5244	5244	-
9			-9	5244	5244	-
10			-10	5244	5244	-
11			-11	5244	5244	-
12			-12	5244	5244	-
13			-13	5244	5244	-
14			-14	5244	5244	-
15			-15	5244	5244	-
16	Argilas Médias	$E_s=9420 \text{ kPa}$	16	6645	6645	-
17			17	6645	6645	-
18			18	6645	6645	-
19			19	6645	6645	-
20			20	6645	6645	-
21			21	6645	6645	-
22			22	6645	6645	-
23			23	6645	6645	-
24			24	6645	6645	-
25			25	6645	6645	-
26			26	6645	6645	16911

### 3.5.2. Estados Limites Últimos

#### 3.5.2.1. Armaduras de Flexão

Na estrutura das fundações do Edifício foram consideradas 2 grupos de estacas. As do Tipo 1 que fazem parte dos maciços de encabeçamento na base da Torre, e as do Tipo 2 incluídas no ensoleiramento na Zona de Carregamento.

Para os dois tipos de estacas foram dimensionadas as seções correspondentes aos primeiros 5 metros onde os esforços são maiores, bem como as restantes seções dos últimos 21 metros com esforços inferiores.

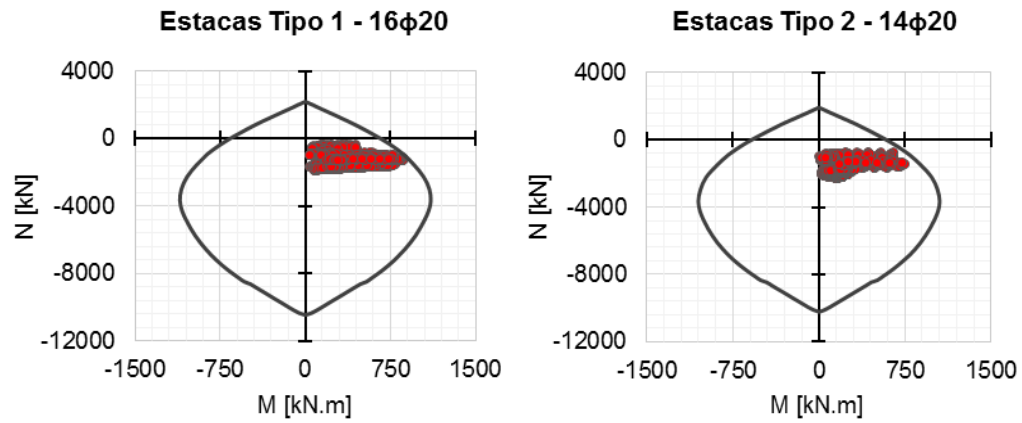


**Figura 3.57** – Planta das Fundações com a identificação das Estacas

As armaduras longitudinais foram dimensionadas no "*GaLa Reinforcement*", comparando os ábacos resistentes com os esforços de cálculo referentes às combinações de ações condicionantes para os Estados Limites Últimos.

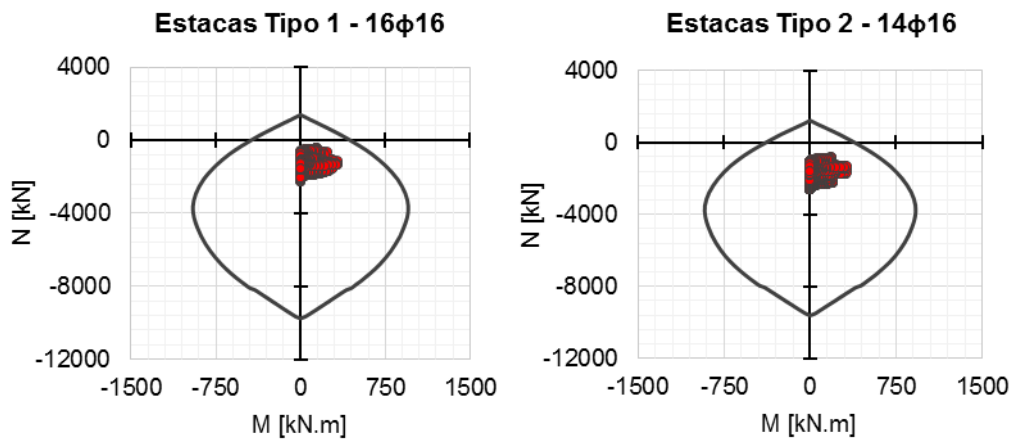
Nas Figuras 3.58 e 3.59 estão indicados os ábacos de dimensionamento das seções das estacas do Tipo 1 e do Tipo 2.

### Seções entre as cotas 0 e -5 m



**Figura 3.58** – Ábacos de flexão simples composta das Estacas nas seções até aos 5 metros de profundidade

### Seções entre as cotas -5 e -26 m



**Figura 3.59** – Ábaco de flexão simples composta nas Estacas nas seções abaixo dos 5 metros de profundidade

### 3.5.2.2. Armaduras de Esforço Transverso

As cintas helicoidais foram calculadas através de uma folha de cálculo em "Excel", a partir dos esforços envolventes de cálculo mais condicionantes.

Os resultados estão resumidos na Tabela 3.29.

**Tabela 3.29 – Armaduras de Esforço Transverso nas Estacas**

Estacas	Até -5 m de Profundidade		A partir dos 5 metros de Profundidade	
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2
$V_{Ed}$ [kN]	243.95	238.47	80.56	42.69
$z$ [m]	0.675	0.675	0.675	0.675
$f_{ywd}$ [MPa]	435	435	435	435
$(A_{sw/s})$ [cm <sup>2</sup> /m]	8.31	8.12	2.74	1.45
Nº Ramos	2	2	2	2
$(A_{sw/s})_{ramo}$ [cm <sup>2</sup> /m]	4.15	4.06	1.37	0.73
Armaduras Adotadas	φ10//0.15	φ10//0.15	φ8//0.25	φ8//0.25



## **A – PEÇAS ESCRITAS**

### **IV. CONCLUSÕES**



# CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu conhecer as fases envolvidas na conceção de um projeto de estruturas metálicas e de betão armado, na parte respeitante aos elementos escritos e desenhados.

Com este projeto foi possível atingir os seguintes objetivos:

- Adquirir os conhecimentos necessários e suficientes para a elaboração de um projeto de estabilidade;
- Pôr em prática os conhecimentos adquiridos em programas de cálculo automático de estruturas, tanto na modelação como no dimensionamento;
- A possibilidade de se ter conhecido e trabalhado no dimensionamento de estruturas com outros programas, tais como: o "SAP2000", o "GaLa Reinforcement", o "Robot Structural Analysis Professional", o "SemiComp", entre outros.
- O contacto com algumas técnicas de pré-dimensionamento fundamentais em projeto de estruturas.
- O estudo mais aprofundado dos Eurocódigos:
  - Eurocódigo 0;
  - Eurocódigo 1 (Ações Gerais, Ações do Vento e Ações Térmicas);
  - Eurocódigo 2;
  - Eurocódigo 3 (Regras Gerais para Edifícios e Ligações);
  - Eurocódigo 8.
- A possibilidade de pôr em prática os conhecimentos adquiridos em "Excel", que permitiram a realização de:
  - Ábacos e Tabelas de Dimensionamento de Elementos Metálicos;
  - Tabelas de dimensionamento à flexão e ao esforço transversal de seções de betão armado de vigas e lajes;
  - Tabelas de dimensionamento, com recurso ao VBA, de seções de pilares de betão armado à flexão composta com tração/compressão.
- A utilização do "AutoCad" na realização de elementos desenhados em 2D e 3D.
- A redescoberta de alguns livros na biblioteca do ISEL, que foram importantes na realização deste projeto.

Os conhecimentos e experiência adquiridos neste projeto, que tanto entusiasmo criou, serão de extrema importância no início da vida profissional.

No seguimento deste projeto, fazem parte dos objetivos imediatos a atingir:

- A realização de outros projetos na área de engenharia de estruturas;
- O aprofundamento de conhecimentos necessários à concepção e dimensionamento de ligações metálicas aparafusadas e soldadas;
- A possibilidade de trabalhar com outros programas de cálculo automático, sobretudo recorrendo à análise de 2ª ordem;
- O estudo das seções da classe 4;
- A análise de seções enformadas a frio com aços leves.