

## **II. MEMÓRIA JUSTIFICATIVA**



# ÍNDICE

1. QUANTIFICAÇÃO DE AÇÕES .....	1
1.1. Peso Próprio.....	1
1.2. Cargas Permanentes.....	4
1.2.1. Chapas dos revestimentos dos Alçados Exteriores .....	4
1.2.2. Chapas dos revestimentos das Coberturas .....	6
1.2.3. Chapas dos Pavimentos.....	7
1.2.4. Carga Permanente dos Equipamentos .....	8
1.2.5. Laje da Sala Elétrica.....	9
1.3. Sobrecargas .....	9
1.3.1. Vigas dos Pavimentos .....	9
1.3.2. Sobrecargas dos Equipamentos.....	10
1.3.3. Sobrecargas nas Coberturas metálicas .....	11
1.3.4. Sobrecargas na Laje da Sala Elétrica e no Maciço de Ensoleiramento..	13
1.4. Ação Térmica .....	14
1.5. Ação do Vento.....	15
1.5.1. Determinação da Pressão Dinâmica de Pico.....	18
1.5.2. Determinação do Coeficiente Estrutural.....	19
1.5.3. Determinação dos Coeficientes de Pressão .....	20
1.5.4. Forças exercidas pelo Vento .....	24
1.5.5. Aplicação das ações no programa de elementos finitos .....	31
1.6. Ação do Sismo .....	39
2. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA METÁLICA.....	43
2.1. Análise Estrutural.....	43
2.2. Dimensionamento das Barras metálicas da Estrutura.....	45
2.2.1. Vigas das Coberturas 1, 2 e 3 .....	45
2.2.2. Madres dos Alçados Laterais das Zonas A e B.....	50
2.2.3. Travamentos.....	61

2.2.4.	Vigas dos Pisos Interiores .....	65
2.2.5.	Pórticos - Dimensionamento das Colunas - Viga .....	106
2.3.	Verificação das deformações máximas para os Pórticos mais solicitados .....	186
2.3.1.	Estados Limites Utilização .....	186
2.4.	Ligações Metálicas .....	188
2.4.1.	Ligações Soldadas .....	188
2.4.2.	Ligações Aparafusadas .....	190
3.	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE BETÃO ARMADO .....	197
3.1.	Estados Limites Últimos .....	197
3.1.1.	Lajes .....	197
3.1.2.	Vigas .....	205
3.1.3.	Pilares .....	213
3.1.4.	Maciços de Encabeçamento das Estacas .....	215
3.1.5.	Plintos .....	217
3.1.6.	Estacas .....	220

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Definição dos Materiais.....	1
Figura 1.2 - Modelo unifilar em 3D.....	2
Figura 1.3 - Seleção dos nós que serviram para a determinação das reações verticais. .....	2
Figura 1.4 - Peso das chapas de revestimento dos alçados nas Madres da Zona A.....	4
Figura 1.5 - Peso das chapas de revestimento dos alçados nas Madres da Zona B.....	5
Figura 1.6 - Peso das chapas de revestimento nas Coberturas 1 e 2.....	6
Figura 1.7- Ações nas Vigas dos Pavimentos.....	7
Figura 1.8 - Cargas Permanentes dos Equipamentos.....	8
Figura 1.9 – Peso próprio da Navete.....	8
Figura 1.10 – Carga Permanente na Laje da Cobertura na Sala Elétrica (kN/m <sup>2</sup> ).....	9
Figura 1.11 - Sobrecargas nas Vigas dos Pisos.....	10
Figura 1.12 - Sobrecarga dos Equipamentos Mecânicos nos Pisos.....	10
Figura 1.13 – Sobrecarga da Navete.....	11
Figura 1.14 - Sobrecarga nas Coberturas 1 e 2.....	12
Figura 1.15 - Sobrecargas na Cobertura 3.....	12
Figura 1.16 - Sobrecarga na Laje da Sala Elétrica (kN/m <sup>2</sup> ).....	13
Figura 1.17 - Sobrecarga no Maciço de Ensoleiramento (kN/m <sup>2</sup> ).....	13
Figura 1.18 - Variação Uniforme da Temperatura Positiva (VUT+) em °C.....	14
Figura 1.19 - Variação Uniforme de Temperatura Negativa (VUT-) em °C.....	14
Figura 1.20 - Forças do Vento nos Alçados.....	15
Figura 1.21 - Coberturas 1, 2 e Cobertura da Sala Elétrica.....	15
Figura 1.22 - Forças do Vento na Cobertura 3.....	16
Figura 1.23 - Identificação das vigas das Coberturas 1 e 2.....	16
Figura 1.24 - Identificação das vigas da Cobertura 3.....	16
Figura 1.25 - Identificação das Madres dos Alçados da Zona A.....	17
Figura 1.26 - Identificação das Madres dos Alçados da Zona B.....	17
Figura 1.27 - Alturas de Referência Ze.....	18
Figura 1.28 - Coeficientes de Pressão Exteriores nos Alçados na direção W <sub>x</sub> .....	20
Figura 1.29 - Coeficientes de Pressão Exteriores nos Alçados na direção W <sub>xx</sub> .....	20
Figura 1.30 - Coeficientes de Pressão Exteriores nos Alçados na direção W <sub>y</sub> .....	20
Figura 1.31 - Coeficientes de Pressão Exteriores nos Alçados na direção W <sub>yy</sub> .....	21
Figura 1.32 - Coeficientes Pressão Exteriores nas Coberturas na direção W <sub>x</sub> .....	21
Figura 1.33 - Coeficientes Pressão Exteriores nas Coberturas na direção W <sub>xx</sub> .....	22

Figura 1.34 - Coeficientes Pressão Exteriores em Coberturas na direção Wy. ....	22
Figura 1.35 - Coeficientes Pressão Exteriores nas Coberturas na direção Wyy.....	23
Figura 1.36 - Ações na Madre $M_{5,A}$ na direção do Vento Wx. ....	31
Figura 1.37 - Ações aplicadas na Madre $M_{8,B}$ na direção do Vento wx. ....	32
Figura 1.38 - Ações aplicadas na Madre $M_{9,B}$ na direção do vento Wy. ....	33
Figura 1.39 - Ações aplicadas nas Vigas da Cobertura 1 na direção do Vento Wx. ....	34
Figura 1.40 - Ações aplicadas nas Madres da Cobertura 1 na direção do vento Wyy2. .....	35
Figura 1.41 – Ações nas Vigas da Cobertura 2 na direção do Vento $W_{y1}$ (sucção). ....	36
Figura 1.42 - Ações nas Vigas da Cobertura 3 na direção do Vento Wx1. ....	37
Figura 1.43 - Ações nas Vigas da Cobertura 3 na direção do Vento Wy1. ....	38
Figura 1.44 - Espectros de Cálculo Tipo 1 e Tipo 2. ....	39
Figura 1.45 - Exemplo da Combinação Direcional para o Espectro de Cálculo da Ação Sísmica Tipo 1. ....	40
Figura 1.46 - 1º Modo de Vibração. ....	41
Figura 1.47 - 2º Modo de Vibração. ....	41
Figura 2.1 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas da Cobertura 1. ....	45
Figura 2.2 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas da Cobertura 2. ....	45
Figura 2.3 – Planta com a Geometria e Identificação das Vigas da Cobertura 3. ....	46
Figura 2.4 - Ábacos de Flexão Desviada dos IPE'S. ....	46
Figura 2.5 - Ábacos de deformação. ....	47
Figura 2.6 - Identificação das Madres dos Alçados Laterais - Zona A. ....	50
Figura 2.7 - Identificação das Madres dos Alçados Laterais - Zona B. ....	50
Figura 2.8 - Ábacos de Pré-Dimensionamento dos perfis UPN'S à Flexão Desviada..	51
Figura 2.9 - Ábacos de Pré-Dimensionamento das Madres dos Alçados Laterais à Deformação. ....	51
Figura 2.10 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 1 e 2. ....	65
Figura 2.11 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 2 e 3. ....	65
Figura 2.12 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 3 e 4. ....	68
Figura 2.13 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 4 e 5. ....	68
Figura 2.14 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 5 e 6. ....	70

Figura 2.15 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 6 e 7. ....	70
Figura 2.16 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 7 e 8. ....	72
Figura 2.17 – Deslocamentos verticais. ....	73
Figura 2.18 - Identificação dos nós do Piso 1 entre os Alinhamentos 1 e 2.....	74
Figura 2.19 - Identificação dos nós do Piso 1 entre os Alinhamentos 2 e 5.....	75
Figura 2.20 - Identificação dos nós do Piso 1 entre os Alinhamentos 5 e 8.....	75
Figura 2.21 - Planta da Geometria do Piso 2. ....	78
Figura 2.22 - Planta com a Identificação das barras do "Sap".....	78
Figura 2.23 - Identificação dos nós das Vigas Interiores do Piso 2. ....	81
Figura 2.24 - Planta com a Geometria e Identificação das barras do "Sap2000" do Piso 3 dos Alinhamentos 1 e 2. ....	83
Figura 2.25 - Planta com a Geometria e Identificação das barras do "Sap" do Piso 3 dos Alinhamentos 2 e 3. ....	83
Figura 2.26 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos 3 e 4. ....	85
Figura 2.27 - Planta com a Geometria das Vigas Interiores do Piso 3 Alinhamentos 4, 5 e 6. ....	86
Figura 2.28 - Planta com a Identificação das barras do Piso 3 Alinhamentos 4, 5 e 6 do "Sap". ....	87
Figura 2.29 - Planta com a Geometria das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos 6, 7 e 8.....	88
Figura 2.30 - Planta de Identificação das barras do Piso 3 Alinhamentos 6, 7 e 8 do "Sap". ....	88
Figura 2.31 - Planta com a Geometria e Identificação das barras do Piso 3 Alinhamentos B e C do "Sap". ....	89
Figura 2.32 - Identificação dos nós do Piso 3 entre os Alinhamentos 1 e 4.....	90
Figura 2.33 - Identificação dos nós do Piso 3 entre os Alinhamento 4 e 6. ....	90
Figura 2.34 - Identificação dos nós do Piso 3 entre os Alinhamento 6 e 8. ....	90
Figura 2.35 - Identificação dos nós do Piso 3 entre os Alinhamento B e C. ....	91
Figura 2.36 – Planta da Geometria do Piso 4. ....	93
Figura 2.37 - Planta com a Identificação das barras do Piso 4 do "Sap".....	93
Figura 2.38 - Identificação dos nós das Vigas do Piso 4. ....	95
Figura 2.39 - Planta com a Geometria do Piso 5.....	97
Figura 2.40 - Planta com a Identificação das barras do Piso 5 do "Sap".....	97
Figura 2.41 - Identificação dos nós das Vigas do Piso 5. ....	99

Figura 2.42 - Planta com a Geometria do Piso 6.....	101
Figura 2.43 - Planta com a Identificação das barras do Piso 6 do " Sap".....	101
Figura 2.44 - Identificação dos nós das Vigas do Piso 6.....	104
Figura 2.45 - Fluxograma simplificado de dimensionamento das Colunas – Viga.....	107
Figura 2.46 - Ábacos de Encurvadura por Compressão.....	108
Figura 2.47 – Flexão Composta ( $N+M_y$ ) equações 6.61 e 6.62 (*). .....	109
Figura 2.48 – Flexão Composta ( $N+M_z$ ) equações 6.61 e 6.62 (*). .....	110
Figura 2.49 - Identificação da Travessa.....	111
Figura 2.50 - Identificação das Barras que constituem a Travessa.....	111
Figura 2.51 - Diagrama do Esforço Axial ( $N_{Ed}$ ).....	112
Figura 2.52 - Diagrama de Esforço Transverso ( $V_{Ed}$ ). .....	112
Figura 2.53 - Diagrama de Momentos ( $M_{Ed,y}$ ). .....	112
Figura 2.54 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico (Secção mais esforçada)...	119
Figura 2.55 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico (Coluna-Viga).....	120
Figura 2.56 - Identificação da Travessa do Pórtico. ....	122
Figura 2.57 - Identificação das Barras da Travessa do Pórtico. ....	122
Figura 2.58 - Diagrama de Esforço Axial ( $N_{Ed}$ ).....	122
Figura 2.59 - Diagrama de Momentos ( $V_{Ed}$ ). .....	122
Figura 2.60 - Diagrama de Momentos ( $M_{Ed,y}$ ) .....	123
Figura 2.61 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico (Secção mais esforçada)...	130
Figura 2.62 - Travamentos Laterais na Travessa.....	131
Figura 2.63 - Esforços Atuantes de Cálculo na Travessa.....	132
Figura 2.64 - Ações e Diagrama de Momentos ( $M_{Ed,y}$ ) na Travessa.....	132
Figura 2.65 - Identificação das Barras que constituem a Travessa. ....	134
Figura 2.66 - Diagrama de Esforço Axial ( $N_{Ed}$ ). .....	134
Figura 2.67 - Diagrama de Esforço Transverso ( $V_{Ed}$ ). .....	135
Figura 2.68 - Diagrama de Momentos ( $M_{Ed,y}$ ). .....	135
Figura 2.69 - Dimensionamento do Tramo 1 da Travessa do Pórtico (Secção mais solicitada). .....	141
Figura 2.70 - Dimensionamento do Tramo 1 da Travessa do Pórtico (Coluna-Viga). 142	
Figura 2.71 - Dimensionamento do Tramo 2 da Travessa do Pórtico (Secção mais solicitada). .....	146
Figura 2.72 - Dimensionamento do Tramo 1 da Travessa do Pórtico (Coluna-Viga). 147	
Figura 2.73 - Identificação das Barras da Coluna do Pórtico.....	150
Figura 2.74 - Diagramas de Esforços de Cálculo da Coluna do Pórtico. ....	151
Figura 2.75 - Diagramas de Esforços de Cálculo da Coluna do Pórtico. ....	151
Figura 2.76 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Secção mais solicitada).....	157



Figura 2.77 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Coluna-Viga). .....	158
Figura 2.78 - Identificação das Barras da Coluna do Pórtico.....	160
Figura 2.79 – Diagramas de Esforços $N_{Ed}$ , $V_{Ed,z}$ e $V_{Ed,y}$ . .....	160
Figura 2.80 - Diagramas de Esforços $M_{Ed,z}$ e $M_{Ed,y}$ . .....	161
Figura 2.81 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Secção mais solicitada).....	167
Figura 2.82 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Coluna-Viga). .....	168
Figura 2.83 - Identificação das Barras que constituem a Coluna do Pórtico.....	170
Figura 2.84 - Diagramas de Esforços $N_{Ed}$ , $V_{Ed,z}$ e $V_{Ed,y}$ . .....	170
Figura 2.85 - Diagramas de Esforços $M_{Ed,z}$ e $M_{Ed,y}$ . .....	171
Figura 2.86 - Indicação da localização dos travamentos.....	174
Figura 2.87 - Diagrama de esforço Axial $N_{Ed}$ . .....	174
Figura 2.88 - Diagrama de Momentos $M_{Ed,y}$ . .....	174
Figura 2.89 – Deformada correspondente ao 1º Modo.....	174
Figura 2.90 - Identificação das Barras que constituem a Coluna do Pórtico.....	176
Figura 2.91 - Diagramas de Esforços $N_{Ed}$ , $V_{Ed,z}$ e $V_{Ed,y}$ . .....	176
Figura 2.92 - Diagramas de Esforços $M_{Ed,z}$ , e $M_{Ed,y}$ . .....	177
Figura 2.93 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Secção mais solicitada).....	183
Figura 2.94 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Coluna-Viga). .....	184
Figura 2.95 - Deslocamentos horizontais. ....	186
Figura 2.96 - Identificação das Vigas do Piso Tipo. ....	188
Figura 2.97 - Pormenor de ligação soldada entre a Vigas.....	189
Figura 2.98 – Pormenor da Ligação Coluna-Travessa (HEA 180 – IPE 240). .....	190
Figura 2.99 - Pormenor da Ligação Coluna-Travessa (HEA 260 – IPE 240).....	191
Figura 2.100 - Pormenor da Ligação Coluna-Travessa (HEA 280 – IPE 240).....	192
Figura 2.101 - Pormenor da Ligação Viga Principal – Viga Interior (IPE 330 – IPE 270). .....	193
Figura 2.102 - Pormenor da Ligação Viga Principal – Viga Interior (IPE 240 – IPE 220). .....	194
Figura 2.103 - Pormenor da Ligação Viga Principal – Viga Interior (IPE 270 – IPE 200). .....	195
Figura 2.104 - Pormenor da Ligação Coluna – Plinto.....	196
Figura 3.1 - Identificação dos Eixos Locais da laje.....	197
Figura 3.2 - Envoltentes Máximas dos Momentos Positivos e Negativos de Cálculo M22 (kN.m/m).....	198
Figura 3.3 - Envoltentes Máximas dos Momentos Positivos e Negativos de Cálculo M11 (kN.m/m).....	198

Figura 3.4 - Envolturas Máximas dos Momentos Positivos e Negativos de Cálculo M12 (kN.m/m).....	199
Figura 3.5 - Envoltura Máxima dos Momentos Positivos de Cálculo M11 (kN.m/m). 200	
Figura 3.6 - Envoltura Mínima dos Momentos Negativos de Cálculo M11 (kN.m/m). .....	200
Figura 3.7 - Envoltura Máxima dos Momentos Positivos de Cálculo M22 (kN.m/m). .....	201
Figura 3.8 - Envoltura Mínima dos Momentos Negativos de Cálculo M22 (kN.m/m). .....	201
Figura 3.9 - Envoltura Máxima dos Momentos Positivos de Cálculo M12 (kN.m/m). .....	202
Figura 3.10 - Envoltura Mínima dos Momentos Negativos de Cálculo M12 (kN.m/m). .....	202
Figura 3.11 - Identificação das faixas na laje de ensoleiramento – Armaduras Inferiores. .....	203
Figura 3.12 - Identificação das faixas na laje de ensoleiramento – Armaduras Superiores. .....	203
Figura 3.13 - Geometria e Identificação das Vigas no "Sap". .....	205
Figura 3.14 - Planta com a Geometria das Vigas de Fundação. ....	208
Figura 3.15 - Ábaco de Flexão Composta Desviada com Esforço Axial de Traço e Compressão - Pilares P1 e P3.....	213
Figura 3.16 - Ábaco de Flexão Composta Desviada com Esforço Axial de Traço e Compressão - Pilares P2 e P4.....	214
Figura 3.17 - Ábacos de Flexão Composta Desviada com Esforço Axial de Compressão – Maciços. ....	215
Figura 3.18 - Ábaco de Flexão Composta Desviada com Esforço Axial de Compressão. .....	217
Figura 3.19 - Maciço de Ensoleiramento e Estacas. ....	220
Figura 3.20 - Ábaco de Flexão Composta para as Estacas com 820 – Zona A.....	221
Figura 3.21 - Ábaco de Flexão Composta para as Estacas com 1225 – Zona B.....	222

# ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 - Resultados das reações verticais no modelo e peso total de todos os elementos da estrutura. ....	3
Tabela 1.2 - Ações nas Madres da zona A. ....	4
Tabela 1.3 - Ações nas Madres da Zona B. ....	5
Tabela 1.4 - Ações nas Coberturas 1, 2 e 3. ....	6
Tabela 1.5 – Peso das Chapas dos pavimentos das Vigas do Piso 4. ....	7
Tabela 1.6 – Sobrecargas nas Vigas do Pavimento do Piso 5. ....	9
Tabela 1.7 - Sobrecargas nas Coberturas 1, 2 e 3. ....	11
Tabela 1.8 - Pressão Dinâmica de Pico para as diferentes alturas de referência Ze... 18	
Tabela 1.9 - Determinação do Coeficiente Estrutural. ....	19
Tabela 1.10 - Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores nos Alçados da Zona A. ....	24
Tabela 1.11 - Coeficientes de Pressão Interiores e Forças Interiores nos Alçados da Zona A. ....	24
Tabela 1.12 - Forças resultantes nos Alçados na Zona A. ....	25
Tabela 1.13 - Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores nos Alçados na Zona B. ....	25
Tabela 1.14 - Coeficientes de Pressão Interiores e Forças Interiores nos Alçados nas várias direções do vento na Zona B. ....	26
Tabela 1.15 - Força resultante Exterior nos Alçados da Zona B do Edifício. ....	26
Tabela 1.16 - Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores na Cobertura 1 para as várias direções do Vento. ....	27
Tabela 1.17 - Coeficientes de Pressão Interiores e Forças Interiores na Cobertura 1 para as várias direções do Vento. ....	27
Tabela 1.18 - Forças resultantes para a Cobertura 1 para as várias direções do Vento. ....	27
Tabela 1.19 - Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores na Cobertura 2 para as várias direções do Vento. ....	28
Tabela 1.20 - Coeficientes de Pressão Interiores e Forças Interiores na Cobertura 2 para as várias direções do Vento. ....	28
Tabela 1.21 - Forças resultantes na Cobertura 2 para as várias direções do Vento. ..	28
Tabela 1.22 – Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores na Cobertura 3 para as várias direções do Vento. ....	29

Tabela 1.23 – Coeficientes de Pressão Interiores, Forças Interiores e Força Resultante na Cobertura 3 para as várias direções do Vento. ....	29
Tabela 1.24 - Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores na Cobertura da Sala Elétrica para as várias direções do Vento. ....	30
Tabela 1.25 - Coeficientes de Pressão Interiores, Forças Interiores e Forças Resultantes na Cobertura da Sala Elétrica para as várias direções do Vento. ....	30
Tabela 1.26 - Ação do Vento nas Madres dos Alçados nas direções $W_x$ e $W_{xx}$ . ....	31
Tabela 1.27 - Ação do vento nas Madres dos Alçados nas direções $W_y$ e $W_{yy}$ . ....	31
Tabela 1.28 - Ação do Vento nos Alçados da Zona B segundo as direções $W_x$ e $W_{xx}$ . ....	32
Tabela 1.29 - Ação do Vento nas Madres dos Alçados na zona B segundo as direções $W_y$ e $W_{yy}$ . ....	33
Tabela 1.30 - Ação do Vento na Cobertura 1 segundo $W_x$ e $W_{xx}$ . ....	34
Tabela 1.31 - Ação do Vento na Cobertura 1 na direção do Vento $W_y$ . ....	34
Tabela 1.32- Ação do Vento na Cobertura 1 segundo $W_{yy1}$ (forças de sucção). ....	34
Tabela 1.33 – Forças de Pressão do Vento na Cobertura 1 na direção $W_{yy2}$ . ....	35
Tabela 1.34 - Ação do Vento na Cobertura 2 segundo $W_x$ e $W_{xx}$ . ....	35
Tabela 1.35 - Ação do Vento na Cobertura 2 segundo $W_{y1}$ (forças sucção). ....	35
Tabela 1.36 – Forças de pressão do Vento na Cobertura 2 segundo $W_{y2}$ . ....	36
Tabela 1.37 - Ação do Vento na Cobertura 2 segundo $W_{yy}$ . ....	36
Tabela 1.38 - Ação do Vento na Cobertura 3 segundo as direções $W_{x1}$ , $W_{x2}$ , $W_{xx1}$ e $W_{xx2}$ . ....	37
Tabela 1.39 - Ação do Vento nas Vigas da Cobertura 3 segundo as direções $W_{y1}$ e $W_{yy1}$ . ....	38
Tabela 1.40 - Parâmetros dos Espectros de Cálculo. ....	39
Tabela 2.1 - Determinação dos Coeficientes $\alpha_{cr}$ . ....	44
Tabela 2.2 - Dimensionamento das Secções Transversais das Vigas das Coberturas 1, 2 e 3. ....	48
Tabela 2.3 - Dimensionamento à Deformação. ....	49
Tabela 2.4 - Dimensionamento das Secções das Madres dos Alçados Laterais - Zona A. ....	52
Tabela 2.5 - Dimensionamento das Secções das Madres dos Alçados - Zona B. ....	59
Tabela 2.6 - Dimensionamento dos Travamentos dos Pórticos. ....	61
Tabela 2.7 - Dimensionamento dos Travamentos das Coberturas. ....	63
Tabela 2.8 - Dimensionamento dos Travamentos dos Pavimentos. ....	63
Tabela 2.9 - Pré - dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 1. ....	66

Tabela 2.10 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 1, 2 e 3.....	67
Tabela 2.11 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 3, 4 e 5.....	69
Tabela 2.12 - Dimensionamento das secções das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 5, 6 e 7.....	71
Tabela 2.13 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 7 e 8. ....	72
Tabela 2.14 - Deslocamentos Verticais Máximos dos "nós-vértices" do Piso 1.....	75
Tabela 2.15 - Deslocamentos Verticais das Vigas entre os Alinhamentos 1 e 2 do Piso 1. ....	76
Tabela 2.16 - Deslocamentos Verticais das Vigas entre os Alinhamentos 2 e 5 do Piso 1. ....	76
Tabela 2.17 - Deslocamentos Verticais das Vigas entre os Alinhamentos 5 e 8 do Piso 1. ....	77
Tabela 2.18 - Pré - dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 2. ....	79
Tabela 2.19 - Dimensionamento das secções das Vigas Interiores do Piso 2.....	80
Tabela 2.20 - Deslocamentos Verticais máximos dos "nós-vértices" do Piso 2.....	81
Tabela 2.21 - Deslocamentos Verticais das Vigas do Piso 2.....	82
Tabela 2.22 - Pré – dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 3. ....	84
Tabela 2.23 - Dimensionamento das secções das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos 1, 2 e 3.....	85
Tabela 2.24 – Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos 3 e 4. ....	86
Tabela 2.25 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos 4, 5 e 6.....	87
Tabela 2.26 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos 6, 7 e 8.....	88
Tabela 2.27 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos B e C. ....	89
Tabela 2.28 - Deslocamentos Verticais Máximos dos "Nós-vértices" do Piso 3. ....	91
Tabela 2.29 - Deslocamentos Verticais das Vigas do Piso 3.....	92
Tabela 2.30 - Pré – dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 4. ....	94
Tabela 2.31 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 4. ....	95
Tabela 2.32 - Deslocamentos Verticais Máximos dos "Nós-vértices" do Piso 4. ....	96
Tabela 2.33 - Deslocamentos Verticais das Vigas do Piso 4.....	96
Tabela 2.34 - Pré – dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 5. ....	98

Tabela 2.35 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 5. ....	99
Tabela 2.36 - Deslocamentos Verticais Máximos dos "Nós-vértices" do Piso 5. ....	100
Tabela 2.37 - Deslocamentos Verticais das Vigas do Piso 5.....	100
Tabela 2.38 - Pré – dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 6. ....	102
Tabela 2.39 - Dimensionamento Secções das Vigas Interiores do Piso 6.....	103
Tabela 2.40 - Deslocamentos Verticais Máximos dos "Nós-vértices" do Piso 6. ....	104
Tabela 2.41 - Deslocamentos Verticais das Vigas do Piso 6.....	105
Tabela 2.42 - Valores Máximos dos Fatores de Interação em Colunas - Viga.[16] ...	107
Tabela 2.43 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo. ....	113
Tabela 2.44 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.....	113
Tabela 2.45 - Análise das <u>Secções Transversais mais esforçadas</u> da Travessa do Pórtico. ....	114
Tabela 2.46 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Encurvadura por Compressão</u> . ....	114
Tabela 2.47 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Encurvadura Lateral</u> - Barra nº1485. ....	115
Tabela 2.48 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Encurvadura Lateral</u> - Barra nº1486. ....	115
Tabela 2.49 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1488. ....	115
Tabela 2.50 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Travessa do Pórtico – Caso 1 .....	116
Tabela 2.51 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 1 .....	116
Tabela 2.52 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Travessa do Pórtico – Caso 2 .....	117
Tabela 2.53 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 2 .....	117
Tabela 2.54 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Travessa do Pórtico – Caso 3 .....	118
Tabela 2.55 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 3 .....	118
Tabela 2.56 - Comparação dos Rácios de dimensionamento. ....	121
Tabela 2.57 - Verificação da Deformação da Travessa.....	121
Tabela 2.58 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo. ....	124

Tabela 2.59 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.....	124
Tabela 2.60 - Análise das <u>Secções Transversais mais esforçadas</u> da Travessa do Pórtico. ....	125
Tabela 2.61 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Encurvadura por Compressão</u> . ....	125
Tabela 2.62 - Dimensionamento da Travessa à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1650. ....	126
Tabela 2.63 - Dimensionamento da Travessa à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1653. ....	126
Tabela 2.64 - Dimensionamento da Travessa à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1656. ....	126
Tabela 2.65 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Travessa do Pórtico – Caso 1 .....	127
Tabela 2.66 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 1 .....	127
Tabela 2.67 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Travessa do Pórtico – Caso 2 .....	128
Tabela 2.68 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 2 .....	128
Tabela 2.69 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Travessa do Pórtico – Caso 3 .....	129
Tabela 2.70 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 3 .....	129
Tabela 2.71 - Comparação dos Rácios de Dimensionamento.....	133
Tabela 2.72 - Verificação da Deformação da Travessa.....	133
Tabela 2.73 – Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.....	136
Tabela 2.74 – Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.....	136
Tabela 2.75 – Análise das <u>Secções Transversais mais esforçadas</u> da Travessa do Pórtico. ....	137
Tabela 2.76 – Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Encurvadura por Compressão</u> . ....	137
Tabela 2.77 – Dimensionamento da Travessa à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1559. ....	138
Tabela 2.78 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1996. ....	138

Tabela 2.79 – Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Travessa do Pórtico – Caso 1	139
Tabela 2.80 – Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 1.	139
Tabela 2.81 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Travessa do Pórtico – Caso 2.	140
Tabela 2.82 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 2.	140
Tabela 2.83 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.	143
Tabela 2.84 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.	143
Tabela 2.85 - Análise das <u>Secções Transversais mais esforçadas</u> da Travessa do Pórtico.	144
Tabela 2.86 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Encurvadura por Compressão</u> .	144
Tabela 2.87 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1997.	144
Tabela 2.88 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Travessa do Pórtico – Caso 1.	145
Tabela 2.89 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 1.	145
Tabela 2.90 – Resultados dos diferentes Rácios de Dimensionamento do Tramo 1.....	148
Tabela 2.91 - Resultados dos diferentes Rácios de Dimensionamento do Tramo 2.....	148
Tabela 2.92 – Verificação da Deformação da Travessa – Tramo 1.....	149
Tabela 2.93 - Verificação da Deformação da Travessa – Tramo 2.....	149
Tabela 2.94 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.	152
Tabela 2.95 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.	152
Tabela 2.96 - Análise das <u>Secções Transversais mais esforçadas</u> da Coluna do Pórtico.	153
Tabela 2.97 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à <u>Encurvadura por Compressão</u> .	153
Tabela 2.98 - Dimensionamento da Coluna à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1318..	154
Tabela 2.99 - Dimensionamento da Coluna à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1317..	154
Tabela 2.100 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Coluna do Pórtico – Caso 1	155



Tabela 2.101 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 1 .....	155
Tabela 2.102 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Coluna do Pórtico – Caso 2 .....	156
Tabela 2.103 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 2 .....	156
Tabela 2.104 – Resultados dos diferentes Rácios de dimensionamento.....	159
Tabela 2.105 – Verificação da Deformação da Coluna. ....	159
Tabela 2.106 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo. ....	162
Tabela 2.107 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.....	162
Tabela 2.108 - Análise das <u>Secções Transversais mais esforçadas</u> da Coluna do Pórtico. ....	163
Tabela 2.109 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à <u>Encurvadura por Compressão</u> . ....	163
Tabela 2.110 - Dimensionamento da Coluna à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1309. ....	164
Tabela 2.111 - Dimensionamento da Coluna à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1310. ....	164
Tabela 2.112 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Coluna do Pórtico – Caso 1 .....	165
Tabela 2.113 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 1. ....	165
Tabela 2.114 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Coluna do Pórtico – Caso 2 .....	166
Tabela 2.115 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 2 .....	166
Tabela 2.116 - Resultados dos diferentes rácios de dimensionamento da Coluna....	169
Tabela 2.117 – Verificação da deformação da Coluna.....	169
Tabela 2.118 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo. ....	172
Tabela 2.119 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.....	172
Tabela 2.120 - Análise das <u>Secções Transversais mais esforçadas</u> da Coluna do Pórtico. ....	173
Tabela 2.121 - Dimensionamento da Coluna à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1255. ....	173
Tabela 2.122 - Resultados dos diferentes rácios de dimensionamento da Coluna....	175

Tabela 2.123 - Verificação da Deformação da Coluna.....	175
Tabela 2.124 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo. ....	178
Tabela 2.125 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.....	178
Tabela 2.126 - Análise das <u>Secções Transversais mais esforçadas</u> da Coluna do Pórtico. ....	179
Tabela 2.127 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à <u>Encurvadura por Compressão</u> . ....	179
Tabela 2.128 - Dimensionamento da Coluna à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1258. ....	180
Tabela 2.129 - Dimensionamento da Coluna à <u>Encurvadura Lateral</u> – Barra nº1256. ....	180
Tabela 2.130 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Coluna do Pórtico – Caso 1 .....	181
Tabela 2.131 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 1 .....	181
Tabela 2.132 - Determinação dos <u>Fatores de Interação</u> da Coluna do Pórtico – Caso 2 .....	182
Tabela 2.133 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à <u>Flexão Composta com Compressão</u> – Caso 2 .....	182
Tabela 2.134 - Rácios de dimensionamento da Coluna.....	185
Tabela 2.135 - Verificação da Deformação da Coluna.....	185
Tabela 2.136 – Deslocamentos Horizontais no Pórtico segundo a Direção x.....	186
Tabela 2.137 – Deslocamento Horizontais no Pórtico segundo a Direção y. ....	187
Tabela 2.138 - Deslocamentos Horizontais entre Pisos na Direção x. ....	187
Tabela 2.139 - Deslocamentos Horizontais entre pisos na direção y. ....	187
Tabela 2.140 - Dimensionamento das Ligações Soldadas.....	189
Tabela 3.1 - Armaduras de Flexão da Laje. ....	199
Tabela 3.2 - Armaduras de Flexão Inferiores. ....	203
Tabela 3.3 - Armaduras de Flexão Superiores.....	204
Tabela 3.4 – Materiais. ....	205
Tabela 3.5 - Armaduras de Flexão Inferiores. ....	206
Tabela 3.6 - Armaduras de Flexão Superiores.....	206
Tabela 3.7 - Armaduras Transversais. ....	207
Tabela 3.8 - Materiais. ....	208
Tabela 3.9 - Armaduras de Flexão Inferiores. ....	209
Tabela 3.10 - Armaduras de Flexão Superiores.....	210

Tabela 3.11 - Armaduras Transversais. ....	211
Tabela 3.12 – Armaduras de Pele.....	212
Tabela 3.13 - Materiais. ....	213
Tabela 3.14 - Cálculo do Esforço Transverso. ....	214
Tabela 3.15 - Armaduras de Esforço Transverso.....	215
Tabela 3.16 - Cálculo do Esforço Transverso. ....	216
Tabela 3.17 - Armaduras de Esforço Transverso.....	216
Tabela 3.18 – Esforços Máximos, Mínimos e Armaduras de Flexão Composta. ....	218
Tabela 3.19 - Esforços Máximos, Mínimos e Armaduras de Flexão Composta.....	218
Tabela 3.20 - Esforços Máximos, Mínimos e Armaduras de Flexão Composta.....	219
Tabela 3.21 – Cálculo do Esforço Transverso.....	219
Tabela 3.22 – Armaduras Transversais. ....	219
Tabela 3.23 - Rigidezes das "Molas" nas Estacas. ....	220
Tabela 3.24 - Dimensionamento das Armaduras Transversais para as Estacas da Zona A.....	222
Tabela 3.25 - Dimensionamento das Armaduras Transversais para as Estacas da Zona B.....	222



# 1. QUANTIFICAÇÃO DE AÇÕES

## 1.1. Peso Próprio

A quantificação do peso próprio foi determinada de um modo automático, no programa de cálculo, "SAP2000", através da introdução dos pesos volúmicos dos diferentes materiais que compõem a estrutura.

The image displays two side-by-side screenshots of the SAP2000 software interface for defining material properties. The left panel is for a concrete material, and the right panel is for a steel material.

**Concrete Material (Left Panel):**

- General Data:** Material Name and Display Color: C25/30; Material Type: Concrete; Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 25; Mass per Unit Volume: 2.5493; Units: KN, m, C
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 31000000; Poisson: 0.2; Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.000E-05; Shear Modulus, G: 12916667
- Other Properties for Concrete Materials:** Specified Concrete Compressive Strength, f<sub>c</sub>: 25000;  Lightweight Concrete; Shear Strength Reduction Factor: [empty]

**Steel Material (Right Panel):**

- General Data:** Material Name and Display Color: S235 JR; Material Type: Steel; Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 76.9729; Mass per Unit Volume: 7.849; Units: KN, m, C
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 2.100E+08; Poisson: 0.3; Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05; Shear Modulus, G: 80769231
- Other Properties for Steel Materials:** Minimum Yield Stress, F<sub>y</sub>: 235000; Minimum Tensile Stress, F<sub>u</sub>: 360000; Effective Yield Stress, F<sub>ye</sub>: 258500; Effective Tensile Stress, F<sub>ue</sub>: 396000

Figura 1.1 - Definição dos Materiais.

A Figura 1.2 mostra o modelo completo da estrutura em forma unifilar, que foi estudada no programa de cálculo, "SAP2000".

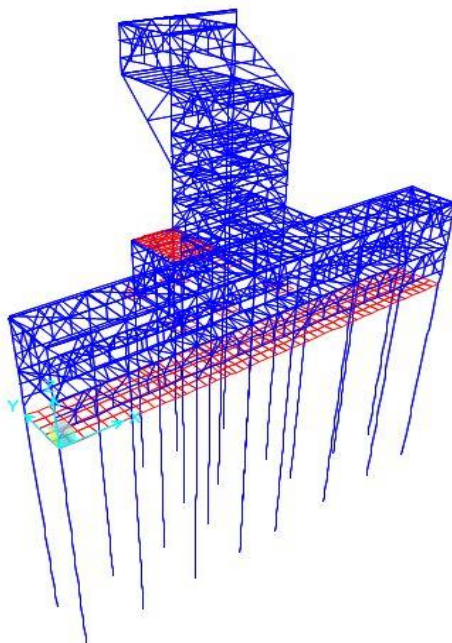


Figura 1.2 - Modelo unifilar em 3D.

- **Validação do Modelo**

De forma a validar uma das fases do modelo estudado, foi feita a comparação entre o somatório dos valores totais das reações verticais exteriores, com o peso total da estrutura.

A Figura 1.3 mostra os nós nas extremidades das estacas que serviram para a determinação das reações verticais.

Na Tabela 1.1 resume-se os resultados da análise realizada.

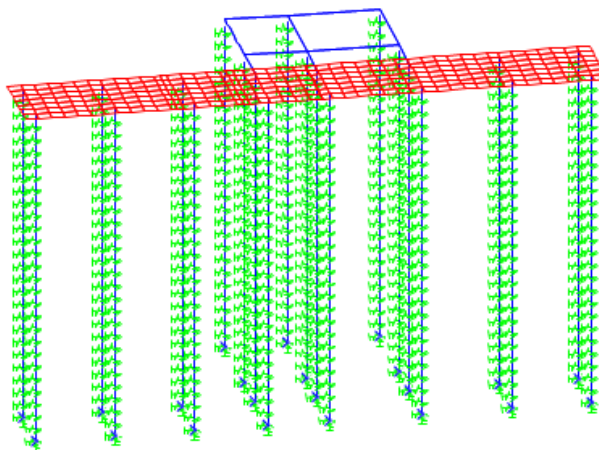


Figura 1.3 - Seleção dos nós que serviram para a determinação das reações verticais.

**Tabela 1.1 - Resultados das reações verticais no modelo e peso total de todos os elementos da estrutura.**

Nºdo nó	Reação Vertical [kN]	Secções	Peso Total [kN]
941	1039.5	Estacas	7264.3
942	1068.0	HE180A	4.7
943	1058.0	HE240A	8.8
944	1075.3	HE260A	35.7
945	1087.0	HE280A	39.9
946	1103.8	HE300A	90.4
947	1102.6	IPE100	8.0
948	1086.6	IPE120	1.5
949	955.4	IPE140	1.8
950	971.2	IPE160	17.0
951	975.9	IPE180	13.9
952	977.6	IPE200	41.5
953	1002.7	IPE220	38.9
954	1015.9	IPE240	47.9
955	1011.6	IPE270	112.6
956	939.1	IPE300	100.2
957	890.1	IPE330	62.2
958	990.1	IPE360	36.5
959	913.0	Pilares_SE	145.0
960	884.8	Vigas_Fundacao	578.8
961	889.5	Vigas_SE	109.8
962	886.1	UPN100	15.0
Σ=	21923	UPN120	6.5
		UPN140	12.5
		UPN160	2.6
		UPN180	50.7
		UPN200	114.1
		TUBO-D76.1X3.2	0.8
		TUBO-D108X3.6	6.7
		TUBO-D127X4	4.8
		TUBO-D139.7X4	7.0
		TUBO-D159X4	69.7
		TUBO-D193.7X4.5	21.0
		TUBO-D244.5X5.4	4.6
		L65X6	6.6
		Tarugo_d12	397.7
		Plintos	204.9
		Macico_1x1x1.20	565.9
		Ensoleiramento	11546.6
		Laje_betao	126.7
		Σ=	21923

Verifica-se que o somatório total das reações verticais do modelo é de 21 923 kN, e é igual ao peso de todos os elementos que compõem a estrutura.

## 1.2. Cargas Permanentes

### 1.2.1. Chapas dos revestimentos dos Alçados Exteriores

As chapas dos revestimentos exteriores são do tipo "Alaço", em aço lacado, perfil trapezoidal e tem uma espessura de 0.80 mm.

O peso destas chapas, mais o peso dos acessórios de ligação e dos rufos, foi considerado como uma ação designada por "Restante Carga Permanente", com o valor de 0.10 kN/m<sup>2</sup>.

Esta ação foi aplicada nas madres dos alçados com base nas diferentes larguras de influência em que atuam.

A Tabela 1.2 resume todas as cargas nas madres devido ao peso das chapas dos revestimentos exteriores, acessórios de ligação e rufos da Zona A do Edifício.

Tabela 1.2 - Ações nas Madres da zona A.

Madres	d1 (m) (*)	d2 (m) (*)	Ações (kN/m)
M1,A	1.85	1.43	0.16
M2,A	1.43	1.43	0.14
M3,A	1.43	1.65	0.15
M4,A	1.65	1.70	0.17
M5,A	1.70	1.70	0.17
M6,A	1.70	0.00	0.09

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre madres adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

A Figura 1.4 mostra as ações nas madres dos alçados da Zona A.

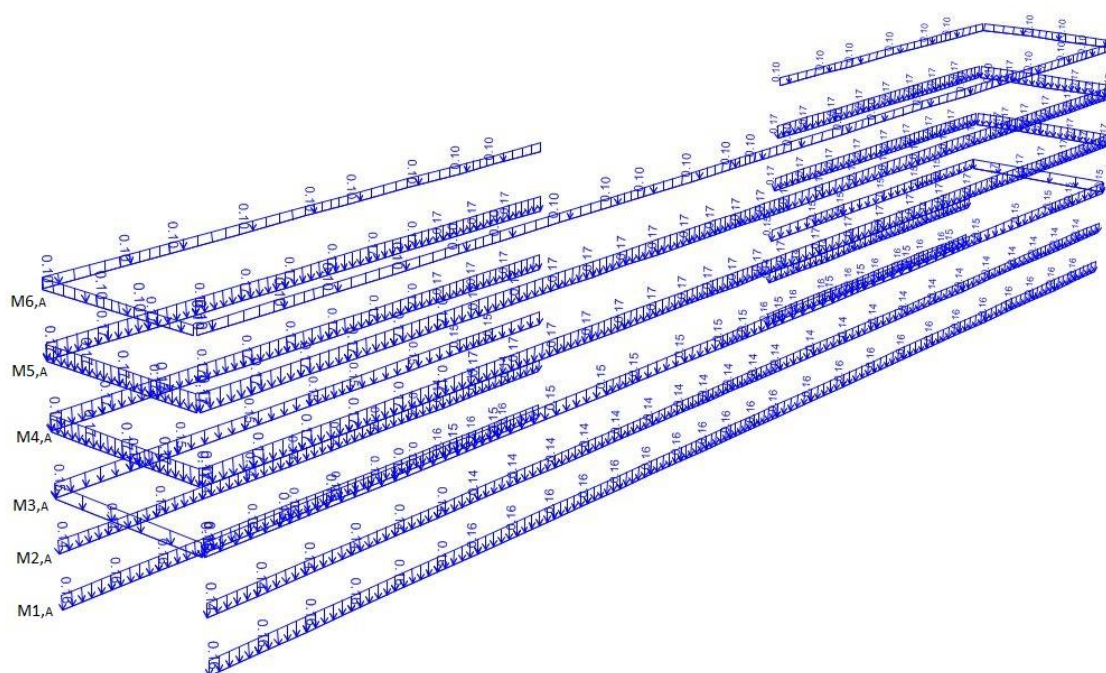


Figura 1.4 - Peso das chapas de revestimento dos alçados nas Madres da Zona A.



Para a Zona B do Edifício utilizou-se o mesmo procedimento.

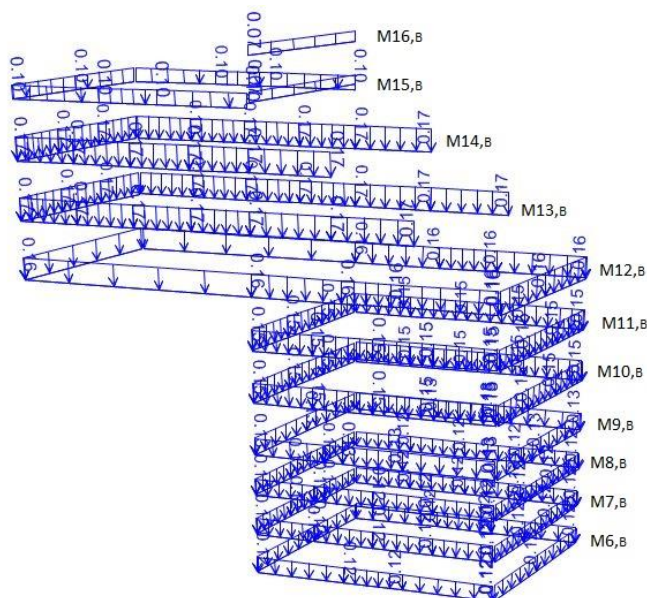
Na Tabela 1.3 indicam-se as ações do peso próprio das chapas de revestimentos, acessórios de ligação e rufos que atuam nas madres.

**Tabela 1.3 - Ações nas Madres da Zona B.**

Madres	d1(m) (*)	d2(m) (*)	Ações (kN/m)
M1,B	1.35	1.70	0.15
M2,B	1.70	1.20	0.15
M3,B	1.20	1.20	0.12
M4,B	1.20	1.20	0.12
M5,B	1.20	1.16	0.12
M6,B	1.16	1.17	0.12
M7,B	1.17	1.17	0.12
M8,B	1.17	1.50	0.13
M9,B	1.50	1.50	0.15
M10,B	1.50	1.50	0.15
M11,B	1.50	1.66	0.16
M12,B	1.66	1.67	0.17
M13,B	1.67	1.67	0.17
M14,B	1.67	0.00	0.08
M15,B	0.15	1.20	0.07
M16,B	1.20	0.15	0.07

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre madres adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

Na Figura 1.5 indicam-se as ações nas madres dos alçados na Zona B.



**Figura 1.5 - Peso das chapas de revestimento dos alçados nas Madres da Zona B.**

### 1.2.2. Chapas dos revestimentos das Coberturas

Para as chapas dos revestimentos das coberturas considerou-se o mesmo tipo das chapas dos alçados.

As ações foram aplicadas nas vigas das coberturas seguindo o mesmo critério das larguras de influência.

Na Tabela 1.4 indicam-se todas as ações que foram consideradas.

Tabela 1.4 - Ações nas Coberturas 1, 2 e 3.

Coberturas 1, 2 e 3			
Vigas	d1 (m) (*)	d2 (m) (*)	Peso das Chapas (KN/m)
MC1	0.15	2.50	0.13
MC2	2.50	2.50	0.25
MC3	2.50	2.50	0.25
MC4	2.50	0.00	0.12
MC5	0.15	2.18	0.11
MC6	2.18	2.18	0.21
MC7	2.18	2.18	0.21
MC8	2.18	2.18	0.21
MC9	2.18	0.15	0.11
MC10	0.00	2.43	0.12
MC11	2.43	2.43	0.24
MC12	2.43	0.00	0.12

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre madres adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

Na Figura 1.6 mostram-se as ações referentes ao peso das chapas dos revestimentos e acessórios de ligação nas vigas das Coberturas 1 e 2.

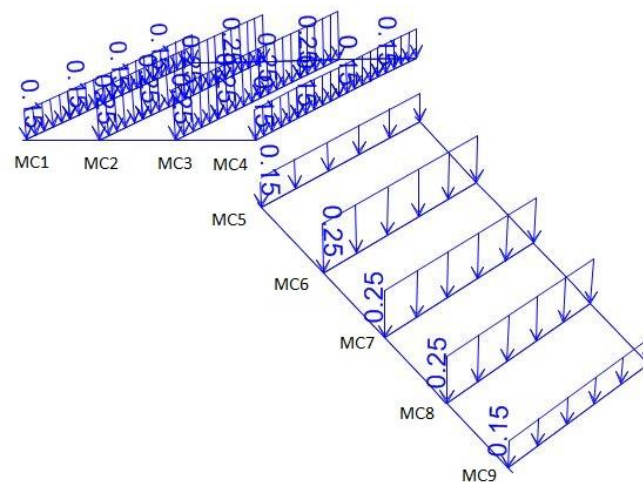


Figura 1.6 - Peso das chapas de revestimento nas Coberturas 1 e 2.

### 1.2.3. Chapas dos Pavimentos

Foi considerada para o peso das chapas dos pavimentos dos pisos metálicos uma carga uniformemente distribuída de  $0.24 \text{ kN/m}^2$ , referente ao peso do pavimento que foi utilizado, Miniquadrícula 400.

O Edifício deste Projeto possui 7 pisos metálicos.

Em todos os pisos foi usado o mesmo procedimento para a determinação das ações nas vigas dos pavimentos, a partir das larguras de influência de cada uma das vigas.

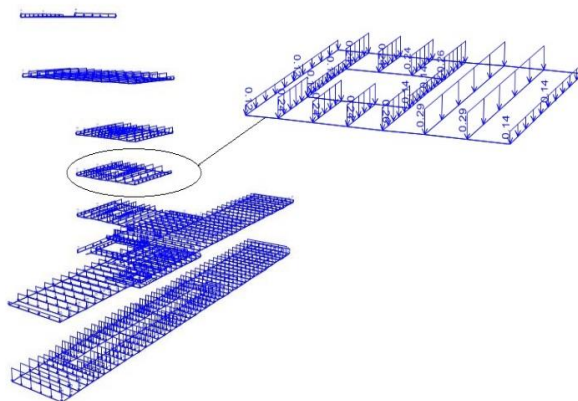
Devido ao grande número de vigas que compõem os diferentes pisos mostra-se apenas, como exemplo, a distribuição das ações do peso próprio das chapas de pavimento nas vigas do Piso 4 (ver Tabela 1.5).

**Tabela 1.5 – Peso das Chapas dos pavimentos das Vigas do Piso 4.**

	Vigas	d1 (m) (*)	d2 (m) (*)	Peso das Chapa (KN/m)
Piso 4	V1,4	0.00	0.95	0.11
	1V2,4	0.95	1.00	0.23
	2V2,4	0.95	0.00	0.11
	3V2,4	0.95	1.00	0.23
	V3,4	1.00	1.00	0.24
	V4,4	1.00	1.00	0.24
	V5,4	1.00	1.00	0.24
	V6,4	1.00	1.00	0.24
	1V7,4	1.00	1.19	0.26
	2V7,4	1.19	0.00	0.14
	3V7,4	1.00	1.19	0.26
	V8,4	1.19	1.18	0.28
	V9,4	1.18	1.18	0.28
	V10,4	1.18	0.00	0.14

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre madres adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

Na Figura 1.7 mostram-se os restantes 7 pisos metálicos, e com mais pormenor as cargas no Piso 4.



**Figura 1.7- Ações nas Vigas dos Pavimentos.**

### 1.2.4. Carga Permanente dos Equipamentos

A estrutura suporta nos diferentes pisos um conjunto de equipamentos mecânicos já mencionados na Memória Descritiva.

Na Figura 1.8 estão indicadas as cargas permanentes destes equipamentos.

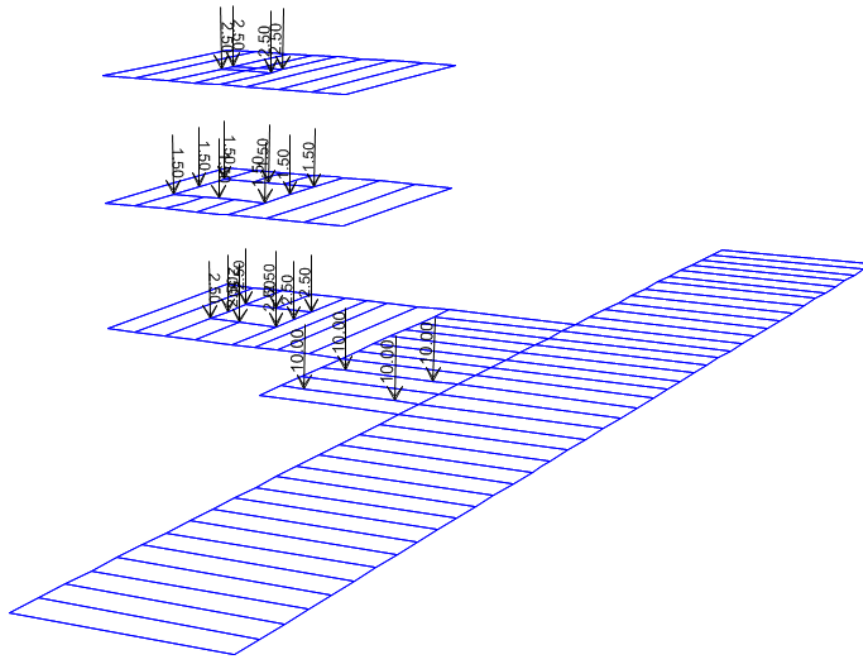


Figura 1.8 - Cargas Permanentes dos Equipamentos.

Na Figura 1.9 mostra-se a carga que foi considerada para o peso próprio da navete de carregamento que está localizada no Piso 1.

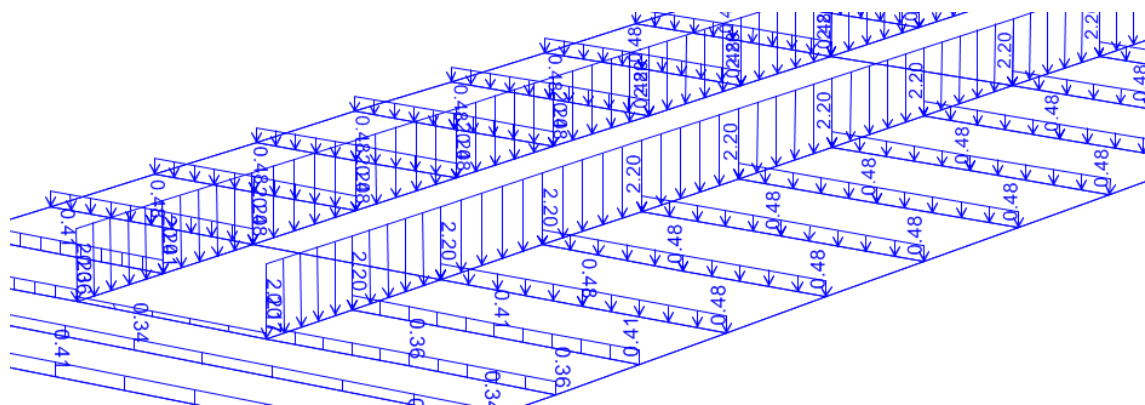


Figura 1.9 – Peso próprio da Navete.

### 1.2.5. Laje da Sala Elétrica

Para a laje da cobertura da Sala Elétrica considerou-se uma carga permanente de 1.0 kN/m<sup>2</sup>.

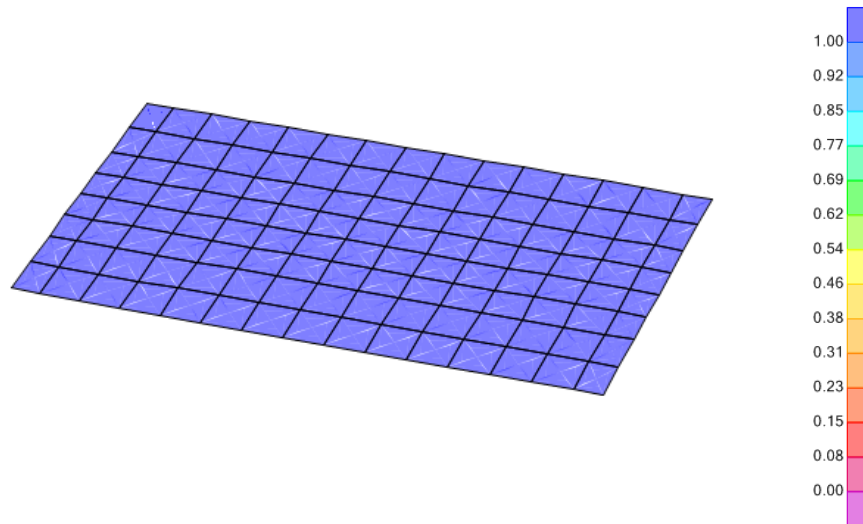


Figura 1.10 – Carga Permanente na Laje da Cobertura na Sala Elétrica (kN/m<sup>2</sup>).

## 1.3. Sobrecargas

### 1.3.1. Vigas dos Pavimentos

Há semelhança dos procedimentos usados para a determinação dos pesos próprios das chapas dos pavimentos, também a determinação das sobrecargas teve por base as larguras de influência das diferentes vigas.

Mostra-se apenas como exemplo, as ações da sobrecarga nas vigas do Piso 5 que estão indicadas na Tabela 1.6.

Tabela 1.6 – Sobrecargas nas Vigas do Pavimento do Piso 5.

	Vigas	d1(m) (*)	d2(m) (*)	SC (KN/m)
Piso 5	V1,5	0.0	1.0	2.0
	V2,5	1.0	1.1	4.2
	V3,5	1.1	0.8	3.8
	V4,5	0.8	0.8	3.2
	V5,5	0.8	0.8	3.2
	V6,5	0.8	1.0	3.6
	V7,5	1.0	1.0	4.0
	V8,5	1.0	1.0	4.0
	V9,5	1.0	0.0	2.0

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre vigas adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

Na Figura 1.11 estão indicadas as sobrecargas nos restantes 7 pisos metálicos, e com maior pormenor as referentes às do piso 5.

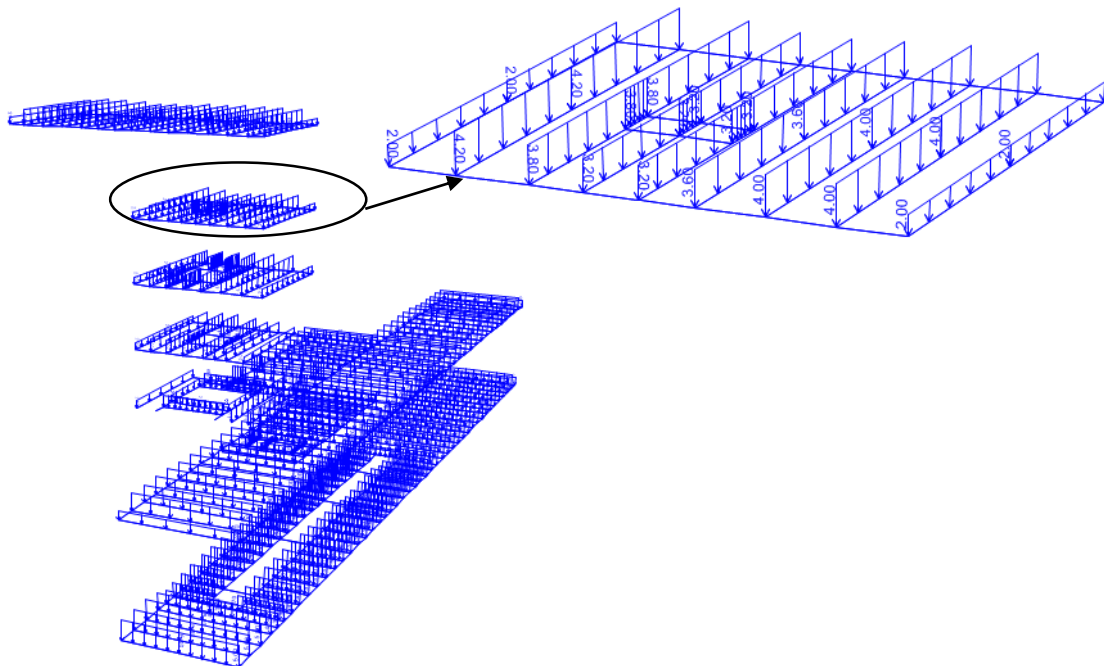


Figura 1.11 - Sobrecargas nas Vigas dos Pisos.

### 1.3.2. Sobrecargas dos Equipamentos

Na Figura 1.12 representam-se as sobrecargas dos equipamentos mecânicos que atuam nas vigas dos pisos metálicos.

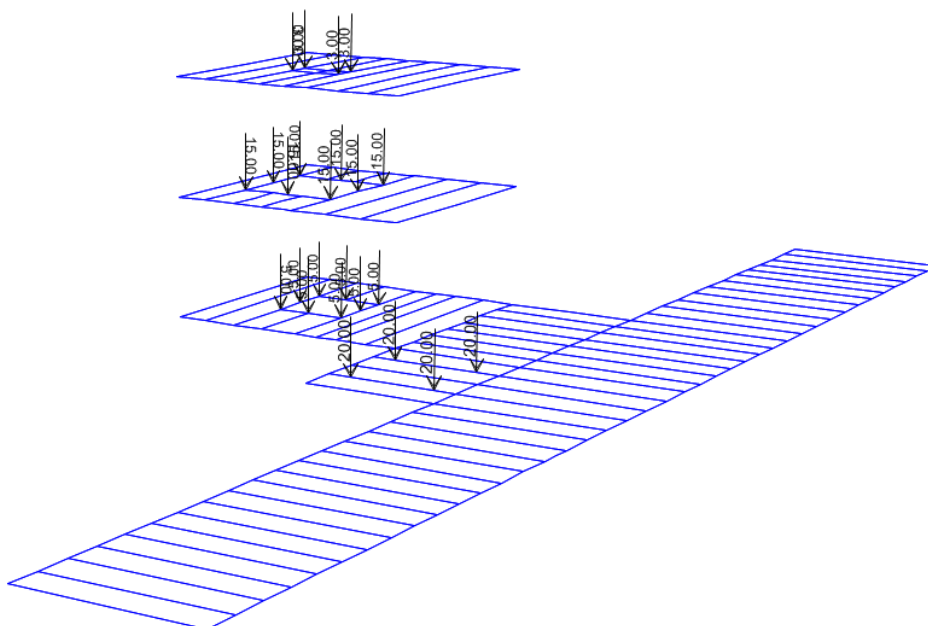


Figura 1.12 - Sobrecarga dos Equipamentos Mecânicos nos Pisos.

A Figura 1.13 mostra a sobrecarga da navete.

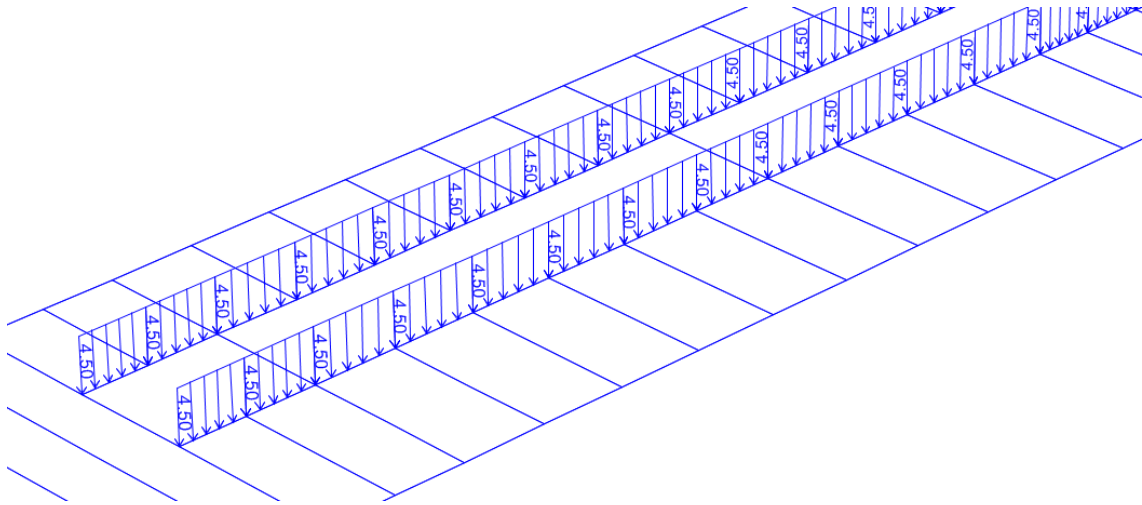


Figura 1.13 – Sobrecarga da Navete.

### 1.3.3. Sobrecargas nas Coberturas metálicas

Em todas as coberturas metálicas considerou-se uma sobrecarga de  $0.40 \text{ kN/m}^2$ .

Esta ação foi aplicada nas vigas das coberturas, seguindo o mesmo critério das larguras de influência.

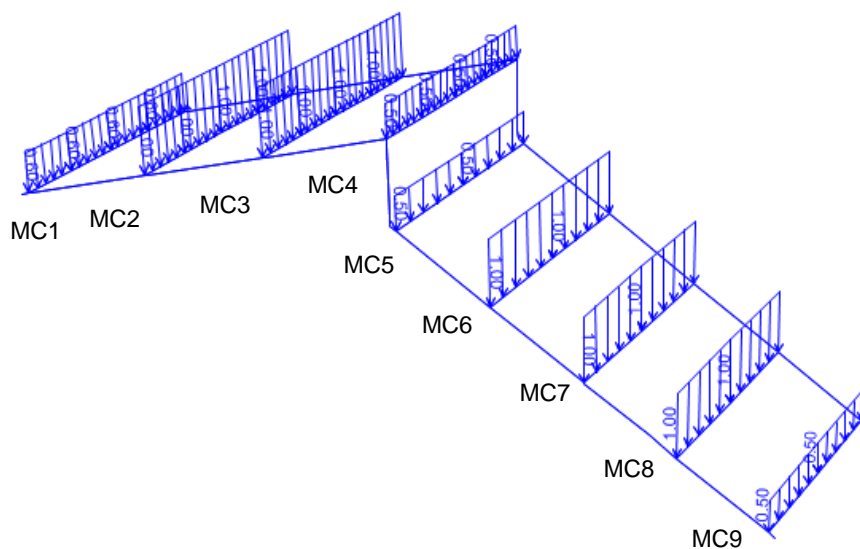
A Tabela 1.7 resume todas as sobrecargas consideradas nas vigas das coberturas.

Tabela 1.7 - Sobrecargas nas Coberturas 1, 2 e 3.

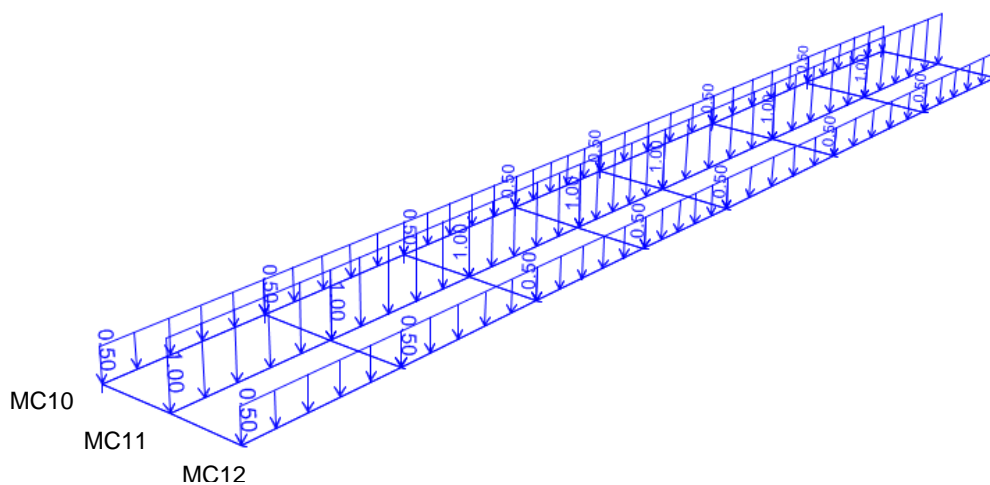
Coberturas 1, 2 e 3			
Vigas	d1 (m)	d2 (m)	SC ( $0.40 \text{ KN/m}^2$ )
MC1	0.15	2.50	0.53
MC2	2.50	2.50	1.00
MC3	2.50	2.50	1.00
MC4	2.50	0.00	0.50
MC5	0.15	2.18	0.47
MC6	2.18	2.18	0.87
MC7	2.18	2.18	0.87
MC8	2.18	2.18	0.87
MC9	2.18	0.15	0.47
MC10	0.00	2.43	0.49
MC11	2.43	2.43	0.97
MC12	2.43	0.00	0.49

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre vigas adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

Nas Figuras 1.14 e 1.15 estão indicadas as ações da sobrecarga nas vigas das Coberturas 1, 2, e 3.



**Figura 1.14 - Sobrecarga nas Coberturas 1 e 2.**



**Figura 1.15 - Sobrecargas na Cobertura 3.**



### 1.3.4. Sobrecargas na Laje da Sala Elétrica e no Maciço de Ensoleiramento

Na laje da Sala Elétrica foi considerado uma sobrecarga de 4.0 kN/m<sup>2</sup>.

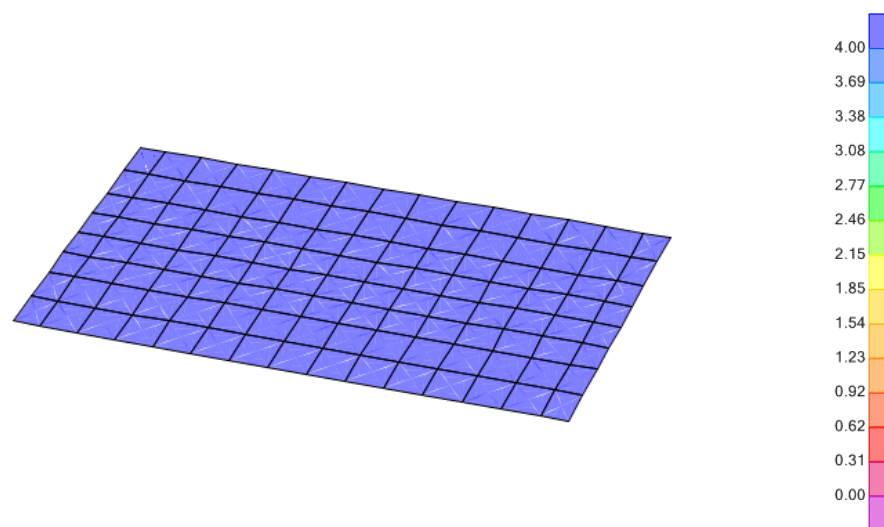


Figura 1.16 - Sobrecarga na Laje da Sala Elétrica (kN/m<sup>2</sup>).

Para o Maciço de Ensoleiramento considerou-se uma sobrecarga 5.0 kN/m<sup>2</sup>.

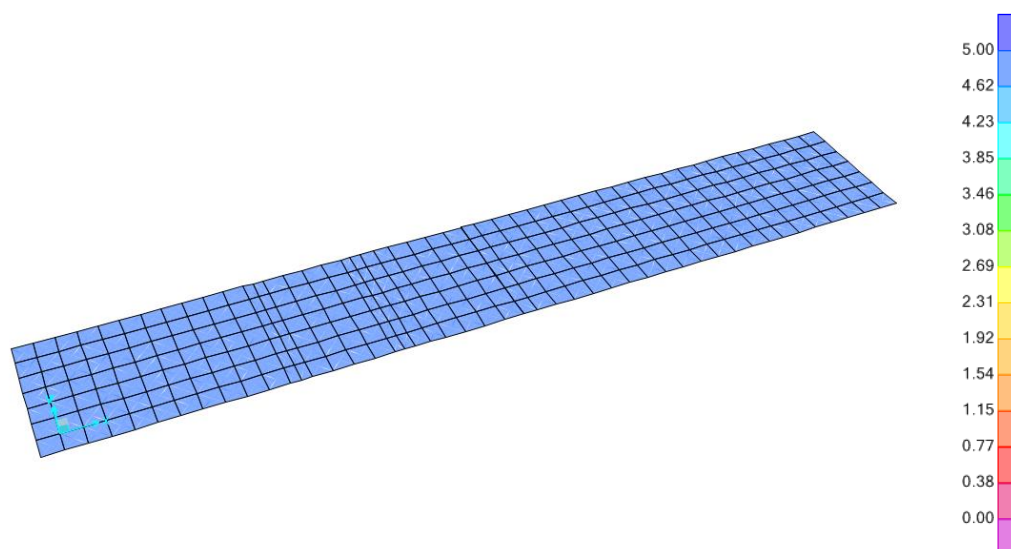


Figura 1.17 - Sobrecarga no Maciço de Ensoleiramento (kN/m<sup>2</sup>).

## 1.4. Ação Térmica

Nas Figuras 1.18 e 1.19 estão indicadas as variações uniformes de temperatura positiva e negativa, que foram consideradas na estrutura do Edifício.

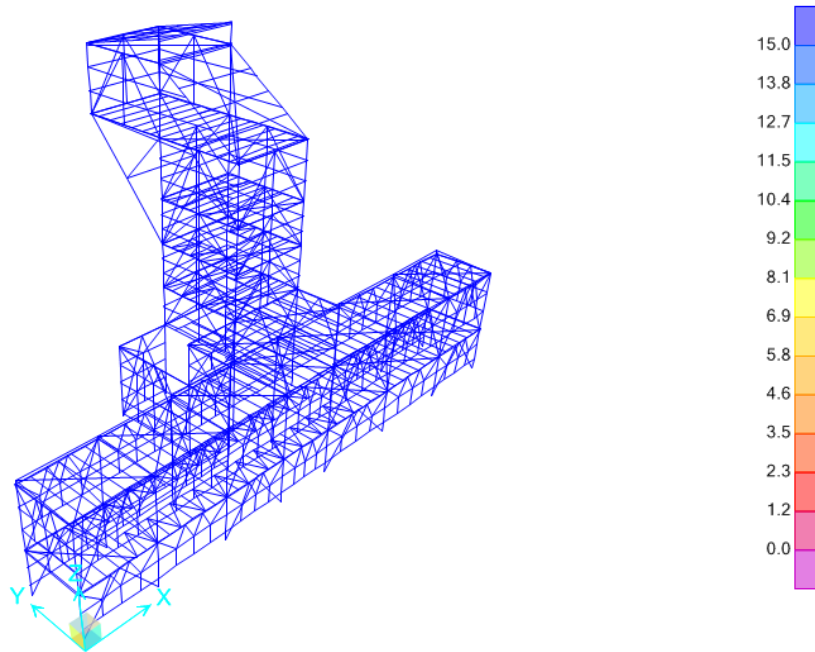


Figura 1.18 - Variação Uniforme da Temperatura Positiva (VUT+) em °C.

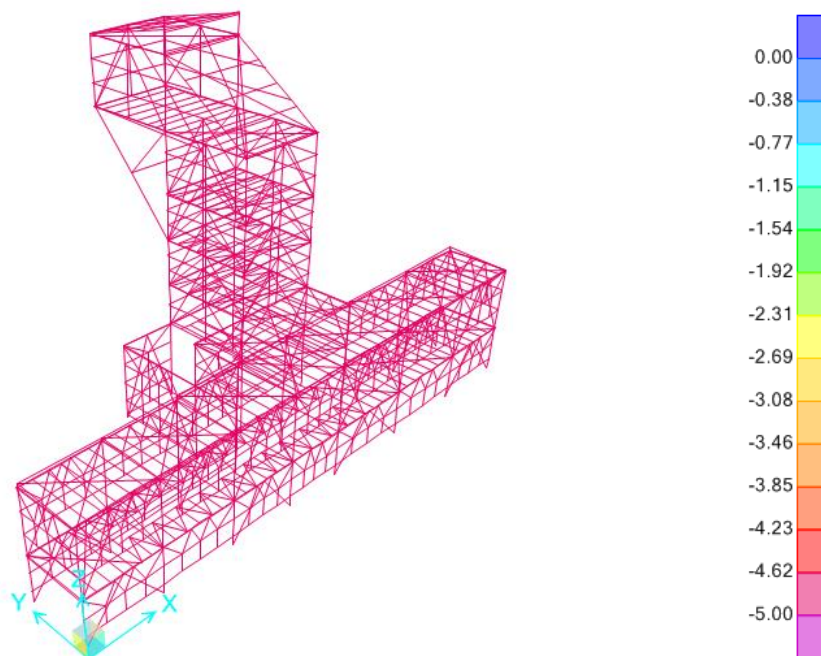


Figura 1.19 - Variação Uniforme de Temperatura Negativa (VUT-) em °C.

## 1.5. Ação do Vento

Para o cálculo da ação do vento utilizaram-se os procedimentos indicados na Memória Descritiva deste Projeto.

No estudo desta ação foi considerado que o vento podia atuar independentemente em quatro direções, tendo em cada uma destas direções o sentido positivo ou negativo.

Dada a irregularidade em planta do Edifício, a ação do vento foi estudada "independentemente" para as Zonas A e B da estrutura.

Foram estudadas as quatro coberturas do Edifício.

Na Figura 1.20 mostram-se as zonas consideradas para o cálculo das forças do vento nos alçados, tendo em conta as várias direções e sentidos.

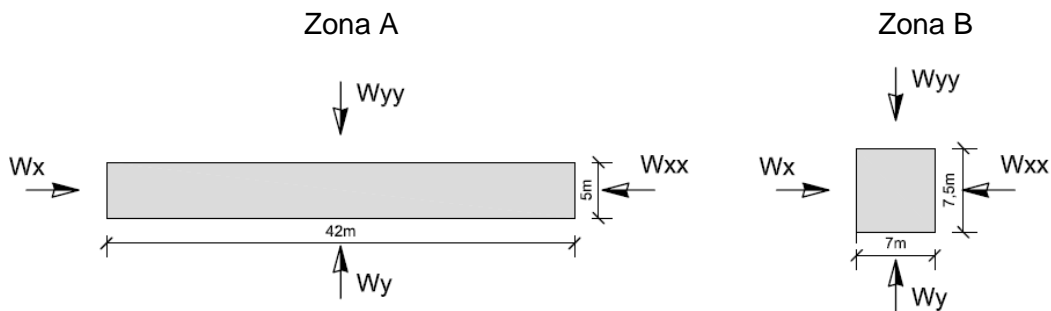


Figura 1.20 - Forças do Vento nos Alçados.

Na Figura 1.21 estão indicadas as coberturas do Edifício e todas as direções e sentidos de atuação do vento.

A Cobertura 1 tem uma inclinação de 10°, a Cobertura 2 uma inclinação de 30° e a Cobertura S.E. é plana.

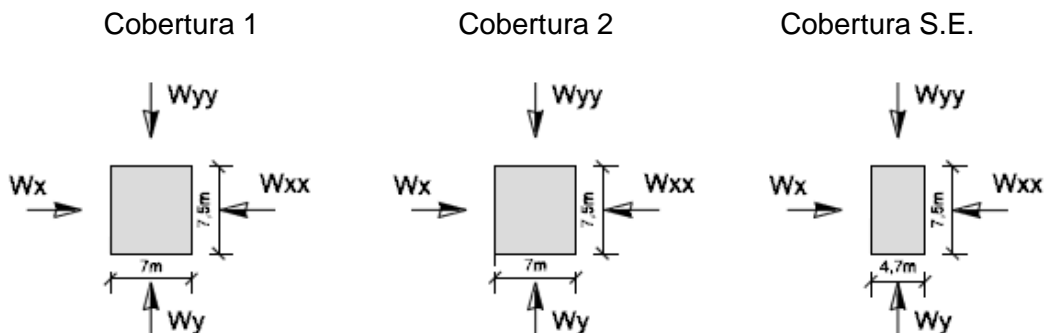
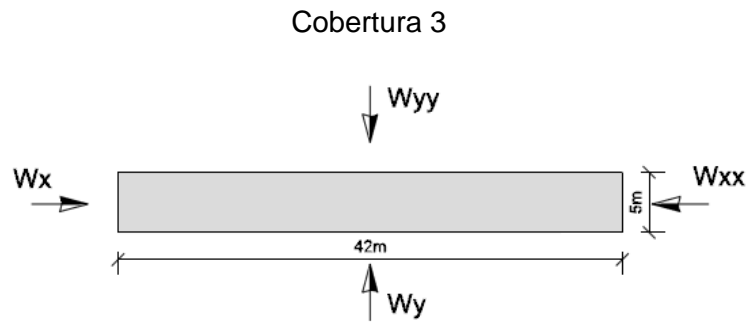


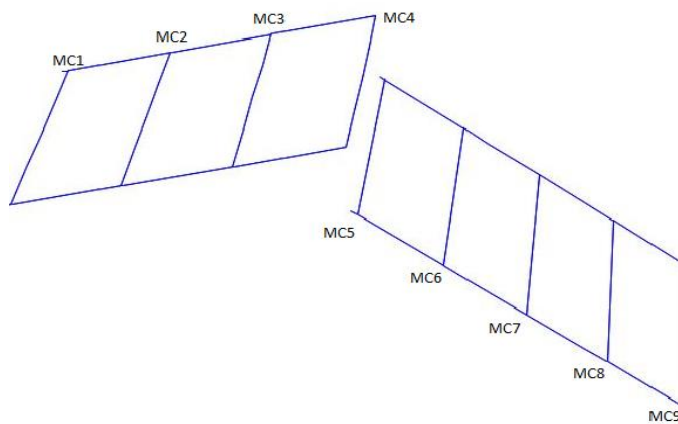
Figura 1.21 - Coberturas 1, 2 e Cobertura da Sala Elétrica.

Na Figura 1.22 representa-se a Cobertura 3 correspondente à Zona de Carregamento.

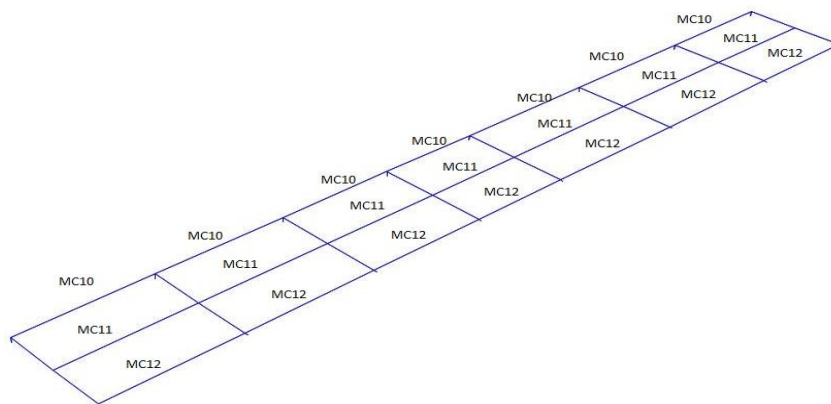


**Figura 1.22 - Forças do Vento na Cobertura 3.**

As vigas das coberturas foram identificadas segundo a nomenclatura das Figuras 1.23 e 1.24.

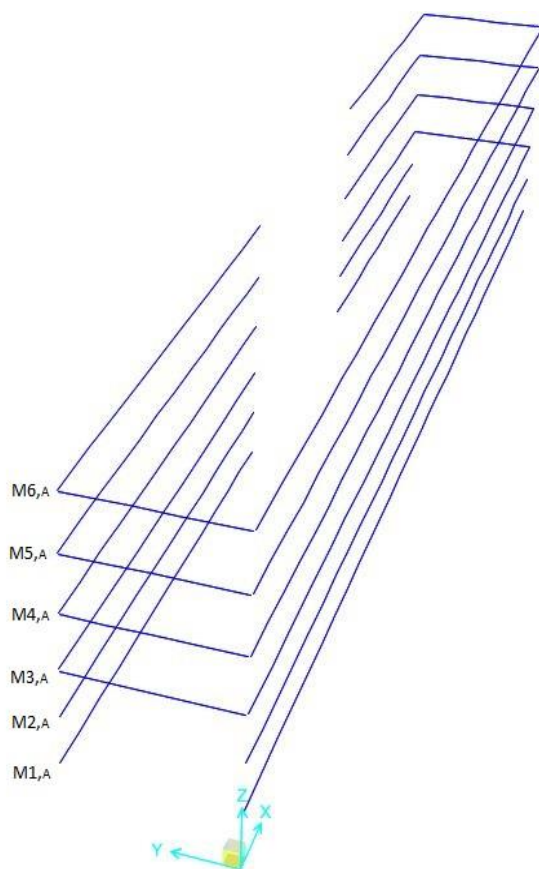


**Figura 1.23 - Identificação das vigas das Coberturas 1 e 2.**

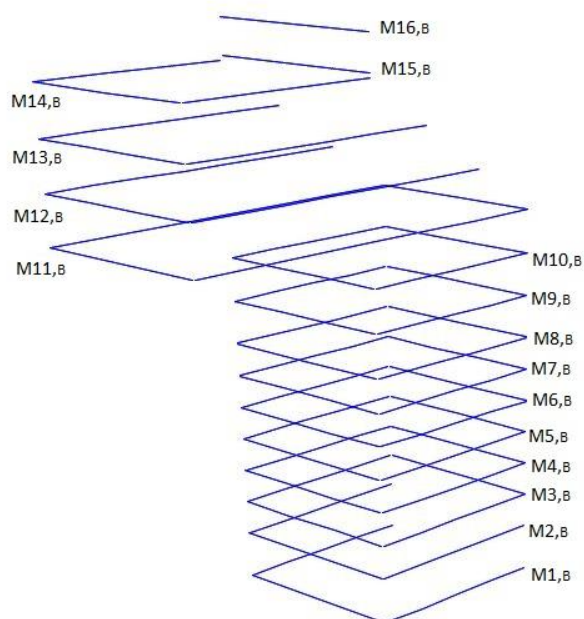


**Figura 1.24 - Identificação das vigas da Cobertura 3.**

A designação que foi utilizada para as madres dos alçados das Zonas A e B, é a que consta nas Figuras 1.25 e 1.26.



**Figura 1.25 - Identificação das Madres dos Alçados da Zona A.**



**Figura 1.26 - Identificação das Madres dos Alçados da Zona B.**

### 1.5.1. Determinação da Pressão Dinâmica de Pico

Para o cálculo da pressão dinâmica de pico foram consideradas três alturas  $Z_e$ , a partir das quais se determinaram três coeficientes de pico, conforme se indicam na Figura 1.27.

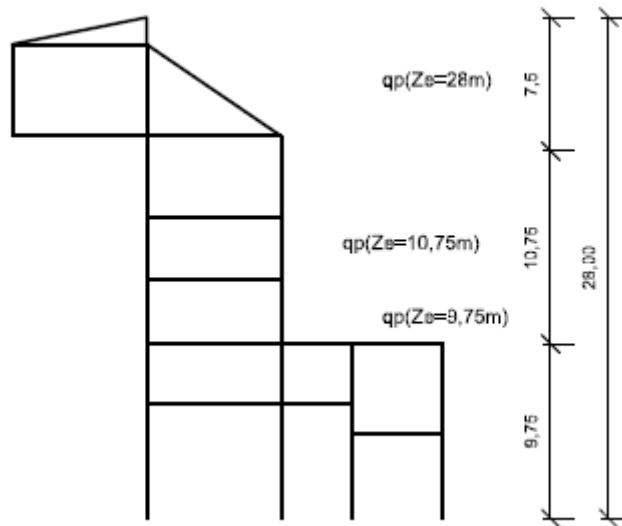


Figura 1.27 - Alturas de Referência  $Z_e$ .

O cálculo da pressão dinâmica de pico foi realizado a partir dos procedimentos descritos na Memória Descritiva.

A Tabela 1.8 resume todos os parâmetros necessários para o cálculo da pressão dinâmica de pico, bem como os valores da pressão de pico para cada uma das alturas de referência  $Z_e$ .

Tabela 1.8 - Pressão Dinâmica de Pico para as diferentes alturas de referência  $Z_e$ .

Parâmetros	$Z_e=28m$	$Z_e=10.75m$	$Z_e=9.75m$
$Z_e$	28.0	10.75	9.75
$Z_0$	0.05	0.05	0.05
$Z_{0,II}$	0.05	0.05	0.05
$Z_{min}$	2.0	2.0	2.0
$Z_{máx}$	200	200	200
$C_{dir}$	1.0	1.0	1.0
$C_{season}$	1.0	1.0	1.0
$C_0(Z)$	1.0	1.0	1.0
$K_t$	1.0	1.0	1.0
$V_{b,0}$	27.0	27.0	27.0
$\rho$	1.25	1.25	1.25

Parâmetros	Z <sub>e</sub> =28m	Z <sub>e</sub> =10.75m	Z <sub>e</sub> =9.75m
V <sub>b</sub>	27.0	27.0	27.0
K <sub>r</sub>	0.19	0.19	0.19
C <sub>r</sub>	1.20	1.02	1.00
V <sub>m</sub>	32.46	27.55	27.05
I <sub>v</sub> (z)	0.16	0.19	0.19
q <sub>p</sub>	1.39	1.09	1.06

### 1.5.2. Determinação do Coeficiente Estrutural

Na Tabela 1.9 indicam-se os valores de todos os parâmetros necessários para o cálculo do coeficiente estrutural para o Edifício.

Tabela 1.9 - Determinação do Coeficiente Estrutural.

Parâmetros	Zona A (w <sub>x</sub> , w <sub>xx</sub> )	Zona A (w <sub>y</sub> , w <sub>yy</sub> )	Zona B (w <sub>x</sub> , w <sub>xx</sub> )	Zona B (w <sub>y</sub> , w <sub>yy</sub> )
Z <sub>s</sub>	5.85	5.85	16.80	16.80
Z <sub>t</sub>	200.00	200.00	200.00	200.00
L <sub>t</sub>	300.00	300.00	300.00	300.00
Z <sub>0</sub>	0.05	0.05	0.05	0.05
Z <sub>0,II</sub>	0.05	0.05	0.05	0.05
α	0.52	0.52	0.52	0.52
b	5.00	42.00	7.50	7.00
h	9.75	9.75	28.00	28.00
L(z <sub>s</sub> )	47.77	47.77	82.70	82.70
B <sup>2</sup>	0.70	0.51	0.65	0.66
K <sub>1</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00
C <sub>0</sub> (z <sub>s</sub> )	1.00	1.00	1.00	1.00
I <sub>v</sub> (z <sub>s</sub> )	0.21	0.21	0.17	0.17
C <sub>s</sub>	0.90	0.83	0.90	0.90
x <sub>1</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
n <sub>1</sub>	11.15	11.15	11.15	11.15
K <sub>r</sub>	0.19	0.19	0.19	0.19
C <sub>r</sub> (z <sub>s</sub> )	0.90	0.90	1.11	1.11
C <sub>dir</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00
C <sub>season</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00
v <sub>b</sub>	27.00	27.00	27.00	27.00
V <sub>m</sub> (z <sub>s</sub> )	24.43	24.43	29.84	29.84
f <sub>L</sub> (z,n)	21.80	21.80	30.89	30.89
S <sub>L</sub> (z,n)	0.02	0.02	0.01	0.01
η <sub>h</sub>	20.46	20.46	48.11	48.11
η <sub>b</sub>	10.49	88.15	12.89	12.03
R <sub>h</sub>	0.05	0.05	0.02	0.02
R <sub>b</sub>	0.09	0.01	0.07	0.08
δ	0.08	0.08	0.08	0.08

Parâmetros	Zona A (wx, wxx)	Zona A (wy, wyy)	Zona B (wx, wxx)	Zona B (wy, wyy)
R <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00
U	0.92	0.38	0.51	0.52
T	600	600	600	600
K <sub>p</sub>	3.72	3.48	3.56	3.57
C <sub>d</sub>	1.04	1.00	1.01	1.01
C <sub>s</sub> C <sub>d</sub>	0.94	0.83	0.90	0.91

### 1.5.3. Determinação dos Coeficientes de Pressão

Nas Figuras 1.28 à 1.31 indicam-se os coeficientes de pressão exteriores utilizados para cada uma das Zonas do Edifício, bem como as respetivas direções.

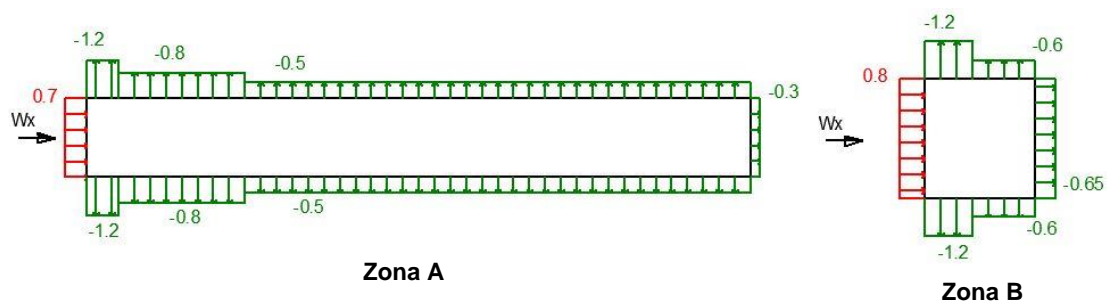


Figura 1.28 - Coeficientes de Pressão Exteriores nos Alçados na direção  $W_x$ .

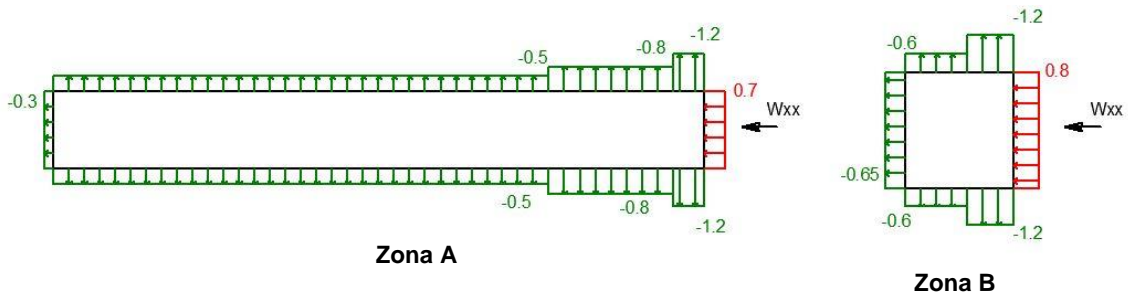


Figura 1.29 - Coeficientes de Pressão Exteriores nos Alçados na direção  $W_{xx}$ .

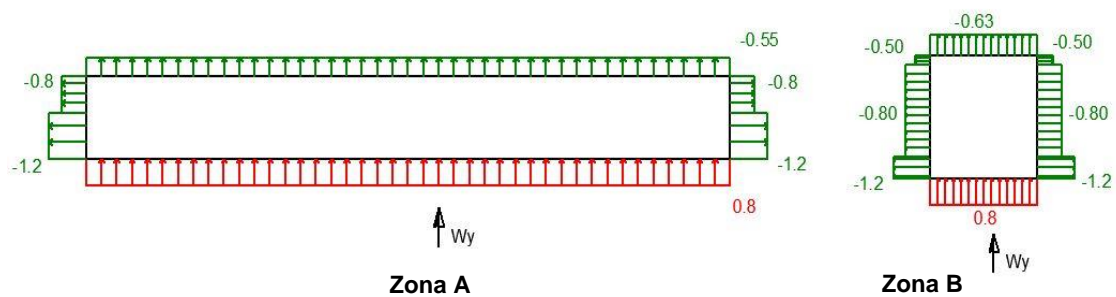


Figura 1.30 - Coeficientes de Pressão Exteriores nos Alçados na direção  $W_y$ .



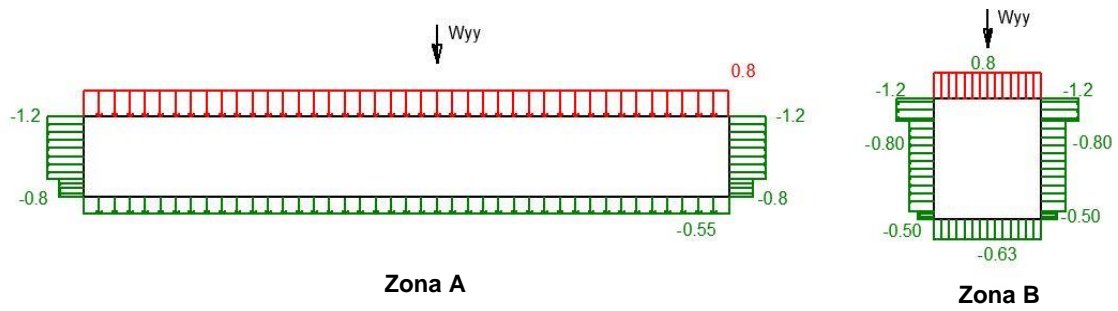


Figura 1.31 - Coeficientes de Pressão Exteriores nos Alçados na direção  $W_{yy}$ .

Os coeficientes de pressão exteriores das coberturas foram obtidos a partir das considerações indicadas na Memória Descritiva.

A Figura 1.32 mostra os coeficientes de pressão exteriores nas coberturas para a direção  $W_x$ .

Com a cor verde estão representadas as pressões negativas, e a vermelho as pressões positivas.

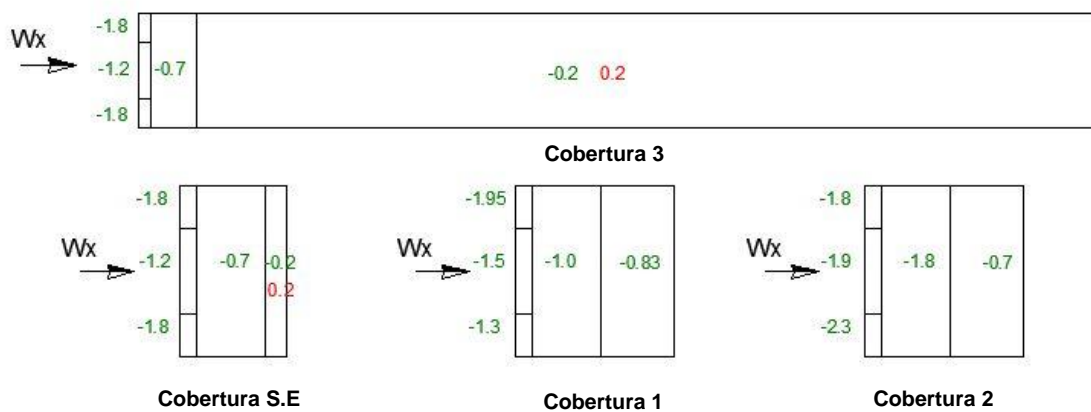


Figura 1.32 - Coeficientes Pressão Exteriores nas Coberturas na direção  $W_x$ .

Na Figura 1.33 indicam-se os coeficientes de pressão exteriores que foram calculados para as Coberturas 1, 2 e 3 na direção  $W_{xx}$ .

Para a cobertura da Sala Elétrica, e uma vez que se encontra protegida pela Torre considerou-se que o vento não atua na direção  $W_{xx}$ .

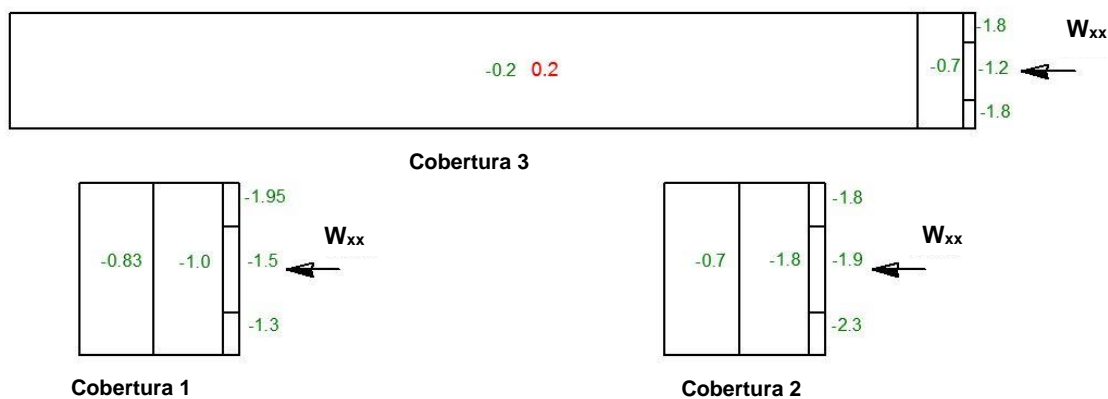


Figura 1.33 - Coeficientes Pressão Exteriores nas Coberturas na direção  $W_{xx}$ .

Na Figura 1.34 indicam-se os coeficientes de pressão exteriores determinados nas coberturas 1, 2 e 3.

Também para a direção  $w_y$  foi considerado que a cobertura da Sala Elétrica se encontra protegida, não estando sujeita à ação do vento.

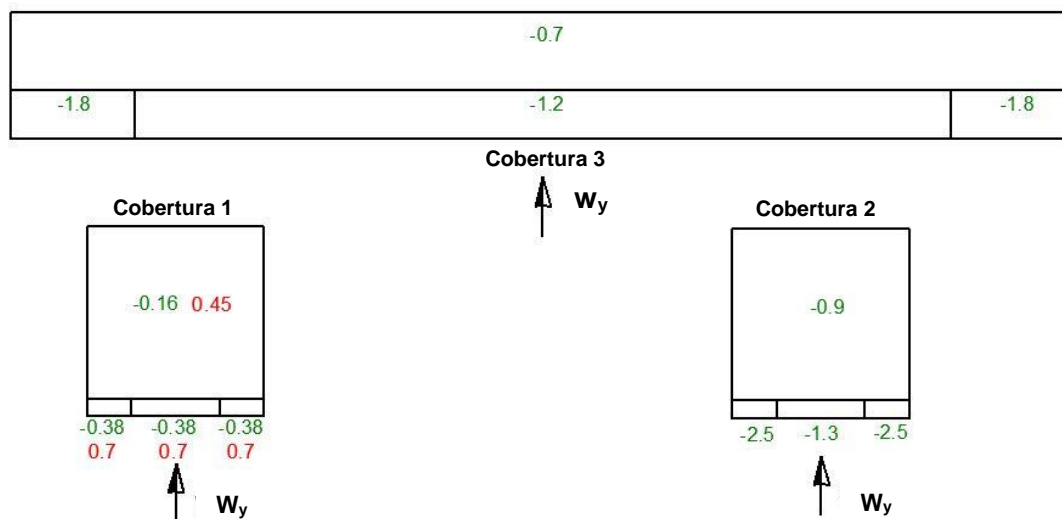


Figura 1.34 - Coeficientes Pressão Exteriores em Coberturas na direção  $W_y$ .

Na Figura 1.35 estão indicados os coeficientes de pressão exteriores calculados para as coberturas na direção  $W_{yy}$ .

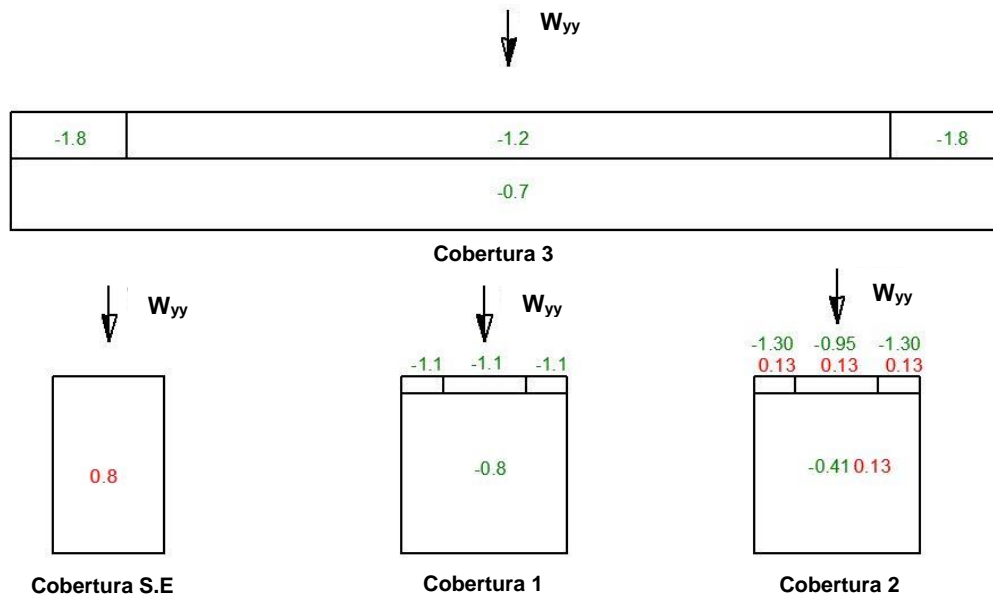


Figura 1.35 - Coeficientes Pressão Exteriores nas Coberturas na direção  $W_{yy}$ .

#### 1.5.4. Forças exercidas pelo Vento

Foi necessário proceder ao cálculo das forças exteriores e interiores do vento, a partir das pressões, para se poderem calcular as ações exercidas nos alçados e nas coberturas.

A força total exercida pelo vento nos diferentes alçados foi determinada pela soma vetorial das forças exteriores  $F_{w,e}$  e interiores,  $F_{w,i}$ , que se indicam nas Tabelas 1.10 a 1.25.

**Tabela 1.10 - Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores nos Alçados da Zona A.**

		Zona A										
		Coeficientes de Pressão Exteriores nos Alçados					Forças Exteriores nos Alçados [kN/m <sup>2</sup> ]					
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C
<b>Wx</b>	1.06	0.94	0.70	-0.30	-1.20	-0.80	-0.50	0.70	-0.30	-1.20	-0.80	-0.50
<b>Wxx</b>	1.06	0.94	0.70	-0.30	-1.20	-0.80	-0.50	0.70	-0.30	-1.20	-0.80	-0.50
<b>Wy</b>	1.06	0.83	0.80	-0.55	-1.20	-0.80	0.00	0.71	-0.49	-1.06	-0.71	0.00
<b>Wyy</b>	1.06	0.83	0.80	-0.55	-1.20	-0.80	0.00	0.71	-0.49	-1.06	-0.71	0.00

**Tabela 1.11 - Coeficientes de Pressão Interiores e Forças Interiores nos Alçados da Zona A.**

		Zona A										
		Coeficientes de Pressão Interiores nos Alçados					Forças Interiores nos Alçados [kN/m <sup>2</sup> ]					
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C
<b>Wx</b>	1.06	0.94	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.32	0.21	0.21	0.21	0.21
<b>Wxx</b>	1.06	0.94	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.32	0.21	0.21	0.21	0.21
<b>Wy</b>	1.06	0.83	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.32	0.21	0.21	0.21	0.21
<b>Wyy</b>	1.06	0.83	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.32	0.21	0.21	0.21	0.21

Tabela 1.12 - Forças resultantes nos Alçados na Zona A.

Zona A							
		Força Resultante nos Alçados [kN/m <sup>2</sup> ]					
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	D	E	A	B	C
Wx	1.06	0.94	1.02	-0.51	-1.41	-1.01	-0.71
Wxx	1.06	0.94	1.02	-0.51	-1.41	-1.01	-0.71
Wy	1.06	0.83	1.03	-0.70	-1.27	-0.92	-0.21
Wyy	1.06	0.83	1.03	-0.70	-1.27	-0.92	-0.21

Tabela 1.13 - Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores nos Alçados na Zona B.

Zona B												
		Coeficientes de Pressão Exteriores nos Alçados					Forças Exteriores nos Alçados [kN/m <sup>2</sup> ]					
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C
Wx	1.39	0.90	0.80	-0.65	-1.20	-0.60	0.00	1.00	-0.81	-1.50	-0.75	0.00
	1.09	0.90	0.80	-0.65	-1.20	-0.60	0.00	0.79	-0.64	-1.18	-0.59	0.00
	1.06	0.90	0.80	-0.65	-1.20	-0.60	0.00	0.77	-0.63	-1.15	-0.58	0.00
Wxx	1.39	0.90	0.80	-0.65	-1.20	-0.60	0.00	1.00	-0.81	-1.50	-0.75	0.00
	1.09	0.90	0.80	-0.65	-1.20	-0.60	0.00	0.79	-0.64	-1.18	-0.59	0.00
	1.06	0.90	0.80	-0.65	-1.20	-0.60	0.00	0.77	-0.63	-1.15	-0.58	0.00
Wy	1.39	0.91	0.80	-0.63	-1.20	-0.80	-0.50	1.00	-0.79	-1.51	-1.00	-0.63
	1.09	0.91	0.80	-0.63	-1.20	-0.80	-0.50	0.79	-0.62	-1.19	-0.79	-0.49
	1.06	0.91	0.80	-0.63	-1.20	-0.80	-0.50	0.77	-0.61	-1.16	-0.77	-0.48
Wyy	1.39	0.91	0.80	-0.63	-1.20	-0.80	-0.50	1.00	-0.79	-1.51	-1.00	-0.63
	1.09	0.91	0.80	-0.63	-1.20	-0.80	-0.50	0.79	-0.62	-1.19	-0.79	-0.49
	1.06	0.91	0.80	-0.63	-1.20	-0.80	-0.50	0.77	-0.61	-1.16	-0.77	-0.48

Tabela 1.14 - Coeficientes de Pressão Interiores e Forças Interiores nos Alçados nas várias direções do vento na Zona B.

		Zona B										
		Coeficientes de Pressão Interiores nos Alçados					Forças interiores nos Alçados [kN/m <sup>2</sup> ]					
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C
Wx	1.39	0.90	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.00	-0.42	0.28	0.28	0.28	0.00
	1.09	0.90	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.00	-0.33	0.22	0.22	0.22	0.00
	1.06	0.90	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.00	-0.32	0.21	0.21	0.21	0.00
Wxx	1.39	0.90	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.00	-0.42	0.28	0.28	0.28	0.00
	1.09	0.90	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.00	-0.33	0.22	0.22	0.22	0.00
	1.06	0.90	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.00	-0.32	0.21	0.21	0.21	0.00
Wy	1.39	0.91	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.42	0.28	0.28	0.28	0.28
	1.09	0.91	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.33	0.22	0.22	0.22	0.22
	1.06	0.91	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.32	0.21	0.21	0.21	0.21
Wyy	1.39	0.91	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.42	0.28	0.28	0.28	0.28
	1.09	0.91	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.33	0.22	0.22	0.22	0.22
	1.06	0.91	-0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	-0.32	0.21	0.21	0.21	0.21

Tabela 1.15 - Força resultante Exterior nos Alçados da Zona B do Edifício.

		Zona B					
		Força Resultante nos Alçados [kN/m <sup>2</sup> ]					
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	D	E	A	B	C
Wx	1.39	0.90	1.42	-1.09	-1.78	-1.03	0.00
	1.09	0.90	1.12	-0.86	-1.40	-0.81	0.00
	1.06	0.90	1.09	-0.84	-1.37	-0.79	0.00
Wxx	1.39	0.90	1.42	-1.09	-1.78	-1.03	0.00
	1.09	0.90	1.12	-0.86	-1.40	-0.81	0.00
	1.06	0.90	1.09	-0.84	-1.37	-0.79	0.00
Wy	1.39	0.91	1.42	-1.07	-1.78	-1.28	-0.91
	1.09	0.91	1.12	-0.84	-1.41	-1.01	-0.71
	1.06	0.91	1.09	-0.82	-1.37	-0.98	-0.69
Wyy	1.39	0.91	1.42	-1.07	-1.78	-1.28	-0.91
	1.09	0.91	1.12	-0.84	-1.41	-1.01	-0.71
	1.06	0.91	1.09	-0.82	-1.37	-0.98	-0.69

Tabela 1.16 - Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores na Cobertura 1 para as várias direções do Vento.

Cobertura 1														
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	Coeficientes de Pressão Exteriores						Forças Exteriores [kN/m <sup>2</sup> ]					
			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	1.39	0.90	-1.8	-2.3	0.00	-1.9	-1.8	-0.70	-2.25	-2.87	0.00	-2.37	-2.25	-0.87
Wxx	1.39	0.90	-1.8	-2.3	0.00	-1.9	-1.8	-0.70	-2.25	-2.87	0.00	-2.37	-2.25	-0.87
Wy	1.39	0.91	0.00	0.00	-2.5	-1.3	-0.9	0.00	0.00	0.00	-3.16	-1.64	-1.14	0.00
Wyy1	1.39	0.91	0.00	0.00	-1.2	-0.95	-0.41	0.00	0.00	0.00	-1.51	-1.20	-0.52	0.00
Wyy2	1.39	0.91	0.00	0.00	0.13	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.16	0.16	0.16	0.00

Tabela 1.17 - Coeficientes de Pressão Interiores e Forças Interiores na Cobertura 1 para as várias direções do Vento.

Cobertura 1														
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	Coeficientes de Pressão Interiores						Forças Interiores [kN/m <sup>2</sup> ]					
			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	1.39	0.90	0.20	0.20	0.00	0.20	0.20	0.20	0.28	0.28	0.00	0.28	0.28	0.28
Wxx	1.39	0.90	0.20	0.20	0.00	0.20	0.20	0.20	0.28	0.28	0.00	0.28	0.28	0.28
Wy	1.39	0.91	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.28	0.28	0.28	0.00
Wyy1	1.39	0.91	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.28	0.28	0.28	0.00
Wyy2	1.39	0.91	0.00	0.00	-0.30	-0.30	-0.30	0.00	0.00	0.00	-0.42	-0.42	-0.42	0.00

Tabela 1.18 - Forças resultantes para a Cobertura 1 para as várias direções do Vento.

Cobertura 1									
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	Força Resultante [kN/m <sup>2</sup> ]						
			F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I	
Wx	1.39	0.90	-2.52	-3.15	0.00	-2.65	-2.52	-1.15	
Wxx	1.39	0.90	-2.52	-3.15	0.00	-2.65	-2.52	-1.15	
Wy	1.39	0.91	0.00	0.00	-3.43	-1.92	-1.41	0.00	
Wyy1	1.39	0.91	0.00	0.00	-1.79	-1.48	-0.80	0.00	
Wyy2	1.39	0.91	0.00	0.00	0.58	0.58	0.58	0.00	

Tabela 1.19 - Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores na Cobertura 2 para as várias direções do Vento.

Cobertura 2														
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	Coeficientes de Pressão Exteriores						Forças Exteriores [kN/m <sup>2</sup> ]					
			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	1.39	0.90	-1.95	-1.30	0.00	-1.50	-1.00	-0.83	-2.44	-1.63	0.00	-1.88	-1.25	-1.04
Wxx	1.39	0.90	-1.95	-1.30	0.00	-1.50	-1.00	-0.83	-2.44	-1.63	0.00	-1.88	-1.25	-1.04
Wy1	1.39	0.91	0.00	0.00	-0.38	-0.38	-0.16	0.00	0.00	0.00	-0.48	-0.48	-0.20	0.00
Wy2	1.39	0.91	0.00	0.00	0.70	0.70	0.45	0.00	0.00	0.00	0.88	0.88	0.57	0.00
Wyy	1.39	0.91	0.00	0.00	-1.10	-0.80	-0.80	0.00	0.00	0.00	-1.39	-1.01	-1.01	0.00

Tabela 1.20 - Coeficientes de Pressão Interiores e Forças Interiores na Cobertura 2 para as várias direções do Vento.

Cobertura 2														
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	Coeficientes de Pressão Interiores						Forças Interiores [kN/m <sup>2</sup> ]					
			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	1.39	0.90	0.20	0.20	0.00	0.20	0.20	0.20	0.28	0.28	0.00	0.28	0.28	0.28
Wxx	1.39	0.90	0.20	0.20	0.00	0.20	0.20	0.20	0.28	0.28	0.00	0.28	0.28	0.28
Wy1	1.39	0.91	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.28	0.28	0.28	0.00
Wy2	1.39	0.91	0.00	0.00	-0.30	-0.30	-0.30	0.00	0.00	0.00	-0.42	-0.42	-0.42	0.00
Wyy	1.39	0.91	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.28	0.28	0.28	0.00

Tabela 1.21 - Forças resultantes na Cobertura 2 para as várias direções do Vento.

Cobertura 2									
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	Força Resultante [kN/m <sup>2</sup> ]						
			F <sub>up</sub>	F <sub>low</sub>	F	G	H	I	
Wx	1.39	0.90	-2.72	-1.91	0.00	-2.16	-1.53	-1.32	
Wxx	1.39	0.90	-2.72	-1.91	0.00	-2.16	-1.53	-1.32	
Wy1	1.39	0.91	0.00	0.00	-0.75	-0.75	-0.48	0.00	
Wy2	1.39	0.91	0.00	0.00	1.30	1.30	0.98	0.00	
Wyy	1.39	0.91	0.00	0.00	-1.67	-1.29	-1.29	0.00	



Tabela 1.22 – Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores na Cobertura 3 para as várias direções do Vento.

		Cobertura 3								
		Coeficientes de Pressão Exteriores				Forças Exteriores [kN/m <sup>2</sup> ]				
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	F	G	H	I	F	G	H	I
Wx1	1.06	0.94	-1.8	-1.2	-0.7	-0.2	-1.80	-1.20	-0.70	-0.20
Wx2	1.06	0.94	-1.8	-1.2	-0.7	0.2	-1.80	-1.20	-0.70	0.20
Wxx1	1.06	0.94	-1.8	-1.2	-0.7	-0.2	-1.80	-1.20	-0.70	-0.20
Wxx2	1.06	0.94	-1.8	-1.2	-0.7	0.2	-1.80	-1.20	-0.70	0.20
Wy1	1.06	0.83	-1.8	-1.2	-0.7	-0.2	-1.59	-1.06	-0.62	-0.18
Wy2	1.06	0.83	-1.8	-1.2	-0.7	0.2	-1.59	-1.06	-0.62	0.18
Wyy1	1.06	0.83	-1.8	-1.2	-0.7	-0.2	-1.59	-1.06	-0.62	-0.18
Wyy2	1.06	0.83	-1.8	-1.2	-0.7	0.2	-1.59	-1.06	-0.62	0.18

Tabela 1.23 – Coeficientes de Pressão Interiores, Forças Interiores e Força Resultante na Cobertura 3 para as várias direções do Vento.

		Cobertura 3												
		Coeficientes de Pressão Interiores				Forças Interiores [kN/m <sup>2</sup> ]				Força Resultante [kN/m <sup>2</sup> ]				
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	F	G	H	I	F	G	H	I	F	G	H	I
Wx1	1.06	0.94	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	-2.01	-1.41	-0.91	0.41
Wx2	1.06	0.94	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-1.48	-0.88	-0.38	-0.52
Wxx1	1.06	0.94	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	-2.01	-1.41	-0.91	0.41
Wxx2	1.06	0.94	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-1.48	-0.88	-0.38	-0.52
Wy1	1.06	0.83	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	-1.80	-1.27	-0.83	0.39
Wy2	1.06	0.83	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-1.27	-0.74	-0.30	-0.50
Wyy1	1.06	0.83	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	-1.80	-1.27	-0.83	0.39
Wyy2	1.06	0.83	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-1.27	-0.74	-0.30	-0.50

Tabela 1.24 - Coeficientes de Pressão Exteriores e Forças Exteriores na Cobertura da Sala Elétrica para as várias direções do Vento.

Cobertura Sala Elétrica										
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	Coeficientes de Pressão Exteriores				Forças Exteriores [kN/m <sup>2</sup> ]			
			F	G	H	I	F	G	H	I
Wx1	1.06	0.90	-1.80	-1.20	-0.70	-0.20	-1.73	-1.15	-0.67	-0.19
Wx2	1.06	0.90	-1.80	-1.20	-0.70	0.20	-1.73	-1.15	-0.67	0.19
Wyy2	1.06	0.91	0.80	0.80	0.80	0.80	0.77	0.77	0.77	0.77

Tabela 1.25 - Coeficientes de Pressão Interiores, Forças Interiores e Forças Resultantes na Cobertura da Sala Elétrica para as várias direções do Vento.

Cobertura Sala Elétrica														
Direções	qp(z) [kN/m <sup>2</sup> ]	CsCd	Coeficientes de Pressão Interiores				Forças Interiores [kN/m <sup>2</sup> ]				Força Resultante [kN/m <sup>2</sup> ]			
			F	G	H	I	F	G	H	I	F	G	H	I
Wx1	1.06	0.90	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	-1.94	-1.37	-0.89	-0.41
Wx2	1.06	0.90	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-1.41	-0.83	-0.35	0.51
Wyy2	1.06	0.91	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	1.09	1.09	1.09	1.09

### 1.5.5. Aplicação das ações no programa de elementos finitos

A aplicação das forças exercidas pela ação do vento no modelo de elementos finitos, foi realizada no programa de cálculo automático "SAP2000", tendo-se considerado como a ação do vento resultante a correspondente à soma vetorial das forças exteriores  $F_{w,e}$  e interiores  $F_{w,i}$ .

As diversas ações foram aplicadas nas madres de suporte das chapas dos alçados e das coberturas.

As tabelas e figuras seguintes mostram os valores considerados das ações do vento para as diferentes direções nas madres do Edifício.

Tabela 1.26 - Ação do Vento nas Madres dos Alçados nas direções Wx e Wxx.

Zona A - Wx e Wxx							
Madres	d1 (m) (*)	d2 (m) (*)	D (KN/m)	E (KN/m)	A (KN/m)	B (KN/m)	C (KN/m)
M1,A	1.85	1.43	1.67	-0.84	-2.31	-1.65	-1.16
M2,A	1.43	1.43	1.45	-0.73	-2.01	-1.44	-1.01
M3,A	1.43	1.65	1.57	-0.78	-2.17	-1.55	-1.09
M4,A	1.65	1.70	1.71	-0.85	-2.36	-1.69	-1.19
M5,A	1.70	1.70	1.73	-0.87	-2.40	-1.72	-1.21
M6,A	1.70	0.00	0.87	-0.43	-1.20	-0.86	-0.60

Tabela 1.27 - Ação do vento nas Madres dos Alçados nas direções Wy e Wyy.

Zona A - Wy e Wyy							
Madres	d1 (m) (*)	d2 (m) (*)	D (KN/m)	E (KN/m)	A (KN/m)	B (KN/m)	C (KN/m)
M1,A	1.85	1.43	1.69	-1.15	-2.08	-1.51	-0.34
M2,A	1.43	1.43	1.47	-1.00	-1.81	-1.31	-0.30
M3,A	1.43	1.65	1.58	-1.08	-1.95	-1.41	-0.32
M4,A	1.65	1.70	1.73	-1.17	-2.13	-1.54	-0.35
M5,A	1.70	1.70	1.75	-1.19	-2.16	-1.56	-0.36
M6,A	1.70	0.00	0.88	-0.60	-1.08	-0.78	-0.18

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre madres adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

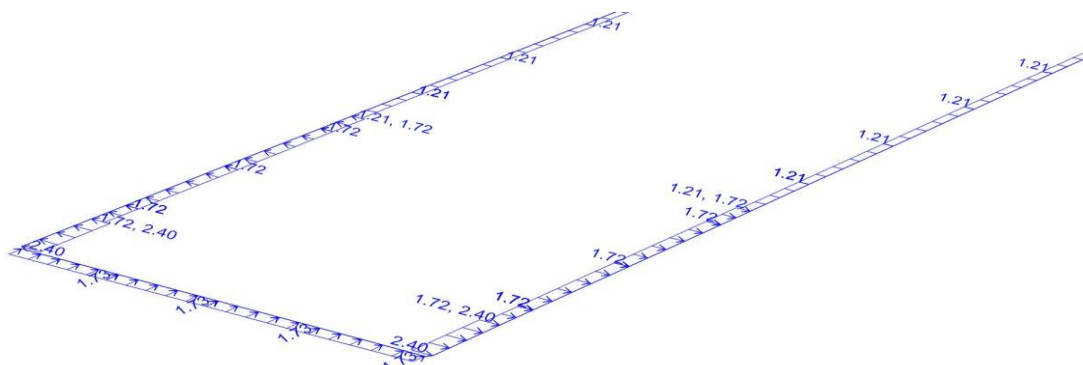


Figura 1.36 - Ações na Madre M5,A na direção do Vento Wx.

Tabela 1.28 - Ação do Vento nos Alçados da Zona B segundo as direções Wx e Wxx.

Zona B - Wx e Wxx							
Madres	d1 (m) (*)	d2 (m) (*)	D (KN/m)	E (KN/m)	A (KN/m)	B (KN/m)	C (KN/m)
M1,B	1.35	1.70	1.56	-0.78	-2.15	-1.54	-1.08
M2,B	1.70	1.20	1.48	-0.74	-2.04	-1.46	-1.03
M3,B	1.20	1.20	1.42	-1.09	-1.78	-1.03	0.00
M4,B	1.20	1.20	1.42	-1.09	-1.78	-1.03	0.00
M5,B	1.20	1.16	1.39	-1.07	-1.75	-1.01	0.00
M6,B	1.16	1.17	1.37	-1.06	-1.72	-1.00	0.00
M7,B	1.17	1.17	1.64	-1.26	-2.06	-1.19	0.00
M8,B	1.17	1.50	1.87	-1.44	-2.35	-1.36	0.00
M9,B	1.50	1.50	2.10	-1.62	-2.64	-1.53	0.00
M10,B	1.50	1.50	2.10	-1.62	-2.64	-1.53	0.00
M11,B	1.50	1.66	2.21	-1.71	-2.78	-1.61	0.00
M12,B	1.66	1.67	2.33	-1.80	-2.93	-1.70	0.00
M13,B	1.67	1.67	2.34	-1.80	-2.94	-1.70	0.00
M14,B	1.67	0.00	1.17	-0.90	-1.47	-0.85	0.00
M15,B	0.15	1.20	0.95	-0.73	-1.19	-0.69	0.00
M16,B	1.20	0.15	0.95	-0.73	-1.19	-0.69	0.00

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre madres adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

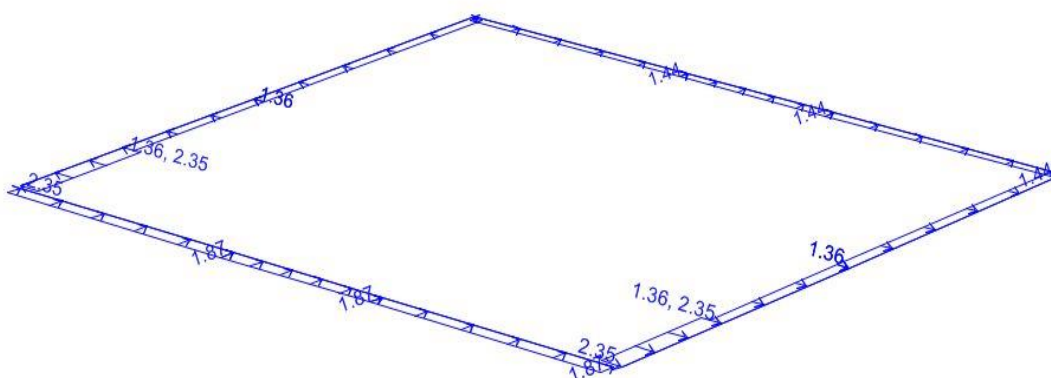


Figura 1.37 - Ações aplicadas na Madre M<sub>8,B</sub> na direção do Vento wx.

Tabela 1.29 - Ação do Vento nas Madres dos Alçados na zona B segundo as direções Wy e Wyy.

Zona B - Wy e Wyy							
Madres	d1 (m) (*)	d2 (m) (*)	D (KN/m)	E (KN/m)	A (KN/m)	B (KN/m)	C (KN/m)
M1,B	1.35	1.70	1.57	-1.07	-1.94	-1.40	-0.32
M2,B	1.70	1.20	1.49	-1.02	-1.84	-1.33	-0.30
M3,B	1.20	1.20	1.42	-1.07	-1.79	-1.28	-0.90
M4,B	1.20	1.20	1.42	-1.07	-1.79	-1.28	-0.90
M5,B	1.20	1.16	1.39	-1.05	-1.76	-1.26	-0.89
M6,B	1.16	1.17	1.37	-1.04	-1.74	-1.25	-0.87
M7,B	1.17	1.17	1.64	-1.24	-2.06	-1.49	-1.04
M8,B	1.17	1.50	1.87	-1.42	-2.35	-1.70	-1.19
M9,B	1.50	1.50	2.10	-1.59	-2.64	-1.91	-1.34
M10,B	1.50	1.50	2.10	-1.59	-2.64	-1.91	-1.34
M11,B	1.50	1.66	2.21	-1.67	-2.78	-2.01	-1.41
M12,B	1.66	1.67	2.33	-1.76	-2.93	-2.11	-1.48
M13,B	1.67	1.67	2.34	-1.77	-2.94	-2.12	-1.49
M14,B	1.67	0.00	1.17	-0.89	-1.47	-1.06	-0.74
M15,B	0.15	1.20	0.95	-0.72	-1.19	-0.86	-0.60
M16,B	1.20	0.15	0.95	-0.72	-1.19	-0.86	-0.60

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre madres adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

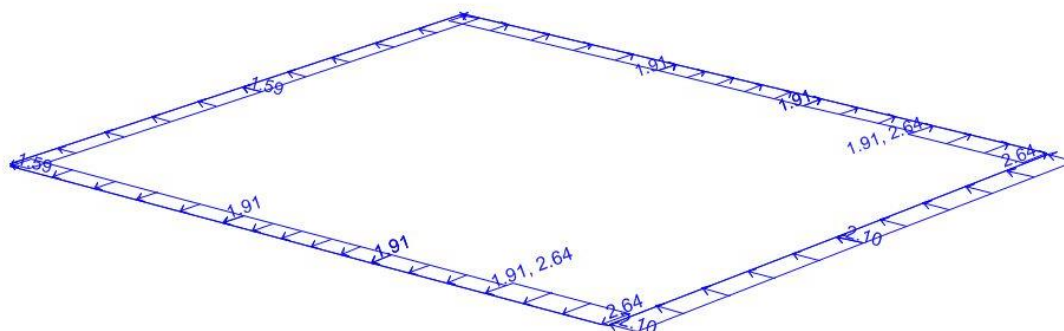


Figura 1.38 - Ações aplicadas na Madre M<sub>9,B</sub> na direção do vento Wy.

Tabela 1.30 - Ação do Vento na Cobertura 1 segundo Wx e Wxx.

Cobertura 1 - Wx e Wxx								
Vigas	d1 (m) (*)	d2 (m) (*)	F <sub>up</sub> (KN/m)	F <sub>low</sub> (KN/m)	F (KN/m)	G (KN/m)	H (KN/m)	I (KN/m)
MC1	0.15	2.50	-4.12	-3.30	0.00	-3.47	-3.30	-1.51
MC2	2.50	2.50	-7.78	-6.23	0.00	-6.55	-6.23	-2.85
MC3	2.50	2.50	-7.78	-6.23	0.00	-6.55	-6.23	-2.85
MC4	2.50	0.00	-3.89	-3.11	0.00	-3.28	-3.11	-1.43

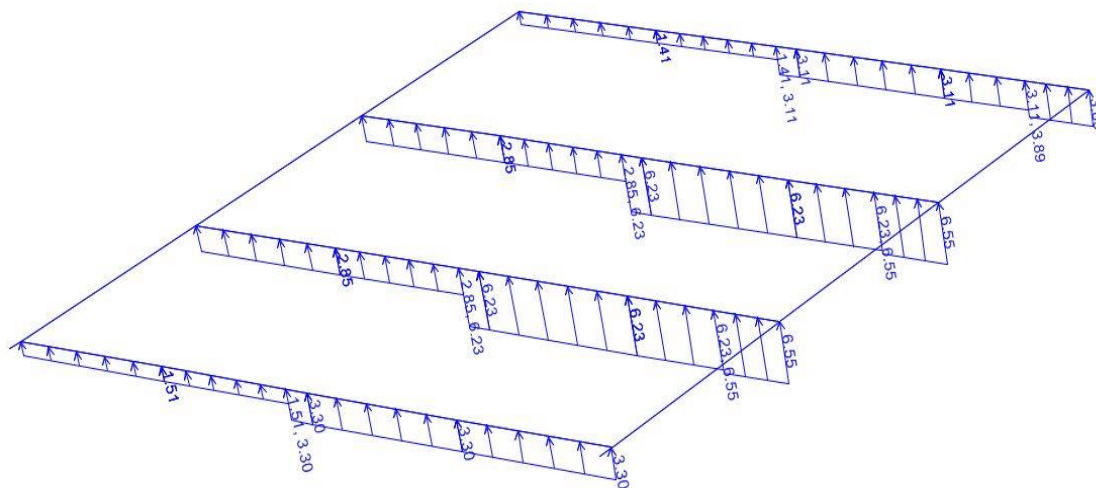


Figura 1.39 - Ações aplicadas nas Vigas da Cobertura 1 na direção do Vento Wx.

Tabela 1.31 - Ação do Vento na Cobertura 1 na direção do Vento Wy.

Cobertura 1 - Wy								
Vigas	d1 (m) (*)	d2 (m) (*)	F <sub>up</sub> (KN/m)	F <sub>low</sub> (KN/m)	F (KN/m)	G (KN/m)	H (KN/m)	I (KN/m)
MC1	0.15	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.86	0.00
MC2	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.50	0.00
MC3	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.50	0.00
MC4	2.50	0.00	0.00	0.00	-4.24	-2.36	0.00	0.00

Tabela 1.32- Ação do Vento na Cobertura 1 segundo Wyy1 (forças de sucção).

Cobertura 1 - Wyy1								
Vigas	d1 (m) (*)	d2 (m) (*)	F <sub>up</sub> (KN/m)	F <sub>low</sub> (KN/m)	F (KN/m)	G (KN/m)	H (KN/m)	I (KN/m)
MC1	0.15	2.50	0.00	0.00	-2.35	-1.93	0.00	0.00
MC2	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.98	0.00
MC3	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.98	0.00
MC4	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.99	0.00

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre vigas adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

Tabela 1.33 – Forças de Pressão do Vento na Cobertura 1 na direção  $W_{yy2}$ .

Cobertura 1- $W_{yy2}$								
Vigas	d1(m)(*)	d2(m)(*)	F <sub>up</sub> (KN/m)	F <sub>low</sub> (KN/m)	F(KN/m)	G(KN/m)	H(KN/m)	I(KN/m)
MC1	0.15	2.50	0.00	0.00	0.76	0.76	0.00	0.00
MC2	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00
MC3	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00
MC4	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00

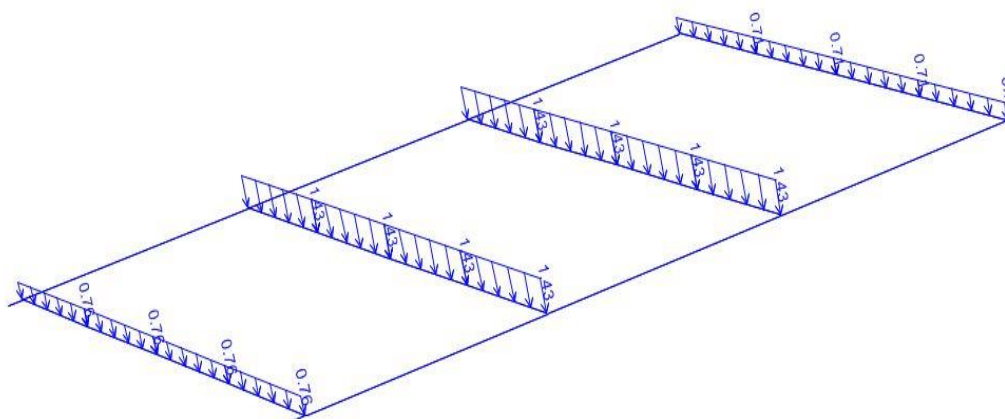


Figura 1.40 - Ações aplicadas nas Madres da Cobertura 1 na direção do vento  $W_{yy2}$ .

Tabela 1.34 - Ação do Vento na Cobertura 2 segundo  $W_x$  e  $W_{xx}$ .

Cobertura 2- $W_x$ e $W_{xx}$								
Vigas	d1(m)(*)	d2(m)(*)	F <sub>up</sub> (KN/m)	F <sub>low</sub> (KN/m)	F(KN/m)	G(KN/m)	H(KN/m)	I (KN/m)
MC5	0.15	2.18	-3.13	-2.20	0.00	-2.48	-1.76	-1.51
MC6	2.18	2.18	-5.86	-4.12	0.00	-4.64	-3.29	-2.83
MC7	2.18	2.18	-5.86	-4.12	0.00	-4.64	-3.29	-2.83
MC8	2.18	2.18	-5.86	-4.12	0.00	-4.64	-3.29	-2.83
MC9	2.18	0.15	-3.13	-2.20	0.00	-2.48	-1.76	-1.51

Tabela 1.35 - Ação do Vento na Cobertura 2 segundo  $W_{y1}$  (forças sucção).

Cobertura 2- $W_{y1}$								
Vigas	d1(m)(*)	d2(m)(*)	F <sub>up</sub> (KN/m)	F <sub>low</sub> (KN/m)	F(KN/m)	G(KN/m)	H(KN/m)	I (KN/m)
MC5	0.15	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.57	0.00
MC6	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.07	0.00
MC7	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.07	0.00
MC8	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.07	0.00
MC9	2.18	0.15	0.00	0.00	-0.87	-0.87	0.00	0.00

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre vigas adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

Tabela 1.36 – Forças de pressão do Vento na Cobertura 2 segundo  $W_{y2}$ .

Cobertura 2 - $W_{y2}$								
Vigas	d1(m)(*)	d2(m)(*)	F <sub>up</sub> (KN/m)	F <sub>low</sub> (KN/m)	F(KN/m)	G(KN/m)	H(KN/m)	I (KN/m)
MC5	0.15	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	0.00
MC6	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	2.11	0.00
MC7	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	2.11	0.00
MC8	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	2.11	0.00
MC9	2.18	0.15	0.00	0.00	1.49	1.49	0.00	0.00

Tabela 1.37 - Ação do Vento na Cobertura 2 segundo  $W_{yy}$ .

Cobertura 2 - $W_{yy}$								
Vigas	d1(m)(*)	d2(m)(*)	F <sub>up</sub> (KN/m)	F <sub>low</sub> (KN/m)	F(KN/m)	G(KN/m)	H(KN/m)	I (KN/m)
MC5	0.15	2.18	0.00	0.00	-1.92	-1.48	0.00	0.00
MC6	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.77	0.00
MC7	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.77	0.00
MC8	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.77	0.00
MC9	2.18	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.48	0.00

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre vigas adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

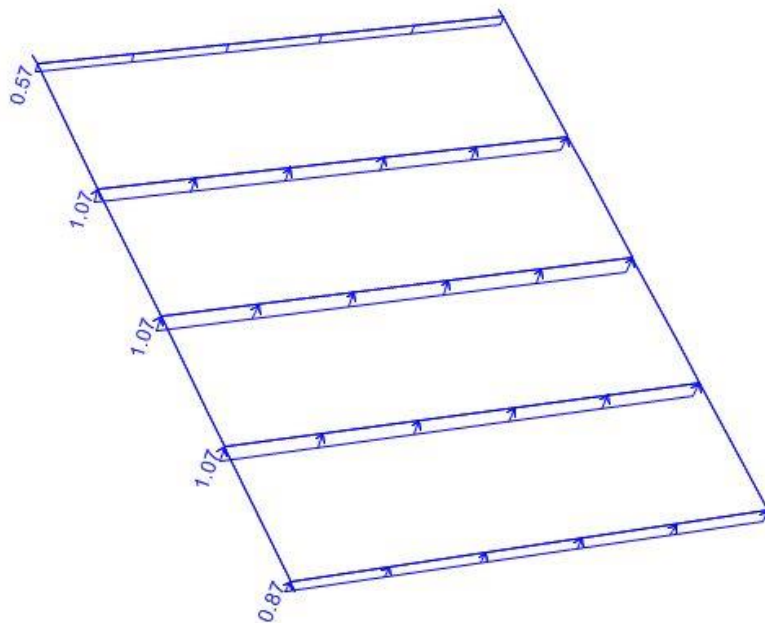


Figura 1.41 – Ações nas Vigas da Cobertura 2 na direção do Vento  $W_{y1}$  (sucção).



Tabela 1.38 - Ação do Vento na Cobertura 3 segundo as direções Wx1, Wx2, Wxx1 e Wxx2.

Cobertura 3 Wx1						
Vigas	d1(m)(*)	d2(m)(*)	F(KN/m)	G(KN/m)	H(KN/m)	I(KN/m)
MC10	0.15	2.43	-2.60	-1.82	-1.18	0.53
MC11	2.43	2.43	-4.89	-3.44	-2.22	1.00
MC12	2.43	0.00	-2.45	-1.72	-1.11	0.50
Cobertura 3 Wx2						
Vigas	d1(m)(*)	d2(m)(*)	F(KN/m)	G(KN/m)	H(KN/m)	I(KN/m)
MC10	0.15	2.43	-1.91	-1.14	-0.49	-0.67
MC11	2.43	2.43	-3.60	-2.14	-0.93	-1.26
MC12	2.43	0.00	-1.80	-1.07	-0.46	-0.63
Cobertura 3 Wxx1						
Vigas	d1(m)(*)	d2(m)(*)	F(KN/m)	G(KN/m)	H(KN/m)	I(KN/m)
MC10	0.15	2.43	-2.60	-1.82	-1.18	0.53
MC11	2.43	2.43	-4.89	-3.44	-2.22	1.00
MC12	2.43	0.00	-2.45	-1.72	-1.11	0.50
Cobertura 3 Wxx2						
Vigas	d1(m)(*)	d2(m)(*)	F(KN/m)	G(KN/m)	H(KN/m)	I(KN/m)
MC10	0.15	2.43	-1.91	-1.14	-0.49	-0.67
MC11	2.43	2.43	-3.60	-2.14	-0.93	-1.26
MC12	2.43	0.00	-1.80	-1.07	-0.46	-0.63

(\*) A largura de influência foi calculada a partir das distâncias entre vigas adjacentes  $(d1+d2)/2$ .

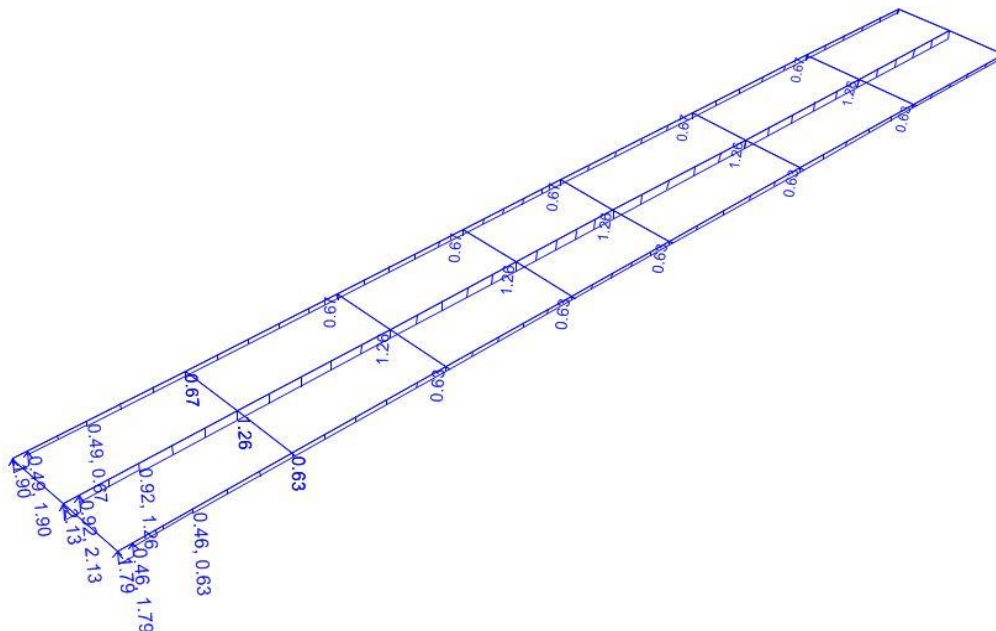


Figura 1.42 - Ações nas Vigas da Cobertura 3 na direção do Vento Wx1.



## 1.6. Ação do Sismo

A ação do sismo foi definida através de espectros de resposta de cálculo.

Os espectros de cálculo foram obtidos conforme o indicado na Memória Descritiva deste projeto.

Através da norma NP EN 1998-1:2010 foi possível determinar os parâmetros que definem os espectros de cálculo, tal como se mostra na Tabela 1.40.

Tabela 1.40 - Parâmetros dos Espectros de Cálculo.

	Ação Sísmica Tipo 1	Ação Sísmica Tipo 2
<b>Zona Sísmica</b>	1.4	2.3
<b>Tipo de terreno</b>	D	D
<b>Classe de importância</b>	I	I
<b><math>S_{max}</math></b>	2.0	2.0
<b>S</b>	2.0	1.8
<b><math>\eta</math></b>	1.0	1.0
<b><math>T_B</math> (s)</b>	0.1	0.1
<b><math>T_C</math> (s)</b>	0.8	0.3
<b><math>T_D</math> (s)</b>	2.0	2.0
<b><math>A_{gR}</math> (m/s<sup>2</sup>)</b>	1.0	1.7
<b><math>\gamma_I</math></b>	0.65	0.75
<b><math>A_g</math> (m/s<sup>2</sup>)</b>	0.65	1.28
<b><math>\beta</math></b>	0.2	0.2
<b>q</b>	1.5	1.5

Com os parâmetros calculados anteriormente determinaram-se os espectros de cálculo para Ação Sísmica Tipo 1 e Tipo 2, tal como se mostra na Figura 1.44.

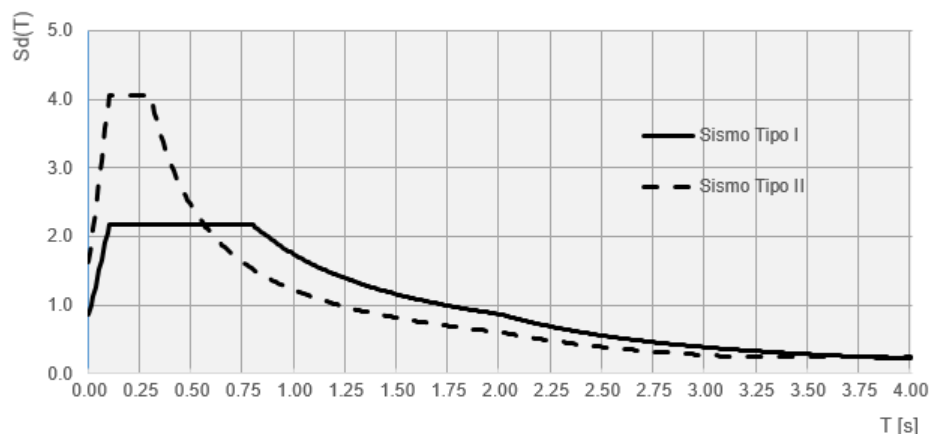


Figura 1.44 - Espectros de Cálculo Tipo 1 e Tipo 2.

Segundo a NP EN 1998-1, cláusula 4.3.3.5.1, as componentes horizontais da ação sísmica atuam simultaneamente, sendo os esforços devidos à combinação das componentes horizontais do sismo do Tipo 1 e do Tipo 2, determinados a partir das combinações seguintes:

$$E_{Ed,X} + 0.3E_{Ed,Y} \quad (1.1)$$

$$0.3E_{Ed,x} + E_{Ed,y} \quad (1.2)$$

Resultam assim duas combinações para o Espectro da Ação Sísmica do Tipo 1:

$$U_1 + 0.3U_2$$

$$0.3U_1 + U_2$$

E para o Espectro da Ação Sísmica do Tipo 2 outras duas combinações:

$$U_1 + 0.3U_2$$

$$0.3U_1 + U_2$$

Na Figura 1.45 mostra-se um exemplo de como foi considerado no programa "SAP" as combinações direcionais.

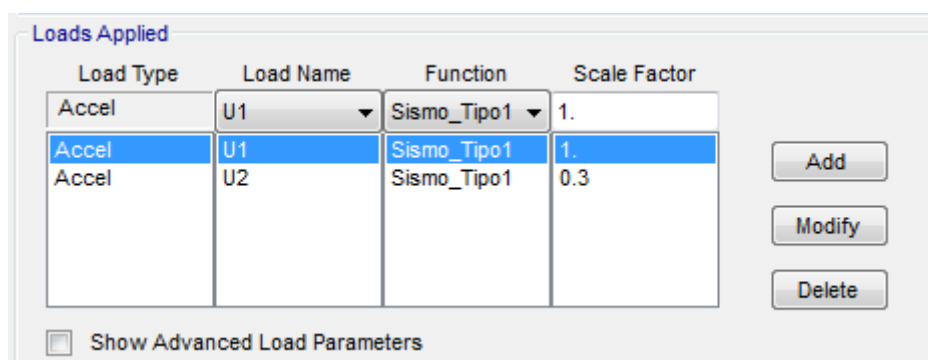
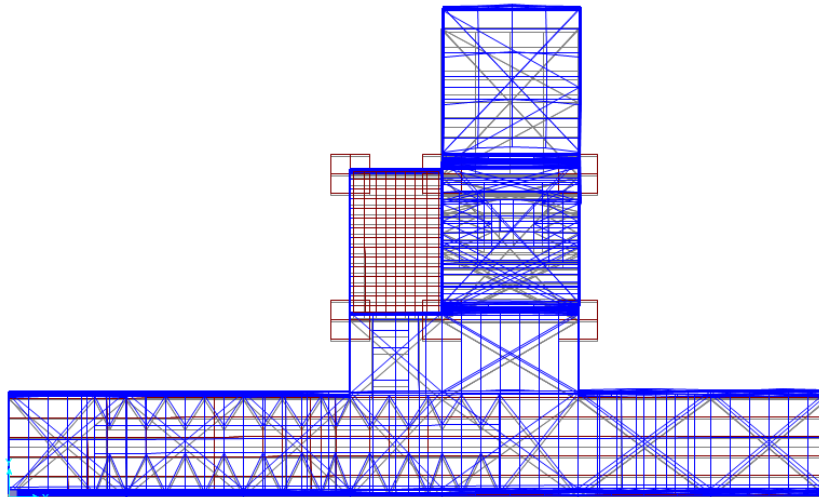


Figura 1.45 - Exemplo da Combinação Direcional para o Espectro de Cálculo da Ação Sísmica Tipo 1.

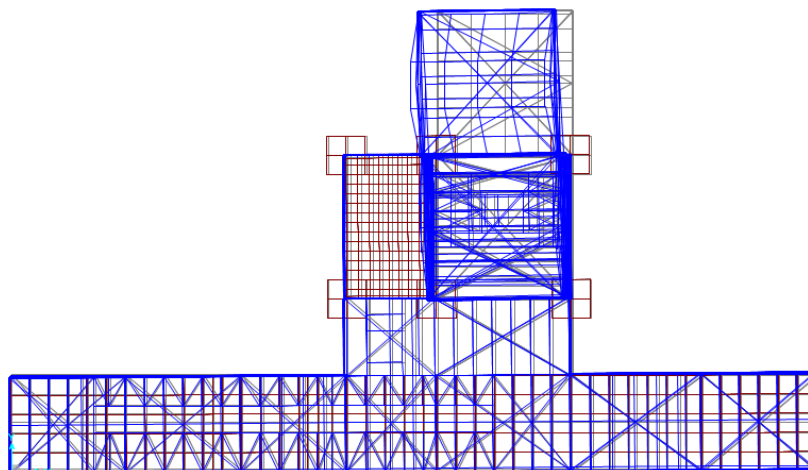
A análise sísmica da estrutura foi efetuada através do programa de cálculo automático, tendo sido contabilizadas as massas devidas ao peso próprio da estrutura, as restantes cargas permanentes e as sobrecargas através da função "mass source".

A Figura 1.46 mostra o primeiro modo de vibração que tem um período de  $T = 0.839s$  e uma frequência de  $f = 1.192 \text{ Hz}$ . O primeiro modo corresponde a uma translação segundo o eixo  $y$ , com uma participação total da massa de aproximadamente 27%.



**Figura 1.46 - 1º Modo de Vibração.**

A Figura 1.47 mostra o segundo modo de vibração que tem um período de  $T = 0.671s$  e uma frequência de  $f = 1.489\text{Hz}$ . O segundo modo corresponde a uma translação segundo o eixo  $x$  e tem uma participação total da massa de 27%.



**Figura 1.47 - 2º Modo de Vibração.**



## 2. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA METÁLICA

### 2.1. Análise Estrutural

A verificação da estabilidade de uma estrutura porticada, deve incluir não só as imperfeições, mas também os efeitos de segunda ordem, nos casos em que tal seja necessário.

A análise dos esforços e dos deslocamentos nas estruturas pode ser feita a partir de uma análise de primeira ordem ou de uma análise de segunda ordem.

Para se proceder a uma análise de primeira ordem, os esforços obtidos para todas as combinações de ações, devem verificar as seguintes condições:

$\alpha_{cr} \geq 10$  em análise elástica;

$\alpha_{cr} \geq 15$  em análise plástica.

O método de Horne, proposto pelo EC3-1-1, pode ser utilizado em determinado tipo de estruturas, e permite calcular o coeficiente  $\alpha_{cr}$  através da expressão:

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

em que:

$H_{Ed}$  Valor de cálculo da carga horizontal total na base do pórtico;

$V_{Ed}$  Valor de cálculo da carga vertical total transmitida pelo piso na base do pórtico;

$\delta_{H,Ed}$  Deslocamento horizontal relativo entre o topo e a base de um pórtico, devido aos valores de cálculo das ações horizontais;

$h_i$  Altura do pórtico.

Na Tabela 2.1 resumem-se os resultados obtidos do coeficiente  $\alpha_{cr}$ , para o pórtico do alinhamento B que é o mais solicitado do Edifício.

A existência de travamentos nas fachadas e nos pavimentos dos pisos provoca deslocamentos "reduzidos" em toda a estrutura, conduzindo assim, a valores de  $\alpha_{cr}$  relativamente elevados, para as combinações de ações mais condicionantes.

**Tabela 2.1 - Determinação dos Coeficientes  $\alpha_{cr}$ .**

<b>Pórtico</b>	<b>Combinações</b>	<b><math>h_i</math> [m]</b>	<b><math>\delta_{base}</math> [cm]</b>	<b><math>\delta_{topo}</math> [cm]</b>	<b><math>\Sigma H_{Ed}</math> [kN]</b>	<b><math>\Sigma V_{Ed}</math> [kN]</b>	<b><math>\delta_{H,Ed}</math> [cm]</b>	<b><math>\alpha_{cr}</math></b>
Alinhamento B_piso6	ELU_W(wx1_T+)	5.00	2.07	2.76	11.85	25.61	0.68	337.8
	ELU_W(wx2_T+)	5.00	2.08	2.76	11.85	25.62	0.69	336.9
	ELU_W(wxx1_T+)	5.00	1.55	2.21	12.05	28.41	0.66	320.5
	ELU_W(wxx2_T+)	5.00	1.55	2.21	12.05	28.40	0.66	320.2
	ELU_S1x	5.00	0.16	0.19	1.82	101.54	0.02	363.5
	ELU_S2x	5.00	0.17	0.19	1.83	101.65	0.03	353.2
Alinhamento B_piso5	ELU_W(wx1_T+)	4.50	1.49	2.07	20.47	301.70	0.59	52.0
	ELU_W(wx2_T+)	4.50	1.49	2.08	20.46	301.70	0.59	51.8
	ELU_W(wxx1_T+)	4.50	1.02	1.55	20.71	307.02	0.53	57.1
	ELU_W(wxx2_T+)	4.50	1.02	1.55	20.71	307.02	0.53	57.0
	ELU_S1x	4.50	0.14	0.19	2.09	229.68	0.05	85.6
	ELU_S2x	4.50	0.14	0.18	2.10	229.49	0.05	87.5
Alinhamento B_piso4	ELU_W(wx1_T+)	3.50	1.04	1.49	26.88	498.90	0.45	42.1
	ELU_W(wx2_T+)	3.50	1.04	1.49	26.84	498.69	0.45	42.0
	ELU_W(wxx1_T+)	3.50	0.63	1.02	27.01	511.03	0.39	47.4
	ELU_W(wxx2_T+)	3.50	0.63	1.02	27.02	511.06	0.39	47.4
	ELU_S1x	3.50	0.09	0.12	9.24	346.12	0.03	279.2
	ELU_S2x	3.50	0.09	0.12	9.25	346.53	0.03	273.7
Alinhamento B_piso3	ELU_W(wx1_T+)	3.60	0.59	1.04	15.01	853.86	0.45	14.1
	ELU_W(wx2_T+)	3.60	0.59	1.04	15.02	853.22	0.45	14.1
	ELU_W(wxx1_T+)	3.60	0.24	0.63	18.13	842.89	0.38	20.1
	ELU_W(wxx2_T+)	3.60	0.24	0.63	14.66	853.26	0.38	16.0
	ELU_S1x	3.60	0.06	0.10	2.78	522.95	0.04	45.4
	ELU_S2x	3.60	0.06	0.10	2.71	522.56	0.04	45.0
Alinhamento B_piso2	ELU_W(wx1_T+)	3.35	0.25	0.59	31.38	1062.48	0.35	28.5
	ELU_W(wx2_T+)	3.35	0.25	0.59	30.82	1060.15	0.35	28.0
	ELU_W(wxx1_T+)	3.35	0.04	0.24	30.60	1053.09	0.20	47.8
	ELU_W(wxx2_T+)	3.35	0.04	0.24	30.48	1053.08	0.20	47.5
	ELU_S1x	3.35	0.02	0.06	11.17	612.51	0.04	172.7
	ELU_S2x	3.35	0.02	0.06	11.15	612.57	0.04	168.0
Alinhamento B_piso0	ELU_W(wx1_T+)	6.40	0.07	0.25	99.22	2738.44	0.18	128.1
	ELU_W(wx2_T+)	6.40	0.07	0.25	99.06	2727.21	0.18	128.9
	ELU_W(wxx1_T+)	6.40	0.06	0.04	35.16	2354.08	0.02	407.5
	ELU_W(wxx2_T+)	6.40	0.06	0.04	35.35	2352.75	0.02	409.5
	ELU_S1x	6.40	0.00	0.01	15.19	748.65	0.01	1542.1
	ELU_S2x	6.40	0.00	0.01	15.47	743.70	0.01	1323.4



## 2.2. Dimensionamento das Barras metálicas da Estrutura

O pré-dimensionamento e dimensionamento dos elementos que compõem as Estruturas Metálicas do Edifício deste Projeto foi realizado na maior parte dos casos, com recurso a ábacos e tabelas realizadas a partir das expressões de dimensionamento definidas no EC3-1-1.

### 2.2.1. Vigas das Coberturas 1, 2 e 3

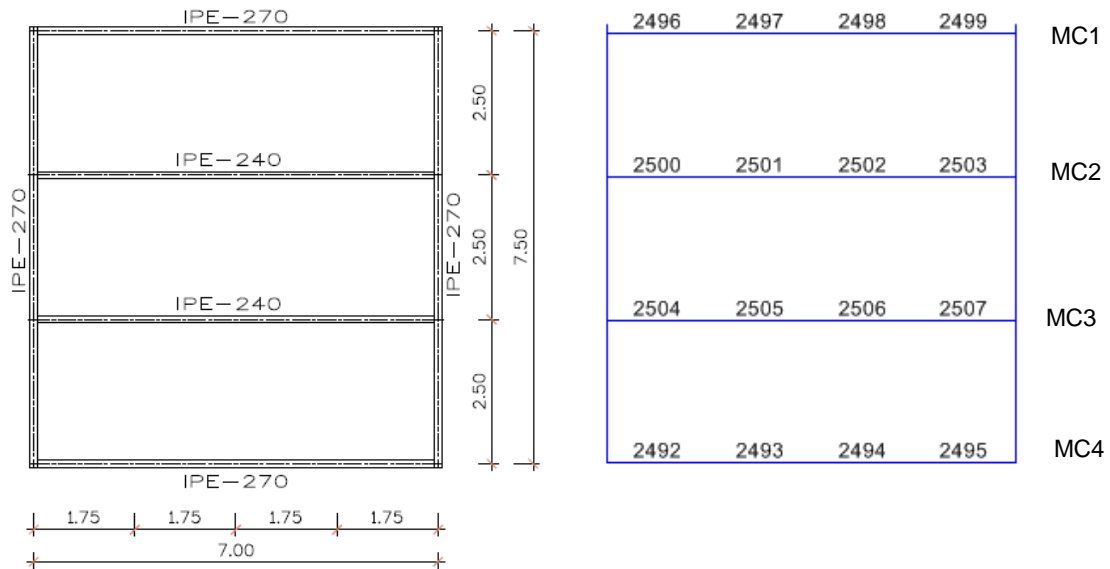


Figura 2.1 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas da Cobertura 1.

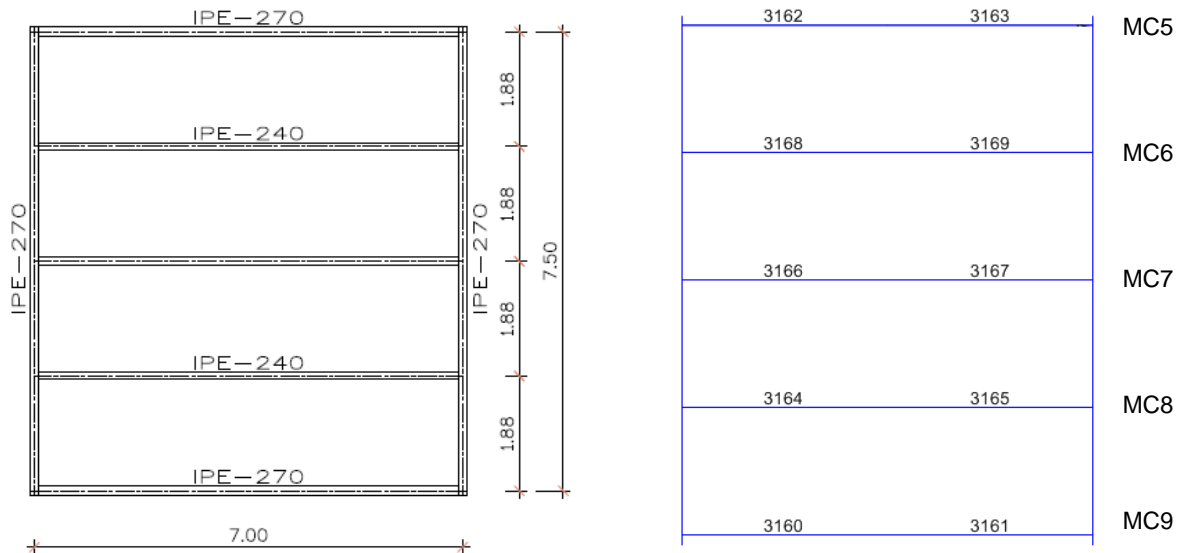


Figura 2.2 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas da Cobertura 2.

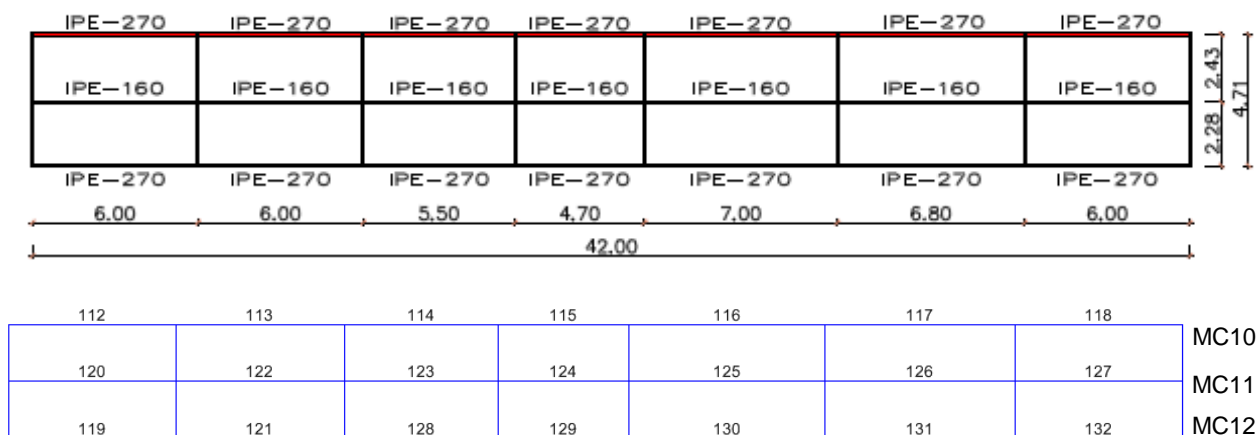


Figura 2.3 – Planta com a Geometria e Identificação das Vigas da Cobertura 3.

### 2.2.1.1 - Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento das secções das vigas das coberturas 1, 2 e 3 foi realizado para as combinações de ações mais condicionantes dos estados limites últimos, através dos ábacos de flexão desviada ( $M_{Ed,y} + M_{Ed,z}$ ) da Figura 2.4.

Para as deformações (flechas) recorreu-se ao ábaco da Figura 2.5, que permite dimensionar os perfis em função do vão L e do carregamento, para a combinação de ações mais condicionante dos estados limites de utilização.

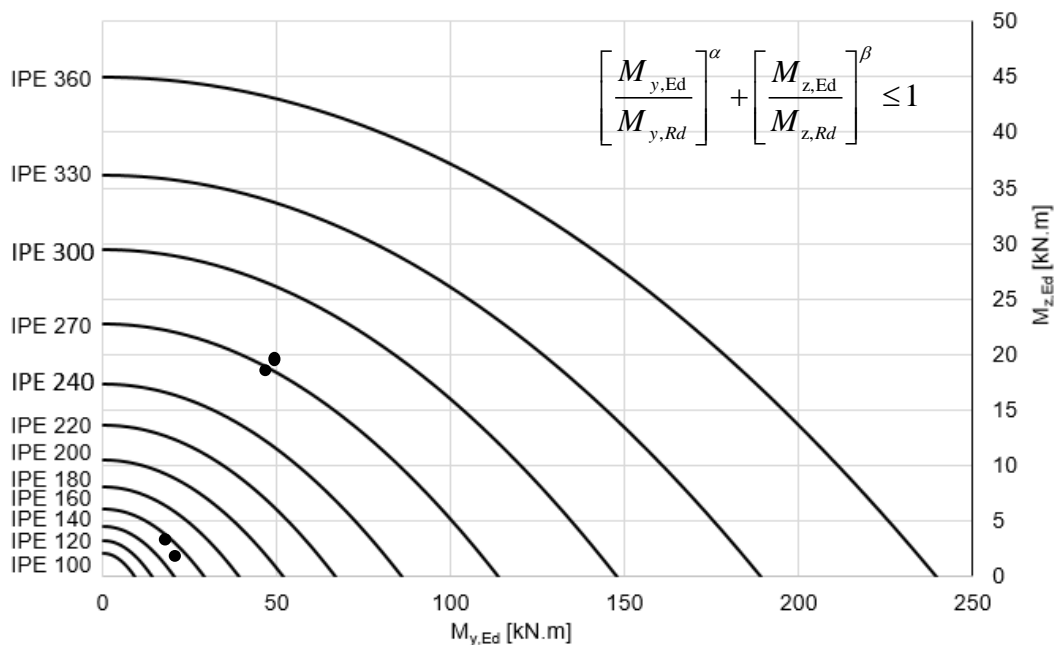


Figura 2.4 - Ábacos de Flexão Desviada dos IPE'S.

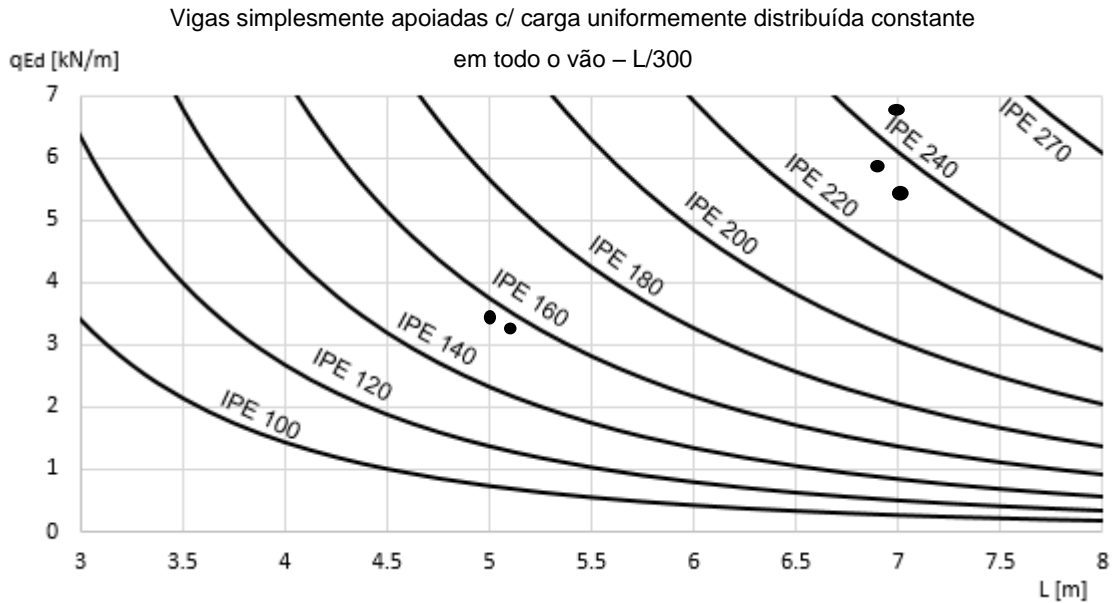


Figura 2.5 - Ábacos de deformação.

## Conclusões

As vigas da cobertura na zona da Torre têm vãos máximos de 7 m, funcionam como vigas simplesmente apoiadas e estão sujeitas a flexão desviada, têm carregamentos máximos de 8.75 kN/m (sucção) e de 5kN/m (pressão), para as combinações de ações dos estados limites últimos, a que correspondem os momentos máximos de  $M_{Ed,y} = 46.4$  kN.m e  $M_{Ed,z} = 26.7$  kN.m.

Em relação à deformação, a combinação de ações mais desfavorável corresponde a uma carga uniformemente distribuída de 6.3 kN/m (sucção) em todo o vão.

Pelos ábacos das Figuras 2.4 e 2.5 (resistência e deformação), verifica-se que os perfis mais económicos para estas vigas são os IPE 270.

Em relação às vigas da cobertura da zona A, cujos vãos variam entre 4.7 m e 6 m, foram realizadas as mesmas verificações, recorrendo aos mesmos ábacos, tendo-se concluindo que os perfis mais económicos são os IPE's 160 e 180.

### 2.2.1.2 - Dimensionamento

O dimensionamento das vigas da cobertura foi realizado com base na expressão da flexão desviada definida na NP EN 1993-1-1, válida para secções das classes 1 e 2, sujeitas a flexão composta desviada, cujos resultados estão indicados na Tabela 2.2, para as combinações de ações condicionantes dos estados limites últimos.

De referir que a encurvadura lateral nestas vigas está impedida "parcialmente" pelas chapas dos revestimentos exteriores.

A verificação à deformação foi realizada a partir do ábaco da Figura 2.5, que permite em função do carregamento da combinação mais desfavorável das ações do estado limite utilização e do vão L, proceder à escolha do perfil mais adequado.

**Tabela 2.2 - Dimensionamento das Secções Transversais das Vigas das Coberturas 1, 2 e 3.**

Nº Barra	Perfil	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]	Rácios	Obs.
112	IPE 270	ELU_cob(T-)	-7.03	0.34	113.74	22.78	0.02	OK
113	IPE 270	ELU_W(wyy2_T+)	3.76	0.21	113.74	22.78	0.01	OK
114	IPE 270	ELU_equi(wxx1_T+)	-9.26	0.31	113.74	22.78	0.02	OK
115	IPE 270	ELU_pav(wxx1_T+)	-10.66	0.50	113.74	22.78	0.03	OK
116	IPE 270	ELU_cob(T-)	-5.50	0.40	113.74	22.78	0.02	OK
117	IPE 270	ELU_cob(T+)	-9.09	0.46	113.74	22.78	0.03	OK
118	IPE 270	ELU_cob(T+)	-7.37	0.38	113.74	22.78	0.02	OK
119	IPE 270	ELU_W(wyy2_T+)	-0.12	1.49	113.74	22.78	0.07	OK
120	IPE 160	ELU_cob(T+)	-7.44	0.36	29.12	6.13	0.12	OK
121	IPE 270	ELU_W(wyy2_T+)	3.14	1.37	113.74	22.78	0.06	OK
122	IPE 160	ELU_W(wy2_T-)	9.03	0.12	29.12	6.13	0.12	OK
123	IPE 160	ELU_cob(T-)	-5.58	0.26	29.12	6.13	0.08	OK
124	IPE 160	ELU_W(wy2_T-)	7.82	0.11	29.12	6.13	0.09	OK
125	IPE 160	ELU_W(wy2_T+)	10.35	0.16	29.12	6.13	0.15	OK
126	IPE 160	ELU_W(wyy2_T+)	10.51	0.18	29.12	6.13	0.16	OK
127	IPE 160	ELU_cob(T+)	-7.99	0.38	29.12	6.13	0.14	OK
128	IPE 270	ELU_W(wyy1_T+)	2.36	0.99	113.74	22.78	0.04	OK
129	IPE 270	ELU_W(wyy1_T+)	2.85	0.38	113.74	22.78	0.02	OK
130	IPE 270	ELU_W(wyy2_T+)	4.37	0.75	113.74	22.78	0.03	OK
131	IPE 270	ELU_W(wyy1_T+)	3.65	1.08	113.74	22.78	0.05	OK
132	IPE 270	ELU_W(wyy2_T+)	-0.15	1.50	113.74	22.78	0.07	OK
2493	IPE 270	ELU_W(wy1_T+)	-2.61	4.73	113.74	22.78	0.21	OK
2494	IPE 270	ELU_W(wy1_T+)	-2.68	4.72	113.74	22.78	0.21	OK
2495	IPE 270	ELU_W(wy2_T+)	-5.87	3.11	113.74	22.78	0.14	OK
2496	IPE 270	ELU_W(wy1_T+)	-5.99	3.07	113.74	22.78	0.14	OK
2497	IPE 270	ELU_W(wy2_T+)	-9.29	4.74	113.74	22.78	0.21	OK
2498	IPE 270	ELU_W(wy2_T+)	-9.26	4.74	113.74	22.78	0.21	OK
2499	IPE 270	ELU_W(wy1_T+)	-5.96	3.07	113.74	22.78	0.14	OK
2500	IPE 240	ELU_W(wy1_T+)	-13.21	2.06	86.15	17.37	0.14	OK
2501	IPE 240	ELU_W(wy1_T+)	-16.27	3.19	86.15	17.37	0.22	OK
2502	IPE 240	ELU_W(wy1_T+)	-16.27	3.19	86.15	17.37	0.22	OK
2503	IPE 240	ELU_W(wy1_T+)	-13.20	2.06	86.15	17.37	0.14	OK
2504	IPE 240	ELU_W(wy2_T+)	-13.21	2.07	86.15	17.37	0.14	OK
2505	IPE 240	ELU_W(wy1_T+)	-16.07	3.18	86.15	17.37	0.22	OK

Nº Barra	Perfil	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]	Rácios	Obs.
2506	IPE 240	ELU_W(wy1_T+)	-16.06	3.18	86.15	17.37	0.22	OK
2507	IPE 240	ELU_W(wy2_T+)	-13.20	2.07	86.15	17.37	0.14	OK
3160	IPE 270	ELU_cob(T+)	7.28	-4.86	113.74	22.78	0.21	OK
3161	IPE 270	ELU_cob(T+)	7.28	-4.86	113.74	22.78	0.21	OK
3162	IPE 270	ELU_cob(T+)	7.28	-4.86	113.74	22.78	0.21	OK
3163	IPE 270	ELU_cob(T+)	7.28	-4.86	113.74	22.78	0.21	OK
3164	IPE 240	ELU_cob(T+)	11.44	-7.62	86.15	17.37	0.42	OK
3165	IPE 240	ELU_cob(T+)	11.44	-7.62	86.15	17.37	0.42	OK
3166	IPE 240	ELU_cob(T+)	11.44	-7.62	86.15	17.37	0.42	OK
3167	IPE 240	ELU_cob(T+)	11.44	-7.62	86.15	17.37	0.42	OK
3168	IPE 240	ELU_cob(T+)	11.44	-7.62	86.15	17.37	0.42	OK
3169	IPE 240	ELU_cob(T+)	11.44	-7.62	86.15	17.37	0.42	OK

Em relação á deformação compararam-se os valores dos ficheiros de resultados do "Sap", com os valores das flechas máximas para as combinações de ações mais condicionantes.do estado limite de utilização.

Na Tabela 2.3 indicam-se as flechas máximas de todas as vigas das coberturas 1, 2 e 3 e os valores admissíveis para as mesmas.

**Tabela 2.3 - Dimensionamento à Deformação.**

Vigas das Coberturas	Vãos [m]	Perfis	$\delta_{\text{máx}}$ [m] "Resultados do Sap"	$\delta_{\text{admissível}}$ [m] (L/300)	Rácio	Obs.
<b>MC1</b>	7.0	IPE 270	0.005	0.023 (*)	0.22	OK
<b>MC2</b>	7.0	IPE 240	0.011	0.023	0.48	OK
<b>MC3</b>	7.0	IPE 240	0.011	0.023	0.48	OK
<b>MC4</b>	7.0	IPE 270	0.004	0.023 (*)	0.17	OK
<b>MC5</b>	7.0	IPE 270	0.004	0.023 (*)	0.17	OK
<b>MC6</b>	7.0	IPE 240	0.010	0.023	0.43	OK
<b>MC7</b>	7.0	IPE 240	0.010	0.023	0.43	OK
<b>MC8</b>	7.0	IPE 240	0.010	0.023	0.43	OK
<b>MC9</b>	7.0	IPE 270	0.005	0.023 (*)	0.22	OK
<b>MC10</b>	7.0	IPE 270	0.001	0.023 (*)	0.04	OK
	6.8	IPE 270	0.00077	0.023 (*)	0.03	OK
	6.0	IPE 270	0.001	0.020 (*)	0.05	OK
	5.5	IPE 270	0.00087	0.018 (*)	0.05	OK
	4.7	IPE 270	0.00041	0.016 (*)	0.03	OK
<b>MC11</b>	7.0	IPE 160	0.008	0.023	0.35	OK
	6.8	IPE 160	0.006	0.023	0.26	OK
	6.0	IPE 160	0.008	0.020	0.40	OK
	5.5	IPE 160	0.003	0.018	0.17	OK
	4.7	IPE 160	0.00093	0.016	0.06	OK
<b>MC12</b>	7.0	IPE 270	0.00092	0.023 (*)	0.04	OK
	6.8	IPE 270	0.00079	0.023 (*)	0.03	OK
	6.0	IPE 270	0.001	0.020 (*)	0.05	OK
	5.5	IPE 270	0.00032	0.018 (*)	0.02	OK
	4.7	IPE 270	0.001	0.016 (*)	0.06	OK

(\*) Estes perfis foram escolhidos por razões construtivas.

## 2.2.2. Madres dos Alçados Laterais das Zonas A e B

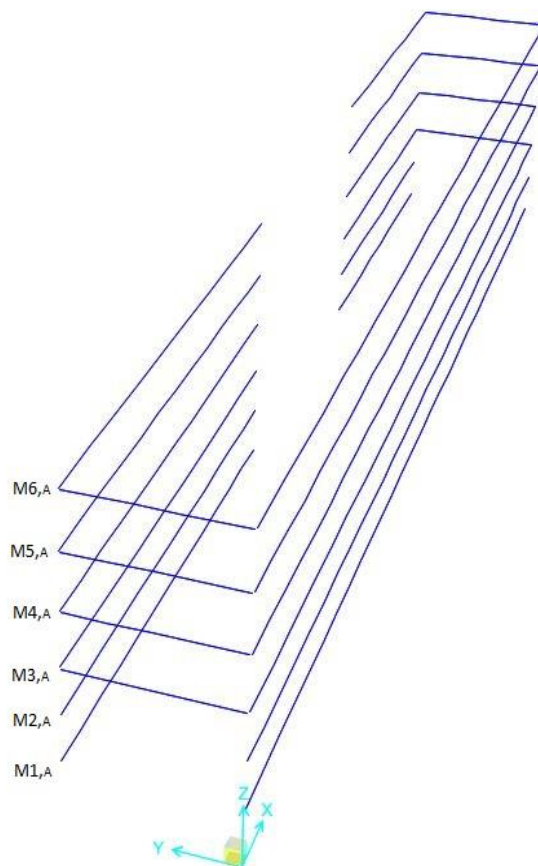


Figura 2.6 - Identificação das Madres dos Alçados Laterais - Zona A.

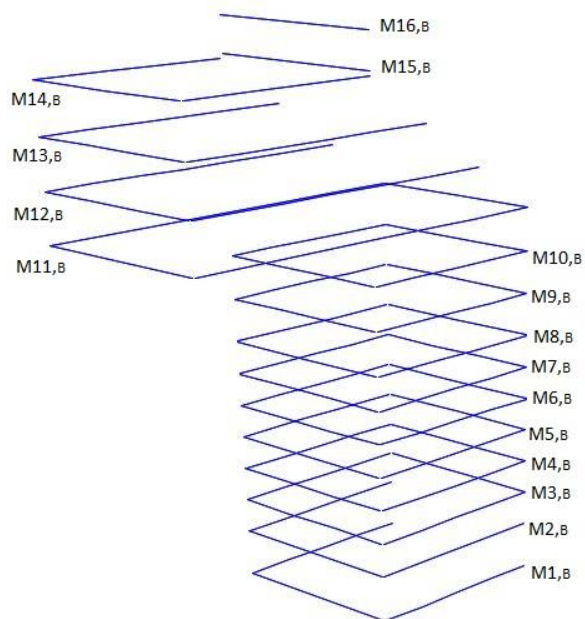


Figura 2.7 - Identificação das Madres dos Alçados Laterais - Zona B.

### 2.2.2.1 – Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento das secções das madres dos alçados laterais foi realizado recorrendo aos ábacos da flexão desviada ( $M_{Ed,y} + M_{Ed,z}$ ), indicados na Figura 2.8 para as combinações de ações mais condicionantes dos estados limites últimos.

Para o cálculo das flechas utilizou-se o ábaco da Figura 2.9, que permite dimensionar os perfis em função do vão L e do carregamento para a combinação de ações mais condicionante dos estados limites de utilização.

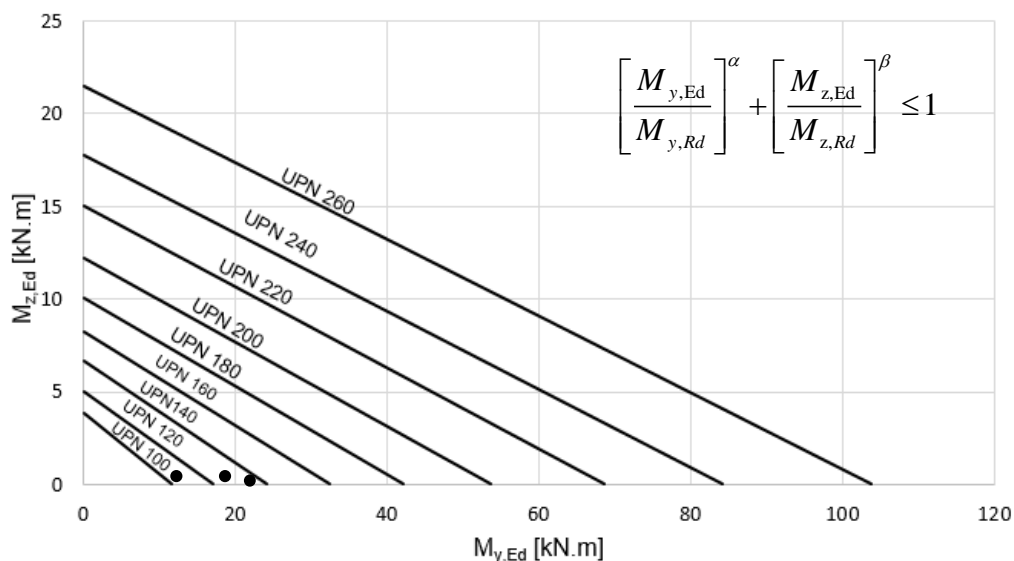


Figura 2.8 - Ábacos de Pré-Dimensionamento dos perfis UPN'S à Flexão Desviada.

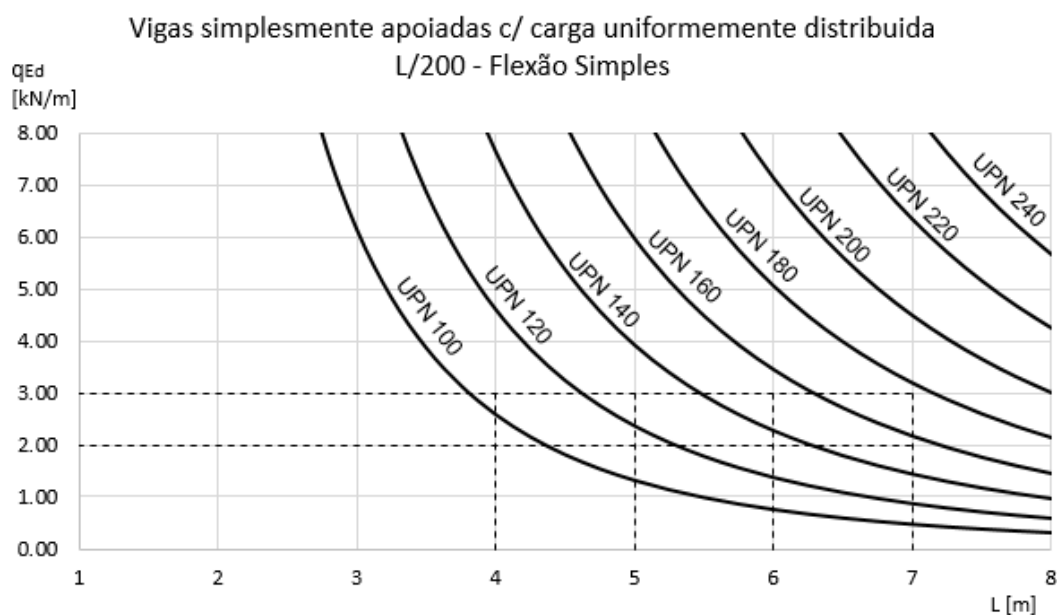


Figura 2.9 - Ábacos de Pré-Dimensionamento das Madres dos Alçados Laterais à Deformação.

## Conclusões

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

Verifica-se nos ábacos da Figura 2.8, mesmo nas madres com maiores vãos, os perfis não ultrapassam as secções dos UPN 140, em virtude dos momentos máximos  $M_{Ed,y}$  e  $M_{Ed,z}$ , correspondentes à combinação de ações do estado limite último mais condicionante serem pouco significativos.

Em relação aos estados limites de utilização, para a combinação de ação condicionante (vento), e para os valores destas ações entre 2kN/m e 3kN/m e flechas inferiores a  $L/200$ , os ábacos da Figura 2.9 conduzem para vãos de 4m, 5m, 6m e 7m aos perfis UPN120, UPN140, UPN160 e UPN180 respetivamente.

### 2.2.2.2 – Dimensionamento

O dimensionamento das madres dos alçados foi realizado para as combinações de ações condicionantes em relação aos estados limites últimos, com base na expressão de dimensionamento da flexão desviada, com recurso à Tabela 2.4.

Efetuuou-se também a verificação à deformação a partir dos ábacos da Figura 2.9.

A Tabela 2.4 resume o dimensionamento das madres dos alçados laterais da Zona A.

**Tabela 2.4 - Dimensionamento das Secções das Madres dos Alçados Laterais - Zona A.**

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]	Rácios	Obs.
234	UPN 200	ELU_W(wxx1_T+)	7.36	1.68	53.58	12.17	0.28	OK
235	UPN 200	ELU_W(wyy1_T+)	8.90	1.68	53.58	12.17	0.30	OK
425	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	4.51	1.10	53.58	12.17	0.17	OK
430	UPN 200	ELU_W(wxx1_T+)	5.00	1.10	53.58	12.17	0.18	OK
490	UPN 180	ELU_W(wyy1_T+)	3.57	1.15	42.07	10.08	0.20	OK
496	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	2.55	0.83	42.07	10.08	0.14	OK
497	UPN 180	ELU_W(wyy1_T+)	3.16	0.83	42.07	10.08	0.16	OK
2641	UPN 180	ELU_W(wxx2_T+)	-12.89	-0.18	42.07	10.08	0.32	OK
2642	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-14.77	0.13	42.07	10.08	0.34	OK
2643	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-14.23	-0.16	42.07	10.08	0.35	OK
2644	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-12.89	-0.89	42.07	10.08	0.39	OK
2645	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-13.02	-0.19	42.07	10.08	0.33	OK
2646	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-14.83	0.12	42.07	10.08	0.34	OK
2647	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-14.21	-0.16	42.07	10.08	0.35	OK
2648	UPN 180	ELU_W(wxx2_T+)	-12.78	-0.89	42.07	10.08	0.39	OK
2649	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-11.34	-0.19	42.07	10.08	0.29	OK
2650	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-14.40	0.11	42.07	10.08	0.33	OK
2651	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-14.98	0.03	42.07	10.08	0.35	OK
2652	UPN 180	ELU_W(wxx2_T-)	-12.10	-0.87	42.07	10.08	0.37	OK
2656	UPN 180	ELU_W(wy1_T-)	5.88	0.07	42.07	10.08	0.15	OK
2657	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-13.42	0.10	42.07	10.08	0.31	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]	Rácios	Obs.
2658	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-11.80	-0.70	42.07	10.08	0.35	OK
2659	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-7.62	-0.70	42.07	10.08	0.25	OK
2687	UPN 200	ELU_W(wxx2_T+)	-5.12	-0.31	53.58	12.17	0.12	OK
2688	UPN 200	ELU_W(wxx2_T+)	-5.00	-0.31	53.58	12.17	0.12	OK
2689	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	-5.85	-0.32	53.58	12.17	0.14	OK
2690	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	-6.85	-0.32	53.58	12.17	0.15	OK
2691	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-7.37	-0.09	53.58	12.17	0.14	OK
2692	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-10.30	-0.06	53.58	12.17	0.20	OK
2693	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	-10.55	-0.06	53.58	12.17	0.20	OK
2694	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	-7.68	-0.08	53.58	12.17	0.15	OK
2695	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-7.42	-0.10	53.58	12.17	0.15	OK
2696	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-9.91	-0.06	53.58	12.17	0.19	OK
2697	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	-9.91	-0.06	53.58	12.17	0.19	OK
2698	UPN 200	ELU_W(wyy1_T+)	-7.42	-0.09	53.58	12.17	0.15	OK
2699	UPN 180	ELU_W(wyy2_T+)	-4.91	-0.11	42.07	10.08	0.13	OK
2700	UPN 180	ELU_W(wyy1_T+)	-4.31	-0.12	42.07	10.08	0.11	OK
2701	UPN 180	ELU_W(wy1_T-)	-4.55	-0.12	42.07	10.08	0.12	OK
2702	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	7.44	-0.08	53.58	12.17	0.13	OK
2703	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	10.14	0.03	53.58	12.17	0.19	OK
2704	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	10.17	0.03	53.58	12.17	0.19	OK
2705	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	7.55	-0.09	53.58	12.17	0.13	OK
2706	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	7.39	-0.09	53.58	12.17	0.13	OK
2707	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	9.64	0.03	53.58	12.17	0.18	OK
2708	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	9.65	0.03	53.58	12.17	0.18	OK
2709	UPN 200	ELU_W(wyy2_T-)	7.39	-0.09	53.58	12.17	0.13	OK
2710	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-3.80	-0.12	42.07	10.08	0.10	OK
2711	UPN 180	ELU_W(wyy2_T-)	4.47	-0.04	42.07	10.08	0.10	OK
2712	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-3.86	-0.12	42.07	10.08	0.10	OK
2713	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-8.90	-0.10	53.58	12.17	0.17	OK
2714	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-12.28	-0.10	53.58	12.17	0.24	OK
2715	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-12.22	-0.10	53.58	12.17	0.24	OK
2716	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-8.84	-0.11	53.58	12.17	0.17	OK
2717	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-8.83	-0.07	53.58	12.17	0.17	OK
2718	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-11.88	-0.11	53.58	12.17	0.23	OK
2719	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-11.77	-0.11	53.58	12.17	0.23	OK
2720	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-8.68	-0.08	53.58	12.17	0.17	OK
2721	UPN 200	ELU_W(wx2_T-)	-8.82	-0.10	53.58	12.17	0.17	OK
2722	UPN 200	ELU_W(wx2_T+)	-11.61	-0.10	53.58	12.17	0.22	OK
2723	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	-11.65	-0.10	53.58	12.17	0.23	OK
2724	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	-8.43	-0.11	53.58	12.17	0.17	OK
2725	UPN 200	ELU_W(wx1_T-)	-8.92	-0.10	53.58	12.17	0.17	OK
2726	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	-12.03	-0.09	53.58	12.17	0.23	OK
2727	UPN 200	ELU_W(wx2_T+)	-12.14	-0.09	53.58	12.17	0.23	OK
2728	UPN 200	ELU_W(wx2_T-)	-8.64	-0.12	53.58	12.17	0.17	OK
2729	UPN 180	ELU_W(wy2_T+)	-5.45	-0.16	42.07	10.08	0.15	OK
2730	UPN 180	ELU_W(wy2_T-)	-5.22	-0.16	42.07	10.08	0.14	OK
2731	UPN 180	ELU_W(wy2_T-)	-5.71	-0.17	42.07	10.08	0.15	OK
2732	UPN 180	ELU_W(wx2_T-)	-5.65	-0.16	42.07	10.08	0.15	OK
2733	UPN 180	ELU_W(wx2_T+)	-5.07	-0.17	42.07	10.08	0.14	OK
2734	UPN 180	ELU_W(wx1_T-)	-5.31	-0.17	42.07	10.08	0.14	OK
2735	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-8.91	-0.09	53.58	12.17	0.17	OK
2736	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-12.28	-0.10	53.58	12.17	0.24	OK
2737	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-12.21	-0.10	53.58	12.17	0.24	OK
2738	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-8.82	-0.10	53.58	12.17	0.17	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]	Rácios	Obs.
2739	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-8.84	-0.06	53.58	12.17	0.17	OK
2740	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-11.88	-0.12	53.58	12.17	0.23	OK
2741	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-11.77	-0.12	53.58	12.17	0.23	OK
2742	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-8.68	-0.07	53.58	12.17	0.17	OK
2743	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	8.84	-0.09	53.58	12.17	0.16	OK
2744	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	11.53	0.04	53.58	12.17	0.22	OK
2745	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	11.47	0.05	53.58	12.17	0.22	OK
2746	UPN 200	ELU_W(wyy2_T-)	8.68	-0.08	53.58	12.17	0.16	OK
2747	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	8.91	-0.12	53.58	12.17	0.16	OK
2748	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	11.94	0.04	53.58	12.17	0.23	OK
2749	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	11.89	0.05	53.58	12.17	0.23	OK
2750	UPN 200	ELU_W(wyy2_T-)	8.82	-0.11	53.58	12.17	0.16	OK
2751	UPN 180	ELU_W(wy2_T-)	-5.41	-0.16	42.07	10.08	0.14	OK
2752	UPN 180	ELU_W(wy2_T-)	-5.22	-0.16	42.07	10.08	0.14	OK
2753	UPN 180	ELU_W(wy1_T-)	-5.73	-0.17	42.07	10.08	0.15	OK
2754	UPN 180	ELU_W(wyy2_T+)	4.86	0.03	42.07	10.08	0.12	OK
2755	UPN 180	ELU_W(wyy2_T+)	5.52	-0.06	42.07	10.08	0.12	OK
2756	UPN 180	ELU_W(wyy2_T+)	5.11	0.04	42.07	10.08	0.13	OK
2757	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-7.43	-0.16	53.58	12.17	0.15	OK
2758	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-10.34	-0.06	53.58	12.17	0.20	OK
2759	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-10.35	-0.06	53.58	12.17	0.20	OK
2760	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-7.46	-0.09	53.58	12.17	0.15	OK
2761	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-7.40	-0.11	53.58	12.17	0.15	OK
2762	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-9.97	-0.09	53.58	12.17	0.19	OK
2763	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-9.92	-0.09	53.58	12.17	0.19	OK
2764	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-7.33	-0.05	53.58	12.17	0.14	OK
2765	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	6.79	-0.10	53.58	12.17	0.12	OK
2766	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	9.65	0.03	53.58	12.17	0.18	OK
2767	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	10.11	0.04	53.58	12.17	0.19	OK
2768	UPN 200	ELU_W(wyy1_T+)	7.72	-0.09	53.58	12.17	0.14	OK
2769	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	7.11	-0.06	53.58	12.17	0.13	OK
2770	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	9.45	0.04	53.58	12.17	0.18	OK
2771	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	9.53	0.03	53.58	12.17	0.18	OK
2772	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	7.28	-0.11	53.58	12.17	0.13	OK
2773	UPN 180	ELU_W(wy2_T-)	-4.65	-0.17	42.07	10.08	0.13	OK
2774	UPN 180	ELU_W(wy2_T-)	-4.31	-0.17	42.07	10.08	0.12	OK
2775	UPN 180	ELU_W(wy1_T-)	-4.72	-0.14	42.07	10.08	0.13	OK
2776	UPN 180	ELU_W(wyy1_T-)	4.85	0.02	42.07	10.08	0.12	OK
2777	UPN 180	ELU_W(wyy1_T+)	4.59	-0.05	42.07	10.08	0.10	OK
2778	UPN 180	ELU_W(wx2_T-)	-3.50	-0.14	42.07	10.08	0.10	OK
2779	UPN 200	ELU_W(wx2_T+)	-7.61	-0.38	53.58	12.17	0.17	OK
2780	UPN 200	ELU_W(wx2_T-)	-6.88	-0.39	53.58	12.17	0.16	OK
2781	UPN 200	ELU_W(wx2_T-)	-6.99	-0.34	53.58	12.17	0.16	OK
2782	UPN 200	ELU_W(wx2_T+)	-7.26	-0.33	53.58	12.17	0.16	OK
236	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-5.37	-0.13	53.58	12.17	0.11	OK
237	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-7.59	-0.05	53.58	12.17	0.15	OK
238	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-7.72	-0.05	53.58	12.17	0.15	OK
239	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-5.50	-0.05	53.58	12.17	0.11	OK
240	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-5.25	-0.06	53.58	12.17	0.10	OK
241	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-7.20	-0.07	53.58	12.17	0.14	OK
263	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-7.36	-0.07	53.58	12.17	0.14	OK
264	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-5.51	0.00	53.58	12.17	0.10	OK
265	UPN 180	ELU_W(wy2_T-)	-3.65	-0.13	42.07	10.08	0.10	OK
267	UPN 180	ELU_W(wy1_T-)	-3.00	-0.13	42.07	10.08	0.08	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]	Rácios	Obs.
268	UPN 180	ELU_W(wy1_T+)	-3.20	-0.10	42.07	10.08	0.09	OK
269	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-12.07	-0.16	53.58	12.17	0.24	OK
270	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-16.51	-0.13	53.58	12.17	0.32	OK
395	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-16.49	-0.13	53.58	12.17	0.32	OK
396	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-12.05	-0.16	53.58	12.17	0.24	OK
397	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-11.88	-0.14	53.58	12.17	0.23	OK
398	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-16.04	-0.14	53.58	12.17	0.31	OK
399	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-16.10	-0.14	53.58	12.17	0.31	OK
400	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-11.97	-0.13	53.58	12.17	0.23	OK
401	UPN 180	ELU_W(wy1_T-)	-7.61	-0.23	42.07	10.08	0.20	OK
402	UPN 180	ELU_W(wy2_T+)	-7.17	-0.23	42.07	10.08	0.19	OK
403	UPN 180	ELU_W(wy1_T+)	-7.55	-0.23	42.07	10.08	0.20	OK
406	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	10.99	-0.12	53.58	12.17	0.20	OK
409	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	14.72	0.02	53.58	12.17	0.28	OK
410	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	14.70	0.02	53.58	12.17	0.28	OK
411	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	11.06	-0.13	53.58	12.17	0.20	OK
412	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	11.08	-0.17	53.58	12.17	0.19	OK
413	UPN 200	ELU_W(wyy1_T+)	15.13	0.03	53.58	12.17	0.28	OK
414	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	15.13	0.03	53.58	12.17	0.28	OK
415	UPN 200	ELU_W(wyy2_T-)	11.23	-0.16	53.58	12.17	0.20	OK
416	UPN 180	ELU_W(wyy2_T+)	6.17	0.04	42.07	10.08	0.15	OK
417	UPN 180	ELU_W(wyy2_T+)	7.11	-0.06	42.07	10.08	0.16	OK
419	UPN 180	ELU_W(wyy1_T-)	6.61	0.01	42.07	10.08	0.16	OK
420	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-11.41	-0.12	53.58	12.17	0.22	OK
421	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-15.61	-0.13	53.58	12.17	0.30	OK
422	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-15.57	-0.13	53.58	12.17	0.30	OK
424	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-11.34	-0.15	53.58	12.17	0.22	OK
426	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-11.21	-0.09	53.58	12.17	0.22	OK
427	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-15.15	-0.14	53.58	12.17	0.29	OK
428	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-15.18	-0.14	53.58	12.17	0.30	OK
429	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-11.29	-0.12	53.58	12.17	0.22	OK
431	UPN 180	ELU_W(wy1_T-)	-7.16	-0.21	42.07	10.08	0.19	OK
432	UPN 180	ELU_W(wy2_T+)	-6.74	-0.22	42.07	10.08	0.18	OK
472	UPN 180	ELU_W(wy2_T+)	-7.16	-0.22	42.07	10.08	0.19	OK
473	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-8.81	-0.07	53.58	12.17	0.17	OK
474	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-12.20	-0.10	53.58	12.17	0.24	OK
475	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-12.28	-0.10	53.58	12.17	0.24	OK
476	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-8.91	-0.12	53.58	12.17	0.18	OK
477	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-8.68	-0.04	53.58	12.17	0.17	OK
479	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-11.78	-0.11	53.58	12.17	0.23	OK
480	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-11.87	-0.11	53.58	12.17	0.23	OK
481	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-8.84	-0.10	53.58	12.17	0.17	OK
482	UPN 200	ELU_W(wxx1_T-)	-8.40	-0.09	53.58	12.17	0.16	OK
483	UPN 200	ELU_W(wxx1_T+)	-11.63	-0.10	53.58	12.17	0.23	OK
484	UPN 200	ELU_W(wxx2_T+)	-11.64	-0.10	53.58	12.17	0.23	OK
485	UPN 200	ELU_W(wxx2_T-)	-8.85	-0.14	53.58	12.17	0.18	OK
486	UPN 200	ELU_W(wxx2_T-)	-8.60	-0.10	53.58	12.17	0.17	OK
487	UPN 200	ELU_W(wxx2_T+)	-12.11	-0.10	53.58	12.17	0.23	OK
488	UPN 200	ELU_W(wxx1_T+)	-12.07	-0.10	53.58	12.17	0.23	OK
489	UPN 200	ELU_W(wxx1_T-)	-8.97	-0.14	53.58	12.17	0.18	OK
491	UPN 180	ELU_W(wy1_T-)	-5.72	-0.16	42.07	10.08	0.15	OK
492	UPN 180	ELU_W(wy1_T-)	-5.22	-0.17	42.07	10.08	0.14	OK
493	UPN 180	ELU_W(wy2_T+)	-5.44	-0.17	42.07	10.08	0.15	OK
494	UPN 180	ELU_W(wxx1_T-)	-5.40	-0.16	42.07	10.08	0.14	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]	Rácios	Obs.
498	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-5.13	-0.18	42.07	10.08	0.14	OK
500	UPN 180	ELU_W(wxx2_T+)	-5.57	-0.18	42.07	10.08	0.15	OK
534	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-8.60	-0.10	53.58	12.17	0.17	OK
535	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-11.29	-0.11	53.58	12.17	0.22	OK
536	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-11.23	-0.11	53.58	12.17	0.22	OK
537	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-8.51	-0.10	53.58	12.17	0.17	OK
538	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-9.96	-0.22	53.58	12.17	0.20	OK
539	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-9.48	-0.22	53.58	12.17	0.20	OK
540	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-10.02	-0.21	53.58	12.17	0.20	OK
541	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-7.42	-0.11	53.58	12.17	0.15	OK
542	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-10.78	-0.10	53.58	12.17	0.21	OK
543	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-10.82	-0.10	53.58	12.17	0.21	OK
544	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-7.46	-0.10	53.58	12.17	0.15	OK
545	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-9.93	-0.22	53.58	12.17	0.20	OK
1142	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-9.49	-0.22	53.58	12.17	0.19	OK
1143	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-10.05	-0.22	53.58	12.17	0.21	OK
1144	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-7.42	-0.11	53.58	12.17	0.15	OK
1145	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-10.79	-0.11	53.58	12.17	0.21	OK
1146	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-10.82	-0.11	53.58	12.17	0.21	OK
1147	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-7.46	-0.09	53.58	12.17	0.15	OK
1148	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-8.63	-0.11	53.58	12.17	0.17	OK
1149	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-11.32	-0.12	53.58	12.17	0.22	OK
1150	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-11.21	-0.12	53.58	12.17	0.22	OK
1151	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-8.48	-0.08	53.58	12.17	0.16	OK
1152	UPN 200	ELU_W(wx2_T-)	-8.60	-0.05	53.58	12.17	0.16	OK
1153	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	-11.05	-0.13	53.58	12.17	0.22	OK
1186	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	-11.08	-0.13	53.58	12.17	0.22	OK
1188	UPN 200	ELU_W(wx2_T-)	-8.24	-0.07	53.58	12.17	0.16	OK
1189	UPN 200	ELU_W(wyy1_T+)	8.78	0.02	53.58	12.17	0.17	OK
1190	UPN 200	ELU_W(wyy1_T+)	11.02	0.06	53.58	12.17	0.21	OK
1191	UPN 200	ELU_W(wyy2_T-)	10.87	0.05	53.58	12.17	0.21	OK
1192	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	8.33	-0.05	53.58	12.17	0.15	OK
1193	UPN 200	ELU_W(wx2_T-)	-7.61	-0.07	53.58	12.17	0.15	OK
1196	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	-10.70	-0.11	53.58	12.17	0.21	OK
1198	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	-10.55	-0.11	53.58	12.17	0.21	OK
1199	UPN 200	ELU_W(wx2_T-)	-7.07	-0.10	53.58	12.17	0.14	OK
1201	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	7.38	0.02	53.58	12.17	0.14	OK
1202	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	10.53	0.06	53.58	12.17	0.20	OK
2783	UPN 200	ELU_W(wyy2_T-)	10.52	0.04	53.58	12.17	0.20	OK
2784	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	7.50	-0.08	53.58	12.17	0.13	OK
2785	UPN 200	ELU_W(wx2_T-)	-9.91	-0.20	53.58	12.17	0.20	OK
2786	UPN 200	ELU_W(wx2_T-)	-9.47	-0.20	53.58	12.17	0.19	OK
2787	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	-9.85	-0.22	53.58	12.17	0.20	OK
2788	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	8.80	0.10	53.58	12.17	0.17	OK
2789	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	10.08	-0.04	53.58	12.17	0.19	OK
2790	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	9.13	0.05	53.58	12.17	0.17	OK
213	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-6.23	-0.11	53.58	12.17	0.13	OK
214	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-9.15	-0.09	53.58	12.17	0.18	OK
215	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-9.16	-0.09	53.58	12.17	0.18	OK
216	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-6.28	-0.08	53.58	12.17	0.12	OK
217	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-7.29	-0.09	53.58	12.17	0.14	OK
218	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-9.57	-0.11	53.58	12.17	0.19	OK
219	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-9.42	-0.11	53.58	12.17	0.18	OK
242	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-7.09	-0.06	53.58	12.17	0.14	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]	Rácios	Obs.
243	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-8.31	-0.20	53.58	12.17	0.17	OK
249	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-7.92	-0.20	53.58	12.17	0.16	OK
250	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-8.50	-0.19	53.58	12.17	0.17	OK
256	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	7.44	0.03	53.58	12.17	0.14	OK
257	UPN 200	ELU_W(wyy1_T+)	9.31	0.04	53.58	12.17	0.18	OK
404	UPN 200	ELU_W(wyy2_T-)	9.14	0.05	53.58	12.17	0.18	OK
405	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	6.94	0.04	53.58	12.17	0.13	OK
407	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	6.24	-0.01	53.58	12.17	0.12	OK
408	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	8.96	0.04	53.58	12.17	0.17	OK
418	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	8.88	0.05	53.58	12.17	0.17	OK
423	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	6.26	-0.03	53.58	12.17	0.11	OK
478	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	7.29	0.07	53.58	12.17	0.14	OK
495	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	8.42	-0.04	53.58	12.17	0.15	OK
2791	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	7.78	0.05	53.58	12.17	0.15	OK
2792	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-6.09	-0.16	53.58	12.17	0.13	OK
2793	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-5.66	-0.16	53.58	12.17	0.12	OK
2794	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-6.20	-0.14	53.58	12.17	0.13	OK
2795	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-4.57	-0.10	53.58	12.17	0.09	OK
2796	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-6.84	-0.08	53.58	12.17	0.13	OK
2797	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-6.80	-0.08	53.58	12.17	0.13	OK
2798	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-4.56	-0.04	53.58	12.17	0.09	OK
2799	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-5.28	-0.07	53.58	12.17	0.10	OK
2800	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-6.99	-0.10	53.58	12.17	0.14	OK
2801	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-6.95	-0.10	53.58	12.17	0.14	OK
2802	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-5.22	-0.01	53.58	12.17	0.10	OK
2803	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-13.70	-0.31	53.58	12.17	0.28	OK
2804	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-13.09	-0.30	53.58	12.17	0.27	OK
2805	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-13.53	-0.30	53.58	12.17	0.28	OK
2806	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-10.20	-0.18	53.58	12.17	0.21	OK
2807	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-14.57	-0.14	53.58	12.17	0.28	OK
2808	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-14.49	-0.14	53.58	12.17	0.28	OK
2809	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-10.06	-0.14	53.58	12.17	0.20	OK
2810	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-11.51	-0.17	53.58	12.17	0.23	OK
2811	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-15.16	-0.16	53.58	12.17	0.30	OK
2812	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-15.35	-0.16	53.58	12.17	0.30	OK
2813	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-11.80	-0.12	53.58	12.17	0.23	OK
2814	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-12.89	-0.26	53.58	12.17	0.26	OK
2815	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-12.32	-0.29	53.58	12.17	0.25	OK
2816	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-12.79	-0.29	53.58	12.17	0.26	OK
2817	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-9.58	-0.10	53.58	12.17	0.19	OK
2818	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-13.74	-0.15	53.58	12.17	0.27	OK
2819	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-13.73	-0.15	53.58	12.17	0.27	OK
2820	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-9.54	-0.13	53.58	12.17	0.19	OK
2821	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-10.93	-0.08	53.58	12.17	0.21	OK
2822	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-14.36	-0.16	53.58	12.17	0.28	OK
2823	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-14.45	-0.16	53.58	12.17	0.28	OK
2824	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-11.05	-0.13	53.58	12.17	0.22	OK
2825	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	10.83	0.08	53.58	12.17	0.21	OK
2826	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	14.11	0.04	53.58	12.17	0.27	OK
2827	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	14.24	0.01	53.58	12.17	0.27	OK
2828	UPN 200	ELU_W(wyy1_T+)	11.15	-0.12	53.58	12.17	0.20	OK
2829	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	9.62	0.04	53.58	12.17	0.18	OK
2830	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	13.55	0.04	53.58	12.17	0.26	OK
2831	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	13.53	0.02	53.58	12.17	0.25	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]	Rácios	Obs.
2832	UPN 200	ELU_W(wyy1_T+)	9.50	-0.13	53.58	12.17	0.17	OK
2833	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	11.87	0.08	53.58	12.17	0.23	OK
2834	UPN 200	ELU_W(wyy2_T+)	13.16	-0.05	53.58	12.17	0.24	OK
2835	UPN 200	ELU_W(wyy2_T-)	11.67	0.01	53.58	12.17	0.22	OK
2836	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-9.99	-0.21	53.58	12.17	0.20	OK
2837	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-9.47	-0.23	53.58	12.17	0.20	OK
2838	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-10.00	-0.23	53.58	12.17	0.21	OK
2839	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-7.41	-0.09	53.58	12.17	0.15	OK
2840	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-10.78	-0.11	53.58	12.17	0.21	OK
2841	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-10.82	-0.11	53.58	12.17	0.21	OK
2842	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-7.47	-0.10	53.58	12.17	0.15	OK
2843	UPN 200	ELU_W(wy1_T-)	-8.59	-0.09	53.58	12.17	0.17	OK
2844	UPN 200	ELU_W(wy1_T+)	-11.28	-0.12	53.58	12.17	0.22	OK
2845	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-11.24	-0.12	53.58	12.17	0.22	OK
2846	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-8.52	-0.09	53.58	12.17	0.17	OK
2847	UPN 200	ELU_W(wyy1_T+)	8.54	-0.01	53.58	12.17	0.16	OK
2848	UPN 200	ELU_W(wxx1_T+)	-11.06	-0.14	53.58	12.17	0.22	OK
2849	UPN 200	ELU_W(wxx1_T+)	-11.07	-0.14	53.58	12.17	0.22	OK
2850	UPN 200	ELU_W(wxx1_T-)	-8.64	-0.07	53.58	12.17	0.17	OK
2851	UPN 200	ELU_W(wxx2_T-)	-7.10	-0.06	53.58	12.17	0.14	OK
2852	UPN 200	ELU_W(wxx1_T+)	-10.57	-0.12	53.58	12.17	0.21	OK
2853	UPN 200	ELU_W(wxx1_T+)	-10.68	-0.12	53.58	12.17	0.21	OK
2854	UPN 200	ELU_W(wxx2_T+)	-7.59	-0.10	53.58	12.17	0.15	OK
2855	UPN 200	ELU_W(wxx1_T-)	-9.85	-0.20	53.58	12.17	0.20	OK
2856	UPN 200	ELU_W(wxx1_T+)	-9.48	-0.23	53.58	12.17	0.20	OK
2857	UPN 200	ELU_W(wxx2_T+)	-9.89	-0.23	53.58	12.17	0.20	OK
2389	UPN 180	ELU_W(wxx2_T-)	9.36	0.75	42.07	10.08	0.30	OK
2390	UPN 180	ELU_W(wx1_T+)	9.47	0.73	42.07	10.08	0.30	OK
186	UPN 200	ELU_W(wxx1_T+)	4.87	0.49	53.58	12.17	0.13	OK
187	UPN 200	ELU_W(wx1_T-)	4.96	0.50	53.58	12.17	0.13	OK
188	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	5.14	0.75	53.58	12.17	0.16	OK
189	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	5.14	0.75	53.58	12.17	0.16	OK
185	UPN 180	ELU_W(wy2_T+)	-3.72	-0.77	42.07	10.08	0.16	OK
190	UPN 180	ELU_W(wy2_T+)	-3.72	-0.77	42.07	10.08	0.16	OK
193	UPN 200	ELU_W(wx1_T-)	3.26	0.56	53.58	12.17	0.11	OK
194	UPN 200	ELU_W(wx1_T-)	3.36	0.58	53.58	12.17	0.11	OK
195	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-4.56	-0.94	53.58	12.17	0.16	OK
196	UPN 200	ELU_W(wy2_T+)	-4.56	-0.94	53.58	12.17	0.16	OK
204	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	1.76	0.47	53.58	12.17	0.07	OK
205	UPN 200	ELU_W(wx1_T+)	1.81	0.49	53.58	12.17	0.07	OK
206	UPN 180	ELU_W(wyy2_T-)	-3.63	-0.84	42.07	10.08	0.17	OK
209	UPN 180	ELU_W(wyy2_T-)	-2.40	-0.84	42.07	10.08	0.14	OK
210	UPN 180	ELU_W(wx2_T-)	-2.18	-0.79	42.07	10.08	0.13	OK
211	UPN 180	ELU_W(wx1_T+)	3.27	0.52	42.07	10.08	0.13	OK
1862	UPN 200	ELU_W(wy2_T-)	-8.89	-0.04	53.58	12.17	0.17	OK
1864	UPN 200	ELU_W(wxx1_T-)	12.12	3.54	53.58	12.17	0.52	OK
2385	UPN 200	ELU_W(wxx1_T-)	-7.67	-4.10	53.58	12.17	0.48	OK
2387	UPN 200	ELU_W(wyy1_T-)	-4.16	-0.11	53.58	12.17	0.09	OK

Em relação á deformação utilizaram-se os ábacos da Figura 2.9, que foram também considerados na fase de pré-dimensionamento.

Em relação às madres dos alçados na Zona B, a Tabela 2.5 resume os resultados do dimensionamento para todas as madres, com base nas mesmas expressões utilizadas nas madres da Zona A.

**Tabela 2.5 - Dimensionamento das Secções das Madres dos Alçados - Zona B.**

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>N,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>N,Rd,z</sub> [kN.m]	Rácios	Obs.
2380	UPN 180	ELU_W(wx2_T+)	9.14	0.49	42.07	10.08	0.27	OK
2382	UPN 180	ELU_W(wx2_T-)	9.05	0.37	42.07	10.08	0.25	OK
2383	UPN 120	ELU_W(wyy1_T+)	4.94	0.33	17.06	4.98	0.36	OK
2384	UPN 120	ELU_W(wyy1_T-)	4.75	0.33	17.06	4.98	0.34	OK
2386	UPN 180	ELU_W(wyy1_T+)	-15.74	-0.81	42.07	10.08	0.45	OK
2388	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-17.10	-0.83	42.07	10.08	0.49	OK
2391	UPN 140	ELU_W(wy2_T-)	-6.14	-0.58	24.21	6.65	0.34	OK
2392	UPN 140	ELU_W(wyy2_T-)	-5.92	-0.57	24.21	6.65	0.33	OK
2393	UPN 140	ELU_W(wy1_T-)	6.65	0.21	24.21	6.65	0.31	OK
2394	UPN 140	ELU_W(wxx2_T+)	-6.10	-0.56	24.21	6.65	0.34	OK
2395	UPN 140	ELU_W(wyy1_T-)	5.44	0.24	24.21	6.65	0.26	OK
2396	UPN 140	ELU_W(wyy1_T+)	5.46	0.24	24.21	6.65	0.26	OK
2397	UPN 180	ELU_W(wyy2_T+)	20.04	0.11	42.07	10.08	0.49	OK
2398	UPN 180	ELU_W(wyy2_T+)	20.04	0.11	42.07	10.08	0.49	OK
2399	UPN 120	ELU_W(wyy2_T+)	6.65	0.26	17.06	4.98	0.44	OK
2400	UPN 120	ELU_W(wyy2_T+)	6.65	0.26	17.06	4.98	0.44	OK
2402	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-14.44	-0.83	42.07	10.08	0.43	OK
2404	UPN 180	ELU_W(wx2_T-)	14.95	0.34	42.07	10.08	0.39	OK
2405	UPN 140	ELU_W(wx1_T+)	7.23	0.38	24.21	6.65	0.36	OK
2406	UPN 140	ELU_W(wx1_T+)	7.23	0.38	24.21	6.65	0.36	OK
2407	UPN 140	ELU_W(wx1_T+)	6.02	0.37	24.21	6.65	0.30	OK
2408	UPN 140	ELU_W(wx1_T+)	6.02	0.37	24.21	6.65	0.30	OK
2409	UPN 160	ELU_W(wy2_T+)	-14.85	-0.68	32.43	8.27	0.54	OK
2410	UPN 160	ELU_W(wy2_T+)	-14.85	-0.68	32.43	8.27	0.54	OK
2411	UPN 140	ELU_W(wy2_T+)	-8.06	-0.21	24.21	6.65	0.37	OK
2412	UPN 140	ELU_W(wy2_T+)	-8.06	-0.21	24.21	6.65	0.37	OK
2413	UPN 140	ELU_W(wx1_T+)	6.01	0.37	24.21	6.65	0.30	OK
2414	UPN 140	ELU_W(wx1_T+)	6.01	0.37	24.21	6.65	0.30	OK
2415	UPN 140	ELU_W(wx1_T+)	4.93	0.38	24.21	6.65	0.26	OK
2416	UPN 140	ELU_W(wyy1_T+)	4.88	0.42	24.21	6.65	0.26	OK
2417	UPN 140	ELU_W(wyy1_T+)	8.33	0.26	24.21	6.65	0.38	OK
2418	UPN 140	ELU_W(wyy1_T+)	8.33	0.26	24.21	6.65	0.38	OK
2419	UPN 160	ELU_W(wyy1_T+)	14.09	0.07	32.43	8.27	0.44	OK
2420	UPN 160	ELU_W(wyy1_T+)	14.09	0.07	32.43	8.27	0.44	OK
2421	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-12.18	-0.87	42.07	10.08	0.38	OK
2423	UPN 120	ELU_W(wx2_T-)	4.33	0.33	17.06	4.98	0.32	OK
2424	UPN 120	ELU_W(wyy2_T-)	3.44	0.33	17.06	4.98	0.27	OK
2425	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-10.88	-0.83	42.07	10.08	0.34	OK
2427	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	-3.97	-0.51	11.52	3.81	0.48	OK
2428	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	-3.97	-0.51	11.52	3.81	0.48	OK
2429	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	3.62	0.26	11.52	3.81	0.38	OK
2430	UPN 100	ELU_W(wxx1_T-)	3.64	0.26	11.52	3.81	0.38	OK
2431	UPN 100	ELU_W(wyy2_T-)	-3.99	-0.53	11.52	3.81	0.48	OK
2432	UPN 100	ELU_W(wyy2_T-)	-3.99	-0.53	11.52	3.81	0.48	OK
2433	UPN 100	ELU_W(wyy1_T-)	3.83	0.25	11.52	3.81	0.40	OK
2434	UPN 100	ELU_W(wyy1_T-)	3.83	0.25	11.52	3.81	0.40	OK
2435	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	-3.27	-0.51	11.52	3.81	0.42	OK

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>N,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>N,Rd,z</sub> [kN.m]	Rácios	Obs.
2436	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	-3.28	-0.51	11.52	3.81	0.42	OK
2437	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	3.20	0.26	11.52	3.81	0.35	OK
2438	UPN 100	ELU_W(wxx1_T-)	3.18	0.26	11.52	3.81	0.34	OK
2439	UPN 100	ELU_W(wy2_T-)	-3.69	-0.52	11.52	3.81	0.46	OK
2440	UPN 100	ELU_W(wy2_T-)	-3.69	-0.52	11.52	3.81	0.46	OK
2441	UPN 100	ELU_W(wyy1_T-)	3.34	0.25	11.52	3.81	0.36	OK
2442	UPN 100	ELU_W(wyy1_T-)	3.34	0.25	11.52	3.81	0.36	OK
2443	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	-4.02	-0.54	11.52	3.81	0.49	OK
2444	UPN 100	ELU_W(wx2_T+)	-4.73	-0.54	11.52	3.81	0.55	OK
2445	UPN 100	ELU_W(wx1_T+)	3.87	0.27	11.52	3.81	0.41	OK
2446	UPN 100	ELU_W(wxx2_T-)	3.88	0.27	11.52	3.81	0.41	OK
2447	UPN 100	ELU_W(wy2_T-)	-5.81	-0.54	11.52	3.81	0.65	OK
2448	UPN 100	ELU_W(wy1_T+)	-5.06	-0.54	11.52	3.81	0.58	OK
2449	UPN 100	ELU_W(wyy1_T-)	4.11	0.27	11.52	3.81	0.43	OK
2450	UPN 100	ELU_W(wyy1_T+)	4.12	0.27	11.52	3.81	0.43	OK
2451	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	-3.04	-0.51	11.52	3.81	0.40	OK
2452	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	-3.05	-0.51	11.52	3.81	0.40	OK
2453	UPN 100	ELU_W(wx1_T-)	2.98	0.26	11.52	3.81	0.33	OK
2454	UPN 100	ELU_W(wxx2_T-)	2.92	0.26	11.52	3.81	0.32	OK
2455	UPN 100	ELU_W(wy2_T-)	-3.47	-0.53	11.52	3.81	0.44	OK
2456	UPN 100	ELU_W(wy2_T-)	-3.47	-0.53	11.52	3.81	0.44	OK
2457	UPN 100	ELU_W(wyy1_T+)	3.20	0.25	11.52	3.81	0.34	OK
2458	UPN 100	ELU_W(wyy1_T+)	3.20	0.25	11.52	3.81	0.34	OK
2459	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	-3.02	-0.51	11.52	3.81	0.40	OK
2460	UPN 100	ELU_W(wx2_T-)	-3.02	-0.51	11.52	3.81	0.40	OK
2461	UPN 100	ELU_W(wx1_T-)	2.73	0.26	11.52	3.81	0.31	OK
2472	UPN 100	ELU_W(wxx2_T-)	2.69	0.26	11.52	3.81	0.30	OK
2473	UPN 100	ELU_W(wy2_T-)	-3.61	-0.52	11.52	3.81	0.45	OK
2474	UPN 100	ELU_W(wy2_T-)	-3.61	-0.52	11.52	3.81	0.45	OK
2475	UPN 100	ELU_W(wyy1_T+)	3.07	0.25	11.52	3.81	0.33	OK
2476	UPN 100	ELU_W(wyy1_T+)	3.07	0.25	11.52	3.81	0.33	OK
2479	UPN 120	ELU_W(wx2_T-)	-3.00	-0.57	17.06	4.98	0.29	OK
2480	UPN 120	ELU_W(wx2_T-)	-3.09	-0.57	17.06	4.98	0.29	OK
2481	UPN 120	ELU_W(wx2_T-)	3.89	0.29	17.06	4.98	0.29	OK
2482	UPN 120	ELU_W(wxx1_T+)	3.87	0.29	17.06	4.98	0.28	OK
2483	UPN 120	ELU_W(wy2_T-)	-4.30	-0.59	17.06	4.98	0.37	OK
2484	UPN 120	ELU_W(wy2_T-)	-3.37	-0.59	17.06	4.98	0.31	OK
2485	UPN 120	ELU_W(wyy2_T-)	4.48	0.21	17.06	4.98	0.30	OK
2486	UPN 120	ELU_W(wyy1_T+)	4.73	0.21	17.06	4.98	0.32	OK
2491	UPN 180	ELU_W(wy2_T+)	10.04	1.10	42.07	10.08	0.35	OK
2508	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-14.44	-0.83	42.07	10.08	0.43	OK
2509	UPN 180	ELU_W(wx1_T+)	10.77	0.68	42.07	10.08	0.32	OK
2510	UPN 180	ELU_W(wx2_T-)	14.95	0.34	42.07	10.08	0.39	OK
212	UPN 180	ELU_W(wxx2_T-)	-9.27	-0.87	42.07	10.08	0.31	OK
266	UPN 180	ELU_W(wx2_T-)	7.87	0.49	42.07	10.08	0.24	OK
329	UPN 180	ELU_W(wxx2_T+)	-7.84	-0.83	42.07	10.08	0.27	OK
330	UPN 180	ELU_W(wx2_T-)	7.10	0.52	42.07	10.08	0.22	OK
331	UPN 180	ELU_W(wy2_T-)	-0.06	-1.16	42.07	10.08	0.12	OK
519	UPN 180	ELU_W(wyy1_T+)	-15.74	-0.81	42.07	10.08	0.45	OK
1293	UPN 180	ELU_W(wy1_T-)	3.11	0.41	42.07	10.08	0.11	OK
1294	UPN 180	ELU_W(wxx1_T+)	-17.10	-0.83	42.07	10.08	0.49	OK
1865	UPN 140	ELU_W(wx2_T+)	-2.43	-0.46	24.21	6.65	0.17	OK
2296	UPN 140	ELU_W(wxx2_T+)	-2.43	-0.46	24.21	6.65	0.17	OK
2312	UPN 140	ELU_W(wy2_T+)	-3.15	-0.38	24.21	6.65	0.19	OK



Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>N,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>N,Rd,z</sub> [kN.m]	Rácios	Obs.
2313	UPN 140	ELU_W(wy2_T+)	-3.15	-0.38	24.21	6.65	0.19	OK

Nota: Para a deformação utilizaram-se os ábacos da Figura 2.9, que foram também considerados na fase de pré-dimensionamento.

### 2.2.3. Travamentos

- **Pórticos**

No dimensionamento dos travamentos dos pórticos consideram-se as combinações condicionantes com maiores rácios retirados do "Sap".

O dimensionamento destas barras foi realizado com base no Fluxograma da Figura 8.2 da Memória Descritiva, que conduziu aos resultados indicados na Tabela 2.6.

**Tabela 2.6 - Dimensionamento dos Travamentos dos Pórticos.**

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	L [m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>b,Rd,y</sub> [kN]	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	Rácios	Obs.
96	TUBO-D139.7X4	ELU_W(wyy1_T+)	6.25	-34.6	170.1	400.6	0.20	OK
98	TUBO-D139.7X4	ELU_pav(wy2_T-)	6.25	-117.5	170.1	400.6	0.69	OK
100	TUBO-D139.7X4	ELU_W(wx1_T+)	6.10	-37.9	176.7	400.6	0.21	OK
102	TUBO-D139.7X4	ELU_W(wxx2_T-)	6.10	-44.4	176.7	400.6	0.25	OK
106	TUBO-D139.7X4	ELU_W(wyy1_T-)	6.25	-24.8	170.1	400.6	0.15	OK
108	TUBO-D139.7X4	ELU_pav(wx1_T+)	6.25	-103.1	170.1	400.6	0.61	OK
1798	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T-)	5.86	-207.3	261.0	457.7	0.79	OK
1799	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T+)	5.86	-76.4	261.0	457.7	0.29	OK
1800	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx1_T+)	5.70	-76.6	270.4	457.7	0.28	OK
1801	TUBO-D159X4	ELU_W(wx2_T-)	5.70	-79.6	270.4	457.7	0.29	OK
1802	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T-)	5.86	-35.6	261.0	457.7	0.14	OK
1803	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T+)	5.86	-132.8	261.0	457.7	0.51	OK
1804	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx2_T-)	5.70	-115.4	270.4	457.7	0.43	OK
1805	TUBO-D159X4	ELU_W(wx1_T+)	5.70	-118.2	270.4	457.7	0.44	OK
1806	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T-)	5.13	-224.7	305.7	457.7	0.73	OK
1807	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T+)	5.13	-124.2	305.7	457.7	0.41	OK
1808	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx1_T+)	4.95	-130.4	316.9	457.7	0.41	OK
1809	TUBO-D159X4	ELU_W(wx2_T-)	4.95	-134.6	316.9	457.7	0.42	OK
1810	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx2_T-)	4.95	-110.7	316.9	457.7	0.35	OK
1811	TUBO-D159X4	ELU_W(wx1_T+)	4.95	-123.7	316.9	457.7	0.39	OK
1812	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T+)	5.13	-148.5	305.7	457.7	0.49	OK
1813	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T-)	5.13	-76.6	305.7	457.7	0.25	OK
1814	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wy2_T-)	5.20	-254.2	490.1	628.6	0.52	OK

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	L [m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>b,Rd,y</sub> [kN]	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	Rácios	Obs.
1815	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wyy2_T+)	5.20	-233.5	490.1	628.6	0.48	OK
1816	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wxx1_T+)	5.20	-152.7	490.1	628.6	0.31	OK
1817	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wyy2_T-)	5.20	-175.9	490.1	628.6	0.36	OK
1818	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wxx1_T+)	5.02	-203.9	500.5	628.6	0.41	OK
1819	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wx2_T-)	5.02	-179.6	500.5	628.6	0.36	OK
1820	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wxx2_T-)	5.02	-203.0	500.5	628.6	0.41	OK
1821	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wx1_T+)	5.02	-216.0	500.5	628.6	0.43	OK
1822	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wxx2_T-)	4.84	-255.1	510.3	628.6	0.50	OK
1823	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wx1_T+)	4.84	-222.0	510.3	628.6	0.44	OK
1824	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wxx2_T-)	5.03	-132.9	500.1	628.6	0.27	OK
1825	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wx2_T+)	5.03	-160.2	500.1	628.6	0.32	OK
1826	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wy2_T+)	5.03	-334.8	500.1	628.6	0.67	OK
1827	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wyy2_T+)	5.03	-415.0	500.1	628.6	0.83	OK
1830	TUBO-D159X4	ELU_pav(wxx1_T+)	5.87	-116.6	260.0	457.7	0.45	OK
1831	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx1_T+)	5.87	71.6	260.0	457.7	0.16	OK
1834	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx1_T+)	5.87	-134.8	260.0	457.7	0.52	OK
1835	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx1_T+)	5.87	91.4	260.0	457.7	0.20	OK
1840	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx1_T+)	5.75	-67.0	267.4	457.7	0.25	OK
1841	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx1_T+)	5.75	37.1	267.4	457.7	0.08	OK
1842	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx2_T+)	5.75	-92.7	267.4	457.7	0.35	OK
1843	TUBO-D159X4	ELU_W(wx2_T-)	5.75	-52.2	267.4	457.7	0.20	OK
1848	TUBO-D159X4	ELU_W(wx1_T+)	5.87	91.5	260.0	457.7	0.20	OK
1849	TUBO-D159X4	ELU_pav(wx1_T+)	5.87	-141.9	260.0	457.7	0.55	OK
1850	TUBO-D159X4	ELU_W(wx1_T+)	5.87	115.2	260.0	457.7	0.25	OK
1851	TUBO-D159X4	ELU_pav(wx1_T+)	5.87	-159.3	260.0	457.7	0.61	OK
1854	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T-)	6.14	-57.8	244.4	457.7	0.24	OK
1855	TUBO-D159X4	ELU_pav(wy2_T+)	6.14	-34.5	244.4	457.7	0.14	OK
1856	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wxx1_T+)	3.90	187.7	554.3	628.6	0.30	OK
1857	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wxx1_T+)	3.90	-175.6	554.3	628.6	0.32	OK
1858	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wy2_T-)	3.90	178.7	554.3	628.6	0.28	OK
1859	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wy2_T-)	3.90	-210.9	554.3	628.6	0.38	OK
1860	TUBO-D244.5X5.4	ELU_W(wx2_T+)	7.42	-348.0	677.7	953.1	0.51	OK
1861	TUBO-D244.5X5.4	ELU_W(wy1_T-)	7.42	-290.0	677.7	953.1	0.43	OK
2864	TUBO-D159X4	ELU_T+(wxx1)	4.76	-197.9	328.2	457.7	0.60	OK
2865	TUBO-D159X4	ELU_T+(wxx1)	4.76	138.9	328.2	457.7	0.30	OK
2866	TUBO-D159X4	ELU_T+(wxx1)	4.76	-209.6	328.2	457.7	0.64	OK
2867	TUBO-D159X4	ELU_T+(wxx1)	4.76	151.0	328.2	457.7	0.33	OK
2868	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy2_T+)	4.61	-94.6	337.2	457.7	0.28	OK
2869	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy2_T+)	4.61	70.2	337.2	457.7	0.15	OK
2870	TUBO-D159X4	ELU_T+(wxx1)	4.61	-79.9	337.2	457.7	0.24	OK
2871	TUBO-D159X4	ELU_T+(wxx1)	4.61	54.0	337.2	457.7	0.12	OK
2872	TUBO-D159X4	ELU_T+(wx1)	4.76	161.7	328.2	457.7	0.35	OK
2873	TUBO-D159X4	ELU_T+(wx1)	4.76	-219.7	328.2	457.7	0.67	OK
2874	TUBO-D159X4	ELU_T+(wx1)	4.76	170.3	328.2	457.7	0.37	OK

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	L [m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>b,Rd,y</sub> [kN]	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	Rácios	Obs.
2875	TUBO-D159X4	ELU_T+(wx1)	4.76	-228.7	328.2	457.7	0.70	OK
2876	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T-)	5.09	-88.7	308.0	457.7	0.29	OK
2877	TUBO-D159X4	ELU_pav(wy2_T+)	5.09	-63.1	308.0	457.7	0.20	OK

- Coberturas**

**Tabela 2.7 - Dimensionamento dos Travamentos das Coberturas.**

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	L [m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>b,Rd</sub> [kN]	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	Rácios	Obs.
110	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy2_T-)	10.37	-7.1	100.6	457.7	0.07	OK
1746	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy2_T+)	10.37	-6.6	100.6	457.7	0.07	OK
1794	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx1_T+)	11.41	-41.0	84.2	457.7	0.49	OK
1795	TUBO-D159X4	ELU_W(wx2_T-)	11.41	-43.3	84.2	457.7	0.52	OK
1948	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T+)	7.81	-21.4	167.0	457.7	0.13	OK
1949	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T+)	7.81	-18.7	167.0	457.7	0.11	OK
1950	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T+)	7.81	-53.4	167.0	457.7	0.32	OK
1951	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T+)	7.81	-65.6	167.0	457.7	0.39	OK
1952	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T+)	7.44	-72.4	181.5	457.7	0.40	OK
1953	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T+)	7.44	-98.4	181.5	457.7	0.54	OK
1954	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T-)	6.87	48.0	206.7	457.7	0.10	OK
1955	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T-)	6.87	-58.6	206.7	457.7	0.28	OK
1956	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T-)	8.61	-105.5	141.1	457.7	0.75	OK
1957	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T+)	8.61	-60.4	141.1	457.7	0.43	OK
1958	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T+)	8.44	-76.2	145.9	457.7	0.52	OK
1959	TUBO-D159X4	ELU_W(wy1_T+)	8.44	-51.8	145.9	457.7	0.36	OK
1960	TUBO-D159X4	ELU_W(wyy1_T+)	7.81	-24.2	167.0	457.7	0.15	OK
1961	TUBO-D159X4	ELU_W(wy1_T+)	7.81	-13.8	167.0	457.7	0.08	OK

- Pavimentos**

**Tabela 2.8 - Dimensionamento dos Travamentos dos Pavimentos.**

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	L [m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>b,Rd</sub> [kN]	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	Rácios	Obs.
1898	TUBO-D108X3.6	ELU_W(wy2_T+)	6.40	-17.1	71.6	277.5	0.24	OK
1899	TUBO-D108X3.6	ELU_W(wyy1_T+)	6.40	-26.5	71.6	277.5	0.37	OK
1900	TUBO-D108X3.6	ELU_W(wyy1_T+)	8.36	-29.8	43.6	277.5	0.68	OK
1901	TUBO-D108X3.6	ELU_W(wy2_T+)	8.36	-18.6	43.6	277.5	0.43	OK
1902	TUBO-D108X3.6	ELU_W(wy1_T+)	7.73	-12.1	50.5	277.5	0.24	OK
1903	TUBO-D108X3.6	ELU_W(wyy2_T+)	7.73	-12.0	50.5	277.5	0.24	OK
1464	TUBO-D127X4	ELU_S2x	10.19	-4.3	53.5	363.3	0.08	OK
1482	TUBO-D127X4	ELU_S2x	10.19	-4.2	53.5	363.3	0.08	OK
1721	TUBO-D127X4	ELU_W(wy2_T-)	10.19	-32.0	53.5	363.3	0.60	OK

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	L [m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>b,Rd</sub> [kN]	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	Rácios	Obs.
1727	TUBO-D127X4	ELU_W(wx1_T+)	10.19	-23.0	53.5	363.3	0.43	OK
2004	TUBO-D76.1X3.2	ELU_W(wx1_T+)	7.28	-3.3	17.7	172.2	0.19	OK
2005	TUBO-D76.1X3.2	ELU_W(wy2_T-)	7.28	-3.0	17.7	172.2	0.17	OK
2006	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wx2_T-)	7.92	-37.9	309.8	628.6	0.12	OK
2007	TUBO-D193.7X4.5	ELU_W(wxx1_T+)	7.92	-38.0	309.8	628.6	0.12	OK
2012	TUBO-D108X3.6	ELU_W(wx2_T-)	7.80	-17.7	49.6	277.5	0.36	OK
2013	TUBO-D108X3.6	ELU_W(wxx1_T+)	7.80	-18.2	49.6	277.5	0.37	OK
2036	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T-)	7.23	-7.4	190.2	457.7	0.04	OK
2037	TUBO-D159X4	ELU_W(wx1_T+)	7.23	-8.0	190.2	457.7	0.04	OK
2038	TUBO-D159X4	ELU_W(wy2_T-)	7.74	-8.1	169.6	457.7	0.05	OK
2039	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx1_T+)	7.74	-14.8	169.6	457.7	0.09	OK
2040	TUBO-D159X4	ELU_W(wx2_T-)	6.10	-74.4	247.1	457.7	0.30	OK
2041	TUBO-D159X4	ELU_W(wx2_T-)	6.10	102.5	247.1	457.7	0.22	OK
2042	TUBO-D159X4	ELU_W(wxx1_T-)	7.98	-83.9	161.2	457.7	0.52	OK
2043	TUBO-D159X4	ELU_W(wx1_T+)	7.98	-48.2	161.2	457.7	0.30	OK
2052	TUBO-D139.7X4	ELU_W(wy2_T+)	7.98	-22.5	111.6	400.6	0.20	OK
2053	TUBO-D139.7X4	ELU_W(wx1_T+)	7.98	-54.4	111.6	400.6	0.49	OK

## 2.2.4. Vigas dos Pisos Interiores

O dimensionamento de todas as vigas dos pisos interiores iniciou-se pelo pré-dimensionamento, a partir de tabelas incluídas neste projeto, que permitiram proceder à escolha dos perfis mais adequados, tendo em conta a resistência à flexão, ao esforço transversal e à deformação.

Na fase de dimensionamento foi feita a verificação dos perfis das vigas, a partir dos esforços condicionantes ( $M_{Ed,y}, M_{Ed,z}$ ) simples ou combinados, cujos resultados estão resumidos em tabelas próprias referentes a cada um dos pisos.

De referir que a encurvadura lateral está impedida na maior parte das vigas, uma vez que os banzos comprimidos (superiores) estão impossibilitados de encurvar lateralmente pelas chapas dos pavimentos dos pisos.

### • VIGAS INTERIORES DO PISO1

#### Geometria

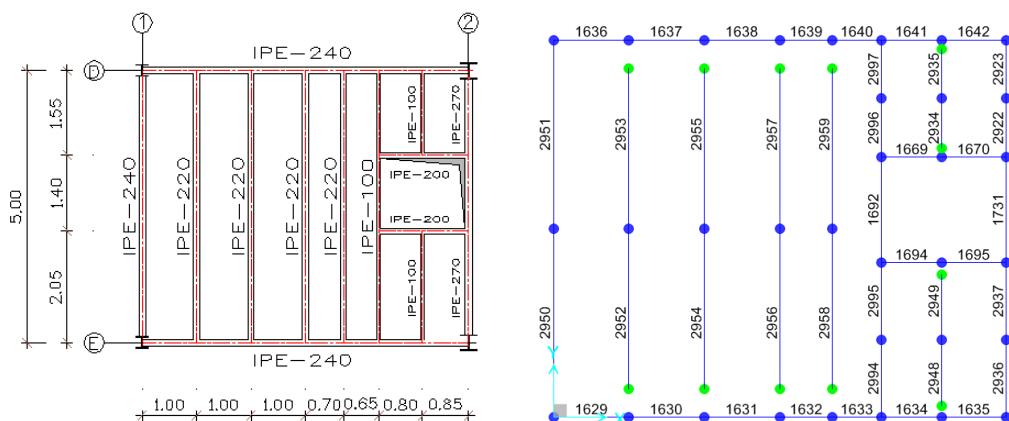


Figura 2.10 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 1 e 2.

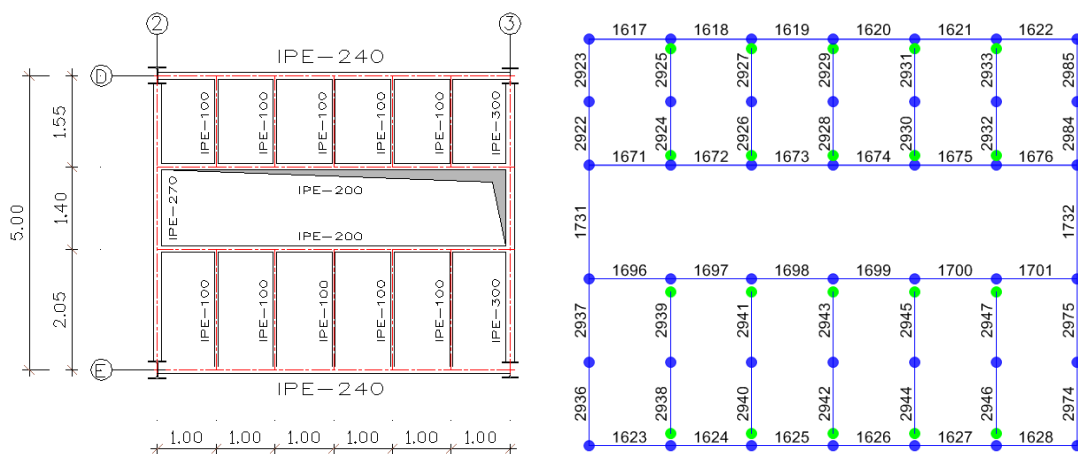
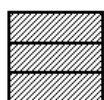


Figura 2.11 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 2 e 3.

Tabela 2.9 - Pré - dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 1.

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	q <sub>Ed,Resist.</sub>	74.09	18.52	8.23	4.63	2.96	2.06	1.51	1.16	0.91	0.74
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	91.93	11.49	3.40	1.44	0.74	0.43	0.27	0.18	0.13	0.09
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	137.85	68.92	45.95	34.46	27.57	22.97	19.69	17.23	15.32	13.78
IPE 120	q <sub>Ed,Resist.</sub>	114.17	28.54	12.69	7.14	4.57	3.17	2.33	1.78	1.41	1.14
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	170.85	21.36	6.33	2.67	1.37	0.79	0.50	0.33	0.23	0.17
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	171.22	85.61	57.07	42.81	34.24	28.54	24.46	21.40	19.02	17.12
IPE 140	q <sub>Ed,Resist.</sub>	166.08	41.52	18.45	10.38	6.64	4.61	3.39	2.59	2.05	1.66
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	290.95	36.37	10.78	4.55	2.33	1.35	0.85	0.57	0.40	0.29
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	207.31	103.66	69.10	51.83	41.46	34.55	29.62	25.91	23.03	20.73
IPE 160	q <sub>Ed,Resist.</sub>	232.93	58.23	25.88	14.56	9.32	6.47	4.75	3.64	2.88	2.33
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	467.34	58.42	17.31	7.30	3.74	2.16	1.36	0.91	0.64	0.47
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	262.13	131.06	87.38	65.53	52.43	43.69	37.45	32.77	29.13	26.21
IPE 180	q <sub>Ed,Resist.</sub>	312.83	78.21	34.76	19.55	12.51	8.69	6.38	4.89	3.86	3.13
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	708.02	88.50	26.22	11.06	5.66	3.28	2.06	1.38	0.97	0.71
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	305.27	152.64	101.76	76.32	61.05	50.88	43.61	38.16	33.92	30.53
IPE 200	q <sub>Ed,Resist.</sub>	414.73	103.68	46.08	25.92	16.59	11.52	8.46	6.48	5.12	4.15
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	1044.56	130.57	38.69	16.32	8.36	4.84	3.05	2.04	1.43	1.04
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	379.90	189.95	126.63	94.97	75.98	63.32	54.27	47.49	42.21	37.99
IPE 220	q <sub>Ed,Resist.</sub>	536.55	134.14	59.62	33.53	21.46	14.90	10.95	8.38	6.62	5.37
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	1490.23	186.28	55.19	23.28	11.92	6.90	4.34	2.91	2.04	1.49
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	430.91	215.46	143.64	107.73	86.18	71.82	61.56	53.86	47.88	43.09
IPE 240	q <sub>Ed,Resist.</sub>	689.21	172.30	76.58	43.08	27.57	19.14	14.07	10.77	8.51	6.89
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	2092.34	261.54	77.49	32.69	16.74	9.69	6.10	4.09	2.87	2.09
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	519.37	259.69	173.12	129.84	103.87	86.56	74.20	64.92	57.71	51.94
IPE 270	q <sub>Ed,Resist.</sub>	909.92	227.48	101.10	56.87	36.40	25.28	18.57	14.22	11.23	9.10
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	3112.70	389.09	115.29	48.64	24.90	14.41	9.07	6.08	4.27	3.11
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	600.78	300.39	200.26	150.19	120.16	100.13	85.83	75.10	66.75	60.08
IPE 300	q <sub>Ed,Resist.</sub>	1181.39	295.35	131.27	73.84	47.26	32.82	24.11	18.46	14.59	11.81
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	4492.19	561.52	166.38	70.19	35.94	20.80	13.10	8.77	6.16	4.49
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	696.84	348.42	232.28	174.21	139.37	116.14	99.55	87.10	77.43	69.68

Legenda:



Resultado do pré-dimensionamento das diferentes vigas.

q<sub>Ed,Resist.</sub>

Carga máxima de flexão em y, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

$Q_{Ed,Defor}$ . Carga máxima para a flecha de  $L/300$ , em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

$Q_{Ed,esf,Transv}$ . Carga máxima do esforço transversal, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão.

### Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 1 dos Alinhamentos 1, 2 e 3

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.10.

**Tabela 2.10 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 1, 2 e 3.**

Nº da Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
2924	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	2.48	9.26	0.27	0.04	177.87	S/Signif	OK
2925	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2926	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	0.04	177.87	S/Signif	OK
2927	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2928	IPE 100	ELU_pav(wx2_T+)	2.48	9.26	0.27	0.04	177.87	S/Signif	OK
2929	IPE 100	ELU_pav(wx1_T+)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2930	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T+)	2.48	9.26	0.27	0.03	177.87	S/Signif	OK
2931	IPE 100	ELU_pav(wx2_T+)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2932	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	0.03	177.87	S/Signif	OK
2933	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2934	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.09	9.26	0.23	0.04	177.87	S/Signif	OK
2935	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.09	9.26	0.23	5.39	177.87	0.03	OK
2938	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	4.34	9.26	0.47	0.05	134.49	S/Signif	OK
2939	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2940	IPE 100	ELU_pav(wx1_T+)	4.34	9.26	0.47	0.05	134.49	S/Signif	OK
2941	IPE 100	ELU_pav(wx1_T+)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2942	IPE 100	ELU_pav(wx1_T+)	4.34	9.26	0.47	0.05	134.49	S/Signif	OK
2943	IPE 100	ELU_pav(wx1_T+)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2944	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	4.34	9.26	0.47	0.05	134.49	S/Signif	OK
2945	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2946	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	4.34	9.26	0.47	0.04	134.49	S/Signif	OK
2947	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2948	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	3.66	9.26	0.39	0.05	134.49	S/Signif	OK
2949	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	3.66	9.26	0.39	7.13	134.49	0.05	OK
2952	IPE 220	ELU_pav(wx1_T+)	26.55	67.07	0.40	0.18	172.36	S/Signif	OK
2953	IPE 220	ELU_pav(wx1_T+)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
2954	IPE 220	ELU_pav(wx1_T+)	26.55	67.07	0.40	0.17	172.36	S/Signif	OK
2955	IPE 220	ELU_pav(wx1_T+)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
2956	IPE 220	ELU_pav(wxx1_T+)	22.97	67.07	0.34	0.14	172.36	S/Signif	OK
2957	IPE 220	ELU_pav(wxx1_T+)	22.97	67.07	0.34	18.38	172.36	0.11	OK
2958	IPE 220	ELU_pav(wy1_T-)	18.46	67.07	0.28	0.11	172.36	S/Signif	OK

Nº da Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
2959	IPE 220	ELU_pav(wy1_T-)	18.46	67.07	0.28	14.77	172.36	0.09	OK

### Nomenclatura:

$M_{Ed,y}$  Valor de cálculo do momento fletor atuante em y;

$M_{Rd,y}$  Valor de cálculo do momento fletor resistente em y;

$V_{Ed,z}$  Valor de cálculo do esforço transversal atuante em z;

$V_{Rd,z}$  Valor de cálculo do esforço transversal resistente em z.

### Geometria

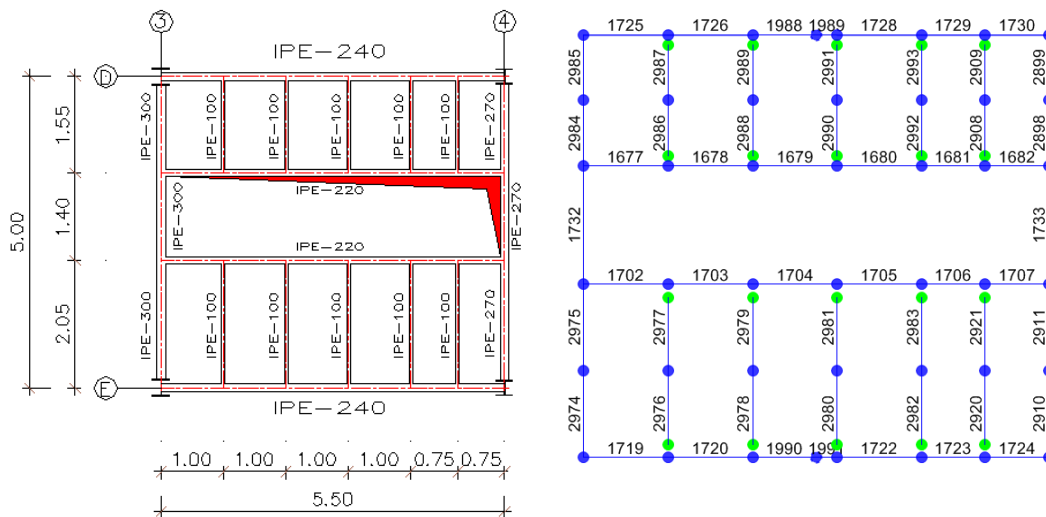


Figura 2.12 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Internas do Piso 1 dos Alinhamentos 3 e 4.

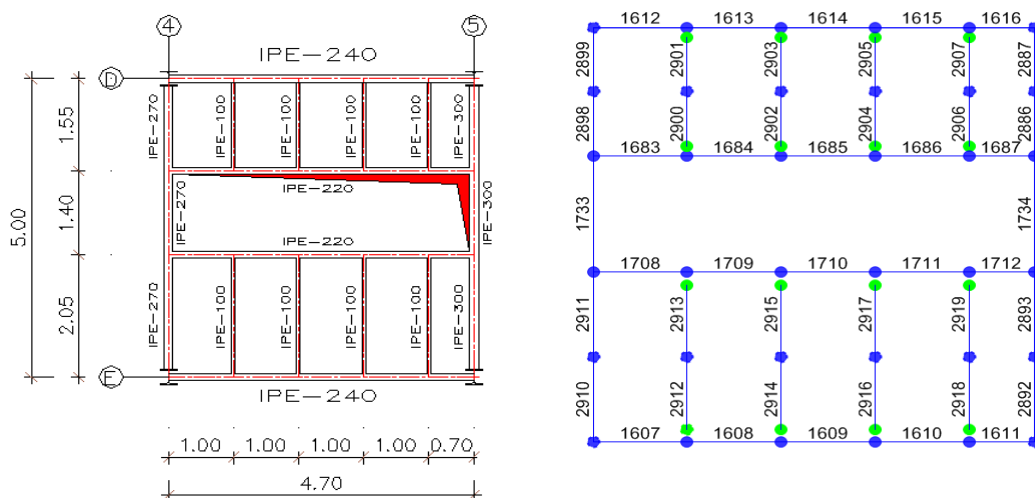


Figura 2.13 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Internas do Piso 1 dos Alinhamentos 4 e 5.



## Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 1 dos alinhamentos 3, 4 e 5

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.11.

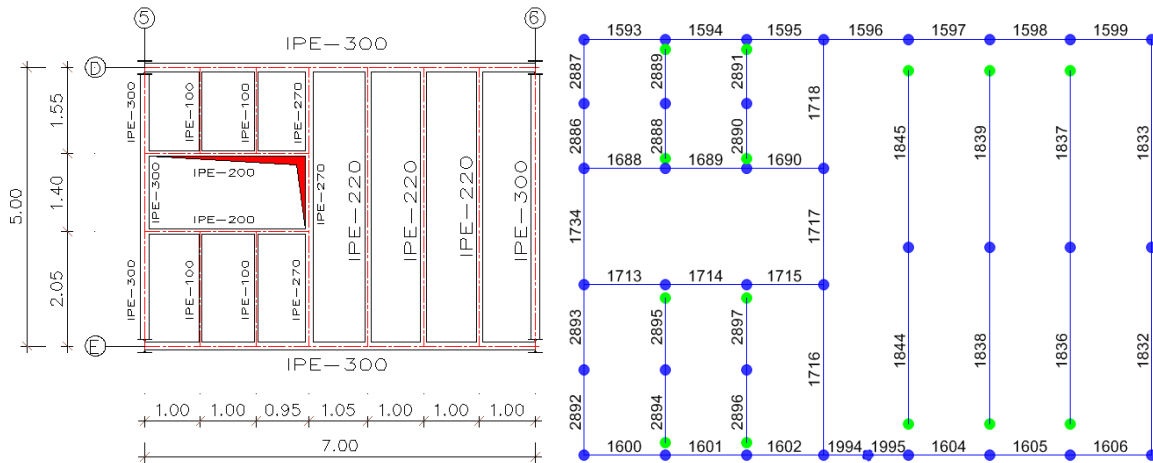
**Tabela 2.11 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 3, 4 e 5.**

Nº da Barra	Perfil	Combinação condicionante	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]	M <sub>Rd,y</sub> [kN.m]	Rácios	V <sub>Ed,z</sub> [kN]	V <sub>Rd,z</sub> [kN]	Rácios	
2900	IPE 100	ELU_pav(wyy2_T+)	2.48	9.26	0.27	0.01	177.87	S/Signif	OK
2901	IPE 100	ELU_pav(wx1_T+)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2902	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	0.01	177.87	S/Signif	OK
2903	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2904	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	0.01	177.87	S/Signif	OK
2905	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2906	IPE 100	ELU_pav(wx2_T-)	2.14	9.26	0.23	0.00	177.87	S/Signif	OK
2907	IPE 100	ELU_pav(wx2_T+)	2.14	9.26	0.23	5.51	177.87	0.03	OK
2908	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	1.89	9.26	0.20	0.01	177.87	S/Signif	OK
2909	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	1.89	9.26	0.20	4.88	177.87	0.03	OK
2912	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	4.34	9.26	0.47	0.02	134.49	S/Signif	OK
2913	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2914	IPE 100	ELU_pav(wx1_T-)	4.34	9.26	0.47	0.01	134.49	S/Signif	OK
2915	IPE 100	ELU_pav(wx1_T-)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2916	IPE 100	ELU_pav(wxx1_T-)	4.34	9.26	0.47	0.01	134.49	S/Signif	OK
2917	IPE 100	ELU_pav(wxx1_T-)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2918	IPE 100	ELU_pav(wx1_T-)	3.74	9.26	0.40	0.01	134.49	S/Signif	OK
2919	IPE 100	ELU_pav(wx1_T-)	3.74	9.26	0.40	7.29	134.49	0.05	OK
2920	IPE 100	ELU_pav(wx2_T-)	3.31	9.26	0.36	0.02	134.49	S/Signif	OK
2921	IPE 100	ELU_pav(wx2_T-)	3.31	9.26	0.36	6.45	134.49	0.05	OK
2976	IPE 100	ELU_pav(wx1_T+)	4.34	9.26	0.47	0.03	134.49	S/Signif	OK
2977	IPE 100	ELU_pav(wx1_T+)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2978	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	4.34	9.26	0.47	0.03	134.49	S/Signif	OK
2979	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2980	IPE 100	ELU_pav(wx1_T+)	4.34	9.26	0.47	0.03	134.49	S/Signif	OK
2981	IPE 100	ELU_pav(wx1_T+)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2982	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	3.85	9.26	0.42	0.02	134.49	S/Signif	OK
2983	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	3.85	9.26	0.42	7.51	134.49	0.06	OK
2986	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	0.03	177.87	S/Signif	OK
2987	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2988	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	0.02	177.87	S/Signif	OK
2989	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2990	IPE 100	ELU_pav(wx2_T+)	2.48	9.26	0.27	0.02	177.87	S/Signif	OK
2991	IPE 100	ELU_pav(wx2_T+)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2992	IPE 100	ELU_pav(wx1_T-)	2.20	9.26	0.24	0.02	177.87	S/Signif	OK
2993	IPE 100	ELU_pav(wx1_T-)	2.20	9.26	0.24	5.68	177.87	0.03	OK

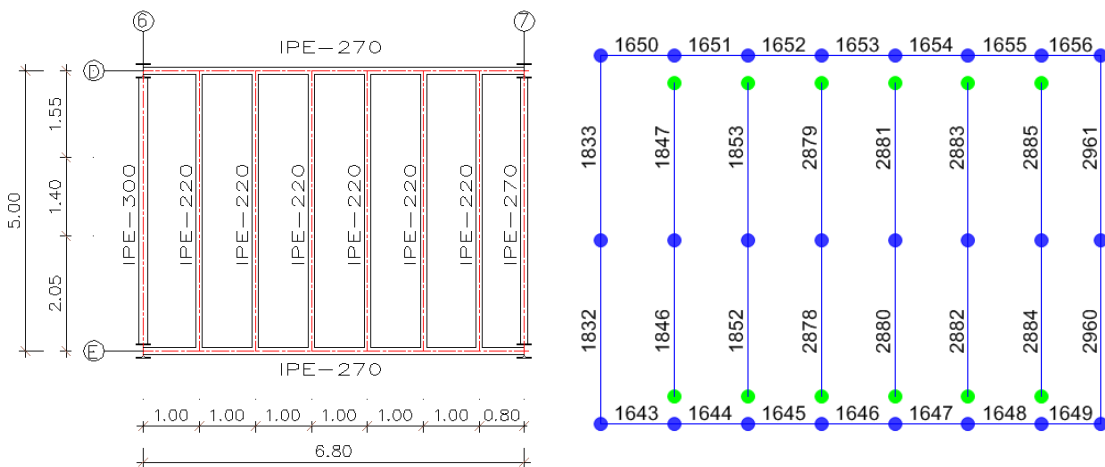
**Nomenclatura:**

- $M_{Ed,y}$  Valor de cálculo do momento fletor atuante em y;
- $M_{Rd,y}$  Valor de cálculo do momento fletor resistente em y;
- $V_{Ed,z}$  Valor de cálculo do esforço transversor atuante em z;
- $V_{Rd,z}$  Valor de cálculo do esforço transversor resistente em z.

**Geometria**



**Figura 2.14 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 5 e 6.**



**Figura 2.15 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 6 e 7.**

## Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 1 dos alinhamentos 5, 6 e 7

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.12.

**Tabela 2.12 - Dimensionamento das secções das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 5, 6 e 7.**

Nº Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
1836	IPE 220	ELU_pav(wy1_T-)	26.55	67.07	0.40	0.07	172.36	S/Signif	OK
1837	IPE 220	ELU_pav(wy1_T-)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
1838	IPE 220	ELU_pav(wxx1_T+)	26.55	67.07	0.40	0.06	172.36	S/Signif	OK
1839	IPE 220	ELU_pav(wxx1_T+)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
1844	IPE 220	ELU_pav(wyy1_T-)	27.57	67.07	0.41	0.05	172.36	S/Signif	OK
1845	IPE 220	ELU_pav(wyy1_T-)	27.57	67.07	0.41	22.06	172.36	0.13	OK
1846	IPE 220	ELU_pav(wy1_T-)	26.55	67.07	0.40	0.09	172.36	S/Signif	OK
1847	IPE 220	ELU_pav(wy1_T-)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
1852	IPE 220	ELU_pav(wxx1_T+)	26.55	67.07	0.40	0.10	172.36	S/Signif	OK
1853	IPE 220	ELU_pav(wxx1_T+)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
2878	IPE 220	ELU_pav(wy1_T-)	26.55	67.07	0.40	0.11	172.36	S/Signif	OK
2879	IPE 220	ELU_pav(wy1_T-)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
2880	IPE 220	ELU_pav(wyy1_T-)	26.55	67.07	0.40	0.12	172.36	S/Signif	OK
2881	IPE 220	ELU_pav(wyy1_T-)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
2882	IPE 220	ELU_pav(wxx1_T+)	23.99	67.07	0.36	0.11	172.36	S/Signif	OK
2883	IPE 220	ELU_pav(wxx1_T+)	23.99	67.07	0.36	19.19	172.36	0.11	OK
2884	IPE 220	ELU_pav(wy1_T-)	23.99	67.07	0.36	0.12	172.36	S/Signif	OK
2885	IPE 220	ELU_pav(wy1_T-)	23.99	67.07	0.36	19.19	172.36	0.11	OK
2888	IPE 100	ELU_pav(wyy2_T+)	2.48	9.26	0.27	0.01	177.87	S/Signif	OK
2889	IPE 100	ELU_pav(wyy2_T+)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2890	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	0.01	177.87	S/Signif	OK
2891	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T-)	2.48	9.26	0.27	6.40	177.87	0.04	OK
2894	IPE 100	ELU_pav(wy2_T+)	4.34	9.26	0.47	0.01	134.49	S/Signif	OK
2895	IPE 100	ELU_pav(wy2_T+)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK
2896	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	4.34	9.26	0.47	0.01	134.49	S/Signif	OK
2897	IPE 100	ELU_pav(wy2_T-)	4.34	9.26	0.47	8.46	134.49	0.06	OK

### Nomenclatura:

$M_{Ed,y}$  Valor de cálculo do momento fletor atuante em y;

$M_{Rd,y}$  Valor de cálculo do momento fletor resistente em y;

$V_{Ed,z}$  Valor de cálculo do esforço transversal atuante em z;

$V_{Rd,z}$  Valor de cálculo do esforço transversal resistente em z.

## Geometria

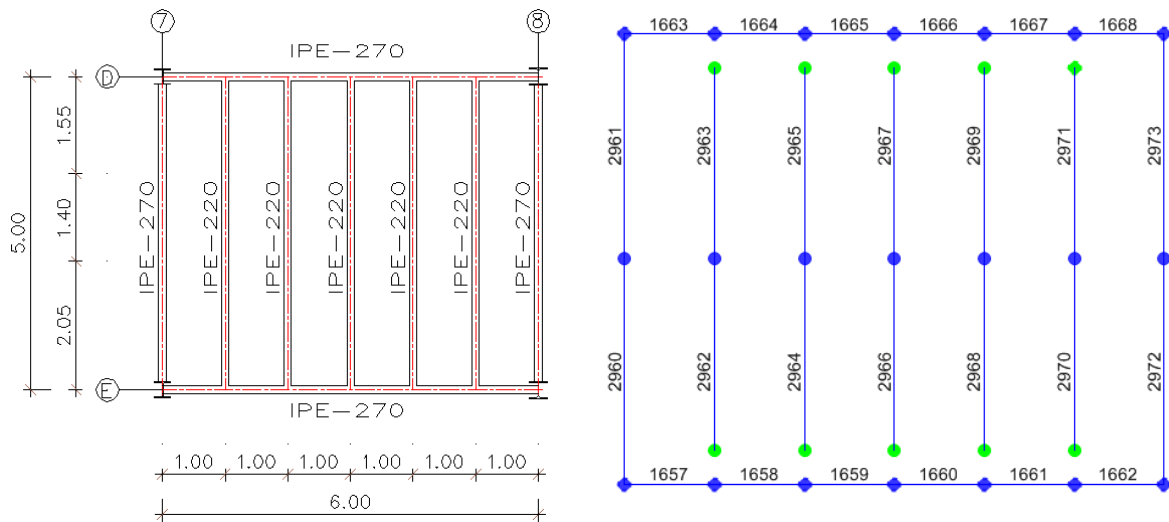


Figura 2.16 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 7 e 8.

## Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 1 dos alinhamentos 7 e 8

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.13.

Tabela 2.13 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 1 dos Alinhamentos 7 e 8.

Nº Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
2962	IPE 220	ELU_pav(wx1_T+)	26.55	67.07	0.40	0.15	172.36	S/Signif	OK
2963	IPE 220	ELU_pav(wx1_T+)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
2964	IPE 220	ELU_pav(wxx1_T-)	26.55	67.07	0.40	0.16	172.36	S/Signif	OK
2965	IPE 220	ELU_pav(wxx1_T-)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
2966	IPE 220	ELU_pav(wyy1_T-)	26.55	67.07	0.40	0.17	172.36	S/Signif	OK
2967	IPE 220	ELU_pav(wyy1_T-)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
2968	IPE 220	ELU_pav(wx1_T+)	26.55	67.07	0.40	0.18	172.36	S/Signif	OK
2969	IPE 220	ELU_pav(wx1_T+)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK
2970	IPE 220	ELU_pav(wy2_T-)	26.55	67.07	0.40	0.18	172.36	S/Signif	OK
2971	IPE 220	ELU_pav(wy2_T-)	26.55	67.07	0.40	21.24	172.36	0.12	OK

### Nomenclatura:

$M_{Ed,y}$  Valor de cálculo do momento fletor atuante em y;

$M_{Rd,y}$  Valor de cálculo do momento fletor resistente em y;

$V_{Ed,z}$  Valor de cálculo do esforço transversal atuante em z;

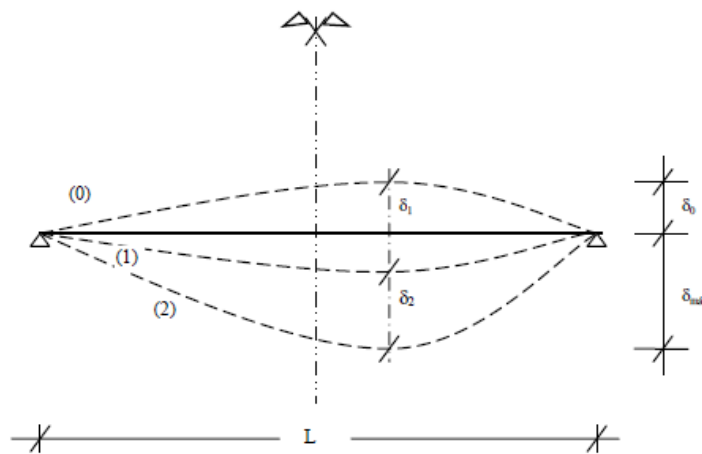
$V_{Rd,z}$  Valor de cálculo do esforço transversal resistente em z.

- **Deformação - Flechas**

A verificação das vigas interiores aos Estados Limites de Deformação foi realizado através dos deslocamentos obtidos nos ficheiros de resultados no "Sap", do projeto do Edifício.

### Deslocamentos verticais

Foram determinadas as flechas de todas as vigas interiores dos pisos metálicos, e comparadas com os valores máximos admissíveis definidos no EC3, de acordo com a Figura 2.17.



**Figura 2.17 – Deslocamentos verticais.**

Considerou-se para os deslocamentos das vigas dos pavimentos valores máximos de  $L/300$  impostos pelo Dono de Obra.

$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0 \quad (2.2)$$

em que:

- $\delta_{\max}$  Flecha no estado final relativamente à linha reta que une os apoios;
- $\delta_0$  Contra - flecha da viga no estado de 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)).

Os procedimentos para a verificação aos estados limites de deformação das vigas dos pisos interiores incluíram as seguintes etapas:

- a) Determinação da envolvente dos deslocamentos verticais máximos de cada "nó-vértice" do piso para a combinação envolvente máxima dos estados limites de utilização;
- b) Admitiu-se que este valor corresponde ao deslocamento máximo absoluto do piso;
- c) Determinaram-se os deslocamentos relativos máximos a meio vão de todas as vigas;
- d) As flechas nas vigas foram então calculadas pela diferença entre os valores máximos obtidos em c) menos os que foram obtidos em b).

A indicação destes resultados consta numa tabela em "Excel", para todas as vigas dos pisos, em que se relaciona os rácios entre deslocamentos para a combinação condicionante para o estado limite de utilização, com os deslocamentos máximos admissíveis definidos pelo Dono de Obra.

As figuras seguintes indicam os procedimentos realizados.

#### Identificação dos nós do Piso 1

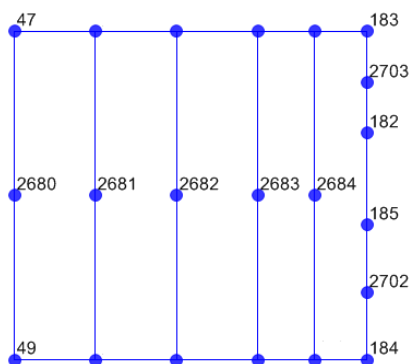


Figura 2.18 - Identificação dos nós do Piso 1 entre os Alinhamentos 1 e 2.

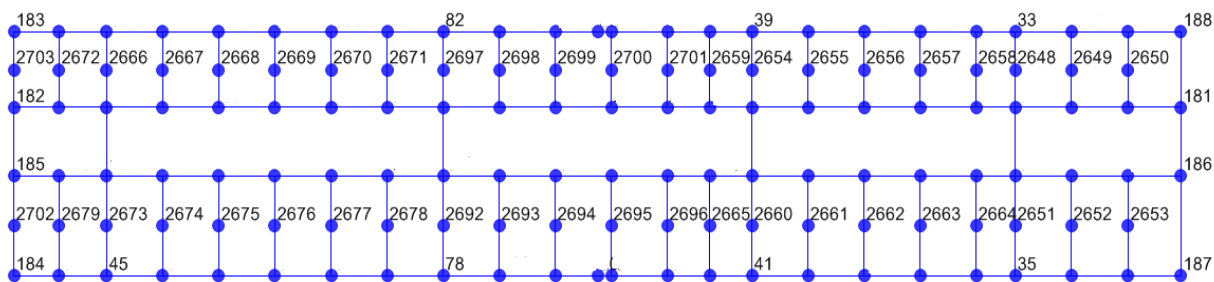


Figura 2.19 - Identificação dos nós do Piso 1 entre os Alinhamentos 2 e 5.

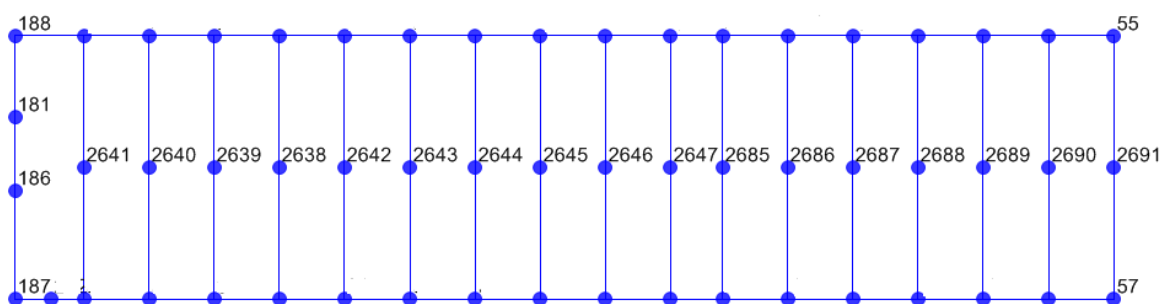


Figura 2.20 - Identificação dos nós do Piso 1 entre os Alinhamentos 5 e 8.

### Deslocamentos Verticais Máximos

Tabela 2.14 - Deslocamentos Verticais Máximos dos "nós-vértices" do Piso 1.

Nº do Nó	$\delta_v$ , "vértices" do piso, máx [m]
47	Max -0.066
47	Min -0.072
49	Max -0.07
49	Min -0.075
55	Max -0.07
55	Min -0.077
57	Max -0.074
57	Min -0.080

**Tabela 2.15 - Deslocamentos Verticais das Vigas entre os Alinhamentos 1 e 2 do Piso 1.**

Nº do nó (*)	$\delta_{v,vertices,máx}$ [m]	$\delta_{v,relativo}$ [m]	$\delta_{v,Total}$ [m]	L/300	Rácio	Obs.
2638	-0.080	-0.075	0.005	0.017	0.28	OK
2639	-0.080	-0.090	0.010	0.017	0.60	OK
2640	-0.080	-0.091	0.011	0.017	0.67	OK
2641	-0.080	-0.092	0.012	0.017	0.72	OK
2642	-0.080	-0.092	0.012	0.017	0.71	OK
2643	-0.080	-0.095	0.015	0.017	0.92	OK
2644	-0.080	-0.087	0.007	0.017	0.42	OK
2645	-0.080	-0.087	0.007	0.017	0.40	OK
2646	-0.080	-0.094	0.013	0.017	0.81	OK
2647	-0.080	-0.090	0.010	0.017	0.59	OK
2681	-0.080	-0.075	0.005	0.017	0.29	OK
2682	-0.080	-0.076	0.005	0.017	0.28	OK
2683	-0.080	-0.075	0.006	0.017	0.34	OK
2684	-0.080	-0.074	0.006	0.017	0.38	OK
2685	-0.080	-0.075	0.005	0.017	0.33	OK
2686	-0.080	-0.088	0.008	0.017	0.49	OK
2687	-0.080	-0.088	0.008	0.017	0.48	OK
2688	-0.080	-0.088	0.008	0.017	0.46	OK
2689	-0.080	-0.088	0.008	0.017	0.46	OK
2690	-0.080	-0.087	0.007	0.017	0.44	OK

(\*) Nós onde as flechas das Vigas são máximas.

**Tabela 2.16 - Deslocamentos Verticais das Vigas entre os Alinhamentos 2 e 5 do Piso 1.**

Nº do nó (*)	$\delta_{v,vertices,máx}$ [m]	$\delta_{v,relativo}$ [m]	$\delta_{v,Total}$ [m]	L/300	Rácio	Obs.
2649	-0.080	-0.077	0.003	0.005	0.65	OK
2650	-0.080	-0.079	0.001	0.005	0.27	OK
2655	-0.080	-0.081	0.001	0.005	0.19	OK
2656	-0.080	-0.075	0.005	0.005	0.95	OK
2657	-0.080	-0.076	0.005	0.005	0.90	OK
2658	-0.080	-0.075	0.005	0.005	0.98	OK
2659	-0.080	-0.081	0.001	0.005	0.13	OK
2667	-0.080	-0.081	0.001	0.005	0.16	OK
2668	-0.080	-0.084	0.004	0.005	0.74	OK
2669	-0.080	-0.085	0.005	0.005	0.99	OK
2670	-0.080	-0.084	0.004	0.005	0.84	OK
2671	-0.080	-0.082	0.002	0.005	0.39	OK
2672	-0.080	-0.076	0.004	0.005	0.75	OK
2698	-0.080	-0.081	0.001	0.005	0.12	OK
2699	-0.080	-0.082	0.002	0.005	0.33	OK
2700	-0.080	-0.075	0.005	0.005	0.97	OK
2701	-0.080	-0.082	0.002	0.005	0.32	OK



**Tabela 2.17 - Deslocamentos Verticais das Vigas entre os Alinhamentos 5 e 8 do Piso 1.**

<b>Nº do nó (*)</b>	<b><math>\delta_{V,vertices,máx}</math> [m]</b>	<b><math>\delta_{V,relativo}</math> [m]</b>	<b><math>\delta_{V,Total}</math> [m]</b>	<b>L/300</b>	<b>Rácio</b>	<b>Obs.</b>
2652	-0.080	-0.080	0.000	0.007	0.04	OK
2653	-0.080	-0.081	0.001	0.007	0.14	OK
2661	-0.080	-0.087	0.007	0.007	0.97	OK
2662	-0.080	-0.081	0.001	0.007	0.12	OK
2663	-0.080	-0.081	0.001	0.007	0.13	OK
2664	-0.080	-0.086	0.006	0.007	0.92	OK
2665	-0.080	-0.086	0.006	0.007	0.81	OK
2674	-0.080	-0.086	0.006	0.007	0.91	OK
2675	-0.080	-0.082	0.002	0.007	0.32	OK
2676	-0.080	-0.084	0.003	0.007	0.51	OK
2677	-0.080	-0.083	0.003	0.007	0.37	OK
2678	-0.080	-0.080	0.000	0.007	0.03	OK
2679	-0.080	-0.074	0.006	0.007	0.84	OK
2693	-0.080	-0.086	0.006	0.007	0.87	OK
2694	-0.080	-0.080	0.000	0.007	0.01	OK
2696	-0.080	-0.080	0.000	0.007	0.02	OK

(\*) Nós onde as flechas das Vigas são máximas.

- VIGAS INTERIORES DO PISO 2

Geometria

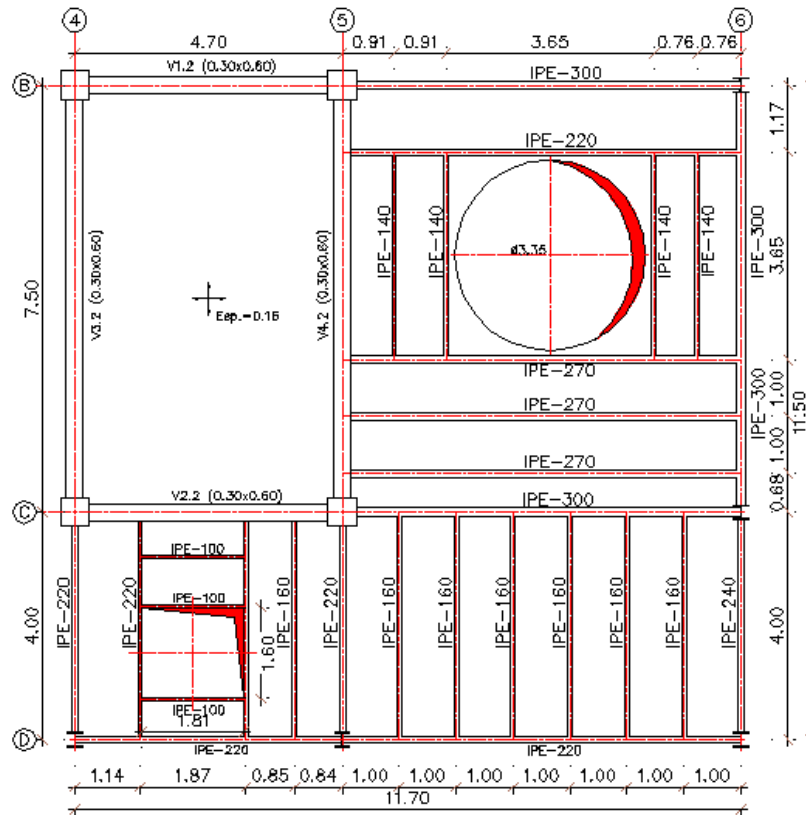


Figura 2.21 - Planta da Geometria do Piso 2.

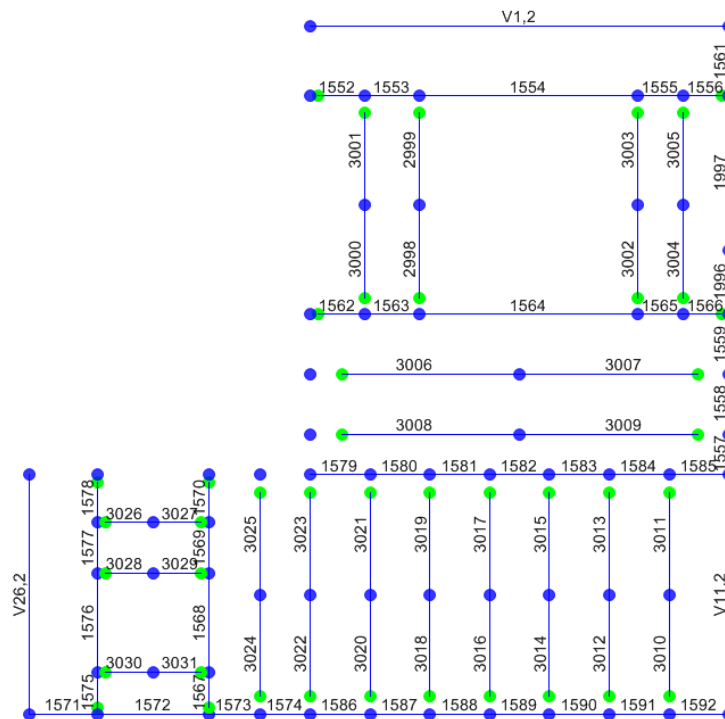
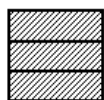


Figura 2.22 - Planta com a Identificação das barras do "Sap".

Tabela 2.18 - Pré - dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 2.

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	Q <sub>Ed,Resist.</sub>	74.09	18.52	8.23	4.63	2.96	2.06	1.51	1.16	0.91	0.74
	Q <sub>Ed,Defor.</sub>	91.93	11.49	3.40	1.44	0.74	0.43	0.27	0.18	0.13	0.09
	Q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	137.85	68.92	45.95	34.46	27.57	22.97	19.69	17.23	15.32	13.78
IPE 120	Q <sub>Ed,Resist.</sub>	114.17	28.54	12.69	7.14	4.57	3.17	2.33	1.78	1.41	1.14
	Q <sub>Ed,Defor.</sub>	170.85	21.36	6.33	2.67	1.37	0.79	0.50	0.33	0.23	0.17
	Q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	171.22	85.61	57.07	42.81	34.24	28.54	24.46	21.40	19.02	17.12
IPE 140	Q <sub>Ed,Resist.</sub>	166.08	41.52	18.45	10.38	6.64	4.61	3.39	2.59	2.05	1.66
	Q <sub>Ed,Defor.</sub>	290.95	36.37	10.78	4.55	2.33	1.35	0.85	0.57	0.40	0.29
	Q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	207.31	103.66	69.10	51.83	41.46	34.55	29.62	25.91	23.03	20.73
IPE 160	Q <sub>Ed,Resist.</sub>	232.93	58.23	25.88	14.56	9.32	6.47	4.75	3.64	2.88	2.33
	Q <sub>Ed,Defor.</sub>	467.34	58.42	17.31	7.30	3.74	2.16	1.36	0.91	0.64	0.47
	Q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	262.13	131.06	87.38	65.53	52.43	43.69	37.45	32.77	29.13	26.21
IPE 180	Q <sub>Ed,Resist.</sub>	312.83	78.21	34.76	19.55	12.51	8.69	6.38	4.89	3.86	3.13
	Q <sub>Ed,Defor.</sub>	708.02	88.50	26.22	11.06	5.66	3.28	2.06	1.38	0.97	0.71
	Q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	305.27	152.64	101.76	76.32	61.05	50.88	43.61	38.16	33.92	30.53
IPE 200	Q <sub>Ed,Resist.</sub>	414.73	103.68	46.08	25.92	16.59	11.52	8.46	6.48	5.12	4.15
	Q <sub>Ed,Defor.</sub>	1044.56	130.57	38.69	16.32	8.36	4.84	3.05	2.04	1.43	1.04
	Q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	379.90	189.95	126.63	94.97	75.98	63.32	54.27	47.49	42.21	37.99
IPE 220	Q <sub>Ed,Resist.</sub>	536.55	134.14	59.62	33.53	21.46	14.90	10.95	8.38	6.62	5.37
	Q <sub>Ed,Defor.</sub>	1490.23	186.28	55.19	23.28	11.92	6.90	4.34	2.91	2.04	1.49
	Q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	430.91	215.46	143.64	107.73	86.18	71.82	61.56	53.86	47.88	43.09
IPE 240	Q <sub>Ed,Resist.</sub>	689.21	172.30	76.58	43.08	27.57	19.14	14.07	10.77	8.51	6.89
	Q <sub>Ed,Defor.</sub>	2092.34	261.54	77.49	32.69	16.74	9.69	6.10	4.09	2.87	2.09
	Q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	519.37	259.69	173.12	129.84	103.87	86.56	74.20	64.92	57.71	51.94
IPE 270	Q <sub>Ed,Resist.</sub>	909.92	227.48	101.10	56.87	36.40	25.28	18.57	14.22	11.23	9.10
	Q <sub>Ed,Defor.</sub>	3112.70	389.09	115.29	48.64	24.90	14.41	9.07	6.08	4.27	3.11
	Q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	600.78	300.39	200.26	150.19	120.16	100.13	85.83	75.10	66.75	60.08
IPE 300	Q <sub>Ed,Resist.</sub>	1181.39	295.35	131.27	73.84	47.26	32.82	24.11	18.46	14.59	11.81
	Q <sub>Ed,Defor.</sub>	4492.19	561.52	166.38	70.19	35.94	20.80	13.10	8.77	6.16	4.49
	Q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	696.84	348.42	232.28	174.21	139.37	116.14	99.55	87.10	77.43	69.68

Legenda:



Resultado do pré-dimensionamento das diferentes vigas.

Q<sub>Ed,Resist.</sub>

Carga máxima de flexão em y, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

Q<sub>Ed,Defor.</sub>

Carga máxima para a flecha de L/300, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

$q_{Ed,esf,Transv.}$  Carga máxima do esforço transversal, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão.

## Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 2

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.19.

**Tabela 2.19 - Dimensionamento das secções das Vigas Interiores do Piso 2.**

Nº Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
3000	IPE 140	ELU_pav(wy1_T+)	10.07	20.76	0.48	0.01	113.60	S/Signif	OK
3001	IPE 140	ELU_pav(wy1_T+)	10.07	20.76	0.48	11.03	113.60	0.10	OK
3004	IPE 140	ELU_pav(wx1_T+)	0.59	20.76	0.03	8.40	113.60	0.07	OK
3005	IPE 140	ELU_pav(wxx2_T+)	2.26	20.76	0.11	4.79	113.60	0.04	OK
3006	IPE 270	ELU_pav(wx1_T-)	41.66	113.74	0.37	0.06	171.65	S/Signif	OK
3007	IPE 270	ELU_pav(wx1_T-)	41.66	113.74	0.37	23.80	171.65	0.14	OK
3008	IPE 270	ELU_pav(wxx1_T+)	35.98	113.74	0.32	0.05	171.65	S/Signif	OK
3009	IPE 270	ELU_pav(wxx1_T+)	35.98	113.74	0.32	20.56	171.65	0.12	OK
3010	IPE 160	ELU_pav(wyy1_T+)	13.07	29.12	0.45	0.05	131.06	S/Signif	OK
3011	IPE 160	ELU_pav(wyy1_T+)	13.07	29.12	0.45	13.07	131.06	0.10	OK
3012	IPE 160	ELU_pav(wx1_T+)	13.07	29.12	0.45	0.04	131.06	S/Signif	OK
3013	IPE 160	ELU_pav(wx1_T+)	13.07	29.12	0.45	13.07	131.06	0.10	OK
3014	IPE 160	ELU_pav(wyy1_T+)	13.07	29.12	0.45	0.03	131.06	S/Signif	OK
3015	IPE 160	ELU_pav(wyy1_T+)	13.07	29.12	0.45	13.07	131.06	0.10	OK
3016	IPE 160	ELU_pav(wy2_T+)	13.07	29.12	0.45	0.02	131.06	S/Signif	OK
3017	IPE 160	ELU_pav(wy2_T+)	13.07	29.12	0.45	13.07	131.06	0.10	OK
3018	IPE 160	ELU_pav(wyy1_T-)	13.07	29.12	0.45	0.01	131.06	S/Signif	OK
3019	IPE 160	ELU_pav(wyy1_T-)	13.07	29.12	0.45	13.07	131.06	0.10	OK
3020	IPE 160	ELU_pav(wy2_T+)	13.07	29.12	0.45	0.01	131.06	S/Signif	OK
3021	IPE 160	ELU_pav(wy2_T+)	13.07	29.12	0.45	13.07	131.06	0.10	OK
3024	IPE 160	ELU_pav(wy2_T+)	11.27	29.12	0.39	0.01	131.06	S/Signif	OK
3025	IPE 160	ELU_pav(wy2_T+)	11.27	29.12	0.39	11.27	131.06	0.09	OK
3026	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T+)	2.35	9.26	0.25	0.01	147.43	S/Signif	OK
3027	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T+)	2.35	9.26	0.25	5.03	147.43	0.03	OK

### Nomenclatura:

$M_{Ed,y}$  Valor de cálculo do momento fletor atuante em y;

$M_{Rd,y}$  Valor de cálculo do momento fletor resistente em y;

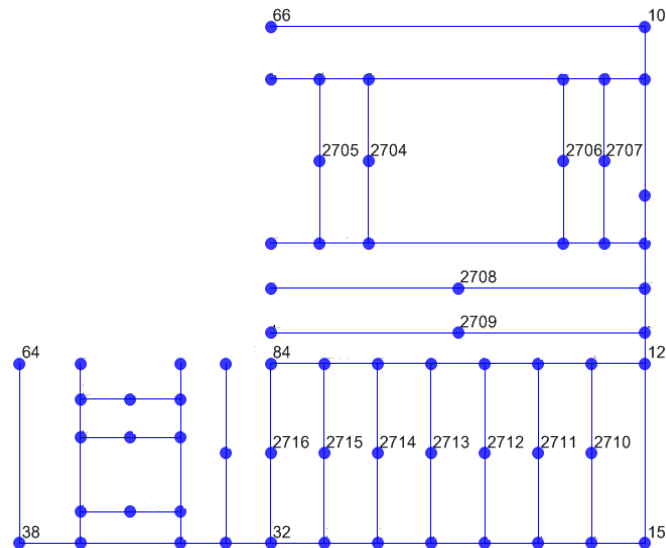
$V_{Ed,z}$  Valor de cálculo do esforço transversal atuante em z;

$V_{Rd,z}$  Valor de cálculo do esforço transversal resistente em z.

- **Deformação - Flechas**

O procedimento para a verificação do estado limite de deformação das vigas interiores do Piso 2, foi o mesmo do utilizado nas vigas interiores do Piso 1.

A figura seguinte mostra a identificação dos nós do piso 2.



**Figura 2.23 - Identificação dos nós das Vigas Interiores do Piso 2.**

**Tabela 2.20 - Deslocamentos Verticais máximos dos "nós-vértices" do Piso 2.**

Nº dos Nós	$\bar{\delta}_v$ , "vértices" do piso, máx [m]
10	Max -0.066
10	Min -0.079
12	Max -0.069
12	Min -0.079
15	Max -0.073
15	Min -0.080
32	Max -0.072
32	Min -0.078
38	Max -0.070
38	Min -0.077
64	Max -0.067
64	Min -0.074
66	Max -0.067
66	Min -0.074
84	Max -0.068
84	Min -0.076

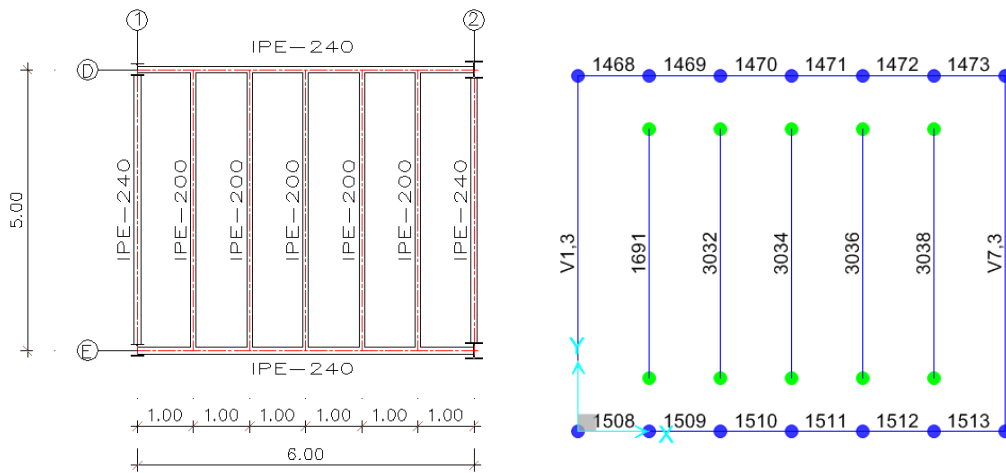
**Tabela 2.21 - Deslocamentos Verticais das Vigas do Piso 2.**

<b>Nº do Nó (*)</b>	<b><math>\delta_{v, \text{vertices, máx}}</math> [m]</b>	<b><math>\delta_{v, \text{relativo}}</math> [m]</b>	<b><math>\delta_{v, \text{Total}}</math> [m]</b>	<b>L/300</b>	<b>Rácio</b>	<b>Obs.</b>
2704	-0.080	-0.0816	0.001	0.012	0.12	OK
2705	-0.080	-0.0908	0.011	0.012	0.87	OK
2706	-0.080	-0.0784	0.002	0.012	0.14	OK
2707	-0.080	-0.0719	0.008	0.012	0.68	OK
2708	-0.080	-0.0897	0.010	0.013	0.71	OK
2709	-0.080	-0.0875	0.007	0.013	0.55	OK
2710	-0.080	-0.0896	0.009	0.013	0.71	OK
2711	-0.080	-0.0917	0.012	0.013	0.87	OK
2712	-0.080	-0.0928	0.013	0.013	0.95	OK
2713	-0.080	-0.092	0.012	0.013	0.89	OK
2714	-0.080	-0.0897	0.010	0.013	0.72	OK
2715	-0.080	-0.0869	0.007	0.013	0.51	OK
2716	-0.080	-0.0722	0.008	0.013	0.60	OK
2717	-0.080	-0.0755	0.005	0.013	0.35	OK
2708	-0.080	-0.0897	0.010	0.023	0.41	OK
2709	-0.080	-0.0875	0.007	0.023	0.32	OK

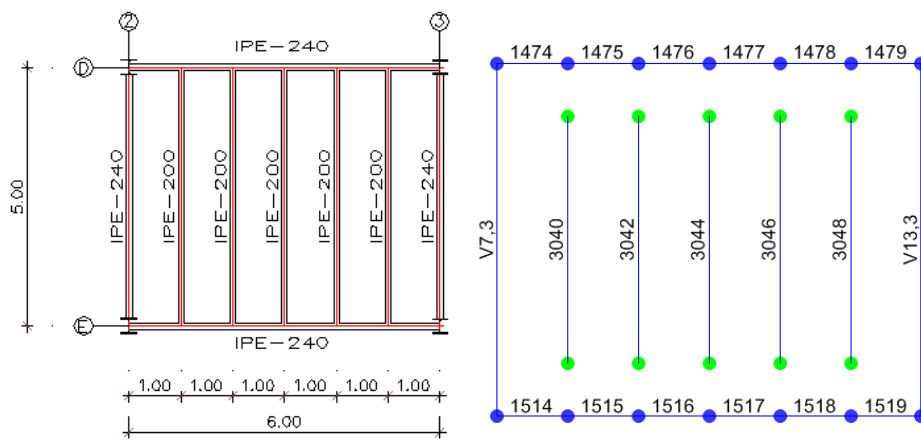
(\*) Nós onde as flechas das Vigas são máximas.

- **VIGAS INTERIORES DO PISO 3**

**Geometria**



**Figura 2.24 - Planta com a Geometria e Identificação das barras do "Sap2000" do Piso 3 dos Alinhamentos 1 e 2.**

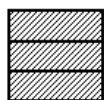


**Figura 2.25 - Planta com a Geometria e Identificação das barras do "Sap" do Piso 3 dos Alinhamentos 2 e 3.**

Tabela 2.22 - Pré – dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 3.

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	q <sub>Ed,Resist.</sub>	74.09	18.52	8.23	4.63	2.96	2.06	1.51	1.16	0.91	0.74
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	91.93	11.49	3.40	1.44	0.74	0.43	0.27	0.18	0.13	0.09
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	137.85	68.92	45.95	34.46	27.57	22.97	19.69	17.23	15.32	13.78
IPE 120	q <sub>Ed,Resist.</sub>	114.17	28.54	12.69	7.14	4.57	3.17	2.33	1.78	1.41	1.14
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	170.85	21.36	6.33	2.67	1.37	0.79	0.50	0.33	0.23	0.17
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	171.22	85.61	57.07	42.81	34.24	28.54	24.46	21.40	19.02	17.12
IPE 140	q <sub>Ed,Resist.</sub>	166.08	41.52	18.45	10.38	6.64	4.61	3.39	2.59	2.05	1.66
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	290.95	36.37	10.78	4.55	2.33	1.35	0.85	0.57	0.40	0.29
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	207.31	103.66	69.10	51.83	41.46	34.55	29.62	25.91	23.03	20.73
IPE 160	q <sub>Ed,Resist.</sub>	232.93	58.23	25.88	14.56	9.32	6.47	4.75	3.64	2.88	2.33
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	467.34	58.42	17.31	7.30	3.74	2.16	1.36	0.91	0.64	0.47
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	262.13	131.06	87.38	65.53	52.43	43.69	37.45	32.77	29.13	26.21
IPE 180	q <sub>Ed,Resist.</sub>	312.83	78.21	34.76	19.55	12.51	8.69	6.38	4.89	3.86	3.13
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	708.02	88.50	26.22	11.06	5.66	3.28	2.06	1.38	0.97	0.71
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	305.27	152.64	101.76	76.32	61.05	50.88	43.61	38.16	33.92	30.53
IPE 200	q <sub>Ed,Resist.</sub>	414.73	103.68	46.08	25.92	16.59	11.52	8.46	6.48	5.12	4.15
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	1044.56	130.57	38.69	16.32	8.36	4.84	3.05	2.04	1.43	1.04
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	379.90	189.95	126.63	94.97	75.98	63.32	54.27	47.49	42.21	37.99
IPE 220	q <sub>Ed,Resist.</sub>	536.55	134.14	59.62	33.53	21.46	14.90	10.95	8.38	6.62	5.37
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	1490.23	186.28	55.19	23.28	11.92	6.90	4.34	2.91	2.04	1.49
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	430.91	215.46	143.64	107.73	86.18	71.82	61.56	53.86	47.88	43.09
IPE 240	q <sub>Ed,Resist.</sub>	689.21	172.30	76.58	43.08	27.57	19.14	14.07	10.77	8.51	6.89
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	2092.34	261.54	77.49	32.69	16.74	9.69	6.10	4.09	2.87	2.09
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	519.37	259.69	173.12	129.84	103.87	86.56	74.20	64.92	57.71	51.94
IPE 270	q <sub>Ed,Resist.</sub>	909.92	227.48	101.10	56.87	36.40	25.28	18.57	14.22	11.23	9.10
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	3112.70	389.09	115.29	48.64	24.90	14.41	9.07	6.08	4.27	3.11
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	600.78	300.39	200.26	150.19	120.16	100.13	85.83	75.10	66.75	60.08
IPE 300	q <sub>Ed,Resist.</sub>	1181.39	295.35	131.27	73.84	47.26	32.82	24.11	18.46	14.59	11.81
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	4492.19	561.52	166.38	70.19	35.94	20.80	13.10	8.77	6.16	4.49
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	696.84	348.42	232.28	174.21	139.37	116.14	99.55	87.10	77.43	69.68

Legenda:



Resultado do pré-dimensionamento das vigas.

q<sub>Ed,Resist.</sub> Carga máxima de flexão em y, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

q<sub>Ed,Defor.</sub> Carga máxima para a flecha de L/300, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;



$Q_{Ed,esf,Transv}$ . Carga máxima do esforço transverso, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão.

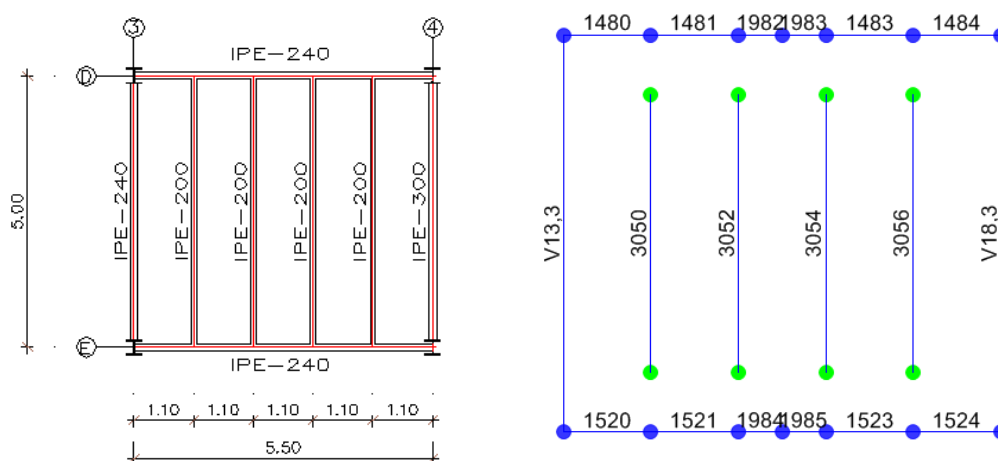
### Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 3 dos Alinhamentos 1, 2 e 3

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.23.

**Tabela 2.23 - Dimensionamento das secções das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos 1, 2 e 3.**

Nº Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
1691	IPE 200	ELU_pav(wx1_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
3032	IPE 200	ELU_pav(wx1_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
3034	IPE 200	ELU_pav(wx2_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
3036	IPE 200	ELU_pav(wx1_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
3038	IPE 200	ELU_pav(wx1_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
3040	IPE 200	ELU_pav(wy1_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
3042	IPE 200	ELU_pav(wx1_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
3044	IPE 200	ELU_pav(wy1_T-)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
3046	IPE 200	ELU_pav(wx1_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
3048	IPE 200	ELU_pav(wy1_T-)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK

### Geometria



**Figura 2.26 - Planta com a Geometria e Identificação das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos 3 e 4.**

## Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 3 dos Alinhamentos 3 e 4

O dimensionamento destas vigas resumido na Tabela 2.24.

Tabela 2.24 – Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos 3 e 4.

Nº Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
3052	IPE 200	ELU_pav(wy2_T-)	22.65	51.84	0.44	18.12	75.98	0.24	OK
3054	IPE 200	ELU_pav(wyy2_T+)	22.65	51.84	0.44	18.12	75.98	0.24	OK
3056	IPE 200	ELU_pav(wy2_T-)	22.65	51.84	0.44	18.12	75.98	0.24	OK
3050	IPE 200	ELU_pav(wy2_T-)	22.65	51.84	0.44	18.12	75.98	0.24	OK

## Geometria

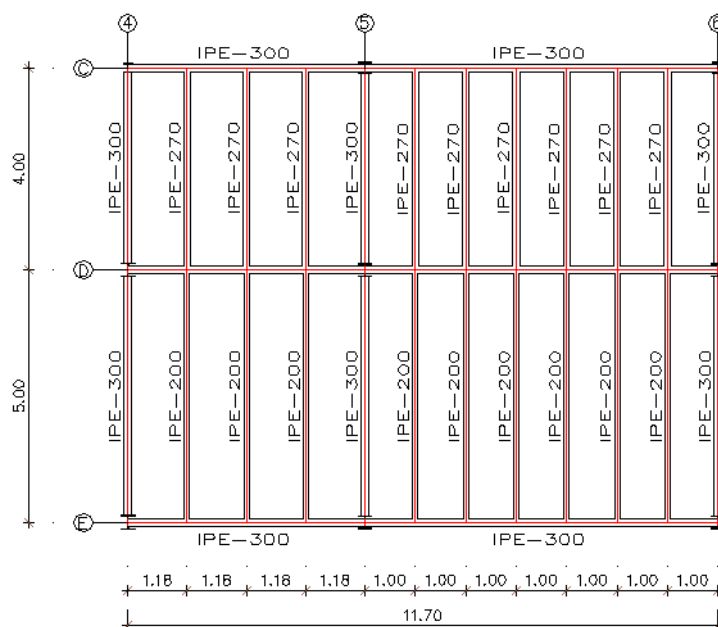


Figura 2.27 - Planta com a Geometria das Vigas Interiores do Piso 3 Alinhamentos 4, 5 e 6.

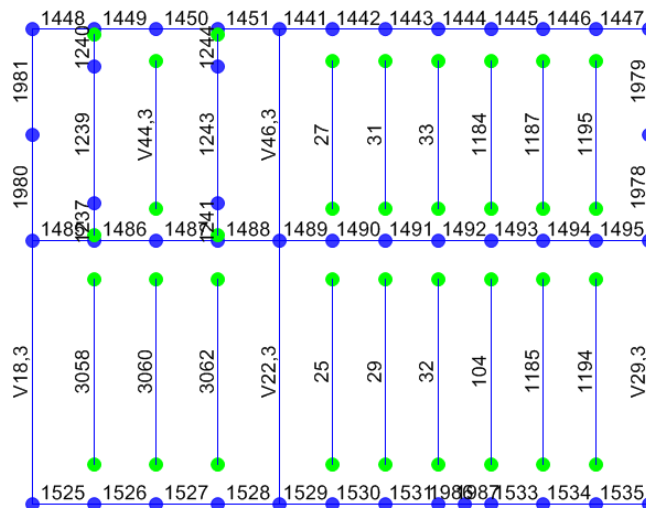


Figura 2.28 - Planta com a Identificação das barras do Piso 3 Alinhamentos 4, 5 e 6 do "Sap".

### Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 3 dos Alinhamentos 4, 5 e 6

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.25.

Tabela 2.25 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos 4, 5 e 6.

Nº Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
V44,3	IPE 270	ELU_pav(wyy1_T-)	15.84	113.74	0.14	15.84	150.19	0.11	OK
3058	IPE 200	ELU_pav(wy2_T-)	24.18	51.84	0.47	19.34	75.98	0.25	OK
3060	IPE 200	ELU_pav(wyy1_T-)	24.18	51.84	0.47	19.34	75.98	0.25	OK
3062	IPE 200	ELU_pav(wx1_T+)	24.18	51.84	0.47	19.34	75.98	0.25	OK
25	IPE 200	ELU_pav(wy2_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
27	IPE 200	ELU_pav(wy2_T+)	13.24	51.84	0.26	13.24	94.97	0.14	OK
29	IPE 200	ELU_pav(wx1_T-)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
31	IPE 200	ELU_pav(wyy1_T-)	13.24	51.84	0.26	13.24	94.97	0.14	OK
32	IPE 200	ELU_pav(wx2_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
33	IPE 200	ELU_pav(wx1_T+)	13.24	51.84	0.26	13.24	94.97	0.14	OK
104	IPE 200	ELU_pav(wx2_T-)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
1184	IPE 200	ELU_pav(wx2_T-)	13.24	51.84	0.26	13.24	94.97	0.14	OK
1185	IPE 200	ELU_pav(wy2_T+)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
1187	IPE 200	ELU_pav(wy2_T+)	13.24	51.84	0.26	13.24	94.97	0.14	OK
1194	IPE 200	ELU_pav(wyy1_T-)	20.69	51.84	0.40	16.55	75.98	0.22	OK
1195	IPE 200	ELU_pav(wyy1_T-)	13.24	51.84	0.26	13.24	94.97	0.14	OK



## Geometria

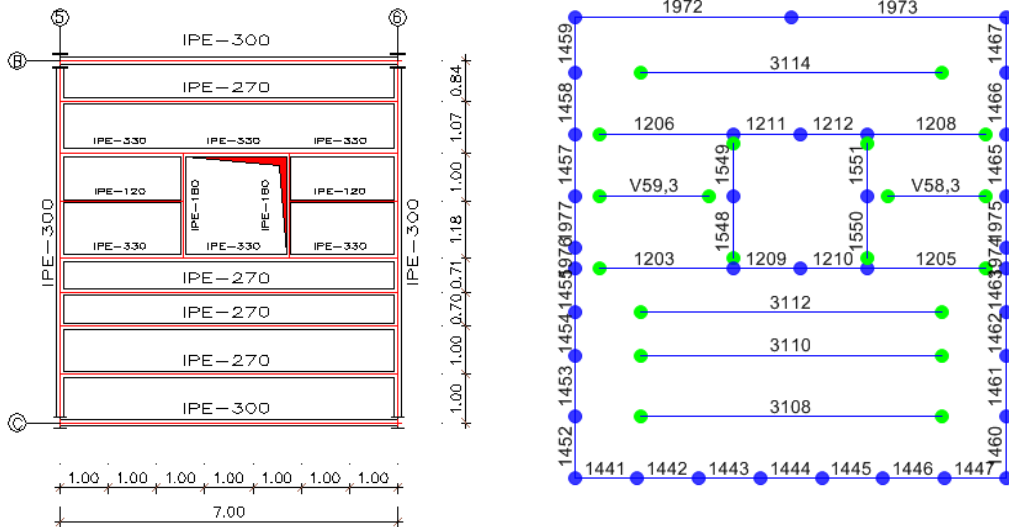


Figura 2.31 - Planta com a Geometria e Identificação das barras do Piso 3 Alinhamentos B e C do "Sap".

## Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 3 dos Alinhamentos B e C

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.27.

Tabela 2.27 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 3 dos Alinhamentos B e C.

Nº Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
V58,3	IPE 120	ELU_pav(wxx2_T-)	4.34	14.27	0.30	8.01	75.76	0.11	OK
V59,3	IPE 120	ELU_pav(wx1_T+)	5.81	14.27	0.41	9.07	66.88	0.14	OK
3108	IPE 270	ELU_pav(wxx1_T+)	22.29	113.74	0.20	12.74	85.83	0.15	OK
3110	IPE 270	ELU_pav(wy1_T-)	36.14	113.74	0.32	20.65	85.83	0.24	OK
3112	IPE 270	ELU_pav(wyy1_T-)	31.55	113.74	0.28	18.03	85.83	0.21	OK
3114	IPE 270	ELU_pav(wxx1_T-)	41.66	113.74	0.37	23.80	85.83	0.28	OK

- **Deformações - Flechas**

Os procedimentos para a verificação aos estados limites de deformação das vigas interiores do piso 3, foram os mesmos dos utilizados nas vigas interiores dos outros pisos.

As figuras mostram a identificação dos nós do Piso 3.

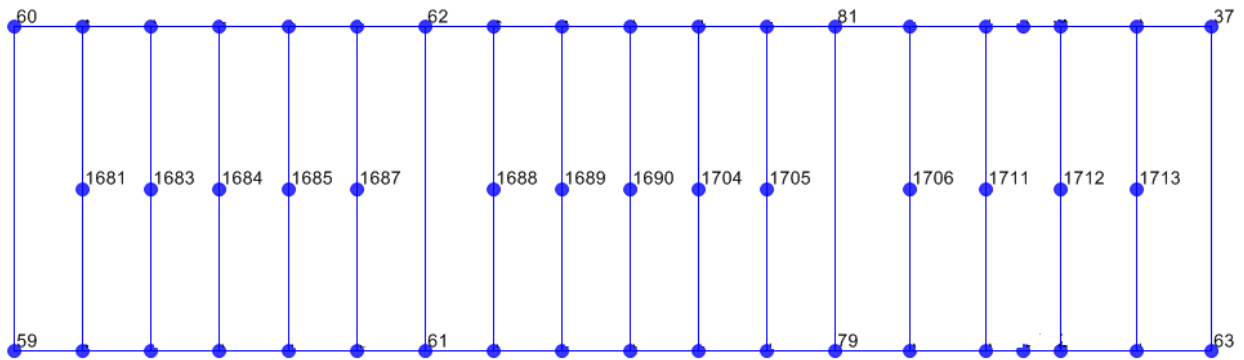


Figura 2.32 - Identificação dos nós do Piso 3 entre os Alinhamentos 1 e 4.

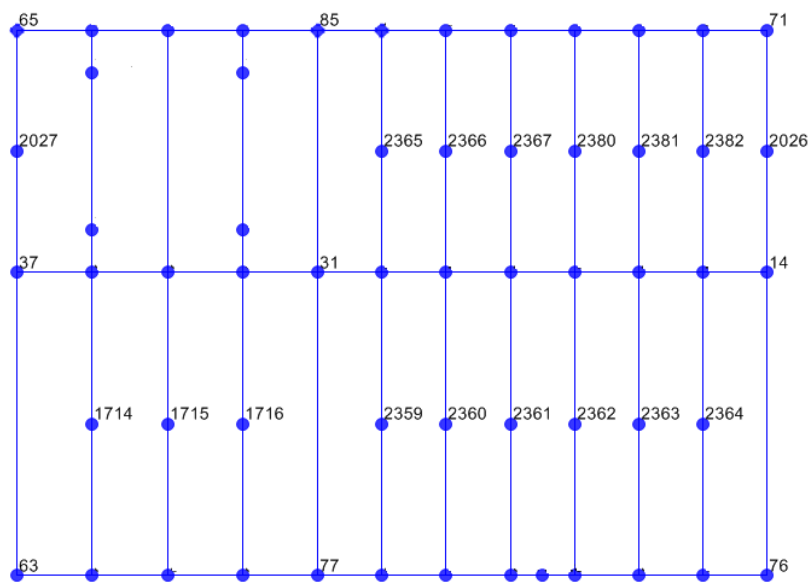


Figura 2.33 - Identificação dos nós do Piso 3 entre os Alinhamento 4 e 6.

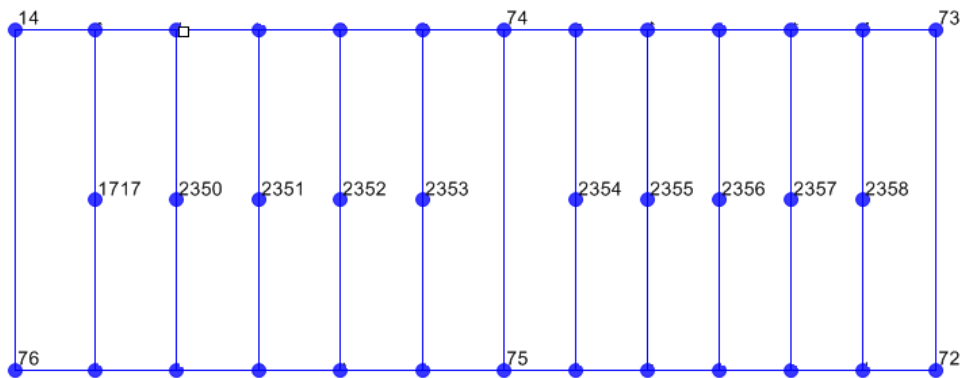


Figura 2.34 - Identificação dos nós do Piso 3 entre os Alinhamento 6 e 8.

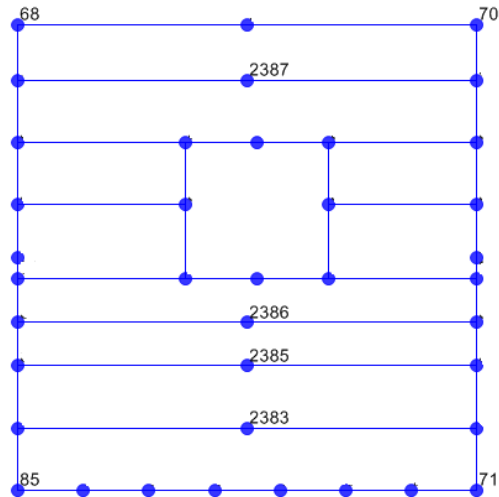


Figura 2.35 - Identificação dos nós do Piso 3 entre os Alinhamento B e C.

Tabela 2.28 - Deslocamentos Verticais Máximos dos "Nós-vértices" do Piso 3.

Nº do nó	$\delta_{v, \text{"vertices" piso3, máx}}$ [m]
59	Max -0.070
59	Min -0.075
60	Max -0.066
60	Min -0.072
65	Max -0.067
65	Min -0.074
68	Max -0.067
68	Min -0.075
70	Max -0.065
70	Min -0.080
71	Max -0.068
71	Min -0.080
72	Max -0.074
72	Min -0.080
73	Max -0.070
73	Min -0.077

Tabela 2.29 - Deslocamentos Verticais das Vigas do Piso 3.

Nº do nó (*)	$\delta_{v, \text{vertices, máx}}$ [m]	$\delta_{v, \text{relativo}}$ [m]	$\delta_{v, \text{Total}}$ [m]	L/300	Rácio	Obs.
1681	-0.080	-0.075	0.005	0.017	0.29	OK
1683	-0.080	-0.076	0.004	0.017	0.27	OK
1684	-0.080	-0.076	0.004	0.017	0.26	OK
1685	-0.080	-0.085	0.005	0.017	0.28	OK
1687	-0.080	-0.085	0.005	0.017	0.30	OK
1688	-0.080	-0.088	0.008	0.017	0.47	OK
1689	-0.080	-0.091	0.011	0.017	0.66	OK
1690	-0.080	-0.093	0.013	0.017	0.75	OK
1704	-0.080	-0.092	0.012	0.017	0.70	OK
1705	-0.080	-0.089	0.009	0.017	0.55	OK
1706	-0.080	-0.088	0.008	0.017	0.49	OK
1711	-0.080	-0.089	0.008	0.017	0.51	OK
1712	-0.080	-0.089	0.009	0.017	0.52	OK
1713	-0.080	-0.089	0.009	0.017	0.53	OK
1714	-0.080	-0.092	0.011	0.017	0.69	OK
1715	-0.080	-0.092	0.012	0.017	0.74	OK
1716	-0.080	-0.092	0.012	0.017	0.71	OK
1717	-0.080	-0.094	0.014	0.017	0.82	OK
2350	-0.080	-0.096	0.016	0.017	0.96	OK
2351	-0.080	-0.097	0.017	0.017	1.00	OK
2352	-0.080	-0.096	0.016	0.017	0.95	OK
2353	-0.080	-0.094	0.013	0.017	0.81	OK
2354	-0.080	-0.089	0.009	0.017	0.56	OK
2355	-0.080	-0.089	0.009	0.017	0.55	OK
2356	-0.080	-0.089	0.009	0.017	0.54	OK
2357	-0.080	-0.089	0.009	0.017	0.54	OK
2358	-0.080	-0.089	0.009	0.017	0.51	OK
2359	-0.080	-0.091	0.010	0.017	0.63	OK
2360	-0.080	-0.092	0.012	0.017	0.73	OK
2361	-0.080	-0.093	0.013	0.017	0.80	OK
2362	-0.080	-0.094	0.014	0.017	0.81	OK
2363	-0.080	-0.093	0.013	0.017	0.77	OK
2364	-0.080	-0.092	0.012	0.017	0.70	OK
2365	-0.080	-0.074	0.006	0.013	0.48	OK
2366	-0.080	-0.075	0.005	0.013	0.37	OK
2367	-0.080	-0.085	0.005	0.013	0.40	OK
2380	-0.080	-0.086	0.006	0.013	0.45	OK
2381	-0.080	-0.086	0.006	0.013	0.42	OK
2382	-0.080	-0.074	0.006	0.013	0.42	OK
2383	-0.080	-0.074	0.006	0.023	0.24	OK
2385	-0.080	-0.088	0.008	0.023	0.35	OK
2386	-0.080	-0.087	0.007	0.023	0.29	OK
2387	-0.080	-0.090	0.010	0.023	0.42	OK



- VIGAS INTERIORES DO PISO 4

Geometria

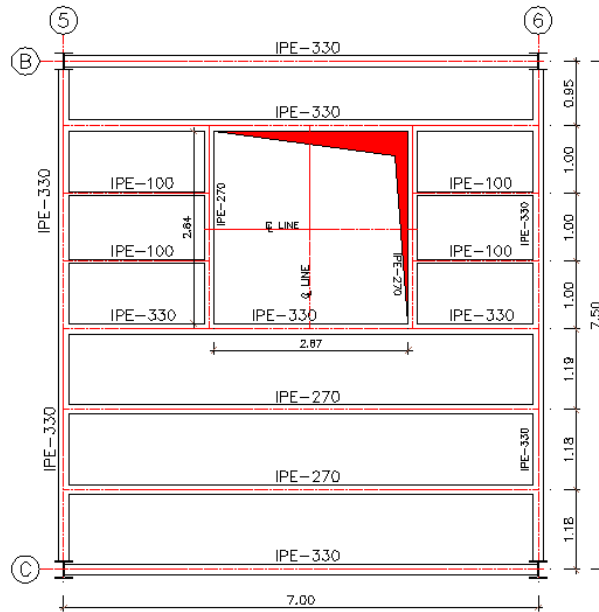


Figura 2.36 – Planta da Geometria do Piso 4.

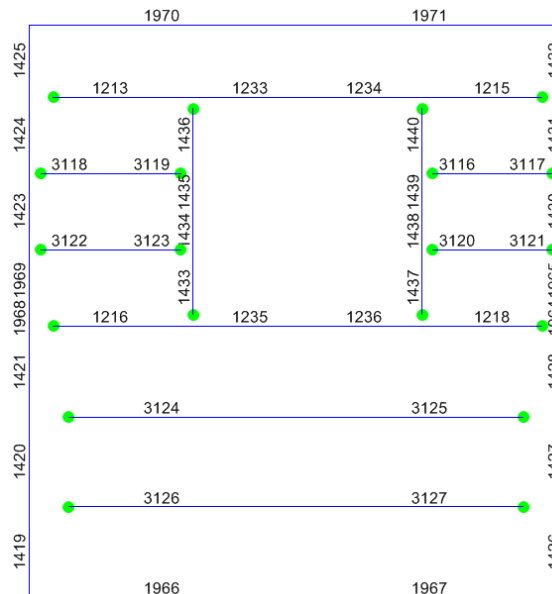
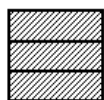


Figura 2.37 - Planta com a Identificação das barras do Piso 4 do "Sap".

Tabela 2.30 - Pré – dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 4.

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.	74.09	18.52	8.23	4.63	2.96	2.06	1.51	1.16	0.91	0.74
	qEd,Defor.	91.93	11.49	3.40	1.44	0.74	0.43	0.27	0.18	0.13	0.09
	qEd,esf.Transv.	137.85	68.92	45.95	34.46	27.57	22.97	19.69	17.23	15.32	13.78
IPE 120	qEd,Resist.	114.17	28.54	12.69	7.14	4.57	3.17	2.33	1.78	1.41	1.14
	qEd,Defor.	170.85	21.36	6.33	2.67	1.37	0.79	0.50	0.33	0.23	0.17
	qEd,esf.Transv.	171.22	85.61	57.07	42.81	34.24	28.54	24.46	21.40	19.02	17.12
IPE 140	qEd,Resist.	166.08	41.52	18.45	10.38	6.64	4.61	3.39	2.59	2.05	1.66
	qEd,Defor.	290.95	36.37	10.78	4.55	2.33	1.35	0.85	0.57	0.40	0.29
	qEd,esf.Transv.	207.31	103.66	69.10	51.83	41.46	34.55	29.62	25.91	23.03	20.73
IPE 160	qEd,Resist.	232.93	58.23	25.88	14.56	9.32	6.47	4.75	3.64	2.88	2.33
	qEd,Defor.	467.34	58.42	17.31	7.30	3.74	2.16	1.36	0.91	0.64	0.47
	qEd,esf.Transv.	262.13	131.06	87.38	65.53	52.43	43.69	37.45	32.77	29.13	26.21
IPE 180	qEd,Resist.	312.83	78.21	34.76	19.55	12.51	8.69	6.38	4.89	3.86	3.13
	qEd,Defor.	708.02	88.50	26.22	11.06	5.66	3.28	2.06	1.38	0.97	0.71
	qEd,esf.Transv.	305.27	152.64	101.76	76.32	61.05	50.88	43.61	38.16	33.92	30.53
IPE 200	qEd,Resist.	414.73	103.68	46.08	25.92	16.59	11.52	8.46	6.48	5.12	4.15
	qEd,Defor.	1044.56	130.57	38.69	16.32	8.36	4.84	3.05	2.04	1.43	1.04
	qEd,esf.Transv.	379.90	189.95	126.63	94.97	75.98	63.32	54.27	47.49	42.21	37.99
IPE 220	qEd,Resist.	536.55	134.14	59.62	33.53	21.46	14.90	10.95	8.38	6.62	5.37
	qEd,Defor.	1490.23	186.28	55.19	23.28	11.92	6.90	4.34	2.91	2.04	1.49
	qEd,esf.Transv.	430.91	215.46	143.64	107.73	86.18	71.82	61.56	53.86	47.88	43.09
IPE 240	qEd,Resist.	689.21	172.30	76.58	43.08	27.57	19.14	14.07	10.77	8.51	6.89
	qEd,Defor.	2092.34	261.54	77.49	32.69	16.74	9.69	6.10	4.09	2.87	2.09
	qEd,esf.Transv.	519.37	259.69	173.12	129.84	103.87	86.56	74.20	64.92	57.71	51.94
IPE 270	qEd,Resist.	909.92	227.48	101.10	56.87	36.40	25.28	18.57	14.22	11.23	9.10
	qEd,Defor.	3112.70	389.09	115.29	48.64	24.90	14.41	9.07	6.08	4.27	3.11
	qEd,esf.Transv.	600.78	300.39	200.26	150.19	120.16	100.13	85.83	75.10	66.75	60.08
IPE 300	qEd,Resist.	1181.39	295.35	131.27	73.84	47.26	32.82	24.11	18.46	14.59	11.81
	qEd,Defor.	4492.19	561.52	166.38	70.19	35.94	20.80	13.10	8.77	6.16	4.49
	qEd,esf.Transv.	696.84	348.42	232.28	174.21	139.37	116.14	99.55	87.10	77.43	69.68

Legenda:



Resultado do pré-dimensionamento das diferentes vigas.

qEd,Resist.

Carga máxima de flexão em y, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

qEd,Defor.

Carga máxima para a flecha de L/300, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

$q_{Ed,esf,Transv}$ . Carga máxima do esforço transversal, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão.

### Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 4

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.31.

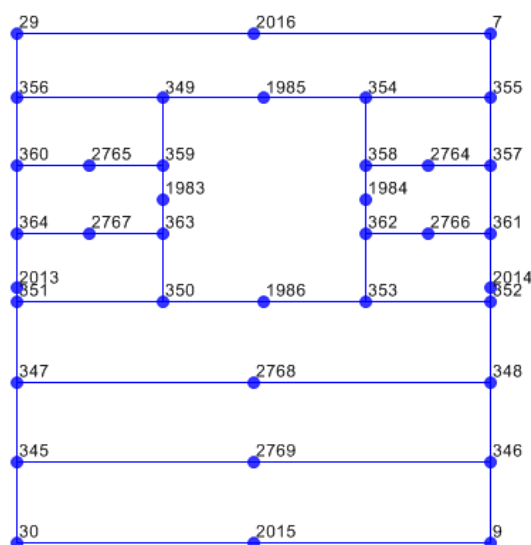
**Tabela 2.31 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 4.**

Nº Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
3116	IPE 100	ELU_pav(wyy2_T-)	2.75	9.26	0.30	0.04	149.03	S/Signif	OK
3117	IPE 100	ELU_pav(wyy2_T-)	2.75	9.26	0.30	5.95	149.03	0.04	OK
3118	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T+)	3.72	9.26	0.40	0.01	128.23	S/Signif	OK
3119	IPE 100	ELU_pav(wyy1_T+)	3.72	9.26	0.40	6.91	128.23	0.05	OK
3120	IPE 100	ELU_pav(wxx1_T+)	2.75	9.26	0.30	0.04	149.03	S/Signif	OK
3121	IPE 100	ELU_pav(wxx1_T+)	2.75	9.26	0.30	5.95	149.03	0.04	OK
3122	IPE 100	ELU_pav(wx2_T-)	3.72	9.26	0.40	0.01	128.23	S/Signif	OK
3123	IPE 100	ELU_pav(wx2_T-)	3.72	9.26	0.40	6.91	128.23	0.05	OK
3124	IPE 270	ELU_pav(wy2_T-)	48.50	113.74	0.43	0.07	171.65	S/Signif	OK
3125	IPE 270	ELU_pav(wy2_T-)	48.50	113.74	0.43	27.71	171.65	0.16	OK
3126	IPE 270	ELU_pav(wxx1_T+)	48.50	113.74	0.43	0.07	171.65	S/Signif	OK
3127	IPE 270	ELU_pav(wxx1_T+)	48.50	113.74	0.43	27.71	171.65	0.16	OK

- **Deformações - Flechas**

O procedimento para a verificação ao Estado Limite de Deformação das Vigas Interiores do Piso 4 foi idêntico à dos outros pisos.

A Figura 2.38 mostra a identificação dos nós do piso 4.



**Figura 2.38 - Identificação dos nós das Vigas do Piso 4.**

Tabela 2.32 - Deslocamentos Verticais Máximos dos "Nós-vértices" do Piso 4.

Nº do nó	$\delta_{V, \text{"vertices" piso4, máx}}$ [m]	
7	Max	-0.065
7	Min	-0.081
9	Max	-0.067
9	Min	-0.080
29	Max	-0.067
29	Min	-0.076
30	Max	-0.067
30	Min	-0.077

Tabela 2.33 - Deslocamentos Verticais das Vigas do Piso 4.

Nº do nó (*)	$\delta_{V, \text{vertices, máx}}$ [m]	$\delta_{V, \text{relativo}}$ [m]	$\delta_{V, \text{Total}}$ [m]	L/300	Rácios	Obs.
349	-0.081	-0.093	0.012	0.023	0.51	OK
350	-0.081	-0.093	0.012	0.023	0.52	OK
353	-0.081	-0.093	0.013	0.023	0.54	OK
354	-0.081	-0.093	0.012	0.023	0.53	OK
358	-0.081	-0.094	0.013	0.023	0.57	OK
359	-0.081	-0.094	0.013	0.023	0.55	OK
362	-0.081	-0.094	0.013	0.023	0.57	OK
363	-0.081	-0.094	0.013	0.023	0.55	OK
1983	-0.081	-0.094	0.013	0.023	0.56	OK
1984	-0.081	-0.094	0.013	0.023	0.58	OK
1985	-0.081	-0.097	0.016	0.023	0.68	OK
1986	-0.081	-0.097	0.016	0.023	0.69	OK
2015	-0.081	-0.069	0.012	0.023	0.51	OK
2016	-0.081	-0.067	0.014	0.023	0.60	OK
2764	-0.081	-0.090	0.009	0.023	0.37	OK
2765	-0.081	-0.088	0.008	0.023	0.32	OK
2766	-0.081	-0.089	0.009	0.023	0.37	OK
2767	-0.081	-0.088	0.008	0.023	0.32	OK
2768	-0.081	-0.092	0.012	0.023	0.49	OK
2769	-0.081	-0.092	0.011	0.023	0.48	OK

(\*) Nós onde as flechas das Vigas são máximas.

- VIGAS INTERIORES DO PISO 5

Geometria

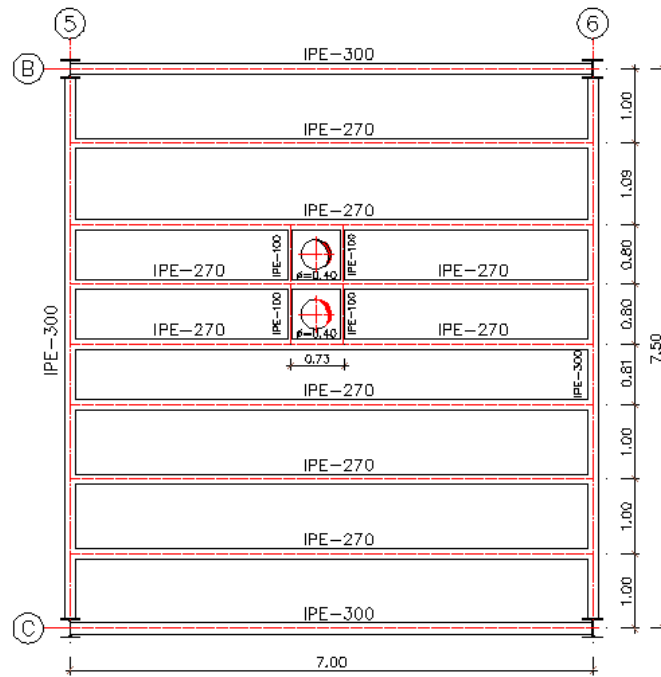


Figura 2.39 - Planta com a Geometria do Piso 5.

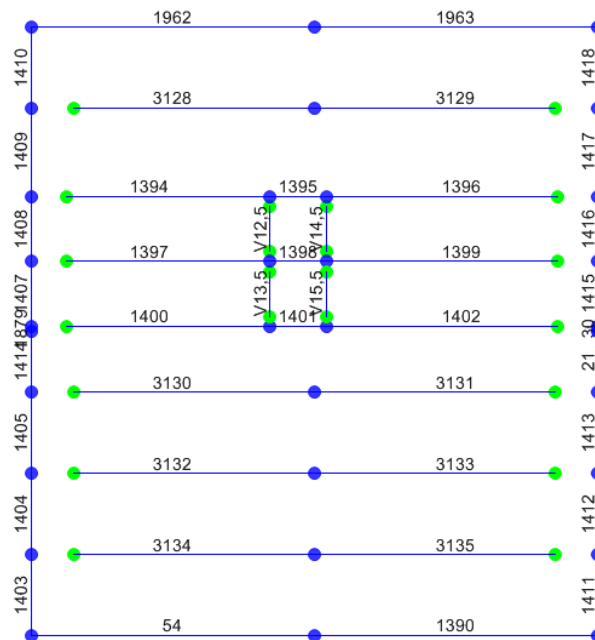
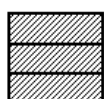


Figura 2.40 - Planta com a Identificação das barras do Piso 5 do "Sap".

Tabela 2.34 - Pré – dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 5.

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.	74.09	18.52	8.23	4.63	2.96	2.06	1.51	1.16	0.91	0.74
	qEd,Defor.	91.93	11.49	3.40	1.44	0.74	0.43	0.27	0.18	0.13	0.09
	qEd,esf.Transv.	137.85	68.92	45.95	34.46	27.57	22.97	19.69	17.23	15.32	13.78
IPE 120	qEd,Resist.	114.17	28.54	12.69	7.14	4.57	3.17	2.33	1.78	1.41	1.14
	qEd,Defor.	170.85	21.36	6.33	2.67	1.37	0.79	0.50	0.33	0.23	0.17
	qEd,esf.Transv.	171.22	85.61	57.07	42.81	34.24	28.54	24.46	21.40	19.02	17.12
IPE 140	qEd,Resist.	166.08	41.52	18.45	10.38	6.64	4.61	3.39	2.59	2.05	1.66
	qEd,Defor.	290.95	36.37	10.78	4.55	2.33	1.35	0.85	0.57	0.40	0.29
	qEd,esf.Transv.	207.31	103.66	69.10	51.83	41.46	34.55	29.62	25.91	23.03	20.73
IPE 160	qEd,Resist.	232.93	58.23	25.88	14.56	9.32	6.47	4.75	3.64	2.88	2.33
	qEd,Defor.	467.34	58.42	17.31	7.30	3.74	2.16	1.36	0.91	0.64	0.47
	qEd,esf.Transv.	262.13	131.06	87.38	65.53	52.43	43.69	37.45	32.77	29.13	26.21
IPE 180	qEd,Resist.	312.83	78.21	34.76	19.55	12.51	8.69	6.38	4.89	3.86	3.13
	qEd,Defor.	708.02	88.50	26.22	11.06	5.66	3.28	2.06	1.38	0.97	0.71
	qEd,esf.Transv.	305.27	152.64	101.76	76.32	61.05	50.88	43.61	38.16	33.92	30.53
IPE 200	qEd,Resist.	414.73	103.68	46.08	25.92	16.59	11.52	8.46	6.48	5.12	4.15
	qEd,Defor.	1044.56	130.57	38.69	16.32	8.36	4.84	3.05	2.04	1.43	1.04
	qEd,esf.Transv.	379.90	189.95	126.63	94.97	75.98	63.32	54.27	47.49	42.21	37.99
IPE 220	qEd,Resist.	536.55	134.14	59.62	33.53	21.46	14.90	10.95	8.38	6.62	5.37
	qEd,Defor.	1490.23	186.28	55.19	23.28	11.92	6.90	4.34	2.91	2.04	1.49
	qEd,esf.Transv.	430.91	215.46	143.64	107.73	86.18	71.82	61.56	53.86	47.88	43.09
IPE 240	qEd,Resist.	689.21	172.30	76.58	43.08	27.57	19.14	14.07	10.77	8.51	6.89
	qEd,Defor.	2092.34	261.54	77.49	32.69	16.74	9.69	6.10	4.09	2.87	2.09
	qEd,esf.Transv.	519.37	259.69	173.12	129.84	103.87	86.56	74.20	64.92	57.71	51.94
IPE 270	qEd,Resist.	909.92	227.48	101.10	56.87	36.40	25.28	18.57	14.22	11.23	9.10
	qEd,Defor.	3112.70	389.09	115.29	48.64	24.90	14.41	9.07	6.08	4.27	3.11
	qEd,esf.Transv.	600.78	300.39	200.26	150.19	120.16	100.13	85.83	75.10	66.75	60.08
IPE 300	qEd,Resist.	1181.39	295.35	131.27	73.84	47.26	32.82	24.11	18.46	14.59	11.81
	qEd,Defor.	4492.19	561.52	166.38	70.19	35.94	20.80	13.10	8.77	6.16	4.49
	qEd,esf.Transv.	696.84	348.42	232.28	174.21	139.37	116.14	99.55	87.10	77.43	69.68

Legenda:



Resultado do pré-dimensionamento das diferentes vigas.

qEd,Resist.

Carga máxima de flexão em y, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

$Q_{Ed,Defor.}$  Carga máxima para a flecha de  $L/300$ , em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

$Q_{Ed,esf,Transv.}$  Carga máxima do esforço transversal, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão.

### Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 5

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.35.

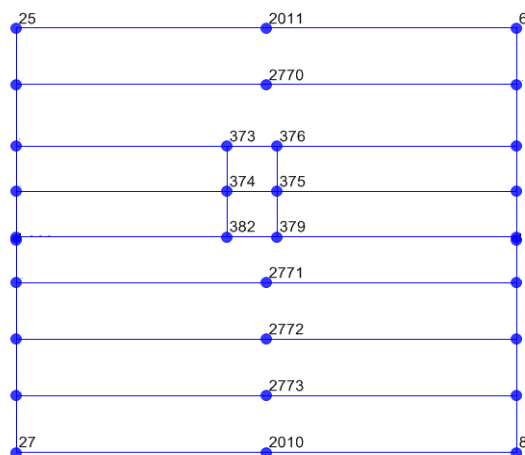
**Tabela 2.35 - Dimensionamento das Secções das Vigas Interiores do Piso 5.**

Nº Barras	Perfis	Combinações condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
3128	IPE 270	ELU_pav(wxx2_T+)	43.66	113.74	0.38	0.09	171.65	S/Signif	OK
3129	IPE 270	ELU_pav(wxx2_T+)	43.66	113.74	0.38	24.95	171.65	0.15	OK
3130	IPE 270	ELU_pav(wxx2_T-)	37.98	113.74	0.33	0.06	171.65	S/Signif	OK
3131	IPE 270	ELU_pav(wxx2_T-)	37.98	113.74	0.33	21.70	171.65	0.13	OK
3132	IPE 270	ELU_pav(wy2_T-)	41.66	113.74	0.37	0.06	171.65	S/Signif	OK
3133	IPE 270	ELU_pav(wy2_T-)	41.66	113.74	0.37	23.80	171.65	0.14	OK
3134	IPE 270	ELU_pav(wxx1_T+)	41.66	113.74	0.37	0.06	171.65	S/Signif	OK
3135	IPE 270	ELU_pav(wxx1_T+)	41.66	113.74	0.37	23.80	171.65	0.14	OK

- **Deformações - Flecha**

O procedimento para a verificação aos estados limites de deformação das vigas interiores do piso 5 foi o mesmo do utilizado nas vigas interiores dos outros pisos.

A Figura 2.41 mostra a identificação dos nós do piso 5.



**Figura 2.41 - Identificação dos nós das Vigas do Piso 5.**

Tabela 2.36 - Deslocamentos Verticais Máximos dos "Nós-vértices" do Piso 5.

Nº dos nós	$\delta_{V,\text{vértices}} \text{ Piso 5, máx}$ [m]	
6	Max	-0.065
6	Min	-0.081
8	Max	-0.067
8	Min	-0.081
25	Max	-0.066
25	Min	-0.077
27	Max	-0.066
27	Min	-0.077

Tabela 2.37 - Deslocamentos Verticais das Vigas do Piso 5.

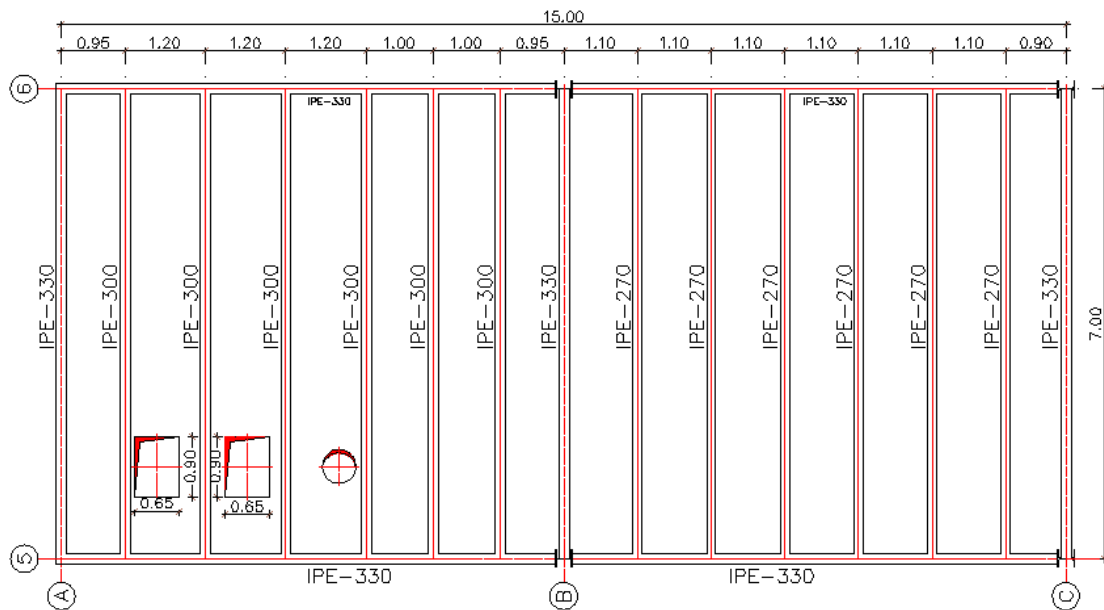
Nº dos nós (*)	$\delta_{V,\text{vértices,máx}}$ [m]	$\delta_{V,\text{relativo}}$ [m]	$\delta_{V,\text{Total}}$ [m]	L/300	Rácios	Obs.
373	-0.081	-0.095	0.014	0.023	0.60	OK
374	-0.081	-0.088	0.007	0.023	0.29	OK
375	-0.081	-0.089	0.007	0.023	0.32	OK
376	-0.081	-0.096	0.015	0.023	0.63	OK
379	-0.081	-0.094	0.012	0.023	0.52	OK
382	-0.081	-0.093	0.011	0.023	0.49	OK
2010	-0.081	-0.068	0.013	0.023	0.55	OK
2011	-0.081	-0.067	0.015	0.023	0.63	OK
2770	-0.081	-0.092	0.010	0.023	0.44	OK
2771	-0.081	-0.089	0.008	0.023	0.35	OK
2772	-0.081	-0.091	0.009	0.023	0.40	OK
2773	-0.081	-0.090	0.009	0.023	0.38	OK

(\*) Nós onde as flechas das Vigas são máximas.

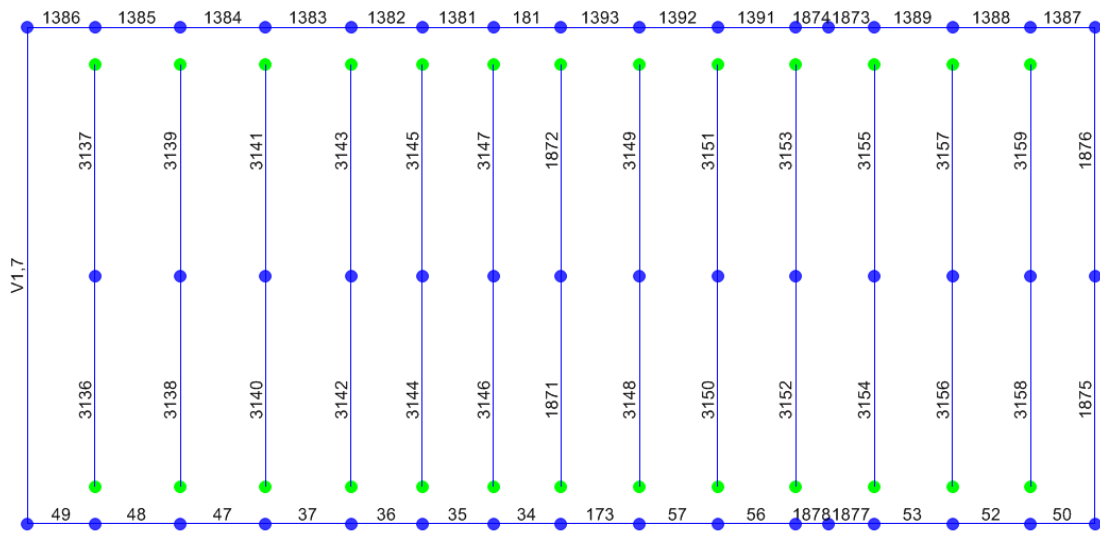


- VIGAS INTERIORES DO PISO 6

**Geometria**



**Figura 2.42 - Planta com a Geometria do Piso 6.**

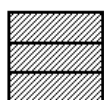


**Figura 2.43 - Planta com a Identificação das barras do Piso 6 do "Sap".**

Tabela 2.38 - Pré – dimensionamento das Vigas Interiores do Piso 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	q <sub>Ed,Resist.</sub>	74.09	18.52	8.23	4.63	2.96	2.06	1.51	1.16	0.91	0.74
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	91.93	11.49	3.40	1.44	0.74	0.43	0.27	0.18	0.13	0.09
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	137.85	68.92	45.95	34.46	27.57	22.97	19.69	17.23	15.32	13.78
IPE 120	q <sub>Ed,Resist.</sub>	114.17	28.54	12.69	7.14	4.57	3.17	2.33	1.78	1.41	1.14
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	170.85	21.36	6.33	2.67	1.37	0.79	0.50	0.33	0.23	0.17
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	171.22	85.61	57.07	42.81	34.24	28.54	24.46	21.40	19.02	17.12
IPE 140	q <sub>Ed,Resist.</sub>	166.08	41.52	18.45	10.38	6.64	4.61	3.39	2.59	2.05	1.66
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	290.95	36.37	10.78	4.55	2.33	1.35	0.85	0.57	0.40	0.29
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	207.31	103.66	69.10	51.83	41.46	34.55	29.62	25.91	23.03	20.73
IPE 160	q <sub>Ed,Resist.</sub>	232.93	58.23	25.88	14.56	9.32	6.47	4.75	3.64	2.88	2.33
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	467.34	58.42	17.31	7.30	3.74	2.16	1.36	0.91	0.64	0.47
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	262.13	131.06	87.38	65.53	52.43	43.69	37.45	32.77	29.13	26.21
IPE 180	q <sub>Ed,Resist.</sub>	312.83	78.21	34.76	19.55	12.51	8.69	6.38	4.89	3.86	3.13
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	708.02	88.50	26.22	11.06	5.66	3.28	2.06	1.38	0.97	0.71
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	305.27	152.64	101.76	76.32	61.05	50.88	43.61	38.16	33.92	30.53
IPE 200	q <sub>Ed,Resist.</sub>	414.73	103.68	46.08	25.92	16.59	11.52	8.46	6.48	5.12	4.15
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	1044.56	130.57	38.69	16.32	8.36	4.84	3.05	2.04	1.43	1.04
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	379.90	189.95	126.63	94.97	75.98	63.32	54.27	47.49	42.21	37.99
IPE 220	q <sub>Ed,Resist.</sub>	536.55	134.14	59.62	33.53	21.46	14.90	10.95	8.38	6.62	5.37
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	1490.23	186.28	55.19	23.28	11.92	6.90	4.34	2.91	2.04	1.49
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	430.91	215.46	143.64	107.73	86.18	71.82	61.56	53.86	47.88	43.09
IPE 240	q <sub>Ed,Resist.</sub>	689.21	172.30	76.58	43.08	27.57	19.14	14.07	10.77	8.51	6.89
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	2092.34	261.54	77.49	32.69	16.74	9.69	6.10	4.09	2.87	2.09
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	519.37	259.69	173.12	129.84	103.87	86.56	74.20	64.92	57.71	51.94
IPE 270	q <sub>Ed,Resist.</sub>	909.92	227.48	101.10	56.87	36.40	25.28	18.57	14.22	11.23	9.10
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	3112.70	389.09	115.29	48.64	24.90	14.41	9.07	6.08	4.27	3.11
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	600.78	300.39	200.26	150.19	120.16	100.13	85.83	75.10	66.75	60.08
IPE 300	q <sub>Ed,Resist.</sub>	1181.39	295.35	131.27	73.84	47.26	32.82	24.11	18.46	14.59	11.81
	q <sub>Ed,Defor.</sub>	4492.19	561.52	166.38	70.19	35.94	20.80	13.10	8.77	6.16	4.49
	q <sub>Ed,esf.Transv.</sub>	696.84	348.42	232.28	174.21	139.37	116.14	99.55	87.10	77.43	69.68

Legenda:



Resultado do pré-dimensionamento das diferentes vigas.

q<sub>Ed,Resist.</sub>

Carga máxima de flexão em y, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

$Q_{Ed,Defor}$ . Carga máxima para a flecha de  $L/300$ , em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão;

$Q_{Ed,esf,Transv}$ . Carga máxima do esforço transversal, em kN/m, para uma viga simplesmente apoiada com uma carga uniformemente distribuída constante em todo o vão.

### Dimensionamento das Secções das Vigas do Piso 6

O dimensionamento destas vigas está resumido na Tabela 2.39.

**Tabela 2.39 - Dimensionamento Secções das Vigas Interiores do Piso 6.**

Nº Barras	Perfis	Combinações Condicionantes	Resistência (Flexão e Corte)						Obs.
			$M_{Ed,y}$ [kN.m]	$M_{Rd,y}$ [kN.m]	Rácios	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	Rácios	
3136	IPE 300	ELU_pav(wx2_T-)	45.08	147.67	0.31	0.16	199.10	S/Signif	OK
3137	IPE 300	ELU_pav(wx2_T-)	45.08	147.67	0.31	25.76	199.10	0.13	OK
3138	IPE 300	ELU_pav(wyy1_T+)	49.92	147.67	0.34	0.16	199.10	S/Signif	OK
3139	IPE 300	ELU_pav(wyy1_T+)	49.92	147.67	0.34	28.53	199.10	0.14	OK
3140	IPE 300	ELU_pav(wx2_T-)	49.92	147.67	0.34	0.15	199.10	S/Signif	OK
3141	IPE 300	ELU_pav(wx2_T-)	49.92	147.67	0.34	28.53	199.10	0.14	OK
3142	IPE 300	ELU_pav(wx1_T-)	46.00	147.67	0.31	0.13	199.10	S/Signif	OK
3143	IPE 300	ELU_pav(wx1_T-)	46.00	147.67	0.31	26.29	199.10	0.13	OK
3144	IPE 300	ELU_pav(wy2_T-)	42.16	147.67	0.29	0.11	199.10	S/Signif	OK
3145	IPE 300	ELU_pav(wy2_T-)	42.16	147.67	0.29	24.09	199.10	0.12	OK
3146	IPE 300	ELU_pav(wxx2_T+)	42.16	147.67	0.29	0.10	199.10	S/Signif	OK
3147	IPE 300	ELU_pav(wxx2_T+)	42.16	147.67	0.29	24.09	199.10	0.12	OK
3148	IPE 270	ELU_pav(wx1_T+)	45.50	113.74	0.40	0.09	171.65	S/Signif	OK
3149	IPE 270	ELU_pav(wx1_T+)	45.50	113.74	0.40	26.00	171.65	0.15	OK
3150	IPE 270	ELU_pav(wy2_T-)	45.50	113.74	0.40	0.08	171.65	S/Signif	OK
3151	IPE 270	ELU_pav(wy2_T-)	45.50	113.74	0.40	26.00	171.65	0.15	OK
3152	IPE 270	ELU_pav(wx1_T-)	45.50	113.74	0.40	0.08	171.65	S/Signif	OK
3153	IPE 270	ELU_pav(wx1_T-)	45.50	113.74	0.40	26.00	171.65	0.15	OK
3154	IPE 270	ELU_pav(wx1_T-)	45.50	113.74	0.40	0.07	171.65	S/Signif	OK
3155	IPE 270	ELU_pav(wx1_T-)	45.50	113.74	0.40	26.00	171.65	0.15	OK
3156	IPE 270	ELU_pav(wy1_T+)	45.50	113.74	0.40	0.07	171.65	S/Signif	OK
3157	IPE 270	ELU_pav(wy1_T+)	45.50	113.74	0.40	26.00	171.65	0.15	OK
3158	IPE 270	ELU_pav(wx2_T-)	41.66	113.74	0.37	0.05	171.65	S/Signif	OK
3159	IPE 270	ELU_pav(wx2_T-)	41.66	113.74	0.37	23.80	171.65	0.14	OK

- **Deformações - Flechas**

O procedimento para a verificação aos Estados Limites de Deformação das vigas interiores do piso 6, foram os mesmos das vigas interiores dos outros pisos.

A Figura 2.44 mostra a identificação dos nós do piso 6.

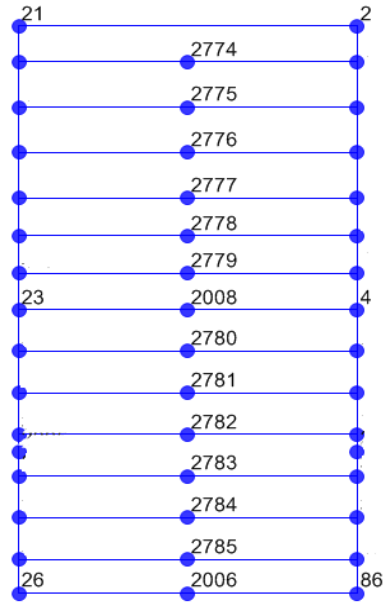


Figura 2.44 - Identificação dos nós das Vigas do Piso 6.

Tabela 2.40 - Deslocamentos Verticais Máximos dos "Nós-vértices" do Piso 6.

Nº dos nós	$\delta_{v,vertices,piso\ 6max}$ [m]
2	Max -0.064
2	Min -0.087
4	Max -0.065
4	Min -0.082
21	Max -0.062
21	Min -0.083
23	Max -0.066
23	Min -0.077
26	Max -0.066
26	Min -0.077
86	Max -0.067
86	Min -0.081

**Tabela 2.41 - Deslocamentos Verticais das Vigas do Piso 6.**

<b>Nº dos nós (*)</b>	<b><math>\delta_{v, \text{vertices, máx}}</math> [m]</b>	<b><math>\delta_{v, \text{relativo}}</math> [m]</b>	<b><math>\delta_{v, \text{Total}}</math> [m]</b>	<b>L/300</b>	<b>Rácio</b>	<b>Obs.</b>
2006	-0.087	-0.068	0.019	0.023	0.84	OK
2008	-0.087	-0.066	0.021	0.023	0.89	OK
2774	-0.087	-0.071	0.016	0.023	0.68	OK
2775	-0.087	-0.073	0.014	0.023	0.59	OK
2776	-0.087	-0.074	0.013	0.023	0.57	OK
2777	-0.087	-0.073	0.014	0.023	0.59	OK
2778	-0.087	-0.073	0.014	0.023	0.61	OK
2779	-0.087	-0.073	0.014	0.023	0.62	OK
2780	-0.087	-0.077	0.010	0.023	0.44	OK
2781	-0.087	-0.078	0.010	0.023	0.41	OK
2781	-0.087	-0.092	0.005	0.023	0.21	OK
2782	-0.087	-0.078	0.010	0.023	0.41	OK
2782	-0.087	-0.092	0.005	0.023	0.20	OK
2783	-0.087	-0.078	0.009	0.023	0.40	OK
2784	-0.087	-0.078	0.009	0.023	0.40	OK
2785	-0.087	-0.077	0.010	0.023	0.44	OK

(\*) Nós onde as flechas das Vigas são máximas.

### 2.2.5. Pórticos - Dimensionamento das Colunas - Viga

As colunas–Viga são elementos de eixo linear, sujeitos a esforços de flexão combinados com esforços axiais de compressão, de cujo comportamento resultam interações entre fenómenos de instabilidade e plasticidade, que são influenciados também pelas imperfeições dos aços e dos elementos.

A análise destes fenómenos é complexa, sendo a verificação da segurança baseadas em expressões de interação (M–N), calibradas a partir de resultados numéricos e experimentais.

Nestas expressões consideram-se coeficientes de interação que permitem entrar não só com a influência dos efeitos de segunda ordem (P–δ), mas também com a "forma" dos diagramas de momentos fletores.

O dimensionamento destes elementos é realizado segundo o EC3 a partir das seguintes expressões:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + K_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + K_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + K_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$
(2.3)

em que:

$N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$  e  $M_{z,Ed}$  Valores de cálculo do esforço de compressão atuante e dos momentos máximos atuantes no elemento respetivamente, em relação aos eixos y-y e z-z;

$N_{Rk}$ ,  $M_{y,Rk}$  e  $M_{z,Rk}$  Valores característicos da resistência à compressão e da resistência à flexão no elemento respetivamente, em relação aos eixos y-y e z-z;

$\chi_y$  e  $\chi_z$  Coeficientes de redução devidos à encurvadura por flexão;

$\chi_{LT}$  Coeficiente de redução devido à encurvadura lateral;

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

Junta-se o fluxograma da Figura 2.45, que em conjunto com os elementos que constam da Memória Descritiva, permitem entender de um modo mais claro os resultados indicados nas Tabelas de Cálculo que foram usadas no dimensionamento.

### Fluxograma simplificado do dimensionamento de Colunas – Viga

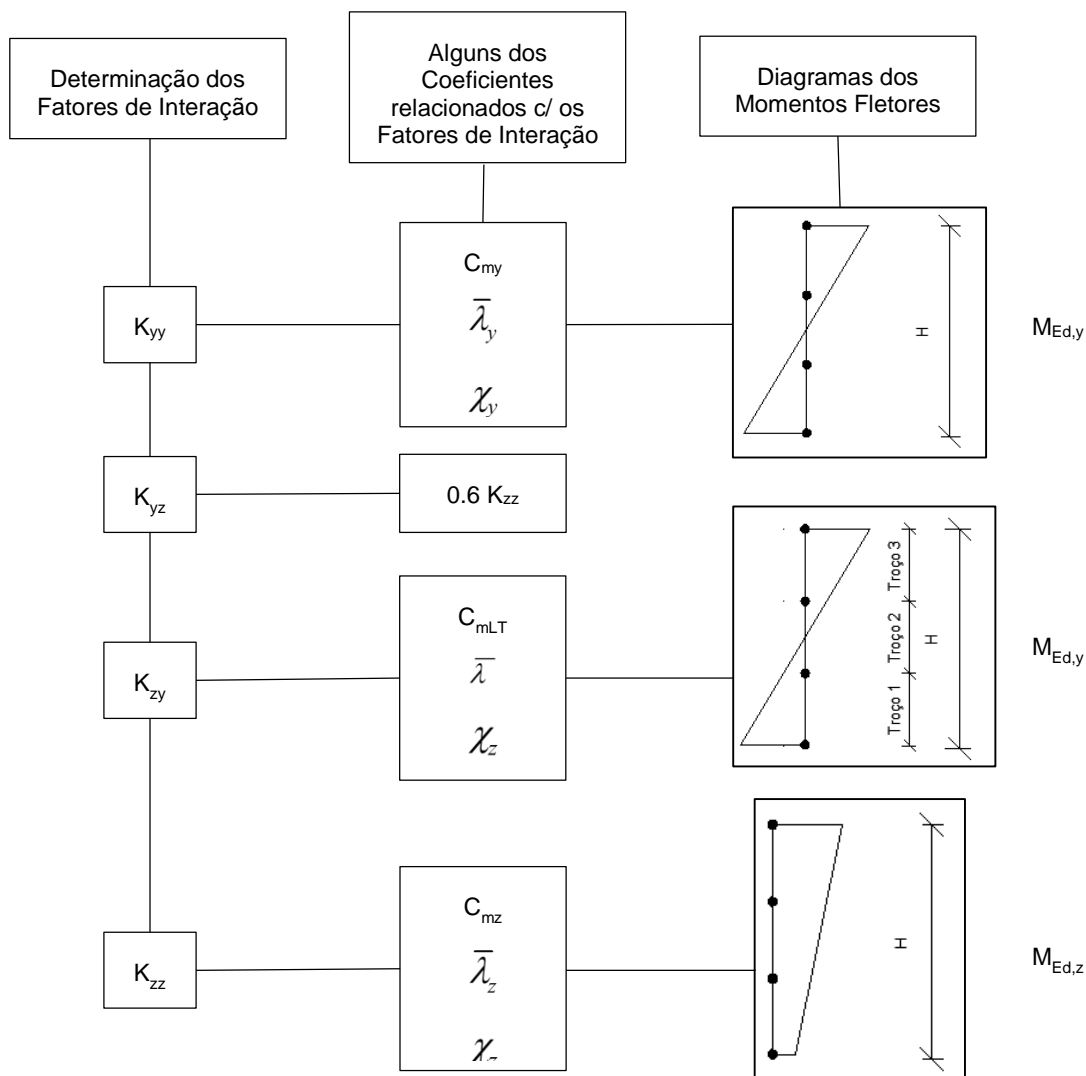


Figura 2.45 - Fluxograma simplificado de dimensionamento das Colunas – Viga.

No procedimento que foi utilizado na fase de pré-dimensionamento das colunas–viga deste Projeto, considerou-se para os fatores de interação  $k_{ij}$ , valores muito conservativos, que constam da Tabela 2.42.

Tabela 2.42 - Valores Máximos dos Fatores de Interação em Colunas - Viga.[16]

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

O pré-dimensionamento dos pilares metálicos foi efetuado de forma semelhante recorrendo a várias análises.

Junta-se o exemplo do pré-dimensionamento de um dos pilares da estrutura metálica, igual aos que foram realizados para os restantes pilares.

Numa **1ª análise** foi considerado que o pilar estava apenas sujeito a um esforço de compressão  $N_{Ed,máximo}$ , determinado com base na estimativa de todas as cargas permanentes e sobrecargas em todos os pisos, tendo em conta a área de influência de cada pilar e os comprimentos críticos nos dois planos principais de inércia.

Os ábacos seguintes permitem definir qual a secção do perfil mais económico, que neste caso particular é o HEA 200.

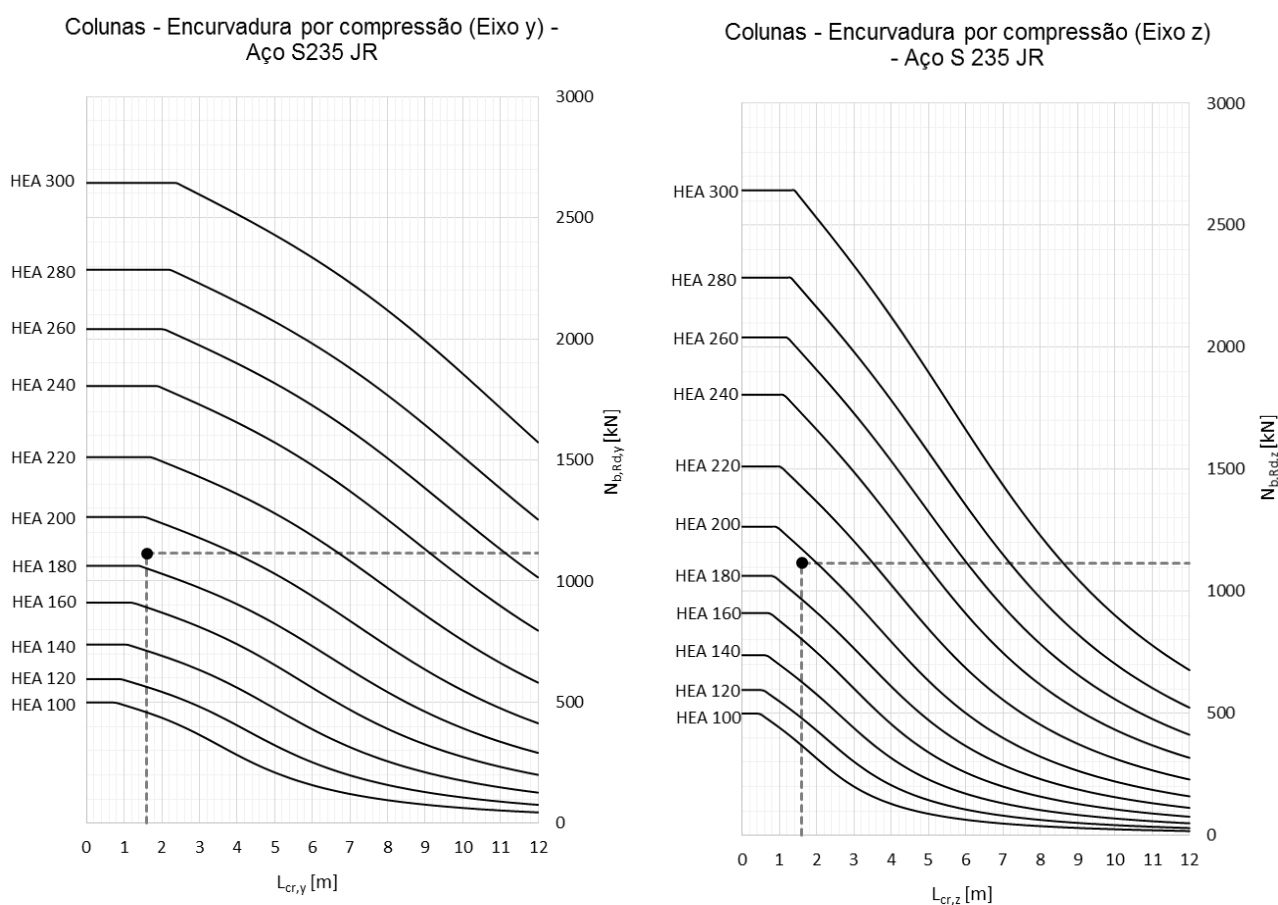


Figura 2.46 - Ábacos de Encurvadura por Compressão.



Numa **2ª análise**, além do esforço axial  $N_{Ed}$  de compressão máxima, consideraram-se também os momentos  $M_{Ed,y}$  e  $M_{Ed,z}$ , que foram determinados em função das cargas horizontais do vento/sismo na secção do pilar mais solicitada (base).

Para a determinação dos momentos  $M_{Ed,y}$  e  $M_{Ed,z}$  admitiu-se que as cargas horizontais totais do vento/sismo eram distribuídas por todos os pilares do Edifício, em função das rigidezes de flexão dos mesmos, considerando a formação de rótulas a  $\frac{1}{2}$  altura dos troços dos pilares entre pisos.

Com base nestes esforços  $N_{Ed} + M_{Ed,y}$  ou  $N_{Ed} + M_{Ed,z}$ , recorreu-se aos ábacos de flexão composta com compressão, considerando-se para os fatores de interação os valores indicados na Tabela 2.42, e avaliando a capacidade resistente do pilar nos dois planos principais de inércia.

Os ábacos das Figuras 2.47 e 2.48 permitem a partir da análise realizada, escolher o perfil mais económico, que para o pilar em estudo é o HEA 280.

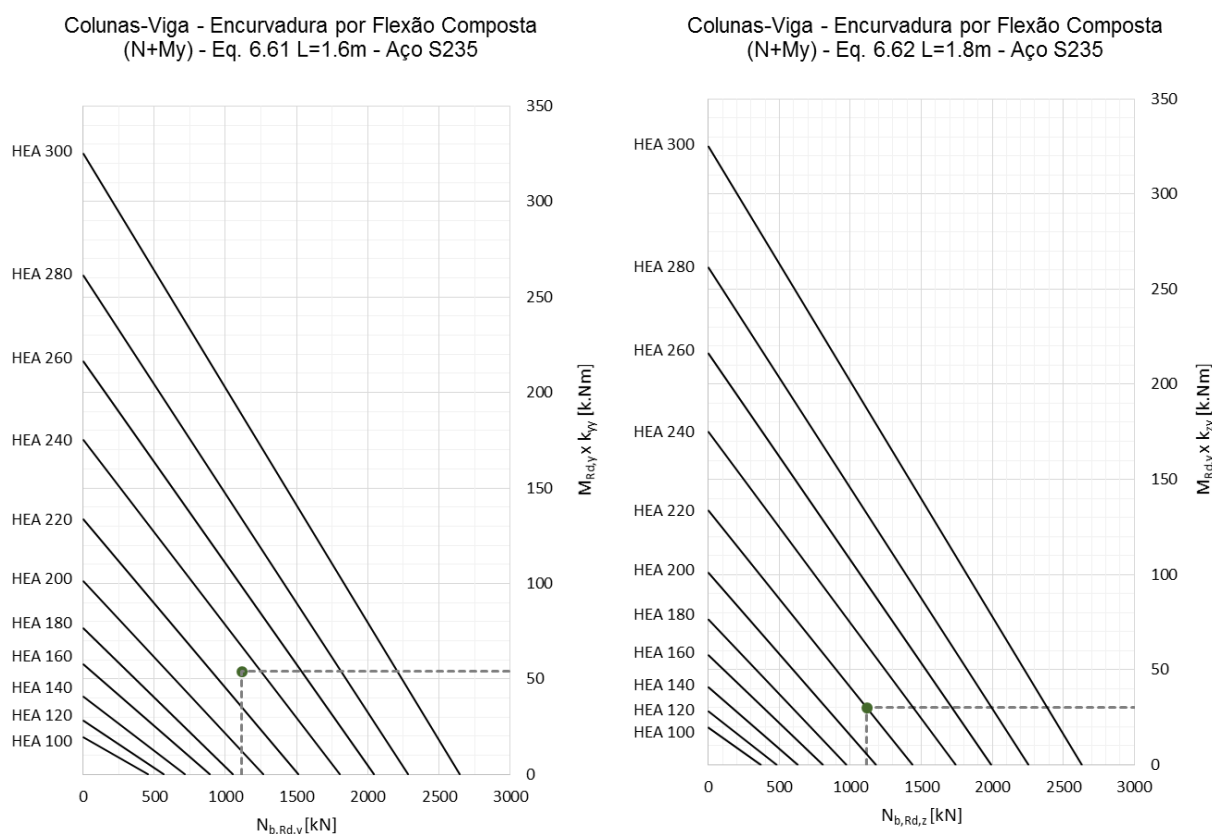
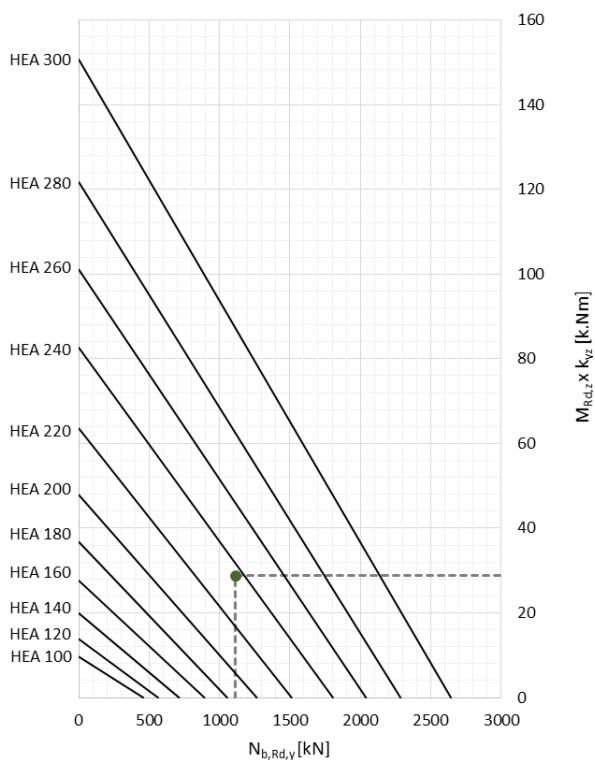
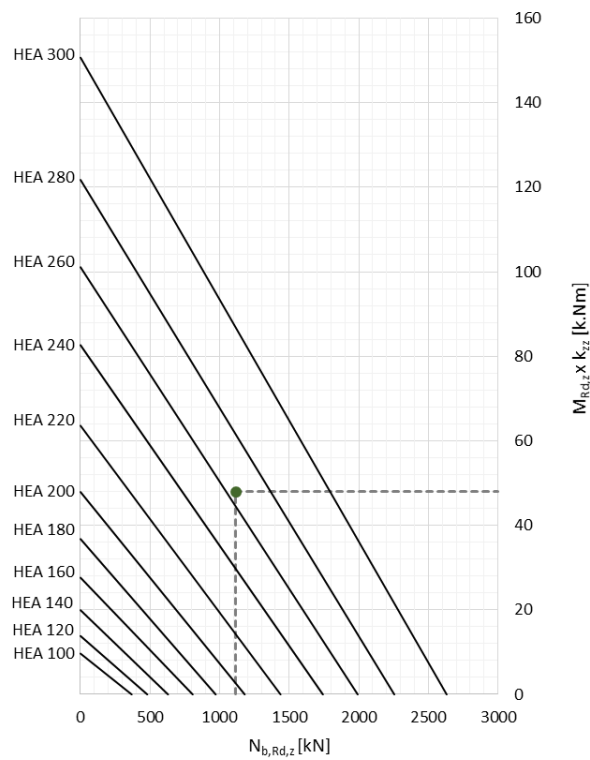


Figura 2.47 – Flexão Composta (N+My) equações 6.61 e 6.62 (\*).

Colunas-Viga - Encurvadura por Flexão  
Composta (N+Mz) - Eq. 6.61 L=1.8m - Aço S235



Colunas-Viga - Encurvadura por Flexão  
Composta (N+Mz) - Eq. 6.62 L=1.6m - Aço S235



**Figura 2.48 – Flexão Composta (N+M<sub>z</sub>) equações 6.61 e 6.62 (\*).**

(\*) As equações 6.61 e 6.62 do EC3 referentes ao dimensionamento de elementos à flexão composta com compressão, correspondem às equações 2.3 indicadas neste documento.

### 2.2.5.1 - Dimensionamento das Travessas dos Pórticos dos Alçados na Zona de Carregamento e Expedição

#### Procedimentos usados no Dimensionamento das Travessas:

1. Recurso à **Tabela de Cálculo** em "*Excel*", tendo por base a NP EN 1993-1-1, onde se incluem todas as verificações de dimensionamento das Secções transversais, bem como o dimensionamento de Elementos sujeitos a fenómenos de encurvadura (colunas, vigas e colunas-viga);
2. Dimensionamento através do programa "*SemiComp*", software desenvolvido por um conjunto de investigadores pertencentes à U.E;
3. Verificação das deformações (flechas) com base nos ficheiros de resultados do "*Sap*" do modelo final.

Observação: Nos casos das Travessas com travamentos laterais segundo o eixo mais forte, e em que a encurvadura lateral é condicionante recorreu-se ao programa "*A3C*".

A informação seguinte refere-se a todos os passos que foram realizados para o dimensionamento das Travessas de um dos pórticos laterais.

#### Travessa do Pórtico ao nível +9.45 da Zona de Carregamento e Expedição

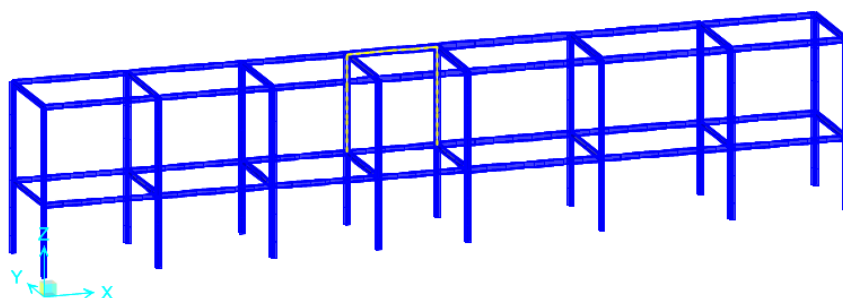


Figura 2.49 - Identificação da Travessa.

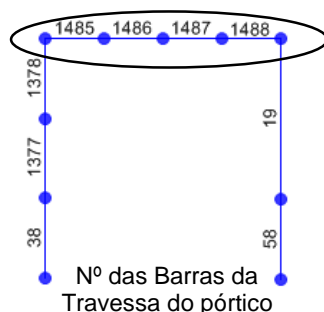


Figura 2.50 - Identificação das Barras que constituem a Travessa.

Nas Figuras 2.51 a 2.53 estão indicados os diagramas correspondentes à combinação mais condicionante – ELU\_pav(wxx1\_T+).

Nota: A Travessa está contraventada por 4 vigas transversais igualmente afastadas 4 x 1.175 m.

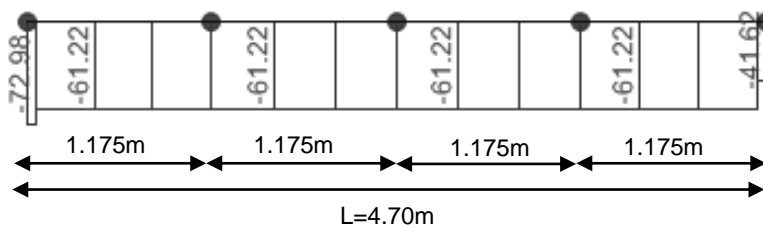


Figura 2.51 - Diagrama do Esforço Axial ( $N_{Ed}$ ).

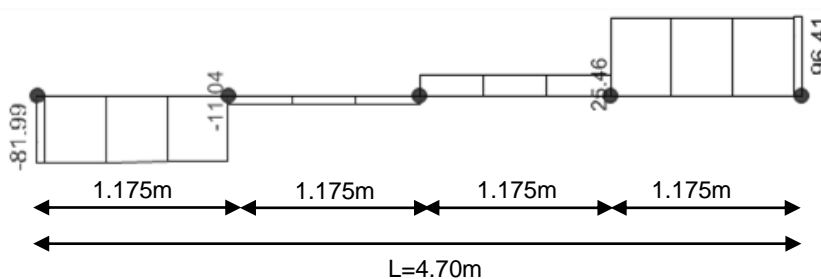


Figura 2.52 - Diagrama de Esforço Transverso ( $V_{Ed}$ ).

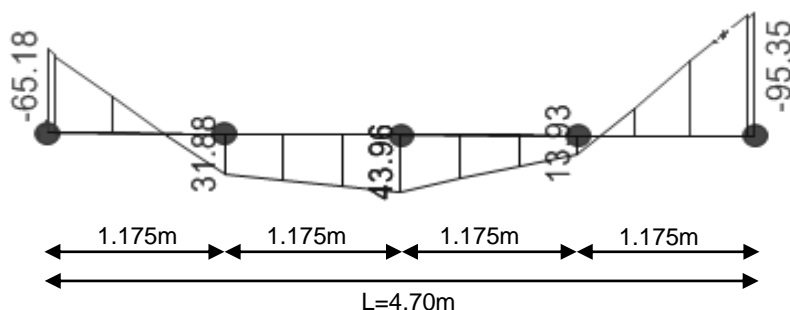


Figura 2.53 - Diagrama de Momentos ( $M_{Ed,y}$ ).

Nota: De referir que neste caso particular os momentos fletores em z não tem significado.

## 1. Resultados da Tabela de Cálculo

Nas Tabelas 2.43 a 2.55 são feitas todas as verificações para a Combinação ELU\_pav(wxx1\_T+).

**Tabela 2.43 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.**

Identificação			Características Gerais				Esforços Actuantes de Cálculo					
Barra	Combinação	Nºda barra	L [m]	Perfil	Area [mm <sup>2</sup> ]	Aço	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>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]
Travessa	ELU_pav(wxx1_T+)	1485	1.175	IPE 300	5381	S 235	-72.98	0.00	-81.00	0.00	0.00	-65.4
	ELU_pav(wxx1_T+)	1486	1.175	IPE 300	5381	S 235	-61.22	0.00	25.4	0.00	0.00	43.80
	ELU_pav(wxx1_T+)	1488	1.175	IPE 300	5381	S 235	-41.67	0.00	-95.80	0.00	0.00	-95.3

**Tabela 2.44 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.**

Características Elásticas e Plásticas Eixo YY				Características Elásticas e Plásticas Eixo ZZ				Classes		Esforços Resistentes de Cálculo						
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	Compressão	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,z</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,y</sub> [kN]	M <sub>pl,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>pl,Rd,z</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,z</sub> [kN.m]
8356	628.4	557.1	25.68	603.8	125.2	80.5	28.13	1	2	1264.5	348.4	381.7	147.7	29.4	130.9	18.9
8356	628.4	557.1	25.68	603.8	125.2	80.5	28.13	1	2	1264.5	348.4	381.7	147.7	29.4	130.9	18.9
8356	628.4	557.1	25.68	603.8	125.2	80.5	28.13	1	2	1264.5	348.4	381.7	147.7	29.4	130.9	18.9

Tabela 2.45 - Análise das Secções Transversais mais esforçadas da Travessa do Pórtico.

Análise das Secção Transversais mais solicitadas														
Momentos segundo eixo YY - Classes 1 ou 2								Momentos segundo eixo ZZ - Classes 1 ou 2					Rácios	
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_{wtw} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condições de verificação	$M_{N,Rd,y}$	$\alpha$	$(M_{Ed,y} / M_{N,Rd,y})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condição de verificação	$M_{N,Rd,z}$	$\beta$	$(M_{Ed,z} / M_{N,Rd,z})^\beta$	Eq. 6.41 ou Eq. 6.2	Obs.
0.058	0.403	316.13	232.42	Esf. Axial s/signif.	147.67	2	0.20	464.84	Esf. Axial s/signif.	29.42	1	0.00	0.196	OK
0.058	0.403	316.13	232.42	Esf. Axial s/signif.	147.67	2	0.09	464.84	Esf. Axial s/signif.	29.42	1	0.00	0.088	OK
0.058	0.403	316.13	232.42	Esf. Axial s/signif.	147.67	2	0.42	464.84	Esf. Axial s/signif.	29.42	1	0.00	0.416	OK

Tabela 2.46 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Encurvadura por Compressão.

Coluna - Encurvadura por Compressão																										
Curva yy	Curva zz	$\beta_A$	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,yy}$ [cm]	$L_{cr,zz}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\lambda_1$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\phi_y$	$\phi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,rd,y}$ [kN]	$N_{b,rd,z}$ [kN]	$N_{Ed} / N_{b,rd}$ [kN]	Obs.
a	b	1	0.21	0.34	470	117.5	1	1	470	117.5	37.72	35.07	93.90	0.40	0.37	Necessário Cálculo da Encurvadura	Necessário Cálculo da Encurvadura	0.60	0.60	0.95	0.94	0.94	1204.260	1184.168	0.062	OK
a	b	1	0.21	0.34	470	117.5	1	1	470	117.5	37.72	35.07	93.90	0.40	0.37	Necessário Cálculo da Encurvadura	Necessário Cálculo da Encurvadura	0.60	0.60	0.95	0.94	0.94	1204.260	1184.168	0.052	OK
a	b	1	0.21	0.34	470	117.5	1	1	470	117.5	37.72	35.07	93.90	0.40	0.37	Necessário Cálculo da Encurvadura	Necessário Cálculo da Encurvadura	0.60	0.60	0.95	0.94	0.94	1204.260	1184.168	0.035	OK

Tabela 2.47 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Encurvadura Lateral - Barra nº1485.

Viga - Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1485) da Travessa do Pórtico																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.175	1.175	1	-0.48	Momento nas extremidades	2.664	0	3634.32	628.40	0.202	a	0.21	0.520	1.000	147.623	0.646	OK

Tabela 2.48 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Encurvadura Lateral - Barra nº1486.

Viga - Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1486) da Travessa do Pórtico																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.175	1.175	1	0.71	Momento nas extremidades	1.168	0	1594.01	628.40	0.304	a	0.21	0.557	0.976	144.199	0.661	OK

Tabela 2.49 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Encurvadura Lateral - Barra nº1488.

Viga - Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1488) da Travessa do Pórtico																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.175	1.175	1	-0.15	Momento nas extremidades	2.119	0	2890.41	628.40	0.226	a	0.21	0.528	0.994	146.828	0.649	OK

Tabela 2.50 - Determinação dos Fatores de Interação da Travessa do Pórtico – Caso 1

Fatores de Interação - Travessa do Pórtico											Factores Interação	
MEd,y entre travamentos em zz - Cmy						MEd,y entre travamentos em yy - CmLT					k <sub>yy</sub>	k <sub>zy</sub>
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>		
Sim	4.7	-65.4	Parabólico	cu	0.469	1.175	-65.4	Parabólico	cu	0.400	0.475	0.974
Sim	4.7	43.96	Parabólico	cu	0.469	1.175	-16.16	Parabólico	cu	0.400	0.475	0.974
Sim	4.7	-95.4	Parabólico	cu	0.469	1.175	31.16	Parabólico	cu	0.400	0.475	0.974

Tabela 2.51 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 1

Travessa - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.061	0.062	0.314	0.644	0.000	0.000	0.374	0.705	OK
0.061	0.062	0.314	0.644	0.000	0.000	0.374	0.705	OK
0.061	0.062	0.314	0.644	0.000	0.000	0.374	0.705	OK



Tabela 2.52 - Determinação dos Fatores de Interação da Travessa do Pórtico – Caso 2

Fatores de Interação - Travessa do Pórtico											Factores Interação	
MEd,y entre travamentos em zz - Cmy						MEd,y entre travamentos em yy - CmLT					k <sub>yy</sub>	k <sub>zy</sub>
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>		
Sim	4.7	-65.4	Parabólico	cu	0.469	1.175	31.2	Parabólico	cu	0.887	0.475	0.974
Sim	4.7	43.96	Parabólico	cu	0.469	1.175	37.60	Parabólico	cu	0.887	0.475	0.974
Sim	4.7	-95.4	Parabólico	cu	0.469	1.175	43.8	Parabólico	cu	0.887	0.475	0.974

Tabela 2.53 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 2

Travessa - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.061	0.062	0.314	0.644	0.000	0.000	0.374	0.705	OK
0.061	0.062	0.314	0.644	0.000	0.000	0.374	0.705	OK
0.061	0.062	0.314	0.644	0.000	0.000	0.374	0.705	OK

Tabela 2.54 - Determinação dos Fatores de Interação da Travessa do Pórtico – Caso 3

Fatores de Interação - Travessa do Pórtico											Factores Interação	
ME <sub>d,y</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>						ME <sub>d,y</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>						
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>	k <sub>yy</sub>	k <sub>zy</sub>
Sim	4.7	-65.4	Parabólico	cu	0.469	1.175	14.22	Parabólico	cu	0.552	0.475	0.974
Sim	4.7	43.96	Parabólico	cu	0.469	1.175	-42.00	Parabólico	cu	0.552	0.475	0.974
Sim	4.7	-95.4	Parabólico	cu	0.469	1.175	-95.34	Parabólico	cu	0.552	0.475	0.974

Tabela 2.55 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 3

Travessa - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.061	0.062	0.314	0.644	0.000	0.000	0.374	0.705	OK
0.061	0.062	0.314	0.644	0.000	0.000	0.374	0.705	OK
0.061	0.062	0.314	0.644	0.000	0.000	0.374	0.705	OK

## 2. Resultados do software "SemiComp"

De forma a comparar/validar os resultados das **Tabelas de Cálculo** anteriores, foi também realizado o dimensionamento da Travessa do Pórtico através do programa "SemiComp".

Nas Figuras 2.54 e 2.55 estão indicados os resultados obtidos.

<b>SEMICOMP Cross-Section Check</b>					
Choose method <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">EN 1993-1-1 (elastic Resistance)</span>					
$N_{Ed} =$	-66.650	kN	$V_{z,Ed} =$	95.560	kN
$M_{y,Ed} =$	-95.350	kNm	$V_{y,Ed} =$	0.000	kN
$M_{z,Ed} =$	0.000	kNm	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Perform cross-section checks</span>		
<i>Reference values for classification</i>					
$c/t_w =$	35.014	$\alpha_{web} =$	0.623	$\psi_{web} =$	-0.839
$c/t_f =$	5.276	$\alpha_{flange} =$	1.000	$\psi_{flange} =$	1.000
$\varepsilon =$	1.000	$\varepsilon_{mod,c\Omega/4} =$	NaN		
<i>Boundaries</i>					
$c/t_w \leq$	$c/t_{w,max} =$	55.772	64.222	106.869	
$c/t_f \leq$	$c/t_{f,max} =$	9.000	10.000	13.771	
Cross section class =		<b>1</b>			
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
$M_{el,y,Rd} =$	130.91	kNm	$M_{el,z,Rd} =$	18.92	kNm
$N_{Rd} =$	1264.58	kN	$V_{pl,z,Rd} =$	348.44	kN
$V_{pl,y,Rd} =$	435.52	kN			
<b>EN 1993-1-1, 6.2.3 / 6.2.4</b>					
<i>Tension or compression</i>					
$U_{(6.5)/(6.9)} =$	0.053	$\leq 1,0$	ok		
<b>EN 1993-1-1, 6.2.5</b>					
<i>Bending moment</i>					
$U_{strong A.} =$	0.646	$\leq 1,0$	ok		
$U_{weak A.} =$	0.000	$\leq 1,0$	ok		
<b>EN 1993-1-1, 6.2.6</b>					
<i>Shear</i>					
$U_{z-plastic} =$	0.274	$\leq 1,0$	ok	$U_{y-plastic} =$	0.000
$U_{z-elastic} =$	0.373	$\leq 1,0$	ok	$U_{y-elastic} =$	0.000
$h_w/t_w =$	40.254	$\leq 72\varepsilon/\eta =$	60.000	ok	
<b>EN 1993-1-1, 6.2.9</b>					
<i>Bending and axial force</i>					
$U_{(6.41)/(6.42)} =$	0.417	$\leq 1,0$	ok		$UF =$
$0.646$					
Comment: Shear Interaction is not considered within this software tool. If the utilization for shear is higher that 0.5, an additional check for shear interaction is necessary.					

Figura 2.54 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico (Secção mais esforçada).

<b>SEMICOMP Member Check</b>			
Choose method for member check	Choose method for cross-section resistance	<b>Perform member design check</b>	
Method 2 (EN 1993-1-1 Annex B) ▾	EN 1993-1-1:2010-12 ▾		
<b>Section classification for member design check</b> (based on 1. order cross-section forces)			
Reference values for classification in the worst section along the member			
$c/t_w =$ 35.014	$\alpha_{web} =$ 0.623	$\psi_{web} =$ -0.839	$\varepsilon =$ 1.000
$c/t_f =$ 5.276	$\alpha_{flange} =$ 1.000	$\psi_{flange} =$ 1.000	
<b>Boundaries</b>			
$c/t_w \leq c/t_{w,max} =$	Class 1: 55.772	Class 2: 64.222	Class 3: 106.869
$c/t_f \leq c/t_{f,max} =$	9.000	10.000	13.771
Member class = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">1</span>			
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.			
<b>Member Check</b>			
$N_{Rd} =$ 1264.582 kN	$M_{ply,Rd} =$ 147.664 kNm	$N_{Ed} =$ -66.650 kN	
$M_{y,Rd} =$ 147.664 kNm	$M_{plz,Rd} =$ 29.426 kNm	$M_{y,Ed,max} =$ 95.350 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>			
$L_{cr,y} =$ 4.700 m	<b>Weak axis buckling</b>		
$N_{cr,y} =$ 7840.205 kN	$L_{cr,z} =$ 1.175 m	<b>Lateral torsional buckling</b>	
$\alpha_y =$ 0.21 [-]	$N_{cr,z} =$ 9064.021 kN	$M_{cr} =$ 1889.660 kNm	$\alpha_{LT} =$ 0.34 [-]
$\lambda_y =$ 0.402 [-]	$\alpha_z =$ 0.34 [-]	$\lambda_{LT} =$ 0.280 [-]	$\chi_{LT,mod} =$ 1.000 [-]
$\chi_y =$ 0.952 [-]	$\lambda_z =$ 0.374 [-]	$f_{mod} =$ 0.988 [-]	
$\chi_z =$ 0.936 [-]			
<b>EN 1993-1-1, 6.3.3</b>			
Uniform member in bending and axial compression		Global interaction factors	
Eq. (6.61): $U =$ 0.362 $\leq$ 1,0	ok	$k_{yy} =$ 0.474	
Eq. (6.62): $U =$ 0.685 $\leq$ 1,0	ok	$k_{yz} =$ 0.000	
		$k_{zy} =$ 0.974	
		$k_{zz} =$ 0.000	
Cross-section check at each end of the member			
Left end: $U =$ 0.441 $\leq$ 1,0	ok	$UF =$ 0.441	
Right end: $U =$ 0.646 $\leq$ 1,0	ok	$UF =$ 0.646	
<b>Additional member checks</b>			
<b>EN 1993-1-1, 6.3.1</b>			
Strong axis flexural buckling check			
Eq. (6.46): $N_{Ed}/N_{b,Rd} =$ 0.055 $\leq$ 1,0	ok		
Weak axis flexural buckling check			
Eq. (6.46): $N_{Ed}/N_{b,Rd} =$ 0.056 $\leq$ 1,0	ok		
<b>EN 1993-1-1, 6.3.2</b>			
Lateral torsional buckling			
Eq. (6.54): $M_{Ed}/M_{b,Rd} =$ 0.646 $\leq$ 1,0	ok		

Figura 2.55 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico (Coluna-Viga).

## Conclusões:

Na Tabela 2.56 indicam-se os resultados finais do dimensionamento.

Tabela 2.56 - Comparação dos Rácios de dimensionamento.

Dimensionamento	Tabela de Cálculo	"SemiComp"
Secções Transversais	0.416	0.417
Encurvadura por compressão (Coluna)	0.062	0.055
Encurvadura Lateral ou bambeamento (Viga)	0.661	0.646
Flexão Composta + compressão (Coluna – Viga)	0.705	0.685

Verifica-se na Tabela 2.56 que a secção transversal mais esforçada e o elemento (coluna–viga), conduzem a resultados da mesma ordem de grandeza e inferiores à unidade.

### 3. Verificação da Deformação

A verificação ao estado limite de utilização passa pelo controlo das deformações da travessa.

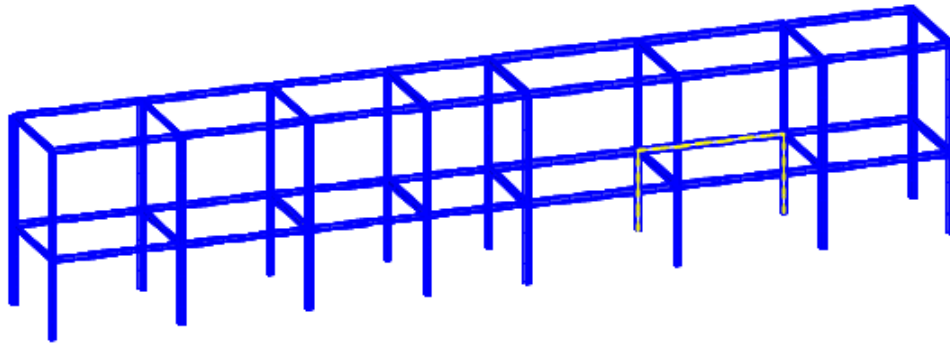
A deformação máxima admissível não deve exceder  $L/300$ , sendo  $L$  o vão da travessa.

A determinação da flecha máxima na travessa foi analisada no "Sap"(\*) e conduziu ao valor indicado na Tabela 2.57.

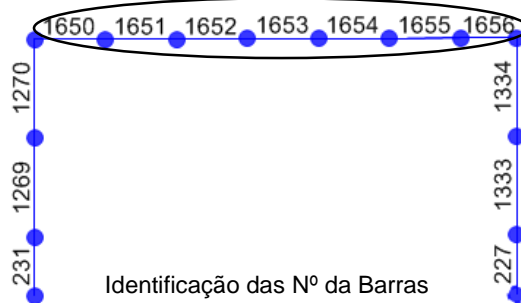
Tabela 2.57 - Verificação da Deformação da Travessa.

$\delta_{Máx.}$ [m]	$\delta_{admissível}$ (L/300) [m]	Verificação	Obs.
0.001(*)	$4.7/300 = 0.016$	$0.001 < 0.016$	OK

**Travessa do Pórtico ao nível +4.70 da Zona de Carregamento e Expedição**

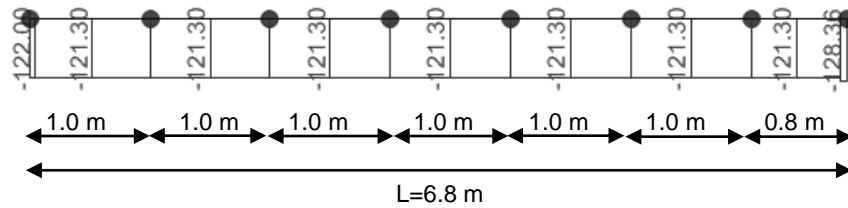


**Figura 2.56 - Identificação da Travessa do Pórtico.**

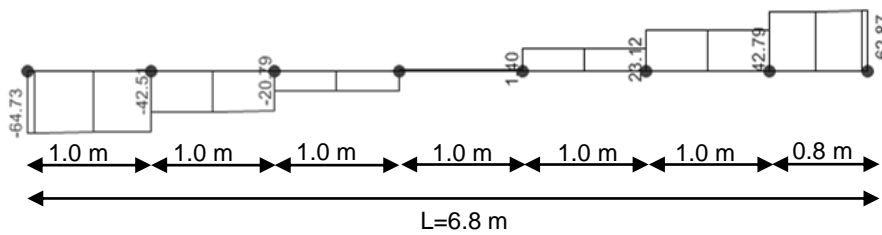


**Figura 2.57 - Identificação das Barras da Travessa do Pórtico.**

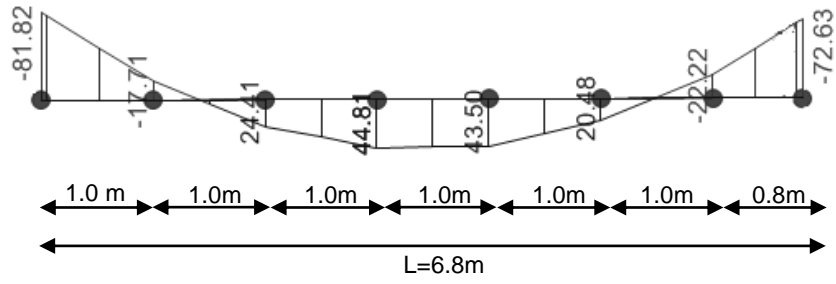
Nas Figuras 2.58 a 2.60 estão indicadas os diagramas correspondentes à combinação mais condicionante – ELU\_pav(wxx1\_T+).



**Figura 2.58 - Diagrama de Esforço Axial ( $N_{Ed}$ ).**



**Figura 2.59 - Diagrama de Momentos ( $V_{Ed}$ ).**



**Figura 2.60 - Diagrama de Momentos ( $M_{Ed,y}$ )**

De referir que neste caso o diagrama de momentos fletores em z não tem significado.

## 1. Resultados da Tabela de Cálculo

Nas tabelas 2.58 a 2.70 são feitas as verificações da Travessa do Pórtico para a Combinação ELU\_pav(wxx1\_T+).

**Tabela 2.58 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.**

Identificação			Características Gerais				Esforços Actuantes de Cálculo					
Barra	Combinação	Nºda barra	L [m]	Perfil	Area [mm <sup>2</sup> ]	Aço	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>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]
Travessa	ELU_pav(wxx1_T+)	1650	1.00	IPE 270	4595	S 235	-122.0	0.00	-64.80	0.00	0.00	-82.2
	ELU_pav(wxx1_T+)	1653	1.00	IPE 270	4595	S 235	-122.0	0.00	1.4	0.00	0.00	44.70
	ELU_pav(wxx1_T+)	1656	0.80	IPE 270	4595	S 235	-128.4	0.00	62.90	0.00	0.00	-72.3

**Tabela 2.59 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.**

Características Elásticas e Plásticas Eixo YY				Características Elásticas e Plásticas Eixo ZZ				Classes		Esforços Resistentes de Cálculo						
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	Compressão	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,z</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,y</sub> [kN]	M <sub>pl,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>pl,Rd,z</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,z</sub> [kN.m]
5790	484	428.9	22.14	419.9	96.95	62.2	23.81	1	2	1079.8	300.4	323.0	113.7	22.8	100.8	14.6
5790	484	428.9	22.14	419.9	96.95	62.2	23.81	1	2	1079.8	300.4	323.0	113.7	22.8	100.8	14.6
5790	484	428.9	22.14	419.9	96.95	62.2	23.81	1	2	1079.8	300.4	323.0	113.7	22.8	100.8	14.6



Tabela 2.60 - Análise das Secções Transversais mais esforçadas da Travessa do Pórtico.

Análise das Secção Transversais mais solicitadas														
Momentos segundo eixo YY - Classes 1 ou 2								Momentos segundo eixo ZZ - Classes 1 ou 2					Rácios	
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_{wtw} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condições de verificação	$M_{N,Rd,y}$	$\alpha$	$(M_{Ed,y} / M_{N,Rd,y})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condição de verificação	$M_{N,Rd,z}$	$\beta$	$(M_{Ed,z} / M_{N,Rd,z})^\beta$	Eq. 6.41 ou Eq. 6.2	Obs.
0.119	0.401	269.96	193.56	Esf. Axial s/signif.	113.74	2	0.52	387.13	Esf. Axial s/signif.	22.78	1	0.00	0.522	OK
0.119	0.401	269.96	193.56	Esf. Axial s/signif.	113.74	2	0.15	387.13	Esf. Axial s/signif.	22.78	1	0.00	0.154	OK
0.119	0.401	269.96	193.56	Esf. Axial s/signif.	113.74	2	0.00	387.13	Esf. Axial s/signif.	22.78	1	0.00	0.000	OK

Tabela 2.61 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Encurvadura por Compressão.

Coluna - Encurvadura por Compressão																										
Curva yy	Curva zz	$\beta_A$	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,yy}$ [cm]	$L_{cr,zz}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\lambda_1$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\phi_y$	$\phi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,rd,y}$ [kN]	$N_{b,rd,z}$ [kN]	$N_{Ed} / N_{b,rd}$ [kN]	Obs.
a	b	1	0.21	0.34	680	100	1	1	680	100	60.55	33.11	93.90	0.64	0.35	Calcular encurvadura	Calcular encurvadura	0.75	0.59	0.87	0.94	0.87	941.777	1019.855	0.130	OK
a	b	1	0.21	0.34	680	100	1	1	680	100	60.55	33.11	93.90	0.64	0.35	Calcular encurvadura	Calcular encurvadura	0.75	0.59	0.87	0.94	0.87	941.777	1019.855	0.130	OK
a	b	1	0.21	0.34	680	80	1	1	680	80	60.55	26.49	93.90	0.64	0.28	Calcular encurvadura	Calcular encurvadura	0.75	0.55	0.87	0.97	0.87	941.777	1048.115	0.136	OK

Tabela 2.62 - Dimensionamento da Travessa à Encurvadura Lateral – Barra nº1650.

Viga - Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1650) da Travessa do Pórtico																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.0	1.0	1.0	0.22	Momento nas extremidades	1.599	0	1882.28	484.00	0.246	a	0.21	0.535	0.990	112.588	0.730	OK

Tabela 2.63 - Dimensionamento da Travessa à Encurvadura Lateral – Barra nº1653.

Viga - Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1653) da Travessa do Pórtico																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.0	1.0	1.0	0.97	Momento nas extremidades	1.015	0	1194.88	484.00	0.309	a	0.21	0.559	0.975	110.952	0.741	OK

Tabela 2.64 - Dimensionamento da Travessa à Encurvadura Lateral – Barra nº1656.

Viga - Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1656) da Travessa do Pórtico																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
0.8	0.8	1.0	0.30	Momento nas extremidades	1.514	0	2742.70	484.00	0.204	a	0.21	0.521	0.999	113.649	0.723	OK

Tabela 2.65 - Determinação dos Fatores de Interação da Travessa do Pórtico – Caso 1

Fatores de Interação - Travessa do Pórtico											Factores Interação	
M <sub>Ed,y</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>						M <sub>Ed,y</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>						
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>	k <sub>yy</sub>	k <sub>zy</sub>
Sim	6.8	-82.2	Parabólico	cu	0.535	1.0	-82.2	Linear	cu	0.689	0.567	0.953
Sim	6.8	44.7	Parabólico	cu	0.535	1.0	-50.1	Linear	cu	0.689	0.567	0.953
Sim	6.8	-72.3	Parabólico	cu	0.535	1.0	-18.2	Linear	cu	0.689	0.567	0.953

Tabela 2.66 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 1

Travessa - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.136	0.126	0.420	0.706	0.000	0.000	0.557	0.832	OK
0.136	0.126	0.420	0.706	0.000	0.000	0.557	0.832	OK
0.136	0.126	0.420	0.706	0.000	0.000	0.557	0.832	OK

Tabela 2.67 - Determinação dos Fatores de Interação da Travessa do Pórtico – Caso 2

Fatores de Interação - Travessa do Pórtico											Factores Interação	
ME <sub>Ed,y</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>						ME <sub>Ed,y</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>					k <sub>yy</sub>	k <sub>zy</sub>
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>		
Sim	6.8	-82.2	Parabólico	cu	0.535	1.0	44.7	Linear	cu	0.989	0.567	0.953
Sim	6.8	44.7	Parabólico	cu	0.535	1.0	44.2	Linear	cu	0.989	0.567	0.953
Sim	6.8	-72.3	Parabólico	cu	0.535	1.0	43.5	Linear	cu	0.989	0.567	0.953

Tabela 2.68 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 2

Travessa - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.136	0.126	0.420	0.706	0.000	0.000	0.557	0.832	OK
0.136	0.126	0.420	0.706	0.000	0.000	0.557	0.832	OK
0.136	0.126	0.420	0.706	0.000	0.000	0.557	0.832	OK

Tabela 2.69 - Determinação dos Fatores de Interação da Travessa do Pórtico – Caso 3

Fatores de Interação - Travessa do Pórtico											Factores Interação	
ME <sub>Ed,y</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>						ME <sub>Ed,y</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>						
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>	k <sub>yy</sub>	k <sub>zy</sub>
Sim	6.8	-82.2	Parabólico	cu	0.535	0.8	-21.8	Linear	cu	0.721	0.567	0.953
Sim	6.8	44.7	Parabólico	cu	0.535	0.8	-47.0	Linear	cu	0.721	0.567	0.953
Sim	6.8	-72.3	Parabólico	cu	0.535	0.8	-72.3	Linear	cu	0.721	0.567	0.953

Tabela 2.70 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 3

Travessa - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.136	0.126	0.420	0.706	0.000	0.000	0.557	0.832	OK
0.136	0.126	0.420	0.706	0.000	0.000	0.557	0.832	OK
0.136	0.126	0.420	0.706	0.000	0.000	0.557	0.832	OK

## 2. Resultados do software "SemiComp"

De forma a comparar/validar os resultados das **Tabelas de Cálculo** anteriores, foi também realizado o dimensionamento da secção transversal mais esforçada da Travessa do Pórtico através do programa "SemiComp".

### SEMICOMP Cross-Section Check

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

$N_{Ed} = -122.000$ kN	$V_{z,Ed} = -64.800$ kN	<span style="border: 1px solid blue; padding: 5px; color: blue;">Perform cross-section checks</span>
$M_{y,Ed} = -82.200$ kNm	$V_{y,Ed} = 0.000$ kN	
$M_{z,Ed} = 0.000$ kNm		

*Reference values for classification*

$c/t_w = 33.273$	$\alpha_{web} = 0.739$	$\psi_{web} = -0.709$	$\varepsilon = 1.000$
$c/t_f = 4.824$	$\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{flange} = 1.000$	$\varepsilon_{mod,c13/4} = NaN$

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max} =$	46.041	53.017	96.317
$c/t_f \leq c/t_{f,max} =$	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.

$M_{pl,y,Rd} = 113.74$ kNm	$M_{pl,z,Rd} = 22.78$ kNm	$V_{pl,z,Rd} = 300.37$ kN
$M_{el,y,Rd} = 100.79$ kNm	$M_{el,z,Rd} = 14.62$ kNm	$V_{pl,y,Rd} = 373.66$ kN
$N_{Rd} = 1079.71$ kN		

**EN 1993-1-1, 6.2.3 / 6.2.4**  
*Tension or compression*  
 $U_{(6.5)/(6.9)} = 0.113 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.5**  
*Bending moment*  
 $U_{strong A} = 0.723 \leq 1,0$  ok  
 $U_{weak A} = 0.000 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.6**  
*Shear*  
 $U_{z-plastic} = 0.216 \leq 1,0$  ok      $U_{y-plastic} = 0.000 \leq 1,0$  ok  
 $U_{z-elastic} = 0.302 \leq 1,0$  ok      $U_{y-elastic} = 0.000 \leq 1,0$  ok  
 $h_w/t_w = 38.909 \leq 72\varepsilon/\eta = 60.000$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.9**  
*Bending and axial force*  
 $U_{(6.41)/(6.42)} = 0.522 \leq 1,0$  ok      $UF = 0.723$

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

Figura 2.61 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico (Secção mais esforçada).

### Nota Final:

Foi realizado também o dimensionamento da Travessa através do programa "A3C" da "Arcelor Mittal".

Indicam-se todas as informações que foram empregues no dimensionamento.

#### a) Características Gerais:

Perfil: IPE 270

Aço: S235 – JR

Norma: EC3

#### b) Propriedades Geométricas do Perfil:

$$I_y = 5789.78 \text{ cm}^4$$

$$W_{el,y} = 428.87 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,y} = 484 \text{ cm}^3$$

$$I_t = 16.02 \text{ cm}^4$$

$$I_w = 70577.89 \text{ cm}^6$$

$$I_z = 419.87 \text{ cm}^4$$

$$W_{el,z} = 62.2 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} = 96.95 \text{ cm}^3$$

#### c) Travamentos Laterais na Travessa

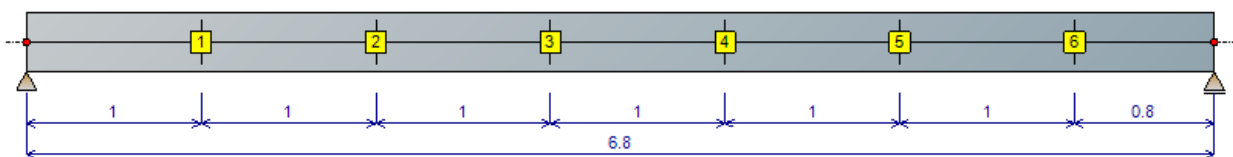


Figura 2.62 - Travamentos Laterais na Travessa.

#### d) Esforços de cálculo

Load cases

Case	Notation	Description	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
1	G	Permanent loads			

Add Remove

Mmax = 31.438 kN.m at x = 3.536 m  
 Mmin = -82.2 kN.m at x = 0 m  
 Vmax = 65.376 kN at x = 0 m  
 Vmin = -62.464 kN at x = 6.8 m

Axial force  
 Force 128.4 kN

z-z

Concentrated loads

i	x (m)	F (kN)
---	-------	--------

Add Remove

Distributed loads

Member weight taken into account

i	x1 (m)	q1 (kN/m)	x2 (m)	q2 (kN/m)
1	0	18.8	6.8	18.8

Add Remove

End moments

Right end -72.3 kN.m  
 Left end 82.2 kN.m

Surface load

Width of application 0.01 m  
 Uniform load 0 kN/m<sup>2</sup>

Figura 2.63 - Esforços Atuantes de Cálculo na Travessa.

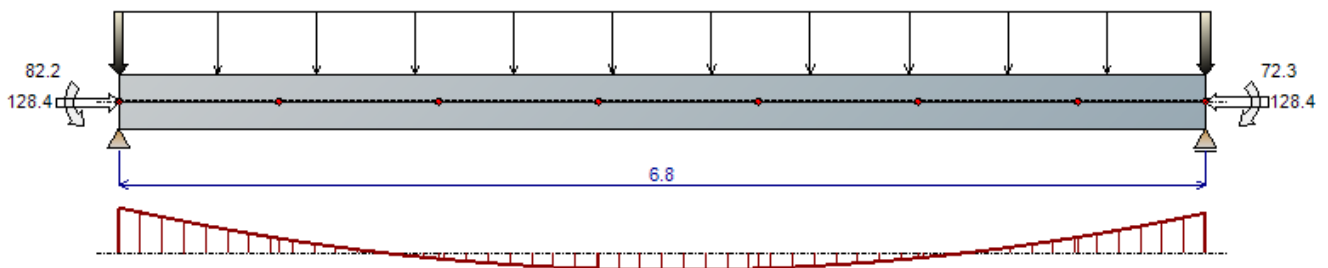


Figura 2.64 - Ações e Diagrama de Momentos ( $M_{Ed,y}$ ) na Travessa.

#### e) Resultados Finais:

##### e.1) Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Encurvadura por Compressão

Eixo y-y: **0.136**

Eixo z-z: **0.126**

##### e.2) Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Flexão Composta com Compressão

Rácio eq.6.61: **0.463**

Rácio eq.6.62: **0.814**



## f) Conclusões:

Na Tabela 2.71 indicam-se os resultados finais das verificações realizadas.

**Tabela 2.71 - Comparação dos Rácios de Dimensionamento.**

Dimensionamento	Tabela de Cálculo	"SemiComp"	"A3C"
Secções Transversais	0.522	0.522	-
Encurvadura por compressão (Coluna)	0.136	-	0.136
Encurvadura Lateral ou bambeamento (Viga)	0.741	-	-
Flexão Composta + compressão (Coluna – Viga)	0.832	-	0.814

Verifica-se que os resultados da Tabela de Cálculo, do "SemiComp" e do "A3C" são análogos, o que mostra que os meios que foram utilizados no dimensionamento da Travessa conduzem a resultados idênticos e verificam as condições de segurança.

### 3. Verificação da Deformação (flechas)

A verificação ao estado limite de utilização passa pelo controlo das deformações na travessa do pórtico.

A deformação máxima admissível não deve exceder  $L/300$ , em que  $L$  é o vão da travessa.

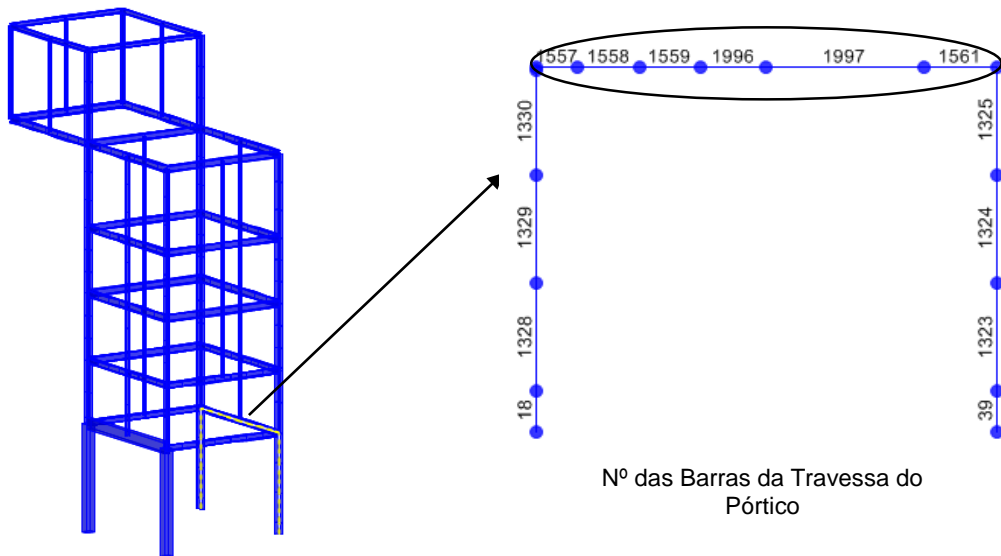
A determinação da flecha máxima, foi analisada no "Sap" (\*) e conduziu ao valor indicado na Tabela 2.72.

**Tabela 2.72 - Verificação da Deformação da Travessa.**

$\delta_{M\acute{a}x.}$ [m] (*)	$\delta_{admiss\acute{i}vel}$ [m]	Verificação	Obs.
0.002	$6.8/300 = 0.023$	$0.002 < 0.023$	OK

- **Dimensionamento da Travessas dos Pórticos Laterais da Torre**

Os elementos seguintes referem-se a todos as verificações que foram realizadas para o dimensionamento da Travessa de um dos Pórticos da zona da Torre.

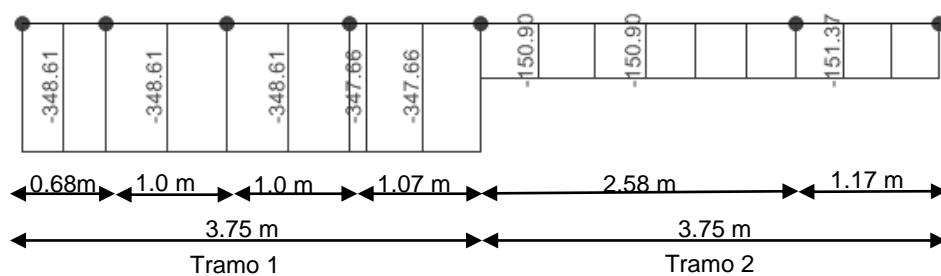


**Figura 2.65 - Identificação das Barras que constituem a Travessa.**

De referir que foram estudados os 2 tramos (\*) que constituem a Travessa do pórtico.

(\*) O pilar localizado a meio divide a Travessa em 2 tramos.

Nas Figuras 2.66 a 2.68 estão indicados os diagramas correspondentes à combinação mais condicionante – ELU\_w(wxx1\_T+).



**Figura 2.66 - Diagrama de Esforço Axial (NEd).**

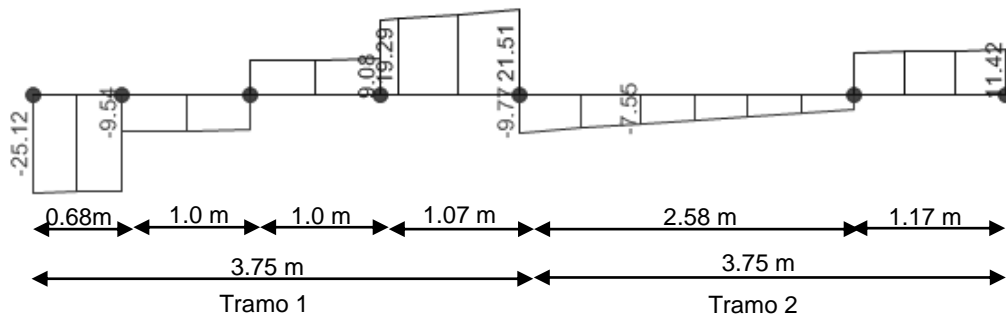


Figura 2.67 - Diagrama de Esforço Transverso ( $V_{Ed}$ ).

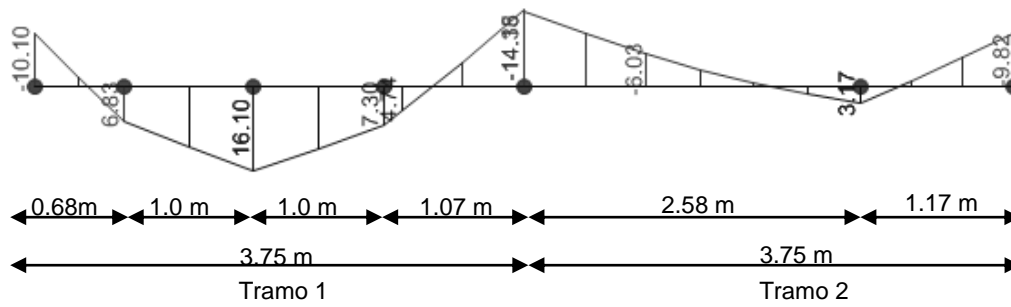


Figura 2.68 - Diagrama de Momentos ( $M_{Ed,y}$ ).

Nota: Neste caso particular os momentos fletores em z não têm qualquer significado.

## 1. Resultados da Tabela de Cálculo

### Dimensionamento Tramo 1 da Travessa do Pórtico

Nas Tabelas 2.73 a 2.82 são feitas as verificações da Travessa do Pórtico para a Combinação ELU\_w(wxx1\_T+).

Tabela 2.73 – Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.

Identificação			Características Gerais				Esforços Actuantes de Cálculo					
Barra	Combinação	Nºda barra	L [m]	Perfil	Area [mm <sup>2</sup> ]	Aço	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>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]
Travessa	ELU_w(wxx1_T+)	1559	1.0	IPE 300	5381	S 235	-348.0	0.0	-25.1	0.0	0.0	16.1
	ELU_w(wxx1_T+)	1996	1.1	IPE 300	5381	S 235	-348.0	0.0	21.5	0.0	0.0	-14.40

Tabela 2.74 – Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.

Características Elásticas e Plásticas Eixo YY				Características Elásticas e Plásticas Eixo ZZ				Classes		Esforços Resistentes de Cálculo						
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	Compressão	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,z</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,y</sub> [kN]	M <sub>pl,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>pl,Rd,z</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,z</sub> [kN.m]
8356	628.4	557.1	25.68	603.8	125.2	80.5	28.13	1	2	1264.5	348.4	381.7	147.7	29.4	130.9	18.9
8356	628.4	557.1	25.68	603.8	125.2	80.5	28.13	1	2	1264.5	348.4	381.7	147.7	29.4	130.9	18.9

Tabela 2.75 – Análise das Secções Transversais mais esforçadas da Travessa do Pórtico.

Análise das Secção Transversais mais solicitadas														
Momentos segundo eixo YY - Classes 1 ou 2								Momentos segundo eixo ZZ - Classes 1 ou 2					Rácios	
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_{wtw} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condições de verificação	$M_{N,Rd,y}$	$\alpha$	$(M_{Ed,y} / M_{N,Rd,y})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condição de verificação	$M_{N,Rd,z}$	$\beta$	$(M_{Ed,z} / M_{N,Rd,z})^\beta$	Eq. 6.41 ou Eq. 6.2	Obs.
0.275	0.403	316.13	232.42	Esf. Axial c/signif.	134.08	2	0.01	464.84	Esf. Axial s/signif.	29.42	1.4	0.00	0.014	OK
0.275	0.403	316.13	232.42	Esf. Axial c/signif.	134.08	2	0.01	464.84	Esf. Axial s/signif.	29.42	1.4	0.00	0.012	OK

Tabela 2.76 – Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Encurvadura por Compressão.

Coluna - Encurvadura por Compressão																										
Curva yy	Curva zz	$\beta_A$	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,yy}$ [cm]	$L_{cr,zz}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\lambda_1$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\phi_y$	$\phi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,rd,y}$ [kN]	$N_{b,rd,z}$ [kN]	$N_{Ed} / N_{b,rd}$ [kN]	Obs.
a	b	1	0.21	0.34	375	100	1	1	375	100	30.10	29.85	93.90	0.32	0.32	Calcular encurvadura	Calcular encurvadura	0.56	0.57	0.97	0.96	0.96	1229.952	1210.799	0.287	OK
a	b	1	0.21	0.34	375	110	1	1	375	110	30.10	32.84	93.90	0.32	0.35	Calcular encurvadura	Calcular encurvadura	0.56	0.59	0.97	0.95	0.95	1229.952	1195.723	0.291	OK

Tabela 2.77 – Dimensionamento da Travessa à Encurvadura Lateral – Barra nº1559.

Viga - Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1559) da Travessa do Pórtico																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.0	1.0	1.0	0.45	Momento nas extremidades	1.368	0	2547.60	628.40	0.241	a	0.21	0.533	0.991	146.35	0.098	OK

Tabela 2.78 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Encurvadura Lateral – Barra nº1996.

Viga - Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1996) da Travessa do Pórtico																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.1	1.1	1.0	-0.51	Momento nas extremidades	2.700	0	4181.93	628.40	0.188	a	0.21	0.516	1.000	147.67	0.098	OK

Tabela 2.79 – Determinação dos Fatores de Interação da Travessa do Pórtico – Caso 1

Fatores de Interação - Travessa do Pórtico											Factores Interação	
MEd,y entre travamentos em zz - Cmy						MEd,y entre travamentos em yy - CmLT						
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>	k <sub>yy</sub>	k <sub>zy</sub>
Sim	3.75	-10.4	Parabólico	cu	0.503	1.00	16.1	Linear	cu	0.781	0.520	0.950
Sim	3.75	16.10	Parabólico	cu	0.503	1.00	11.70	Linear	cu	0.781	0.520	0.950
Sim	3.75	-14.4	Parabólico	cu	0.503	1.00	7.3	Linear	cu	0.781	0.520	0.950

Tabela 2.80 – Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 1.

Travessa - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.283	0.287	0.057	0.105	0.000	0.000	0.340	0.392	OK
0.283	0.287	0.057	0.105	0.000	0.000	0.340	0.392	OK
0.283	0.287	0.057	0.105	0.000	0.000	0.340	0.392	OK

Tabela 2.81 - Determinação dos Fatores de Interação da Travessa do Pórtico – Caso 2.

Fatores de Interação - Travessa do Pórtico											Factores Interação	
ME <sub>d,y</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>						ME <sub>d,y</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>					k <sub>yy</sub>	k <sub>zy</sub>
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>		
Sim	3.75	-10.4	Parabólico	cu	0.503	1.10	7.3	Linear	cu	0.400	0.520	0.932
Sim	3.75	16.10	Parabólico	cu	0.503	1.10	-3.52	Linear	cu	0.400	0.520	0.932
Sim	3.75	-14.4	Parabólico	cu	0.503	1.10	-14.4	Linear	cu	0.400	0.520	0.932

Tabela 2.82 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 2.

Travessa - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.283	0.287	0.057	0.103	0.000	0.000	0.340	0.390	OK
0.283	0.287	0.057	0.103	0.000	0.000	0.340	0.390	OK
0.283	0.287	0.057	0.103	0.000	0.000	0.340	0.390	OK



## 2. Resultados do software "SemiComp"

De forma a comparar/validar os resultados das **Tabelas de Cálculo** anteriores, foi realizado também o dimensionamento do Tramo 1 da Travessa do Pórtico através do programa "SemiComp".

Nas Figuras 2.69 e 2.70 estão indicados os resultados obtidos.

### SEMCOMP Cross-Section Check

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

$N_{Ed} = -348.000$  kN

$M_{y,Ed} = 16.100$  kNm

$M_{z,Ed} = 0.000$  kNm

$V_{z,Ed} = -25.100$  kN

$V_{y,Ed} = 0.000$  kN

Perform cross-section checks

---

*Reference values for classification*

$c/t_w = 35.014$

$c/t_f = 5.276$

$\alpha_{web} = 1.000$

$\alpha_{flange} = 1.000$

$\psi_{web} = 0.459$

$\psi_{flange} = 1.000$

$\epsilon = 1.000$

$\epsilon_{mod,cB/4} = NaN$

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max}$	33.000	38.000	51.118
$c/t_f \leq c/t_{f,max}$	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

$M_{el,y,Rd} = 130.91$  kNm

$N_{Rd} = 1264.58$  kN

$M_{pl,z,Rd} = 29.43$  kNm

$M_{el,z,Rd} = 18.92$  kNm

$V_{pl,z,Rd} = 348.44$  kN

$V_{pl,y,Rd} = 435.52$  kN

---

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

$U_{(6.5)/(6.9)} = 0.275 \leq 1,0$  ok

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

$U_{strong A} = 0.109 \leq 1,0$  ok

$U_{weak A} = 0.000 \leq 1,0$  ok

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

$U_{z-plastic} = 0.072 \leq 1,0$  ok      $U_{y-plastic} = 0.000 \leq 1,0$  ok

$U_{z-elastic} = 0.098 \leq 1,0$  ok      $U_{y-elastic} = 0.000 \leq 1,0$  ok

$h_w/t_w = 40.254 \leq 72\epsilon l \eta = 60.000$  ok

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

$U_{(6.41)/(6.42)} = 0.014 \leq 1,0$  ok      $UF = 0.362$

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

Figura 2.69 - Dimensionamento do Tramo 1 da Travessa do Pórtico (Secção mais solicitada).

<b>SEMICOMP Member Check</b>			
Choose method for member check	Choose method for cross-section resistance	<b>Perform member design check</b>	
Method 2 (EN 1993-1-1 Annex B) ▼	EN 1993-1-1:2010-12 ▼		
<b>Section classification for member design check</b> <small>(based on 1. order cross-section forces)</small>			
<i>Reference values for classification in the worst section along the member</i>			
$c/t_w = 35.014$	$\alpha_{web} = 1.000$	$\psi_{web} = 0.910$	$\varepsilon = 1.000$
$c/t_f = 5.276$	$\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{flange} = 1.000$	
<b>Boundaries</b>	<b>Class 1</b>	<b>Class 2</b>	<b>Class 3</b>
$c/t_w \leq c/t_{w,max} =$	33.000	38.000	43.284
$c/t_f \leq c/t_{f,max} =$	9.000	10.000	13.771
Member class =	<b>2</b>		
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.			
<b>Member Check</b>			
$N_{Rd} = 1264.582$ kN	$M_{pl,y,Rd} = 147.664$ kNm	$N_{Ed} = -348.610$ kN	
$M_{y,Rd} = 147.664$ kNm	$M_{pl,z,Rd} = 29.426$ kNm	$M_{y,Ed,max} = 14.380$ 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>	
$L_{cr,y} = 3.750$ m	$L_{cr,z} = 0.938$ m	$M_{cr} = 2547.600$ kNm	
$N_{cr,y} = 12315.743$ kN	$N_{cr,z} = 14238.167$ kN	$\alpha_{LT} = 0.34$ [-]	
$\alpha_y = 0.21$ [-]	$\alpha_z = 0.34$ [-]	$\lambda_{LT} = 0.241$ [-]	
$\lambda_y = 0.320$ [-]	$\lambda_z = 0.298$ [-]	$\chi_{LT,mod} = 1.000$ [-]	
$\chi_y = 0.973$ [-]	$\chi_z = 0.965$ [-]	$f_{mod} = 0.991$ [-]	
<b>EN 1993-1-1, 6.3.3</b>			
<i>Uniform member in bending and axial compression</i>		<i>Global interaction factors</i>	
Eq. (6.61):	$U = 0.341 \leq 1,0$ <b>ok</b>	$k_{yy} = 0.593$	
Eq. (6.62):	$U = 0.373 \leq 1,0$ <b>ok</b>	$k_{yz} = 0.000$	
		$k_{zy} = 0.898$	
		$k_{zz} = 0.000$	
<i>Cross-section check at each end of the member</i>			
Left end:	$U = 0.276 \leq 1,0$ <b>ok</b>	$UF = 0.330$	
Right end:	$U = 0.276 \leq 1,0$ <b>ok</b>	$UF = 0.353$	
<b>Additional member checks</b>			
<b>EN 1993-1-1, 6.3.1</b>			
<i>Strong axis flexural buckling check</i>			
Eq. (6.46):	$N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.283 \leq 1,0$ <b>ok</b>		
<i>Weak axis flexural buckling check</i>			
Eq. (6.46):	$N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.286 \leq 1,0$ <b>ok</b>		
<b>EN 1993-1-1, 6.3.2</b>			
<i>Lateral torsional buckling</i>			
Eq. (6.54):	$M_{Ed}/M_{b,Rd} = 0.097 \leq 1,0$ <b>ok</b>		

Figura 2.70 - Dimensionamento do Tramo 1 da Travessa do Pórtico (Coluna-Viga).

## 1. Dimensionamento do Tramo 2 da Travessa do Pórtico

Nas tabelas 2.83 a 2.89 são feitas as verificações da Travessa do Pórtico para a Combinação ELU\_w(wxx1\_T+).

Tabela 2.83 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.

Identificação			Características Gerais				Esforços Actuantes de Cálculo					
Barra	Combinação	Nºda barra	L [m]	Perfil	Area [mm <sup>2</sup> ]	Aço	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>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]
Travessa	ELU_w(wxx1_T+)	1997	2.6	IPE 300	5381	S 235	-151	0.0	-21.5	0.0	0.0	-14.4

Tabela 2.84 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.

Características Elásticas e Plásticas Eixo YY				Características Elásticas e Plásticas Eixo ZZ				Classes		Esforços Resistentes de Cálculo						
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	Compressão	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,z</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,y</sub> [kN]	M <sub>pl,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>pl,Rd,z</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,z</sub> [kN.m]
8356	628.4	557.1	25.68	603.8	125.2	80.5	28.13	1	2	1264.5	348.4	381.7	147.7	29.4	130.9	18.9

Tabela 2.85 - Análise das Secções Transversais mais esforçadas da Travessa do Pórtico.

Análise das Secção Transversais mais solicitadas														
Momentos segundo eixo YY - Classes 1 ou 2							Momentos segundo eixo ZZ - Classes 1 ou 2					Rácios		
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condições de verificação	$M_{N,Rd,y}$	$\alpha$	$(M_{Ed,y}/M_{N,Rd,y})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condição de verificação	$M_{N,Rd,z}$	$\beta$	$(M_{Ed,z}/M_{N,Rd,z})^\beta$	Eq. 6.41 ou Eq. 6.2	Obs.
0.119	0.403	316.13	232.42	Esf. Axial s/signif.	147.67	2	0.01	464.84	Esf. Axial s/signif.	29.42	1	0.00	0.010	OK

Tabela 2.86 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Encurvadura por Compressão.

Coluna - Encurvadura por Compressão																										
Curva yy	Curva zz	$\beta_A$	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,yy}$ [cm]	$L_{cr,zz}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\lambda_1$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\phi_y$	$\phi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,Rd,y}$ [kN]	$N_{b,Rd,z}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$ [kN]	Obs.
a	b	1	0.21	0.34	375	260	1	1	375	260	30.10	77.61	93.90	0.32	0.83	Calcular encurvadura	Calcular encurvadura	0.56	0.95	0.97	0.71	0.71	1229.952	895.216	0.169	OK

Tabela 2.87 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Encurvadura Lateral – Barra nº1997.

Viga - Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1997) da Travessa do Pórtico																
L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\bar{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,Rd,y}$ [kN.m]	$M_{Ed,y}/M_{b,Rd,y}$	Obs.
2.6	2.6	1.0	-0.22	Momento nas extremidades	2.233	0	711.86	628.40	0.455	a	0.21	0.631	0.938	138.45	0.104	OK

Tabela 2.88 - Determinação dos Fatores de Interação da Travessa do Pórtico – Caso 1.

Fatores de Interação - Travessa do Pórtico											Factores Interação	
MEd,y entre travamentos em zz - Cmy						MEd,y entre travamentos em yy - CmLT						
Susc. À def. Torção	L [m]	MEd,y [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	Cmy	L [m]	MEd,y [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	CmLT	kyy	kzy
Sim	3.75	-14.4	Parabólico	cu	0.400	2.60	-14.4	Linear	cu	0.512	0.406	0.977
Sim	3.75	1.90	Parabólico	cu	0.400	2.60	-3.50	Linear	cu	0.512	0.406	0.977
Sim	3.75	-9.8	Parabólico	cu	0.400	2.60	3.17	Linear	cu	0.512	0.406	0.977

Tabela 2.89 - Dimensionamento da Travessa do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 1.

Travessa - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
$N_{Ed}/N_{brd,y}$	$N_{Ed}/N_{brd,z}$	$k_{yy}^*(M_{y,Ed}/M_{brd,y})$	$k_{zy}^*(M_{y,Ed}/M_{brd,y})$	$k_{yz}^*(M_{z,Ed}/M_{Rd,z})$	$k_{zz}^*(M_{z,Ed}/M_{Rd,z})$	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.123	0.169	0.042	0.102	0.000	0.000	0.165	0.270	OK
0.123	0.169	0.042	0.102	0.000	0.000	0.165	0.270	OK
0.123	0.169	0.042	0.102	0.000	0.000	0.165	0.270	OK

## 2. Resultados do software "SemiComp"

De forma a comparar/validar os resultados das **Tabelas de Cálculo** anteriores, foi realizado também o dimensionamento do Tramo 2 da Travessa do Pórtico através do programa "SemiComp".

Nas Figuras 2.71 e 2.72 estão indicados os resultados obtidos.

### SEMCOMP Cross-Section Check

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

$N_{Ed} = -151.000$ kN	$V_{z,Ed} = -21.500$ kN	<span style="border: 1px solid gray; padding: 5px;">Perform cross-section checks</span>
$M_{y,Ed} = -14.400$ kNm	$V_{y,Ed} = 0.000$ kN	
$M_{z,Ed} = 0.000$ kNm		

---

*Reference values for classification*

$c/t_w = 35.014$	$\alpha_{web} = 1.000$	$\psi_{web} = 0.134$	$\epsilon = 1.000$
$c/t_f = 5.276$	$\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{flange} = 1.000$	$\epsilon_{mod,CB/4} = NaN$

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max}$	33.000	38.000	58.800
$c/t_f \leq c/t_{f,max}$	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*

$U_{(6.5)/(6.9)} = 0.119 \leq 1,0$  ok

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

$U_{strong A} = 0.098 \leq 1,0$  ok

$U_{weak A} = 0.000 \leq 1,0$  ok

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

$U_{z-plastic} = 0.062 \leq 1,0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>	$U_{y-plastic} = 0.000 \leq 1,0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>
$U_{z-elastic} = 0.084 \leq 1,0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>	$U_{y-elastic} = 0.000 \leq 1,0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>
$h_w/t_w = 40.254 \leq 72\epsilon/\eta = 60.000$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>	

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

$U_{(6.41)/(6.42)} = 0.010 \leq 1,0$  ok       $UF = 0.197$

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

Figura 2.71 - Dimensionamento do Tramo 2 da Travessa do Pórtico (Secção mais solicitada).

<b>SEMICOMP Member Check</b>											
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	<input type="button" value="Perform member design check"/>									
<b>Section classification for member design check</b> (based on 1. order cross-section forces)											
<i>Reference values for classification in the worst section along the member</i>											
$c/t_w = 35.014$ $c/t_f = 5.276$	$\alpha_{web} = 1.000$ $\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{web} = 0.966$ $\psi_{flange} = 1.000$ $\varepsilon = 1.000$									
<b>Boundaries</b>											
	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Class 1</th> <th style="width: 33%;">Class 2</th> <th style="width: 33%;">Class 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><math>c/t_w \leq c/t_{w,max} = 33.000</math></td> <td style="text-align: center;"><math>c/t_w \leq c/t_{w,max} = 38.000</math></td> <td style="text-align: center;"><math>c/t_w \leq c/t_{w,max} = 42.484</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>c/t_f \leq c/t_{f,max} = 9.000</math></td> <td style="text-align: center;"><math>c/t_f \leq c/t_{f,max} = 10.000</math></td> <td style="text-align: center;"><math>c/t_f \leq c/t_{f,max} = 13.771</math></td> </tr> </tbody> </table>	Class 1	Class 2	Class 3	$c/t_w \leq c/t_{w,max} = 33.000$	$c/t_w \leq c/t_{w,max} = 38.000$	$c/t_w \leq c/t_{w,max} = 42.484$	$c/t_f \leq c/t_{f,max} = 9.000$	$c/t_f \leq c/t_{f,max} = 10.000$	$c/t_f \leq c/t_{f,max} = 13.771$	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-size: small;">           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.         </div>
Class 1	Class 2	Class 3									
$c/t_w \leq c/t_{w,max} = 33.000$	$c/t_w \leq c/t_{w,max} = 38.000$	$c/t_w \leq c/t_{w,max} = 42.484$									
$c/t_f \leq c/t_{f,max} = 9.000$	$c/t_f \leq c/t_{f,max} = 10.000$	$c/t_f \leq c/t_{f,max} = 13.771$									
Member class = <b>2</b>											
<b>Member Check</b>											
$N_{Rd} = 1264.582$ kN $M_{y,Rd} = 147.664$ kNm $M_{z,Rd} = 29.426$ kNm	$M_{ply,Rd} = 147.664$ kNm $M_{pl,z,Rd} = 29.426$ kNm $M_{el,y,Rd} = 130.912$ kNm $M_{el,z,Rd} = 18.918$ kNm	$N_{Ed} = -151.000$ kN $M_{y,Ed,max} = 14.380$ kNm $M_{z,Ed,max} = 0.000$ kNm									
<b>Strong axis buckling</b> $L_{cr,y} = 3.750$ m $N_{cr,y} = 12315.743$ kN $\alpha_y = 0.21$ [-] $\lambda_y = 0.320$ [-] $\chi_y = 0.973$ [-]	<b>Weak axis buckling</b> $L_{cr,z} = 1.875$ m $N_{cr,z} = 3559.542$ kN $\alpha_z = 0.34$ [-] $\lambda_z = 0.596$ [-] $\chi_z = 0.839$ [-]	<b>Lateral torsional buckling</b> $M_{cr} = 711.860$ kNm $\alpha_{LT} = 0.34$ [-] $\lambda_{LT} = 0.455$ [-] $\chi_{LT,mod} = 1.000$ [-] $f_{mod} = 0.890$ [-]									
<b>EN 1993-1-1, 6.3.3</b>											
<i>Uniform member in bending and axial compression</i>		<i>Global interaction factors</i>									
Eq. (6.61): $U = 0.162 \leq 1,0$ <b>ok</b> Eq. (6.62): $U = 0.237 \leq 1,0$ <b>ok</b>	$k_{yy} = 0.406$ $k_{yz} = 0.000$ $k_{zy} = 0.968$ $k_{zz} = 0.000$										
<i>Cross-section check at each end of the member</i>											
Left end: $U = 0.119 \leq 1,0$ <b>ok</b> Right end: $U = 0.119 \leq 1,0$ <b>ok</b>	$UF = 0.197$ $UF = 0.172$										
<b>Additional member checks</b>											
<b>EN 1993-1-1, 6.3.1</b>											
<i>Strong axis flexural buckling check</i>											
Eq. (6.46): $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.123 \leq 1,0$ <b>ok</b>											
<i>Weak axis flexural buckling check</i>											
Eq. (6.46): $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.142 \leq 1,0$ <b>ok</b>											
<b>EN 1993-1-1, 6.3.2</b>											
<i>Lateral torsional buckling</i>											
Eq. (6.54): $M_{Ed}/M_{b,Rd} = 0.097 \leq 1,0$ <b>ok</b>											

Figura 2.72 - Dimensionamento do Tramo 1 da Travessa do Pórtico (Coluna-Viga).

## Conclusões:

Nas Tabelas 2.90 e 2.91 resumem-se os resultados do dimensionamento.

Tabela 2.90 – Resultados dos diferentes Rácios de Dimensionamento do Tramo 1.

Dimensionamento	Tabela de Cálculo	"SemiComp"
Secções Transversais	0.014	0.014
Encurvadura por compressão (Coluna)	0.291	0.286
Encurvadura Lateral ou Bambeamento (Viga)	0.098	0.097
Flexão Composta + compressão (Coluna – Viga)	0.392	0.373

Tabela 2.91 - Resultados dos diferentes Rácios de Dimensionamento do Tramo 2.

Dimensionamento	Tabela de Cálculo	"SemiComp"
Secções Transversais	0.010	0.010
Encurvadura por compressão (Coluna)	0.164	0.142
Encurvadura Lateral ou Bambeamento (Viga)	0.104	0.097
Flexão Composta + compressão (Coluna –Viga)	0.270	0.237

Verifica-se que a secção transversal mais solicitada e o elemento (coluna–viga) têm rácios quer na Tabela de Cálculo quer no programa "SemiComp", da mesma ordem de grandeza e inferiores à unidade.



### 3. Verificação da Deformação (flechas)

A verificação ao estado limite de utilização passa pela verificação das deformações na barra. A deformação máxima admissível não deve exceder  $L/300$ , em que  $L$  é o vão da travessa.

**Tabela 2.92 – Verificação da Deformação da Travessa – Tramo 1.**

$\delta_{\text{Máx. [m] (*)}$	$\delta_{\text{admissível [m]}}$	Verificação	Obs.
0.001	$3.75/300 = 0.0125$	$0.001 < 0.0125$	OK

**Tabela 2.93 - Verificação da Deformação da Travessa – Tramo 2.**

$\delta_{\text{Máx. [m] (*)}$	$\delta_{\text{admissível [m]}}$	Verificação	Obs.
0.001	$3.75/300 = 0.0125$	$0.001 < 0.0125$	OK

(\*) Resultados dos ficheiros "SAP" retirados do modelo final.

### 2.2.5.2 - Dimensionamento das Colunas dos Alçados Laterais na zona da Torre

#### Procedimentos usados no Dimensionamento das Colunas

1. A partir da Tabela de Cálculo cujo funcionamento foi descrito anteriormente no dimensionamento das travessas dos pórticos;
2. Com recurso ao programa "SemiComp";
3. A partir dos ficheiros de resultados das deformações do "Sap".

Nota: Nos casos em que as colunas estão sujeitas a esforço axial de tração o dimensionamento foi feito também a partir do programa "LTBeamN".

- **Coluna do Pórtico dos Alinhamentos B e C entre os Pisos 2 e 3**

Os elementos referem-se a todas as verificações realizadas para o dimensionamento da coluna de um dos pórticos da zona da Torre.

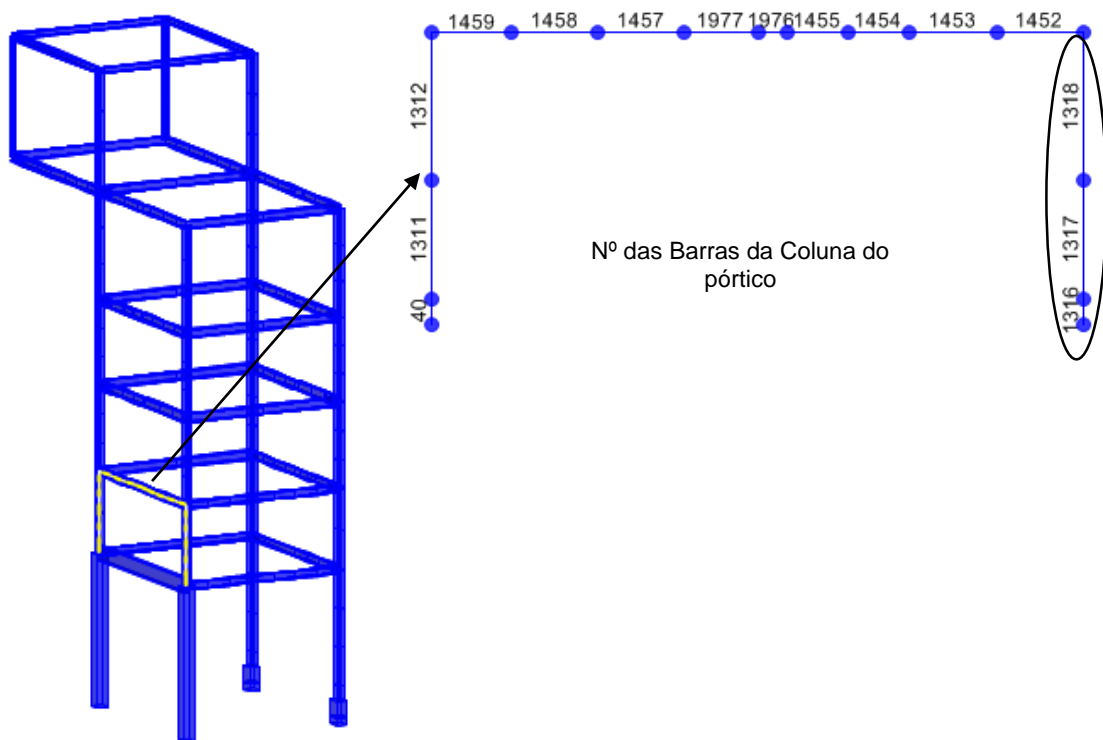


Figura 2.73 - Identificação das Barras da Coluna do Pórtico.

Nas Figura 2.74 e 2.75 estão indicados os diagramas correspondentes à combinação mais condicionante – ELU\_w(wxx1\_T+) que serviu de base para o dimensionamento.

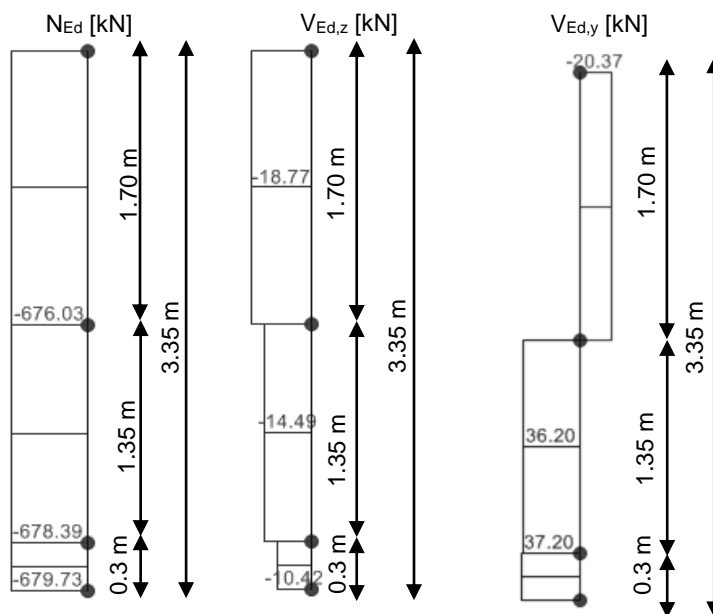


Figura 2.74 - Diagramas de Esforços de Cálculo da Coluna do Pórtico.

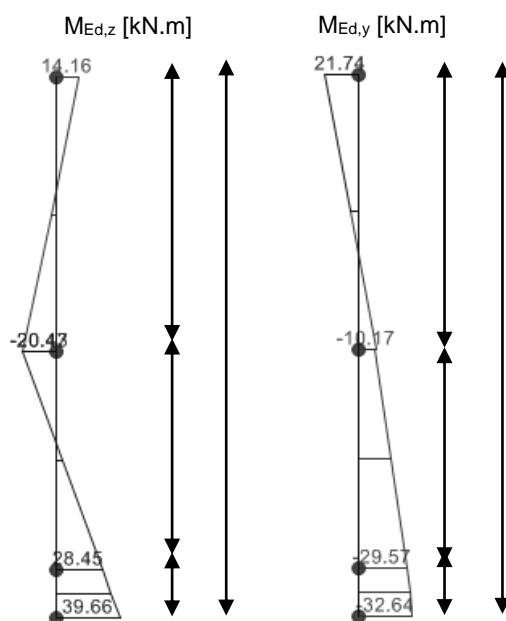


Figura 2.75 - Diagramas de Esforços de Cálculo da Coluna do Pórtico.

Nota: No dimensionamento considerou-se que a coluna é composta por dois troços com os comprimentos de 1.65 m e 1.70 m.

## 1. Resultados da Tabela de Cálculo

Nas tabelas 2.94 a 2.103 estão indicadas todas as verificações realizadas, referentes ao dimensionamento da Coluna do Pórtico, que no caso presente funciona como coluna-viga.

**Tabela 2.94 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.**

Identificação			Características Gerais				Esforços Actuantes de Cálculo					
Barra	Combinação	Nºda barra	L [m]	Perfil	Area [mm <sup>2</sup> ]	Aço	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>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]
Pilar_zonaB	ELU_w(wxx1_T+)	1318	1.70	HE 240 A	7684	S 235	-679.8	0.0	-18.8	-20.4	-14.2	21.7
	ELU_w(wxx1_T+)	1317	1.65	HE 240 A	7684	S 235	-679.8	0.0	-14.5	37.2	39.7	-32.60

**Tabela 2.95 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.**

Características Elásticas e Plásticas Eixo YY				Características Elásticas e Plásticas Eixo ZZ				Classes		Esforços Resistentes de Cálculo						
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	Compressão	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,z</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,y</sub> [kN]	M <sub>pl,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>pl,Rd,z</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,z</sub> [kN.m]
7763	744.6	675.1	25.18	2769	351.7	230.7	51.66	1	1	1805.7	341.6	700.9	175.0	82.6	158.6	54.2
7763	744.6	675.1	25.18	2769	351.7	230.7	51.66	1	1	1805.7	341.6	700.9	175.0	82.6	158.6	54.2

Tabela 2.96 - Análise das Secções Transversais mais esforçadas da Coluna do Pórtico.

Análise das Secção Transversais mais solicitadas														
Momentos segundo eixo YY - Classes 1 ou 2								Momentos segundo eixo ZZ - Classes 1 ou 2					Rácios	
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_{wtw} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condições de verificação	$M_{N,Rd,y}$	$\alpha$	$(M_{Ed,y} / M_{N,Rd,y})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condição de verificação	$M_{N,Rd,z}$	$\beta$	$(M_{Ed,z} / M_{N,Rd,z})^\beta$	Eq. 6.41 ou Eq. 6.2	Obs.
0.376	0.250	451.44	181.54	Esf. Axial c/signif.	124.72	2	0.03	363.08	Esf. Axial c/signif.	80.31	1.9	0.04	0.069	OK
0.376	0.250	451.44	181.54	Esf. Axial c/signif.	124.72	2	0.07	363.08	Esf. Axial c/signif.	80.31	1.9	0.27	0.334	OK

Tabela 2.97 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à Encurvadura por Compressão.

Coluna - Encurvadura por Compressão																										
Curva yy	Curva zz	$\beta_A$	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,yy}$ [cm]	$L_{cr,zz}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\lambda_1$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\phi_y$	$\phi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,rd,y}$ [kN]	$N_{b,rd,z}$ [kN]	$N_{Ed} / N_{b,rd}$ [kN]	Obs.
b	c	1	0.34	0.49	170	170	1	1	170	170	16.92	28.33	93.90	0.18	0.30	Efeitos de encurvadura ignorados	Calcular encurvadura	0.51	0.57	1.00	0.95	0.95	1805.740	1712.311	0.397	OK
b	c	1	0.34	0.49	165	165	1	1	165	165	16.42	27.50	93.90	0.17	0.29	Efeitos de encurvadura ignorados	Calcular encurvadura	0.51	0.57	1.00	0.95	0.95	1805.740	1720.484	0.395	OK

Tabela 2.98 - Dimensionamento da Coluna à Encurvadura Lateral – Barra nº1318.

Encurvadura Lateral ou Bامbeamento do Troço (Barra Nº1318) da Coluna																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Z <sub>g</sub> [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.7	1.7	1.0	-0.47	Momento nas extremidades	2.653	0	6135.30	744.60	0.169	a	0.21	0.511	1.000	174.98	0.186	OK

Tabela 2.99 - Dimensionamento da Coluna à Encurvadura Lateral – Barra nº1317.

Encurvadura Lateral ou Bامbeamento do Troço (Barra Nº1317) da Coluna																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Z <sub>g</sub> [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.65	1.65	1.0	0.31	Momento nas extremidades	1.503	0	3674.94	744.60	0.218	a	0.21	0.526	0.996	174.28	0.187	OK

Tabela 2.100 - Determinação dos Fatores de Interação da Coluna do Pórtico – Caso 1

Fatores de Interação - Coluna																Factores Interação			
MEd,y entre travamentos em zz - Cmy						MEd,y entre travamentos em yy - CmLT					Med,z entre travamentos em yy - Cmz								
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>	L [m]	M <sub>ed,z</sub> [kNm]	Diag. de momentos	Tipo de carga	C <sub>mz</sub>	k <sub>yy</sub>	k <sub>yz</sub>	k <sub>zy</sub>	k <sub>zz</sub>
Sim	3.35	21.70	Linear	cu	0.400	1.70	21.74	Linear	cu	0.413	1.70	14.16	Linear	cu	0.400	0.397	0.240	0.902	0.401
Sim	3.35	-10.20	Linear	cu	0.400	1.70	5.79	Linear	cu	0.413	1.70	-3.16	Linear	cu	0.400	0.397	0.240	0.902	0.401
Sim	3.35	-32.8	Linear	cu	0.400	1.70	-10.16	Linear	cu	0.413	1.70	-20.4	Linear	cu	0.400	0.397	0.240	0.902	0.401

Tabela 2.101 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 1

Coluna - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.376	0.397	0.074	0.169	0.115	0.192	0.566	0.758	OK
0.376	0.397	0.074	0.169	0.115	0.192	0.566	0.758	OK
0.376	0.397	0.074	0.169	0.115	0.192	0.566	0.758	OK

Tabela 2.102 - Determinação dos Fatores de Interação da Coluna do Pórtico – Caso 2

Fatores de Interação - Coluna															Factores Interação				
MEd,y entre travamentos em zz - Cmy						MEd,y entre travamentos em yy - CmLT					Med,z entre travamentos em yy - Cmz								
Susc. À def. Torção	L [m]	MEd,y [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	Cmy	L [m]	MEd,y [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	CmLT	L [m]	MEd,z [kNm]	Diag. de momentos	Tipo de carga	Cmz	kyy	kyy	kzy	kzz
Sim	3.35	21.70	Linear	cu	0.400	1.65	-10.2	Linear	cu	0.724	1.65	-20.4	Linear	cu	0.400	0.397	0.240	0.902	0.401
Sim	3.35	-10.20	Linear	cu	0.400	1.65	-21.50	Linear	cu	0.724	1.65	13.6	Linear	cu	0.400	0.397	0.240	0.902	0.401
Sim	3.35	-32.8	Linear	cu	0.400	1.65	-32.8	Linear	cu	0.724	1.65	39.7	Linear	cu	0.400	0.397	0.240	0.902	0.401

Tabela 2.103 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 2

Coluna - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
$N_{Ed}/N_{brd,y}$	$N_{Ed}/N_{brd,z}$	$k_{yy}^*(M_{y,Ed}/M_{brd,y})$	$k_{zy}^*(M_{y,Ed}/M_{brd,y})$	$k_{yz}^*(M_{z,Ed}/M_{Rd,z})$	$k_{zz}^*(M_{z,Ed}/M_{Rd,z})$	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.376	0.397	0.074	0.169	0.115	0.192	0.566	0.758	OK
0.376	0.397	0.074	0.169	0.115	0.192	0.566	0.758	OK
0.376	0.397	0.074	0.169	0.115	0.192	0.566	0.758	OK



## 2. Resultados do software "SemiComp"

De forma a comparar/validar os resultados das Tabelas de Cálculo anteriores, foi realizado também o dimensionamento da Coluna do Pórtico através do programa "SemiComp".

Nas Figuras 2.76 e 2.77 estão indicados os resultados obtidos.

### SEMICOMP Cross-Section Check

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

$N_{Ed} = -679.800$ kN	$V_{z,Ed} = -14.500$ kN	<span style="border: 1px solid gray; padding: 5px;">Perform cross-section checks</span>
$M_{y,Ed} = -32.600$ kNm	$V_{y,Ed} = 37.200$ kN	
$M_{z,Ed} = 39.700$ kNm		

*Reference values for classification*

$c/t_w = 21.867$	$\alpha_{web} = 1.000$	$\psi_{web} = 0.440$	$\varepsilon = 1.000$
$c/t_f = 7.938$	$\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{flange} = 0.558$	$\varepsilon_{mod,c13/4} = NaN$

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max}$	33.000	38.000	51.528
$c/t_f \leq c/t_{f,max}$	9.000	10.000	14.468

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.

$M_{pl,y,Rd} = 174.99$ kNm	$M_{pl,z,Rd} = 82.65$ kNm	$V_{pl,z,Rd} = 341.58$ kN
$M_{el,y,Rd} = 158.64$ kNm	$M_{el,z,Rd} = 54.22$ kNm	$V_{pl,y,Rd} = 781.50$ kN
$N_{Rd} = 1805.64$ kN		

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

$U_{(6.5)/(6.9)} = 0.376 \leq 1,0$  ok

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

$U_{strong A} = 0.186 \leq 1,0$  ok

$U_{weak A} = 0.480 \leq 1,0$  ok

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

$U_{z-plastic} = 0.042 \leq 1,0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>	$U_{y-plastic} = 0.048 \leq 1,0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>
$U_{z-elastic} = 0.068 \leq 1,0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>	$U_{y-elastic} = 0.071 \leq 1,0$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>
$h_w/t_w = 28.667 \leq 72\varepsilon/\eta = 60.000$ <span style="background-color: #d4edda; padding: 2px;">ok</span>	

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

$U_{(6.41)/(6.42)} = 0.334 \leq 1,0$  ok       $UF = 0.667$

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

Figura 2.76 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Secção mais solicitada).

<b>SEMICOMP Member Check</b>																					
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	<input type="button" value="Perform member design check"/>																			
<b>Section classification for member design check</b> (based on 1. order cross-section forces)																					
<i>Reference values for classification in the worst section along the member</i>																					
$c/t_w = 21.867$	$\alpha_{web} = 1.000$	$\psi_{web} = 0.437$	$\varepsilon = 1.000$																		
$c/t_f = 7.938$	$\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{flange} = 0.558$																			
<b>Boundaries</b>																					
$c/t_w \leq c/t_{w,max} =$	<b>Class 1</b>	<b>Class 2</b>	<b>Class 3</b>																		
$c/t_f \leq c/t_{f,max} =$	33.000	38.000	51.579																		
	9.000	10.000	14.467																		
Member class = <b>1</b>																					
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.																					
<b>Member Check</b>																					
$N_{Rd} = 1805.636$ kN	$M_{pl,y,Rd} = 174.986$ kNm	$N_{Ed} = -679.800$ kN																			
$M_{y,Rd} = 174.986$ kNm	$M_{pl,z,Rd} = 82.648$ kNm	$M_{y,Ed,max} = 32.800$ kNm																			
$M_{z,Rd} = 82.648$ kNm	$M_{el,y,Rd} = 158.639$ kNm	$M_{z,Ed,max} = 39.700$ kNm																			
$M_{el,z,Rd} = 54.222$ kNm																					
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 5px;"><i>Strong axis buckling</i></td> <td style="width: 33%; padding: 5px;"><i>Weak axis buckling</i></td> <td style="width: 34%; padding: 5px;"><i>Lateral torsional buckling</i></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><math>L_{cr,y} = 3.350</math> m</td> <td style="padding: 5px;"><math>L_{cr,z} = 1.675</math> m</td> <td style="padding: 5px;"><math>M_{cr} = 6136.000</math> kNm</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><math>N_{cr,y} = 14337.363</math> kN</td> <td style="padding: 5px;"><math>N_{cr,z} = 20454.190</math> kN</td> <td style="padding: 5px;"><math>\alpha_{LT} = 0.34</math> [-]</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><math>\alpha_y = 0.34</math> [-]</td> <td style="padding: 5px;"><math>\alpha_z = 0.49</math> [-]</td> <td style="padding: 5px;"><math>\lambda_{LT} = 0.169</math> [-]</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><math>\lambda_y = 0.355</math> [-]</td> <td style="padding: 5px;"><math>\lambda_z = 0.297</math> [-]</td> <td style="padding: 5px;"><math>\chi_{LT,mod} = 1.000</math> [-]</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><math>\chi_y = 0.944</math> [-]</td> <td style="padding: 5px;"><math>\chi_z = 0.951</math> [-]</td> <td style="padding: 5px;"><math>f_{mod} = 0.980</math> [-]</td> </tr> </table>				<i>Strong axis buckling</i>	<i>Weak axis buckling</i>	<i>Lateral torsional buckling</i>	$L_{cr,y} = 3.350$ m	$L_{cr,z} = 1.675$ m	$M_{cr} = 6136.000$ kNm	$N_{cr,y} = 14337.363$ kN	$N_{cr,z} = 20454.190$ kN	$\alpha_{LT} = 0.34$ [-]	$\alpha_y = 0.34$ [-]	$\alpha_z = 0.49$ [-]	$\lambda_{LT} = 0.169$ [-]	$\lambda_y = 0.355$ [-]	$\lambda_z = 0.297$ [-]	$\chi_{LT,mod} = 1.000$ [-]	$\chi_y = 0.944$ [-]	$\chi_z = 0.951$ [-]	$f_{mod} = 0.980$ [-]
<i>Strong axis buckling</i>	<i>Weak axis buckling</i>	<i>Lateral torsional buckling</i>																			
$L_{cr,y} = 3.350$ m	$L_{cr,z} = 1.675$ m	$M_{cr} = 6136.000$ kNm																			
$N_{cr,y} = 14337.363$ kN	$N_{cr,z} = 20454.190$ kN	$\alpha_{LT} = 0.34$ [-]																			
$\alpha_y = 0.34$ [-]	$\alpha_z = 0.49$ [-]	$\lambda_{LT} = 0.169$ [-]																			
$\lambda_y = 0.355$ [-]	$\lambda_z = 0.297$ [-]	$\chi_{LT,mod} = 1.000$ [-]																			
$\chi_y = 0.944$ [-]	$\chi_z = 0.951$ [-]	$f_{mod} = 0.980$ [-]																			
<b>EN 1993-1-1, 6.3.3</b>																					
<i>Uniform member in bending and axial compression</i>		<i>Global interaction factors</i>																			
Eq. (6.61): $U = 0.612 \leq 1,0$	ok	$k_{yy} = 0.425$																			
Eq. (6.62): $U = 0.787 \leq 1,0$	ok	$k_{yz} = 0.278$																			
		$k_{zy} = 0.897$																			
		$k_{zz} = 0.463$																			
<i>Cross-section check at each end of the member</i>																					
Left end: $U = 0.376 \leq 1,0$	ok	$UF = 0.497$																			
Right end: $U = 0.480 \leq 1,0$	ok	$UF = 0.667$																			
<b>Additional member checks</b>																					
<b>EN 1993-1-1, 6.3.1</b>																					
<i>Strong axis flexural buckling check</i>																					
Eq. (6.46): $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.399 \leq 1,0$	ok																				
<i>Weak axis flexural buckling check</i>																					
Eq. (6.46): $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.396 \leq 1,0$	ok																				
<b>EN 1993-1-1, 6.3.2</b>																					
<i>Lateral torsional buckling</i>																					
Eq. (6.54): $M_{Ed}/M_{b,Rd} = 0.187 \leq 1,0$	ok																				

Figura 2.77 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Coluna-Viga).

## Conclusões:

Na Tabela 2.104 indicam-se os resultados das verificações realizadas.

**Tabela 2.104 – Resultados dos diferentes Rácios de dimensionamento.**

Dimensionamento	Tabela de Cálculo	"SemiComp"
Secções Transversais	0.334	0.334
Encurvadura por compressão (Coluna)	0.397	0.399
Encurvadura Lateral ou Bambeamento (Viga)	0.187	0.187
Flexão Composta + compressão (Coluna – Viga)	0.758	0.787

Verifica-se da Tabela 2.104 que quer para a secção transversal mais solicitada quer para o elemento (coluna – viga), os rácios dos estudos realizados através da Tabela de Cálculo e do programa "SemiComp", conduzem a resultados semelhantes e inferiores à unidade, pelo que a Coluna do Pórtico verifica as condições de segurança.

### 3. Verificação da Deformação (Flechas)

A verificação ao estado limite de utilização passa pelo controlo das deformações na coluna. A deformação máxima admissível para as colunas entre pisos não deve ser superior a  $H/300$ , em que  $H$  é a altura da coluna.

**Tabela 2.105 – Verificação da Deformação da Coluna.**

$\delta_{HM\acute{a}x.}$ [m] (*)	$\delta_{admiss\acute{i}vel}$ [m]	Verificação	Obs.
0.004	$3.35/300 = 0.011$	$0.004 < 0.011$	OK

(\*) Resultados dos ficheiros "SAP" retirados do modelo final.

- Coluna do Pórtico dos Alinhamentos B e C do pórtico oposto entre os pisos 2 e 3

Os elementos seguintes referem-se a todas as verificações para o dimensionamento da coluna de um dos pórticos da zona da Torre.

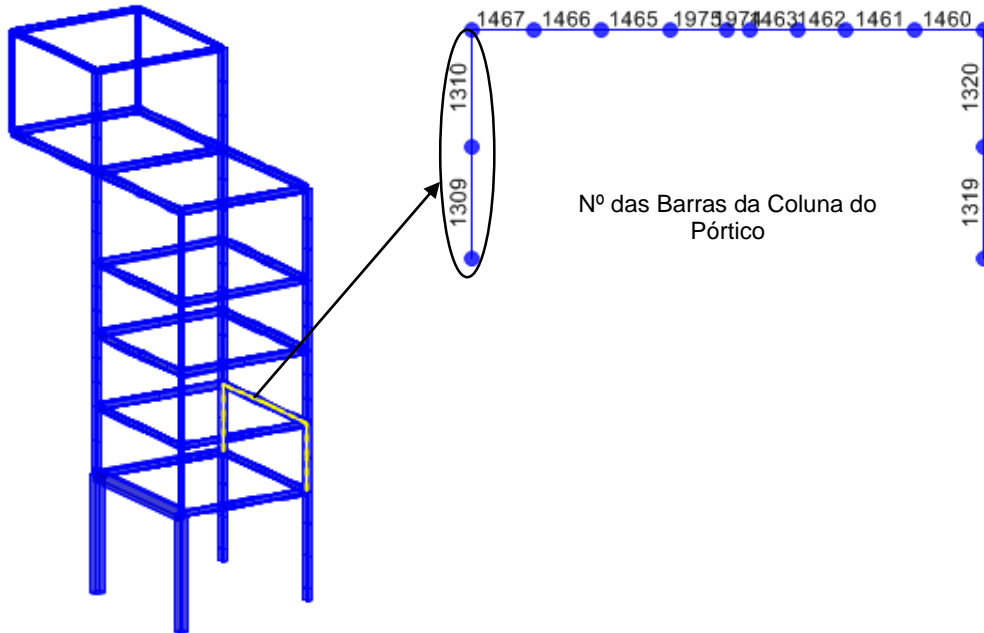


Figura 2.78 - Identificação das Barras da Coluna do Pórtico.

Nas Figuras 2.79 e 2.80 estão indicados os diagramas correspondentes à combinação mais condicionante – ELU\_w(wy2\_T+).

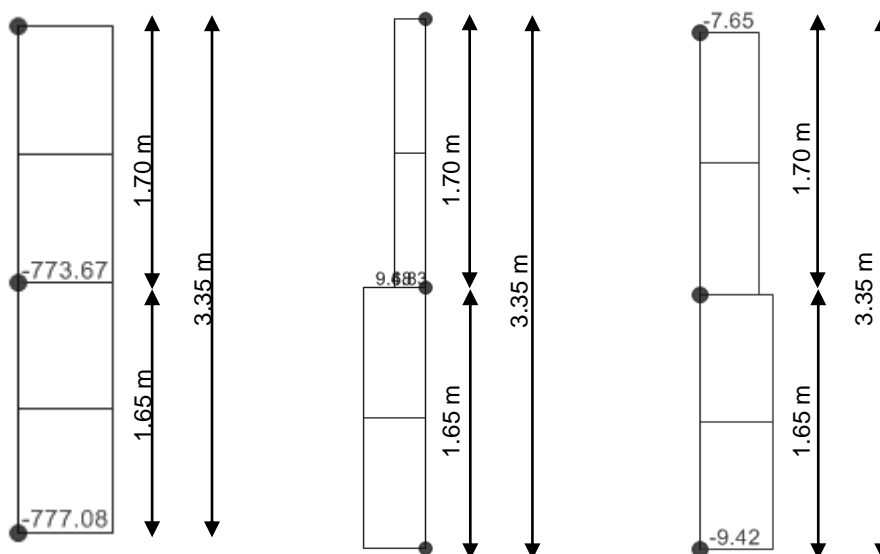


Figura 2.79 – Diagramas de Esforços  $N_{Ed}$ ,  $V_{Ed,z}$  e  $V_{Ed,y}$ .

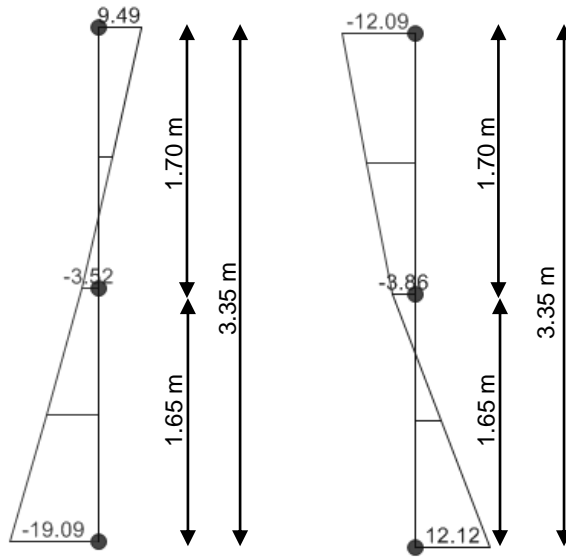


Figura 2.80 - Diagramas de Esforços  $M_{Ed,z}$  e  $M_{Ed,y}$ .

## 1. Resultados da Tabela de Cálculo

Nas tabelas 2.106 a 2.115 incluem-se todas as verificações realizadas do dimensionamento da Coluna do Pórtico, que no caso presente funciona como coluna-viga.

Tabela 2.106 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.

Identificação			Características Gerais				Esforços Actuantes de Cálculo					
Barra	Combinação	Nºda barra	L [m]	Perfil	Area [mm <sup>2</sup> ]	Aço	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>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]
Pilar_zonaB	ELU_w(wx2_T+)	1309	1.65	HE 300 A	11250	S 235	-777.1	0.00	9.68	-9.42	-19.08	12.12
	ELU_w(wx2_T+)	1310	1.70	HE 300 A	11250	S 235	-777.1	0.00	4.83	-7.65	9.50	-12.09

Tabela 2.107 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.

Características Elásticas e Plásticas Eixo YY				Características Elásticas e Plásticas Eixo ZZ				Classes		Esforços Resistentes de Cálculo						
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	Compressão	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,z</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,y</sub> [kN]	M <sub>pl,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>pl,Rd,z</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,z</sub> [kN.m]
18260	1383	1260	37.28	6310	641.2	420.6	75.22	2	2	2643.8	505.8	1020.6	325.0	150.7	296.1	98.8
18260	1383	1260	37.28	6310	641.2	420.6	75.22	2	2	2643.8	505.8	1020.6	325.0	150.7	296.1	98.8

Tabela 2.108 - Análise das Secções Transversais mais esforçadas da Coluna do Pórtico.

Análise das Secção Transversais mais solicitadas														
Momentos segundo eixo YY - Classes 1 ou 2								Momentos segundo eixo ZZ - Classes 1 ou 2					Rácios	
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_{wtw} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condições de verificação	$M_{N,Rd,y}$	$\alpha$	$(M_{Ed,y} / M_{N,Rd,y})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condição de verificação	$M_{N,Rd,z}$	$\beta$	$(M_{Ed,z} / M_{N,Rd,z})^\beta$	Eq. 6.41 ou Eq. 6.2	Obs.
0.300	0.253	660.94	261.67	Esf. Axial c/signif.	260.66	2	0.00	523.35	Esf. Axial c/signif.	150.10	1.5	0.05	0.048	OK
0.300	0.253	660.94	261.67	Esf. Axial c/signif.	260.66	2	0.00	523.35	Esf. Axial c/signif.	150.10	1.5	0.02	0.018	OK

Tabela 2.109 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à Encurvadura por Compressão.

Coluna - Encurvadura por Compressão																										
Curva yy	Curva zz	$\beta_A$	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,yy}$ [cm]	$L_{cr,zz}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\lambda_1$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\phi_y$	$\phi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,rd,y}$ [kN]	$N_{b,rd,z}$ [kN]	$N_{Ed} / N_{b,rd}$ [kN]	Obs.
b	c	1	0.34	0.49	165	165	1	1	165	165	12.95	22.03	93.90	0.14	0.23	Efeitos de encurvadura ignorados	Calcular encurvadura	0.50	0.54	1.00	0.98	0.98	2643.750	2597.194	0.299	OK
b	c	1	0.34	0.49	170	170	1	1	170	170	13.34	22.70	93.90	0.14	0.24	Efeitos de encurvadura ignorados	Calcular encurvadura	0.50	0.54	1.00	0.98	0.98	2643.750	2587.651	0.300	OK

Tabela 2.110 - Dimensionamento da Coluna à Encurvadura Lateral – Barra nº1309.

Encurvadura Lateral ou Bامbeamento do Troço (Barra Nº1309) da Coluna																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.65	1.65	1.0	-0.32	Momento nas extremidades	2.397	0	16466.82	1383.00	0.140	a	0.21	0.504	1.000	325.00	0.037	OK

Tabela 2.111 - Dimensionamento da Coluna à Encurvadura Lateral – Barra nº1310.

Encurvadura Lateral ou Bامbeamento do Troço (Barra Nº1310) da Coluna																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.70	1.70	1.0	0.32	Momento nas extremidades	1.496	0	9706.16	1383.00	0.183	a	0.21	0.515	1.000	325.00	0.037	OK



Tabela 2.112 - Determinação dos Fatores de Interação da Coluna do Pórtico – Caso 1

Fatores de Interação - Coluna																Factores Interação			
MEd,y entre travamentos em zz - Cmy						MEd,y entre travamentos em yy - CmLT					Med,z entre travamentos em yy - Cmz					k <sub>yy</sub>	k <sub>yz</sub>	k <sub>zy</sub>	k <sub>zz</sub>
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>	L [m]	M <sub>ed,z</sub> [kNm]	Diag. de momentos	Tipo de carga	C <sub>mz</sub>				
Sim	3.35	12.12	Linear	cu	0.400	1.65	12.12	Linear	cu	0.473	1.65	-19.08	Linear	cu	0.674	0.393	0.390	0.842	0.651
Sim	3.35	-3.86	Linear	cu	0.400	1.65	4.13	Linear	cu	0.473	1.65	-11.31	Linear	cu	0.674	0.393	0.390	0.842	0.651
Sim	3.35	-12.1	Linear	cu	0.400	1.65	-3.86	Linear	cu	0.473	1.65	-3.54	Linear	cu	0.674	0.393	0.390	0.842	0.651

Tabela 2.113 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 1.

Coluna - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.294	0.299	0.015	0.031	0.049	0.082	0.358	0.413	OK
0.294	0.299	0.015	0.031	0.049	0.082	0.358	0.413	OK
0.294	0.299	0.015	0.031	0.049	0.082	0.358	0.413	OK

Tabela 2.114 - Determinação dos Fatores de Interação da Coluna do Pórtico – Caso 2

Fatores de Interação - Coluna																Factores Interação			
ME <sub>ed,y</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>						ME <sub>ed,y</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>					ME <sub>ed,z</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mz</sub>					k <sub>yy</sub>	k <sub>yz</sub>	k <sub>zy</sub>	k <sub>zz</sub>
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>	L [m]	M <sub>ed,z</sub> [kNm]	Diag. de momentos	Tipo de carga	C <sub>mz</sub>				
Sim	3.35	12.12	Linear	cu	0.400	1.70	-3.86	Linear	cu	0.728	1.70	-3.54	Linear	cu	0.451	0.393	0.261	0.842	0.435
Sim	3.35	-3.86	Linear	cu	0.400	1.70	-7.98	Linear	cu	0.728	1.70	2.98	Linear	cu	0.451	0.393	0.261	0.842	0.435
Sim	3.35	-12.1	Linear	cu	0.400	1.70	-12.09	Linear	cu	0.728	1.70	9.5	Linear	cu	0.451	0.393	0.261	0.842	0.435

Tabela 2.115 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 2

Coluna - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.294	0.299	0.015	0.031	0.033	0.055	0.342	0.386	OK
0.294	0.299	0.015	0.031	0.033	0.055	0.342	0.386	OK
0.294	0.299	0.015	0.031	0.033	0.055	0.342	0.386	OK

## 2. Resultados do software "SemiComp"

<b>SEMICOMP Cross-Section Check</b>			
Choose method <span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">EN 1993-1-1 (elastic Resistance) ▼</span>			
$N_{Ed} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">-777.100</span> kN	$V_{z,Ed} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">9.680</span> kN	<span style="border: 1px solid gray; padding: 5px;">Perform cross-section checks</span>	
$M_{y,Ed} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">12.120</span> kNm	$V_{y,Ed} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">-9.420</span> kN		
$M_{z,Ed} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">-19.080</span> kNm			
<i>Reference values for classification</i>			
$c/t_w =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">24.471</span>	$\alpha_{web} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">1.000</span>	$\psi_{web} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.818</span>	$\varepsilon =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">1.000</span>
$c/t_f =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">8.482</span>	$\alpha_{flange} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">1.000</span>	$\psi_{flange} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.710</span>	$\varepsilon_{mod,c3/4} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">NaN.</span>
<i>Boundaries</i>			
	<b>Class 1</b>	<b>Class 2</b>	<b>Class 3</b>
$c/t_w \leq c/t_{w,max} =$	33.000	38.000	44.679
$c/t_f \leq c/t_{f,max} =$	9.000	10.000	14.183
Cross section class = <span style="border: 1px solid gray; padding: 2px; background-color: #f08080;">1</span>			
Note: This tool is only applicable to Class 1 to 3. For Class 4 elastic cross-section values are used for all calculations.			
$M_{pl,y,Rd} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">325.07</span> kNm	$M_{pl,z,Rd} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">150.67</span> kNm	$V_{pl,z,Rd} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">505.78</span> kN	
$M_{el,y,Rd} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">295.99</span> kNm	$M_{el,z,Rd} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">98.85</span> kNm	$V_{pl,y,Rd} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">1139.69</span> kN	
$N_{Rd} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">2644.40</span> kN			
<b>EN 1993-1-1, 6.2.3 / 6.2.4</b>			
<i>Tension or compression</i>			
$U_{(6.5)/(6.9)} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.294</span> $\leq 1,0$	ok <span style="background-color: #90EE90; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>		
<b>EN 1993-1-1, 6.2.5</b>			
<i>Bending moment</i>			
$U_{strong A.} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.037</span> $\leq 1,0$	ok <span style="background-color: #90EE90; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>		
$U_{weak A.} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.127</span> $\leq 1,0$	ok <span style="background-color: #90EE90; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>		
<b>EN 1993-1-1, 6.2.6</b>			
<i>Shear</i>			
$U_{z-plastic} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.019</span> $\leq 1,0$	ok <span style="background-color: #90EE90; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	$U_{y-plastic} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.008</span> $\leq 1,0$	ok <span style="background-color: #90EE90; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>
$U_{z-elastic} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.032</span> $\leq 1,0$	ok <span style="background-color: #90EE90; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	$U_{y-elastic} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.012</span> $\leq 1,0$	ok <span style="background-color: #90EE90; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>
$h_w/t_w =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">32.118</span> $\leq 72\varepsilon\eta =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">60.000</span> ok <span style="background-color: #90EE90; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>			
<b>EN 1993-1-1, 6.2.9</b>			
<i>Bending and axial force</i>			
$U_{(6.41)/(6.42)} =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.050</span> $\leq 1,0$	ok <span style="background-color: #90EE90; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>		
$UF =$ <span style="border: 1px dashed gray; padding: 2px;">0.352</span>			
Comment: Shear Interaction is not considered within this software tool. If the utilization for shear is higher that 0.5, an additional check for shear interaction is necessary.			

Figura 2.81 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Secção mais solicitada).

<b>SEMICOMP Member Check</b>			
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	<input type="button" value="Perform member design check"/>	
<b>Section classification for member design check</b> (based on 1. order cross-section forces)			
<i>Reference values for classification in the worst section along the member</i>			
$c/t_w = 24.471$ $c/t_f = 8.482$	$\alpha_{web} = 1.000$ $\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{web} = 0.937$ $\psi_{flange} = 0.829$	
		$\varepsilon = 1.000$	
<b>Boundaries</b>			
	<b>Class 1</b>	<b>Class 2</b>	<b>Class 3</b>
$c/t_w \leq c/t_{w,max} =$	33.000	38.000	42.898
$c/t_f \leq c/t_{f,max} =$	9.000	10.000	13.993
Member class = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; background-color: #f08080;">1</span>		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.	
<b>Member Check</b>			
$N_{Rd} = 2644.403$ kN $M_{y,Rd} = 325.069$ kNm $M_{z,Rd} = 150.674$ kNm	$M_{pl,y,Rd} = 325.069$ kNm $M_{pl,z,Rd} = 150.674$ kNm $M_{el,y,Rd} = 295.995$ kNm $M_{el,z,Rd} = 98.850$ kNm	$N_{Ed} = -777.070$ kN $M_{y,Ed,max} = 12.120$ kNm $M_{z,Ed,max} = 19.080$ kNm	
<b>Strong axis buckling</b> $L_{cr,y} = 3.350$ m $N_{cr,y} = 33729.770$ kN $\alpha_y = 0.34$ [-] $\lambda_y = 0.280$ [-] $\chi_y = 0.971$ [-]	<b>Weak axis buckling</b> $L_{cr,z} = 1.675$ m $N_{cr,z} = 46611.001$ kN $\alpha_z = 0.49$ [-] $\lambda_z = 0.238$ [-] $\chi_z = 0.981$ [-]	<b>Lateral torsional buckling</b> $M_{cr} = 9706.160$ kNm $\alpha_{LT} = 0.34$ [-] $\lambda_{LT} = 0.183$ [-] $\chi_{LT,mod} = 1.000$ [-] $f_{mod} = 0.979$ [-]	
<b>EN 1993-1-1, 6.3.3</b>			
<i>Uniform member in bending and axial compression</i>		<i>Global interaction factors</i>	
Eq. (6.61): $U = 0.372 \leq 1,0$ <span style="background-color: #90EE90;">ok</span>	Eq. (6.62): $U = 0.416 \leq 1,0$ <span style="background-color: #90EE90;">ok</span>	$k_{yy} = 0.486$ $k_{yz} = 0.405$ $k_{zy} = 0.838$ $k_{zz} = 0.675$	
<i>Cross-section check at each end of the member</i>			
Left end: $U = 0.294 \leq 1,0$ <span style="background-color: #90EE90;">ok</span>	Right end: $U = 0.294 \leq 1,0$ <span style="background-color: #90EE90;">ok</span>	$UF = 0.352$ $UF = 0.330$	
<b>Additional member checks</b>			
<b>EN 1993-1-1, 6.3.1</b>			
<i>Strong axis flexural buckling check</i>			
Eq. (6.46): $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.303 \leq 1,0$ <span style="background-color: #90EE90;">ok</span>			
<i>Weak axis flexural buckling check</i>			
Eq. (6.46): $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.300 \leq 1,0$ <span style="background-color: #90EE90;">ok</span>			
<b>EN 1993-1-1, 6.3.2</b>			
<i>Lateral torsional buckling</i>			
Eq. (6.54): $M_{Ed}/M_{b,Rd} = 0.037 \leq 1,0$ <span style="background-color: #90EE90;">ok</span>			

Figura 2.82 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Coluna-Viga).

## Conclusões:

Na Tabela 2.116 estão indicados todos os resultados dos cálculos efetuados.

Tabela 2.116 - Resultados dos diferentes rácios de dimensionamento da Coluna.

Dimensionamento	Tabela de Cálculo	"SemiComp"
Secções Transversais	0.048	0.050
Encurvadura por compressão (Coluna)	0.300	0.303
Encurvadura Lateral ou Bambeamento (Vigas)	0.037	0.037
Flexão Composta + compressão (Coluna – Viga)	0.413	0.416

Os resultados resumidos na Tabela 2.116 conduzem a resultados semelhantes e inferiores à unidade.

### 3. Verificação da Deformação

A verificação ao estado limite de utilização foi realizada de modo a verificar as deformações máximas na coluna.

Tabela 2.117 – Verificação da deformação da Coluna.

$\delta_{HM\acute{a}x.}$ [m](*)	$\delta_{admiss\acute{i}vel}$ [m]	Verificação	Obs.
0.0045	$3.35/300 = 0.011$	$0.0045 < 0.011$	OK

(\*) Resultados dos ficheiros "SAP" retirados do modelo final.

- **Coluna do Pórtico dos Alinhamentos B e C entre os pisos 5 e 6**

Os elementos seguintes referem-se aos cálculos realizados para o dimensionamento da Coluna de um dos Pórticos da estrutura da zona da Torre.

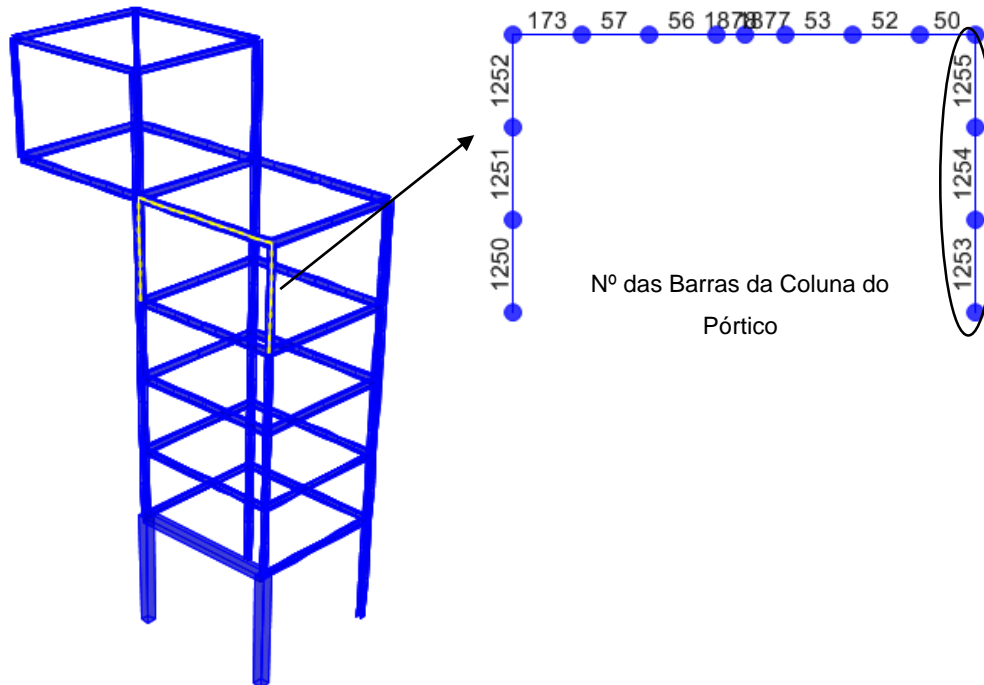


Figura 2.83 - Identificação das Barras que constituem a Coluna do Pórtico.

Nas Figuras 2.84 e 2.85 estão indicados os diagramas correspondentes à combinação mais condicionante – ELU\_w(wy2\_T-).

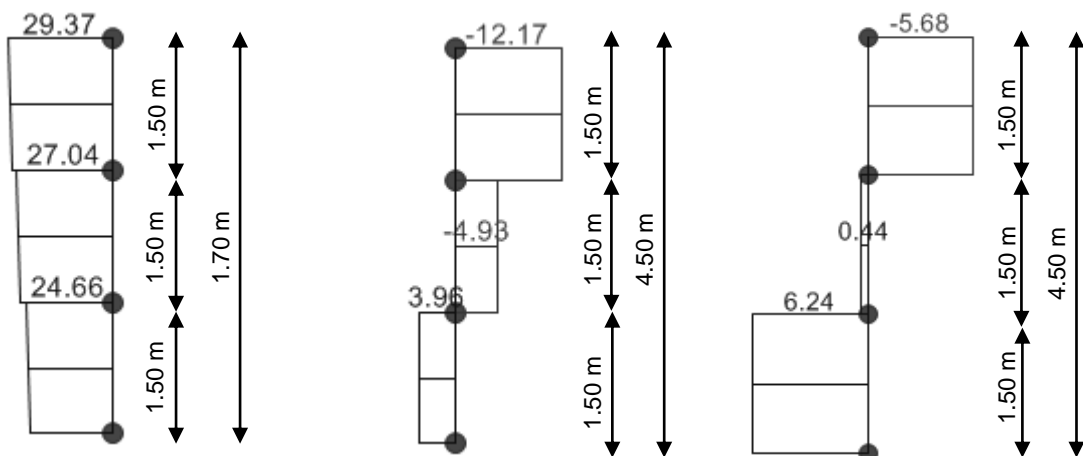


Figura 2.84 - Diagramas de Esforços  $N_{Ed}$ ,  $V_{Ed,z}$  e  $V_{Ed,y}$ .

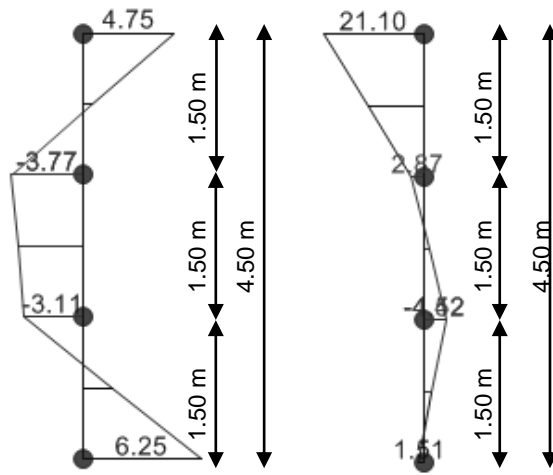


Figura 2.85 - Diagramas de Esforços  $M_{Ed,z}$  e  $M_{Ed,y}$ .

## 1. Resultados da Tabela de Cálculo

Nas tabelas 2.118 a 2.121 estão indicadas todas as verificações realizadas, referentes ao dimensionamento da Coluna do Pórtico.

**Tabela 2.118 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.**

Identificação			Características Gerais				Esforços Actuantes de Cálculo					
Barra	Combinação	Nºda barra	L [m]	Perfil	Area [mm <sup>2</sup> ]	Aço	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>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]
Pilar_zonaB	ELU_w(wy2_T-)	1255	1.50	HE 240 A	7684	S 235	0	29.40	12.20	-5.70	4.8	21.2
	ELU_w(wy2_T-)	1254	1.50	HE 240 A	7684	S 235	0	27.00	-4.90	-0.50	-3.80	-0.80
	ELU_w(wy2_T-)	1253	1.50	HE 240 A	7684	S 235	0	24.70	-3.90	6.30	6.3	1.5

**Tabela 2.119 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.**

Características Elásticas e Plásticas Eixo YY				Características Elásticas e Plásticas Eixo ZZ				Classes		Esforços Resistentes de Cálculo						
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	Compressão	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,z</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,y</sub> [kN]	M <sub>pl,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>pl,Rd,z</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,z</sub> [kN.m]
7763	744.6	675.1	25.18	2769	351.7	230.7	51.66	1	1	1805.7	341.6	700.9	175.0	82.6	158.6	54.2
7763	744.6	675.1	25.18	2769	351.7	230.7	51.66	1	1	1805.7	341.6	700.9	175.0	82.6	158.6	54.2
7763	744.6	675.1	25.18	2769	351.7	230.7	51.66	1	1	1805.7	341.6	700.9	175.0	82.6	158.6	54.2



Tabela 2.120 - Análise das Secções Transversais mais esforçadas da Coluna do Pórtico.

Análise das Secção Transversais mais solicitadas														
Momentos segundo eixo YY - Classes 1 ou 2							Momentos segundo eixo ZZ - Classes 1 ou 2						Rácios	
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_{wtw} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condições de verificação	$M_{N,Rd,y}$	$\alpha$	$(M_{Ed,y} / M_{N,Rd,y})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condição de verificação	$M_{N,Rd,z}$	$\beta$	$(M_{Ed,z} / M_{N,Rd,z})^\beta$	Eq. 6.41 ou Eq. 6.2	Obs.
0.016	0.250	451.44	181.54	Esf. Axial s/signif.	174.98	2	0.01	363.08	Esf. Axial s/signif.	82.65	1	0.06	0.073	OK
0.016	0.250	451.44	181.54	Esf. Axial s/signif.	174.98	2	0.00	363.08	Esf. Axial s/signif.	82.65	1	0.05	0.046	OK
0.016	0.250	451.44	181.54	Esf. Axial s/signif.	174.98	2	0.00	363.08	Esf. Axial s/signif.	82.65	1	0.08	0.076	OK

Tabela 2.121 - Dimensionamento da Coluna à Encurvadura Lateral – Barra nº1255.

Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1255) da Coluna																
L [m]	$L_{cr}$ [m]	$k_w$	$\psi$	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	$M_{cr}$ [kN.m]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	$\alpha_{LT}$	$\phi_{LT}$	$\chi_{LT}$	$M_{b,Rd,y}$ [kN.m]	$M_{Ed,y} / M_{b,Rd,y}$	Obs.
1.50	1.50	1.0	0.14	Momento nas extremidades	1.708	0	27495.00	744.60	0.080	a	0.21	0.491	1.000	174.98	0.121	OK

Foi também usado o programa "LTBeamN" para se calcular o momento crítico.

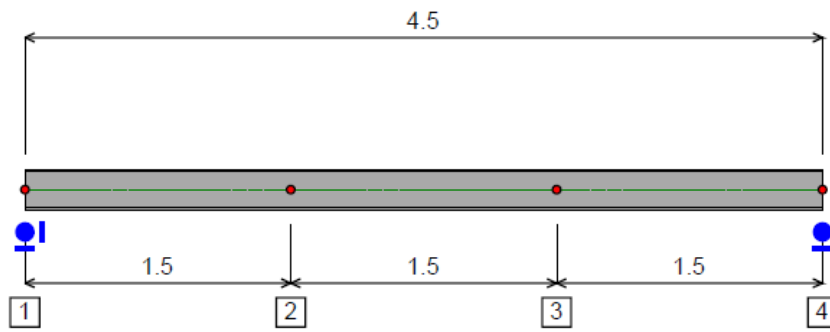


Figura 2.86 - Indicação da localização dos travamentos.

### a) Diagramas de Esforços

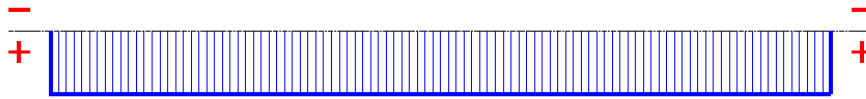


Figura 2.87 - Diagrama de esforço Axial  $N_{Ed}$ .

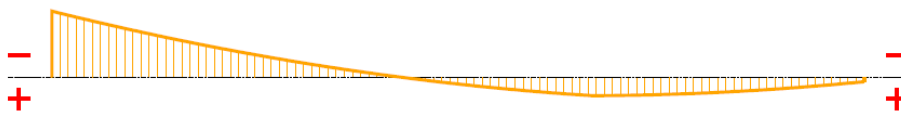


Figura 2.88 - Diagrama de Momentos  $M_{Ed,y}$ .

### b) Cálculo do Momento Crítico

$$M_{cr,máx} = 27495 \text{ kN.m}$$

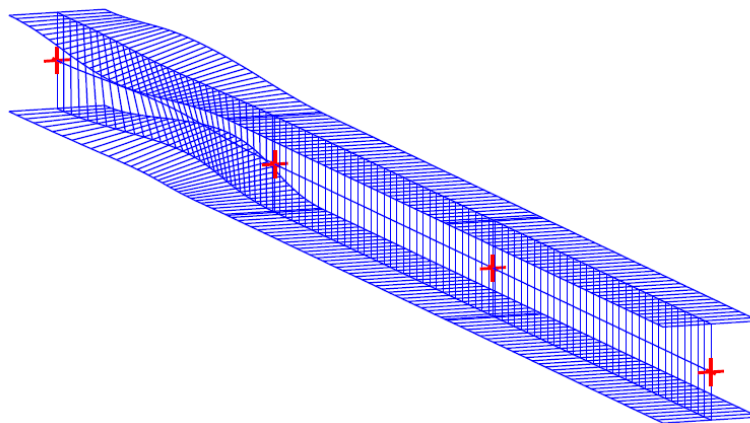


Figura 2.89 – Deformada correspondente ao 1º Modo.

## Conclusões:

Na Tabela 2.122 estão indicados os resultados do dimensionamento.

Tabela 2.122 - Resultados dos diferentes rácios de dimensionamento da Coluna.

Dimensionamento	Tabela de Cálculo
Secções Transversais	0.076
Encurvadura Lateral ou Bambeamento (Viga)	0.121

## 2. Verificação da Deformação

A verificação ao estado limite de utilização está indicada na Tabela 2.123.

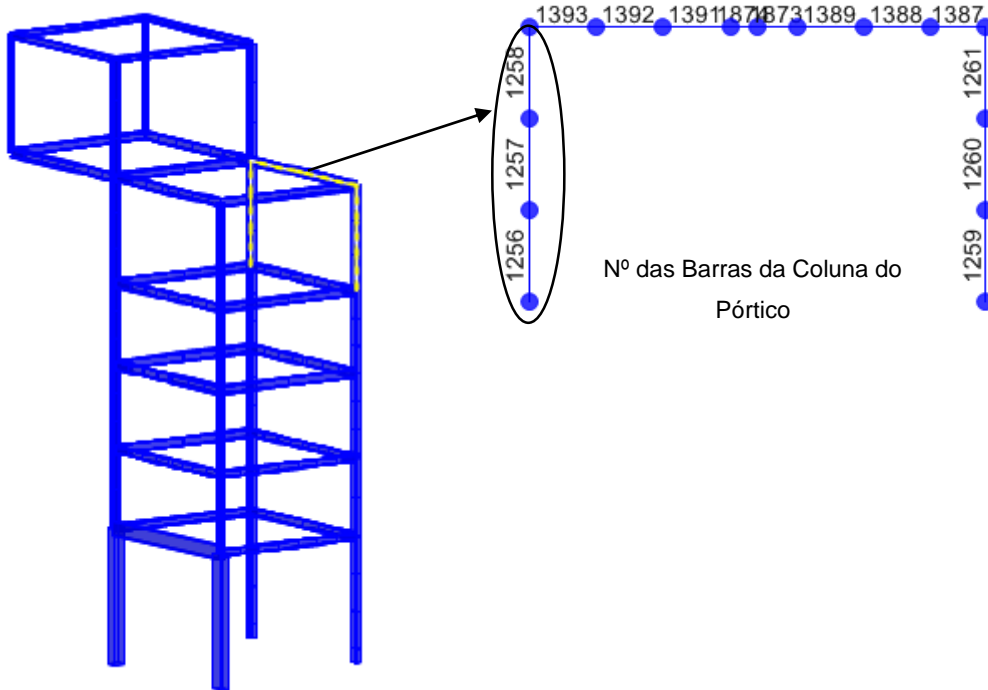
Tabela 2.123 - Verificação da Deformação da Coluna.

$\delta_{HM\acute{a}x.}$ [m] (*)	$\delta_{admiss\acute{i}vel}$ [m]	Verificação	Obs.
0.0061	$4.5/300 = 0.015$	$0.0061 < 0.015$	OK

(\*) Resultados dos ficheiros "SAP" retirados do modelo final.

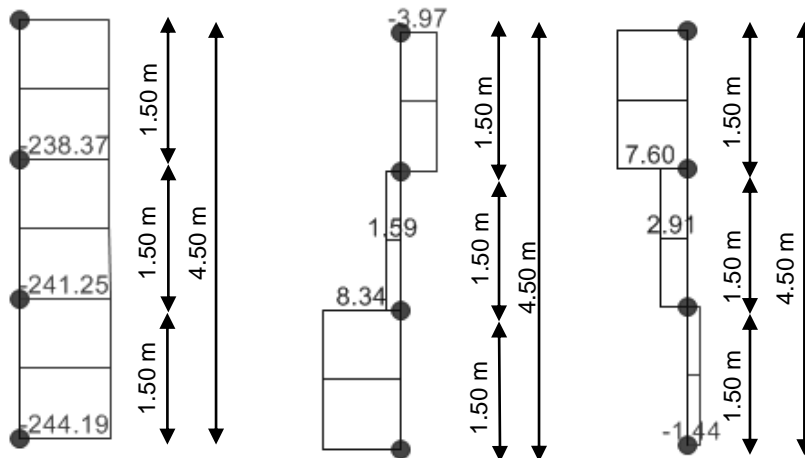
- **Coluna do Pórtico dos Alinhamentos B e C oposto entre os pisos 5 e 6**

Os elementos indicados referem-se a todas as verificações realizadas no dimensionamento da Coluna de um dos Pórticos da zona da Torre.



**Figura 2.90 - Identificação das Barras que constituem a Coluna do Pórtico.**

Nas figuras 2.91 e 2.92 estão indicados os diagramas correspondentes à combinação mais condicionante – ELU\_w(wy2\_T+).



**Figura 2.91 - Diagramas de Esforços  $N_{Ed}$ ,  $V_{Ed,z}$  e  $V_{Ed,y}$ .**

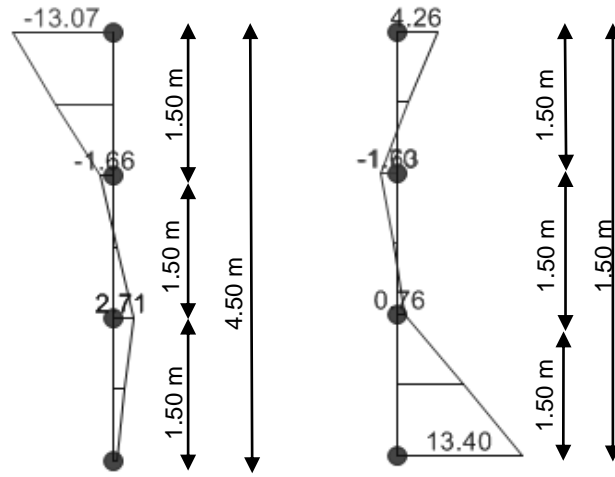


Figura 2.92 - Diagramas de Esforços  $M_{Ed,z}$ , e  $M_{Ed,y}$ .

## 1. Resultados da Tabela de Cálculo

Nas tabelas 2.124 a 2.133 estão indicadas todas as verificações realizadas.

**Tabela 2.124 - Características Gerais e Esforços Atuantes de Cálculo.**

Identificação			Características Gerais				Esforços Actuantes de Cálculo					
Barra	Combinação	Nºda barra	L [m]	Perfil	Area [mm <sup>2</sup> ]	Aço	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>Ed,z</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> [kN.m]
Pilar_zonaB	ELU_w(wy2_T+)	1258	1.50	HE 300 A	11250	S 235	-238.4	0.00	-3.97	7.60	-13.1	4.26
	ELU_w(wy2_T+)	1257	1.50	HE 300 A	11250	S 235	-241.3	0.00	8.34	7.60	-1.70	-1.70
	ELU_w(wy2_T+)	1256	1.50	HE 300 A	11250	S 235	-244.2	0.00	8.34	-1.50	2.71	13.4

**Tabela 2.125 - Características Elásticas e Geométricas e Esforços Resistentes de Cálculo.**

Características Elásticas e Plásticas Eixo YY				Características Elásticas e Plásticas Eixo ZZ				Classes		Esforços Resistentes de Cálculo						
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	Compressão	N <sub>t,Rd</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,z</sub> [kN]	V <sub>pl,Rd,y</sub> [kN]	M <sub>pl,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>pl,Rd,z</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>el,Rd,z</sub> [kN.m]
18260	1383	1260	37.28	6310	641.2	420.6	75.22	2	2	2643.8	505.8	1020.6	325.0	150.7	296.1	98.8
18260	1383	1260	37.28	6310	641.2	420.6	75.22	2	2	2643.8	505.8	1020.6	325.0	150.7	296.1	98.8
18260	1383	1260	37.28	6310	641.2	420.6	75.22	2	2	2643.8	505.8	1020.6	325.0	150.7	296.1	98.8

Tabela 2.126 - Análise das Secções Transversais mais esforçadas da Coluna do Pórtico.

Análise das Secção Transversais mais solicitadas														
Momentos segundo eixo YY - Classes 1 ou 2							Momentos segundo eixo ZZ - Classes 1 ou 2					Rácios		
n	a	$0.25 \cdot N_{pl,Rd}$	$0.5 \cdot h_{wtw} \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condições de verificação	$M_{N,Rd,y}$	$\alpha$	$(M_{Ed,y} / M_{N,Rd,y})^\alpha$	$A_w \cdot f_y / \gamma_{M0}$	Condição de verificação	$M_{N,Rd,z}$	$\beta$	$(M_{Ed,z} / M_{N,Rd,z})^\beta$	Eq. 6.41 ou Eq. 6.2	Obs.
0.092	0.253	660.94	261.67	Esf. Axial s/signif.	325.01	2	0.00	523.35	Esf. Axial s/signif.	150.68	1	0.09	0.087	OK
0.092	0.253	660.94	261.67	Esf. Axial s/signif.	325.01	2	0.00	523.35	Esf. Axial s/signif.	150.68	1	0.01	0.011	OK
0.092	0.253	660.94	261.67	Esf. Axial s/signif.	325.01	2	0.00	523.35	Esf. Axial s/signif.	150.68	1	0.00	0.005	OK

Tabela 2.127 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à Encurvadura por Compressão.

Coluna - Encurvadura por Compressão																										
Curva yy	Curva zz	$\beta_A$	$\alpha_{yy}$	$\alpha_{zz}$	$L_y$ [cm]	$L_z$ [cm]	$K_{yy}$	$K_{zz}$	$L_{cr,yy}$ [cm]	$L_{cr,zz}$ [cm]	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\lambda_1$	$\bar{\lambda}_y$	$\bar{\lambda}_z$	$\bar{\lambda}_y \leq 0.2$	$\bar{\lambda}_z \leq 0.2$	$\phi_y$	$\phi_z$	$\chi_y$	$\chi_z$	$\chi_{min}$	$N_{b,rd,y}$ [kN]	$N_{b,rd,z}$ [kN]	$N_{Ed} / N_{b,rd}$ [kN]	Obs.
b	c	1	0.34	0.49	150	150	1	1	150	150	11.77	20.03	93.90	0.13	0.21	Efeitos de encurvadura ignorados	Calcular encurvadura	0.50	0.53	1.00	0.99	0.99	2643.750	2625.859	0.091	OK
b	c	1	0.34	0.49	150	150	1	1	150	150	11.77	20.03	93.90	0.13	0.21	Efeitos de encurvadura ignorados	Calcular encurvadura	0.50	0.53	1.00	0.99	0.99	2643.750	2625.859	0.092	OK
b	c	1	0.34	0.49	150	150	1	1	150	150	11.77	20.03	93.90	0.13	0.21	Efeitos de encurvadura ignorados	Calcular encurvadura	0.50	0.53	1.00	0.99	0.99	2643.750	2625.859	0.093	OK

Tabela 2.128 - Dimensionamento da Coluna à Encurvadura Lateral – Barra nº1258.

Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1258) da Coluna																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.50	1.50	1.0	-0.40	Momento nas extremidades	2.533	0	20929.52	1383.00	0.125	a	0.21	0.500	1.000	325.00	0.041	OK

Tabela 2.129 - Dimensionamento da Coluna à Encurvadura Lateral – Barra nº1256.

Encurvadura Lateral ou Bambeamento do Troço (Barra Nº1256) da Coluna																
L [m]	L <sub>cr</sub> [m]	k <sub>w</sub>	ψ	Tipo de Carregamento	C1	Zg [cm]	M <sub>cr</sub> [kN.m]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	$\overline{\lambda}_{LT}$	Curva de Encurvadura	α <sub>LT</sub>	φ <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>	M <sub>b,Rd,y</sub> [kN.m]	M <sub>Ed,y</sub> /M <sub>b,Rd,y</sub>	Obs.
1.50	1.50	1.0	0.07	Momento nas extremidades	1.796	0	14838.57	1383.00	0.148	a	0.21	0.505	1.000	325.00	0.041	OK



Tabela 2.130 - Determinação dos Fatores de Interação da Coluna do Pórtico – Caso 1

Fatores de Interação - Coluna																Factores Interação			
ME <sub>d,y</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>						ME <sub>d,y</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>					ME <sub>d,z</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mz</sub>					k <sub>yy</sub>	k <sub>yz</sub>	k <sub>zy</sub>	k <sub>zz</sub>
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>	L [m]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Diag. de momentos	Tipo de carga	C <sub>mz</sub>				
Sim	4.5	4.26	Parabólico	cc	0.400	1.50	4.26	Linear	cu	0.440	1.50	-13.1	Linear	cu	0.652	0.397	0.385	0.813	0.642
Sim	4.5	-1.70	Parabólico	cc	0.400	1.50	1.30	Linear	cu	0.440	1.50	-7.4	Linear	cu	0.652	0.397	0.385	0.813	0.642
Sim	4.5	13.4	Parabólico	cc	0.400	1.50	-1.7	Linear	cu	0.440	1.50	-1.7	Linear	cu	0.652	0.397	0.385	0.813	0.642

Tabela 2.131 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 1

Coluna - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> * (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> * (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.092	0.093	0.016	0.034	0.033	0.056	0.142	0.182	OK
0.092	0.093	0.016	0.034	0.033	0.056	0.142	0.182	OK
0.092	0.093	0.016	0.034	0.033	0.056	0.142	0.182	OK

Tabela 2.132 - Determinação dos Fatores de Interação da Coluna do Pórtico – Caso 2

Fatores de Interação - Coluna																Factores Interação			
ME <sub>ed,y</sub> entre travamentos em zz - C <sub>my</sub>						ME <sub>ed,y</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mLT</sub>					ME <sub>ed,z</sub> entre travamentos em yy - C <sub>mz</sub>					k <sub>yy</sub>	k <sub>yz</sub>	k <sub>zy</sub>	k <sub>zz</sub>
Susc. À def. Torção	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de Carga	C <sub>my</sub>	L [m]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	Diag. de Momentos	Tipo de carga	C <sub>mLT</sub>	L [m]	M <sub>ed,z</sub> [kNm]	Diag. de momentos	Tipo de carga	C <sub>mz</sub>				
Sim	4.5	4.26	Parabólico	cc	0.400	1.50	0.88	Linear	cu	0.626	1.50	2.71	Linear	cu	0.681	0.397	0.402	0.813	0.670
Sim	4.5	-1.70	Parabólico	cc	0.400	1.50	7.20	Linear	cu	0.626	1.50	1.63	Linear	cu	0.681	0.397	0.402	0.813	0.670
Sim	4.5	13.4	Parabólico	cc	0.400	1.50	13.4	Linear	cu	0.626	1.50	0.55	Linear	cu	0.681	0.397	0.402	0.813	0.670

Tabela 2.133 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico à Flexão Composta com Compressão – Caso 2

Coluna - Dimensionamento (Flexão Composta com Compressão)								
N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,y</sub>	N <sub>Ed</sub> /N <sub>brd,z</sub>	k <sub>yy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>zy</sub> *(M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>brd,y</sub> )	k <sub>yz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	k <sub>zz</sub> *(M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>Rd,z</sub> )	Racio Eq 6.61	Racio Eq 6.62	Obs.
0.092	0.093	0.016	0.034	0.035	0.058	0.144	0.185	OK
0.092	0.093	0.016	0.034	0.035	0.058	0.144	0.185	OK
0.092	0.093	0.016	0.034	0.035	0.058	0.144	0.185	OK

## 2. Resultados do software "SemiComp"

**SEMICOMP Cross-Section Check**

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

$N_{Ed} = -238.400$  kN

$M_{y,Ed} = 4.260$  kNm

$M_{z,Ed} = -13.100$  kNm

$V_{z,Ed} = -3.970$  kN

$V_{y,Ed} = 7.600$  kN

Perform cross-section checks

---

*Reference values for classification*

$c/t_w = 24.471$

$\alpha_{web} = 1.000$

$\psi_{web} = 0.795$

$\varepsilon = 1.000$

$c/t_f = 8.482$

$\alpha_{flange} = 1.000$

$\psi_{flange} = 0.557$

$\varepsilon_{mod,c13/4} = NaN$

*Boundaries*

	Class 1	Class 2	Class 3
$c/t_w \leq c/t_{w,max} =$	33.000	38.000	45.055
$c/t_f \leq c/t_{f,max} =$	9.000	10.000	14.468

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.

---

$M_{pl,y,Rd} = 325.07$  kNm

$M_{el,y,Rd} = 295.99$  kNm

$N_{Rd} = 2644.40$  kN

$M_{pl,z,Rd} = 150.67$  kNm

$M_{el,z,Rd} = 98.85$  kNm

$V_{pl,z,Rd} = 505.78$  kN

$V_{pl,y,Rd} = 1139.69$  kN

---

**EN 1993-1-1, 6.2.3 / 6.2.4**

*Tension or compression*

$U_{(6.5)/(6.9)} = 0.090 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.5**

*Bending moment*

$U_{strong A.} = 0.013 \leq 1,0$  ok

$U_{weak A.} = 0.087 \leq 1,0$  ok

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

*Shear*

$U_{z-plastic} = 0.008 \leq 1,0$  ok

$U_{z-elastic} = 0.013 \leq 1,0$  ok

$h_w/t_w = 32.118 \leq 72\varepsilon l \eta = 60.000$  ok

$U_{y-plastic} = 0.007 \leq 1,0$  ok

$U_{y-elastic} = 0.010 \leq 1,0$  ok

**EN 1993-1-1, 6.2.9**

*Bending and axial force*

$U_{(6.41)/(6.42)} = 0.087 \leq 1,0$  ok       $UF = 0.132$

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

Figura 2.93 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Secção mais solicitada).

<b>SEMICOMP Member Check</b>			
Choose method for member check	Choose method for cross-section resistance	Perform member design check	
Method 2 (EN 1993-1-1 Annex B) ▾	EN 1993-1-1:2010-12 ▾		
<b>Section classification for member design check</b> (based on 1. order cross-section forces)			
Reference values for classification in the worst section along the member			
$c/t_w = 24.471$	$\alpha_{web} = 1.000$	$\psi_{web} = 0.920$	$\varepsilon = 1.000$
$c/t_f = 8.482$	$\alpha_{flange} = 1.000$	$\psi_{flange} = 0.807$	
<b>Boundaries</b>	<b>Class 1</b>	<b>Class 2</b>	<b>Class 3</b>
$c/t_w \leq c/t_{w,max} =$	33.000	38.000	43.139
$c/t_f \leq c/t_{f,max} =$	9.000	10.000	14.027
Member class =	<b>1</b>		
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.			
<b>Member Check</b>			
$N_{Rd} = 2644.403$ kN	$M_{pl,y,Rd} = 325.069$ kNm	$N_{Ed} = -244.200$ kN	
$M_{y,Rd} = 325.069$ kNm	$M_{pl,z,Rd} = 150.674$ kNm	$M_{y,Ed,max} = 13.400$ kNm	
$M_{z,Rd} = 150.674$ kNm	$M_{el,y,Rd} = 295.995$ kNm	$M_{z,Ed,max} = 13.100$ kNm	
$M_{el,z,Rd} = 98.850$ kNm			
<b>Strong axis buckling</b>	<b>Weak axis buckling</b>	<b>Lateral torsional buckling</b>	
$L_{cr,y} = 4.500$ m	$L_{cr,z} = 1.500$ m	$M_{cr} = 14839.000$ kNm	
$N_{cr,y} = 18692.955$ kN	$N_{cr,z} = 58121.329$ kN	$\alpha_{LT} = 0.34$ [-]	
$\alpha_y = 0.34$ [-]	$\alpha_z = 0.49$ [-]	$\lambda_{LT} = 0.148$ [-]	
$\lambda_y = 0.376$ [-]	$\lambda_z = 0.213$ [-]	$\chi_{LT,mod} = 1.000$ [-]	
$\chi_y = 0.935$ [-]	$\chi_z = 0.993$ [-]	$f_{mod} = 0.985$ [-]	
<b>EN 1993-1-1, 6.3.3</b>			
Uniform member in bending and axial compression		Global interaction factors	
Eq. (6.61):	$U = 0.141 \leq 1,0$ <b>ok</b>	$k_{yy} = 0.407$	
Eq. (6.62):	$U = 0.169 \leq 1,0$ <b>ok</b>	$k_{yz} = 0.291$	
		$k_{zy} = 0.813$	
		$k_{zz} = 0.484$	
Cross-section check at each end of the member			
Left end:	$U = 0.092 \leq 1,0$ <b>ok</b>	$UF = 0.134$	
Right end:	$U = 0.092 \leq 1,0$ <b>ok</b>	$UF = 0.128$	
<b>Additional member checks</b>			
<b>EN 1993-1-1, 6.3.1</b>			
Strong axis flexural buckling check			
Eq. (6.46): $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.099 \leq 1,0$		<b>ok</b>	
Weak axis flexural buckling check			
Eq. (6.46): $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.093 \leq 1,0$		<b>ok</b>	
<b>EN 1993-1-1, 6.3.2</b>			
Lateral torsional buckling			
Eq. (6.54): $M_{Ed}/M_{b,Rd} = 0.041 \leq 1,0$		<b>ok</b>	

Figura 2.94 - Dimensionamento da Coluna do Pórtico (Coluna-Viga).

## Conclusões:

A Tabela 2.134 resume os resultados das análises realizadas.

Tabela 2.134 - Rácios de dimensionamento da Coluna.

Dimensionamento	Tabela de Cálculo	"SemiComp"
Secções Transversais	0.087	0.087
Encurvadura por compressão (Coluna)	0.093	0.099
Encurvadura Lateral ou Bambeamento (Viga)	0.041	0.041
Flexão Composta + compressão (Coluna-Viga)	0.185	0.169

Verifica-se que a secção transversal mais solicitada e a coluna-viga no seu conjunto, verificam as condições de segurança.

### 3. Verificação da Deformação

Em relação ao estado limite de utilização a coluna verifica também as condições de segurança.

Tabela 2.135 - Verificação da Deformação da Coluna.

$\delta_{HM\acute{a}x.}$ [m] (*)	$\delta_{admiss\acute{i}vel}$ [m]	Verificação	Obs.
0.0082	$4.5/300 = 0.015$	$0.0082 < 0.015$	OK

(\*) Resultados dos ficheiros "SAP" retirados do modelo final.

## 2.3. Verificação das deformações máximas para os Pórticos mais solicitados

### 2.3.1. Estados Limites Utilização

- Deslocamentos Horizontais nos Pórticos dos Alçados

#### Deslocamento horizontal total

A verificação dos deslocamentos horizontais nos pórticos dos alçados foi feita no "SAP", e comparados os resultados a partir da condição definida pelo EC3:

$$\delta_{H,total}^{(*)} < \frac{h_0}{500}$$

em que:

$\delta_{H,total}$  Deslocamento horizontal total do pórtico do alçado

(\*) Estados Limites de Utilização;

$h_0$  Altura total do pórtico.

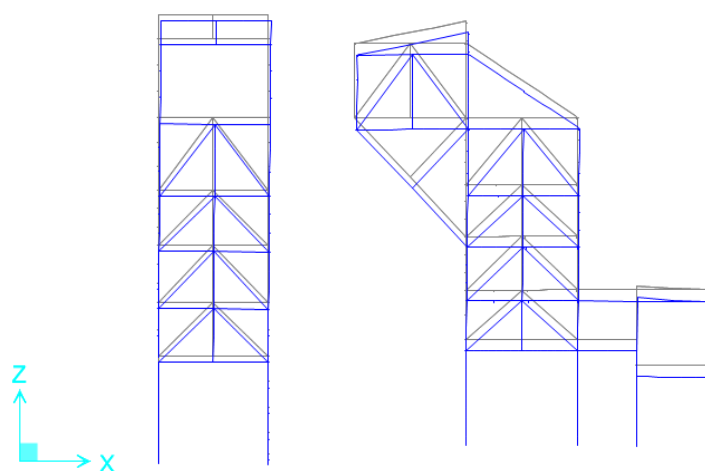


Figura 2.95 - Deslocamentos horizontais.

As Tabelas 2.136 e 2.137 indicam os deslocamentos horizontais totais máximos e os admissíveis segundo as direções x e y.

Tabela 2.136 – Deslocamentos Horizontais no Pórtico segundo a Direção x.

$\delta_{Topo}$ [m]	$\delta_{Base}$ [m]	$\delta_{H,Total}$ [m]	$\delta_{Admissível}$ [m]	Rácio	Obs.
0.0383	0.0013	0.037	0.056	0.66	OK

**Tabela 2.137 – Deslocamento Horizontais no Pórtico segundo a Direção y.**

$\delta_{\text{Topo}}$ [m]	$\delta_{\text{Base}}$ [m]	$\delta_{\text{H,Total}}$ [m]	$\delta_{\text{Admissível}}$ [m]	Rácio	Obs.
0.0205	0.0009	0.0196	0.056	0.35	OK

### Deslocamentos Horizontais entre Pisos

A verificação dos deslocamentos horizontais entre Pisos foi feita através dos deslocamentos obtidos também no "SAP", e verificados através da seguinte condição:

$$(\delta_1 - \delta_2) \leq \frac{h_1}{300}$$

em que:

$\delta_1$  Deslocamento horizontal no topo do pilar;

$\delta_2$  Deslocamento horizontal na base do pilar;

$h_1$  Altura do pilar.

As Tabelas 2.138 e 2.139 resumem os resultados das verificações.

**Tabela 2.138 - Deslocamentos Horizontais entre Pisos na Direção x.**

Pisos	$\delta_{\text{Topo}}$ [m]	$\delta_{\text{Base}}$ [m]	$(\delta_1 - \delta_2)$ [m]	$\delta_{\text{Admissível}}$ [m]	Rácios	Obs.
Piso 0 - Piso 2	0.0021	0.0013	0.0008	0.021	0.04	OK
Piso 2 - Piso 3	0.0071	0.0021	0.005	0.011	0.46	OK
Piso 3 - Piso 4	0.0135	0.0071	0.0064	0.012	0.53	OK
Piso4 - Piso 5	0.0196	0.0135	0.0061	0.012	0.51	OK
Piso 5 - Piso 6	0.0278	0.0196	0.0082	0.015	0.55	OK
Piso 6 – Cob.	0.0383	0.0278	0.0105	0.022	0.48	OK

**Tabela 2.139 - Deslocamentos Horizontais entre pisos na direção y.**

Pisos	$\delta_{\text{Topo}}$ [m]	$\delta_{\text{Base}}$ [m]	$(\delta_1 - \delta_2)$ [m]	$\delta_{\text{Admissível}}$ [m]	Rácios	Obs.
Piso 0 - Piso 2	0.0063	0.0015	0.0048	0.021	0.23	OK
Piso 2 - Piso 3	0.0094	0.0063	0.0031	0.011	0.28	OK
Piso 3 - Piso 4	0.0128	0.0094	0.0034	0.012	0.28	OK
Piso4 - Piso 5	0.0156	0.0128	0.0028	0.012	0.23	OK
Piso 5 - Piso 6	0.0186	0.0156	0.0030	0.015	0.20	OK
Piso 6 - Cob.	0.0231	0.0186	0.0045	0.022	0.21	OK

## 2.4. Ligações Metálicas

Neste projeto a realização das ligações foi feita recorrendo a soldaduras e parafusos.

### 2.4.1. Ligações Soldadas

As ligações das vigas nos pisos metálicos foram feitas recorrendo a soldaduras realizadas em oficina.

Em obra foram realizadas também soldaduras adicionais de modo a completar a geometria dos diferentes pisos.

As ligações soldadas foram dimensionadas pela expressão:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot a \cdot L \quad (2.4)$$

em que:

- $F_{w,Ed}$  Valor de cálculo de esforço atuante na ligação soldada;
- $F_{w,Rd}$  Valor de cálculo da resistência da ligação soldada;
- $\beta_w$  Fator de correlação ( $\beta_w = 0.85$  para o aço S235);
- $F_u$  Valor nominal da tensão de rutura do aço à tração da ligação soldada;
- $a$  Espessura do cordão de soldadura que deverá estar compreendido entre 3.0 mm e 0.7 da menor espessura dos elementos a ligar);
- $L$  Comprimento do cordão.

- **Dimensionamento das Ligações Soldadas de um Piso Tipo**

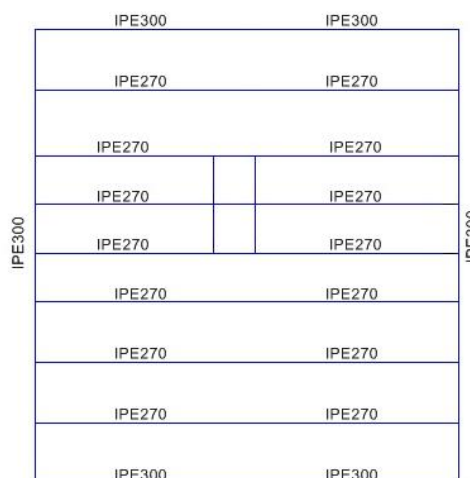


Figura 2.96 - Identificação das Vigas do Piso Tipo.



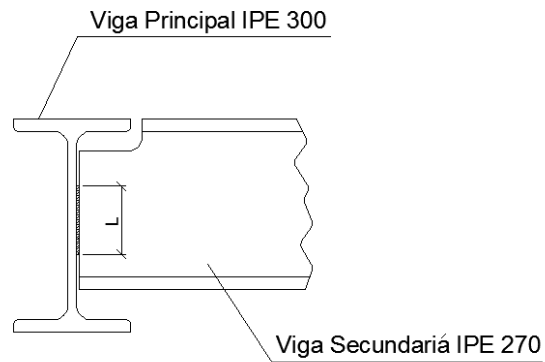


Figura 2.97 - Pormenor de ligação soldada entre a Vigas.

Tabela 2.140 - Dimensionamento das Ligações Soldadas.

Vigas do Piso				Soldadura				
Viga Principal	Viga Secundária	$F_{w,Ed}$ [kN]	$t_w$ [mm]	a [mm]	L [mm]	$F_{w,Rd}$ [kN]	Rácios	Obs.
IPE 300	IPE 270	25.0	7.1	4	80	40.9	0.61	OK
IPE 300	IPE 270	29.7	7.1	4	80	40.9	0.73	OK
IPE 300	IPE 270	19.5	7.1	4	80	40.9	0.48	OK
IPE 300	IPE 270	26.3	7.1	4	80	40.9	0.64	OK
IPE 300	IPE 270	21.7	7.1	4	80	40.9	0.53	OK
IPE 300	IPE 270	23.8	7.1	4	80	40.9	0.58	OK
IPE 300	IPE 270	23.8	7.1	4	80	40.9	0.58	OK

Nota:  $T_w$  – menor espessura dos elementos a ligar.

## 2.4.2. Ligações Aparafusadas

Nas ligações dos pórticos e nas bases dos pilares metálicos ao betão armado, escolheram-se ligações aparafusadas, cujo dimensionamento foi realizado com recurso ao software "*Robot Structural Analysis Professional*", cujos resultados são apresentados para alguns dos nós.

- **Ligação de Coluna - Travessa**

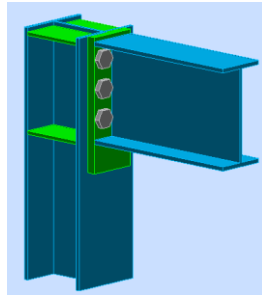


Figura 2.98 – Pormenor da Ligação Coluna-Travessa (HEA 180 – IPE 240).

## LOADS

### Ultimate limit state

Case: Manual calculations.

$M_{b1,Ed} = -11.80$  [kN\*m] Bending moment in the right beam

$V_{b1,Ed} = -7.98$  [kN] Shear force in the right beam

$N_{b1,Ed} = -41.85$  [kN] Axial force in the right beam

### CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$M_{j,Rd} = 18.82$  [kN\*m] Connection resistance for bending

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$   $0.63 < 1.00$  verified

**Connection conforms to the code**

Ratio 0.63

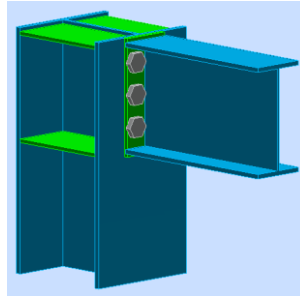


Figura 2.99 - Pormenor da Ligação Coluna-Travessa (HEA 260 – IPE 240).

## LOADS

---

### Ultimate limit state

Case: Manual calculations.

$M_{b1,Ed}$	=	-11.13	[kN*m]	Bending moment in the right beam
$V_{b1,Ed}$	=	-18.20	[kN]	Shear force in the right beam
$N_{b1,Ed}$	=	20.00	[kN]	Axial force in the right beam

### CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 28.93 \text{ [kN*m]} \quad \text{Connection resistance for bending}$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0.38 < 1.00 \quad \text{verified}$$

**Connection conforms to the code**

Ratio 0.38

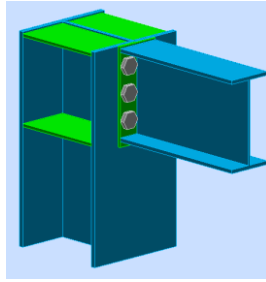


Figura 2.100 - Pormenor da Ligação Coluna-Travessa (HEA 280 – IPE 240).

## LOADS

---

### Ultimate limit state

Case: Manual calculations.

$M_{b1,Ed} =$	-7.42	[kN*m]	Bending moment in the right beam
$V_{b1,Ed} =$	20.92	[kN]	Shear force in the right beam
$N_{b1,Ed} =$	-31.93	[kN]	Axial force in the right beam

### CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 19.83 \text{ [kN*m]} \quad \text{Connection resistance for bending}$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1.0 \qquad 0.37 < 1.00 \qquad \text{verified}$$

**Connection conforms to the code**

Ratio 0.37

- **Ligação Viga principal-Viga interior**

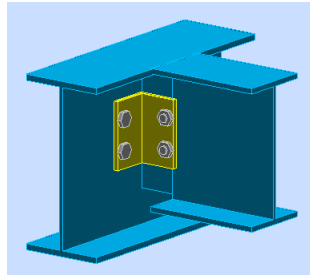


Figura 2.101 - Pormenor da Ligação Viga Principal – Viga Interior (IPE 330 – IPE 270).

## LOADS

---

Case: Manual calculations.

$N_{b,Ed}$	=	0.00	[kN]	Axial force
$V_{b,Ed}$	=	22.00	[kN]	Shear force
$M_{b,Ed}$	=	0.00	[kN*m]	Bending moment

### Simultaneous action of a tensile force and a shear force in a bolt

$F_{v,Ed}$	=	13.68	[kN]	Resultant shear force in a bolt
$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} + F_{t,Ed}/(1.4*F_{t,Rd}) \leq 1.0$				0.55 < 1.00

verified

**Connection conforms to the code**

Ratio 0.55

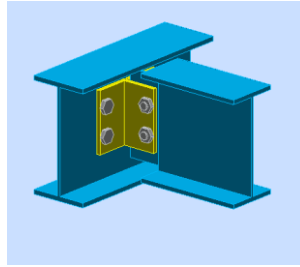


Figura 2.102 - Pormenor da Ligação Viga Principal – Viga Interior (IPE 240 – IPE 220).

## LOADS

---

Case: Manual calculations.

$N_{b,Ed}$	=	0.00	[kN]	Axial force
$V_{b,Ed}$	=	21.30	[kN]	Shear force
$M_{b,Ed}$	=	0.00	[kN*m]	Bending moment

### Simultaneous action of a tensile force and a shear force in a bolt

$F_{v,Ed}$  = 13.18 [kN] Resultant shear force in a bolt

$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} + F_{t,Ed}/(1.4*F_{t,Rd}) \leq 1.0$  0.53 < 1.00

verified

**Connection conforms to the code**

Ratio 0.53

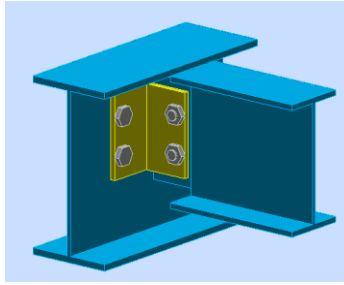


Figura 2.103 - Pormenor da Ligação Viga Principal – Viga Interior (IPE 270 – IPE 200).

## LOADS

---

Case: Manual calculations.

$N_{b,Ed} =$	0.00	[kN]	Axial force
$V_{b,Ed} =$	17.00	[kN]	Shear force
$M_{b,Ed} =$	0.00	[kN*m]	Bending moment

### Simultaneous action of a tensile force and a shear force in a bolt

$F_{v,Ed} =$	10.50	[kN]	Resultant shear force in a bolt	
$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} + F_{t,Ed}/(1.4 \cdot F_{t,Rd}) \leq 1.0$			0.42 < 1.00	verified

**Connection conforms to the code**

Ratio 0.42

- **Ligação Coluna-Plinto**

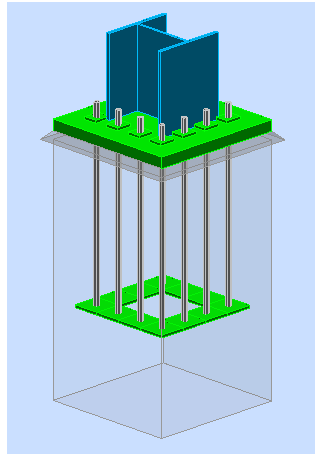


Figura 2.104 - Pormenor da Ligação Coluna – Plinto.

## LOADS

---

Case: Manual calculations.

$N_{j,Ed}$	=	-224.00	[kN]	Axial force
$V_{j,Ed,y}$	=	5.00	[kN]	Shear force
$V_{j,Ed,z}$	=	-28.00	[kN]	Shear force
$M_{j,Ed,y}$	=	-50.00	[kN*m]	Bending moment
$M_{j,Ed,z}$	=	9.00	[kN*m]	Bending moment

$$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0.85 < 1.00 \quad \text{verified}$$

Connection conforms to the code

Ratio 0.85



### 3. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE BETÃO ARMADO

#### 3.1. Estados Limites Últimos

O dimensionamento dos elementos de betão armado foi realizado através de tabelas de cálculo, desenvolvidas para o efeito neste projeto, tendo como suporte a NP EN 1992-1-1.

O procedimento foi realizado a partir dos ficheiros de resultados do programa de cálculo automático "Sap2000", posteriormente "tratados" em tabelas de cálculo, de modo a se obterem as armaduras de flexão e de corte correspondentes a todos os elementos.

Foram também utilizados outros softwares como o "Gala Reinforcement".

#### 3.1.1. Lajes

- Laje da Sala Elétrica

A laje da Sala Elétrica é uma laje maciça vigada com uma altura de 0.16 m.

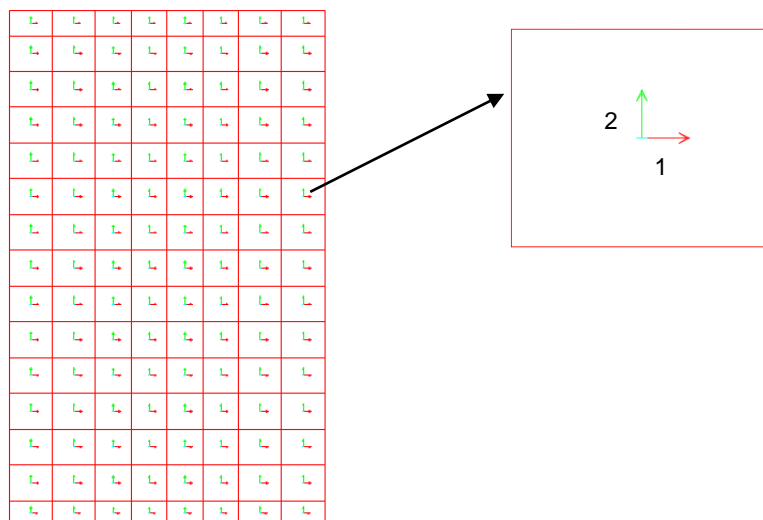
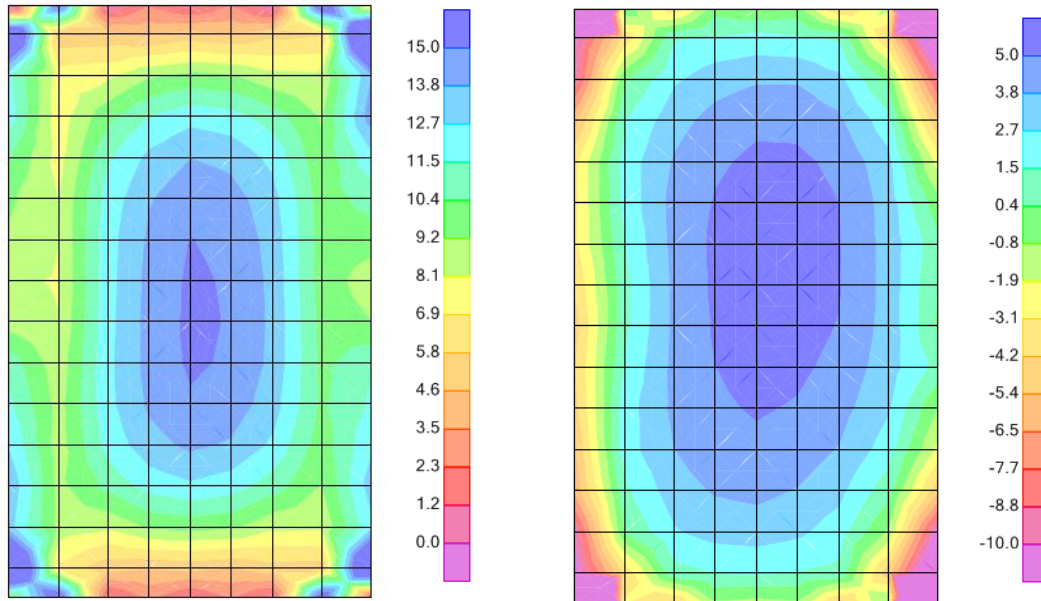


Figura 3.1 - Identificação dos Eixos Locais da laje.

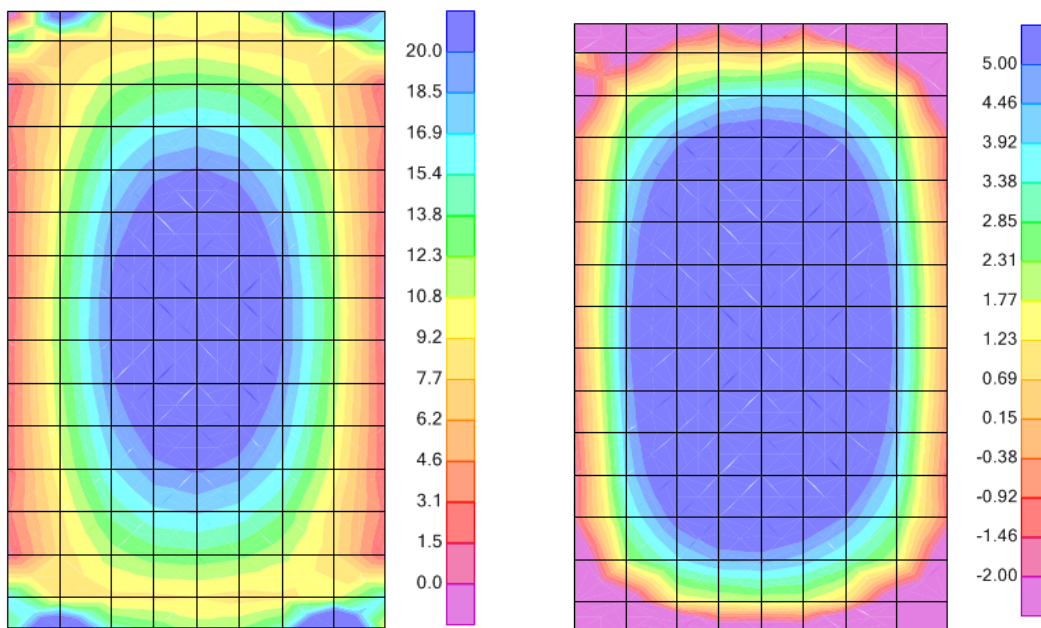
Nomenclatura:

M11 momento em torno do eixo 2;

M22 momento em torno do eixo 1.



**Figura 3.2 - Envolturas Máximas dos Momentos Positivos e Negativos de Cálculo M22 (kN.m/m).**



**Figura 3.3 - Envolturas Máximas dos Momentos Positivos e Negativos de Cálculo M11 (kN.m/m).**

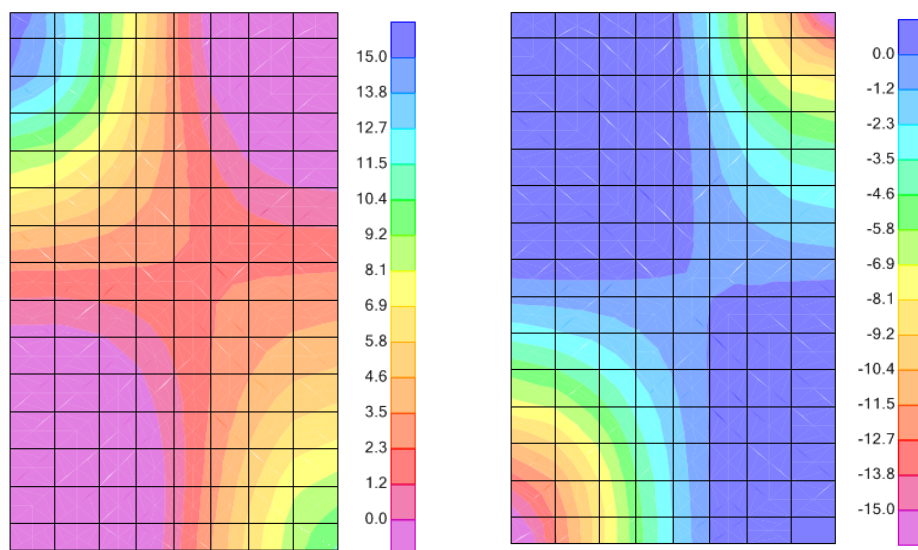


Figura 3.4 - Envolventes Máximas dos Momentos Positivos e Negativos de Cálculo M12 (kN.m/m).

A determinação dos momentos máximos e mínimos foi realizada a partir dos momentos fletores M11 e M22, combinados com os momentos de torção M12 a partir das expressões:

$$\begin{aligned}
 \text{Se } M_{11} > 0, \quad M_{11,Ed} &= M_{11} + |M_{12}| \\
 \text{Se } M_{11} < 0, \quad M_{11,Ed} &= M_{11} - |M_{12}| \\
 \text{Se } M_{22} > 0, \quad M_{22,Ed} &= M_{22} + |M_{12}| \\
 \text{Se } M_{22} < 0, \quad M_{22,Ed} &= M_{22} - |M_{12}|
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

### Tabelas de Dimensionamento da Laje da Sala Elétrica

O dimensionamento das armaduras de flexão foi feito para a envolvente dos esforços de flexão de cálculo mais desfavoráveis da laje segundo os 2 eixos.

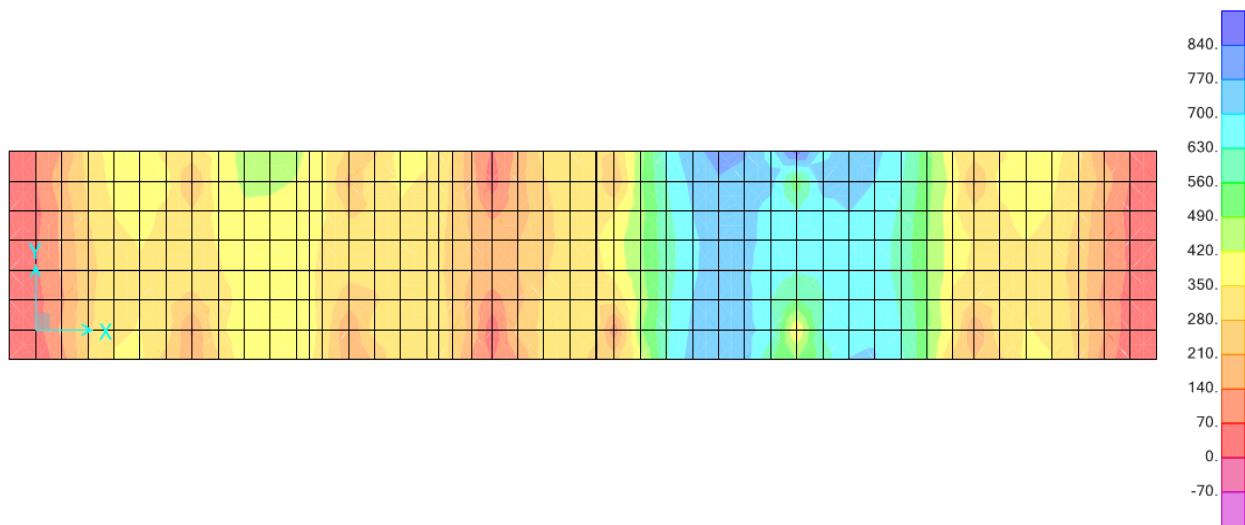
Tabela 3.1 - Armaduras de Flexão da Laje.

Materiais						Caraterísticas			
Betão C25/30	$f_{ctm} =$	2.60	Aço A500 NR			$f_{yk} =$	500	$h =$	0.16
	$f_{cd} =$	16.7				$f_{syd} =$	435	$d =$	0.13
	Mpa					Mpa		m	
		$M_{Ed}$ [kN.m/m]	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$\mu$	$\omega$	$A_{s,cálculo}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras	
Laje S.E.	$M_{11,Ed}^+$	25.80	1.76	0.091	0.097	4.85	5.24	φ10//0.15	
	$M_{11,Ed}^-$	-39.00	1.76	0.138	0.152	7.60	7.85	φ10//0.10	
	$M_{22,Ed}^+$	16.90	1.76	0.060	0.062	3.11	3.14	φ10//0.25	
	$M_{22,Ed}^-$	-59.00	1.76	0.209	0.246	12.25	13.40	φ16//0.15	

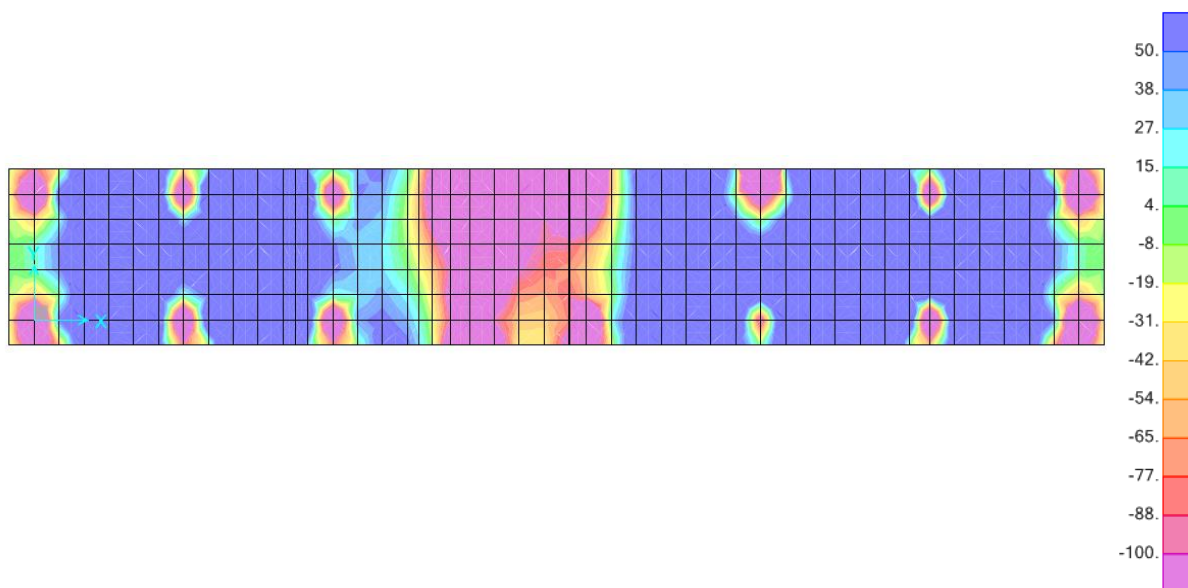
Nota: Os momentos  $M_{11,Ed}$  e  $M_{22,Ed}$  da Tabela 3.1 incluem já as considerações feitas nas expressões indicadas em 2.5.

- **Laje de Ensoleiramento**

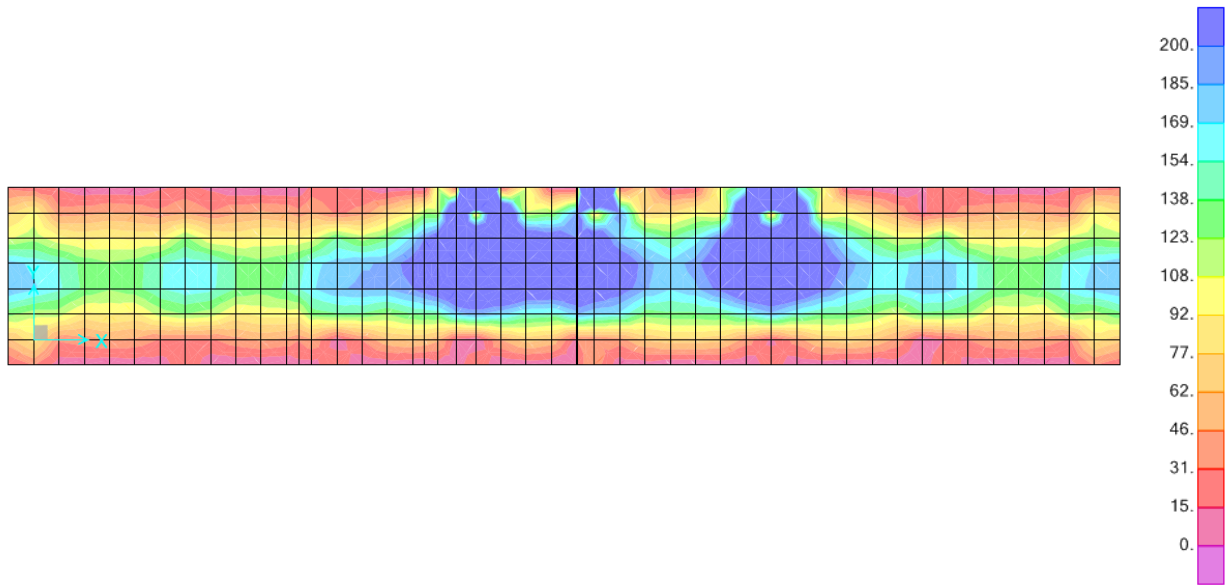
A laje de ensoleiramento é uma laje maciça com uma altura de 1.5 m.



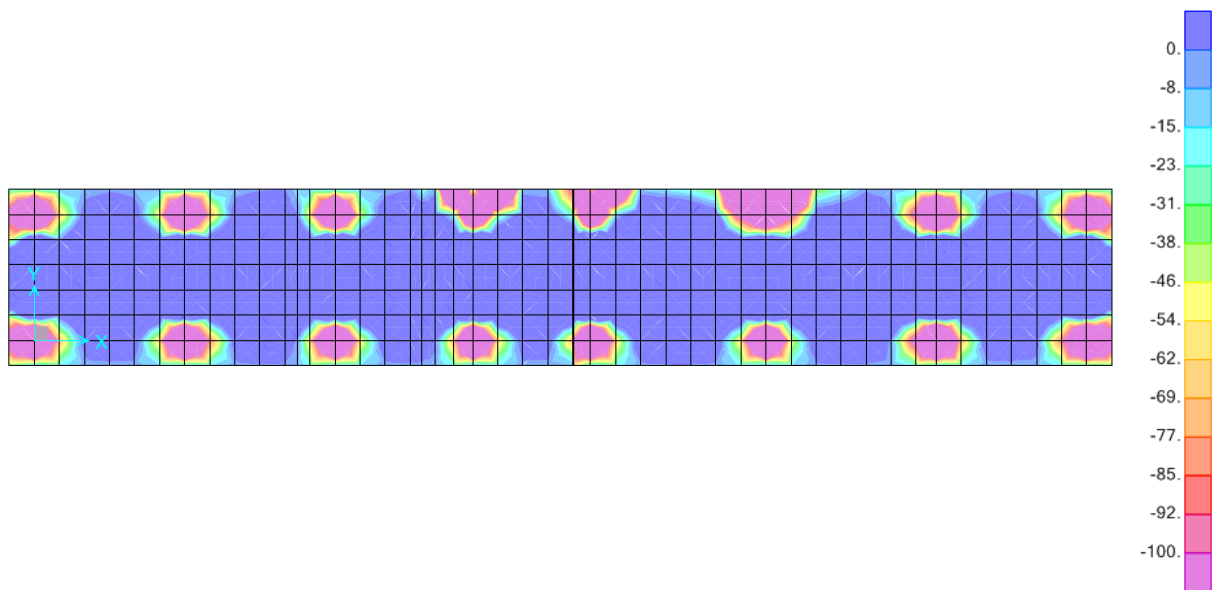
**Figura 3.5 - Envolvente Máxima dos Momento Positivos de Cálculo M11 (kN.m/m).**



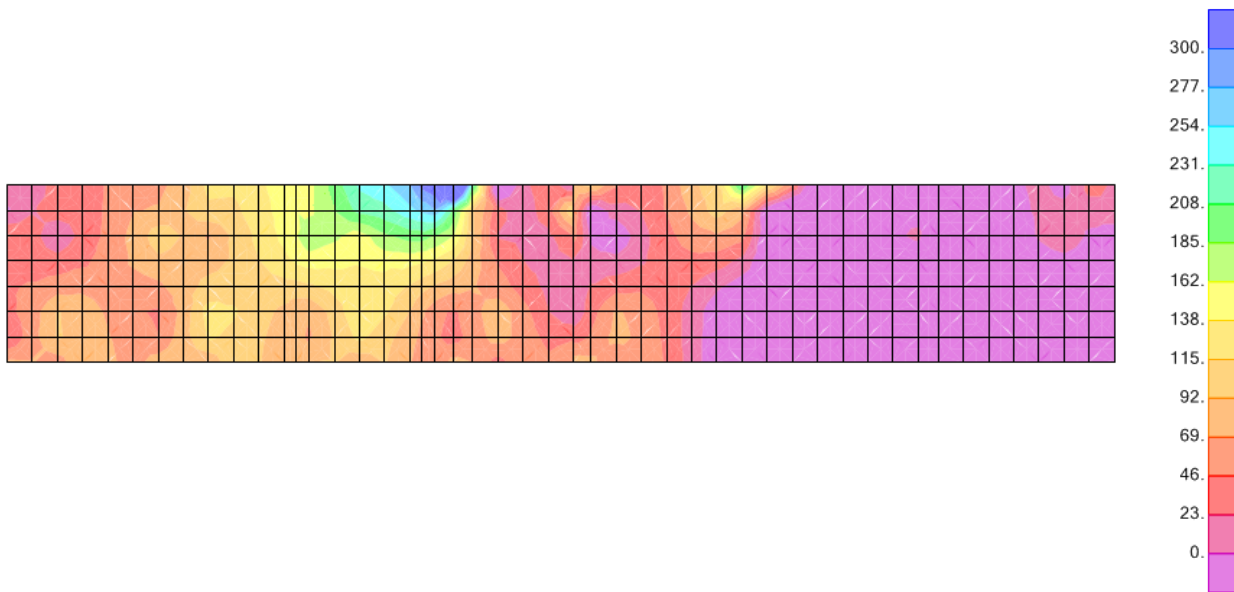
**Figura 3.6 - Envolvente Mínima dos Momentos Negativos de Cálculo M11 (kN.m/m).**



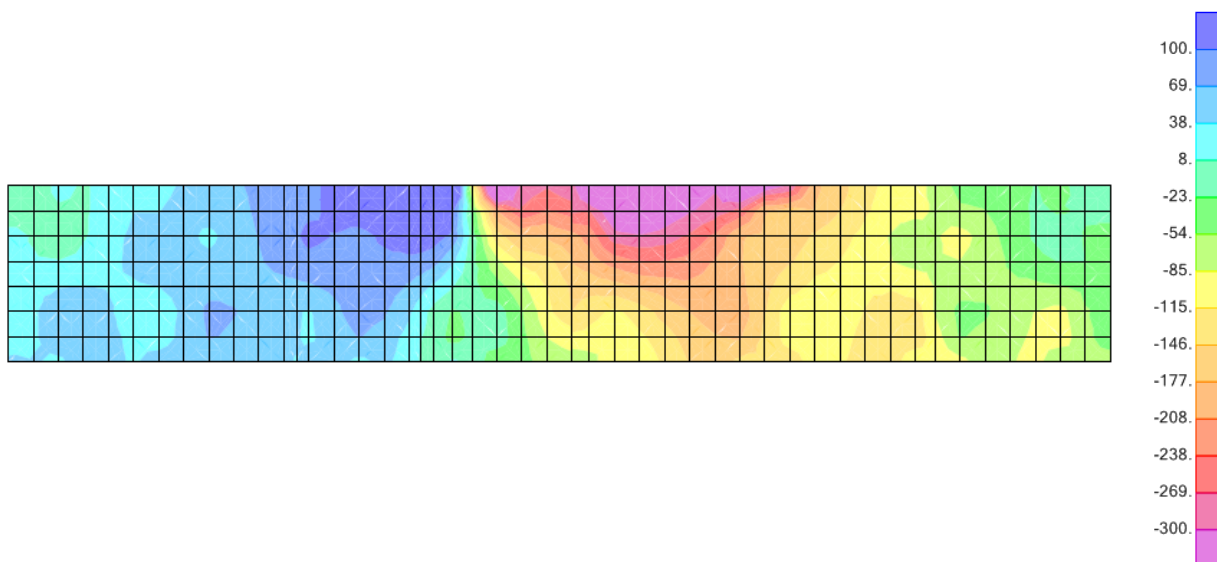
**Figura 3.7 - Envoltura Máxima dos Momentos Positivos de Cálculo M22 (kN.m/m).**



**Figura 3.8 - Envoltura Mínima dos Momentos Negativos de Cálculo M22 (kN.m/m).**



**Figura 3.9 - Envoltiva Máxima dos Momentos Positivos de Cálculo M12 (kN.m/m).**



**Figura 3.10 - Envoltiva Mínima dos Momentos Negativos de Cálculo M12 (kN.m/m).**

Para o dimensionamento da laje de ensoleiramento consideraram-se várias faixas que foram definidas em função dos esforços atuantes de cálculo.

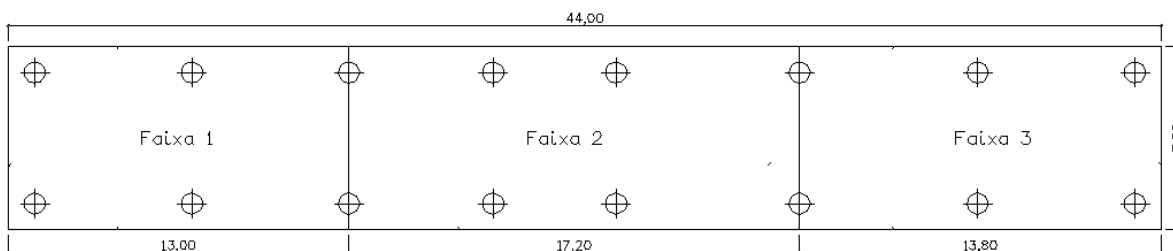


Figura 3.11 - Identificação das faixas na laje de ensoleiramento – Armaduras Inferiores.

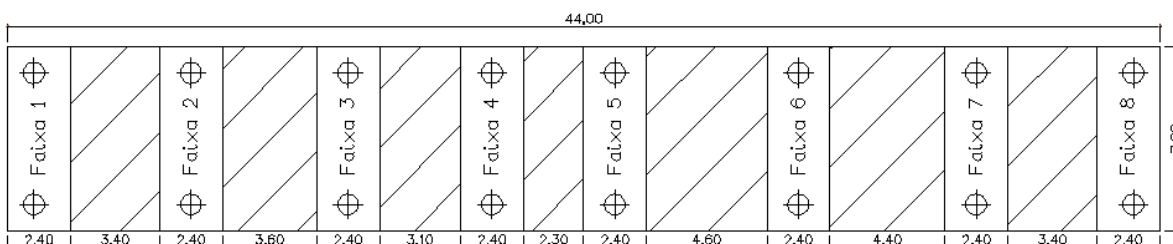


Figura 3.12 - Identificação das faixas na laje de ensoleiramento – Armaduras Superiores.

### Tabelas de Dimensionamento da Laje de Ensoleiramento

O dimensionamento das armaduras de flexão foi realizado segundo os 2 eixos, com base na envolvente dos esforços de cálculo mais desfavorável, para as faixas em que a laje foi dividida.

Tabela 3.2 - Armaduras de Flexão Inferiores.

Materiais							Caraterísticas	
Betão C25/30	$f_{ctm} =$	2.60	Aço A500 NR		$f_{yk} =$	500	$h =$	1.50
	$f_{cd} =$	16.7			$f_{syd} =$	435	$d =$	1.45
	Mpa				Mpa		m	
Faixas		$M_{Ed}$ [kN.m/m]	$\mu$	$\omega$	$A_{s,c\acute{a}lculo}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras	
Faixa 1	$M_{11,Ed^+}$	490	0.014	0.014	7.84	7.85	$\phi 10//0.10$	
	$M_{22,Ed^+}$	350	0.010	0.010	5.58	6.26	$\phi 10//0.125$	
Faixa 2	$M_{11,Ed^+}$	850	0.024	0.025	13.68	15.08	$\phi 16//0.125$	
	$M_{22,Ed^+}$	450	0.013	0.013	7.19	7.85	$\phi 10//0.10$	
Faixa 3	$M_{11,Ed^+}$	420	0.012	0.012	6.71	7.85	$\phi 10//0.10$	
	$M_{22,Ed^+}$	300	0.009	0.009	4.78	5.24	$\phi 10//0.15$	

Tabela 3.3 - Armaduras de Flexão Superiores.

Materiais							Caraterísticas	
Betão C25/30	$f_{ctm} =$	2.60	Aço A500 NR		$f_{yk} =$	500	$h =$	1.50
	$f_{cd} =$	16.7			$f_{syd} =$	435	$d =$	1.45
	Mpa				Mpa		m	
Faixas		$M_{Ed}$ [kN.m/m]	$\mu$	$\omega$	$A_{s,c\acute{a}lculo}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras	
Faixa 1	$M_{11,Ed}$	-300	0.009	0.009	4.78	5.24	$\phi 10//0.15$	
	$M_{22,Ed}$	-220	0.006	0.006	3.50	3.93	$\phi 10//0.20$	
Faixa 2	$M_{11,Ed}$	-300	0.009	0.009	4.78	5.24	$\phi 10//0.15$	
	$M_{22,Ed}$	-210	0.006	0.006	3.34	3.93	$\phi 10//0.20$	
Faixa 3	$M_{11,Ed}$	-300	0.009	0.009	4.78	5.24	$\phi 10//0.15$	
	$M_{22,Ed}$	-210	0.006	0.006	3.34	3.93	$\phi 10//0.20$	
Faixa 4	$M_{11,Ed}$	-500	0.014	0.014	8.00	9.05	$\phi 10//0.125$	
	$M_{22,Ed}$	-450	0.013	0.013	7.19	7.54	$\phi 12//0.15$	
Faixa 5	$M_{11,Ed}$	-500	0.014	0.014	8.00	9.05	$\phi 10//0.125$	
	$M_{22,Ed}$	-450	0.013	0.013	7.19	7.54	$\phi 12//0.15$	
Faixa 6	$M_{11,Ed}$	-500	0.014	0.014	8.00	9.05	$\phi 10//0.125$	
	$M_{22,Ed}$	-450	0.013	0.013	7.19	7.54	$\phi 12//0.15$	
Faixa 7	$M_{11,Ed}$	-330	0.009	0.009	5.26	6.26	$\phi 10//0.125$	
	$M_{22,Ed}$	-210	0.006	0.006	3.34	3.93	$\phi 10//0.25$	
Faixa 8	$M_{11,Ed}$	-330	0.009	0.009	5.26	6.26	$\phi 10//0.125$	
	$M_{22,Ed}$	-220	0.006	0.006	3.50	3.93	$\phi 10//0.25$	

Nota: Os momentos  $M_{11,Ed}$  e  $M_{22,Ed}$  das Tabelas 3.2 e 3.3 incluem já as considerações feitas nas expressões indicadas em 2.5.

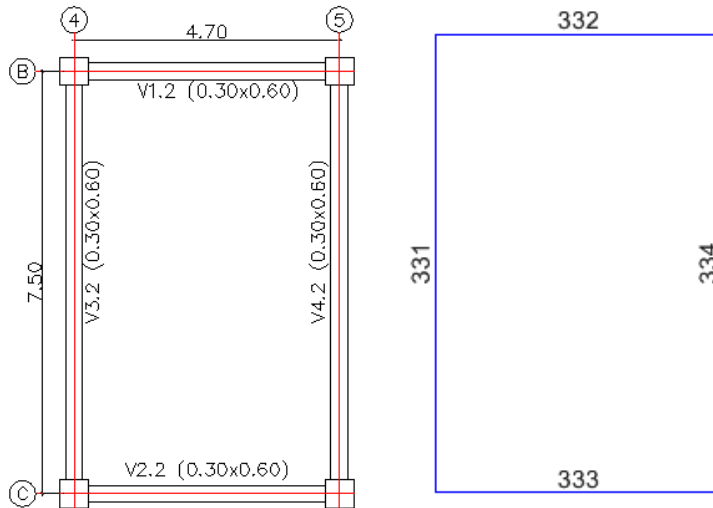


### 3.1.2. Vigas

- **Vigas da Sala Elétrica**

**a) Geometria**

A Figura 3.13 mostra a planta com a geometria e identificação das vigas da cobertura da Sala Elétrica.



**Figura 3.13 - Geometria e Identificação das Vigas no "Sap".**

**b) Materiais**

**Tabela 3.4 – Materiais.**

Betão C25/30		Aço A500 NR	
$f_{ctm} =$	2.6 Mpa	$f_{yk} =$	500 Mpa
$f_{cd} =$	16.7 Mpa	$f_{syd} =$	435 Mpa

**c) Tabelas de Dimensionamento das Vigas da Cobertura da Sala Elétrica**

O Dimensionamento das armaduras de flexão e de esforço transverso foi feito para a envolvente dos esforços de cálculo mais desfavorável, para as 3 secções das vigas mais solicitadas.

**Tabela 3.5 - Armaduras de Flexão Inferiores.**

Vigas	$M_{Ed,y}$ [kN.m/m]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,Adoptado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$\phi$
V1.2 (0.3mx0.60m)	36.4	1.5	3.39	3 $\phi$ 12
	88.2	3.7	4.52	4 $\phi$ 12
	133.3	5.7	6.79	6 $\phi$ 12
V2.2 (0.3mx0.60m)	83.1	3.5	4.52	4 $\phi$ 12
	86.1	3.6	4.52	4 $\phi$ 12
	94.3	3.9	4.52	4 $\phi$ 12
V3.2 (0.3mx0.60m)	116.5	4.9	5.65	5 $\phi$ 12
	38.7	1.6	5.65	5 $\phi$ 12
	43.2	1.8	5.65	5 $\phi$ 12
V4.2 (0.3mx0.60m)	48.7	2.0	3.39	3 $\phi$ 12
	82.0	3.4	4.52	4 $\phi$ 12
	19.3	0.8	3.39	3 $\phi$ 12

**Tabela 3.6 - Armaduras de Flexão Superiores.**

Vigas	$M_{Ed,y}$ [kN.m/m]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,Adoptado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$\phi$
V1.2 (0.3mx0.60m)	-146.0	6.3	6.79	6 $\phi$ 12
	-57.0	2.4	4.52	4 $\phi$ 12
	-115.2	4.9	5.65	5 $\phi$ 12
V2.2 (0.3mx0.60m)	-182.4	7.9	8.04	4 $\phi$ 16
	-2.12	0.1	4.02	2 $\phi$ 16
	-186.1	8.1	10.05	5 $\phi$ 16
V3.2 (0.3mx0.6m)	-138.7	5.9	6.03	3 $\phi$ 16
	-32.3	1.3	4.02	2 $\phi$ 16
	-132.9	5.7	6.03	3 $\phi$ 16
V4.2 (0.3mx0.6m)	-167.2	7.2	8.04	4 $\phi$ 16
	21.8	0.9	4.02	2 $\phi$ 16
	-255.8	11.6	12.06	6 $\phi$ 16

**- Armaduras Transversais**

**Tabela 3.7 - Armaduras Transversais.**

Vigas	Secções	$V_{Ed}$ [kN/m]	$(A_{sw,min}/S)$	$(A_{sw}/S)$	$(A_{sw}/S)_{cal}$	$(A_{sw}/S)_{2\text{ ramos}}$	$(A_{sw}/S)_{adotado}$	$\phi$
V1.2	1	-86.81	2.40	3.89	3.89	1.95	2.51	$\phi 8//0.20$
	2	40.48	2.40	1.81	2.40	1.20	2.51	$\phi 8//0.20$
	3	60.99	2.40	2.73	2.73	1.37	2.51	$\phi 8//0.20$
V2.2	1	-116.84	2.40	5.24	5.24	2.62	3.35	$\phi 8//0.15$
	2	-55.48	2.40	2.49	2.49	1.24	2.87	$\phi 8//0.175$
	3	147.29	2.40	6.60	6.60	3.30	3.35	$\phi 8//0.15$
V3.2	1	-70.70	2.40	3.17	3.17	1.58	2.51	$\phi 8//0.20$
	2	92.10	2.40	4.13	4.13	2.06	2.51	$\phi 8//0.20$
	3	90.05	2.40	4.04	4.04	2.02	2.51	$\phi 8//0.20$
V4.2	1	-126.58	2.40	5.67	5.67	2.84	5.03	$\phi 8//0.10$
	2	27.05	2.40	1.21	2.40	1.20	3.35	$\phi 8//0.15$
	3	198.95	2.40	8.92	8.92	4.46	5.03	$\phi 8//0.10$

Nota:

A - O valor "S" indicado na Tabela 3.7 representa a distância entre estribos.

B - O recobrimento considerado para as vigas com 0.30 m x 0.60 m foi de 3 cm, e para as armaduras de flexão os valores das áreas máximas e mínimas estão compreendidos entre 2.31 cm<sup>2</sup> e 72 cm<sup>2</sup> segundo os critérios definidos no EC2.

## Vigas de Fundação da Zona da Torre

### a) Geometria

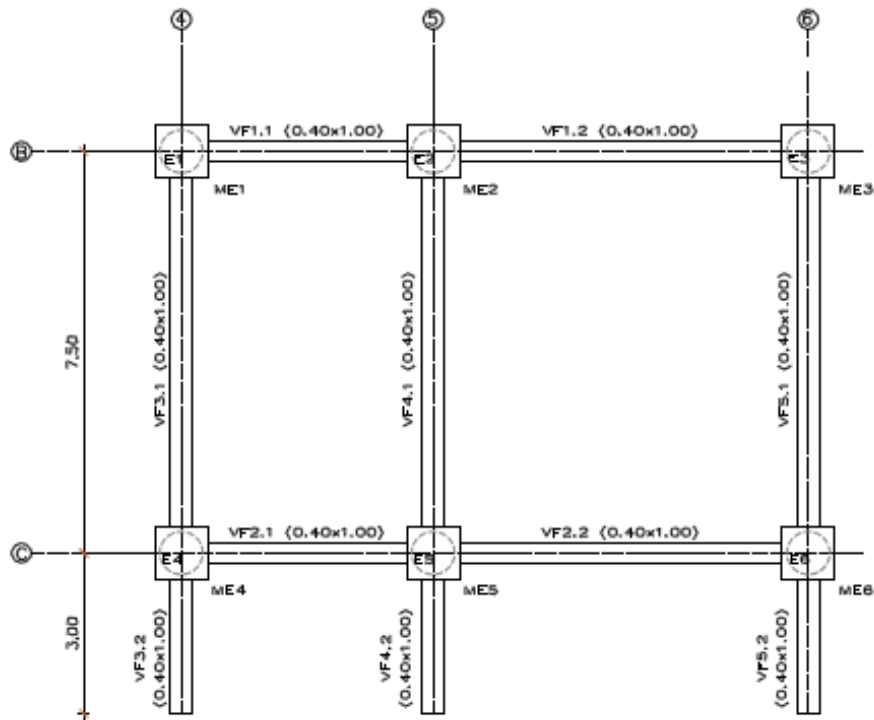


Figura 3.14 - Planta com a Geometria das Vigas de Fundação.

### b) Materiais

Tabela 3.8 - Materiais.

Betão C30/37		Aço A500 NR	
$f_{ctm} =$	2.9 Mpa	$f_{yk} =$	500 Mpa
$f_{cd} =$	20.0 Mpa	$f_{syd} =$	435 Mpa

### c) Tabelas de Dimensionamento

Na Tabela 3.9 indicam-se para os esforços atuantes de cálculo mais desfavoráveis, os resultados do dimensionamento das armaduras inferiores das vigas de fundação de ligação aos maciços das estacas em 3 secções.

Tabela 3.9 - Armaduras de Flexão Inferiores.

Vigas	$M_{Ed,y}$ [kN.m/m]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,Adoptado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$\phi$
VF1.1 (0.4mx1.0m)	130.5	3.2	18.85	6 $\phi$ 20
	263.0	6.5	18.85	6 $\phi$ 20
	633.8	16.3	18.85	6 $\phi$ 20
VF1.2 (0.4mx1.0m)	198.2	4.9	18.85	6 $\phi$ 20
	333.9	8.3	18.85	6 $\phi$ 20
	672.7	17.3	18.85	6 $\phi$ 20
VF2.1 (0.4mx1.0m)	379.3	9.5	12.57	4 $\phi$ 20
	192.7	4.7	12.57	4 $\phi$ 20
	388.9	9.7	12.57	4 $\phi$ 20
VF2.2 (0.4mx1.0m)	297.4	7.4	12.57	4 $\phi$ 20
	218.8	5.4	12.57	4 $\phi$ 20
	419.2	10.5	12.57	4 $\phi$ 20
VF3.1 (0.4mx1.0m)	401.5	10.1	21.99	7 $\phi$ 25
	784.4	20.4	21.99	7 $\phi$ 25
	1238.2	34.0	21.99	7 $\phi$ 25
VF3.2 (0.4mx1.0m)	494.6	12.5	14.73	3 $\phi$ 25
	88.1	2.2	14.73	3 $\phi$ 25
	571.4	14.6	14.73	3 $\phi$ 25
VF4.1 (0.4mx1.0m)	587.2	15.0	18.85	6 $\phi$ 20
	604.1	15.4	18.85	6 $\phi$ 20
	694.1	17.9	18.85	6 $\phi$ 20
VF4.2 (0.4mx1.0m)	687.3	17.7	25.13	8 $\phi$ 20
	199.9	4.9	25.13	8 $\phi$ 20
	937.1	24.8	25.13	8 $\phi$ 20
VF5.1 (0.4mx1.0m)	604.9	15.4	39.27	8 $\phi$ 25
	906.0	23.9	39.27	8 $\phi$ 25
	1271.0	35.0	39.27	8 $\phi$ 25
VF5.2 (0.4mx1.0m)	394.6	9.9	19.63	4 $\phi$ 25
	219.8	5.4	19.63	4 $\phi$ 25
	607.6	15.5	19.63	4 $\phi$ 25

Na Tabela 3.10 indicam-se os resultados para as armaduras superiores das vigas de fundação.

**Tabela 3.10 - Armaduras de Flexão Superiores.**

Vigas	$M_{ed,y}$ [kN.m/m]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,Adoptado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$\phi$
VF1.1 (0.4mx1.0m)	-296.7	7.3	8.04	4 $\phi$ 16
	-88.7	2.1	6.03	3 $\phi$ 16
	10.1	0.2	8.04	4 $\phi$ 16
VF1.2 (0.4mx1.0m)	-154.4	3.7	6.03	3 $\phi$ 16
	0.39	0.01	6.03	3 $\phi$ 16
	-240.3	5.9	6.03	3 $\phi$ 16
VF2.1 (0.4mx1.0m)	-200.7	4.9	12.06	6 $\phi$ 16
	-136.4	3.3	6.03	3 $\phi$ 16
	-436.9	10.9	12.06	6 $\phi$ 16
VF2.2 (0.4mx1.0m)	-267.5	6.6	8.04	4 $\phi$ 16
	-29.5	0.7	6.03	3 $\phi$ 16
	-302.9	7.5	8.04	4 $\phi$ 16
VF3.1 (0.4mx1.0m)	-703.1	18.1	18.85	6 $\phi$ 20
	-513.3	13.0	15.71	5 $\phi$ 20
	-411.0	10.3	18.85	6 $\phi$ 20
VF3.2 (0.4mx1.0m)	-660.6	16.9	15.71	5 $\phi$ 20
	-280.4	6.9	6.28	2 $\phi$ 20
	-858.0	22.5	15.71	5 $\phi$ 20
VF4.1 (0.4mx1.0m)	-913.1	24.1	24.54	5 $\phi$ 25
	-570.5	14.5	14.73	3 $\phi$ 25
	-320.8	7.9	24.54	5 $\phi$ 25
VF4.2 (0.4mx1.0m)	-734.1	19.0	19.63	4 $\phi$ 25
	-314.6	7.8	9.82	2 $\phi$ 25
	-1269.7	34.9	39.27	8 $\phi$ 25
VF5.1 (0.4mx1.0m)	-860.4	22.5	24.54	5 $\phi$ 25
	-842.5	22.0	24.54	5 $\phi$ 25
	-908.2	23.9	24.54	5 $\phi$ 25
VF5.2 (0.4mx1.0m)	-415.1	10.4	29.45	6 $\phi$ 25
	-317.1	7.8	14.73	3 $\phi$ 25
	-931.5	24.6	29.45	6 $\phi$ 25

Na tabela 3.11 resumem-se os resultados do dimensionamento das armaduras de esforço transversal das vigas de fundação nas 3 secções em que os esforços de cálculo são mais desfavoráveis.

### Armaduras Transversais

Tabela 3.11 - Armaduras Transversais.

Vigas	Secções	$V_{Ed}$ [kN/m]	$(A_{sw,min}/S)$	$(A_{sw}/S)$	$(A_{sw}/S)_{cal}$	$(A_{sw}/S)_{2\text{ ramos}}$	$(A_{sw}/S)_{adotado}$	$\phi$
VF1.1	1	193.6	3.51	5.21	5.21	2.60	4.02	$\phi 8//0.125$
	2	18.3	3.51	0.49	3.51	1.75	4.02	$\phi 8//0.125$
	3	291.0	3.51	7.82	7.82	3.91	4.02	$\phi 8//0.125$
VF1.2	1	-149.7	3.51	4.03	4.03	2.01	4.02	$\phi 8//0.125$
	2	184.4	3.51	4.96	4.96	2.48	4.02	$\phi 8//0.125$
	3	231.6	3.51	6.23	6.23	3.11	4.02	$\phi 8//0.125$
VF2.1	1	272.8	3.51	7.34	7.34	3.67	5.03	$\phi 8//0.10$
	2	304.5	3.51	8.19	8.19	4.09	5.03	$\phi 8//0.10$
	3	336.2	3.51	9.04	9.04	4.52	5.03	$\phi 8//0.10$
VF2.2	1	-118.6	3.51	3.19	3.51	1.75	4.02	$\phi 8//0.125$
	2	93.2	3.51	2.51	3.51	1.75	4.02	$\phi 8//0.125$
	3	140.4	3.51	3.78	3.78	1.89	4.02	$\phi 8//0.125$
VF3.1	1	-727.5	3.51	19.56	19.56	9.78	11.31	$\phi 12//0.10$
	2	-742.2	3.51	19.96	19.96	9.98	11.31	$\phi 12//0.10$
	3	-754.2	3.51	20.28	20.28	10.14	11.31	$\phi 12//0.10$
VF3.2	1	-163.9	3.51	4.41	4.41	2.20	4.02	$\phi 8//0.125$
	2	-160.1	3.51	4.30	4.30	2.15	4.02	$\phi 8//0.125$
	3	187.1	3.51	5.03	5.03	2.52	4.02	$\phi 8//0.125$
VF4.1	1	-592.0	3.51	15.92	15.92	7.96	11.31	$\phi 12//0.10$
	2	-565.0	3.51	15.19	15.19	7.60	11.31	$\phi 12//0.10$
	3	-551.6	3.51	14.83	14.83	7.42	11.31	$\phi 12//0.10$
VF4.2	1	-95.5	3.51	2.57	3.51	1.75	4.02	$\phi 8//0.125$
	2	105.1	3.51	2.83	3.51	1.75	4.02	$\phi 8//0.125$
	3	155.7	3.51	4.19	4.19	2.09	4.02	$\phi 8//0.125$
VF5.1	1	-577.3	3.51	15.52	15.52	7.76	11.31	$\phi 12//0.10$
	2	-550.3	3.51	14.80	14.80	7.40	11.31	$\phi 12//0.10$
	3	-537.5	3.51	14.45	14.45	7.23	11.31	$\phi 12//0.10$
VF5.2	1	-79.7	3.51	2.15	3.51	1.75	4.02	$\phi 8//0.125$
	2	74.5	3.51	2.00	3.51	1.75	4.02	$\phi 8//0.125$
	3	125.1	3.51	3.36	3.51	1.75	4.02	$\phi 8//0.125$

Notas:

A - "S" representa a distância entre estribos;

B - O recobrimento para as vigas de fundação considerado foi de 5 cm;

C - Para as áreas das armaduras de flexão os valores máximos e mínimos de 5.73 cm<sup>2</sup> e 160 cm<sup>2</sup> respeitam as condições estipuladas pelo EC2.

### Armaduras de Pele

Dado que as vigas de fundação têm altura igual a 1 m, foi necessário colocar armaduras de pele, para controlar a fendilhação e para garantir uma resistência adequada ao destacamento do betão de recobrimento.

A Tabela 3.12 resume alguns dos coeficientes utilizados no cálculo das armaduras de pele.

Tabela 3.12 – Armaduras de Pele

	K	K <sub>c</sub>	f <sub>ct,eff</sub> [Mpa]	A <sub>ct</sub> [m <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [Mpa]	A <sub>s,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	ϕ
Vigas de Fundação (0.4 m x 1.0 m)	0.5	0.4	2.6	0.2	500	2.08	ϕ8/0.20



### 3.1.3. Pilares

#### a) Geometria

Foram considerados para todos os pilares secções iguais de 0.50m x 0.50m.

#### b) Materiais

Tabela 3.13 - Materiais.

Betão C25/30		Aço A500 NR	
$f_{ctm} =$	2.6 Mpa	$f_{yk} =$	500 Mpa
$f_{cd} =$	16.7 Mpa	$f_{syd} =$	435 Mpa

#### c) Cálculo Orgânico

- Armaduras Longitudinais

As armaduras de flexão dos pilares foram dimensionadas a partir do software "Gala Reinforcement", com base em vários ábacos de flexão composta desviada com compressão e tração, determinados para esforços resistentes do tipo  $N_{Rd}$  (+) e  $N_{Rd}$  (-),  $M_{Rd,y}$  e  $M_{Rd,z}$  combinados entre si, e posteriormente comparados com os esforços de cálculo referentes às combinações de ações mais desfavoráveis nos diferentes pilares.

Foram consideradas duas secções tipo de 16 $\phi$ 12 para os Pilares P1 e P3 e de 16 $\phi$ 16 para os Pilares P2 e P4.

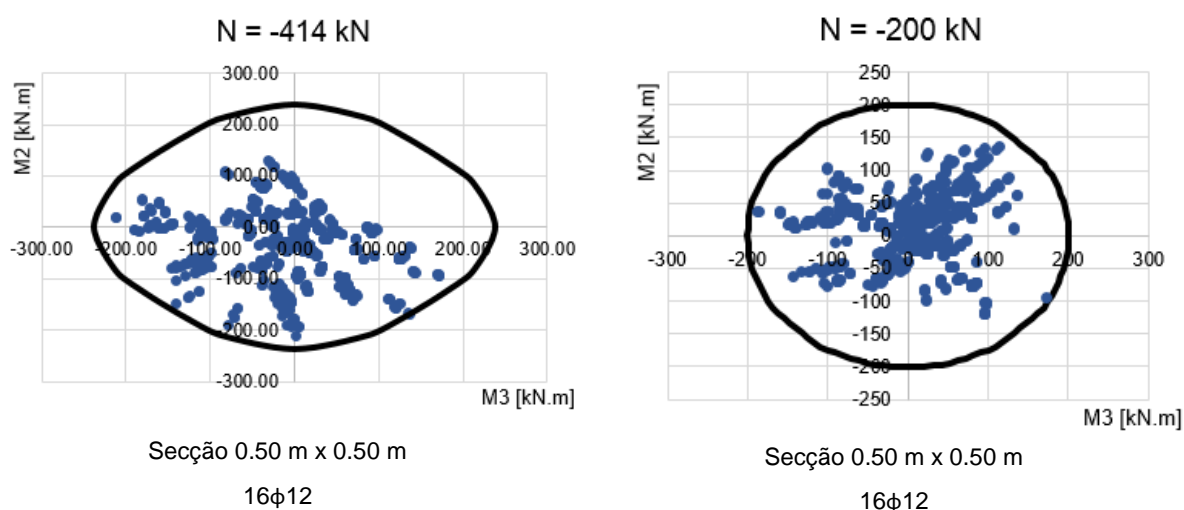
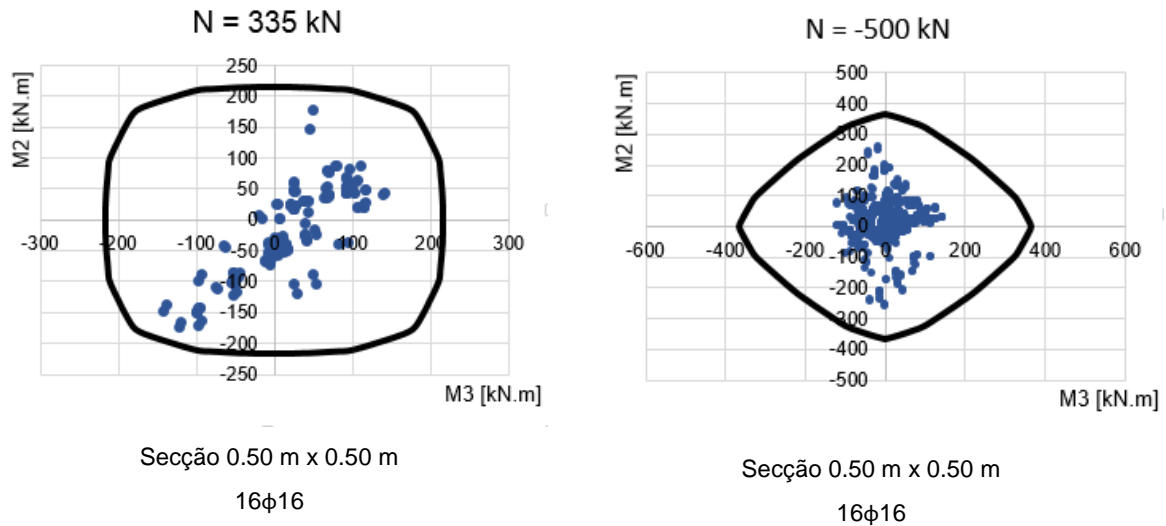


Figura 3.15 - Ábaco de Flexão Composta Desviada com Esforço Axial de Tração e Compressão - Pilares P1 e P3.



**Figura 3.16 - Ábaco de Flexão Composta Desviada com Esforço Axial de Tração e Compressão - Pilares P2 e P4.**

Nota: Verifica-se pelos ábacos das Figuras 3.15 e 3.16, que a envolvente resistente dos esforços nos pilares para as secções e armaduras adotadas é superior aos esforços ( $N_{Ed} (+)$ ,  $N_{Ed}(-)$ ,  $M_{Ed,y} + M_{Ed,z}$ ) referentes às combinações de ações mais desfavoráveis para os estados limites últimos.

- **Armaduras Transversais**

Nas Tabelas 3.14 e 3.15 indicam-se os resultados referentes ao dimensionamento das armaduras transversais dos pilares.

**Tabela 3.14 - Cálculo do Esforço Transverso.**

Pilares	m		Aço A500 NR	Mpa		Betão C25/30	Mpa	
	$V_{Ed,máx}$ [kN]	$\alpha_{cw}$		$f_{ywd}$	$f_{yk}$		$f_{cd}$	$f_{ck}$
	$b_w$ (m)	$d$ (m)		$Z$ (m)	$v_1$		$\Theta$ (°)	$V_{Rd,máx}$ [kN]
P1 e P3	105.8	1.0	0.50	0.46	0.41	0.54	45	913.1
P2 e P4	91.0	1.0	0.50	0.46	0.41	0.54	45	913.1

Tabela 3.15 - Armaduras de Esforço Transverso.

Pilares	$(A_{sw,cal/s})$ [cm <sup>2</sup> /m]	n <sup>o</sup> ramos	$(A_{sw/s})_{ramo}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$(A_{sw/s})_{adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Armaduras
P1 e P3	4.00	4.	1.00	2.51	φ8//0.20
P2 e P4	4.00	4	1.00	2.51	φ8//0.20

Nota:

A - O recobrimento considerado para os pilares foi de 4 cm,

B - Respeitaram-se segundo o EC2 as áreas de armaduras de flexão mínimas e máximas de 4 cm<sup>2</sup> e 51.8 cm<sup>2</sup> respetivamente.

### 3.1.4. Maciços de Encabeçamento das Estacas

#### a) Geometria

Adotaram-se para todos os maciços de encabeçamento das estacas secções de 1.0 m x 1.0 m x 1.20 m.

#### b) Cálculo Orgânico

- Armaduras Longitudinais

O dimensionamento das armaduras dos maciços foi feito seguindo o mesmo procedimento dos pilares.

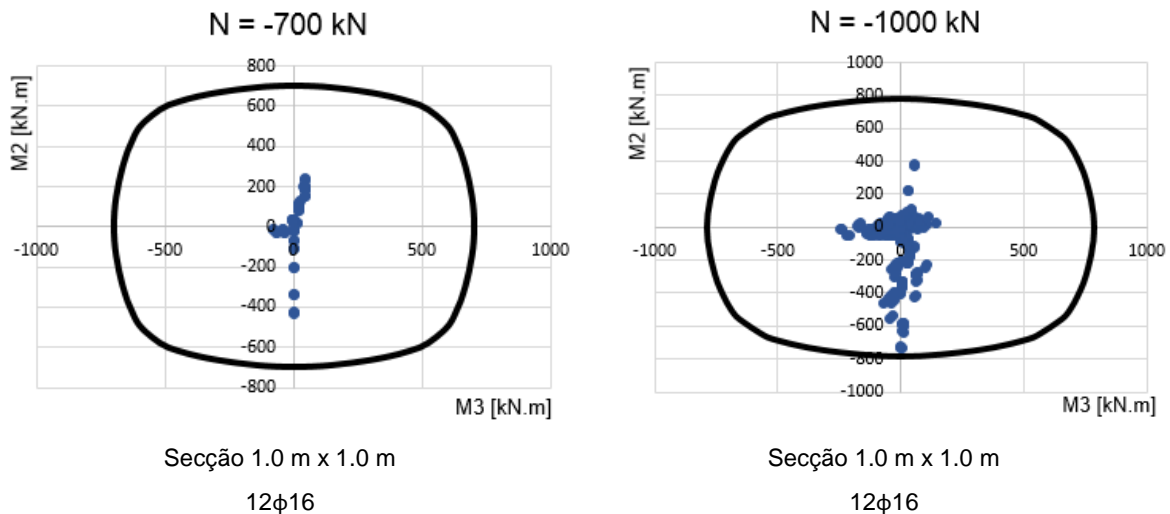


Figura 3.17 - Ábacos de Flexão Composta Desviada com Esforço Axial de Compressão – Maciços.

- Armaduras Transversais

Tabela 3.16 - Cálculo do Esforço Transverso.

Maciços	h	1.0	Aço A500 NR	f <sub>ywd</sub>	435	Betão C25/30	f <sub>cd</sub>	16.7
	b	1.0		f <sub>yk</sub>	500		f <sub>ck</sub>	25
m		Mpa		Mpa		Mpa		
	V <sub>ed,máx</sub> [kN]	α <sub>cw</sub>	bw	d	Z	v <sub>1</sub>	θ	V <sub>Rd,máx</sub> [kN]
ME1 a ME6	1089	1.0	1.00	0.95	0.86	0.54	45	3855

Tabela 3.17 - Armaduras de Esforço Transverso.

Maciços	(A <sub>sw,cal/s</sub> ) [cm <sup>2</sup> /m]	n <sup>o</sup> ramos	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>ramo</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	(A <sub>sw/s</sub> ) <sub>adotado</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Armadura
ME1 a ME6	8.00	2	4.00	4.02	φ8//0.125

### 3.1.5. Plintos

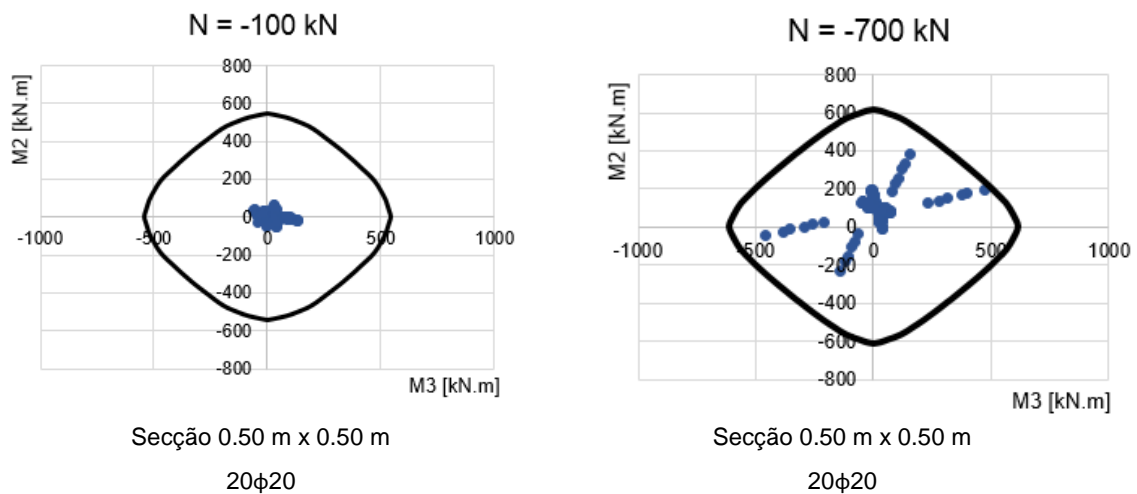
- **Armaduras Longitudinais**

Todos os plintos tem dimensões de 0.50 m x 0.50m.

O dimensionamento das armaduras foi realizado da mesma forma que o dos pilares e dos maciços de encabeçamento de estacas.

Para cada um dos plintos foram considerados os esforços máximos das diferentes combinações dos estados limites últimos, e comparados com os esforços resistentes de cálculo, determinados a partir do "*Gala Reinforcement*".

Na Figura 3.18 juntam-se os ábacos que serviram para o dimensionamento.



**Figura 3.18 - Ábaco de Flexão Composta Desviada com Esforço Axial de Compressão.**

As Tabelas 3.18 a 3.22 resumem os esforços do "Sap" para cada um dos plintos, e também para as armaduras resultantes do dimensionamento efetuado.

**Tabela 3.18 – Esforços Máximos, Mínimos e Armaduras de Flexão Composta.**

	PI1	PI2	PI3	PI4	PI5	PI6	PI7	PI8
<b>Máx N</b>	-29.4	48.3	-23.8	4.3	-129.6	86.7	92.3	-81.4
<b>Mín N</b>	-1226.3	-1273.9	-1314.1	-1338.2	-1373.1	-1398.2	-1385.8	-1359.2
<b>Máx M2</b>	429.1	369.3	369.0	381.7	382.8	387.5	387.2	401.2
<b>Mín M2</b>	-293.9	-235.7	-229.3	-228.9	-235.3	-253.7	-268.4	-289.3
<b>Máx M3</b>	487.1	484.7	476.0	470.8	472.0	449.9	414.0	390.0
<b>Mín M3</b>	-404.0	-427.5	-453.2	-456.5	-454.3	-480.6	-500.8	-503.1
<b>Máx V2</b>	198.8	198.2	196.1	194.7	194.7	190.2	182.9	177.9
<b>Mín V2</b>	-187.2	-192.2	-197.5	-197.9	-197.2	-202.9	-207.6	-208.2
<b>Máx V3</b>	172.0	161.7	160.0	162.2	162.9	166.1	169.6	176.3
<b>Mín V3</b>	-171.3	-162.5	-160.6	-161.0	-163.7	-171.1	-178.8	-190.3
<b>cm<sup>2</sup></b>	84.03	84.03	62.84	62.84	62.84	62.84	62.84	84.03
<b>Armaduras</b>	12φ25 + 8φ20	12φ25 + 8φ20	20φ20	20φ20	20φ20	20φ20	20φ20	12φ25 + 8φ20

**Tabela 3.19 - Esforços Máximos, Mínimos e Armaduras de Flexão Composta.**

	PI9	PI10	PI11	PI12	PI13	PI14	PI15	PI16
<b>Máx N</b>	-48.1	22.8	-51.1	-20.8	-48.6	-68.8	26.3	-82.3
<b>Mín N</b>	-1325.3	-1371.2	-1429.9	-1476.2	-1508.2	-1523.4	-1485.1	-1445.9
<b>Máx M2</b>	424.9	367.3	364.4	367.1	371.6	378.5	384.8	396.9
<b>Mín M2</b>	-297.5	-237.6	-230.5	-230.8	-235.5	-249.2	-269.7	-293.0
<b>Máx M3</b>	488.6	487.5	481.1	478.7	478.2	450.4	412.2	389.8
<b>Mín M3</b>	-398.9	-420.1	-444.2	-454.4	-458.2	-483.1	-501.6	-502.3
<b>Máx V2</b>	200.6	200.3	198.8	198.1	197.9	192.0	184.1	179.4
<b>Mín V2</b>	-186.7	-191.2	-196.2	-198.3	-199.0	-204.4	-208.6	-208.8
<b>Máx V3</b>	171.1	161.3	159.1	159.2	160.6	164.3	169.1	175.4
<b>Mín V3</b>	-172.0	-162.9	-160.9	-161.5	-163.9	-170.2	-179.1	-188.8
<b>cm<sup>2</sup></b>	84.03	84.03	62.84	62.84	62.84	62.84	62.84	84.03
<b>Armaduras</b>	12φ25 + 8φ20	12φ25 + 8φ20	20φ20	20φ20	20φ20	20φ20	20φ20	12φ25 + 8φ20

Tabela 3.20 - Esforços Máximos, Mínimos e Armaduras de Flexão Composta.

	PI17	PI18
<b>Máx N</b>	81.8	-41.4
<b>Mín N</b>	-1351.6	-1421.3
<b>Máx M2</b>	579.6	619.2
<b>Mín M2</b>	-433.6	-564.8
<b>Máx M3</b>	375.4	238.7
<b>Mín M3</b>	-409.0	-308.2
<b>Máx V2</b>	160.5	106.6
<b>Mín V2</b>	-174.3	-126.0
<b>Máx V3</b>	200.5	199.4
<b>Mín V3</b>	-202.9	-221.4
<b>cm<sup>2</sup></b>	84.03	84.03
<b>Armaduras</b>	12φ25 + 8φ20	12φ25 + 8φ20

- **Armaduras Transversais**

Tabela 3.21 – Cálculo do Esforço Transverso.

	<b>h</b>	0.5	<b>Aço A500 NR</b>	<b>f<sub>ywd</sub></b>	435	<b>Betão C25/30</b>	<b>f<sub>cd</sub></b>	16.7
	<b>b</b>	0.5		<b>f<sub>yk</sub></b>	500		<b>f<sub>ck</sub></b>	25
	<b>m</b>		<b>Mpa</b>			<b>Mpa</b>		
<b>Plintos</b>	<b>V<sub>Ed,máx</sub> [kN]</b>	<b>α<sub>cw</sub></b>	<b>bw (m)</b>	<b>d (m)</b>	<b>Z (m)</b>	<b>v<sub>1</sub></b>	<b>θ (°)</b>	<b>V<sub>Rd,máx</sub> [kN]</b>
PI1, PI2, PI8, PI9, PI10, PI16, PI17 e PI18	221.4	1.0	0.50	0.45	0.405	0.54	45	913
PI3, PI4, PI5,PI6, PI7, PI11, PI12, PI13, PI14 e PI15	208.6	1.0	0.50	0.45	0.405	0.54	45	913

Tabela 3.22 – Armaduras Transversais.

<b>Plintos</b>	<b>(A<sub>sw,cal</sub>/s) [cm<sup>2</sup>/m]</b>	<b>nº ramos</b>	<b>(A<sub>sw</sub>/s)<sub>ramo</sub>[cm<sup>2</sup>/m]</b>	<b>(A<sub>sw</sub>/s)<sub>adotado</sub> [cm<sup>2</sup>/m]</b>	<b>Armaduras</b>
PI1, PI2, PI8, PI9, PI10, PI16, PI17 e PI18	4.00	4	1.00	2.51	φ8//0.20
PI3, PI4, PI5,PI6, PI7, PI11, PI12, PI13, PI14 e PI15	4.00	4	1.00	2.51	φ8//0.20

### 3.1.6. Estacas

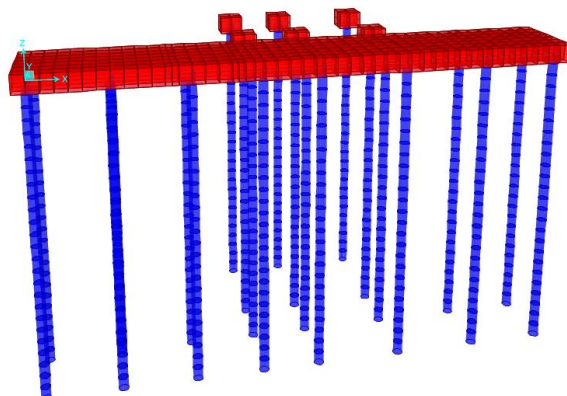


Figura 3.19 - Maciço de Ensoleiramento e Estacas.

O maciço de ensoleiramento tem as dimensões de 44 m x 7 m e uma altura de 1.5 m.

O maciço está apoiado em 16 estacas com diâmetros de 0.80 m com comprimentos da ordem dos 26 m.

O cálculo das rigidezes das "molas" que foi considerado na ligação das estacas aos diferentes estrados de fundação, já foi explicado na Memória Descritiva e conduziu aos valores da Tabela 3.23.

Tabela 3.23 - Rigidezes das "Molas" nas Estacas.

Z [m]	Kz [kN/m <sup>2</sup> ]		
	u1	u2	u3
0	0	0	0
-1	500	500	0
-2	5385	5385	0
-3	5385	5385	0
-4	5385	5385	0
-5	5385	5385	0
-6	5385	5385	0
-7	5385	5385	0
-8	5000	5000	0
-9	5625	5625	0
-10	6250	6250	0
-11	5596	5596	0
-12	5596	5596	0
-13	5596	5596	0

Z [m]	Kz [kN/m <sup>2</sup> ]		
	u1	u2	u3
-14	5596	5596	0
-15	5596	5596	0
-16	5596	5596	0
-17	5596	5596	0
-18	5596	5596	0
-19	5596	5596	0
-20	5596	5596	0
-21	6673	6673	0
-22	6673	6673	0
-23	6673	6673	0
-24	6673	6673	0
-25	6673	6673	0
-26	6673	6673	16893



### a) Cálculo Orgânico

- Armaduras Longitudinais

O dimensionamento das armaduras longitudinais das estacas foi feito comparando os ábacos de resistência de determinadas secções tipo (geometria e armaduras), previamente arbitrados no "*Gala Reinforcement*", com os esforços de cálculo das combinações de ações para dos estados limites últimos, obtidos nos ficheiros de resultados do "*Sap*".

Uma vez que as estacas têm uma secção circular os momentos segundo os dois eixos foram adicionados vectorialmente:

$$M_{Final} = \sqrt{M_{22}^2 + M_{33}^2}$$

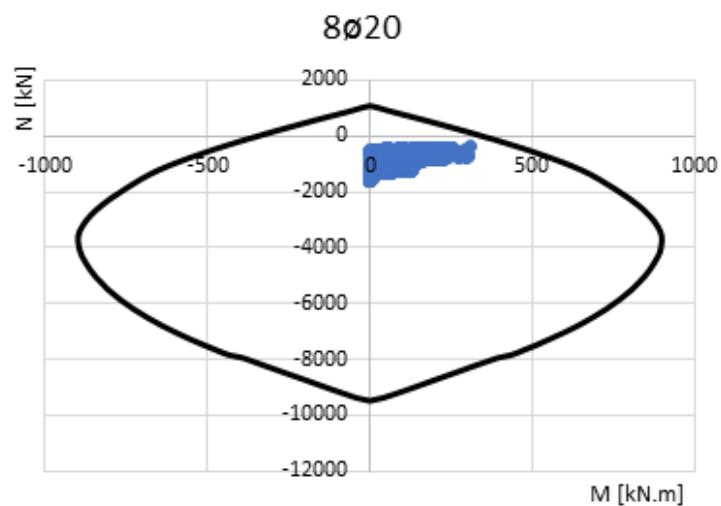


Figura 3.20 - Ábaco de Flexão Composta para as Estacas com 8φ20 – Zona A.

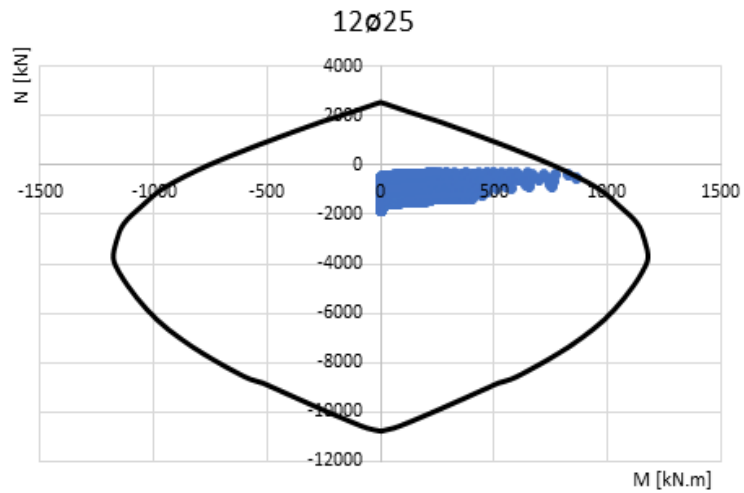


Figura 3.21 - Ábaco de Flexão Composta para as Estacas com 12φ25 – Zona B.

- Armaduras Transversais

Tabela 3.24 - Dimensionamento das Armaduras Transversais para as Estacas da Zona A.

d [m]	Z [m]	$f_{yd}$ [Mpa]	$\theta$ (°)	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	Nº ramos	( $A_{sw/s}$ )calc [cm <sup>2</sup> /m]	( $A_{sw/s}$ )adop. [cm <sup>2</sup> /m]	$\phi$
0.8	0.675	435	45	7.74	2	3.87	3.93	φ10//0.20

Tabela 3.25 - Dimensionamento das Armaduras Transversais para as Estacas da Zona B.

d [m]	Z [m]	$f_{yd}$ [Mpa]	$\theta$ (°)	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	nº ramos	( $A_{sw/s}$ )calc [cm <sup>2</sup> /m]	( $A_{sw/s}$ )adop. [cm <sup>2</sup> /m]	$\phi$
0.8	0.675	435	45	8.46	2	4.23	3.49	φ10//0.175