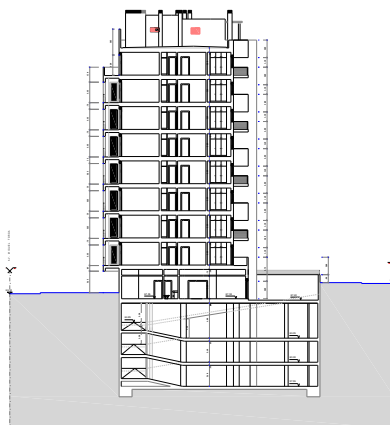




**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Civil**



## **Projeto de Fundações e Estrutura de um Edifício de Habitação em Lisboa**

**JOSÉ ORLANDO SILVA GARCIA**

(Licenciado em Engenharia Civil)

Trabalho de Projeto Para Obtenção de Grau de Mestre  
em Engenharia Civil, Área de Especialização de Estruturas

Orientador:

Mestre, Especialista António Carlos Teles de Sousa Gorgulho

Júri:

Presidente: Doutor Paulo Jorge Henrique Mendes

Vogais:

Mestre, Especialista António Carlos Teles de Sousa Gorgulho

Doutor Luciano Alberto do Carmo Jacinto

**Maio de 2021**



## *Agradecimentos*

Em primeiro lugar quero agradecer ao Engenheiro António de Sousa Gorgulho, pela orientação e apoio dado no âmbito deste trabalho, pela sua disponibilidade, compreensão, incentivo e pelo seu contributo na aprendizagem e desenvolvimento do tema.

Aos meus pais, Orlando e Clotilde e os meus irmãos pelo apoio incondicional e motivação que me deram nesta fase e ao longo de todo o curso.

Aos meus tios e os meus primos, em especial Élon e Óscar pela motivação, conselhos, atenção e força que prestaram ao longo desta minha jornada académica.

Aos meus amigos, em especial Nailson Cardoso, Elca Tavares, Isaiás Varela, Carlos Lopes, Micael Gomes, Manuel Marquês, agradeço pela motivação e amizade.

E por fim, agradeço a todos aqueles que de um modo ou de outro, contribuíram para a realização deste trabalho.



# [PROJETO DE FUNDAÇÕES E ESTRUTURA DE UM EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO EM LISBOA]

## RESUMO

O presente Trabalho Final de Mestrado, consiste na elaboração de um Projeto de Fundações e Estruturas de um Edifício de Habitação, localizado em Lisboa. Tendo como objetivo principal, complementar e consolidar a formação académica no domínio das estruturas, através da aplicação teórica/prática dos conhecimentos adquiridos nas diversas áreas de estudo, lecionadas durante o curso de Engenharia Civil, respeitando métodos de dimensionamento dos diversos elementos estruturais, conforme preconizados nos Eurocódigos (EN 1990, EN 1991, EN 1992, EN 1997, EN 1998).

O projeto a conceber deverá verificar a segurança preconizada na regulamentação acima indicada, assim como, a sua funcionalidade, fiabilidade e durabilidade e será desenvolvido a partir de peças desenhadas que constituem o Projeto de Arquitetura e Relatório geotécnico. O edifício é composto por três pisos enterrados destinado a estacionamento, oito pisos elevados destinados à habitação, incluindo cobertura.

Usando o programa de cálculo de elemento finitos *SAP2000 20.2*, procedeu-se à modelação para a obtenção dos esforços a que a estrutura estará sujeita.

Por fim, com base nas disposições da regulamentação, foi realizada a pormenorização necessária à construção do edifício.

## PALAVRAS-CHAVES:

Projeto;

Sismo;

Modelação;

Eurocodigos ;

Ductilidade.



# PROJECT OF FOUNDATIONS AND STRUCTURE OF A HOUSING BUILDING IN LISBON

## ABSTRACT

The present Final Master's Work consists of the elaboration of a Project of Foundations and Structures of a Housing Building, located in Lisbon. With the main objective of complementing and consolidating the academic training in the field of structures, through the theoretical / practical application of the knowledge acquired in the different areas of study, taught during the course of Civil Engineering, respecting methods of designing the various structural elements, as recommended Eurocodes (EN 1990, EN 1991, EN 1992, EN 1997, EN 1998).

The design to be designed should verify the safety recommended in the regulation indicated above, as well as its functionality, reliability and durability and will be developed from pieces that constitute the Architecture Project and Geotechnical Report. Building consists of three buried floors intended for parking, eight raised floors intended for housing, including roof.

Using the finite element calculation program SAP2000, version 18, modeling will be done to obtain the efforts that the structure will be subject.

Finally, based on the provisions of the regulations, the necessary detail will be made to build the building.

## KEYWORDS :

Design ;

Modeling ;

Earthquake;

Eurocodes ;

Ductility





# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento geral.....	1
1.2	Objetivos .....	2
1.3	Estrutura do trabalho.....	3
1.4	Descrição do edifício .....	4
1.5	Condicionantes .....	7
1.6	Solução estrutural .....	7
1.7	Enquadramento regulamentar .....	7
<b>2</b>	<b>BASES PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO .....</b>	<b>9</b>
2.1	Tempo de vida útil do projeto.....	9
2.2	Materiais .....	10
2.2.1	Classe de exposição .....	10
2.2.2	Betão.....	10
2.2.3	Aço .....	11
2.3	Ações .....	11
2.3.1	Ações permanentes .....	11
2.3.2	Ações Variáveis .....	12
2.3.3	Ação Sísmica .....	13
2.4	Combinações de ações .....	20
<b>3</b>	<b>PRÉ-DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>23</b>
3.1	Vigas.....	24
3.2	Pilares.....	24
3.3	Fundação.....	25
<b>4</b>	<b>CONCEÇÃO ESTRUTURAL PARA A AÇÃO SÍSMICA .....</b>	<b>27</b>
4.1	Princípios básicos da conceção estrutural .....	27
4.1.1	Simplicidade estrutural .....	27
4.1.2	Uniformidade, simetria e redundância da estrutura.....	27
4.1.3	Resistência e rigidez nas duas direções .....	28

4.1.4	Resistência e rigidez à torção .....	28
4.1.5	Ação de diafragma ao nível dos pisos .....	28
4.1.6	Fundação adequada.....	28
<b>4.2</b>	<b>Elementos sísmicos primários e secundários.....</b>	<b>29</b>
<b>4.3</b>	<b>Critérios de Regularidade Estrutural .....</b>	<b>29</b>
4.3.1	Critérios de Regularidade em Planta .....	30
4.3.2	Critérios de Regularidade em Altura .....	34
4.3.3	Classificação do Sistema Estrutural .....	34
4.3.4	Coeficiente de Comportamento .....	34
4.3.5	Efeitos Acidentais de Torção.....	36
<b>4.4</b>	<b>Combinação das respostas modais .....</b>	<b>39</b>
<b>4.5</b>	<b>Combinação Direcional .....</b>	<b>40</b>
<b>4.6</b>	<b>Cálculo dos Deslocamentos .....</b>	<b>40</b>
<b>4.7</b>	<b>Efeitos de 2ª Ordem .....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>MODELAÇÃO E ANÁLISE ESTRUTURAL.....</b>	<b>45</b>
<b>5.1</b>	<b>Modelação.....</b>	<b>45</b>
5.1.1	Materiais .....	45
5.1.2	Elementos de barras “Tipo Frame “ .....	45
5.1.3	Elementos de Superfície “Tipo Shell” .....	46
5.1.4	Definição das condições de apoio .....	46
5.1.5	Cargas e combinação de Ações .....	46
5.1.6	Dimensionamento e pormenorização .....	47
5.1.7	Análise Modal por Espectro de Resposta.....	47
<b>6</b>	<b>DIMENSIONAMENTO.....</b>	<b>49</b>
<b>6.1</b>	<b>Regras Gerais para o Dimensionamento .....</b>	<b>49</b>
6.1.1	Recobrimento de Armaduras .....	50
6.1.2	Distância mínima entre varões .....	51
6.1.3	Diâmetro mínimo de dobragem de varões.....	51
6.1.4	Comprimentos de amarração dos varões .....	52
6.1.5	Amarração de armadura transversal .....	55
6.1.6	Sobreposição de armaduras .....	55
<b>6.2</b>	<b>Dimensionamento da laje .....</b>	<b>56</b>

6.2.1	Verificação ao Estado Limite Último de Esforço Transverso nas Lajes..	57
6.2.2	Verificação ao Estado Limite Último de Flexão nas Lajes .....	58
6.2.3	Punçoamento nas lajes .....	58
<b>6.3</b>	<b>Dimensionamento de Escada e Rampas.....</b>	<b>62</b>
6.3.1	Quantificação das Ações .....	63
<b>6.4</b>	<b>Viga .....</b>	<b>66</b>
6.4.1	Armadura longitudinal.....	67
6.4.2	Armadura Transversal .....	71
6.4.3	Dimensionamento das vigas .....	73
<b>6.5</b>	<b>Pilares.....</b>	<b>79</b>
6.5.1	Armadura longitudinal.....	79
6.5.2	Armadura transversal.....	80
6.5.3	Armadura de confinamento .....	81
6.5.4	Dimensionamento .....	82
<b>6.6</b>	<b>Paredes .....</b>	<b>89</b>
6.6.1	Armadura longitudinal.....	89
6.6.2	Armadura Horizontais .....	91
6.6.3	Armaduras Transversais .....	92
6.6.4	Armaduras de confinamento.....	92
6.6.5	Dimensionamento.....	95
<b>6.7</b>	<b>Murro de Suporte .....</b>	<b>102</b>
<b>6.8</b>	<b>Fundações .....</b>	<b>105</b>
6.8.1	Sapatas .....	106
6.8.2	Ensoleiramento Geral .....	109
<b>6.9</b>	<b>Estados Limites de Utilização .....</b>	<b>112</b>
6.9.1	Controlo da fendilhação.....	112
6.9.2	Controlo das deformações .....	113
<b>6.10</b>	<b>Limitação de Danos .....</b>	<b>117</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>121</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>123</b>



# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Corte.....	5
Figura 1.2 – Planta do piso corrente.....	6
Figura 1.3 – Planta do piso estacionamento.....	6
Figura 6.1 – Modelo para a verificação ao ELU de punçoamento [EC2]: a) planta; b) corte.....	59
Figura 6.2 – Perímetros de controlo típicos em torno de áreas carregadas [EC2] .....	60
Figura 6.3 –Esquema de cálculo para a Escada.....	62
Figura 6.4 –Modelo de cálculo 2º Lanço.....	64
Figura 6.5 –Modelo de cálculo 1º Lanço.....	64
Figura 6.6 –Diagrama de Momento Fletores 1º Lanço. ....	64
Figura 6.7 –Diagrama de Momento Fletores, considerando comportamento de flexão cilíndrica.....	66
Figura 6.8 – Largura efetiva do banzo beff para vigas ligadas a pilares exteriores [EC8]. .....	68
Figura 6.8 – Largura efetiva do banzo beff para vigas ligadas a pilares interiores [EC8]. .....	68
Figura 6.9 – Disposições complementares para a amarração nos nós viga-pilar exteriores: a) primeira disposição; b) segunda disposição; c) terceira disposição (adaptado da NP EN 1998-1, 2010). ....	71
Figura 6.10 –Armaduras transversais nas zonas críticas das vigas [EC8].....	73
Figura 6.11 –Valores de calculo pela capacidade real dos esforços transversos nas vigas [EC8] .....	74
Figura 6.12 –Diagrama retangular [Folhas IST, Betão Estrutural I].....	75
Figura 6.13 –Valores de calculo pela capacidade real do esforço transverso nos pilares [EC8]. ....	84
Figura 6.14 –Pormenorização do pilar exemplo.....	88
Figura 6.15 – Método dos pilares fictícios para paredes (Gomes, 2016). ....	90
Figura 6.16 – Método dos pilares fictícios para paredes dos núcleos de elevador.....	91
Figura 6.17 – Elemento de extremidade confinado de uma parede com bordos livres (Em cima: extensões na curvatura última; em baixo: seção transversal da parede) [EC8]....	93

Figura 6.18 – Espessura mínima de elementos de extremidade confinados (NP EN 1998-1, 2010).....	94
Figura 6.19 – Envolvente de cálculo dos esforços transversos nas paredes (NP EN 1998-1, 2010).....	95
Figura 6.20 – Envolvente de cálculo dos momentos fletores em paredes esbeltas (Sistema Paredes) [EC8].....	96
Figura 6.21 – Envoltentes de cálculo dos momentos fletores e dos esforços transversos nas paredes existentes do edifício em estudo. ....	98
Figura 6.22 – Pormenorização das amaduras do pilar fictício2. ....	101
Figura 6.23 – Murro de Suporte. ....	103
Figura 6.24 – Impulso de terras. ....	103
Figura 6.25 – Impulso devido a sobrecarga rodoviária regulamentar. ....	104
Figura 6.26 – Momentos fletores devido aos impulsos. ....	104
Figura 6.27 – Esforço transversal devido aos impulsos. ....	105
Figura 6.28 – Representação esquemática do cálculo das armaduras pelo Método das Bielas (pilar centrado) [adaptado de Gorgulho, 2001]. ....	107
Figura 6.29 – Representação esquemática do cálculo das armaduras pelo Método das Bielas (muro de suporte) [adaptado de Gorgulho, 2001]. ....	108
Figura 6.30 – Planta de fundações do edifício. ....	109
Figura 6.31 – Deformação do piso 8 para a combinação quase permanente de ações. ....	114

# ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Valor indicativo do tempo de vida útil de projeto.....	9
Tabela 2.2 – Classes de Exposição.....	10
Tabela 2.3 - Valor de cálculo da aceleração do terreno.....	13
Tabela 2.4 - Valor de cálculo da aceleração do terreno.....	17
Tabela 2.4 – Valores dos Parâmetros definidores do espectro de resposta elástico para ação sísmica.....	17
Tabela 2.5- Valor de cálculo da aceleração à superfície do terreno na direção vertical.	19
Tabela 2.6 - Coeficientes parciais de segurança.....	22
Tabela 3.1 - Pré-dimensionamento da laje.....	24
Tabela 3.2 - Pré-Dimensionamento da viga.....	24
Tabela 4.1 - Consequências da regularidade estrutural na análise e no cálculo sísmico.	29
Tabela 4.2 - Coordenadas dos centros de rigidez e de massa de cada piso.....	31
Tabela 4.3 - Verificação dos raios de torção e dos raios giração.....	33
Tabela 4.4 - Verificação da excentricidade estrutural.....	33
Tabela 4.5 - Valores em % do corte basal nas paredes.....	34
Tabela 4.6 - Características das paredes estruturais.....	35
Tabela 4.7 - Valores das excentricidades acidentais.....	36
Tabela 4.8 - Forças de corte na base (Sismo2).....	37
Tabela 4.9 -Forças sísmicas horizontais em cada piso, segundo x e y (Sismos 1 e 2)..	38
Tabela 4.10 - Valores dos momentos torsores.....	38
Tabela 4.11 - Valores dos momentos torsores aplicados em cada piso.....	39
Tabela 4.12 - Valores dos deslocamentos devido a ação sísmica 1.....	40
Tabela 4.13 - Valores dos deslocamentos devido a ação sísmica 2.....	41
Tabela 4.14 - Valores do coeficiente de sensibilidade para o sismo 1 e 2 segundo eixo X.....	42
Tabela 4.15 - Valores do coeficiente de sensibilidade para o sismo 1 e 2 segundo eixo Y.....	43
Tabela 5.1 - Modos de vibração e fatores de participação modal.....	47
Tabela 6.1 - Classes de exposição.....	50
Tabela 6.2 - Valores do recobrimento nominal.....	51
Tabela 6.3 - Diâmetros mínimos de dobragem de varões.....	52

Tabela 6.4 - Valor de cálculo da tensão de ruptura à tração e tensão de aderência.....	53
Tabela 6.5 - Comprimentos de amarração de referência. ....	53
Tabela 6.6 - Comprimentos mínimos de amarração.....	54
Tabela 6.7 - Comprimentos de amarração adotado. ....	54
Tabela 6.8 - Comprimento de sobreposição mínimo (10,min).....	55
Tabela 6.9 - Armaduras mínimas e máximas para as lajes.....	56
Tabela 6.10 - Dimensões dos elementos que constituem a escada.....	62
Tabela 6.11 - Valores dos carregamentos nos lanços.....	63
Tabela 6.12 - Valores dos carregamentos nos patins.....	63
Tabela 6.13 - Valores de armadura adotada nas lajes de escadas.....	65
Tabela 6.14 - Esforço transversal resistente sem armadura nas lajes de escadas.....	65
Tabela 6.15 - Valor adotado para armadura nas lajes das rampas.....	66
Tabela 6.16 - Fator de ductilidade em curvatura nas vigas. ....	69
Tabela 6.17 - Características das vigas exemplo.....	75
Tabela 6.18 - Diâmetros admissíveis dos varões longitudinais para as vigas exemplos. .....	76
Tabela 6.19 - Áreas de armadura das vigas exemplo. ....	76
Tabela 6.20 - Valores dos momentos resistentes e dos momentos atuantes nas vigas exemplos.....	77
Tabela 6.21 - Comprimento da zona crítica. ....	77
Tabela 6.22 - Determinação dos esforços transversos máximos atuantes.....	77
Tabela 6.23 - Valores máximos de espaçamento longitudinal e transversal para as vigas exemplo. ....	78
Tabela 6.24 - Valores do esforço transversal resistente máximo e o esforço transversal sem armadura.....	78
Tabela 6.25 - Armaduras de esforço transversal adotadas nas zonas críticas. ....	78
Tabela 6.26 - Armaduras de esforço transversal adotadas nas zonas correntes. ....	79
Tabela 6.27 - Fator de ductilidade em curvatura para zonas críticas de pilares sísmicos primários.....	81
Tabela 6.28 - Características principais do pilar exemplo. ....	85
Tabela 6.29 - Valor do esforço normal reduzido para o pilar exemplo, na situação sísmica de projeto. ....	85
Tabela 6.30 - Valor da extensão da zona crítica do pilar exemplo.....	86
Tabela 6.31 - Espaçamento máximo de armaduras transversais no pilar exemplo. ....	86



Tabela 6.32 - Armadura longitudinal adotada no pilar exemplo.....	86
Tabela 6.33 - Momento resistente em torno de X. ....	86
Tabela 6.34 - Momento resistente em torno de Y. ....	86
Tabela 6.35 - Valor de cálculo de esforço transverso atuante no pilar exemplo segundo X. ....	87
Tabela 6.36 - Valor de cálculo de esforço transverso atuante no pilar exemplo segundo Y. ....	87
Tabela 6.37 - Esforço transverso resistente sem armaduras segundo X.....	87
Tabela 6.38 - Esforço transverso resistente sem armaduras segundo Y.....	87
Tabela 6.39 - Valor de esforço transverso máximo admissível.....	87
Tabela 6.40 - Armaduras de esforço transverso segundo Y (Zonas críticas). ....	88
Tabela 6.41 - Armaduras de esforço transverso segundo Y (Zonas críticas). ....	88
Tabela 6.42 - Características do pilar exemplo. ....	89
Tabela 6.43 - Cálculo do primeiro membro. ....	89
Tabela 6.44 - Cálculo do segundo membro. ....	89
Tabela 6.45 - Dimensão da parede exemplo. ....	96
Tabela 6.46 - Verificação da espessura da alma.....	96
Tabela 6.47 - Valores mínimos das extensões dos elementos de extremidade da parede-exemplo. ....	97
Tabela 6.48 - Valores máximos das extensões dos elementos de extremidade da parede-exemplo. ....	97
Tabela 6.49 - Valores de altura de zona crítica para a parede exemplo. ....	97
Tabela 6.50 - Características gerais e regulamentares da parede exemplo. ....	97
Tabela 6.51 - Armadura longitudinal nos pilares fictícios (PF2) da parede Pb1. ....	99
Tabela 6.52 - Armadura longitudinal nos pilares fictícios (PF1) da parede Pb2. ....	99
Tabela 6.53 - Armadura mínima e máxima e armadura adotada na alma da parede exemplo. ....	99
Tabela 6.54 - Valores do esforço transverso áreas de armaduras da alma da parede exemplo. ....	100
Tabela 6.55 - Esforço transverso máximo resistente na parede exemplo segundo x. .	100
Tabela 6.56 - Taxa de armadura na alma.....	100
Tabela 6.57 - Espaçamento máximo da armadura transversal nas zonas críticas da parede exemplo (Pb1). ....	100
Tabela 6.58 - Valor de esforço transverso de cálculo na parede exemplo (Pb1). ....	101

Tabela 6.59 - Características do núcleo de betão dos pilares fictícios. ....	101
Tabela 6.60 - 1º Membro, para a verificação do confinamento dos pilares fictícios. .	102
Tabela 6.61 - 2º Membro, para a verificação do confinamento dos pilares fictícios. .	102
Tabela 6.62 - Valores de cálculo da linha neutra e do comprimento dos elementos de extremidade .....	102
Tabela 6.63 - Características dos muros de suporte. ....	103
Tabela 6.64 - Valores de armadura adotadas no muro de suporte [Flexão]. ....	104
Tabela 6.65 - Valor de esforço transversal sem armadura [Muro de suporte]. ....	104
Tabela 6.66 - Valor de esforço transversal resistente [Muro de suporte].....	105
Tabela 6.67 - Parâmetros para a verificação dos esforços de flexão do ensoleiramento geral .....	111
Tabela 6.68 - Parâmetros para a verificação da tensão do ensoleiramento geral .....	111
Tabela 6.69 - Parâmetros para a verificação ao puncoamento do ensoleiramento geral .....	112
Tabela 6.70 - Espaçamento máximo dos varões para o controlo da fendilhação. ....	113
Tabela 6.71 - Espaçamento máximo dos varões para o controlo da fendilhação. ....	115
Tabela 6.73 - Verificação da limitação de danos [Sismo 1].....	118
Tabela 6.74 - Verificação da limitação de danos [Sismo 2].....	119

# LISTA DE SÍMBOLOS

## Letras maiúsculas latinas

$A$	Área da seção transversal
$A_c$	Área da seção do betão
$A_{Ed}$	Valor de cálculo da Ação sísmica
$AN$	Anexo Nacional
$A_s$	Área da seção de uma armadura para betão armado
$A_{s,min}$	Área de armadura mínima regulamentar
$A_{s,max}$	Área de armadura máxima regulamentar
$Cl$	Clausula
$CP$	Carga permanente
$CQC$	Combinação Quadrática Completa
$E$	Efeito de uma ação
$EC$	Eurocódigo
$E_C$	Módulo de elasticidade do betão
$E_{cm}$	Módulo de elasticidade secante do betão
$E_{Edi}$	Esforço devido á aplicação da ação sísmica segundo o eixo horizontal $i$
$E_{F,E}$	Efeito da ação resultante da análise para a ação sísmica de calculo
$E_{F,G}$	Efeito da ação devido às ações não sísmicas incluídas na combinação de ações para a situação sísmica de cálculo
$ELS$	Estado Limite de Serviço
$ELU$	Estado Limite Último
$E_s$	Módulo de elasticidade do aço de uma armadura para betão armado
$F$	Força
$F_c$	Força no betão
$F_b$	Força de corte na base
$F_i$	Força horizontal atuando no piso $i$
$F_s$	Força nas armaduras ordinárias
$F_{tsd}$	Força de cálculo no tirante de armaduras horizontais junto à base da sapata
$G_k$	Valor característico de uma ação permanente

$I$	Momento de inércia
$I_{PCM}$	Momento polar de inércia em relação ao centro de massa do piso
$K$	Rigidez
$K_I$	Rigidez lateral na direção $i$
$K_\theta$	Rigidez de torção
$L$	Comprimento
$L_{min}$	Menor dimensão em planta do edifício medidas em direções ortogonais
$L_{máx}$	Maior dimensão em planta do edifício medidas em direções ortogonais
$M_{ai}$	Momento de torsor
$M_{Cr}$	Momento de fendilhação
$M_{Ed}$	Momento fletor atuante de cálculo
$M_{qp}$	Momento devido à combinação quase-permanente de ações
$M_{Rd}$	Momento fletor resistente de cálculo
$N_{Ed}$	Valor de calculo do esforço normal
$P_{NCR}$	Probabilidade de excedência de referência em 50 anos da Ação sísmica de referência para o requisito de não ocorrência de colapso
$P_{tot}$	Valor das cargas verticais acima do piso em análise, incluindo a laje do mesmo, para a combinação sísmica de ações
$Q_{k,l}$	Valor característico da Ação variável base
$Q_{k,i}$	Valor característico da Ação variável $i$
$RCP$	Restante carga permanente
$RSA$	Regulamento de segurança de ações para estruturas de edifícios e pontes
$S$	Coefficiente do solo
$SC$	Sobrecarga
$S_d(T)$	Espectro de calculo
$T$	Período de vibração de um sistema linear com um grau de liberdade
$T_1$	Período fundamental da estrutura
$T_B$	Limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante
$T_C$	Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante
$T_D$	Valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante
$T_k$	Período de vibração do modo $k$
$T_{NCR}$	Período de retorno de referência da Ação sísmica de referência para requisitos de não ocorrência de colapso

$U_1$	Perímetro da área efetiva de puncoamento
$V_{Ed}$	Esforço transverso atuante de calculo
$V_{Rd}$	Esforço transverso resistente de calculo
$V_{Rd,c}$	Esforço transverso resistente sem armadura especifica de esforço transverso
$V_{tot}$	Forca de corte total ao nível do piso em analise
$X_{CR,i}$	Coordenada em X do centro de rigidez do piso i
$Y_{CR,i}$	Coordenada em Y do centro de rigidez do piso i
$X_{CM,i}$	Coordenada em X do centro de massa do piso i
$Y_{CM,i}$	Coordenada em Y do centro de massa do piso i

### **Letras minúsculas latinas**

$a_g$	Valor de calculo da aceleração a superfície para um terreno do tipo C
$a_{gR}$	Valor da aceleração máxima de referência
$a_{vg}$	Valor de calculo da aceleração a superfície do terreno na direção vertical
$b$	Largura total de uma secção transversal, ou largura real do banzo de uma viga em T ou L
$b_c$	Dimensão da secção transversal do pilar
$b_{eff}$	Largura efetiva do banzo
$b_1$	Distâncias medidas a eixo entre varões travados consecutivos
$b_0$	Largura do elemento confinado, medida entre cintas
$b_w$	Largura da alma de vigas em T, I ou L
$b_w$	Espessura das zonas confinadas
$b_{w,min}$	Largura mínima das vigas de fundação
$b_{w0}$	Espessura da alma de uma parede
$C_{min}$	Recobrimento mínimo
$C_{min}$	Mínima dosagem de cimento
$C_{min,b}$	Recobrimento mínimo para os requisitos de aderência
$C_{min,dir}$	Recobrimento mínimo relativo as condições ambientais
$C_{nom}$	Recobrimento nominal
$d_d$	Diâmetro de um varão longitudinal
$d_{bw}$	Diâmetro de uma cinta

$d_r$	Valor de calculo do deslocamento relativo entre pisos
$d_s$	Deslocamento de um ponto do sistema estrutural devido a Ação sísmica de cálculo, afetado pelo coeficiente de comportamento em deslocamento
$e_{ai}$	Excentricidade accidental da massa do piso i
$e_{oi}$	Distancia entre o centro de rigidez e o centro de gravidade, medida segundo a direção i, perpendicular a direção de calculo considerada
$f_{bd}$	Tensão de rotura da aderência
$f_{cd}$	Valor de calculo da tensão de rotura do betão a compressão
$f_{ctm}$	Valor medio da tensão de rotura a tração simples
$f_{yk}$	Valor característico da tensão de cedência
$f_{ck}$	Valor característico da tensão de rotura a compressão (t=28 dias)
$f_{ctk,0,05}$	5% do valor da tensão de rotura do betão a compressão
$f_{ywd}$	Valor de calculo de cedência do aço das armaduras de esforço transversal
$f_{ywd,ef}$	Valor de calculo da tensão efetiva de cedência de armaduras de puncoamento
$g$	Aceleração gravítica
$h$	Altura entre pisos
$h_0$	Altura do núcleo confinado
$h_{cr}$	Altura da zona critica nas paredes
$h_s$	Altura livre entre pisos
$h_w$	Altura de uma parede ou altura da secção transversal de uma viga
$h_{w,min}$	Altura mínima das vigas de fundação
$K_w$	Coefficiente que reflete o modo de rotura predominante nos sistemas estruturais de Paredes
$l_0$	Comprimento de emenda
$l_{b,rqd}$	Comprimento de amarração de referência
$l_{bd}$	Comprimento de amarração
$l_c$	Comprimento da zona critica na extremidade das paredes
$l_{cl}$	Comprimento livre de uma viga ou de um pilar
$l_{cr}$	Comprimento da zona critica
$l_s$	Raio de giração em planta
$l_w$	Maior dimensão da parede em planta
$m$	Massa total do edifício, acima da fundação

$q$	Coeficiente de comportamento
$q_0$	Valor básico do coeficiente de comportamento
$r_l$	Raio de torção, na direção $i$
$S$	Espaçamento das armaduras transversais
$S_{cl,max}$	Espaçamento máximo das armaduras transversais ao longo do pilar
$S_{l,máx}$	Espaçamento máximo entre estribos
$S_{máx,slabs}$	Espaçamento máximo entre varões longitudinais em lajes
$S_{máx}$	Espaçamento máximo entre varões nas lajes
$S_t$	Espaçamento radial dos perímetros de armaduras de esforço transversal
$S_{t,máx}$	Espaçamento transversal máximo entre ramos de estribos
$U$	Deslocamento dos pisos
$X_u$	Extensão da zona comprimida no plano de flexão
$W$	Abertura de fendas
$Z_i$	Altura do piso $i$ medida a partir do nível da aplicação da Ação sísmica

### **Letras minúsculas gregas**

$c$	Coeficiente de homogeneização
$c$	Coeficiente de eficiência do confinamento
$c$	Coeficiente de homogeneização
$\alpha_n$	Relação entre a área efetivamente confinada e a área no interior das cintas
$\alpha_s$	Relação entre a área da secção efetivamente confinada a meia distância entre cintas e a área no interior das cintas
$\beta$	Coeficiente correspondente ao limite inferior do espectro de calculo horizontal
$\epsilon_{cu2}$	Extensão última no betão não confinado
$\epsilon_{cu2,c}$	Extensão última no betão confinado
$\epsilon_{sy,d}$	Extensão de calculo de cedência do aço
$\gamma$	Valor medio da massa volúmica
$\gamma_c$	Coeficiente parcial de segurança relativo ao betão
$\gamma_G$	Coeficiente parcial relativo as ações permanentes
$\gamma_Q$	Coeficiente parcial relativo as ações variáveis

$\gamma_I$	Coeficiente de importância
$\lambda$	Parâmetro adimensional
$\mu_\phi$	Fator de ductilidade em curvatura
$\nu$	Coeficiente de redução da Ação sísmica
$\nu_I$	Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal
$\nu_d$	Esforço normal reduzido
$\Phi_{m,min}$	Diâmetro mínimo de dobragem de varões
$\rho_l$	Taxa de armadura longitudinal
$\rho$	Taxa de armadura longitudinal da zona tracionada
$\rho'$	Taxa de armadura longitudinal da zona comprimida
$\rho_w$	Taxa de armadura transversal
$\sigma_{adm}$	Tensão admissível do solo
$\Phi$	Diâmetro do varão de aço
$\theta$	Coeficiente de sensibilidade ao deslocamento relativo entre pisos
$\Delta c_{dev}$	Valor de aumento de recobrimento para ter em conta tolerâncias de execução
$\Delta c_{dur,\gamma}$	Margem de segurança
$\Delta c_{dur,st}$	Redução do cobrimento mínimo no caso de utilização de aço inoxidável
$\Delta c_{dur,add}$	Redução do recobrimento mínimo no caso de proteção adicional
$\Psi_0, \Psi_1, \Psi_2$	Coeficientes de combinação
$\sigma_{sd}$	Valor de cálculo da tensão na secção do varão
$\alpha_{ct}$	Coeficiente que tem em conta os efeitos de longo prazo na resistência a tração e os efeitos desfavoráveis resultantes do modo como a carga é aplicada
$\omega_v$	Taxa mecânica da armadura vertical na alma das paredes
$\omega_{wd}$	Taxa mecânica volumétrica de cintas nas zonas críticas







---

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Enquadramento geral

Em Portugal a ação sísmica apresenta uma importância relevante no dimensionamento das estruturas. De facto, a maior parte do território nacional insere-se em zonas de moderada a elevada sismicidade. Apenas o arquipélago da Madeira e a parte norte de Portugal continental podem ser consideradas zonas de baixa sismicidade e, neste último caso, apenas as zonas onde ocorrem formações geológicas do tipo rochoso.

Nas últimas décadas a evolução do conhecimento relativo ao comportamento das estruturas sob a ação dos sismos foi muito significativo, aspetos que são traduzidos na nova regulamentação que enquadra o projeto de estruturas. Todavia, existem ainda muitos aspetos do comportamento estrutural cujo conhecimento é insuficiente, pelo que a regulamentação reflete também, este aspeto impondo medidas restritivas relativas à análise e dimensionamento das estruturas.

Os requisitos de desempenho das estruturas sujeitas à ação sísmica, estão ligados ao cumprimento de determinadas exigências de comportamento perante a ocorrência de sismos com diferentes níveis de intensidade.

Tradicionalmente, apenas era considerada a exigência de não colapso perante a atuação de um sismo de elevada intensidade. O EC8 (NP EN 1998-1, 2010), nas suas

várias partes, veio introduzir novos conceitos de dimensionamento para as estruturas, seguindo uma filosofia gradual de exigência de desempenho para níveis crescente da ação sísmica. Isto é, para além do objetivo de proteção de vidas humanas, surgiram no dimensionamento das estruturas outros objetivos, como a operacionalidade, funcionalidade e economia das construções.

O EC8-1, relativo ao projeto de edifícios, define como objetivo garantir as seguintes exigências de comportamento no caso da ocorrência de sismo:

- As vidas humanas são protegidas;
- Os danos são limitados;
- As estruturas importantes para a proteção civil mantêm-se operacionais.

O cumprimento dos requisitos estabelecidos no EC8-1 está ligado à verificação de dois estados limites:

- Estados Limites últimos;
- Estados de limitação de danos.

Para se perceber o dimensionamento das estruturas de betão para a ação dos sismos, é necessário, em primeiro lugar, conhecer como é que as características dessas estruturas tais como a massa, a rigidez, a resistência e a ductilidade influenciam a sua resposta e o seu desempenho face a essa ação.

## **1.2 Objetivos**

A elaboração de projetos de estruturas passa pela consideração de diversas ações mais ou menos complexas, através de metodologias previstas nos diversos regulamentos e com finalidade de obtenção dos efeitos das ações, verificações de segurança e otimização dos recursos, tendo em atenção a sua importância e o reflexo dos mesmos nos custos globais das empreitadas, quer a curto ou longo prazo.

Assim o objetivo do presente trabalho é a realização de um projeto de execução estrutural de um edifício, de modo a aplicar metodologias correntes e identificar eventuais limitações das mesmas. Os objetivos principais deste trabalho serão:

- Conceção de uma solução estrutural que respeite o projeto de arquitetura, sempre que possível, quando não é possível propor alternativas;
- Classificação do sistema estrutural;

- Definição das diversas ações e combinações de ações;
- Pré-dimensionamento dos diferentes elementos estruturais;
- Análise e dimensionamento através do programa de elementos finitos “SAP2000”;
- Verificação da segurança dos diferentes elementos estruturais em concordância com a regulamentação;
- Realização de peças desenhadas e escritas.

### 1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está organizado em 10 capítulos:

**Capítulo 1 - “Enquadramento geral”**, que diz respeito à introdução, às condicionantes de ordem regulamentar e arquitetónica a ter em consideração na elaboração do projeto e à solução estrutural a adotar.

**Capítulo 2 - “Bases para elaboração do projeto”**, especificam-se as bases relevantes para a elaboração do projeto, nomeadamente o tempo de vida útil, a classe de ductilidade, os materiais estruturais, definem-se e caracterizam-se as ações a que a estrutura ficará sujeita e as combinações de ações impostas pelos Eurocódigos Estruturais, utilizadas nas verificações de segurança.

**Capítulo 3 - “Pré-dimensionamento”**, descrevem-se as principais expressões utilizadas no pré-dimensionamento dos diversos elementos estruturais, definem-se as secções, e algumas simplificações adotadas de modo a proceder à modelação estrutural.

**Capítulo 4 - “Conceção estrutural para a ação sísmica”**, abordam-se os requisitos fundamentais para uma adequada conceção estrutural para os sismos, de acordo com os princípios definidos no EC8.

**Capítulo 5 - “Modelação estrutural”**, descrevem-se os passos para modelação estrutural do edifício em estudo.

**Capítulo 6 - “Dimensionamento”**, são apresentados os cálculos relativamente ao dimensionamento dos elementos estruturais.

**Capítulo 7 - “Conclusões”**, são apresentadas as conclusões referentes a elaboração deste projeto.

- “**Referências Bibliográficas**”, é apresentada toda a bibliografia consultada, e que serviu de suporte, para a elaboração deste documento.
- “**Pecas desenhadas**”, são apresentadas as pecas desenhadas, resultantes das pormenorizações efetuadas.
- “**Anexos**”, por fim é apresentada toda a informação complementar, composta pelas tabelas e pelos cálculos justificativos.

## **1.4 Descrição do edifício**

O edifício em estudo, destinado a habitação e localizado em Lisboa, é constituído por uma estrutura de betão armado, sendo composto por 3 caves destinadas a estacionamento de veículos ligeiros, um piso térreo e 8 pisos elevados. Em planta apresenta uma geometria retangular de dimensões 17,20 x 23,00 m<sup>2</sup>, com uma altura de 29,50 m. Os pisos enterrados (-1, -2, -3) são destinados ao estacionamento de veículos ligeiros e também dispõem de zonas de arrecadação. Apresentam uma área de 395,611 m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,75 m. O piso 0 tem uma área de 263,63 m<sup>2</sup>, composto por um apartamento com uma cozinha, duas casas de banho, uma sala e 2 quartos. Os pisos correntes destinados à habitação, apresentam uma área de 281,96 m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,60 m e são compostos por dois apartamentos. O acesso entre os pisos é assegurado pelas escadas e pelos elevadores (Figura 1.1, Figura 1.2 e Figura 1.3).

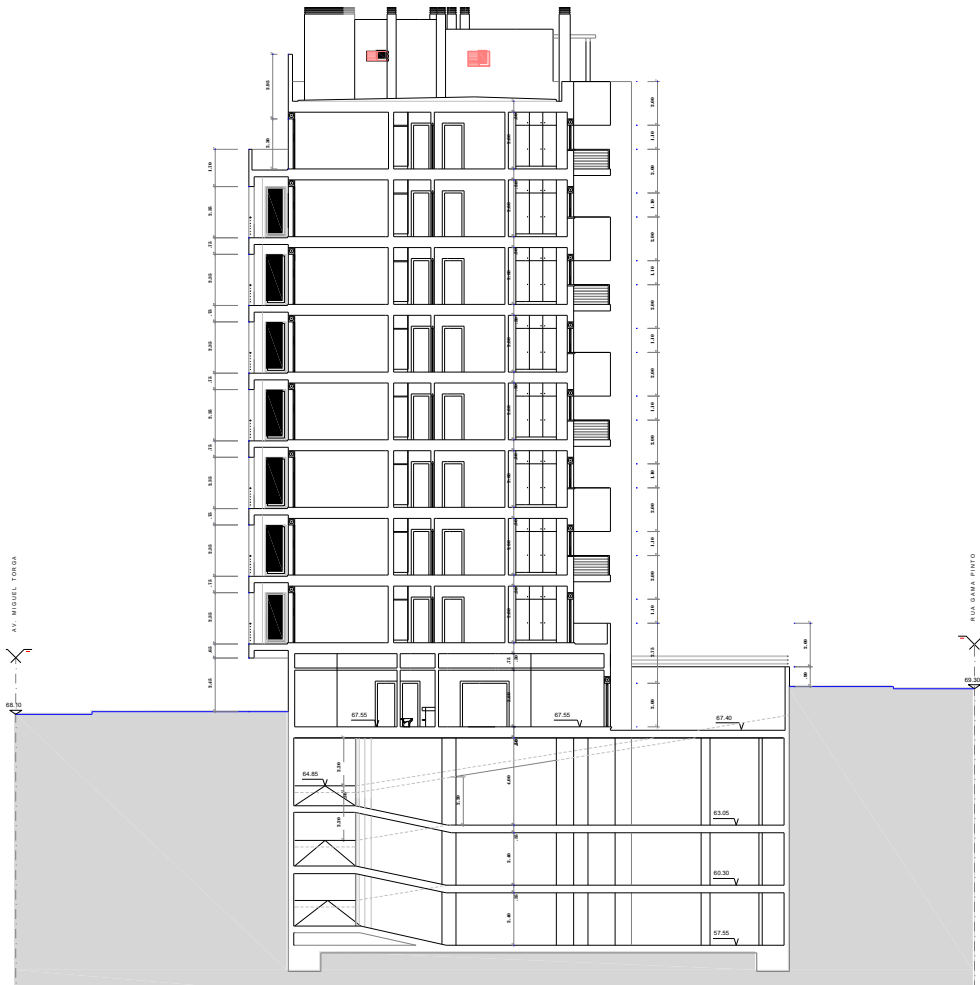
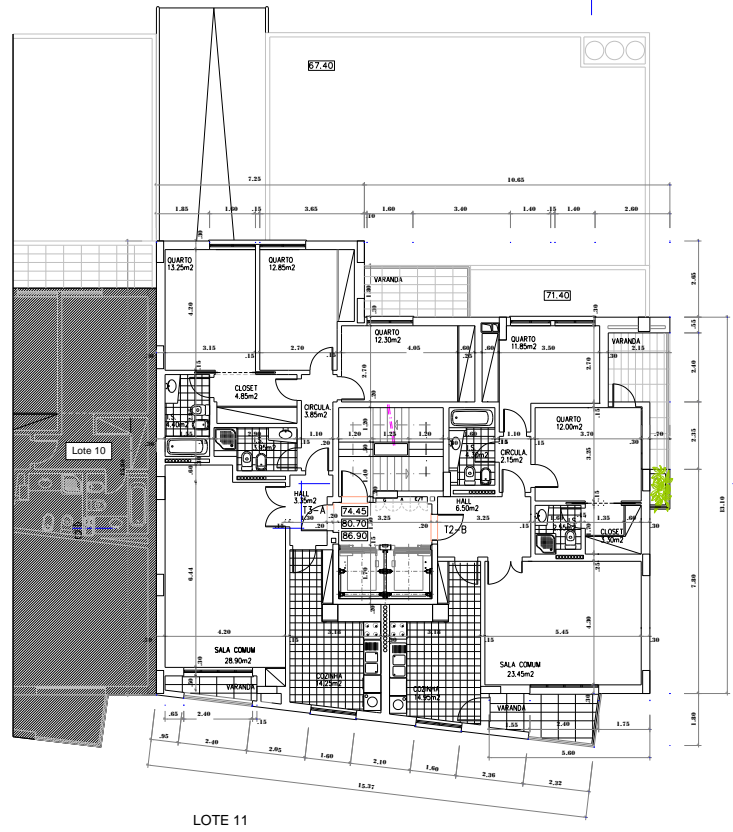


Figura 1.1 – Corte.



LOTE 11

Figura 1.2 – Planta do piso corrente.

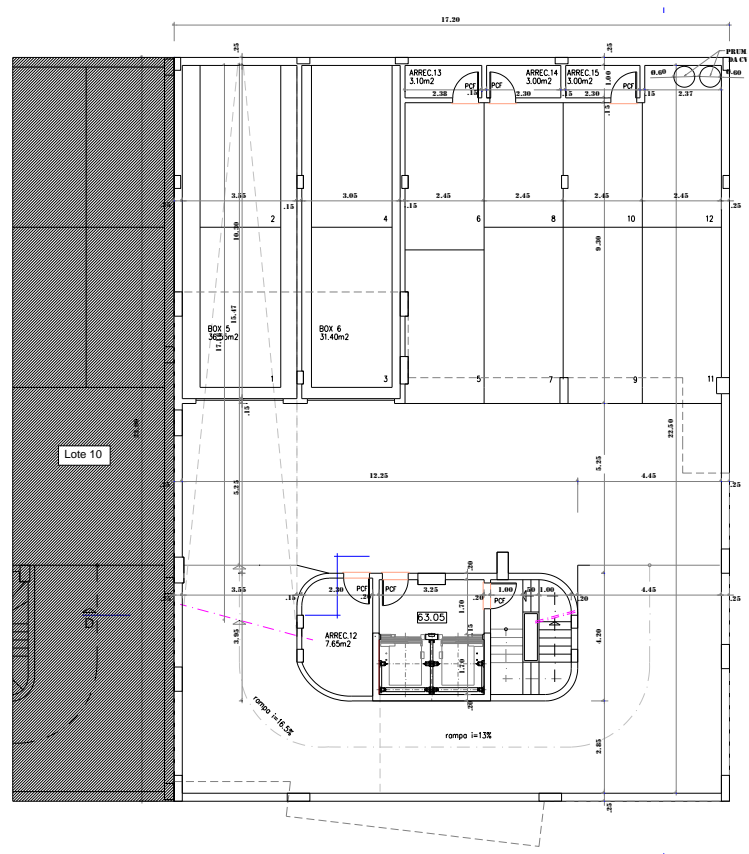


Figura 1.3 – Planta do piso estacionamento.



## **1.5 Condicionantes**

A solução estrutural do edifício deve dar resposta a um conjunto de requisitos funcionais, para isso teve-se em consideração alguns condicionantes relevantes:

- Condicionantes arquitetónicos;
- Localização da obra;
- Condicionantes geotécnicos;
- Obrigatoriedade de cumprir toda a legislação aplicável e presente nos eurocódigos estruturais.

## **1.6 Solução estrutural**

Analisando as plantas arquitetónicas definiu-se que a estrutura é tubular, em que a estrutura principal é constituída por lajes fungiformes maciças nos pisos de estacionamento e lajes maciças apoiadas, nos pisos destinados a habitação, num núcleo de parede interior e num sistema de pórticos periféricos capazes de conferir a ductilidade necessária à estrutura. Para as rampas de acesso ao estacionamento nas caves será utilizada laje maciça vigada. Os muros de suporte são em betão armado e as fundações são compostas por sapatas isoladas, para cada elemento resistente vertical, interligadas por vigas de fundação nas duas direções em planta.

## **1.7 Enquadramento regulamentar**

Para a elaboração deste projeto recorreu-se ao eurocódigos estruturais:

- Eurocódigo 0 (EC0) - Bases para o projeto de estruturas (NP EN 1990, 2009);
- Eurocódigo 1 (EC1) - Ações em estruturas (NP EN 1991-1-1, 2009);
- Eurocódigo 2 (EC2) - Projeto de estruturas de betão (NP EN 1992-1-1, 2010);
- Eurocódigo 7 (EC7) - Projeto de estruturas geotécnicas (NP EN 1997-1, 2010);
- Eurocódigo 8 (EC8) - Projeto de estruturas para resistência aos sismos (NP EN 1998-1, 2010).



---

## BASES PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO

No presente capítulo “Bases para elaboração do projeto”, especificam-se as bases relevantes para a elaboração do projeto, nomeadamente o tempo de vida útil, a classe de ductilidade, os materiais estruturais e definem-se e caracterizam-se as ações a que a estrutura ficará sujeita e as combinações de ações impostas pelos Eurocódigos Estruturais, utilizadas nas verificações de segurança.

### 2.1 Tempo de vida útil do projeto

O EC0 (NP EN 1990, 2009) define o tempo de vida útil do projeto em função da categoria da estrutura que se projeta, neste caso a estrutura a projetar sendo um edifício de habitação, a classe estrutural definida é S4 e com uma vida útil de projeto de 50 anos (Tabela 2.1).

**Tabela 2.1** - Valor indicativo do tempo de vida útil de projeto.

<b>Categoria do tempo de vida útil de projeto</b>	<b>Valor indicado do tempo de vida útil de projeto (anos)</b>	<b>Exemplos</b>
1	10	Estruturas provisórias
2	10 a 20	Componentes estruturais substituíveis, por exemplo vigas-carril, apoios
3	15 a 30	Estruturas agrícolas e semelhantes
<b>4</b>	<b>50</b>	<b>Estruturas de edifícios e outras estruturas correntes</b>
5	100	Estruturas de edifícios monumentais, pontes e outras estruturas de engenharia civil

## 2.2 Materiais

O EC8-1 (NP EN 1998-1, 2010) considera para o projeto de edifício três níveis ou classe de ductilidade:

- Classe de ductilidade baixa (DCL);
- Classe de ductilidade media (DCM);
- Classe de ductilidade alta (DCH).

A análise estrutural do edifício será feita, de acordo com a Classe de ductilidade media (DCM), a cl.5.4 do EC8 impõe as limitações a nível dos materiais a utilizar nos elementos sísmicos primários, devendo-se utilizar betão de classe superior a C16/20 e nas armaduras aço da classe B ou C.

### 2.2.1 Classe de exposição

Para a determinação das classes de exposição, teve-se em conta os tipos de ações a que o betão estará exposto e o tipo de risco, e foi com base nas classes de exposição de cada elemento estrutural, que foram definidos os requisitos de durabilidade do betão. Para definir os requisitos de durabilidade do betão recorreu-se à Norma NP EN 206-1:2007 (NP EN 206-1, 2007) e às Especificações LNEC (E464 e E465) (LNEC, 2004, 2007).

Da análise dos elementos estruturais e das condições de exposição classificadas na Tabela 2.2 conclui-se que a classe predominante é XC3 para as superfícies exteriores e para as fundações XC2.

**Tabela 2.2** – Classes de Exposição.

Período de vida especificado - 50 Anos					
Descrição	Classificação	C <sub>Nom</sub> armaduras ordinárias	(a/c) <sub>máx</sub>	C <sub>min</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	(F <sub>ck</sub> ) <sub>min</sub> (Mpa)
Interior do Edifício	XC1	25	0,65	240	25
Superfície exterior protegida da chuva	XC3	35	0,60	280	30
Zona enterradas em solo não agressivo	XC2	35	0,65	240	25

### 2.2.2 Betão

Tendo em atenção a cl.5.4 do EC8 e os requisitos de durabilidade apresentados na Tabela 2.2, foi escolhido o betão da classe C30/37.

O tipo de betão escolhido apresenta as seguintes características:

- Valor da tensão de rotura á compressão ( $t = 28$  dias):  $f_{ck} = 30\text{MPa}$ ;
- Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão:  $f_{cd} = 20\text{MPa}$ ;
- Valor medio da tensão de rotura à tração simples:  $f_{ctm} = 2,9\text{MPa}$ ;
- Valor do modulo de elasticidade:  $E_{cm} = 33\text{GPa}$ ;
- Coeficiente de poisson:  $\nu_{ck} = 0,2$ ;
- Peso volúmico do betão:  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

### 2.2.3 Aço

Em concordância com a cl.5.4 do EC8 o aço escolhido é A500NR SD pertencente à classe C, apresenta as seguintes características:

- Valor característico da tensão de cedência do aço:  $f_{yk} = 500\text{MPa}$ ;
- Valor de cálculo da tensão de cedência do aço:  $f_{yd} = 435\text{MPa}$ ;
- Valor do módulo de elasticidade do aço:  $E_s = 200\text{GPa}$ ;
- Valor de cálculo da extensão de cedência:  $\varepsilon_{yd} = 0,00218$ ;
- Peso volúmico do aço:  $\gamma = 77 \text{ kN/m}^3$ .

## 2.3 Ações

- Ações Permanentes;
- Ações Variáveis;
- Ações Sísmica.

### 2.3.1 Ações permanentes

As ações permanentes, têm um valor aproximadamente constante durante a vida da obra. Para o projeto foram consideradas como ações permanentes o peso próprio dos elementos estruturais, o peso das paredes exteriores e interiores e as restantes cargas permanentes (revestimentos).

#### 2.3.1.1 Peso próprio dos elementos estruturais

O peso próprio dos elementos estruturais é calculado automaticamente pelo programa de cálculo de elementos finitos SAP2000 (CSI, 2017), dependendo unicamente da seção dos elementos estruturais e do peso volúmico do betão armado  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ .

### 2.3.1.2 Restantes cargas permanentes

Em relação aos revestimentos foi atribuído um valor de  $1,5 \text{ kN/m}^2$  em todo o pavimento dos pisos correntes. O terraço e a cobertura serão revestidos com betão leve, telas de impermeabilização e proteção com um peso de  $2,5 \text{ kN/m}^2$ .

### 2.3.1.3 Paredes

Analisando o projeto arquitetónico, relativamente às paredes de alvenaria, estas foram divididas em paredes interiores e exteriores. As paredes divisórias interiores serão em tijolo furado com  $30 \times 20 \times 11$ , espessura total de  $0,15 \text{ m}$  e um peso de  $1,8 \text{ kN/m}^2$  e foram simuladas através de uma carga uniformemente distribuída em todo o pavimento e para fazer a sua distribuição em todo o pavimento recorreu-se a fórmula. Relativamente às paredes exteriores, foram consideradas paredes duplas em tijolo furado com  $30 \times 20 \times 11 + 30 \times 20 \times 15$  uma espessura total de  $0,30 \text{ m}$  e um peso de  $3,2 \text{ kN/m}^2$ , e são consideradas como carregamentos uniformemente distribuídos ao longo das vigas periféricas.

O peso das paredes exteriores e interiores foi obtido através das seguintes expressões (equação [2.1] e [2.2]).

$$G_{\text{parede(int)}} = PP_{\text{esp}} \times h \times 0,3 \quad [2.1]$$

$$G_{\text{parede(ext)}} = 0,8 \times h \times PP_{\text{esp}} \quad [2.2]$$

Sendo:

h Altura da parede;

$PP_{\text{esp}}$  Peso próprio da parede tendo em conta a espessura da parede.

## 2.3.2 Ações Variáveis

### 2.3.2.1 Sobrecarga

O valor característico das sobrecargas foi definido tendo em conta a categoria de utilização e a utilização específica, e são modeladas por cargas superficiais uniformemente distribuídas. O valor das sobrecargas para os pisos de habitação, escadas e varandas são definidas pelo Quadro 6.2 do EC1 (NP EN 1991-1-1, 2009). Para pisos destinados a estacionamento a classificação deve ter-se em conta a sua acessibilidade para veículos, conforme o indicado no Quadro 6.7 do EC1, dito isto, as caves classificam-se como categoria F. A cobertura foi classificada de acordo com a sua acessibilidade, conforme indicado no Quadro 6.9 optou-se por coberturas da categoria H (coberturas não

acessíveis, exceto para operação de manutenção e reparações correntes), o valor característico da sobrecarga para cobertura da categoria H que deverão ser utilizados são indicados no Quadro 6.10. Os valores recomendados para os coeficientes de combinação para edifícios encontram-se definidos no Quadro A1.1 do EC0 (NP EN 1990, 2009).

A Tabela 2.3 apresenta os valores das sobrecargas e coeficientes de combinação consideradas na elaboração do projeto.

**Tabela 2.3** – Valores das Sobrecargas.

Designação	Classificação	SC [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Cobertura Acessível	H	0,4	0	0	0
Piso 8	A	2,0	0,7	0,5	0,3
Piso 3/5/7	A	2,0	0,7	0,5	0,3
Piso 2/4/6	A	2,0	0,7	0,5	0,3
Piso 1	A	2,0	0,7	0,5	0,3
Piso 0	A	2,0	0,7	0,5	0,3
Piso -1	F	2,5	0,7	0,7	0,6
Piso -2	F	2,5	0,7	0,7	0,6
Piso -3	F	2,5	0,7	0,7	0,6
Escadas	A	3,0	0,7	0,5	0,3
Varanda	A	2,0	0,7	0,5	0,3

#### 2.3.2.2 Vento (W)

As ações devido ao vento não foram consideradas, nesse projeto, pelo fato da ação sísmica ser condicionante neste tipo de estruturas.

#### 2.3.2.3 Temperatura (T)

Neste projeto foram desprezadas as variações de temperatura, devido às dimensões em planta do edifício.

### 2.3.3 Ação Sísmica

A ação sísmica corresponde a uma libertação de energia entre placas da crosta terrestre. Esse fenómeno dá origem a movimento do solo, sendo possível registar deslocamentos, velocidades e aceleração do solo. Analisando os três tipos de ações consideradas no projeto, a ação sísmica destaca-se como a ação condicionante, daí que o dimensionamento e pormenorização dos elementos estruturais deva seguir os métodos base previstos no EC8-1, que têm por finalidade assegurar, em caso de ocorrência de sismo que:

- As vidas humanas são protegidas;
- Os danos são limitados;
- As estruturas importantes para proteção civil se mantêm operacional.

Tendo em atenção os princípios acima referidos, o EC8-1 estabeleceu dois requisitos fundamentais a satisfazer pelas estruturas em regiões sísmicas:

- Requisitos de não colapso (estado limite último), define que a estrutura deve ser projetada e construída de forma a resistir a ação sísmica, sem colapso local ou global, mantendo assim a sua integridade estrutural e uma capacidade resistente residual depois do sismo. É associado a um período de retorno de 475 anos, valor associado a uma probabilidade de excedência de 10% em 50 ano.
- Requisitos de limitação de danos (estado limite de utilização), define que a estrutura deve ser projetada e construída de forma a resistir a uma ação sísmica cuja probabilidade de ocorrência seja maior do que a da ação sísmica de cálculo, sem ocorrência de danos cujo custo seja desproporcionalmente elevado em comparação com os da própria estrutura. É associado a uma probabilidade de excedência 10% em 10 anos e um período de retorno de 95 anos.

#### 2.3.3.1 Tipos de ações sísmica

Em Portugal são definidas duas ações sísmica e o zonamento do território é apresentado na Figura 2.1

- Ação sísmica Tipo 1;
- Ação sísmica Tipo 2.

No arquipélago da madeira apenas é necessário considerar ação sísmica Tipo 1 e para arquipélago dos açores apenas é necessário considerar ação sísmica tipo 2, as condições para a implantação do EC8 em Portugal estão estabelecidas no anexo nacional.

##### Ação sísmica Tipo 1

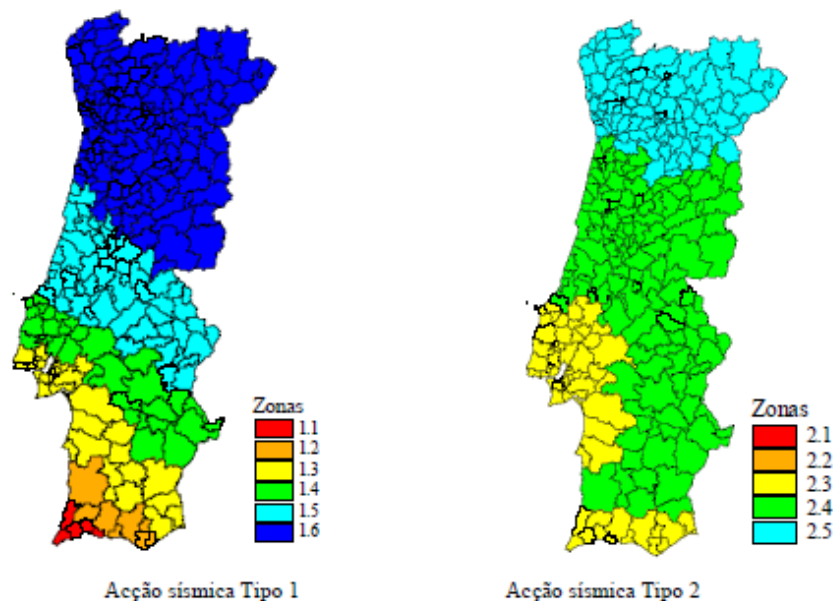
“Sismo afastado”: resulta da sismicidade interplacas associada a falha que separa as placas Africanas e Europeia, este tipo de sismo está associado a sismos de magnitude elevada, com maior duração, em que é predominante frequências baixas, é denominado de sismo afastado devido a grande distância focal (epicentro no Atlântico).

##### Ação sísmica Tipo 2

“Sismo próximo”: Por sua vez está associada a sismicidade intraplacas, com Epicentro situado no Território Continental ou no arquipélago dos açores, este tipo de



sismo é caracterizado por ser de magnitude moderada apenas no continente, menos duração, predominância de frequências altas e pequena distância focal.



**Figura 2.1** – Zonamento sísmico em Portugal continental (NP EN 1998-1, 2010).

No Anexo NA.1 do EC8 apresentam-se para todos os concelhos as respetivas zonas sísmicas e valor de referência da aceleração máxima à superfície, tendo em atenção a localização do edifício. Os valores máximos para a aceleração à superfície do edifício em estudo são apresentadas na Tabela 2.4.

**Tabela 2.4** – Valores de aceleração máximas.

Portugal Continental		Acção Sísmica			
Código do município	Designação	Tipo 1		Tipo 2	
		Zona sísmica	$a_{gR}$ (m/s <sup>2</sup> )	Zona sísmica	$a_{gR}$ (m/s <sup>2</sup> )
1116	Odivelas	1.3	1,5	2.3	1,7

### 2.3.3.2 Tipo de Terreno

Na ausência de estudos de caracterização geotécnica necessária para a classificação do terreno, optou-se por terreno da classe C, que segundo o quadro 3.1 do EC8 apresenta os seguintes parâmetros com descritos na Tabela 2.5.

**Tabela 2.5** – Tipo de terreno.

Tipo de terreno	Descrição do Perfil Estratigráfico	Parâmetros		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$	$C_u$ (kPa)
C	Deposito profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo(cascalho) ou de argila com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros.	180-360	15-50	70-250

### 2.3.3.3 Classe de importância e coeficiente de importância

O EC8 faz a definição das classes de importância para edifícios em função das consequências do colapso. Assim para o edifício em causa o coeficiente de importância  $\gamma_I$  é igual a 1,0 com descrito na Tabela 2.7, uma vez que se trata de um edifício de habitação, pertencente a classe de importância II, conforme a Tabela 2.6.

**Tabela 2.6** – Classes de importâncias para edifícios.

Classe de importância	Edifícios
I	Edifícios de importância menos para a segurança pública, como por exemplo edifícios agrícolas, etc.
II	Edifícios correntes, não pertencentes às outras categorias
III	Edifícios cuja resistência sísmica é importante tendo em vista as consequências associadas ao colapso, como por exemplo escolas, salas de reunião, instituições culturais, etc...
IV	Edifícios cuja integridade em caso de sismo é de importância vital para a proteção civil, como por exemplo hospitais, quartéis de bombeiro, centrais elétricas, etc..

**Tabela 2.7** – Coeficientes de importância  $\gamma_I$ .

Classe de Importância	Ação Sísmica Tipo 1	Ação sísmica Tipo 2	
		Continental	Açores
I	0,65	0,75	0,85
II	1,00	1,00	1,00
III	1,45	1,25	1,15
IV	1,95	1,50	1,35

### 2.3.3.4 Aceleração ao nível do solo

Tendo por base a cl 3.2.1(3) do EC8 o valor de cálculo da aceleração à superfície de um terreno tipo A,  $a_g$  é igual a  $a_{gR}$  multiplicado pelo coeficiente de importância  $\gamma_I$  (equação [2.3]).

$$a_g = \gamma_I \times a_{gR} \quad [2.3]$$

Em que:

- $\gamma_I$  Coeficiente de importância;
- $a_{gR}$  Valor de cálculo da aceleração máxima à superfície de um terreno tipo A;
- $a_g$  Valor de cálculo da aceleração de um terreno do tipo A;

**Tabela 2.8** - Valor de cálculo da aceleração do terreno.

Região	Ação Sísmica	$a_{gR}$ (m/s <sup>2</sup> )	$\gamma_I$	$a_g$ (m/s <sup>2</sup> )
Odivelas	Tipo 1	1,5	1,0	1,5
	Tipo 2	1,7	1,0	1,7

### 2.3.3.5 Coeficiente do solo

O parâmetro S para a definição dos espectros de resposta elásticos, e calculado dependendo da condição do valor de cálculo da aceleração à superfície (equação [2.4]).

$$\begin{aligned} \text{para } a_g \leq 1 \text{ m/s}^2 & \quad s = s_{\max} \\ \text{para } 1 \text{ m/s}^2 \leq a_g \leq 4 \text{ m/s}^2 & \quad s = s_{\max} - \frac{s_{\max} - 1}{3} (a_g - 1) \\ \text{para } a_g \geq 4 \text{ m/s}^2 & \quad s = 1,0 \end{aligned} \quad [2.4]$$

Em Portugal o valor dos parâmetros para a definição dos espectros de resposta elásticos para os tipos de ação sísmica, encontram-se nos quadros NA-3.2 e 3.3 do EC8, por conseguinte elabora-se a Tabela 2.9 que se segue e apresenta de uma forma resumida os parâmetros significativos para a definição do espectro de resposta elástico.

**Tabela 2.9** – Valores dos Parâmetros definidores do espectro de resposta elástico para ação sísmica.

Ação sísmica	Tipo de Terreno	$S_{\max}$	S	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
Tipo 1	C	1,6	1,50	0,1	0,6	2,0
Tipo 2		1,6	1,46	0,1	0,25	2,0

### 2.3.3.6 Espectro

Tendo os parâmetros definidos na Tabela 2.9 a ação sísmica pode ser modelada por espectros de resposta de aceleração, que reprimam as componentes horizontal e vertical do movimento do solo em função do período de vibração da estrutura.

#### 2.3.3.6.1 Espectro de resposta horizontal

A caracterização da ação sísmica depende do tipo de ação sísmica em análise, da zona sísmica onde a obra está inserida e das condições geológicas do terreno de fundação, e são representadas pelas seguintes expressões e parâmetros:

$$0 \leq T \leq T_B : s_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad [2.5]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : s_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad [2.6]$$

$$T_C \leq T \leq T_D : s_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \left[ \frac{T_C}{T} \right] \\ \leq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad [2.7]$$

$$T_D \leq T : s_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad [2.8]$$

Em que:

$S_d(T)$  Espectro de cálculo;

$T$  Período de vibração de um sistema linear com um grau de liberdade;

$a_g$  Valor de cálculo da aceleração à superfície para um terreno tipo A;

$T_B$  Limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante;

$T_C$  Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante;

$T_D$  Valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante;

$S$  Coeficiente do solo;

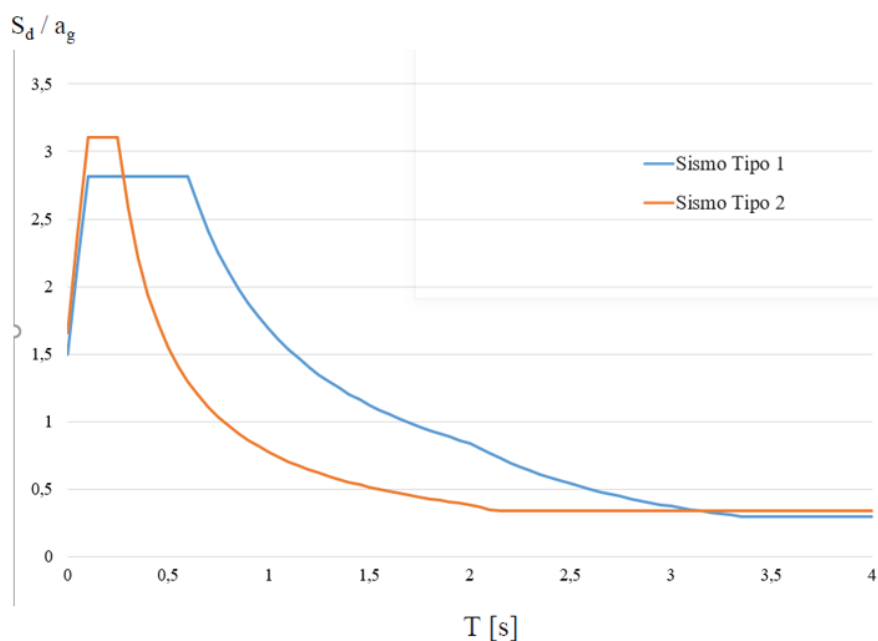
$\beta$  Coeficiente correspondente ao limite inferior do espectro de cálculo horizontal

$q$  Coeficiente de comportamento.

### 2.3.3.6.2 Coeficiente de comportamento

O coeficiente de comportamento  $q$  cujo cálculo é apresentado em 4.3.4 considerou-se igual a 2,0.

A Figura 2.2 que se segue, apresenta os espectros de cálculo correspondentes aos dois tipos da Ação Sísmica Regulamentar, para a componente horizontal, utilizados na análise sísmica do edifício em estudo.



**Figura 2.2** – Espectros de resposta (horizontal) de cálculo para o edifício em estudo

### 2.3.3.6.3 Espectro de resposta elástica vertical

Tendo em atenção a cl.4.3.3.5.2(1) do EC8, analisando a Tabela 2.10 inferior a 0,25 ( $2,5\text{m/s}^2$ ), não vai ser considerado a componente vertical da ação sísmica.

**Tabela 2.10-** Valor de cálculo da aceleração à superfície do terreno na direção vertical.

Ação Sísmica	$a_{vg} / a_g$	$a_g$ ( $\text{m/s}^2$ )	$a_{vg}$ ( $\text{m/s}^2$ )
Tipo 1	0,75	1,5	1,13
Tipo 2	0,95	1,7	1,62

## 2.4 Combinações de ações

Depois de ser feita a classificação das ações e dos respectivos coeficientes de combinação recorreu-se ao EC0 para a definição das combinações de ações a ter em conta no projeto. Assim, para os estados limites últimos, a verificação da segurança é feita comparando a resistência de cálculo,  $R_d$  com o valor de cálculo do efeito das ações  $E_d$  e a verificação deverá garantir que (equação [2.9]):

$$E_d \leq R_d \quad [2.9]$$

Em que:

$R_d$  Valor de cálculo da resistência;

$E_d$  Valor de cálculo do efeito das ações.

Em concordância com o EC0 para os estados limite últimos há a considerar 3 tipos de combinação de ações:

- a) Combinação de ação fundamental, para situações de projeto persistentes ou transitórias (equação [2.10]).

$$E_d = \gamma_{sd} E \left\{ \gamma_{g,j} G_{k,j}; \gamma_p P; \gamma_{q1} Q_{k,1}; \gamma_{q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right\} \quad j \geq 1; i \geq 1 \quad [2.10]$$

A equação [2.10] poderá ser expressa como:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [2.11]$$

Ou em alternativa para os estados limites GEO, a menos favorável das duas expressões (equação [2.12]):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [2.12]$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- b) Combinações de ação para situações de projetos acidentais (equação [2.13]).

$$E_d = E \left\{ G_{k,j}; P; A_d; (\psi_{1,1} \text{ ou } \psi_{2,1}) Q_{k,1}; \psi_{2,1} Q_{k,i} \right\} \quad j \geq 1; i \geq 1 \quad [2.13]$$

- c) Combinações de ações para situações de projeto sísmicas (equação [2.14]).

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{j \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad [2.14]$$

A cl.3.24(2) do EC8 chama a atenção, para os efeitos de inércia da ação sísmica de cálculo, em função das massas associadas a todas as forças gravíticas que surgem na seguinte combinação de ações (equação [2.15]).

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \psi_{E,i} Q_{k,i} \quad [2.15]$$

O coeficiente de combinação  $\psi_{E,i}$ , introduzido na equação [2.15] para o cálculo dos esforços sísmicos deve ser determinado a partir de expressão seguinte (equação [2.16]):

$$\psi_{E,i} = \varphi \times \psi_{2i} \quad [2.16]$$

Os valores a atribuir a  $\varphi$  estão apresentados no quadro 4.2 do EC8, neste projeto foi utilizado um  $\varphi = 0,8$ , tendo em atenção o tipo de utilização do piso.

Os critérios de verificação aos estados limites de utilização estão presentes no EC0, em harmonia com a cl.6.5.1, a verificação deverá garantir que (equação [2.17]):

$$E_d \leq C_d \quad [2.17]$$

Onde:

$C_d$  Valor de cálculo correspondente ao valor limite do critério de utilização;

$E_d$  Valor de cálculo dos efeitos das ações especificadas no critério de utilização, determinado com base na combinação em causa.

a) Combinação quase-permanente (equação [2.18]).

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \right\} \quad j \geq 1; i \geq 1 \quad [2.18]$$

b) Combinação Característica (equação [2.19]).

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right\} \quad j \geq 1; i \geq 1 \quad [2.19]$$

Em que:

$\gamma_{G,j}$  Coeficiente parcial relativo à ação permanente j;

$G_{k,j}$  Valor características da ação permanente j;

$\gamma_{Q,j}$  Coeficiente parcial relativo à ação variável base;

$Q_{k,j}$  Valor característico da ação variável base;

- $\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial relativo à ação variável base i;
- $Q_{k,i}$  Valor característico da ação variável base i;
- $A_{Ed}$  Valor de cálculo de uma ação sísmica;
- $\psi_{0,i}$  Coeficiente para a determinação do valor de combinação de uma ação variável;
- $\psi_{2,i}$  Coeficiente para a determinação do valor de combinação quase-permanente de uma ação variável;
- ”+” Significa “a combinar com”;
- $\Sigma$  Significa o efeito combinado de
- $\xi$  Coeficiente de redução para as ações permanentes desfavoráveis G.

Os coeficientes parciais de segurança foram definidos com base no quadro A1.2 (B) do EC0.

**Tabela 2.11** - Coeficientes parciais de segurança.

coeficientes Parciais de Segurança			
Ações Permanentes ( $\gamma_G$ )		Ações Variáveis ( $\gamma_Q$ )	
Desfavoráveis	Favoráveis	Desfavoráveis	Favoráveis
1,35	1,0	1,50	0,0



---

## PRÉ-DIMENSIONAMENTO

Após concebida a solução estrutural e a definição das ações, procedeu-se ao pré-dimensionamento dos vários elementos estruturais. O pré-dimensionamento constitui a primeira estimativa das dimensões dos elementos estruturais. Para as paredes da caixa de elevador considerou-se uma espessura de 0,20 m, os restantes elementos como laje, vigas e pilares foram dimensionados de acordo com as regras de pré-dimensionamento.

Para realizar o pré-dimensionamento da laje dos pisos correntes é necessário perceber qual o vão condicionante e o tipo de laje a utilizar, utilizou-se a fórmula para fazer o pré-dimensionamento das lajes (equação [3.1]).

$$d \geq \frac{L_{\text{condicionante}}}{k \times \frac{500}{f_{yk}}} \quad [3.1]$$

Onde:

- d Altura útil de uma seção transversal;
- $L_{\text{condicionante}}$  Menor vão (é na direção do menor vão que surgem esforços superiores e em que vai ser utilizada mais armadura);
- $f_{yk}$  Valor característico da tensão de cadencia à tração do aço das armaduras para betão armado;
- k Coeficiente de esbelteza máxima

Para o vão condicionante de 6,10 m e um coeficiente k igual a 26, seguindo a expressão [3.1] obtém-se uma altura útil para os pisos correntes de 0,23 m.

Em conformidade com a expressão [3.1], foi determinado uma altura útil de 0,192 m para as escadas de acesso entre os pisos e 0,22 m para as rampas de acesso aos pisos de estacionamento.

**Tabela 3.1** - Pré-dimensionamento da laje.

Designação	L condicionante	k	d	d +0,03	h adotado
Laje Piso	6,10	26	0,23	0,26	0,26
Laje Escada	3,85	20	0,19	0,22	0,25
Laje Rampa	4,35	20	0,22	0,25	0,26

### 3.1 Vigas

A largura das vigas tem valor mínimo da ordem dos 0,20 m devendo essa largura ser menor ou igual à largura dos pilares. Para o edifício em estudo as vigas têm uma largura de 0,30 m, que igual à largura dos pilares. A altura das vigas depende do vão e é uniformizada por razões construtivas e funcionais. As alturas das vigas de betão armado têm, em geral, uma relação  $\frac{L}{10}$  a  $\frac{L}{12}$ . Da relação resulta uma altura da viga de 0,60 m, com base na equação [3.2] elabora-se a Tabela 3.2.

$$h \geq \frac{L}{10 \text{ a } 12} \quad [3.2]$$

**Tabela 3.2** - Pré-Dimensionamento da viga.

Designação	L	$\frac{L}{10}$	$\frac{L}{12}$	h adotado
Viga	6,95	0,695	0,579	0,6

### 3.2 Pilares

No pré-dimensionamento de pilares, a primeira preocupação foi conhecer as ações atuantes em cada piso. O esforço normal em estado limite último para a combinação fundamental, a atuar no pilar para as cargas permanentes e sobrecargas, foi estimado estabelecendo o caminho da carga (laje-viga-pilar), definindo a área de influência da carga, para o pilar em questão. Dito isto o esforço normal foi determinado pela equação [3.3] e em seguida foi determinada a seção mínima através da equação [3.4].

$$N_{sd} = \gamma_g \times C_p + \gamma_q \times S_c \quad [3.3]$$

$$A_c = \frac{N_{sd}}{0,65 \times f_{cd}} \quad [3.4]$$

Onde:

$A_c$  Área do pilar [m<sup>2</sup>];

$N_{sd}$  Esforço normal de cálculo determinado para cada pilar [kN];

### 3.3 Fundação

O pré-dimensionamento das fundações é feito pelo método tradicional de tensões admissíveis, como forma indireta de controlo da deformação e segurança à rotura. o Pré-dimensionamento é feito apenas para o esforço axial, visto que os momentos fletores transmitidos à fundação são absorvidos pela viga de fundação. Para a fundação não foi necessário determinar o esforço normal, ou seja, o esforço normal calculado para os pilares, é o mesmo que se encaminha para a fundação. A tensão resistente do solo varia em função do tipo de terreno, para o projeto foi considerada uma tensão admissível de 200 kpa.

$$A_{min} \geq \frac{N_{pilar \text{ ou } parede}}{\sigma_{adm}} \quad [3.5]$$

Onde:

$A_{min}$  Área mínima da sapata [m<sup>2</sup>];

$N_{pilar \text{ ou } parede}$  Esforço normal do elemento vertical [kN];

$\sigma_{adm}$  Tensão admissível do solo [kPa];



# 4

---

## CONCEÇÃO ESTRUTURAL PARA A AÇÃO SÍSMICA

Depois de ter a primeira estimativa das dimensões dos elementos estruturais, procede-se à conceção estrutural para a ação sísmica, chamando atenção que a perigosidade sísmica deve ser tida em conta nas fases iniciais de conceção do edifício, de modo a satisfazer os requisitos de não ocorrência de colapso e requisitos de limitação de danos.

### 4.1 Princípios básicos da conceção estrutural

#### 4.1.1 Simplicidade estrutural

De modo a respeitar o projeto de arquitetura e assegurar a integridade estrutural, a solução estrutural escolhida permite uma trajetória clara e direta de transmissão das forças sísmicas, que resultam na simplicidade da modelação, análise, dimensionamento, e pormenorização construtiva, tornando o comportamento sísmico mais favorável.

#### 4.1.2 Uniformidade, simetria e redundância da estrutura

Recorreu-se ao sistema de pórtico periférico capaz de conferir a ductilidade necessária a estrutura e permitir uma distribuição regular dos elementos estruturais a qual permite transmissões curtas e diretas das forças de inércia relacionadas com as massas distribuídas no edifício

Segundo o EC8, a uniformidade da estrutura ao longo da altura do edifício é também importante, uma vez que tende a eliminar a ocorrência de zonas sensíveis onde concentrações de tensões ou grandes exigências de ductilidade podem provocar um

colapso prematuro, e por fim a utilização de elementos estruturais regularmente distribuídos contribui para a redundância e permite uma redistribuição mais favorável dos esforços e uma dissipação de energia distribuída em todo o conjunto da estrutura.

#### **4.1.3 Resistência e rigidez nas duas direções**

No que diz respeito a resistência e rigidez nas duas direções, os elementos estruturais deverão ser dispostos em planta numa malha estrutural ortogonal, garantindo características de resistência e rigidez semelhantes nas duas direções principais, de modo a controlar o movimento sísmico horizontal. A escolha das características de rigidez da estrutura deverá, além de procurar minimizar os esforços sísmicos, limitar também deslocamentos excessivos que possam provocar ou instabilidades devidas aos efeitos de segunda ordem ou danos excessivos.

#### **4.1.4 Resistência e rigidez à torção**

Para além da resistência e da rigidez em relação a ação lateral, as estruturas devem possuir uma resistência e uma rigidez à torção adequada para limitar os movimentos devidos à torção que agravam a sollicitação dos diferentes elementos estruturais.

#### **4.1.5 Ação de diafragma ao nível dos pisos**

Na análise dinâmica, os pavimentos (incluindo a cobertura) têm um papel muito importante no comportamento global da estrutura. Atuam como diafragmas horizontais que recebem e transmitem as forças de inércia aos sistemas estruturais verticais e garantem a solidariedade desses sistemas na resistência à ação sísmica horizontal. A ação de diafragma dos pavimentos é particularmente importante no caso de disposições complexas e não uniformes dos elementos estruturais verticais. Visto que no presente projeto os pisos são destinados a habitação recorreu-se a solução de lajes maciça de betão armado. A cl.5.10.1 defende que poderá ser considerado diafragma se tiver uma espessura não inferior a 70 mm e se for armada nas duas direções horizontais com, pelo menos, a armadura mínima indicada no EC2.

#### **4.1.6 Fundação adequada**

A cl.4.2.1.6.2 do EC8 define que para as estruturas constituídas por um número reduzido de parede estruturais, que diferem em espessura e rigidez, deverá escolher-se em geral uma fundação rígida, do tipo caixão ou celular, que inclua uma laje de fundação

e uma laje superior e recomenda-se que os elementos de fundação isolados (sapatas) devem ser ligados por viga de fundação nas duas direções principais, a fim de reduzir os momentos transmitidos a fundação.

## 4.2 Elementos sísmicos primários e secundários

De acordo com o EC8, poderá escolher-se um certo número de elementos estruturais como elementos sísmicos “secundários”, isto é, que não fazem parte do sistema do edifício resistente às ações sísmicas. No entanto, esses elementos e as suas ligações devem ser dimensionados e pormenorizados de modo a manter a função de suporte das forças gravíticas quando sujeitos aos deslocamentos devidos à situação de projeto sísmico mais desfavorável. No entanto todos os elementos estruturais não escolhidos como elementos sísmicos secundários são considerados como elementos sísmicos primários. Considera-se que fazem parte do sistema resistente às forças laterais.

## 4.3 Critérios de Regularidade Estrutural

A Cl.4.2.3.1(1) do EC8 define que para projeto sismo-resistente, as estruturas dos edifícios classificam-se em regulares e não regulares. Critérios de regularidade estrutural podem restringir as opções sobre o tipo de análise e modelo e influenciar o valor do coeficiente de comportamento.

Na tabela, apresentam-se as consequências da regularidade estrutural na análise e no cálculo sísmico.

**Tabela 4.1** - Consequências da regularidade estrutural na análise e no cálculo sísmico.

Regularidade		Simplificações admitidas		Coeficiente de comportamento
Em planta	Em altura	Modelo	Análise elástica linear	(para a análise linear)
sim	Sim	Plano	Força Lateral	Valor de Referência
sim	Não	Plano	Modal	Valor Reduzido
Não	Sim	Espacial	Força Lateral	Valor de Referência
Não	Não	Espacial	Modal	Valor Reduzido

### 4.3.1 Critérios de Regularidade em Planta

De acordo com Cl.4.2.3.2 do EC8 um edifício é classificado como regular em planta, quando cumprir as condições descritas a seguir:

- Quanto à rigidez lateral e à distribuição de massa, a estrutura do edifício deve ser aproximadamente simétrica em planta em relação a dois eixos ortogonais;
- A forma dos pisos deve ser compacta, isto é, deve ser delimitada por uma linha convexa. A área entre o contorno do piso e a linha poligonal convexa que o envolve não é superior a 5% da área do piso;
- A rigidez dos pisos no plano deve ser suficientemente grande em relação à rigidez lateral dos elementos estruturais verticais, de modo que a deformação do piso tenha um efeito reduzido na distribuição das forças;
- Para cada piso o máximo quociente entre dimensões em direções ortogonais entre si deve ser inferior a 4.

#### 4.3.1.1 Esbelteza

No que refere a esbelteza o edifício cumpre com o requisito preconizado no EC8:

$$\lambda = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \quad [4.1]$$

$$\lambda = \frac{16,9}{15,8} = 1,07 < 4 \rightarrow Ok$$

Onde:

$L_{\max}$  Maior dimensão em planta do edifício;

$L_{\min}$  Menor dimensão em planta do edifício (medidas nas direções ortogonais)

#### 4.3.1.2 Centro de Rigidez e Centro de Massa

Para verificar os outros requisitos impostos pelo EC8, no que diz respeito a regularidade em planta começou-se por determinar o centro de massa e o centro de rigidez, com base nas seguintes expressões:

$$X_{CM} = \frac{\sum P_i \times X_i}{P_{Total}} \quad ; \quad Y_{CM} = \frac{\sum P_i \times Y_i}{P_{Total}} \quad [4.2]$$



$$X_{CR} = \frac{\sum I_{yi} \times X_i}{\sum I_y}; \quad Y_{CR} = \frac{\sum I_{xi} \times Y_i}{\sum I_x} \quad [4.3]$$

Onde:

$P_i$  Peso do elemento  $i$ ;

$P_{total}$  Peso total do piso;

$X_i$  e  $Y_i$  Coordenadas  $x$  e  $y$  de cada elemento  $i$  em relação ao referencial escolhido;

$I_x$  e  $I_y$  Inércias de cada elemento  $i$ , segundo os eixos  $x$  e  $y$ .

$X_{CM}$  e  $Y_{CM}$  Coordenadas do centro de massa de cada piso;

$X_{CR}$  e  $Y_{CR}$  Coordenadas do centro de rigidez de cada piso.

Para o cálculo do centro de rigidez apenas se consideraram os elementos resistentes classificados como elementos sísmicos primários. No que diz respeito ao centro de massa, massas da cobertura foram associadas ao piso 8.

Aplicando as expressões [4.2] e [4.3], obteve-se a Tabela 4.2 com as coordenadas dos centros de massa e de rigidez ao nível de cada piso e as suas respectivas excentricidades.

**Tabela 4.2** - Coordenadas dos centros de rigidez e de massa de cada piso.

Pisos	Centro Massa		Centro Rigidez		$e_x$ [m]	$e_y$ [m]
	$X_{cm}$ [m]	$Y_{cm}$ [m]	$X_{cr}$ [m]	$Y_{cr}$ [m]		
Piso Técnico	9,1	6,67	7,8	3,4	1,34	3,28
Piso 8	8,5	6,11	7,8	3,4	0,75	2,72
Piso 7	8,5	6,11	7,8	3,4	0,75	2,72
Piso 6	8,5	6,11	7,8	3,4	0,75	2,72
Piso 5	8,5	6,11	7,8	3,4	0,75	2,72
Piso 4	8,5	6,11	7,8	3,4	0,75	2,72
Piso 3	8,5	6,11	7,8	3,4	0,75	2,72
Piso 2	8,3	6,0	7,8	3,4	0,55	2,57
Piso 1	8,8	6,70	7,8	3,4	1,04	3,31

#### 4.3.1.3 Determinação dos raios de torção e de giração

O raio de torção  $r_i$ , é determinado como sendo a raiz quadrada do quociente entre a rigidez global de torção  $K_\theta$  e a rigidez global de translação  $K_i$ , considerando todos os elementos sísmicos primários. Uma vez que a rigidez global de translação depende da direção em análise, procedeu-se ao cálculo do raio de torção nas duas direções.

Para determinar a rigidez global de torção e a rigidez global de translação, no modelo de cálculo automático desenvolvido no SAP2000, aplicaram-se forças de 1000 kN ao nível de cada piso, nas direções X e Y, e momentos de 1000 kNm no centro de rigidez de cada piso segundo o eixo Z, eixo perpendicular às direções X e Y.

Conhecida a força aplicada (F), do programa de cálculo automático retiraram-se os deslocamentos (d) devido a ação das forças e dos momentos aplicados, e através da expressão [4.9] determinaram as rigidezes ( $K_x$ ,  $K_y$  e  $K_\theta$ ):

$$e_{0i} \leq 0.30 \times r_i \quad [4.4]$$

$$r_i \geq l_s \quad [4.5]$$

$$r_i = \sqrt{\frac{K_\theta}{K_i}} \quad [4.6]$$

$$l_i = \sqrt{\frac{I_p}{M_{Piso\ i}}} \quad [4.7]$$

$$I_p = \frac{M_{Piso\ i}}{A_{Piso\ i}} \times (I_x + I_y) \quad [4.8]$$

$$F = K \times U \Leftrightarrow K = \frac{F}{U} \quad [4.9]$$

Onde:

$e_{0i}$  Distância entre o centro de rigidez e o centro de massa;

$r_i$  Raio de torção;

$K_\theta$  Rigidez de torção;

$K_i$  Rigidez lateral na direção i;

$l_s$  Raio de giração da massa do piso em planta;

$I_p$  Momento polar de inercia;

$A_{Piso,i}$  Área do piso i;

$I_x$  e  $I_y$  Inercia segundo os eixos X e Y de cada piso i;

$F$  Força ou momento aplicado no centro de rigidez do piso i;

$K$  Rigidez de translação e de rotação do piso i;

$U$  Deslocamento ou rotação do piso i.

O raio de giração de um piso  $l_s$ , de acordo com as expressões [4.7] e [4.8], foi determinado como sendo a raiz quadrada do quociente entre o momento polar de inércia em relação ao centro de massa do piso  $I_p$  e a massa do piso  $M$ .

**Tabela 4.3** - Verificação dos raios de torção e dos raios giração.

Piso	$r_x$	$r_y$	$l_s$	$r_x \geq l_s$	$r_y \geq l_s$
Piso 1	4,610	5,303	6,939	NÃO	NÃO
Piso 2	5,141	5,606	6,691	NÃO	NÃO
Piso 3	5,499	5,711	6,610	NÃO	NÃO
Piso 4	5,825	5,840	6,610	NÃO	NÃO
Piso 5	6,183	6,039	6,610	NÃO	NÃO
Piso 6	6,411	6,129	6,610	NÃO	NÃO
Piso 7	6,630	6,225	6,610	SIM	NÃO
Piso 8	6,807	6,289	6,531	SIM	NÃO
Piso Cobertura	7,077	6,423	6,297	SIM	SIM

Analisando a Tabela 4.4 e Tabela 4.3 o edifício classifica-se como torsionalmente flexível, de acordo com a cl5.2.2.1(6) do EC8, visto que a rigidez de torção mínima é inferior ao raio de giração da massa do piso em planta.

**Tabela 4.4** - Verificação da excentricidade estrutural.

Piso	$e_{0x}$ [m]	$e_{0y}$ [m]	$0,3*r_x$	$0,3*r_y$	$e_{0x} \leq 0,3*r_x$	$e_{0y} \leq 0,3*r_y$
Piso Tecnico	1,34	3,28	2,12	1,93	Verifica	Não Verifica
Piso 8	0,75	2,72	2,04	1,89	Verifica	Não Verifica
Piso 7	0,75	2,72	1,99	1,87	Verifica	Não Verifica
Piso 6	0,75	2,72	1,92	1,84	Verifica	Não Verifica
Piso 5	0,75	2,72	1,86	1,81	Verifica	Não Verifica
Piso 4	0,75	2,72	1,75	1,75	Verifica	Não Verifica
Piso 3	0,75	2,72	1,65	1,71	Verifica	Não Verifica
Piso 2	0,55	2,57	1,54	1,68	Verifica	Não Verifica
Piso 1	1,04	3,31	1,38	1,59	Verifica	Não Verifica

A estrutura classifica-se como irregular em planta, visto que a estrutura apresenta pisos onde o raio de torção é inferior ao raio de giração da massa do piso em planta.

### 4.3.2 Critérios de Regularidade em Altura

O edifício é regular em altura visto que não apresenta recuos.

### 4.3.3 Classificação do Sistema Estrutural

Para classificar o sistema estrutural do edifício em estudo, aplicou-se nos pisos em cada uma das direções ortogonais (X e Y) uma força horizontal de intensidade de 1000 KN de modo a analisar a força de corte basal em ambas as direções. Acima da cave rígida, registaram-se os valores das reações horizontais nas paredes existentes na estrutura, e constatou-se que as paredes garantem uma resistência da ordem dos 94,54 % em X e de 89,77% em Y, pelo que se pode concluir que a estrutura em estudo se trata de um sistema do tipo paredes.

Neste caso e uma vez que as paredes não cumprem os requisitos presentes na cl.5.2.2.1 (3) P do EC8, o sistema estrutural não pode ser qualificado como um sistema de paredes de grande dimensão de betão fracamente armado, e em conformidade com a alínea (7) da mesma cláusula todas as paredes devem ser projetadas e pormenorizadas como paredes dúcteis.

**Tabela 4.5** - Valores em % do corte basal nas paredes.

Paredes	Rx	Ry
Pb1	8397,021	150,383
Pb2	56,004	3967,853
Pb3	56,004	3961,178
Total	8509,029	8079,414
%	94,54	89,77

### 4.3.4 Coeficiente de Comportamento

No EC8 o coeficiente de comportamento (designado por q-fator) a utilizar na estrutura de betão armado é definido pela expressão geral:

$$q = q_0 \times K_w \geq 1,5 \quad [4.10]$$

Em que  $q_0$  é o valor base do coeficiente de comportamento, fator q para edifícios regulares em altura é determinado a partir do Quadro 5.1 do EC8, tendo em consideração a classe de ductilidade pré-definida. Neste projeto como já tinha sido referido optou-se pela Classe de Ductilidade Média (DCM), por forma a conferir a capacidade de dissipação de energia através de modos de rotura dúcteis.

Uma vez que o sistema estrutural se trata de um sistema torsionalmente flexível, o valor base do coeficiente de comportamento assume o valor de 2 ( $q_0=2$ ).

O coeficiente ( $k_w$ ), que reflete o modo de rotura predominante nos sistemas estruturais de paredes, relativamente aos elevados valores de esforços transversos na ductilidade e na capacidade de dissipação de energia é determinado de acordo com as seguintes condições:

- Para estruturas em pórticos ou mistas equivalentes a pórticos;  
 $k_w=1$ ;
- Para estruturas do tipo paredes, mistos equivalentes a paredes e estruturas torsionalmente flexíveis.

$$0,5 < k_w = \frac{(1+\alpha_0)}{3} \leq 1 \quad [4.11]$$

Por se tratar, de uma estrutura torsionalmente flexível, para a determinação do  $k_w$ , utilizou-se a expressão [4.11], em que o parâmetro  $\alpha_0$ , foi determinado através da seguinte expressão:

$$\alpha_0 = \frac{\sum h_{wi}}{\sum l_{wi}} \quad [4.12]$$

Onde:

- $\alpha_0$  É esbelteza predominante das paredes do sistema estrutural;
- $h_{wi}$  Altura da parede  $i$ ;
- $l_{wi}$  Comprimento da seção da parede  $i$ .

As paredes estruturais que integram o sistema estrutural têm as seguintes características apresentadas na seguinte Tabela 4.6 e aplicando a expressão [4.12], tem-se que o valor da esbelteza predominante nas paredes  $\alpha_0$  é de 10,67 consequentemente o valor do coeficiente que reflete o modo de rotura  $k_w$  é igual a 1, uma vez que o valor de  $k_w$  tem de estar dentro do intervalo regulamentar na condição [4.11]

**Tabela 4.6** - Características das paredes estruturais.

Paredes	$h_{wi}$	$l_{wi}$	$\alpha_0$
Pb1	26,49	3,65	10,67
Pb2	26,49	1,9	
Pb3	26,49	1,9	
Total	79,47	7,45	

Por fim procedeu-se ao cálculo do valor do coeficiente de comportamento ( $q$ ), e uma vez que  $K_w$  é unitário, implica que  $q = q_0 = 2$ , isto é o valor do coeficiente de comportamento coincide com o seu valor básico.

#### 4.3.5 Efeitos Acidentais de Torção

De acordo com a cl.4.3.2 do EC8, que diz respeito aos efeitos acidentais de torção, para ter em conta a incerteza na localização das massas e na variação espacial do movimento sísmico, o centro de massa calculado em cada piso deve sofrer uma deslocação de 5%, em cada direção, em relação à sua posição nominal, calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$e_{ai} = \pm 0.05 \times L_i \quad [4.13]$$

Onde:

- $e_{ai}$  Excentricidade acidental da massa do piso  $i$  em relação a sua localização nominal;
- $L_i$  Dimensão do piso na direção perpendicular à direção da ação sísmica.

**Tabela 4.7** - Valores das excentricidades acidentais.

Pisos	Lix (m)	Liy (m)	eaix (m)	eaiy (m)
Piso 1	16,9	15,4	0,845	0,77
Piso 2	16,9	15,4	0,845	0,77
Piso 3	16,9	15,4	0,845	0,77
Piso 4	16,9	15,4	0,845	0,77
Piso 5	16,9	15,4	0,845	0,77
Piso 6	16,9	15,4	0,845	0,77
Piso 7	16,9	15,4	0,845	0,77
Piso 8	16,9	15,4	0,845	0,77
Piso Cobertura	16,9	15,4	0,845	0,77

De acordo com a cl.4.3.3.3 do EC8, sempre que se utiliza um modelo de análise espacial, como é o caso do referido projeto, os efeitos acidentais da torção referidos anteriormente podem ser determinados como a envolvente dos efeitos resultantes da aplicação de momentos torsores  $M_{ai}$ , calculados de acordo com as seguintes expressões:

$$M_{ai} = e_{ai} \times F_i \quad [4.14]$$

Onde:

$M_{ai}$  Momento torsor de eixo vertical aplicado no piso  $i$ ;

$e_{ai}$  Excentricidade acidental da massa do piso  $i$ ;

$F_i$  Força horizontal atuando no piso  $i$ .

As forças de corte basal a aplicar nas duas direções perpendiculares (X e Y), por sua vez, foram determinadas a partir da expressão [4.15].

$$F_b = S_d(T_1) \times m \times \lambda \quad [4.15]$$

Em que:

$S_d(T_1)$  Ordenada do espectro de cálculo para o período  $T_1$ ;

$T_1$  Período de vibração fundamental, na direção considerada;

$m$  Massa total do edifício, acima da fundação;

$\lambda$  Fator de correção cujo valor sé igual a 0,85 se  $T_1 \leq 2T_c$ , e 1 caso contrário.

As forças horizontais atuando em cada piso são determinadas a partir da expressão:

$$F_i = F_b \times \frac{Z_i \times m_i}{\sum Z_j \times m_j} \quad [4.16]$$

Onde:

$Z_i$  e  $Z_j$  Alturas das massas  $m_i$  e  $m_j$  m acima do nível da fundação;

$F_b$  Força de corte na base.

**Tabela 4.8** - Forças de corte na base (Sismo2).

Direção	Modos de Vibração	Períodos(s)	$S_d(T)$	m(ton)	$T_c$	$\lambda$	$F_b$ (kN)
x	1	1,81	0,93	3083,750	0,6	1	2437,704
y	2	1,71	0,98		0,6	1	2568,763
x	1	1,81	0,42		0,25	1	1100,899
y	2	1,71	0,45		0,25	1	1179,534

Conhecidas as forças de corte basal, foi, possível aplicar a expressão [4.16] para o cálculo das forças horizontais atuantes em cada piso, segundo cada direção. Os resultados encontram-se na seguinte tabela:

**Tabela 4.9** -Forças sísmicas horizontais em cada piso, segundo x e y (Sismos 1 e 2).

Pisos	Sismo 1		Sismo 2	
	F <sub>ix</sub> (kN)	F <sub>iy</sub> (kN)	F <sub>ix</sub> (kN)	F <sub>iy</sub> (kN)
Piso1	65,115	68,616	29,407	31,507
Piso2	121,816	128,365	55,014	58,943
Piso3	171,463	180,682	77,435	82,966
Piso4	224,023	236,067	101,172	108,398
Piso5	276,583	291,453	124,909	133,831
Piso6	329,143	346,839	148,645	159,263
Piso7	381,703	402,225	172,382	184,695
Piso8	434,263	457,611	196,119	210,127
Piso da Cobertura	433,594	456,905	195,816	209,803

Por fim, aplicou-se a expressão [4.14], e obtiveram-se os valores dos momentos torsores apresentados na Tabela 4.10.

**Tabela 4.10** - Valores dos momentos torsores.

Pisos	Sismo 1		Sismo 2	
	M <sub>aix</sub> (kN.m)	M <sub>aiy</sub> (kN.m)	M <sub>aix</sub> (kN.m)	M <sub>aiy</sub> (kN.m)
Piso1	50,139	57,981	22,643	26,624
Piso2	93,798	108,469	42,361	49,807
Piso3	132,027	152,676	59,625	70,106
Piso4	172,498	199,477	77,902	91,597
Piso5	212,969	246,278	96,180	113,087
Piso6	253,440	293,079	114,457	134,577
Piso7	293,911	339,880	132,734	156,067
Piso8	334,383	386,681	151,012	177,558
Piso da Cobertura	333,867	386,085	150,779	177,284

De um modo conservativo, é aplicada a expressão [4.17] , em cada piso e para cada direção. Os valores dos momentos torsores para cada sismo e o seu valor considerado calculado pela expressão abaixo (M<sub>ai</sub>) apresentam-se na Tabela 4.11.

$$M_{ai} = \sqrt{M_{aix}^2 + M_{aiy}^2} \quad [4.17]$$



**Tabela 4.11** - Valores dos momentos torsores aplicados em cada piso.

Pisos	Sismo 1	Sismo 2
	$M_{ai}$ (kN.m)	$M_{ai}$ (kN.m)
Piso1	76,653	34,951
Piso2	143,400	65,385
Piso3	201,844	92,033
Piso4	263,717	120,244
Piso5	325,590	148,456
Piso6	387,463	176,667
Piso7	449,336	204,879
Piso8	511,208	233,091
Piso da Cobertura	510,420	232,731

#### 4.4 Combinação das respostas modais

Neste presente trabalho, o método adotado no modelo de cálculo para a combinação modal foi a Combinação Quadrática Completa (CQC), pois garante melhores resultados para modos com frequências próprias próximas, uma vez, que considera o efeito da correlação entre as respostas dos vários modos. A aplicação deste método é efetuada de acordo com a seguinte expressão:

$$E_E = \sqrt{\sum \sum \rho_{ij} E_{Ei} E_{Ej}} \quad [4.18]$$

Em que:

- $E_{Ei}$  Valor máximo da resposta para o modo de vibração  $i$ ;
- $E_{Ej}$  Valor máximo da resposta para o modo de vibração  $j$ ;
- $\rho$  Coeficiente de correlação modal que depende de  $\xi$  e  $\lambda$ ;
- $\xi$  Coeficiente de amortecimento e  $\lambda = \frac{T_i}{T_j}$ .

## 4.5 Combinação Direcional

Segundo a cl.3.2.2.1(3) a ação sísmica horizontal é descrita por duas componentes ortogonais consideradas independentes e representadas pelo mesmo espectro de resposta.

De acordo com a Cl.4.3.3.5.1 do EC8, as componentes horizontais da ação sísmica atuam em simultâneo e a combinação dessas componentes pode ser considerada de várias formas. Para este projeto considerou-se a combinação quadrática SRSS (*Square Root of Sum of Squares*), ou seja, o valor máximo de cada efeito da ação na estrutura devido às duas componentes horizontais da ação sísmica é calculado pela raiz quadrada dos quadrados dos esforços devidos a cada componente horizontal.

A expressão [4.19] representa a combinação quadrática SRSS.

$$E = \sqrt{E_{Edx}^2 + E_{Edy}^2} \quad [4.19]$$

## 4.6 Cálculo dos Deslocamentos

Segundo o EC8 cl. 4.3.4, se for realizada uma análise linear, os deslocamentos devido à ação sísmica de cálculo devem ser avaliados com base nas deformações elásticas do sistema estrutural através da seguinte expressão simplificada:

$$d_s = q_q \times d_e \quad [4.20]$$

Dito isto, procedeu-se à análise linear da estrutura submetida à ação sísmica baseada nos espetros de cálculo dos dois tipos de sismos, e no centro de rigidez de cada piso, obtiveram-se os seguintes valores para o deslocamento d, apresentados na Tabela 4.12 e Tabela 4.13.

**Tabela 4.12** - Valores dos deslocamentos devido a ação sísmica 1.

Sismo 1		d <sub>e</sub> (m)	d <sub>s</sub> (m)
Pisos	Direção		
Piso 1_CR	x	0,007	0,014
	y	0,009	0,017
Piso 2_CR	x	0,012	0,025
	y	0,015	0,029
Piso 3_CR	x	0,018	0,037
	y	0,021	0,042
Piso 4_CR	x	0,024	0,048
	y	0,027	0,054
Piso 5_CR	x	0,030	0,059

	y	0,032	0,065
Piso 6_CR	x	0,035	0,069
	y	0,037	0,074
Piso 7_CR	x	0,039	0,078
	y	0,041	0,082
Piso 8_CR	x	0,043	0,086
	y	0,044	0,089
Piso C_CR	x	0,046	0,093
	y	0,047	0,094

**Tabela 4.13** - Valores dos deslocamentos devido a ação sísmica 2.

Sismo 2		d <sub>e</sub> (m)	d <sub>s</sub> (m)
Pisos	Direção		
Piso 1_CR	x	0,003	0,006
	y	0,004	0,008
Piso 2_CR	x	0,006	0,012
	y	0,007	0,014
Piso 3_CR	x	0,008	0,017
	y	0,010	0,019
Piso 4_CR	x	0,011	0,022
	y	0,012	0,025
Piso 5_CR	x	0,014	0,027
	y	0,015	0,030
Piso 6_CR	x	0,016	0,032
	y	0,017	0,034
Piso 7_CR	x	0,018	0,036
	y	0,019	0,038
Piso 8_CR	x	0,020	0,040
	y	0,020	0,041
Piso C_CR	x	0,021	0,043
	y	0,022	0,043

## 4.7 Efeitos de 2ª Ordem

O EC8 obriga à consideração dos efeitos globais de 2ª ordem segundo a avaliação e metodologias para contabilização destes efeitos. A consideração destes efeitos depende do valor coeficiente de sensibilidade que é dado segundo a Cl.4.4.2.2.

$$\theta = \frac{P_{tot} \times d_r}{V_{tot} \times h} \quad [4.21]$$

Em seguida serão apresentadas as tabelas resumo da aplicação da expressão [4.21]

Em que:

- $\theta$  Coeficiente de sensibilidade;
- $P_{tot}$  Carga gravítica total devido a todos os pisos acima do piso considerado, incluindo este, na situação de projeto sísmica;  
Valor de cálculo do deslocamento relativo entre pisos, avaliado
- $d_r$  como a diferença entre os deslocamentos laterais médios ds no topo e na base do piso;
- $V_{tot}$  Força de corte sísmica total, no piso considerado;
- $h$  Altura do piso.

**Tabela 4.14** - Valores do coeficiente de sensibilidade para o sismo 1 e 2 segundo eixo X.

Sismo 1_X						
Pisos	$P_{tot}$ (kN)	$V_{tot}$ (kN)	$d_r$ [m]	h(m)	$\theta$	$\theta \leq 0.1$
Piso 1	33651,92	2437,70	0,01370	3,61	0,052389	VERDADEIRO
Piso 2	30314,52	2372,59	0,01120	2,86	0,050036	VERDADEIRO
Piso 3	26830,89	2250,77	0,01170	2,86	0,048767	VERDADEIRO
Piso 4	23430,55	2079,31	0,01170	2,86	0,046098	VERDADEIRO
Piso 5	20030,22	1855,29	0,01100	2,86	0,041524	VERDADEIRO
Piso 6	16629,88	1578,70	0,01010	2,86	0,037200	VERDADEIRO
Piso 7	13229,55	1249,56	0,00890	2,86	0,032947	VERDADEIRO
Piso 8	9829,21	867,86	0,00770	2,86	0,030493	VERDADEIRO
Piso C	6428,87	433,59	0,00660	2,86	0,034216	VERDADEIRO
Sismo 2_X						
Pisos	$P_{tot}$ (kN)	$V_{tot}$ (kN)	$d_r$ [m]	h(m)	$\theta$	$\theta \leq 0.1$
Piso 1	33651,92	1100,90	0,00640	3,61	0,054192	VERDADEIRO
Piso 2	30314,52	1071,49	0,00510	2,86	0,050451	VERDADEIRO
Piso 3	26830,89	1016,48	0,00540	2,86	0,049838	VERDADEIRO
Piso 4	23430,55	939,04	0,00530	2,86	0,046239	VERDADEIRO
Piso 5	20030,22	837,87	0,00510	2,86	0,042630	VERDADEIRO
Piso 6	16629,88	712,96	0,00460	2,86	0,037516	VERDADEIRO
Piso 7	13229,55	564,32	0,00410	2,86	0,033608	VERDADEIRO
Piso 8	9829,21	391,94	0,00410	2,86	0,035952	VERDADEIRO
Piso C	6428,87	195,82	0,00310	2,86	0,035586	VERDADEIRO

**Tabela 4.15** - Valores do coeficiente de sensibilidade para o sismo 1 e 2 segundo eixo Y.

Sismo 1_y						
Pisos	P <sub>tot</sub> (kN)	V <sub>tot</sub> (kN)	d <sub>r</sub> [m]	h(m)	θ	θ≤0.1
Piso 1	33651,92	2568,76	0,01700	3,61	0,061692	VERDADEIRO
Piso 2	30314,52	2500,15	0,01240	2,86	0,052570	VERDADEIRO
Piso 3	26830,89	2371,78	0,01250	2,86	0,049443	VERDADEIRO
Piso 4	23430,55	2191,10	0,01190	2,86	0,044494	VERDADEIRO
Piso 5	20030,22	1955,03	0,01090	2,86	0,039047	VERDADEIRO
Piso 6	16629,88	1663,58	0,00960	2,86	0,033554	VERDADEIRO
Piso 7	13229,55	1316,74	0,00800	2,86	0,028104	VERDADEIRO
Piso 8	9829,21	914,52	0,00640	2,86	0,024051	VERDADEIRO
Piso C	6428,87	456,91	0,00510	2,86	0,025091	VERDADEIRO
Sismo 2_y						
Pisos	P <sub>tot</sub> (kN)	V <sub>tot</sub> (kN)	d <sub>r</sub> [m]	h(m)	θ	θ≤0.1
Piso 1	33651,92	2321,66	0,00429	3,61	0,017225	VERDADEIRO
Piso 2	30314,52	2253,05	0,00314	2,86	0,014749	VERDADEIRO
Piso 3	26830,89	2124,68	0,00319	2,86	0,014085	VERDADEIRO
Piso 4	23430,55	1944,00	0,00297	2,86	0,012516	VERDADEIRO
Piso 5	20030,22	1707,93	0,00275	2,86	0,011277	VERDADEIRO
Piso 6	16629,88	1416,48	0,00242	2,86	0,009934	VERDADEIRO
Piso 7	13229,55	1069,64	0,00204	2,86	0,008800	VERDADEIRO
Piso 8	9829,21	667,41	0,00165	2,86	0,008497	VERDADEIRO
Piso C	6428,87	209,80	0,00127	2,86	0,013553	VERDADEIRO

Pelos valores obtidos, uma vez que o coeficiente de sensibilidade é inferior a 0.1, conclui-se que os efeitos globais de 2ª ordem, podem ser desprezados no dimensionamento da estrutura nas duas direções.



---

## Modelação e Análise Estrutural

Depois do pré-dimensionamento dos elementos estruturais, e da classificação do sistema estrutural, inicia-se a modelação da estrutura a fim de proceder à análise estrutural. A modelação da estrutura foi realizada no programa de cálculo estrutural, pelo método dos elementos finitos, denominado de *SAP 2000 v.20.2*, e que para além de fornecer dados necessários para a análise estrutural, permite efetuar uma análise dos efeitos da ação dos sismos baseada em análise modal por espetro de resposta.

### 5.1 Modelação

Durante o processo de modelação foi necessário efetuar algumas simplificações, e aproximações, por forma a traduzir melhor o comportamento real da estrutura.

#### 5.1.1 Materiais

Para conceber o modelo estrutural no programa de cálculo foi necessário definir os materiais, nomeadamente o betão C30/37 e o aço A500 NR SD, de acordo com as suas características

#### 5.1.2 Elementos de barras “Tipo Frame “

Os elementos tipo “*frame*” ou barra, foram utilizados para simular o comportamento de vigas, pilares e paredes de betão armado. Devido ao efeito da fendilhação a rigidez dos elementos resistentes deveria ser avaliada e de acordo com cl.4.3.1 (6) e (7), para contabilizar o efeito da fendilhação, nos elementos de barra fez-se

uma redução em 50% da rigidez elástica à flexão e ao esforço transversal, nas duas direções, e nas vigas por sua vez foi-lhes retirada a resistência à torção.

### **5.1.3 Elementos de Superfície “Tipo Shell”**

As lajes e os muros de contenção, foram modelados através de elementos de casca, designados por elementos “*Shell*”, e de modo a considerar os efeitos da deformação por corte transversal, utilizou-se a opção “*Thick*” em vez de “*Thin*”, pois essa opção tende a apresentar resultados mais precisos uma vez que contabiliza os efeitos provocados pela deformabilidade devida ao esforço transversal. Na componente de torção M12 assume-se um valor aproximadamente nulo de modo que os momentos principais de flexão nas lajes coincidam com os momentos segundo x e y. De acordo com a CI 4.3.4.4 pode considerar-se que os diafragmas dos pisos do edifício são rígidos no seu próprio plano, as massas e os momentos de inércia de cada piso poderão ser concentrados no centro de gravidade centro de rigidez respectivamente.

### **5.1.4 Definição das condições de apoio**

Depois da introdução e modelação dos elementos de barra e de superfície, na base dos pilares e das paredes dúcteis foram considerados apoios fixos rotulados, para permitir que os momentos transmitidos às fundações, sejam absorvidos pelas vigas de fundação, obtendo-se na base dos pilares e paredes os esforços axiais corretos para o cálculo dos elementos de fundação (Sapatas).

### **5.1.5 Cargas e combinação de Ações**

As restantes cargas permanentes foram introduzidas no modelo como cargas uniformemente distribuídas, a consideração do peso próprio é atribuída de forma automática no programa de cálculo. Relativamente às sobrecargas também foram introduzidas como cargas uniformemente distribuídas, sendo os valores das sobrecargas definidos de acordo com a categoria de utilização. Foram ainda introduzidos os espetros de resposta para os dois tipos de sismo.

Por fim definiram-se as combinações de ações e procederam-se a análise estrutural.



### 5.1.6 Dimensionamento e pormenorização

Relativamente ao dimensionamento e pormenorização das armaduras necessárias para a verificação dos Estados Limites impostos pelos Eurocódigos Estruturais, uma vez que o SAP2000 realiza os cálculos com base no “*Capacity Design*”, através da opção “*Start concrete Design/Check of structure*”, foram retiradas as armaduras necessárias e pormenorizadas de acordo com os requisitos impostos pelos Eurocódigos Estruturais.

### 5.1.7 Análise Modal por Espectro de Resposta

De acordo com a Cl 4.3.3.1 do EC8, o método de referência para a determinação dos efeitos sísmicos deve ser o da análise modal por espectro de resposta, utilizando um modelo elástico linear da estrutura e o espectro de cálculo para análise elástica.

Segundo a cl.4.3.3.3.1 (2) e (3) do EC8, para este método de análise devem ser consideradas as respostas de todos os modos de vibração que contribuam significativamente para a resposta global da estrutura. Para tal, devem ser considerados todos os modos até que a soma das suas massas modais mobilize pelo menos 90% da massa total da estrutura, ou os modos que mobilizam mais de 5% da massa total.

Na tabela que se segue são apresentados, os modos e os respetivos fatores de participação modal obtidos do programa de cálculo.

**Tabela 5.1** - Modos de vibração e fatores de participação modal.

Modo	Período	UX	UY	RZ	$\Sigma$ xUX[%]	$\Sigma$ xUY[%]	$\Sigma$ xRZ[%]
1	1,818	0,52	0,0034	0,00276	0,52	0,00342	0,00276
2	1,711	0,00688	0,55	0,012	0,527	0,553	0,014
3	1,356	0,028	0,016	0,445	0,555	0,569	0,459
4	0,555	0,051	0,012	0,002247	0,607	0,581	0,461
---	---	---	---	---	---	---	---
48	0,114	3,032E-08	1,78E-08	0,00000214	0,701	0,683	0,532
49	0,113	0,00000952	1,587E-06	0,00002516	0,701	0,683	0,532
50	0,113	4,974E-08	5,735E-07	0,00000511	0,701	0,683	0,532
---	---	---	---	---	---	---	---
197	0,0521	0,000005005	0,000212	0,00003694	0,925	0,934	0,578
198	0,0518	0,000007441	0,0002352	0,000006319	0,926	0,935	0,578
199	0,0517	0,000002668	8,889E-07	0,000004704	0,926	0,935	0,578
200	0,0514	2,915E-07	0,00002775	0,000001982	0,926	0,935	0,578

Da Tabela 5.1 e de acordo com os requisitos da Cl.4.3.3.3.1 (2) P do EC8 (NP EN 1998-1, 2010) , foram utilizados 200 modos de vibração para a análise dinâmica da estrutura e verificou-se que esses modos foram suficientes para mobilizar pelo menos 90% da (Standard, 2005) massa estrutural.

---

## Dimensionamento

Neste projeto, como já tinha sido referido, o dimensionamento dos diversos elementos estruturais foi realizado com recurso ao programa de cálculo automático “SAP 2000”. No entanto, neste capítulo, apresentam-se as regras de dimensionamento impostas pelos Eurocódigos 2 e 8, acompanhadas com cálculos exemplificativos para cada tipo de elemento estrutural.

De modo a verificar a segurança estrutural, os estados limites de acordo com o EC0, podem ser divididos em:

- Estados limites últimos (ELU), são estados associados a danos graves, colapso ou a qualquer forma de rotura estrutural, que colocam em risco a segurança da estrutura, mas sobretudo, a segurança das pessoas;
- Estados limites de serviço (ELS), são estados associados a danos pouco severos, que não implicam a desativação da estrutura, trata-se de danos ao nível do aspeto da estrutura do conforto das pessoas ou do seu funcionamento.

### 6.1 Regras Gerais para o Dimensionamento

- Recobrimento de armaduras;
- Distância mínimas entre varões;
- Diâmetros mínimos de dobragem;
- Comprimentos de amarração;

- Amarração de armaduras transversais;
- Comprimento de emenda de armaduras.

### 6.1.1 Recobrimento de Armaduras

os requisitos indicados no EC2 para o recobrimento das armaduras devem ser complementados com os requisitos da norma EN206 (e especificações LNEC 464, 465) relativas às características do betão.

**Tabela 6.1** - Classes de exposição.

Elemento Estrutural	Designação da Classe de Exposição	Descrição do Ambiente
Lajes, Pilares e Vigas	XC1	Seco ou permanente húmido
Sapatas, Vigas de Fundação e muro de Contenção	XC2	Húmido, raramente seco

De acordo com o EC2, uma vez que os elementos estruturais ficarão sujeitos a condições ambientais diferentes, deve-se estabelecer um recobrimento mínimo ( $C_{min}$ ), a adotar, de modo a garantir a transmissão eficaz das forças de aderência, proteção do aço contra a corrosão e uma adequada resistência ao fogo. Esse valor de recobrimento mínimo é determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$C_{min} = \max \{ C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10mm \} \quad [6.1]$$

Na ausência de outras especificações e de acordo com o EC2, os valores de  $\Delta C_{dur,\gamma}$ ,  $\Delta C_{dur,st}$  e  $\Delta C_{dur,add}$  podem ser considerados nulos, podendo a expressão [6.1] ser escrita de forma simplificada (cl.4.4.1.2):

$$C_{max} = \min \{ C_{min,b}; C_{min,dur}; 10mm \} \quad [6.2]$$

O recobrimento mínimo para os requisitos de aderência  $C_{min,b}$ , assume o valor do diâmetro quando os varões estão isolados e corresponde ao diâmetro equivalente quando os varões estão agrupados (Quadro 4.2 do EC2 (cl.4.4.1.2)).

O valor do recobrimento mínimo relativo às condições ambientais  $C_{min,dur}$  foi determinado de acordo com o quadro 4.4N do EC2, em função da classe estrutural, S4 (para edifícios com tempo de vida útil de projeto de 50 anos), e das classes de exposição dos diversos elementos estruturais.

O recobrimento nominal,  $C_{non}$ , é determinado de acordo com a expressão [6.3].

$$C_{non} = C_{min} + \Delta C_{dev} \quad [6.3]$$

**Tabela 6.2** - Valores do recobrimento nominal.

Elementos Estruturais	C <sub>min,b</sub> [mm]	Classe de Exposição	C <sub>min,dur</sub> [mm]	C <sub>nom</sub> [mm]	C <sub>nom</sub> [mm]	C <sub>nom</sub> Adotado[mm]
Lajes, vigas e pilares	Φ 12	XC1	15	15	25	30
	Φ 16			16	26	
	Φ 20			20	30	
sapatas, vigas de fundação e muro de contenção	Φ 12	XC2	25	25	35	40
	Φ 16					
	Φ 20					

### 6.1.2 Distância mínima entre varões

De acordo com a cl.8.2 do EC2, deve-se manter uma distância mínima entre varões que permita uma betonagem adequada e uma compactação do betão satisfatória, de modo a assegurar adequadas condições de aderência. Dito isto a distância livre (horizontal e vertical) entre varões paralelos, é calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$d_{min} = \max \{ K_1 \times \varnothing; d_g + K_2; 20mm \} \quad [6.4]$$

Onde:

Φ Diâmetro do varão, em mm;

d<sub>g</sub> Dimensão máxima do agregado, admite-se 20 mm;

K<sub>1</sub> É igual a 1;

K<sub>2</sub> É igual a 5.

Aplicando a expressão anterior, e tendo em consideração que o diâmetro máximo dos varões a utilizar é de 20, obteve-se o seguinte valor para a distância mínima entre varões:

$$d_{min} = \max \{ 1 \times 20; 20 + 5; 20 \} = 25mm$$

### 6.1.3 Diâmetro mínimo de dobragem de varões

O diâmetro mínimo de dobragem ( $\varnothing_{m,min}$ ), deverá ser limitado, de modo a evitar o aparecimento de fendas no varão assim como a rotura do betão no interior da curva do

varão. Dito isto, e de acordo com o Quadro 8.1N do EC2 (cl.8.3), o diâmetro mínimo é determinado de acordo com as seguintes expressões:

$$\Phi_{m, \min} \begin{cases} 4\Phi & \text{se } \Phi \leq 16\text{mm} \\ 7\Phi & \text{se } \Phi > 16\text{mm} \end{cases} \quad [6.5]$$

Onde:

$\Phi$  Diâmetro do varão, em mm;

$\Phi_{m, \min}$  Diâmetro mínimo de dobragem.

Os valores do diâmetro mínimo de dobragem de varões são apresentados na tabela que se segue.

**Tabela 6.3** - Diâmetros mínimos de dobragem de varões.

$\Phi$ [mm]	$\Phi_{m, \min}$ [mm]
8	32
10	40
12	48
16	64
20	140

#### 6.1.4 Comprimentos de amarração dos varões

Segundo a cl 8.4.1, os varões de aço devem ser amarrados de modo a assegurarem uma boa transferência para o betão das forças de aderência, evitando a fendilhação ou destacamento do betão.

Para garantir uma correta aderência o EC2 preconiza alguns requisitos que deverão ser cumpridos. Assim segundo a cl 8.4.3 (2), o comprimento de amarração de referência ( $l_{b, rqd}$ ) é determinado de acordo com as seguintes expressões:

$$l_{b, rqd} = \frac{\Phi}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \quad [6.6]$$

$$f_{bd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} \quad [6.7]$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \times f_{ctk, 0.05}}{\gamma_c} \quad [6.8]$$

Onde:

$l_{b, rqd}$  Comprimento de amarração de referência;

- $\Phi$  Diâmetro do varão;
- $\sigma_{sd}$  Valor de cálculo da tensão na secção do varão a partir do qual é medido o comprimento de amarração;
- $\alpha_{ct}$  Coeficiente que tem em conta os efeitos de longo prazo na resistência a longo prazo na resistência à tração. Valor recomendado  $\alpha_{ct}= 1$ ;
- $\gamma_c$  Coeficiente parcial de segurança relativo ao betão, pela cl.2.4.2.4 do EC2  $\gamma_c =1$ ;
- $f_{ctk,0.05}$  5% do valor da tensão de rotura do betão á compressão de acordo com o Quadro 3.1 do EC2, para o betão C30/37,  $f_{ctk,0.05} = 2$ ;
- $f_{cd}$  Tensão de cedência.

O valor de cálculo da tensão na secção do varão ( $\sigma_{sd}$ ), para o cálculo do comprimento de amarração de referência ( $l_{b,rqd}$ ), considera-se igual ao valor da tensão de cedência do aço ( $f_{yd}$ ) utilizada, logo  $\sigma_{sd}=435$  MPa por ser um aço A 500 NR.

Os valores das expressões [6.7] e [6.8] apresentam-se na tabela abaixo.

**Tabela 6.4** - Valor de cálculo da tensão de rotura à tração e tensão de aderência.

fctd [Mpa]	fbd [Mpa]
1,33	2,10

**Tabela 6.5** - Comprimentos de amarração de referência.

$\Phi$ [mm]	8	10	12	16	20
$l_{b,rqd}$ [m]	0,42	0,52	0,62	0,83	1,04

De acordo com a cl.8.4.4 do EC2, o comprimento de amarração é calculado através da seguinte expressão:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \quad [6.9]$$

Onde:

- $l_{bd}$  Comprimento de amarração;
- $\alpha_1$  Coeficiente relacionado com a forma dos varões, admitindo um recobrimento adequado ( $\alpha_1 = 1$ );

- $\alpha_2$  Coeficiente relacionado com o efeito do recobrimento mínimo ( $\alpha_2 = 1$ );
- $\alpha_3$  Coeficiente relacionado com o efeito de cintagem das armaduras transversais ( $\alpha_3 = 1$ );
- $\alpha_4$  Coeficiente relacionado com a influência de varões transversais soldados ao longo do comprimento de amarração ( $\alpha_4 = 1$ );
- $\alpha_5$  Coeficiente relacionado com a pressão ortogonal ao plano de fendimento ao longo do comprimento de amarração ( $\alpha_5 = 1$ );

$l_{b,min}$  Comprimento de amarração mínimo.

O comprimento de amarração mínimo ( $l_{b,min}$ ), se não existir nenhuma outra recomendação é calculado de acordo com as seguintes expressões.

- Para varões tracionados:

$$l_{b,min} \geq \max \{0,3l_{b,rqd}; 10\Phi; 100mm\} \quad [6.10]$$

- Para varões comprimidos:

$$l_{b,min} \geq \max \{0,6l_{b,rqd}; 10\Phi; 100mm\} \quad [6.11]$$

Aplicando as expressões [6.10] e [6.11], obtiveram-se os valores, apresentados na tabela 6.5, para o comprimento de amarração mínimo ( $l_{b,min}$ ), tendo em conta as condições de amarração.

**Tabela 6.6** - Comprimentos mínimos de amarração.

$\Phi$ [mm]	10 $\Phi$ [mm]	0,3 $l_{b,rqd}$ [mm]	0,6 $l_{b,rqd}$ [mm]	100 [mm]	0,6 $l_{b,rmin}$ [mm]	
					Varões Tracionados	Varões Comprimidos
8	80	126	452	100	126	452
10	100	156	312	100	156	312
12	120	186	372	100	186	372
16	160	249	498	100	249	498
20	200	312	624	100	312	624

Adotamos então o valor dos comprimentos de amarração a utilizar em função do diâmetro dos varões. Estes valores apresentam-se na seguinte tabela.

**Tabela 6.7** - Comprimentos de amarração adotado.

$\Phi$ [mm]	8	10	12	16	20
$l_{b,adotado}$ [m]	0,5	0,55	0,65	0,85	1,05



### 6.1.5 Amarração de armadura transversal

De acordo com a Cl.5.6.1 do EC8 para as cintas utilizadas como armaduras transversais em vigas, paredes e pilares, devem utilizar-se estribos fechados com ganchos dobrados a 135° e comprimentos de amarração de 10dbw.

Em pilares, se o esforço normal para a situação de projeto sísmico for de tração, os comprimentos de amarração determinados pelo EC2 devem ser aumentados em 50%.

### 6.1.6 Sobreposição de armaduras

De acordo com a cl.8.7 do EC2, as sobreposições são realizadas de modo:

- a assegurar a transmissão dos esforços de um varão para o outro;
- a evitar que haja destacamento do betão na vizinhança das emendas;
- a evitar a ocorrência de fendas largas que prejudicam o desempenho estrutural.

O comprimento de sobreposição ( $l_0$ ), segundo o EC2 (cl.8.7.3), é determinado de acordo com a seguintes expressões:

$$l_0 = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times \alpha_6 \times l_{b,rqd} > l_{0,\min} \quad [6.12]$$

$$l_{0,\min} \geq \max \{ 0.3 \times \alpha_6 \times l_{b,rqd}; 15\Phi; 200mm \} \quad [6.13]$$

Como já tinha sido referido em 6.1.4 do presente trabalho, os valores dos coeficientes  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  e  $\alpha_5$ , assumem o valor unitário, e para o parâmetro  $\alpha_6$ , admitiu-se um valor de 1.5, de acordo com o Quadro 8.3 do EC2.

Utilizando a expressão [6.13], procedeu-se ao cálculo do comprimento de sobreposição mínimo, obtendo os seguintes valores apresentados na tabela:

**Tabela 6.8** - Comprimento de sobreposição mínimo ( $l_{0,\min}$ ).

$\Phi$ [mm]	$15\Phi$ [m]	$0,3\alpha_6 l_{b,rqd}$ [m]	0,200[m]	10min [m]	10 [m]
8	0,12	0,189	0,200	0,200	0,63
10	0,15	0,234	0,200	0,234	0,78
12	0,18	0,279	0,200	0,279	0,93
16	0,24	0,374	0,200	0,374	1,25
20	0,3	0,468	0,200	0,468	1,56

## 6.2 Dimensionamento da laje

De acordo com a cl.9.3.1.1 (3), que remete para a cl.9.2.1.1 do EC2, o valor das quantidades de armadura, mínima e máxima a adotar numa laje nas direções principais é limitada, e esses limites são obtidos de acordo com as seguintes expressões:

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \quad [6.14]$$

$$A_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d \quad [6.15]$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c \quad [6.16]$$

Onde:

$A_{s,min}$  Armadura mínima;

$A_{s,max}$  Armadura máxima;

$f_{ctm}$  Valor médio da tensão de rotura do betão à tração (Quadro 3.1 do EC2), para o betão considerado C30/37.

$f_{yk}$  Valor característico da tensão de cedência à tração do aço;

$b_t$  Largura média tracionada, em lajes assume-se o valor de 1.0 m (armaduras serem por unidade de comprimento);

$A_c$  Área da seção;

$d$  Altura útil da seção transversal.

Tendo em conta o valor da espessura das lajes determinado no Capítulo 3 (Pré-Dimensionamento), a tabela que se segue apresenta os valores obtidos na aplicação das equações [6.14], [6.15] e [6.16].

**Tabela 6.9** - Armaduras mínimas e máximas para as lajes.

h[m]	bt[m]	d[m]	fyk [Mpa]	fctm [Mpa]	Ac [m2]	As,min [cm2/m]	As,max [cm2/m]
0,26	1	0,23	500	2,9	0,23	3,47	92

O EC2, na cl.9.3.1.1 (3), também impõe o espaçamento máximo entre varões  $S_{max,slabs}$ , a utilizar nas lajes de modo a controlar a fendilhação, e tem-se que:

- Para armaduras principais;

$$S_{\max,slabs} = 3 \times h \leq 400mm \quad [6.17]$$

- Para armaduras de distribuição

$$S_{\max,slabs} = 3,5 \times h \leq 450mm \quad [6.18]$$

Onde:

$h$  Altura da laje.

Nas zonas onde há concentração de cargas ou zonas de momento máximo, essas disposições passam a ser:

- Para armaduras principais:

$$S_{\max,slabs} = 2 \times h \leq 250mm \quad [6.19]$$

- Para armaduras de distribuição:

$$S_{\max,slabs} = 3 \times h \leq 400mm \quad [6.20]$$

### 6.2.1 Verificação ao Estado Limite Último de Esforço Transverso nas Lajes

Segundo a cl.9.3.2 do EC2, uma laje com armaduras de esforço transverso deverá ter uma espessura mínima de pelo menos igual a 200 mm. Nas regiões onde a condição [6.21], for verificada não é necessário o cálculo da armadura de esforço transverso (cl.6.2.1 (3) e (4) do EC2).

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad [6.21]$$

Caso a expressão [6.21] não seja verificada, é necessário utilizar uma armadura mínima de esforço transverso de acordo com a cl.9.2.2 do EC2, mas de acordo com a mesma cláusula, essa armadura pode ser omitida, visto que as lajes consideradas são maciças (lajes onde é possível a redistribuição das ações).

Dito isto, e de acordo com a cl.6.2.2 (1) do EC2, para avaliar a resistência de elementos que não requerem a armadura de esforço transverso, o valor do cálculo do esforço transverso resistente é obtido através das seguintes expressões:

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \times K \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} + K_1 \times \sigma_{CP} \right] \times b_w \times d \quad [6.22]$$

Com um mínimo de:

$$V_{Rd,c} = (V_{\min} + K_1 \times \sigma_{CP}) \times b_w \times d \quad [6.23]$$

Pelo que:

$$K = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad [6.24]$$

(com d em mm) e  $K_1=0,15$ .

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \quad [6.25]$$

$$\sigma_{CP} = \frac{N_{Ed}}{A_C} \geq 0,2 f_{cd} \quad [6.26]$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \times d} \leq 0,02 \quad [6.27]$$

$$V_{\min} = 0,35 \times K^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} \quad [6.28]$$

Onde:

- $V_{Rd,c}$  Esforço transversal resistente sem armadura de esforço transversal;
- $f_{ck}$  Tensão de rotura do betão à compressão, em Mpa(C30/37 com  $f_{ck} = 30\text{MPa}$ )
- $A_c$  Área da seção transversal de betão ( $\text{mm}^2$ );
- $N_{Ed}$  Esforço normal na seção devido às ações aplicadas;
- $A_{s1}$  Área da armadura de tração prolongada  $\geq (l_{bd} + d)$  para além da seção considerada.

## 6.2.2 Verificação ao Estado Limite Último de Flexão nas Lajes

Analisando o modelo de elementos finitos, em todas as lajes admitiu-se uma malha de armadura base  $\text{Ø}10//0.150$ , em ambas as faces da laje (face superior e face inferior). Esta armadura corresponde a uma área efetiva de  $5.24 \text{ cm}^2/\text{m}$ , e em algumas partes das lajes, para verificar e garantir a segurança ao estado limite último de flexão, foram adicionadas armaduras complementares designadas de armaduras de reforço, sempre compatibilizando os espaçamentos entre as diferentes pormenorizações adotadas, garantindo assim o cumprimento do requisito de segurança.

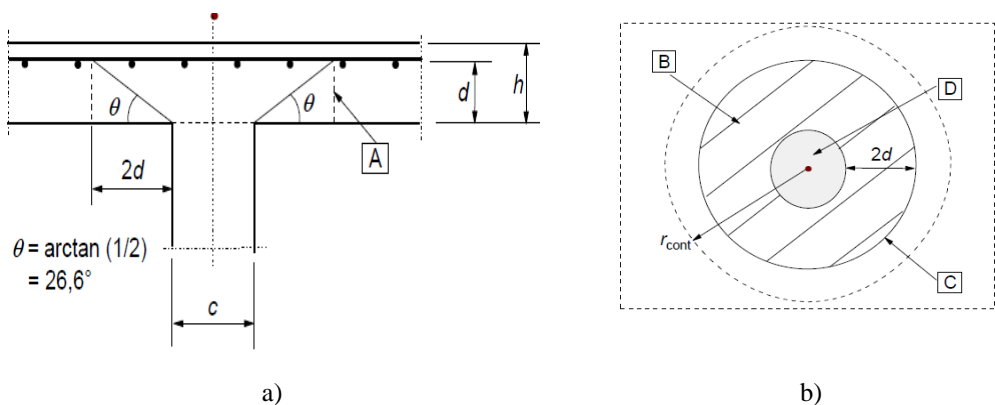
## 6.2.3 Punçoamento nas lajes

O punçoamento é caracterizado como sendo um tipo de rotura frágil (sem aviso prévio), que resulta da interação de efeitos de corte e de flexão, que ocorre nas lajes

fungiformes, nas sapatas flexíveis e em qualquer laje sujeita a cargas concentradas em áreas de pequena dimensão designadas pelo EC2 de área carregada ( $A_{load}$ ).

Como a laje em estudo é uma laje fungiforme, é necessário verificar o punçoamento na ligação pilar-laje para todos os pilares interiores, nos quais não haja a presença de uma viga.

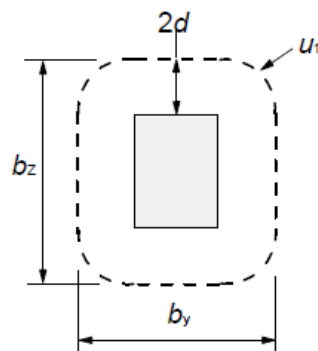
De acordo com as regras de verificação ao punçoamento definidas na cl.6.4.1 do EC2, na Figura 6.1 é apresentado o modelo de verificação ao estado limite último de punçoamento:



**Figura 6.1** – Modelo para a verificação ao ELU de punçoamento [EC2]: a) planta; b) corte.

De acordo com a cl. 6.4.1(4) do EC2, a resistência ao esforço de corte por punçoamento deve ser verificada na face do pilar e no contorno de controlo de referência  $u_1$ , definido no EC2. Caso haja necessidade de armadura de punçoamento, deve então determinar-se outro contorno de referência.  $u_{out,ef}$ , a partir do qual já não existe necessidade dessa armadura.

Segundo a cl.6.4.2 do EC2, o valor do perímetro de controlo ( $u_1$ ), é definido a uma distância igual a  $2.0 d$  da área carregada ( $A_{load}$ ), e o seu traçado deverá corresponder ao traçado apresentado na Figura 6.2.



**Figura 6.2** – Perímetros de controlo típicos em torno de áreas carregadas [EC2]

A altura da laje, admite-se constante e é calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$d_{eff} = \frac{(d_y + d_z)}{2} \quad [6.29]$$

Em que  $d_y$  e  $d_z$  são as alturas úteis nas direções ortogonais.

De acordo com a cl.6.4.3 (2) do EC2, para verificar a segurança ao ELU de punçoamento, no perímetro do pilar, ou no perímetro da área carregada não se deve exceder o valor máximo de tensão de corte por punçoamento, isto é, a condição [6.30] deve ser satisfeita:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} \quad [6.30]$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \times v \times fcd \quad [6.31]$$

Não é necessária armadura de punçoamento se,  $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$ . Sendo que no caso de  $V_{Ed}$  exceder o valor  $V_{Rd,c}$  para a seção de controlo considerada, deverá adaptar-se uma armadura de punçoamento.

$$V_{sd} = \frac{\beta \times V_{sd}}{u_1 \times d} \quad [6.32]$$

O valor de cálculo da resistência ao punçoamento  $V_{Rd,c}$ , de acordo com a cl.6.4.4 (1) do EC2, é obtido através da seguinte expressão:

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) \quad [6.33]$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0 \quad [6.34]$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{1y} + \rho_{1z}} \leq 0.02 \quad [6.35]$$

$$\sigma_{ep} = (\sigma_{ey} + \sigma_{ez}) / 2 \quad [6.36]$$

Onde:

$d$  Altura útil da laje;

$k_1$  0,1;

$C_{Rd,c}$  0,12;

$\rho_{1y}$  e  $\rho_{1z}$  Armaduras de tração aderentes nas duas direções x e y, devem ser calculados como valores médios numa largura da laje igual á largura do pilar acrescida de 3d para cada lado;

$\sigma_{ey}$  e  $\sigma_{ez}$  Tensões normais no betão na seção critica nas direções x e y.

As tensões  $\sigma_{ey}$  e  $\sigma_{ez}$  não foram consideradas, normalmente são consideradas em lajes pré-esforçadas.

A tensão máxima de punçoamento  $V_{Ed}$ , por sua vez é obtida através da seguinte expressão:

$$V_{Ed} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_0 \times d} \quad [6.37]$$

Nas situações de punçoamento excêntrico, em pilares interiores, o valor do fator de agravamento  $\beta$  devido à excentricidade (transmissão de momentos entre a laje e o pilar) é determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$\beta = 1 + 1.8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_z}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{b_y}\right)^2} \quad [6.38]$$

Onde  $b_z$  e  $b_y$  são dimensões do perímetro de controlo segundo x e y.

Segundo a cl.6.4.5 do EC2 nos casos em que é necessária armadura de punçoamento, esta devera ser calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$V_{Rd,cs} = 0.75V_{Rd,c} + 1.5 \times (d/s_r) \times A_{sw} \times f_{ywd,ef} \times (1/u_1 \times d) \times \text{sen}(\theta) \quad [6.39]$$

$$A_{sw} = \frac{V_{Rd,cs} - 0.75 \cdot V_{Rd,c}}{1.5 \times (d/s_r) \times f_{ywd,ef} \times (1/u_1 \times d) \times \text{sen}(\alpha)} \quad [6.40]$$

Onde:

$A_{sw}$  Área de um perímetro de armadura de punçoamento em torno do pilar [mm];

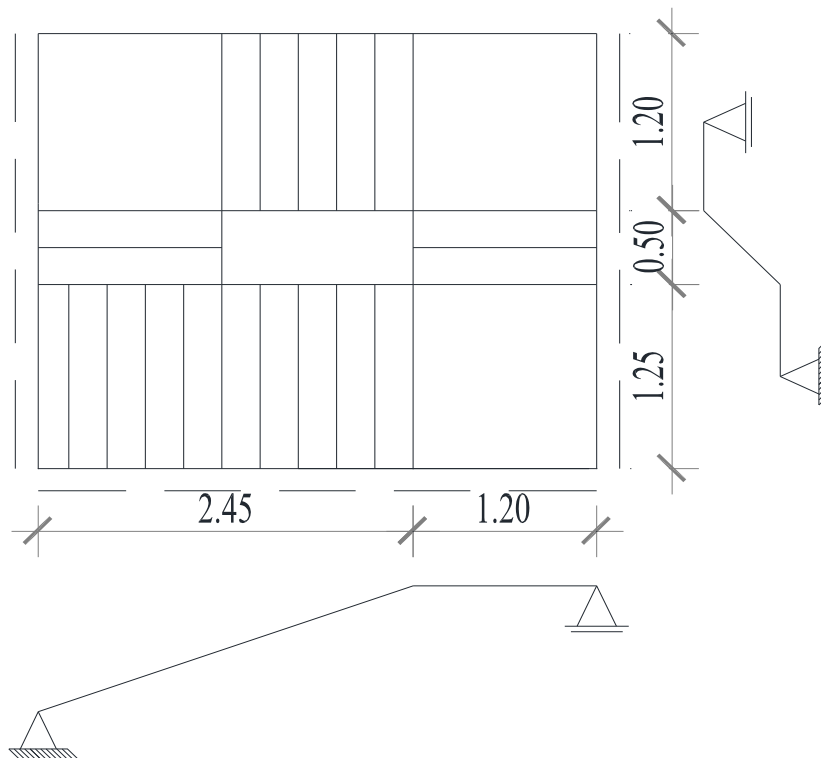
$s_r$  Espaçamento radial dos perímetros de armaduras de punçoamento [mm];

$f_{yqw,ef}$  Valor de calculo da tensão de cedência das armaduras de punçoamento, obtida por:  $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$  [MPa];

$\alpha$  Angulo entre as armaduras de punçoamento e o plano da laje.

### 6.3 Dimensionamento de Escada e Rampas

No dimensionamento da laje de escadas, utilizou-se um modelo simplificado para o cálculo das armaduras necessárias, para verificar os estados limites últimos de flexão e de esforço transverso.



**Figura 6.3** –Esquema de cálculo para a Escada.

Na

**Tabela 6.10**, são apresentadas as dimensões dos elementos que constituem as escadas.

**Tabela 6.10** - Dimensões dos elementos que constituem a escada.

Geometria da escada	
a[m]	0,17
b[m]	0,30
h[m]	0,20
$\alpha$ [°]	29,53



Onde:

- $a$  Altura do degrau;
- $b$  Largura do degrau;
- $h$  Espessura da laje de escada;
- $\alpha$  Inclinação da laje da escada.

### 6.3.1 Quantificação das Ações

Primeiramente define-se o modelo de funcionamento das escadas, efetuando o seu pré-dimensionamento e contabilizando as ações a que este está sujeito. Consideram-se que a altura da escada é de 0,20m e uma sobrecarga de 3,0 kN/m<sup>2</sup>.

Nas Tabela 6.11 e Tabela 6.12 apresentam-se as cargas nas escadas.

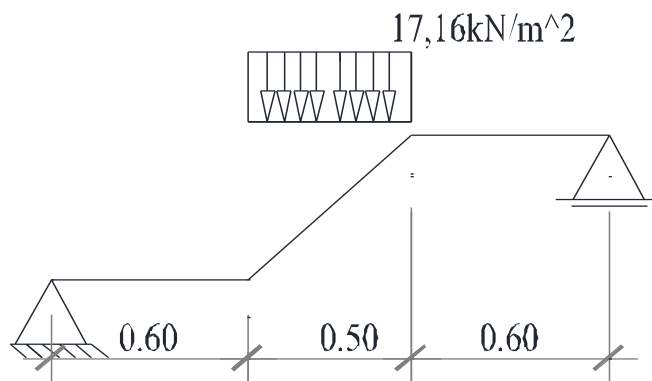
**Tabela 6.11** - Valores dos carregamentos nos lanços.

Lanço [kN/m <sup>2</sup> ]	
$P_{p\text{ laje}}$	5,75
$P_{p\text{ revestimento}}$	1,50
$P_{p\text{ degraus}}$	2,13
$C_p$	9,38
SC	3,00
$P_{sd}$	17,16

**Tabela 6.12** - Valores dos carregamentos nos patins.

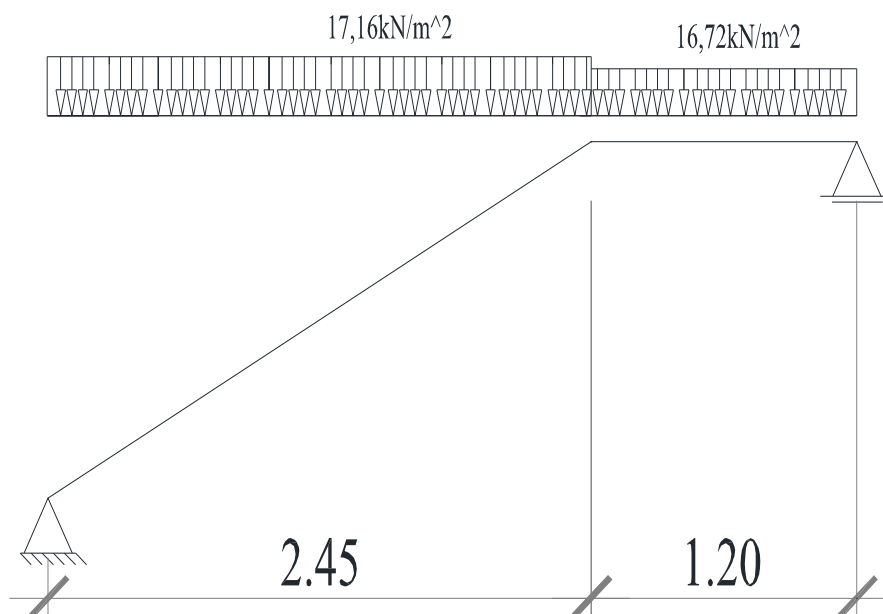
Patim [kN/m <sup>2</sup> ]	
$P_{p\text{ laje}}$	5,00
$P_{p\text{ revestimento}}$	1,50
$C_p$	6,50
SC	3,00
$P_{sd}$	13,28

De seguida, foram determinadas as reações do segundo lanço, de modo a ter a contribuição que descarrega no primeiro lanço.



**Figura 6.4** –Modelo de cálculo 2º Lanço.

Aplicando as cargas (psd), resultantes da combinação fundamental, no lanço e no patim em simultâneo, obteve-se o seguinte diagrama de momentos fletores:



**Figura 6.5** –Modelo de cálculo 1º Lanço.



**Figura 6.6** –Diagrama de Momento Fletores 1º Lanço.

Após a determinação do momento fletor máximo, recorreu-se às seguintes expressões para o cálculo das armaduras longitudinais e transversais.

$$\mu = \frac{M_{\max}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad [6.41]$$

$$\omega = \mu \times (\mu + 1) \quad [6.42]$$

$$A_s = \omega \times b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad [6.43]$$

$$A_{s,\min} = 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b_l \times d \quad [6.44]$$

$$A_{s,d} = 0,2 \times A_s \quad [6.45]$$

Onde:

$M_{\max}$  Momento máximo;

$\mu$  Momento fletor reduzido;

$\omega$  Percentagem mecânica de armadura;

$A_s$  Armadura paralela ao eixo longitudinal das escadas;

$A_{s,d}$  Armadura perpendicular ao eixo longitudinal das escadas.

Da aplicação das expressões acima apresentadas obteve-se a área de armadura necessária para as escadas. Os valores são apresentados na Tabela 6.13.

**Tabela 6.13** - Valores de armadura adotada nas lajes de escadas.

$M_{Ed}$ [kN.m/m]	$\mu$	$\omega$	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{smin}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_s$ adotado [cm <sup>2</sup> /m]	$\emptyset$	$A_{s,d}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$\emptyset$
28,40	0,049	0,051	4,309	2,564	5,24	$\emptyset 10 // 0.15$	0,862	$\emptyset 8 // 0.25$

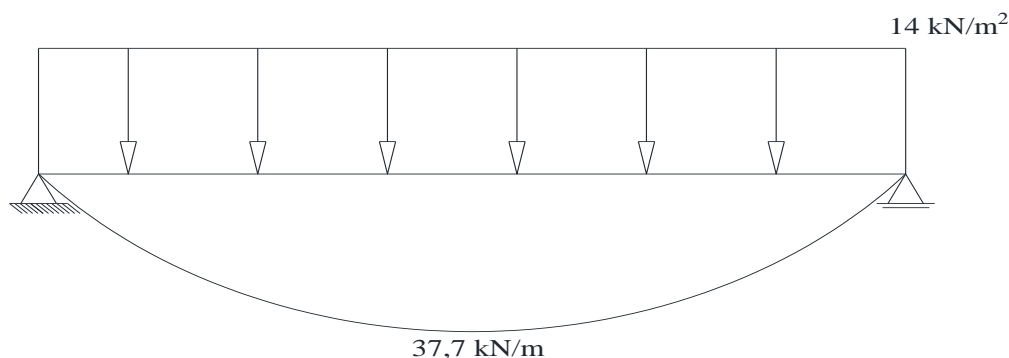
Em relação ao esforço transversal, primeiramente calculou-se o valor do esforço transversal resistente sem armadura específica  $V_{Rd,c}$ , através da expressão [6.23] e uma vez que o valor de  $V_{Rd,c}$  é superior ao valor máximo de esforço transversal atuante, então pode-se dispensar a utilização de armadura específica de esforço transversal.

**Tabela 6.14** - Esforço transversal resistente sem armadura nas lajes de escadas.

$h$ [m]	$d$ [m]	$k$	$A_{sl}$ [cm <sup>2</sup> ]	$p_l$	$V_{rd,c}$ [kN]

0,20	0,17	2,0	5,24	0,003	85,63
------	------	-----	------	-------	-------

As lajes das rampas, serão maciças com uma espessura de 0,26m, apoiadas sobre paredes laterais e com um vão 4,65m. Considerando o comportamento de flexão cilíndrica, obtém-se o seguinte diagrama de momentos (Figura 6.7), para um modelo de uma viga simplesmente apoiada.



**Figura 6.7** –Diagrama de Momento Fletores, considerando comportamento de flexão cilíndrica.

Na Tabela 6.15, serão apresentados os valores da armadura necessária para as rampas.

**Tabela 6.15** - Valor adotado para armadura nas lajes das rampas.

$M_{Ed}$ [kN.m/m]	$\mu$	$\omega$	$A_s$ [cm²/m]	$A_{smin}$ [cm²/m]	$A_s$ adotado [cm²/m]	$\emptyset$	$A_{s,d}$ [cm²/m]	$\emptyset$
37,73	0,035	0,036	2,88	4,38	7,85	$\emptyset 10//0.10$	1,57	$\emptyset 8//0.20$

## 6.4 Viga

Segundo a Cl5.3.1(3) do EC2, uma viga é um elemento estrutural em que o vão é superior a 3 vezes a altura total da sua seção transversal, caso contrário deverá ser considerada como uma viga-parede. Para o dimensionamento das vigas, em seguida serão apresentadas as principais restrições e disposições construtivas impostas pelos Eurocódigos 2 e 8, para proceder ao dimensionamento das armaduras longitudinais e transversais, e como exemplo apresentam-se os cálculos relativamente à viga V6 e V8 do piso 1.

### 6.4.1 Armadura longitudinal

Segundo a cl 9.2.1.1 do EC2, a armadura longitudinal de tração nas vigas, não devera ser inferior a ( $A_{s,min}$ ) calculada de acordo com a expressão [6.46]

$$A_{s,min} = 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b_t \times d \geq 0,0013 \times b_t \times d \quad [6.46]$$

Onde:

$f_{ctm}$  Valor médio da tensão de rotura do betão à tração (Quadro 3.1 do EC2);

$f_{yk}$  Valor característico da tensão de cedência à tração do aço;

$b_t$  Largura média tracionada;

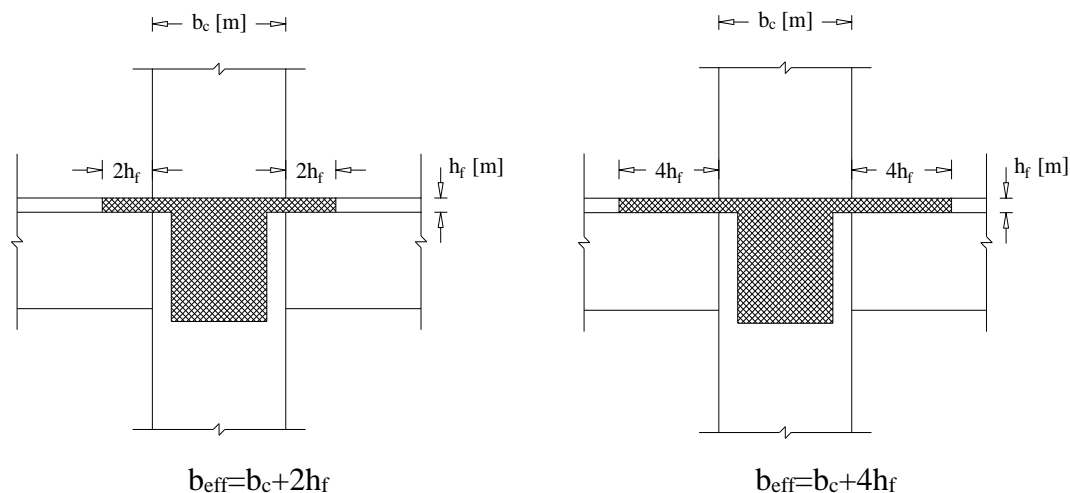
$d$  Altura útil da seção transversal.

A área de armadura máxima ( $A_{s,max}$ ), por sua vez e de acordo com a cl.9.2.1.1 (3) do EC2, não deve ser superior a 4% da área da secção de betão da viga ( $A_c$ ).

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c \quad [6.47]$$

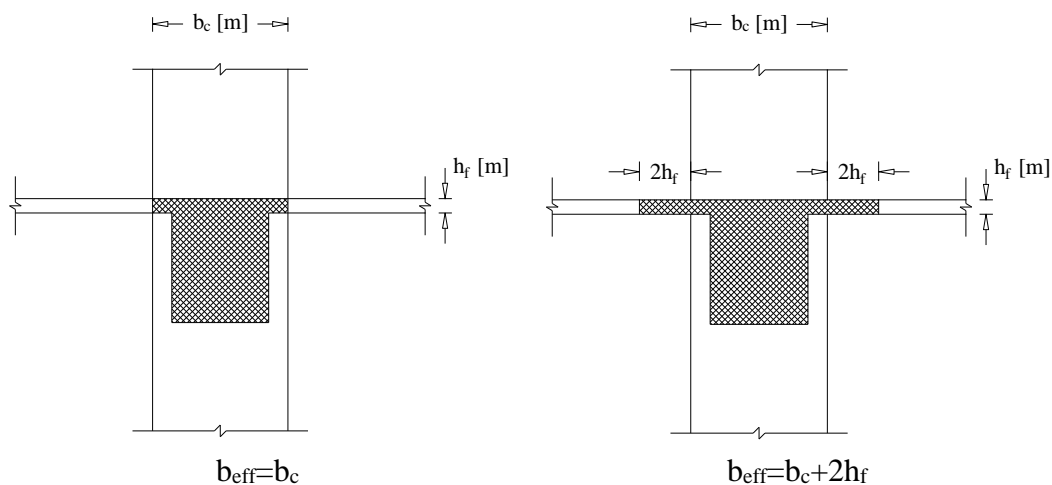
De acordo com a cl.5.4.3.1.1 do EC8, para o cálculo da resistência à flexão e esforço transversal deve ter-se em consideração a largura efetiva do banzo superior da viga ( $b_{eff}$ ), a qual depende da localização em planta dos pilares onde as vigas se ligam e da existência ou não de uma viga transversal. A largura efetiva do banzo foi determinada da seguinte forma:

- Pilares exteriores e caso não haja existência de uma viga transversal, a largura efetiva deverá ser igual à largura do pilar,  $b_{eff}=b_c$ , enquanto na existência de uma viga transversal de altura semelhante, o valor da largura efetiva passa a ser  $b_{eff}=b_c+ 4h_f$ , isto é aumentada de  $2h_f$  para cada lado, onde  $h_f$  corresponde ao valor da espessura da laje, tal como ilustrado na Figura 6.8.



**Figura 6.8** – Largura efetiva do banço  $b_{\text{eff}}$  para vigas ligadas a pilares exteriores [EC8].

- Pilares interiores, e mediante a existência ou não de vigas transversais como explicado acima na ligação a “pilares exteriores”, os valores das larguras devem ser aumentados de  $2h_f$  para cada lado da viga, tal como ilustrado na Figura 6.9.



**Figura 6.9** – Largura efetiva do banço  $b_{\text{eff}}$  para vigas ligadas a pilares interiores [EC8].

Em relação a disposições construtivas para a ductilidade local a cl5.4.3.1.2 do EC8 apresenta alguns requisitos, e de um modo resumido serão descritos nos parágrafos que se seguem:

Definiu-se que devem considerar-se como zonas críticas a zona de uma viga sísmica primaria com uma extensão de comprimento critico igual a altura da viga a partir de uma seção transversal de extremidade na qual a viga tem ligação a um nó viga-pilar.

O fator de ductilidade em curvatura ( $\mu \phi$ ), de acordo com a cl.5.2.3.4 (3) do EC8 é determinado:

$$\begin{aligned} \mu_{\phi} &= 2q_0 - 1 & \text{se } T_1 \geq T_C \\ \mu_{\phi} &= 1 + 2(q_0 - 1)T_C/T_1 & \text{se } T_1 < T_C \end{aligned} \quad [6.48]$$

De acordo com os seguintes dados, e aplicando as expressões [6.48], para as duas direções X e Y, obteve-se que nas vigas o fator de ductilidade em curvatura é igual a 3.

**Tabela 6.16** - Fator de ductilidade em curvatura nas vigas.

Direção	q <sub>0</sub>	T1[s]	Tc[s]	μ <sub>φ</sub>
x	2	1,81	0,6	3,00
y	2	1,71	0,6	3,00

Considera-se satisfeito o requisito o valor do fator de ductilidade em curvatura se as seguintes condições forem cumpridas:

- Na zona comprimida deve ser colocada uma armadura de secção, superior ou igual a metade da armadura da zona tracionada, adicional a qualquer armadura de compressão necessária à verificação ao estado limite último na situação de projeto de acordo com a seguinte expressão:

$$A_{s,comp} \geq 0,5 \cdot A_{s,trac} \quad [6.49]$$

Onde:

$A_{s,comp}$  Armadura da zona comprimida;

$A_{s,trac}$  Armadura da zona tracionada.

- A taxa de armadura na zona tracionada  $\rho$  não excede um valor  $\rho_{max}$  igual a:

$$\rho_{max} = \rho' + \frac{0,0018}{\mu_{\phi} \epsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad [6.50]$$

Onde:

$\rho'$  Percentagem de armadura de compressão;

$\mu_{\phi}$  Fator de ductilidade em curvatura;

$\epsilon_{sy,d}$  Valor de cálculo da extensão de cedência do aço;

$f_{yd}$  Valor da tensão de cedência da armadura de flexão.

Ao longo do comprimento de uma viga sísmica primária, a taxa de armadura longitudinal ( $\rho$ ) na zona tracionada não deve ser inferior ao valor ( $\rho_{\min}$ ), de acordo com as seguintes expressões:

$$\rho' \geq \rho_{\min} \quad [6.51]$$

$$\rho = \frac{A_{s, \text{trac}}}{A_c} \quad [6.52]$$

$$\rho_{\min} = 0,5 \left( \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \quad [6.53]$$

Onde:

- $\rho$  Taxa de armadura na zona tracionada;
- $A_{s, \text{trac}}$  Armadura da zona tracionada;
- $A_c$  Área da seção de betão.

Para impedir uma rotura de aderência, o diâmetro dos varões longitudinais das vigas que atravessam os nós viga-pilar,  $d_{bl}$ , deve ser limitado de acordo com as seguintes expressões:

- Para nós viga-pilar interiores:

$$\frac{d_{bl}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{1 + 0,8 \cdot v_d}{1 + 0,75 K_d \cdot \rho' / \rho_{\max}} \quad [6.54]$$

- Para nós viga-pilar exteriores:

$$\frac{d_{bl}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot (1 + 0,8 v_d) \quad [6.55]$$

Onde:

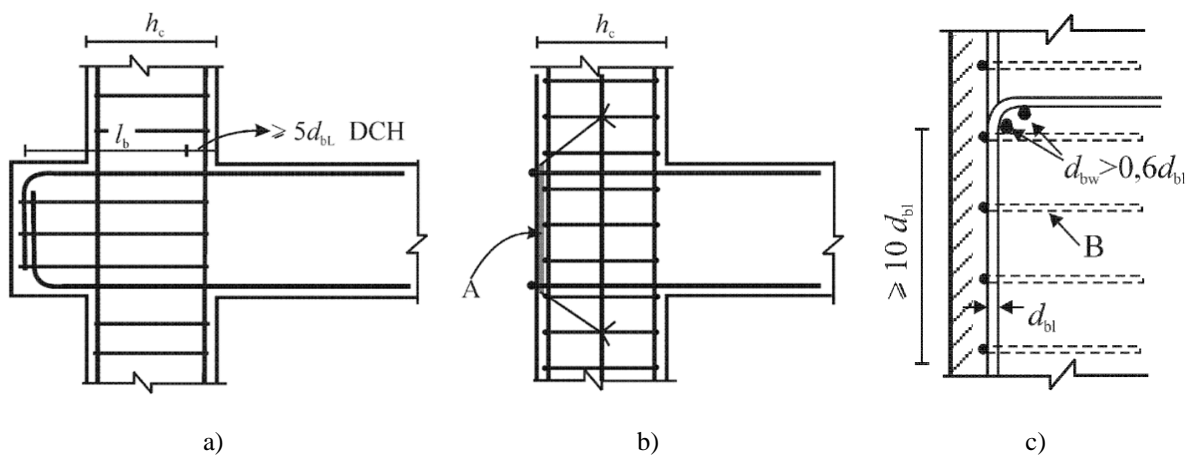
- $d_{bl}$  Diâmetro mínimo dos varões da armadura longitudinal;
- $h_c$  Largura do pilar medida paralelamente aos varões longitudinais;
- $\rho'$  Taxa de armadura de compressão que atravessa o nó viga/pilar
- $\rho_{\max}$  Taxa máxima de armadura;
- $v_d$  Esforço normal reduzido de cálculo no pilar.
- $K_d$  Fator que depende da classe de ductilidade, sendo 2/3 para a classe DCM

De acordo com a cl 5.6.2.2.3, se não for possível satisfazer as condições acima indicado em nós viga-pilar exteriores porque a dimensão,  $h_c$ , do pilar, paralela aos varões,



é demasiado pequena, poderão tomar-se as seguintes disposições complementares para garantir a amarração das armaduras longitudinais das vigas:

- A viga ou a laje poderá ser prolongada horizontalmente sob a forma de tocos exteriores (a);
- Poderão utilizar-se varões com cabeça ou chapas de amarração soldadas à extremidade dos varões (b);
- Poderá adotar-se a dobragem a 90° dos varões longitudinais com um mínimo de  $10 d_{bl}$  e com armaduras transversais colocadas no interior da dobragem (c).



**Figura 6.10** – Disposições complementares para a amarração nos nós viga-pilar exteriores: a) primeira disposição; b) segunda disposição; c) terceira disposição (NP EN 1998-1, 2010).

#### 6.4.2 Armadura Transversal

A armadura de esforço transversal deverá formar um ângulo de 90° com o eixo longitudinal a viga, a taxa de armadura é obtida de acordo com a cl9.2.2.5 do EC2:

$$\rho_{w,\min} = \left(0,08\sqrt{f_{ck}}\right) / f_{yk} \quad [6.56]$$

$$\rho_w = \frac{As_w}{S \times b_w \times \sin(\alpha)} \Leftrightarrow \frac{As_w}{S} = \rho_w \times b_w \times \sin(\alpha) \quad [6.57]$$

Onde:

$\rho_w$  Taxa de armadura de esforço transversal;

$As_w$  Área de armadura de esforço transversal no comprimento  $s$ ;

$S$  Espaçamento das armaduras verticais medido ao longo do eixo longitudinal do elemento;

$b_w$  Largura da alma do elemento;

$\alpha$  Ângulo formado entre as armaduras verticais e o eixo longitudinal ( $\alpha$  neste projeto  $\alpha = 90^\circ$ ).

No que diz respeito à resistência das armaduras transversais, esta é calculada tendo em conta o esforço resistente obtido pelas seguintes expressões do cl. 6.2.3(3) do EC2:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_s w}{S} \times Z \times f_{ywd} \times \cot g(\theta) \quad [6.58]$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot g(\theta) + \operatorname{tg}(\theta)} \quad [6.59]$$

Onde:

- $A_s w$  Área da secção transversal das armaduras de esforço transverso;
- $\alpha_{cw}$  Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido,  $\alpha_{cw} = 1$ ;
- $b_w$  Largura do menor banzo da viga;
- $v_1$  Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transverso;
- $\theta$  Ângulo formado pela escora comprimida de betão com o eixo da viga
- $z$  Braço do binário das forças interiores,  $z = 0.9 \times d$ .

Relativamente ao espaçamento entre armaduras transversais é necessário cumprir os critérios dispostos nos cl.9.2.2(6) e cl. 9.2.2(8) do EC2. Estes definem os valores máximos da distância entre estribos ao longo do eixo da viga ( $s_{l,max}$ ) e o espaçamento transversal entre ramos de estribos ( $s_{t,max}$ ).

$$S_{l,max} = 0,75 \times d (1 + \cot g(\alpha)) \quad [6.60]$$

$$S_{t,max} = 0,75 \times d \leq 600mm \quad [6.61]$$

Para garantir níveis mínimos de confinamento nas zonas crítica das vigas o EC8 prescreve o seguinte conjunto de regras de pormenorização das armaduras transversais (cl5.4.3.1.2.6).

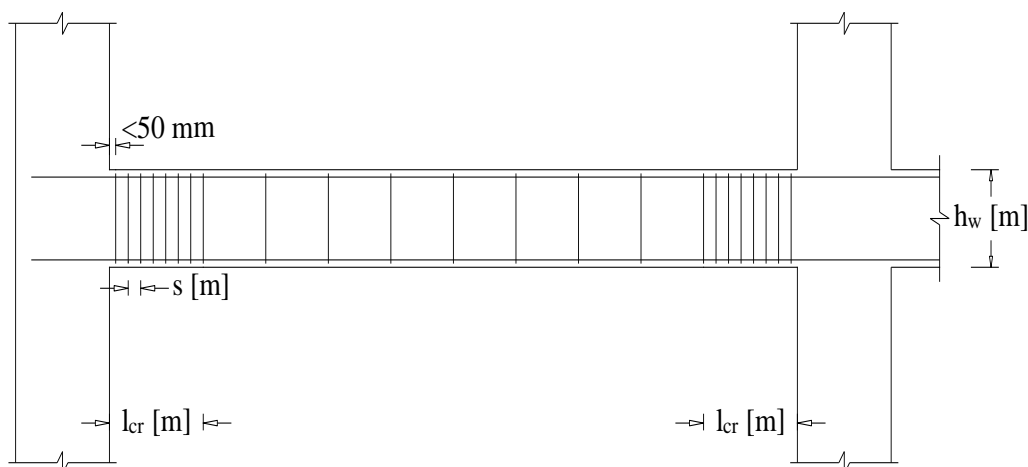
- O diâmetro dos estribos,  $d_{bw}$ , deve ser igual ou superior a 6mm;
- O espaçamento dos estribos,  $s$ , (na direção do eixo da viga) não excederá o menor dos valores seguintes:

$$S = \min \{ h_w / 4; 24d_{bw}; 225\text{mm}; 8d_{bL} \} \quad [6.62]$$

Onde:

$h_w$  É altura da viga.

- A primeira armadura de confinamento deve ser colocada a não mais de 50 mm da seção de extremidade da viga (Figura 6.11).



**Figura 6.11** – Armaduras transversais nas zonas críticas das vigas (NP EN 1998-1, 2010)

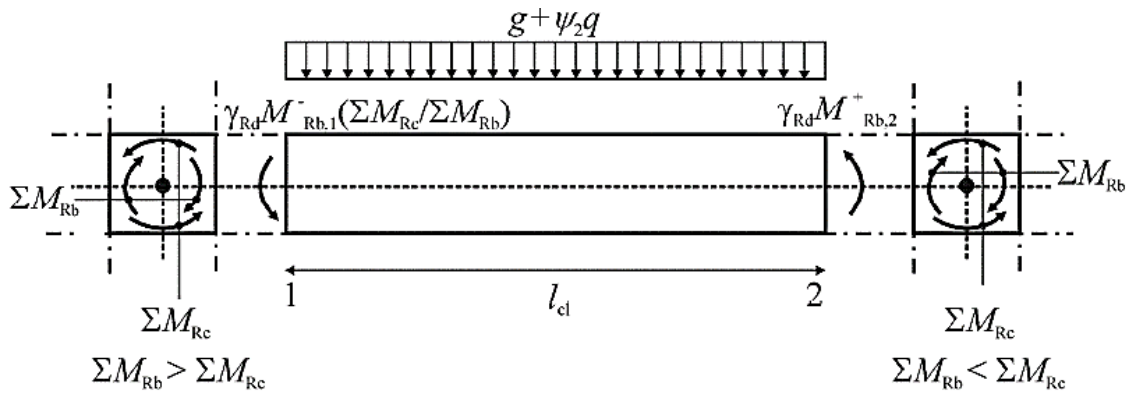
### 6.4.3 Dimensionamento das vigas

Segundo a cl5.4.2.2, nas vigas sísmicas primárias, os valores de cálculo dos esforços transversos devem ser determinados de acordo com a regra de cálculo pela capacidade real, de forma a impedir a formação de mecanismo de rotura frágil ou mecanismo de rotura indesejáveis. Para este efeito utilizou-se o programa de cálculo para determinar, a partir das condições de equilíbrio, os esforços de cálculo, admitindo nas áreas adjacentes a formação de rótulas plásticas e considerando as suas eventuais sobrerresistências.

Deste modo, os valores dos esforços transversos nas vigas devem ser obtidos com base no seu equilíbrio sob a ação:

- da carga transversal que nela atua na situação de projeto sísmica;
- dos momentos, ( $M_{i,d}$ ) nas extremidades das vigas, associados à formação de rótulas plásticas para os sentidos positivos e negativos da ação sísmica.

A Figura 6.12 representa o cálculo do esforço transversal nas vigas com base no cálculo pela capacidade real.



**Figura 6.12** –Valores de calculo pela capacidade real dos esforços transversos nas vigas (NP EN 1998-1, 2010)

Nas seções de extremidade, devem-se calcular os dois valores (mínimo e máximo) do esforço transverso atuante ( $V_{Ed,min}$  e o  $V_{Ed,max}$ ), correspondente aos momentos ( $M_{i,d}$ ) positivo máximo e negativo máximo que se podem desenvolver nas extremidades inicial e final da viga.

Os momentos nas extremidades  $M_{i,d}$ , da viga poderão ser determinados da seguinte formula:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rb,i} \min \left( 1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}} \right) \quad [6.63]$$

Onde:

$\gamma_{Rd}$  Coeficiente que tem em conta a possível sobrerresistência por endurecimento do aço, que, no caso das vigas de DCM, poderá ser considerado igual a 1,0

$M_{Rb,i}$  Valor de calculo do momento resistente da viga na extremidade i no sentido do momento fletor sísmico para o sentido considerado da ação sísmica.

$\sum M_{Rc}$  soma dos valores de calculo dos momentos resistentes dos pilares e

$\sum M_{Rb}$  soma dos valores de calculo dos momentos resistentes das vigas que concorrem o nó.

Deste modo, o valor máximo de esforço transverso ( $V_{Ed,max}$ ), nas seções de extremidade das vigas deve ser calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$V_{Ed,max} \simeq \frac{M_1 + M_2}{l_{cl}} + \frac{q_{cqp} \times l_{cl}}{2} \quad [6.64]$$

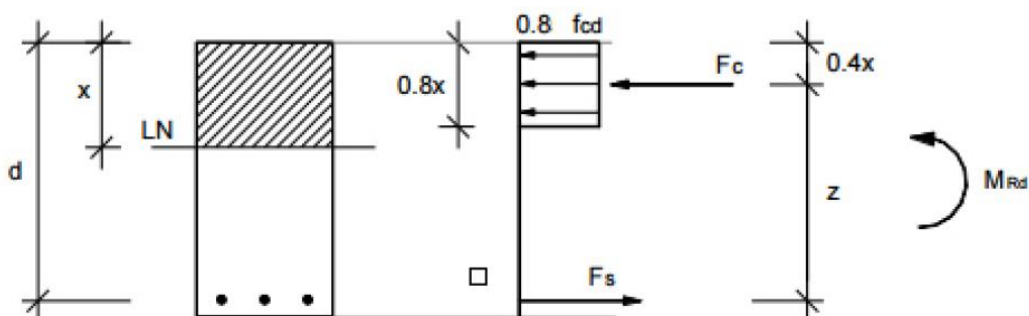
Onde:

$M_1, M_2$  Momentos nas seções de extremidades das vigas associados à formação de rótulas plásticas;

$l_d$  Comprimento da viga;

$q_{cqp}$  Carregamento uniforme para a combinação quase permanente de ações.

No cálculo do momento resistente ( $M_{Rb,d}$ ) considerou-se que todas as armaduras de flexão e de compressão encontram-se em cedência, com base no diagrama retangular (Método simplificado), determinaram-se os momentos resistentes. Este diagrama encontra-se representado na Figura 6.13.



**Figura 6.13** –Diagrama retangular (Costa, 2014)

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}} \quad [6.65]$$

$$M_{Rb,d} = A_s \times f_{yd} \times (d - 0,4x) \quad [6.66]$$

A Tabela 6.17, apresenta as características das vigas exemplo e os valores de armadura mínima e máxima regulamentar de acordo com as expressões [6.46] e [6.47].

**Tabela 6.17** - Características das vigas exemplo.

Viga	b[m]	h[m]	d[m]	$f_{yd}$ [Mpa]	$f_{cd}$ [Mpa]	L[m]	lcl[m]	$A_{Smin}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{Smáx}$ [cm <sup>2</sup> ]
V6	0,3	0,6	0,570	435	20	3,86	3,16	4,959	72,00
V8	0,3	0,6	0,570			5,08	4,38	4,959	72,00

Como as vigas exemplo encontram-se ligadas a pilares exteriores e interiores, utilizou-se as duas expressões, [6.54] e [6.55] para a verificação máximo dos varões longitudinais de flexão da viga, apresentados na Tabela 6.18.

**Tabela 6.18** - Diâmetros admissíveis dos varões longitudinais para as vigas exemplos.

Tramo de Viga	Secção	Pilar	hc[m]	Ned[kN]	$v_d$	$\varnothing_{uso}$ [mm]	$\varnothing_{max}$ [mm]
V6	Inicial	P1	0,6	180,319	0,032	20	38
	Final	P2	0,6	230,033	0,041	20	39
V8	Inicial	P2	0,6	230,033	0,041	20	39
	Final	P3	0,6	101,337	0,018	20	38

Confirma-se assim a possibilidade de usar varões de diâmetro 20 mm como armadura de flexão da viga nos apoios.

Para efetuar a verificação das armaduras adotadas pelo modelo, foi necessário retirar para as vigas em estudo os momentos fletores condicionantes e valores de esforço transversal, de seguida efetuou-se para ambas as vigas uma pormenorização de armaduras longitudinais de acordo com o obtido através do programa de cálculo:

**Tabela 6.19** - Áreas de armadura das vigas exemplo.

Tramo de Viga	Secção	Face	$A_{S_{modelo}}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{S_{adotado}}$ (cm <sup>2</sup> )	
				$\varnothing$	$A_{S_{efetiva}}$
V6	Inicial	Superior	13,98	5 $\varnothing$ 20	15,71
		Inferior	12,00	4 $\varnothing$ 20	12,57
	Meio Vão	superior	6,49	3 $\varnothing$ 20	9,42
		Inferior	6,90	3 $\varnothing$ 20	9,42
	Final	Superior	14,18	5 $\varnothing$ 20	15,71
		Inferior	11,19	4 $\varnothing$ 20	12,57
V8	Inicial	Superior	12,93	5 $\varnothing$ 20	15,71
		Inferior	9,68	4 $\varnothing$ 20	12,57
	Meio Vão	superior	6,49	3 $\varnothing$ 20	9,42
		Inferior	6,93	3 $\varnothing$ 20	9,42
	Final	Superior	13,22	5 $\varnothing$ 20	15,71
		Inferior	9,26	4 $\varnothing$ 20	12,57

Com as características base e respetivas armaduras adotadas calcularam-se os momentos resistentes das vigas de forma a confrontar os resultados obtidos no programa através das seguintes expressões [6.65] e [6.66]. Nas vigas exemplo não se considerou o contributo da armadura existente na face superior da laje, uma vez que os pilares de ligação são exteriores, tem a mesma largura que a viga e não existem vigas transversais.

**Tabela 6.20** - Valores dos momentos resistentes e dos momentos atuantes nas vigas exemplos.

Tramo de Viga	Secção	Face	As (cm <sup>2</sup> )	x(m)	Med(kN/m)	Mrd(kN/m)
V6	Inicial	Superior	13,98	0,0950	317,319	323,542
		Inferior	12,00	0,0816	206,912	280,598
	Meio Vão	superior	6,49	0,0441	106,875	155,892
		Inferior	6,90	0,0469	162,278	165,362
	Final	Superior	14,18	0,0964	321,422	327,727
		Inferior	11,19	0,0761	195,331	262,736
V8	Inicial	Superior	12,93	0,0878	294,963	300,718
		Inferior	9,68	0,0658	162,304	228,911
	Meio Vão	superior	6,49	0,0441	93,936	155,892
		Inferior	6,93	0,0471	163,074	166,173
	Final	Superior	13,22	0,0898	301,187	307,077
		Inferior	9,26	0,0629	150,594	219,370

Analisando a Tabela 6.20 verifica-se que a segurança é garantida para as armaduras adotadas ( $M_{Rd} > M_{Ed}$ ). As verificações relativamente às disposições construtivas para a ductilidade local são apresentadas na Tabela 6.21.

**Tabela 6.21** - Comprimento da zona crítica.

Viga	Secção	Face	As (cm <sup>2</sup> )	$\rho'$	$\rho$	$\rho_{max}$	$A_{Sinf} \geq 0.5 A_{Sup}$	$\rho \geq \rho_{min}$	$\rho \leq \rho_{max}$
V6	Inicial	Superior	13,981	0,0050	0,0058	0,01766	verifica	verifica	verifica
		Inferior	12,004						
	Final	Superior	14,176	0,0047	0,0059	0,01732	verifica	verifica	verifica
		Inferior	11,194						
V8	Inicial	Superior	12,925	0,0040	0,0054	0,01669	verifica	verifica	verifica
		Inferior	9,679						
	Final	Superior	13,218	0,0039	0,0055	0,01651	verifica	verifica	verifica
		Inferior	9,256						

Finalizado o cálculo da armadura de flexão, procede-se à determinação do esforço transversal condicionante nas zonas críticas em cada viga.

**Tabela 6.22** - Determinação dos esforços transversos máximos atuantes.

Viga	Face	$M_{Rd,b,1}$ [kNm]	$M_{Rd,b,2}$ [kNm]	$V_{g+\psi 2q,1}$ [kN]	$V_{g+\psi 2q,2}$ [kN]	$V_{Ed,1}$ [kN]	$V_{Ed,2}$ [kN]
V6	Superior	323,542	327,727	-36,3	44,83	-228,808	230,361
	Inferior	280,598	262,736				
V8	Superior	300,718	307,077	-65,101	62,51	-187,473	181,252
	Inferior	228,911	219,370				

As pormenorizações adotadas devem verificar as condições impostas nas expressões [6.60], [6.61] e [6.62], que dizem respeito, ao espaçamento longitudinal e transversal de armaduras (zona crítica e zona corrente). Na tabela que se segue apresentam-se os valores limites para os espaçamentos regulamentares.

**Tabela 6.23** - Valores máximos de espaçamento longitudinal e transversal para as vigas exemplo.

Viga	d[m]	h[mm]	d <sub>bw</sub> [mm]	d <sub>bL</sub> [mm]	S <sub>t,max</sub> [m]	
					Zona corrente	Zona crítica
V6	0,570	600	10	20	0,427	0,15
V8	0,570	600	10	20	0,427	0,15

Em seguida, na apresentam-se, o valor obtido para o esforço transversal resistente sem armadura específica e o esforço transversal resistente máximo, calculados de acordo com as expressões [6.22] e [6.59] do presente projeto.

**Tabela 6.24** - Valores do esforço transversal resistente máximo e o esforço transversal sem armadura.

Viga	Z[m]	V <sub>Rd,max</sub> [kNm]	k	V <sub>min</sub> [MPa]	V <sub>Rdc,min</sub> [kN]	ρ <sub>l</sub>	V <sub>Rd,c</sub> [kN]
V6	0,513	923,4	1,592	0,385	65,869	0,0083	95,377
V8	0,513	923,4	1,592	0,385	65,869	0,0077	93,178

As tabelas que se seguem apresentam os valores de armadura de esforço transversal e as pormenorizações adotadas para as zonas críticas e correntes das vigas exemplo.

**Tabela 6.25** - Armaduras de esforço transversal adotadas nas zonas críticas.

Zona Crítica (Apoios)	Viga	Ved,cal [kN]	Ved,Modelo [kN]	Asw/s [cm <sup>2</sup> /m]	(Asw/s) <sub>efetiva</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Porm	VRd,s [kN]
	V1.1	230,361	241,154	10,323	12,56	Ø10//0.125	280,283
	V1.2	187,473	185,964	8,401	10,48	Ø10//0.15	233,866



**Tabela 6.26** - Armaduras de esforço transverso adotadas nas zonas correntes.

Seção corrente	Viga	Asw/s [cm <sup>2</sup> /m]	(Asw/s) <sub>efetiva</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Ø	VRd,s [kN]
	V6	6,416	7,86	Ø10//0.20(2r)	175,40
	V8	6,138	7,86	Ø10//0.20(2r)	175,40

## 6.5 Pilares

De acordo com a cl 5.1.2 do EC2, pilar é um elemento estrutural sujeito a forças gravíticas por compressão axial ou sujeito a um esforço normal reduzido de calculo superior a 0.1. Segundo a cl.9.5.2 do EC2, este capítulo refere-se a pilares cuja maior dimensão em planta não é superior a 4 vezes a menor dimensão.

### 6.5.1 Armadura longitudinal

Segundo as cl.9.5.2 (2) e (3) do EC2, os varões longitudinais dos pilares deverão apresentar um diâmetro igual ou superior a 8 mm. A área total da armadura longitudinal (As) é limitada, e não pode ser inferior a (As,min), nem superior a (As,max) calculadas de acordo com as seguintes expressões:

$$As_{,min} = \frac{0.1N_{Ed}}{f_{yd}} \geq 0.002A_c \quad [6.67]$$

Fora das zonas de emendas por sobreposição

$$As_{,máx} = 0,04A_c \quad [6.68]$$

Zona de emenda por sobreposição

$$As_{,máx} = 0,08A_c \quad [6.69]$$

Nos pilares sísmicos primários o valor do esforço normal reduzido ( $v_d$ ), calculado de acordo com a expressão [6.70] não deve ser superior a 0.65.

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \times f_{cd}} \quad [6.70]$$

No que diz respeito às disposições construtivas para a ductilidade local relativa a pilares sísmicos primários, define que a taxa total de armadura longitudinal ( $\rho_1$ ) não deve ser inferior a 0.01 nem superior a 0.04. Nas seções transversais simétricas deverão adotar-

se armaduras simétricas e também deve ser colocado ao longo de cada face do pilar pelo menos um varão intermédio entre os varões de canto, de modo a assegurar a integridade dos nós viga-pilar.

### 6.5.2 Armadura transversal

Segundo a cl.9.5.3 do EC2 diâmetro das armaduras transversais, não deve ser inferior a 6 mm. O espaçamento das armaduras transversais ao longo do pilar não deve exceder o valor ( $S_{cl,t \max}$ ) determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$S_{cl,\max} = \min \{20 \times d_{bl}; b; 400\text{mm}\} \quad [6.71]$$

Onde:

$b$  Menor dimensão do pilar;

$d_{bl}$  Diâmetro mínimo dos varões armadura longitudinais.

De acordo com cl.9.5.3 (6) do EC2, cada varão longitudinal ou agrupamentos de varões colocado num canto deverá ser travado por armaduras transversais e nas zonas de compressão nenhum varão deve estar localizado a mais de 150mm de um varão travado. Nas zonas críticas dos pilares sísmicos primários devem adotar-se cintas e ganchos de diâmetro não inferior a 6mm com um espaçamento tal que garanta um mínimo de ductilidade e impeça a encurvadura local dos varões longitudinais. A distância entre varões longitudinais consecutivos abraçados por cintas ou por ganchos não é superior a 200mm (cl.5.4.2.2 (10) P e (11) b do EC8).

O espaçamento ( $s$ ) das cintas, em milímetros segundo o EC8 deve ser calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$S = \min \{b_0; 175; 8d_{bl}\} \quad [6.72]$$

Onde:

$b$  Dimensão mínima do núcleo de betão em relação ao eixo das cintas;

$d_{bl}$  Diâmetro mínimo dos varões longitudinais.

De acordo com a cl.5.4.3.2.2 (5) do EC8 se a razão  $l_{cl}/h_c$  for inferior a 3, a altura do pilar sísmico primário deve ser considerada como zona crítica e deve ser armada como tal.

Em concordância com a cl 5.4.3.2.1(4)P do EC8, na ausência de informação mais precisa, o comprimento da zona crítica  $l_{cr}$  poderá se calculado a partir da seguinte expressão:

$$l_{cr} = \max \left\{ h_c; \frac{l_{cl}}{6}; 0,45 \right\} \quad [6.73]$$

Onde:

$h_c$  Maior dimensão da seção transversal do pilar;

$l_{cl}$  Comprimento livre do pilar.

Na ausência de um método mais preciso, a altura total dos pilares pertencentes ao piso térreo deverá ser considerada como zona crítica e deve ser devidamente confinada (cl.5.9 (1) e (3) do EC8).

### 6.5.3 Armadura de confinamento

Na zona crítica na base de pilares sísmicos primários, o valor de ductilidade em curvatura ( $\mu\phi$ ), deverá ter um valor mínimo, para assegurar a ductilidade local. O fator de ductilidade em curvatura deverá ser pelo menos, igual a 1,5 vezes o valor obtido pelas expressões[6.48].

**Tabela 6.27** - Fator de ductilidade em curvatura para zonas críticas de pilares sísmicos primários.

Direção	$q_0$	T1[s]	Tc[s]	$\mu\phi$
x	2	1,81	0,6	4,50
y	2	1,71	0,6	4,50

Na zona crítica na base dos pilares a armadura de confinamento deve satisfazer a equação seguinte:

$$\alpha\omega_{wd} \geq 30\mu\phi\nu_d\varepsilon_{sy,d} b_c/b_0 - 0.035 \quad [6.74]$$

Com:

$$\omega_{od} = \frac{\text{Volume das cintas } f_{yd}}{\text{Volume do núcleo betão } f_{cd}} \quad [6.75]$$

Onde:

$\mu\phi$  Valor necessário do fator de ductilidade em curvatura;

$\varepsilon_{sy,d}$  Valor de cálculo de extensão de cedência a tração do aço;

$b_c$  largura bruta da seção transversal;

$b_0$  largura do núcleo confinado;

- $h_0$  altura do núcleo confinado;
- $\alpha$  coeficiente de eficácia do confinamento.

O valor mínimo de  $\omega_{\text{od}}$  na zona crítica da base dos pilares é de 0.08 (cl 5.4.3.2.2 do EC8). Se para o valor especificado de  $\mu\phi$ , for atingida em qualquer ponto da secção transversal uma extensão no betão superior a  $\varepsilon_{\text{cu}2} = 0,035$ , a perda de resistência devida ao destacamento do betão deve ser compensada através de um confinamento adequado do núcleo de betão (cl.5.4.3.2.2 (7) do EC8).

Para secções transversais retangulares:

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_0h_0} \quad [6.76]$$

$$\alpha_s = (1 - S/2b_0)(1 - S/2h_0) \quad [6.77]$$

O coeficiente de confinamento ( $\alpha$ ), é obtido através da seguinte expressão:

$$\alpha = \alpha_n \times \alpha_s \quad [6.78]$$

#### 6.5.4 Dimensionamento

De acordo com o EC8, os pilares devem ter uma resistência à flexão que excede a resistência das vigas no nó em 30%, essa condição é expressa na cl.4.4.2.3 (4) através da seguinte expressão:

$$\sum M_{Rc} \geq 1.3 \sum M_{Rb} \quad [6.79]$$

Onde:

$\sum M_{Rc}$  Soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes dos pilares ligados a um nó;

$\sum M_{Rb}$  Soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes das vigas ligadas a esse mesmo nó.

O dimensionamento de pilares, de acordo com a cláusula anteriormente referida, depende da classificação do sistema estrutural, isto porque, só em edifícios com estrutura porticada, incluindo os sistemas equivalentes a pórticos, com dois ou mais pisos, que é necessário satisfazer a condição [6.79]. Como o edifício em causa foi classificado como sistema de paredes não foi necessário aplicar esta exigência.

No entanto, segundo a NP EN 1998-1, este conceito não se aplica nos seguintes casos:

- Edifícios de um único piso (cl.4.4.2.3 (4));

- Não se aplica ao nível do último piso, uma vez que nesse piso não há qualquer inconveniente quando a rótula se forma no pilar desse piso (cl.4.4.2.3 (6));
- Nos pórticos planos constituídos por 4 ou mais pilares de seção idêntica, não é necessário satisfazer a condição em todos os pilares, mas apenas em três de cada quatro pilares (cl.5.2.3.3 (2) a);
- No piso inferior dos edifícios de dois pisos, se o valor do esforço normal reduzido ( $v_d$ ) não for superior a 0.3 em qualquer pilar (cl.5.2.3.3 (2) b);
- Em estruturas classificadas como um sistema paredes, como é o caso da estrutura em estudo (cl.4.4.2.3 (4)).

Os momentos nas extremidades ( $M_{i,d}$ ) são calculados de acordo com a seguinte expressão:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i}; \text{Min} \left( 1; \frac{\sum M_{Rb}}{\sum M_{Rc}} \right) \quad [6.80]$$

Onde:

$M_{Rc,i}$  Momento de dimensionamento do pilar na extremidade  $i$ ;

$M_{Rc}$  e  $M_{Rb}$  soma dos momentos de cálculo resistentes nos pilares e a soma dos momentos de cálculo resistente das vigas no nó de interseção destes elementos.

$\gamma_{Rd}$  Fator que traduz a sobrerresistência por endurecimento do aço e confinamento do betão, para estruturas pertencentes a classe DCM,  $\gamma_{Rd}=1,1$  de cálculo resistente das vigas no nó de interseção destes elementos.

A expressão[6.80], pode ser simplificada, uma vez que pela capacidade real os momentos resistentes nos pilares devem ser sempre superiores aos momentos resistentes nas vigas.

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i} \quad [6.81]$$



$$x = \frac{N + (A_{s1} - A_{s2}) \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}} \quad [6.84]$$

$$M_{Rd} = \left[ A_{s1} \times \left( d - \frac{h}{2} \right) + A_{s2} \times \left( \frac{h}{2} - d_1 \right) \right] \times f_{yd} + 0.8 \times x \times b \times f_{cd} \times \left( \frac{h}{2} - 0,4x \right) \quad [6.85]$$

Onde:

- $x$  Altura comprimida da seção;
- $N$  Esforço axial na seção;
- $A_{s1}$  Armadura tracionada;
- $A_{s2}$  Armadura comprimida;
- $d$  Distância entre a fibra mais comprimida da seção e o eixo da armadura tracionada;
- $d_1$  Distância entre a fibra mais comprimida da seção e o eixo da armadura comprimida.

Como exemplo optou-se por calcular o pilar P21 no piso 0.

A Tabela 6.28, apresenta as características do pilar P21 exemplo e o valor de armadura mínima e máxima regulamentar de acordo com a expressão [6.67].

**Tabela 6.28** - Características principais do pilar exemplo.

Pilar	fcd[Mpa]	f <sub>yd</sub> [Mpa]	Dim X [m]	Dim y [m]	Ac [m <sup>2</sup> ]	A <sub>smin</sub> [cm <sup>2</sup> ]	A <sub>smax</sub> [cm <sup>2</sup> ]
P21	20	435	0,4	0,7	0,28	28	112

Apresenta-se na Tabela 6.29 o valor do esforço normal reduzido no pilar exemplo determinado através da expressão [6.70]. tendo em atenção que esse valor de esforço normal reduzido não deve exceder os 0.65 regulamentares.

**Tabela 6.29** - Valor do esforço normal reduzido para o pilar exemplo, na situação sísmica de projeto.

Pilar	Piso	Ac	fcd	Ned	vd
P21	0	0,28	20	887,895	0,159

Em seguida, apresenta-se o valor da extensão da zona crítica (lcr) do pilar exemplo no piso 0, calculado de acordo com a expressão [6.73].

**Tabela 6.30** - Valor da extensão da zona crítica do pilar exemplo.

Pilar	Piso	lcl[m]	hc[m]	lcr[m]	(lcl/hc)<3
P21	0	3,01	0,7	0,7	KO

Analisando a Tabela 6.30, podemos verificar que a condição  $(lcl/hc) < 3$ , não foi verificada, logo a totalidade da altura total dos pilares pertencentes ao piso térreo não deverá ser considerada como zona crítica.

Aplicando as expressões [6.71] e [6.72], obtêm-se os valores máximos de espaçamento de armaduras transversais a aplicar no pilar exemplo, apresentados na Tabela 6.31.

**Tabela 6.31** - Espaçamento máximo de armaduras transversais no pilar exemplo.

Pilar	b0[mm]	dbL[mm]	Smáx[mm]	Scl,tmáx [mm]
P21	310	20	155	400

De seguida efetuou-se para o pilar exemplo uma pormenorização de armaduras longitudinais de acordo com as obtidas através do programa de cálculo:

**Tabela 6.32** - Armadura longitudinal adotada no pilar exemplo.

Pilar	Piso	$A_{S,SAP}$ [cm <sup>2</sup> ]	Ø	$A_{S,efetiva}$ [cm <sup>2</sup> ]
P21	0	43,96	14Ø20	43,96

Com as características base e respetivas armaduras adotados calcularam-se os momentos resistentes dos pilares de forma a comparar os resultados obtidos no programa através das expressões [6.84],[6.85].

**Tabela 6.33** - Momento resistente em torno de X.

Pilar	Piso	$A_{S1}=A_{S2}$ [cm <sup>2</sup> ]	b[m]	h[m]	d <sub>1</sub> [m]	d[m]	x[m]	MR <sub>d,x</sub>
P21	0	12,57	0,4	0,7	0,04	0,66	0,1387	611,44

**Tabela 6.34** - Momento resistente em torno de Y.

Pilar	Piso	$A_{S1}=A_{S2}$ [cm <sup>2</sup> ]	b[m]	h[m]	d <sub>1</sub> [m]	d[m]	x[m]	MR <sub>d,y</sub>
P21	0	15,51	0,7	0,4	0,04	0,36	0,0793	378,82



Após obter os momentos resistentes, determinam-se os valores de cálculo de esforço transverso. Apresentam-se na Tabela 6.35 e Tabela 6.36 os valores dos esforços transversos atuantes, calculados de acordo com a expressão [6.82] e os retirados do modelo de cálculo.

**Tabela 6.35** - Valor de cálculo de esforço transverso atuante no pilar exemplo segundo X.

Esforço transverso segundo o eixo X				
Pilar	Piso	lcl [m]	Ved <sub>x,cal</sub> [kN]	Ved <sub>x,Sap</sub> [kN]
P21	0	3,01	276,876	301,057

**Tabela 6.36** - Valor de cálculo de esforço transverso atuante no pilar exemplo segundo Y.

Esforço transverso segundo o eixo y				
Pilar	Piso	lcl [m]	Ved <sub>y,cal</sub> [kN]	Ved <sub>y,Sap</sub> [kN]
P21	0	3,01	446,899	417,474

Nas tabelas que se seguem, são apresentados os valores do esforço transverso resistente sem armadura  $V_{Rd,c}$  e o esforço transverso máximo admissível no pilar exemplo  $V_{Rd,máx}$ , calculados de acordo com as expressões [6.58] e [6.59].

**Tabela 6.37** - Esforço transverso resistente sem armaduras segundo X.

Pilar	Piso	Esforço transverso segundo o eixo X					
		k	v <sub>min</sub> [MPa]	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$ [kpa]	V <sub>Rd,c,min</sub> [kN]	V <sub>Rd,c</sub> [kN]
P21	0	1,546	0,369	0,008	3171,054	226,270	278,743

**Tabela 6.38** - Esforço transverso resistente sem armaduras segundo Y.

Pilar	Piso	Esforço transverso segundo o eixo y					
		k	v <sub>min</sub> [MPa]	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$ [kpa]	V <sub>Rd,c,min</sub> [kN]	V <sub>Rd,c</sub> [kN]
P21	0	1,735	0,438	0,0081	3171,054	236,686	301,155

**Tabela 6.39** - Valor de esforço transverso máximo admissível.

Pilar	Piso	Esforço transverso segundo o eixo Y			Esforço transverso segundo o eixo X		
		bw [m]	Z[m]	V <sub>Rd,max</sub> [kN]	bw [m]	Z[m]	V <sub>Rd,max</sub> [kN]
P21	0	0,4	0,594	1254,53	0,7	0,324	1197,50

Seguidamente, procedeu-se ao cálculo de ao cálculo das armaduras transversais resistentes e de uma forma conservativa utilizou-se os maiores valores de esforço transverso entre os calculados de acordo com a expressão [6.82] e os retirados do modelo

em ambas as direções. Na Tabela 6.40 e Tabela 6.41 apresentam-se esses valores, aplicando a expressão[6.58].

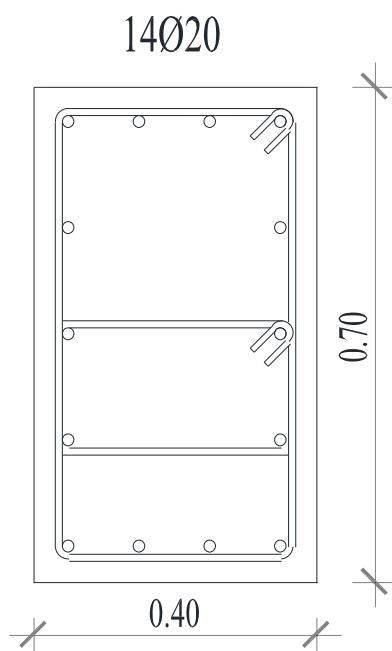
**Tabela 6.40** - Armaduras de esforço transverso segundo Y (Zonas críticas).

Pilar	Piso	Esforço transverso segundo o eixo Y- Zona crítica ( $\theta=45^\circ$ )( $S_{max}=15,5cm$ )					
		$V_{Ed}$ [kN]	Z [m]	$A_{sw/s}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$\emptyset$	$(A_{sw/s})_{eff}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$V_{Rd,s}$ [kN]
P21	0	417,474	0,603	11,477	$\emptyset 10//0.10(2r)$	15,70	411,819

**Tabela 6.41** - Armaduras de esforço transverso segundo Y (Zonas críticas).

Pilar	Piso	Esforço transverso segundo o eixo X- Zona crítica ( $\theta=45^\circ$ ) ( $S_{max}=15,5cm$ )					
		$V_{Ed}$ [kN]	Z [m]	$A_{sw/s}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$\emptyset$	$(A_{sw/s})_{eff}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$V_{Rd,s}$ [kN]
P21	0	301,057	0,333	28,820	$\emptyset 10//0.10(4r)$	31,40	454,845

Na figura 6.13, é apresentada a pormenorização adotada para o pilar-exemplo e em seguida procede-se a verificação do confinamento da pormenorização adotada:



**Figura 6.15** –Pormenorização do pilar exemplo.

Segundo a cl.5.2.3.4 do EC8 para assegurar a ductilidade global requerida para a estrutura, as zonas de potencial formação de rotulas plásticas, devem possuir uma elevada capacidade de rotação plástica.

Através da aplicação das expressões[6.74],[6.75],[6.76],[6.77] e [6.78] verifica-se a armadura de confinamento.

**Tabela 6.42** - Características do pilar exemplo.

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b0[m]	h0[m]
P21	0	0,40	0,70	0,330	0,630

**Tabela 6.43** - Cálculo do primeiro membro.

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{\text{betão}}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{\text{cintas}}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P21	0,405	0,6753	0,681	0,460	0,031	0,000262	0,183	0,084	Ok

**Tabela 6.44** - Cálculo do segundo membro.

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P21	0,40	1,212	4,5	0,159	0,00218	0,0216

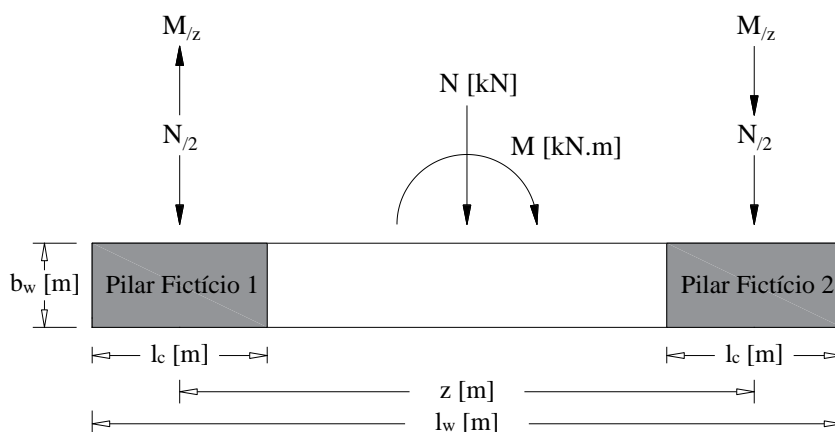
Conclui-se que se verificam os requisitos de ductilidade (exigências de confinamento), prescritas no EC8, para o pilar exemplo uma vez que o resultado no obtido no segundo membro é inferior ao do primeiro membro.

## 6.6 Paredes

Segundo a cl 5.1.2 do EC8, as paredes são todos os elementos estruturais, que suportam outros elementos, de seção transversal alongada e com uma relação comprimento/ espessura  $l_w/b_w$  superior a 4.

### 6.6.1 Armadura longitudinal

O método utilizado no dimensionamento das paredes, baseia-se no método dos “pilares fictícios”, que consiste em concentrar uma grande percentagem de armadura junto as extremidades das paredes. Em seguida é apresentado o esquema representativo do método dos pilares fictícios.



**Figura 6.16** – Método dos pilares fictícios para paredes (Gomes, 2016).

Para calcular as armaduras longitudinais de uma parede, com base neste método, deve-se efetuar uma análise de modo a obter o maior momento fletor que provoca trações na zona dos pilares fictícios em cada direção (X ou Y) conforme a orientação da parede.

A força de tração ( $F_t$ ), para cada direção, considerando os valores mais desfavoráveis, é determinada de acordo com a seguinte expressão:

$$F_t = \left| \frac{M_{Ed}}{Z} \right| \pm \frac{N_{Ed}}{2} \quad [6.86]$$

Onde:

$N_{Ed}$  Esforço normal da parede;

$M_{Ed} = M_x$  Se a parede está orientada segundo y;

$M_{Ed} = M_y$  Se a parede está orientada segundo x;

$Z$  Braço binário das forças interiores.

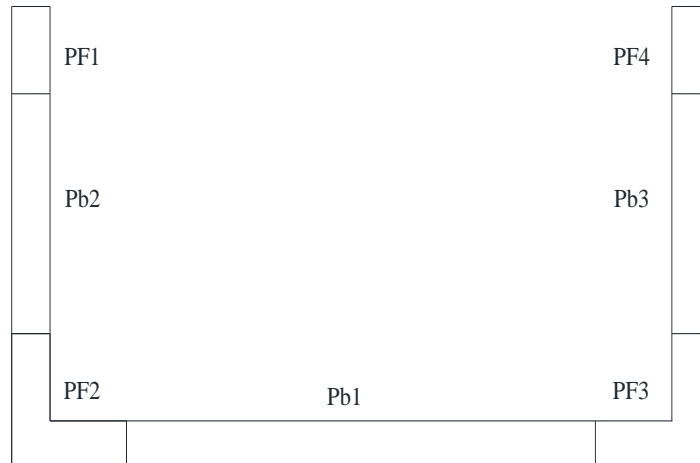
Nas paredes que constituem o núcleo de elevador, deve-se ter especial atenção aos sinais dos esforços nos “pilares fictícios comuns”, pois numa direção a situação pode ser de tração e na outra de compressão aliviando esses pilares fictícios de canto.

Após obter a força de tração, procede-se ao cálculo da área ( $A_{v,s}$ ) e da taxa ( $\rho$ ) de armadura longitudinal, conforme as expressões que se seguem.

$$A_{s,v,Pf} = \frac{M_{\max}(F_t)}{f_{syd}} \quad [6.87]$$

$$\rho_V = \frac{A_{s,v}}{L_{Pf} \times e_{Parede}} \quad [6.88]$$

De modo a simplificar os cálculos, optou-se por considerar o núcleo dividido em três paredes isoladas. De uma forma simplificada fez-se a seguinte repartição dos momentos obtidos do modelo de cálculo para os diversos elementos pertencentes ao núcleo:



**Figura 6.17** – Método dos pilares fictícios para paredes dos núcleos de elevador.

$$Ft_{PF1} = \left( \frac{M_x}{Z} \right) \pm \left( \frac{N}{2} \right) \quad [6.89]$$

$$Ft_{PF2} = \left( \frac{-M_x}{Z} + \frac{N}{2} \right)_{Pb2} \pm \left( \frac{M_y}{Z} + \frac{N}{2} \right)_{Pb1} \quad [6.90]$$

A cl9.6.2(1) do EC2 define que a área das armaduras verticais estar compreendida entre  $A_{s,vmin}$  e  $A_{s,vmax}$ .

A distância entre dois varões verticais adjacentes não deverá ser superior ao menor dos valores: 3 vezes a espessura da parede ou 400mm (cl9.6.2(3) do EC2).

Segundo o cl5.4.3.4.2(8) do EC8, nos elementos de extremidade a taxa de armadura longitudinal não deverá ser inferior a 0,005.

### 6.6.2 Armadura Horizontais

De acordo com a cl9.6.3(1) do EC2, deverão dispor-se armaduras horizontais, paralelas aos paramentos da parede (e aos bordos livres), em cada face. A secção dessas armaduras não deveser inferior a  $A_{s,hmin}$ .

$$A_{s,h,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \times A_{s,vertical} \\ 0,001 \times A_c \end{array} \right. \quad [6.91]$$

A distância entre dois varões horizontais adjacentes não deveser superior a 400mm (cl9.6.3(2) do EC8).

### 6.6.3 Armaduras Transversais

Devem dispor-se armaduras transversais em qualquer parte da parede onde a área de armadura longitudinal nas faces ultrapassa os 2% da seção de betão, essa armadura deve ser colocada sob a forma de estribos ou ganchos (cl.9.6.3 do EC8).

Nos casos em que a armadura principal é colocada mais próxima das faces da parede, a armadura transversal deve ser constituída pelo menos por 4 estribos por m<sup>2</sup> de área da parede.

### 6.6.4 Armaduras de confinamento

De acordo com a cl.5.4.3.4.2(1) do EC8 a altura das zonas críticas  $h_{cr}$  deve ser igual ou superior a qualquer um dos valores seguintes:

$$h_{cr} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} l_w \\ h_w / 6 \end{array} \right. \quad [6.92]$$

Mas não precisa exceder os valores seguintes:

$$h_{cr} \left\{ \begin{array}{l} 2l_w \\ \left\{ \begin{array}{l} h_s \quad \Leftarrow n \leq 6 \\ 2h_s \quad \Leftarrow n \geq 7 \end{array} \right. \end{array} \right. \quad [6.93]$$

Onde:

$l_w$  Comprimento (maior dimensão) da parede;

$h_w$  Altura total da parede acima da fundação ou do solo se existirem caves;

$h_s$  Altura livre entre os pisos;

$n$  Número de pisos.

De acordo com a cl.5.4.3.4.2 do EC8, que diz respeito às disposições construtivas para a ductilidade local, o valor mínimo do comprimento ( $l_c$ ), é calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$h_c \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 0.15l_w \\ 1.5b_w \end{array} \right. \quad [6.94]$$

Onde:

$l_w$  Maior dimensão em planta da parede;

$b_w$  Menor dimensão em planta da parede.

O comprimento dos pilares fictício ( $l_c$ ), medido a partir do eixo das cintas mais próximas do lado comprimido da seção é determinado de acordo com a seguinte expressão (cl5.4.3.4.2(6) do EC8):

$$l_c = x_u \left( 1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}} \right) \quad [6.95]$$

Onde:

$X_u$  Dimensão da zona comprimida no plano de flexão;

$\varepsilon_{cu2,c}$  Extensão máxima no betão confinado.

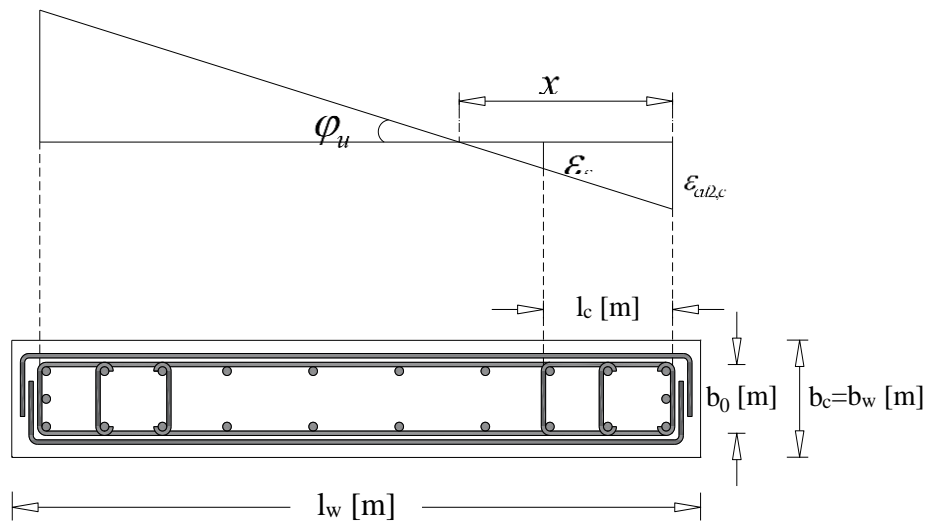
Os valores de  $X_u$  e  $\varepsilon_{cu2,c}$  podem ser calculados pelas seguintes expressões:

$$\chi_u = (v_d + \omega_v) \frac{l_w b_c}{b_0} \quad [6.96]$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \alpha \omega_{od} \quad [6.97]$$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{h_c \times b_c \times f_{cd}} \quad [6.98]$$

$$\omega_v = \frac{A_{sv}}{h_c \times b_c} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad [6.99]$$



**Figura 6.18** – Elemento de extremidade confinado de uma parede com bordos livres (Em cima: extensões na curvatura última; em baixo: seção transversal da parede) (NP EN 1998-1, 2010)

A cl5.4.3.4.2 do EC8 define que nas paredes de seção transversal retangular, a taxa mecânica volumétrica de armadura de confinamento necessária,  $\omega_{wd}$ , nos elementos de extremidade deverá satisfazer a seguinte expressão:

$$\alpha\omega_{wd} \geq 30\mu_{\phi}(\nu_d + \omega_v)\varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_0} - 0.035 \quad [6.100]$$

De acordo com a cl5.4.3.4.2(2) do EC8, nas zonas críticas das paredes deverá utilizar-se um valor de  $\mu_{\phi}$  do fator de ductilidade em curvatura que seja pelo menos igual ao calculado a partir das expressões [6.48], sendo o valor básico do coeficiente de comportamento  $q_0$  destas expressões substituído pelo produto de  $q_0$  pelo valor máximo da relação  $M_{Ed}/M_{Rd}$  na base da parede para a situação de projeto sísmica.

Assumindo a hipótese que a relação  $M_{Ed}/M_{Rd}$  é igual a 1, o valor de ductilidade em curvatura, neste caso é igual ao valor calculado para as vigas, isto é,  $\mu_{\phi}=3$ .

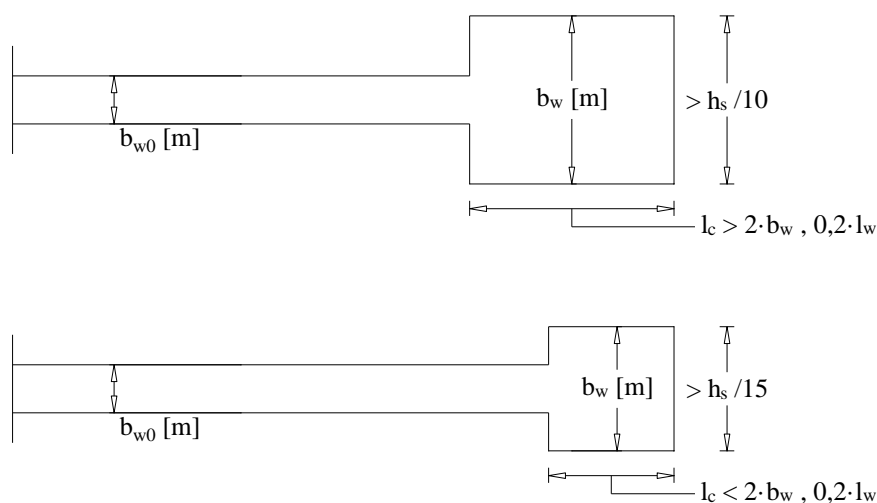
De acordo com a cl5.4.1.2.3 do EC8, a espessura da alma,  $b_{w0}$ , (em metros) deverá satisfazer a seguinte expressão:

$$b_{w0} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 0,15 \\ h_s / 20 \end{array} \right. \quad [6.101]$$

Onde:

$h_s$  é a altura livre do piso em metros.

O EC8 aplica requisitos adicionais no que respeita à espessura dos pilares fictícios. A espessura  $b_w$  das partes confinados da seção da parede (elementos de extremidade) não deverá ser inferior a 200mm. Além disso, se o comprimento da parte confinada não for superior ao maior dos valores  $2b_w$  e  $0,2l_w$ ,  $b_w$  não deverá ser inferior a  $h_s/15$ , sendo  $h_s$  a altura do piso. Se o comprimento da parte confinada for superior ao maior dos valores  $2b_w$  e  $0,2l_w$ ,  $b_w$  não deverá ser inferior a  $h_s/10$  segundo a cl5.4.3.4.2(10) do EC8.

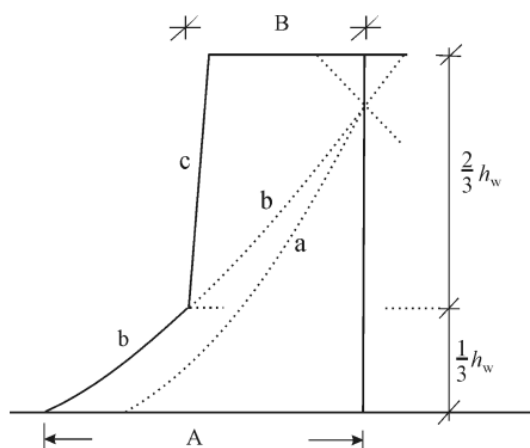


**Figura 6.19** – Espessura mínima de elementos de extremidade confinados (NP EN 1998-1, 2010).



### 6.6.5 Dimensionamento

De acordo com a cl5.4.2.4. (8), para ter em conta as incertezas relacionadas com os efeitos dos modos mais elevados nos sistemas mistos contendo paredes esbeltas, deverá utilizar-se uma envolvente de cálculo dos esforços transversos.



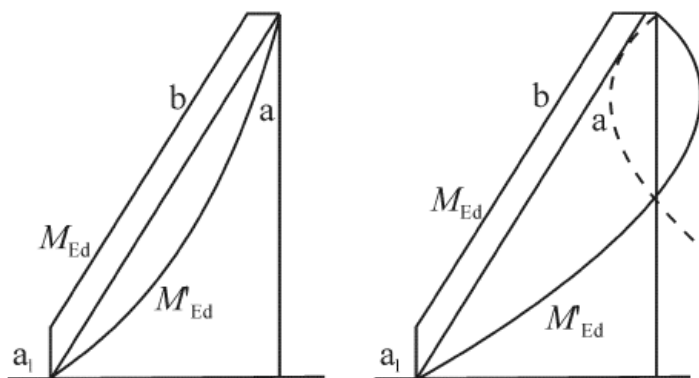
#### Legenda:

- a diagrama dos esforços transversos obtidos da análise
- b diagrama dos esforços transversos majorados
- c envolvente de cálculo
- A  $V_{\text{parede,base}}$
- B  $V_{\text{parede,topo}} \geq V_{\text{parede,base}}/2$

**Figura 6.20** – Envolvente de cálculo dos esforços transversos nas paredes (NP EN 1998-1, 2010).

Devem ser tidas em conta as incertezas na distribuição de momentos ao longo da altura de paredes sísmicas primárias esbeltas (com uma relação altura-comprimento  $h_w/l_w$  superior a 2,0) (cl5.4.2.4(4) do EC8)

De modo a satisfazer o requisito estipulado na cl5.4.2.4(4) do EC8, o EC8 apresenta procedimento simplificado, independentemente do tipo de análise utilizada, ou seja, o diagrama dos valores de cálculo dos momentos fletores ao longo da estrutura da parede deverá ser determinado por uma envolvente do diagrama dos momentos fletores obtido da análise e deslocado verticalmente. Poderá admitir-se que a envolvente é linear se a estrutura não apresentar discontinuidades significativas de massa, de rigidez ou de resistência ao longo da sua altura.



**Legenda:**

- a diagrama dos momentos obtido da análise
- b envolvente de cálculo
- a<sub>1</sub> deslocamento vertical (*tension shift*)

**Figura 6.21** – Envolvente de cálculo dos momentos flectores em paredes esbeltas (Sistema Paredes) (NP EN 1998-1, 2010)

O valor correspondente ao deslocamento vertical (a<sub>1</sub>) é determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$a_1 = Z \cdot \cot(\theta) \quad [6.102]$$

Onde:

- z Braço interior da parede;
- $\theta$  Ângulo de inclinação das escoras.

Para exemplificar o dimensionamento tomamos o caso da parede Pb1, que apresenta as seguintes dimensões:

**Tabela 6.45** - Dimensão da parede exemplo.

Parede	bw[m]	h <sub>w</sub> [m]	h <sub>s</sub>
Pb1	0,20	3,65	3,35

A espessura da parede satisfaz a expressão [6.101], pode-se observar na Tabela 6.46:

**Tabela 6.46** - Verificação da espessura da alma.

Parede	Piso	bw0	$b_{w0} \geq \max(0,15; h_s/20)$
Pb1	0	0,20	Ok

Para o comprimento mínimo regulamentar dos elementos de extremidade da parede exemplo, e de acordo com a expressão [6.94] obteve-se a seguinte tabela:

**Tabela 6.47** - Valores mínimos das extensões dos elementos de extremidade da parede-exemplo.

Parede	$0,15l_w$	$1,5b_w$	$l_c$
Pb1	0,55	0,30	0,55

A tabela 6.59, que se segue apresenta o valor máximo das extensões que os pilares fictícios da parede-exemplo podem ter.

**Tabela 6.48** - Valores máximos das extensões dos elementos de extremidade da parede-exemplo.

Paredes	$2b_w$	$0,2l_w$	$l_c$
Pb1	0,40	0,73	0,73

Tendo em consideração os limites (máximos e mínimos) das extensões dos elementos de extremidade adotou-se o valor de  $l_c=0.60$  m para os pilares fictícios da parede exemplo (Pb1).

**Tabela 6.49** - Valores de altura de zona crítica para a parede exemplo.

Paredes	$h_w$	$l_w$	$h_w/6$	$h_s$	$2l_w$	$h_{cr}$
Pb1	26,49	3,65	4,42	3,35	7,3	4,42

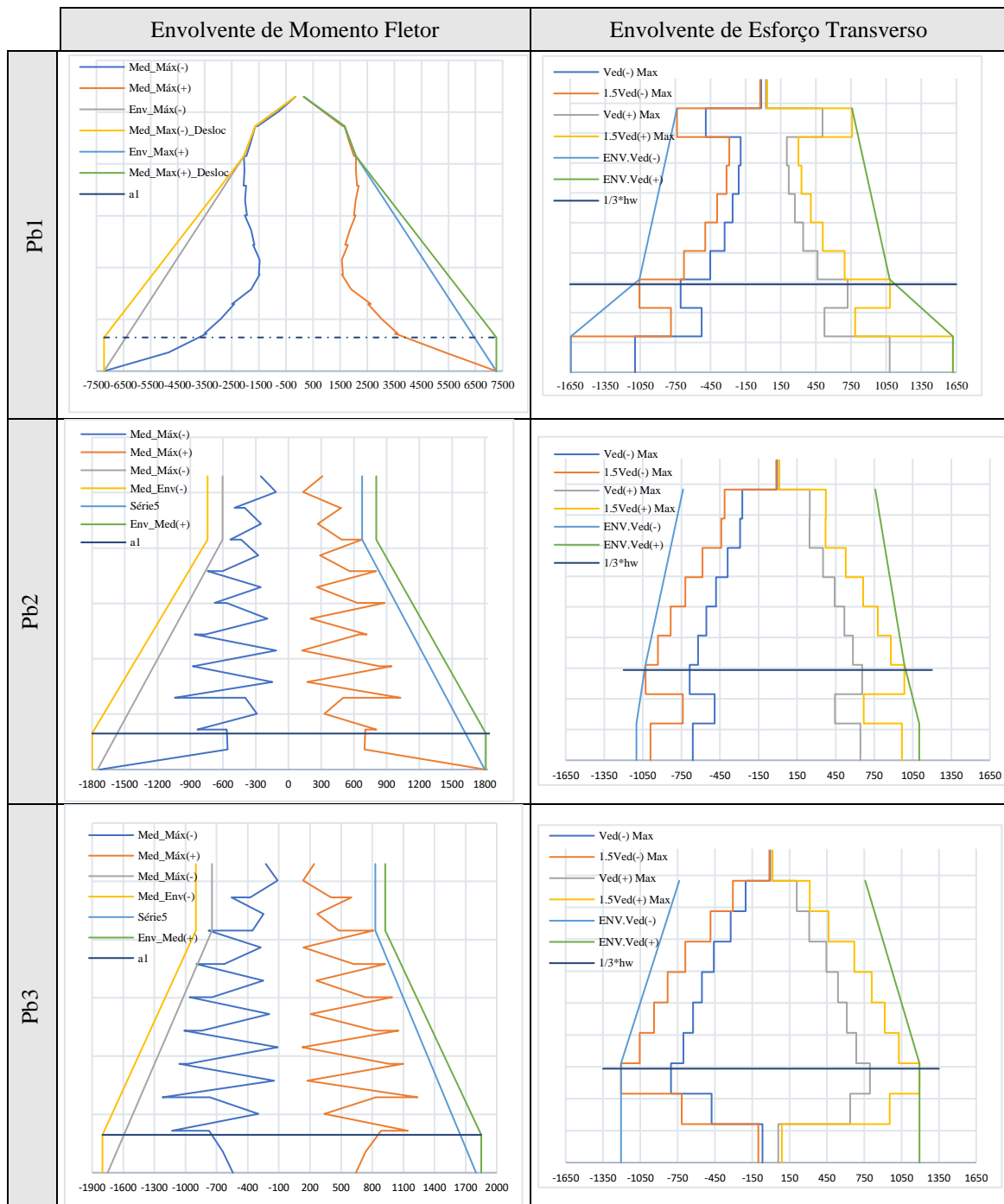
Analisando a Tabela 6.49, pode-se observar que a altura crítica é 4,42m, que é superior a 3,35m que é altura do rés do chão, logo toda altura do rés do chão é considerada como zona crítica.

Para o dimensionamento das armaduras (longitudinais e transversais) das paredes, os esforços atuantes de cálculo foram determinados, considerando a ação sísmica mais desfavorável.

**Tabela 6.50** - Características gerais e regulamentares da parede exemplo.

Parede	$b_w$ [m]	$l_w$ [m]	$z$ [m]	$l_c$ [m]	$l_{alma}$ [m]	$h_{cr}$ [m]
Pb1	0,20	3,65	3,05	0,6	2,45	4,42

Em seguida são apresentadas as envolventes dos momentos fletores e dos esforços transversos atuantes nas paredes que compõem o núcleo do elevador.



**Figura 6.22** – Envolventes de cálculo dos momentos fletores e dos esforços transversos nas paredes existentes do edifício em estudo.

Nas Tabela 6.51 e Tabela 6.52 apresentam-se os valores dos momentos fletores e dos esforços axiais na parede exemplo, assim como as forças de tração e as respetivas armaduras longitudinais adotadas nos pilares fictícios.

**Tabela 6.51** - Armadura longitudinal nos pilares fictícios (PF2) da parede Pb1.

Armadura de flexão-PF2								
Parede	Piso	PB2		PB1		Fs [kN]	As [cm <sup>2</sup> ]	Ø
		Medx	Ned	Med <sub>y</sub>	Ned			
PB1	8	310,188	-134,038	-1557,370	-340,940	466,992	----	12Ø16
	7	417,968	-240,753	-1967,024	-553,690	508,935	11,70	12Ø16
	6	444,834	-367,830	-2049,500	-700,512	415,817	----	12Ø16
	5	430,579	-485,130	-2143,350	-884,770	286,900	----	12Ø16
	4	379,329	-592,218	-2020,800	-1051,290	77,884	----	12Ø16
	3	295,308	-690,479	-1715,450	-1197,940	-197,200	----	12Ø16
	2	338,208	-800,961	-2493,620	-1379,700	-61,370	----	12Ø16
	1	271,351	-892,128	-3510,130	-1479,340	134,723	----	16Ø16
	0	1781,220	-990,240	-7220,380	-1588,690	2191,135	50,37	16Ø20

**Tabela 6.52** - Armadura longitudinal nos pilares fictícios (PF1) da parede Pb2.

Armadura de flexão-PB1:PF1							
Parede	Piso	PB2		Fs [kN]	As [cm <sup>2</sup> ]	Ø	A <sub>Sef</sub> [cm <sup>2</sup> ]
		Medx	Ned				
PB2	8	310,188	-134,038	126,85	----	6Ø16	12,09
	7	417,968	-240,753	140,85	3,24	6Ø16	12,09
	6	444,834	-367,830	94,11	----	6Ø16	12,09
	5	430,579	-485,130	26,55	----	6Ø16	12,09
	4	379,329	-592,218	-59,03	----	6Ø16	12,09
	3	295,308	-690,479	-160,67	----	6Ø16	12,09
	2	338,208	-800,961	-189,10	----	6Ø16	12,09
	1	271,351	-892,128	-276,47	----	6Ø16	12,09
	0	1781,220	-990,240	618,14	14,21	6Ø20	18,85

Como se pode observar nas Tabela 6.51 Tabela 6.52 em alguns pisos a força resultante corresponde a força de compressão, visto que o betão tem alta resistência a forças de compressão, nos pilares fictícios desses pisos considera-se uma armadura superior à mínima.

Na tabela que se segue, é apresentado o valor de armadura regulamentar (mínima e máxima) e armadura adotada na alma da parede exemplo.

**Tabela 6.53** - Armadura mínima e máxima e armadura adotada na alma da parede exemplo.

Pared e	A <sub>s,v,min</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,v,max</sub> [cm <sup>2</sup> /m ]	Pormenorização cada face	A <sub>s,v,adotado</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s,v</sub> [cm <sup>2</sup> ]
Pb1	14,60	292,00	Ø10//0.10	15,7	38,47

Aplicando a expressão [6.91] determina-se a área de armadura na zona da alma (Tabela 6.54).

**Tabela 6.54** - Valores do esfoço transverso áreas de armaduras da alma da parede exemplo.

Parede	$A_{s,v,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$0,25A_{s,v,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$0,001A_c$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,h}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,h,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Arm. Prom
Pb1	15,70	3,925	4,9	4,9	5,03	Ø8/0.20

Na Tabela 6.55, é apresentado o valor do esforço transverso máximo resistente da parede exemplo.

**Tabela 6.55** - Esforço transverso máximo resistente na parede exemplo segundo x.

Pb1	$\alpha_{cw}$	$\theta$ (°)	$b_w$ [m]	$d$ [m]	$Z$ [m]	$VRd,max$ [kN]
	1	45	0,2	3,620	3,258	3440,45

O cálculo da taxa mecânica de armadura vertical na alma, recorrendo à expressão [6.99], origina os seguintes valores:

**Tabela 6.56** - Taxa de armadura na alma.

Parede	$A_{sv}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	$\rho\%$	$\omega_v$
Pb1	15,7	0,49	0,320	0,0697

No que se refere ao espaçamento mínimo das armaduras de confinamento nas zonas críticas foi, de igual modo aos pilares, obtido pela expressão [6.72]:

**Tabela 6.57** - Espaçamento máximo da armadura transversal nas zonas críticas da parede exemplo (Pb1).

Parede	$b_0$ [mm]	$d_{bL}$ [mm]	$S_{máx}$ [mm]	$S_{adotado}$ [mm]
Pb1	530	20	160	100

A Tabela 6.58 apresenta os valores do esforço transverso dos pilares fictícios da parede exemplo obtidos no modelo de cálculo e as respetivas áreas de armaduras.

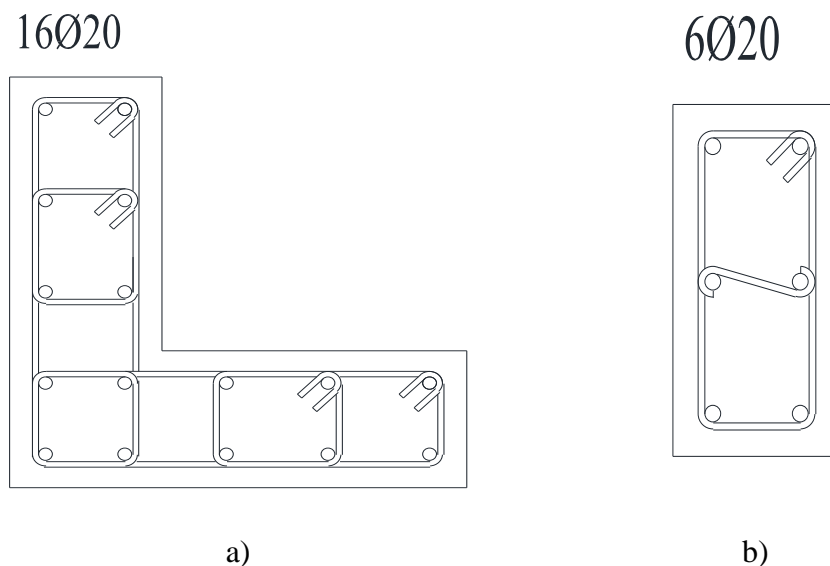
**Tabela 6.58** - Valor de esforço transverso de cálculo na parede exemplo (Pb1).

Parede	Piso	V <sub>ed,Modelo</sub> [kN]	V <sub>ed,Calculo</sub> [kN]	Z [m]	A <sub>s,h</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Ø	A <sub>s,héf</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	V <sub>Rds,x</sub> [kN]
Pb1	Piso 8	505,37	758,06	3,25	5,36	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 7	200,21	300,31	3,25	2,12	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 6	218,20	327,29	3,25	2,31	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 5	270,81	406,21	3,25	2,87	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 4	339,67	509,50	3,25	3,60	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 3	463,22	694,83	3,25	4,91	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 2	720,95	1081,42	3,25	7,64	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 1	523,60	785,40	3,25	5,55	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 0	1080,07	1620,11	3,25	11,45	Ø10//0.10	15,70	1776,76

Com base na armadura de cintagem apresentada na Figura 6.23 (Pormenorização), efetuou-se a verificação e comparação entre a taxa de armadura necessário e taxa de armadura adotada ( $\omega_{wd}$ ), utilizando para tal as expressões [6.98], [6.99] e [6.100]:

**Tabela 6.59** - Características do núcleo de betão dos pilares fictícios.

Parede	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
Pb1	0,60	0,20	0,530	0,130
Pb2	0,20	0,40	0,130	0,330



**Figura 6.23** – Pormenorização das armaduras do pilar fictício, a) pilar fictício 2, b) pilar fictício 1.

- 1º Membro da expressão [6.100] do pilar fictício 2

**Tabela 6.60** - 1º Membro, para a verificação do confinamento dos pilares fictícios.

Parede	s[m]	$\sum b_r^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$
Pb1	0,100	0,227	0,8653	0,768	0,665	0,02809	0,000167	0,130	0,086

- 2º Membro da expressão [6.100] do pilar fictício 2

**Tabela 6.61** - 2º Membro, para a verificação do confinamento dos pilares fictícios.

Parede	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu_\phi$	$\omega_v$	N <sub>ed</sub>	V <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu_\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
Pb1	0,60	1,13	4,5	0,070	1289,47	0,088	0,00218	0,0176

Conclui-se que a armadura de cintagem adotada é suficiente de acordo com as exigências de confinamento presentes no EC8, visto que a expressão [6.100] é verificada e a taxa de armadura é superior ao valor mínimo de 0,08.

Por fim, é necessário realizar a verificação dos valores adotados para o comprimento ( $l_c$ ) do pilar fictício para a parede exemplo. Deste modo foi calculado o comprimento de acordo com as seguintes expressões [6.95], [6.96] e [6.97] obtendo-se os seguintes valores:

**Tabela 6.62** - Valores de cálculo da linha neutra e do comprimento dos elementos de extremidade

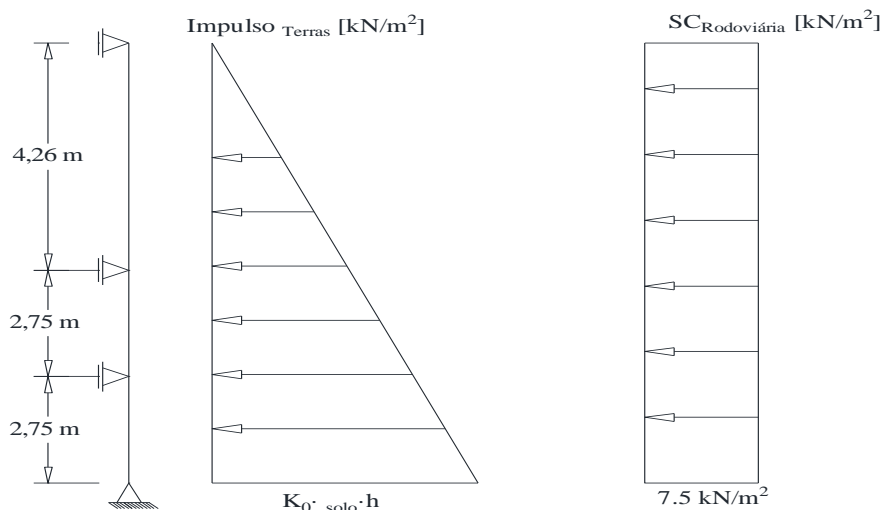
Parede	$\epsilon_{cu2}$	$\epsilon_{cu2,c}$	$l_w$ [m]	$x_u$ [m]	$l_c$ [m]	$l_{c,min}$ [m]	$l_{c,máx}$ [m]	$l_{c,adotado}$
Pb1	0,0035	0,0121	3,65	0,653	0,46	0,55	0,73	0,60

## 6.7 Muro de Suporte

O dimensionamento do muro de suporte, foi efetuado através de um modelo simplificado. Para o cálculo dos esforços atuantes sobre o muro de suporte, considerou-se a resultante do impulso de terras, e uma sobrecarga rodoviária regulamentar de 10 kN/m<sup>2</sup>.

Tal como pode observar-se na Figura 6.24, no modelo de cálculo considerou-se que o muro de suporte se encontra totalmente enterrado e possui uma altura de 9.98 metros, que corresponde à altura da cave.





**Figura 6.24** – Murro de Suporte.

**Tabela 6.63** - Características dos muros de suporte.

esp [m]	c[m]	d[m]	b[m]
0,4	0,03	0,356	1

Para efeitos de calculo considerou-se que o solo possui as seguintes características:

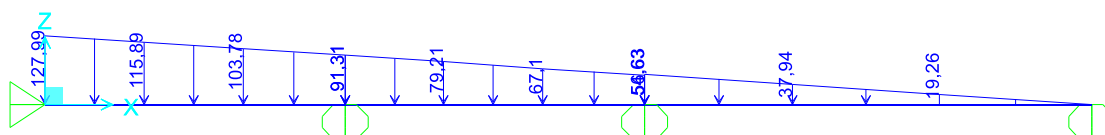
- Peso Volúmico do solo ( $\gamma_{\text{solo}} = 19 \text{ kN / m}$ );
- Ângulo de atrito interno ( $\phi = 30^\circ$ );
- Coeficiente de impulso em repouso ( $k_0 = 1 - \text{sen}(\phi) \Rightarrow k_0 = 0.5$ ).

Para o cálculo das cargas atuantes nos muros de suporte, utilizou-se as seguintes expressões:

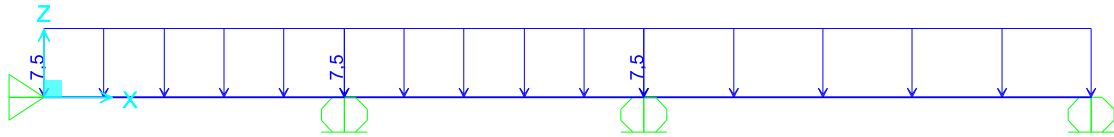
$$I_{\text{Total}} = \gamma_{\text{Solo}} \times h \times K_0 \times \gamma_{\text{Gdesf}} + SC_{\text{rodoviario}} \times K_0 \times \gamma_{\text{Qdesf}} \quad [6.103]$$

$$I_{\text{Total}} = 19 \times 9,98 \times 1,35 \times 0,5 + 10 \times 0,5 \times 1,5 = 135,49 \text{ kN/m}$$

Nas Figura 6.25 e Figura 6.26 , são apresentados os modelos de cálculo utilizado no dimensionamento dos muros de suporte e os carregamentos considerados.

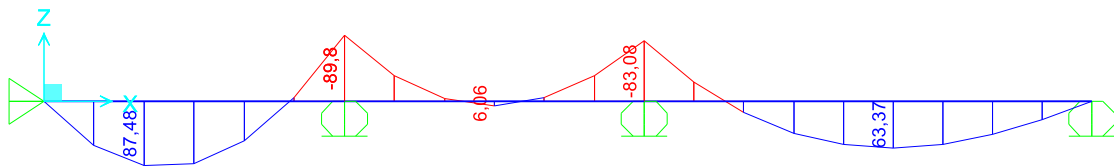


**Figura 6.25** – Impulso de terras.



**Figura 6.26** – Impulso devido a sobrecarga rodoviária regulamentar.

Com base nestes valores foi efetuado o cálculo do momento fletor máximo indicado na Figura 6.27, obtendo-se de forma semelhante ao realizado no cálculo das lajes, os valores de armadura para o momento fletor calculado indicados na tabela seguinte:



**Figura 6.27** – Momentos fletores devido aos impulsos.

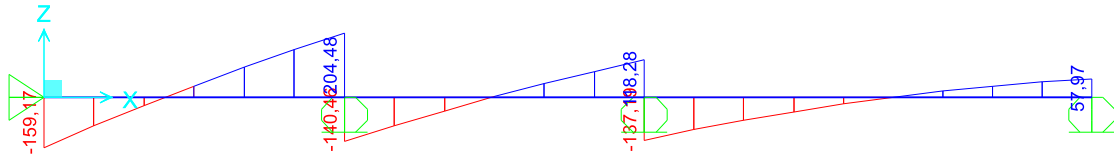
**Tabela 6.64** - Valores de armadura adotadas no muro de suporte [Flexão].

Face	$M_{Ed}$ [kN.m/m]	$\mu$	$\omega$	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_s$ adotada [cm <sup>2</sup> /m]	$x$ [m]	$M_{Rd}$ [kN.m/m]	$\emptyset$ Adotado
Apoio	87,48	0,035	0,036	5,084	7,85	0,0213	121,274	$\emptyset 10//0.10$
1/2 vão	89,80	0,035	0,037	5,224	7,85	0,0213	121,274	$\emptyset 10//0.10$

Com base na armadura adotada foi calculado o valor do esforço transversal resistente do muro, de modo a verificar a necessidade de utilizar armaduras para resistir ao esforço transversal.

**Tabela 6.65** - Valor de esforço transversal sem armadura [Muro de suporte].

$h$ [m]	$d$ [m]	$k$	$A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> ]	$p_l$	$V_{rd,c}$ [kN]
0,40	0,356	1,750	7,850	0,002	140,303



**Figura 6.28** – Esforço transversal devido aos impulsos.

Como se pode observar é necessário adotar armadura de esforço transversal visto que o valor máximo de esforço transversal ( $V_{ed,máx}$ ) excede o valor do esforço transversal sem armadura  $V_{rd,c}$ .

**Tabela 6.66** - Valor de esforço transversal resistente [Muro de suporte].

$V_{Ed}$ [kN]	$\cotg(\theta=30^\circ)$	$f_{yd}$ [Mpa]	$A_{sw}/s$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{sefetiva}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Pormenorização
204,48	1,73	435	8,48	10,06	Ø8//0.10

## 6.8 Fundações

segundo a cl.4.4.2.6 (4) do EC8, os esforços necessários à verificação da segurança dos elementos de fundação, devem ser obtidos com base nos princípios do cálculo pela capacidade real, considerando eventuais sobrerresistências.

Para satisfazer o princípio da capacidade real para as fundações de elementos verticais isolados (paredes ou pilares) e das vigas de fundação, os valores dos esforços atuantes devem ser determinados pela expressão:

$$E_{Fd} = E_{F,G} + \gamma_{Rd} \Omega E_{F,E} \quad [6.104]$$

Onde:

- $\gamma_{Rd}$  Coeficiente de sobrerresistência. Igual a 1.0 para  $q \leq 3$ ;
- $E_{F,G}$  Efeito das ações não sísmicas incluídas na combinação de ações para a situação sísmica de cálculo;
- $E_{F,E}$  Efeito da ação resultante da análise para a ação sísmica de cálculo;
- $\Omega$  Valor de  $(R_{di}/E_{di}) \leq q$  da zona dissipativa ou do elemento  $i$  da estrutura que tem a maior influencia no efeito  $E_F$  considerado;
- $R_{di}$  Valor de cálculo da resistência da zona ou do elemento  $i$ ;

$E_{di}$  Valor de cálculo do efeito da ação na zona ou no elemento  $i$  para a situação de projeto sísmica.

De acordo com a cl.4.4.2.6 (5) do EC8, para as fundações dos elementos verticais  $\Omega$  é o valor mínimo da relação  $M_{Rd}/M_{Ed}$  nas duas direções ortogonais principais. Neste projeto considerou-se,  $\Omega = 1$ , tornando assim a expressão [6.104] na combinação sísmica de cálculo definida no EC0.

O valor de diâmetro mínimo recomendado para sapatas de pilares ou de paredes em Portugal é de 10 mm (cl.9.8.2.1 (1) do EC2).

### 6.8.1 Sapatas

As sapatas estão interligadas por vigas de fundação em ambas as direções, formando assim, um sistema que distribui horizontalmente os carregamentos ao nível das fundações e por esse motivo o dimensionamento é feito apenas para o esforço axial, visto que os momentos flectores transmitidos à fundação são absorvidos pela viga de fundação.

O dimensionamento das sapatas é composto por duas etapas, cálculo das dimensões geométricas e cálculo da área de armadura.

Para o dimensionamento, inicialmente foi feita uma comparação dos esforços entre a Combinação Sísmica de projeto e a Combinação GEO, presente na cl.6.4.3.2 do EC0, de modo a verificar a combinação condicionante. O valor do esforço axial condicionante foi majorado em 10% de modo a considerar à partida o peso próprio da sapata. Este valor do esforço axial, depois de conhecer as dimensões reais da sapata é corrigido em função das mesmas. O processo de pré-dimensionamento e de dimensionamento das sapatas, é um processo iterativo, de acordo com a expressão[3.5].

Relativamente à tensão admissível do solo de fundação, devido ao carácter instantâneo da ação sísmica este valor pode ser aumentado para o dobro, permitindo assim que as dimensões das sapatas não tomem valores exagerados.

O critério da rigidez consiste em verificar se a altura das sapatas é suficiente para garantir o comportamento de sapatas rígidas. Esta verificação faz-se através da seguinte expressão:

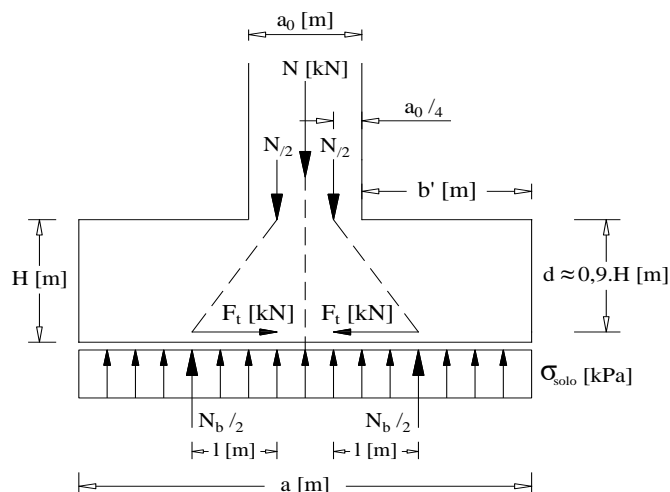
$$H \geq \frac{a'}{2} \quad [6.105]$$

Onde:

H Altura da sapata;

a' Distancia entre a face do pilar e a face exterior da sapata.

No dimensionamento das sapatas, uma vez que se adotam sapatas rígidas, recorreu-se ao método das bielas aplicado a sapatas isoladas (com carregamento centrado), esquematizado na figura seguinte:



**Figura 6.29** – Representação esquemática do cálculo das armaduras pelo Método das Bielas (pilar centrado) [adaptado de Gorgulho, 2001].

A expressão que define a força de tração existente junto à base da sapata, utilizado no cálculo das armaduras é definida por:

$$Ft_{sd} = \frac{Nb_{,Ed} \times (A - a)}{8 \times d} \quad [6.106]$$

Onde:

$N_{b,Ed}$  Esforço axial retirado da combinação de cálculo corrigido na base da sapata.

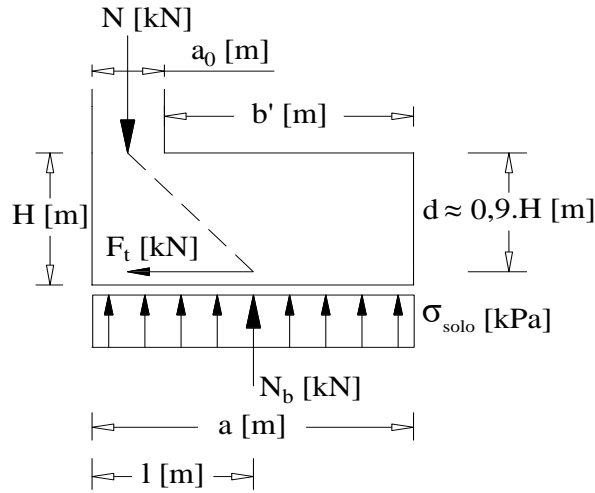
O valor da tensão do solo foi obtido pela divisão do esforço axial na base da sapata pela sua área, como apresentado na expressão:

$$\sigma_{solo} = \frac{N_{b,Ed}}{A_{sapata}} \quad [6.107]$$

De modo a verificar o estado limite último, as armaduras necessárias para resistir à tracção, determinam-se através da seguinte expressão:

$$As = \frac{Ft_{sd}}{B \cdot f_{syd}} \quad [6.108]$$

Em relação às sapatas dos muros, que são sapatas excêntricas em que os elementos verticais estão situados na extremidade da mesma, a força de tração é determinada pelo método esquematizado na Figura 6.30.



**Figura 6.30** – Representação esquemática do cálculo das armaduras pelo Método das Bielas (muro de suporte) (Gorgulho, n.d.)

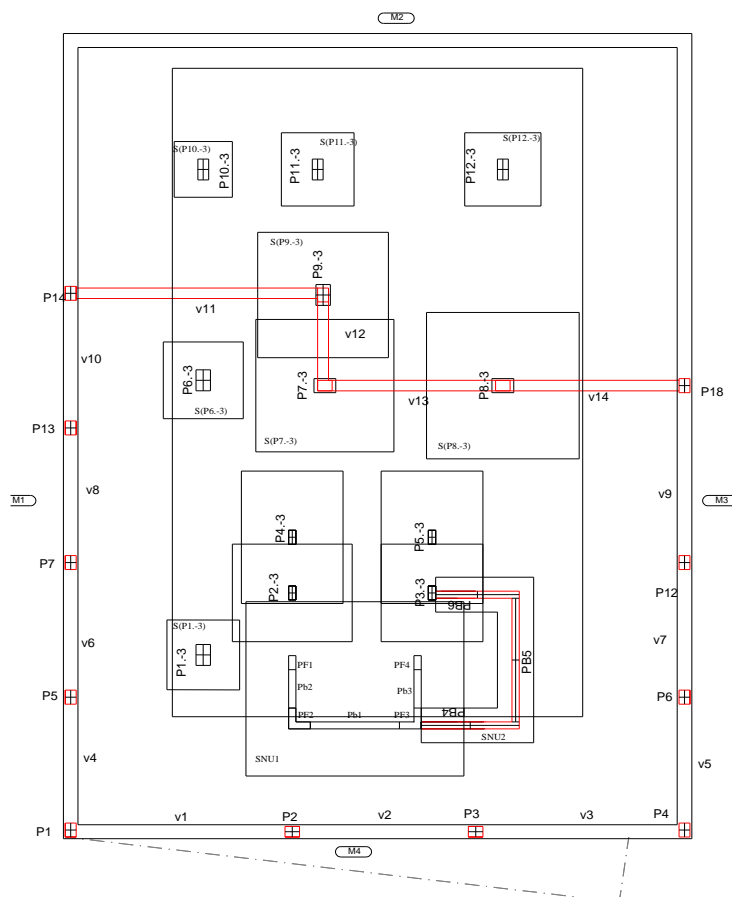
Assim a força de tração da armadura junto à base da sapata contínua, dos muros de suporte utilizada no cálculo das armaduras é definida por:

$$F_{t_{sd}} = \frac{N b_{,Ed} \times (A - a)}{2 \times d} \quad [6.109]$$

O esforço axial para as sapatas do muro de suporte de terras é retirado do modelo para toda a extensão do muro e dividido pelo seu comprimento, apresentando assim um valor de esforço vertical por metro de muro (kN/m)

Assim, a armadura para resistir à tracção pode ser obtida através da seguinte expressão:

$$A_s = \frac{F_{t_{sd}}}{f_{syd}} \quad [6.110]$$



**Figura 6.31** – Planta de fundações do edifício.

Inicialmente as fundações foram dimensionadas como sapatas isoladas e contínuas, mais depois de conhecer as dimensões das sapatas, verificou-se que a solução optada não era a mais adequada para o projeto, visto que a área das sapatas ocupa mais de 60% da área de implantação do edifício, daí o ensoleiramento geral ter sido a solução alternativa escolhida.

### 6.8.2 Ensoleiramento Geral

Em alternativa à solução anterior, optou-se pelo ensoleiramento geral. Quanto à modelação do ensoleiramento geral este foi representado por elemento “Shell-tchich” com espessura constante e admitiu-se um betão C30/37 e A500Nr na sua constituição. Para simular o solo no meio elástico, recorreu-se à colocação de molas, com rigidez calculada de acordo com a expressão [6.112] (Barkan).

No pré-dimensionamento do ensoleiramento geral, inicialmente começou-se por identificar a maior distancia entre elementos estruturais verticais (em m), constatou-se

que a maior distancia,  $l$ , é de 5,1m. Foi utilizada a expressão [6.111], que conduziu à uma espessura de 81cm, de forma a uniformizar foi aproximada para 1m de espessura.

$$h = 10 \times L + 30 \quad [6.111]$$

Onde:

$h$  Espessura da laje de ensoleiramento, em cm;

$L$  Maior distância entre elementos estruturais verticais, em m.

$$K_v = \frac{E_c}{2 \times (1 + \nu)} \times B_z \times \sqrt{B \times L} \quad [6.112]$$

Onde:

$E_c$  20000 kN/m<sup>2</sup>;

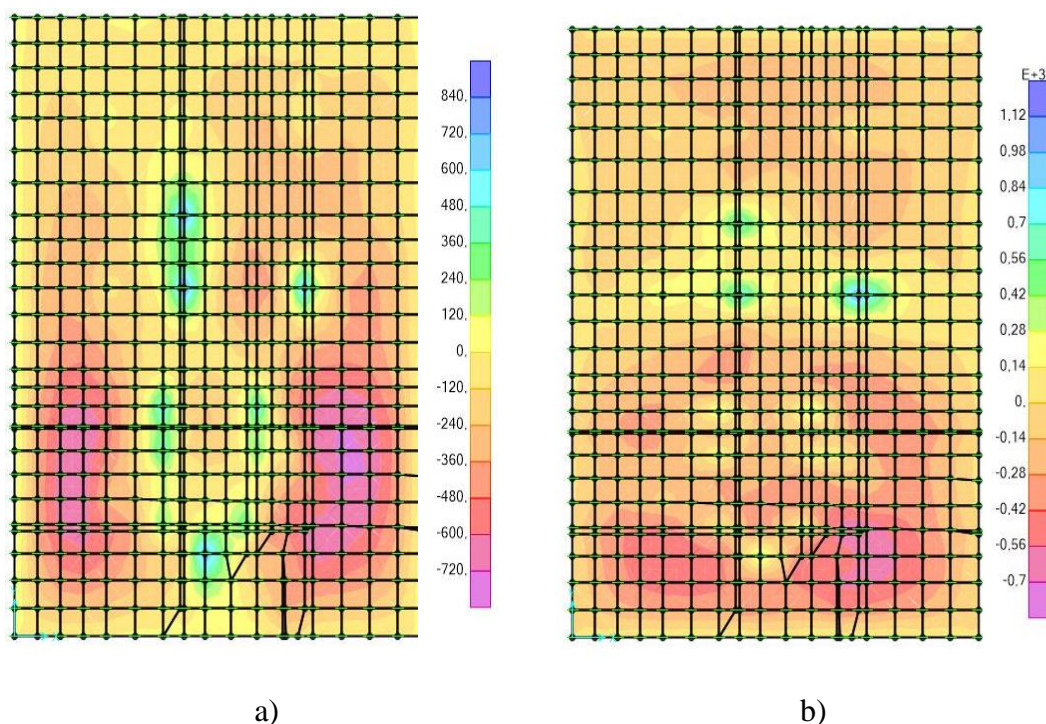
$\nu$  0,3;

$B_z$  2,1.

#### 6.8.2.1 Verificação da segurança do Ensoleiramento geral

A verificação da segurança do ensoleiramento geral começa com a verificação do Estado Limite Último de flexão. Foi feita uma análise ao modelo de calculo de modo a obter o momento fletor máximo, com base na Figura 6.32 pode ver-se os diagramas de momento segundo x e segundo y.





**Figura 6.32** – Diagramas de Esforços do ensoleiramento geral a) segundo M11, b) segundo M22.

**Tabela 6.67** - Parâmetros para a verificação dos esforços de flexão do ensoleiramento geral

Desig	$M_{Ed}$ [kN.m/m]	Esp [m]	b [m]	d [m]	fcd[Mpa]	$\mu$
M <sub>11</sub>	781,74	1	1	0,97	20	0,042
M <sub>22</sub>	1110,07	1	1	0,97		0,059

Recorrendo à equação [6.107] procede-se à verificação da tensão na base do ensoleiramento geral , como se pode ver na Tabela 6.68.

**Tabela 6.68** - Parâmetros para a verificação da tensão do ensoleiramento geral

Laje	Area [m <sup>2</sup> ]	Espessura[m]	$\sigma_{adm}$ [Kpa]	Ned <sub>b</sub> [kN]	$\sigma_{solo}$ [kPa]	Verificação
EnSol	383,6	1,0	200	68579,5	178,8	ok

Quanto à verificação do punçoamento, pretende-se verificar que a transferência das cargas verticais dos pilares para a laje de ensoleiramento não suscita a sua rotura. Utilizando as equações apresentadas em 6.2.3, é possível obter os valores na Tabela 6.69 e assim é verificada a segurança ao punçoamento do ensoleiramento geral.

**Tabela 6.69** - Parâmetros para a verificação ao puncoamento do ensoleiramento geral

Pilar	$\beta$	k	d[m]	$\rho_l$	$v_{Rdc}$ [Mpa]	$u_1$	$V_{ed}$ [Mpa]	$V_{ed} < V_{rd,c}$
P1.-3	1,0	1,9	0,97	0,001	0,37	14,19	0,1	verifica
P2.-3	1,0	1,9	0,97	0,001	0,36	13,39	0,2	verifica
P3.-3	1,0	1,9	0,97	0,001	0,37	13,39	0,2	verifica
P4.-3	1,0	1,9	0,97	0,001	0,37	13,39	0,2	verifica
P5.-3	1,0	1,9	0,97	0,001	0,36	13,39	0,2	verifica
P6.-3	1,0	1,9	0,97	0,001	0,34	14,19	0,1	verifica
P7.-3	1,0	1,9	0,97	0,002	0,43	14,19	0,2	verifica
P8.-3	1,0	1,9	0,97	0,002	0,45	14,19	0,3	verifica
P9.-3	1,0	1,9	0,97	0,002	0,42	14,19	0,2	verifica
P10.-3	1,0	1,9	0,97	0,001	0,36	13,99	0,1	verifica
P11.-3	1,0	1,9	0,97	0,001	0,32	13,99	0,1	verifica
P12.-3	1,0	1,9	0,97	0,001	0,33	13,99	0,1	verifica

## 6.9 Estados Limites de Utilização

Os estados limites de utilização são todos aqueles que dizem respeito à impossibilidade do uso normal de uma estrutura por parte do utilizador relacionados com a sua aparência, conforto e boa funcionalidade.

Deste modo, o EC2 estipula regras para controlar e verificar estes estados limites através das seguintes cláusulas:

- Cl. 7.3 – Fendilhação;
- Cl. 7.4 – Deformação.

O EC8 ainda refere a necessidade de verificar o estado limite de limitação de danos para a ação sísmica.

### 6.9.1 Controlo da fendilhação

Segundo o EC2, pode-se efetuar o controlo da fendilhação através de um método de verificação indireto (forma simplificada), que consiste em limitar o diâmetro ou o espaçamento máximo dos varões.

O cl. 7.3.3(2) apresenta um método de verificação indireto para o controlo da fendilhação.

**Tabela 6.70** - Espaçamento máximo dos varões para o controlo da fendilhação.

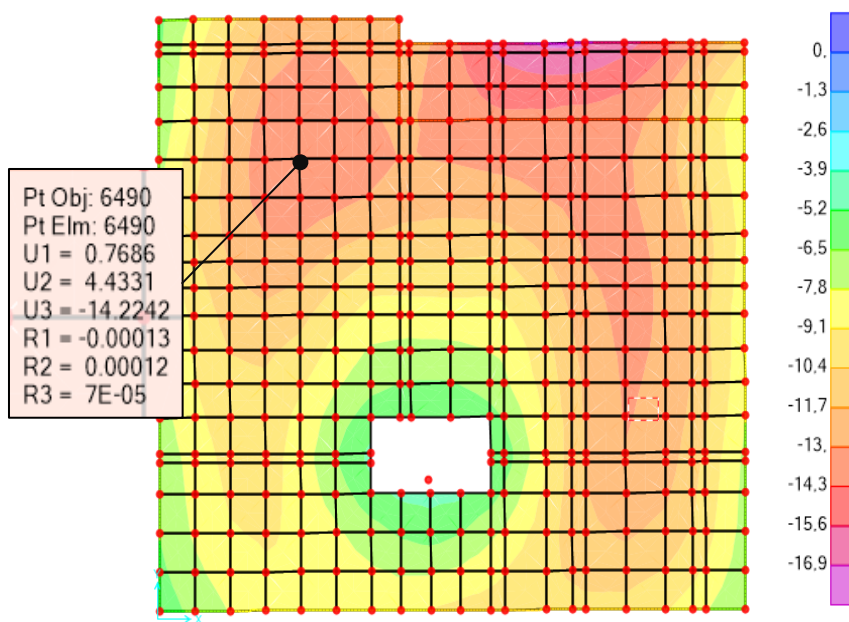
Tensão do aço [Mpa]	Espaçamento máximo dos varões [mm]		
	$\omega_k=0,4$	$\omega_k=0,3$	$\omega_k=0,2$
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

Neste projeto optou-se por limitar o valor do espaçamento máximo dos varões, considerando uma largura de fendas  $\omega_{\max}$  igual a 0.3 mm, o que obriga a que o espaçamento máximo a ser considerado no dimensionamento das armaduras das lajes é de aproximadamente 150 mm (cl.7.3.3 (2) Quadro 7.3N do EC2).

### 6.9.2 Controlo das deformações

Segundo as indicações do EC2 (NP EN 1992-1-1, 2010) deve-se assegurar que a deformação nos pisos é limitada de forma a garantir um aspeto adequado da estrutura e a não ocorrência de patologias em elementos não estruturais. Para tal, o cl. 7.4.1(4) limita a deformação ao nível de um piso em  $L/250$  para a Combinação Quase Permanente e o cl. 7.4.1(5) do EC2 define o limite em  $L/500$ , para a mesma combinação, para a deformação após a construção no caso da laje suportar paredes de alvenaria.

No modelo de cálculo efetuado no SAP2000, foram analisadas as lajes de todos os pisos de forma a localizar a zona com maior deformação para a combinação quase permanente, de modo a efetuar as verificações prescritas pelo EC2. Verificou-se que a maior flecha elástica se encontra localizada na laje do piso 8, cujo valor é de 14.22 mm, como se pode ver na figura seguinte. Ainda, na mesma zona, regista-se um valor de 27.14 kNm/m referente ao momento fletor para a combinação quase permanente ( $M_{qp}$ ).



**Figura 6.33** – Deformação do piso 8 para a combinação quase permanente de ações.

Efetua-se o cálculo da flecha considerando o estado fendilhado e não fendilhado, de acordo com as seguintes expressões:

$$a = \zeta \times a_{II} + (1 - \zeta) \times a_I \quad [6.113]$$

Onde:

- $a$  Flecha;
- $a_I$  Valor da flecha (estado não fendilhado);
- $a_{II}$  Valor da flecha (estado totalmente fendilhado);
- $\zeta$  Coeficiente de distribuição, calculado através:

$$\zeta = 1 - \beta \left( \frac{M_{cr}}{M_{qp}} \right)^2 \quad [6.114]$$

Onde:

- $\beta$  Coeficiente que tem em conta a influência na extensão média da duração ou da repetição do carregamento.  $\beta=1$  para carregamento de curta duração.  $\beta=0.5$  para carregamento de longa duração;
- $M_{qp}$  Momento resultante da combinação quase- permanente de ações;
- $M_{cr}$  Momento de fendilhação calculado através de:

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{b \times h^2}{6} \quad [6.115]$$

Onde:

$b$  Largura da seção, para laje considera-se igual a 1 m;

$h$  Altura da laje.

Deste modo, retira-se o valor da flecha do modelo de cálculo, o respectivo momento para a combinação quase permanente e ainda os valores de armadura superior e inferior da laje no ponto onde ocorre a deformação, resumidos na tabela seguinte:

**Tabela 6.71** - Espaçamento máximo dos varões para o controlo da fendilhação.

Flecha[m]	M <sub>qp</sub> kNm/m	L[m]	A <sub>s</sub> sup[cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>s</sub> inf[cm <sup>2</sup> /m]
14,22	27,14	6,95	5,24	10,48

Cálculo do momento de fendilhação, para proceder à verificação da existência de fendilhação na zona da seção determinante da laje do piso 8.

$$M_{cr} = 2,9 \times 10^3 \times \left( \frac{1 \times 0,26^2}{6} \right) = 32,67 \text{ kNm/m}$$

se:

M<sub>qp</sub> > M<sub>cr</sub> - zona fendilhada;

M<sub>qp</sub> < M<sub>cr</sub> - zona não fendilhada.

Dado que o momento de fendilhação é maior que o momento devido a combinação quase permanente no ponto onde ocorre a maior flecha temos que a flecha a curto prazo é a retirada do modelo de cálculo, sendo que M<sub>qp</sub> < M<sub>cr</sub>, logo a flecha a longo prazo, determinado considerando as características da seção determinante fendilhada é igual a zero. Assim efetuam-se os cálculos apenas para a determinação da flecha a longo prazo através do método dos coeficientes globais, como se pode observar nos seguintes cálculos:

- Coeficiente de fluência ⇒ φ = 2,5;
- Módulo de elasticidade do betão C30/37 ⇒ E<sub>cm</sub> = 33 GPa;
- Módulo de elasticidade efetivo;

$$E_{c,eff} = 1,05 \times \frac{E_{cm}}{(1 + \varphi(\infty; t_0))} \quad [6.116]$$

$$E_{c,eff} = 1,05 \times \frac{33}{(1 + 2,5)} = 9,9 GPa$$

- Módulo de elasticidade do aço A500

$$\Rightarrow E_s = 200 GPa;$$

- Coeficiente de homogeneização;

$$\alpha = \frac{E_s}{E_{c,eff}} \quad [6.117]$$

$$\alpha = \frac{200}{9,9} = 20,202$$

- Taxa de armadura inferior;

$$\rho = \frac{A_{s,inf}}{b \times d} \quad [6.118]$$

$$\rho = \frac{10,48 \times 10^{-4}}{1 \times 0,23} = 0,00455$$

$$\alpha \times \rho = 20,202 \times 0,00455 = 0,091$$

$$\beta = \frac{A_{s, sup}}{A_{s, inf}} = \frac{5,24}{10,48} = 0,5$$

Tabela ( $d/h = 0,9$ )  $\Rightarrow$

$$\begin{cases} \frac{I_I}{I_c} = 1,25 \\ \frac{I_{II}}{I_c} = 0,48 \end{cases}$$

d/h= 0.90										
$\beta$	0.00		0.25		0.50		0.75		1.00	
$\alpha\rho$	$I_I/I_c$	$I_{II}/I_c$	$I_I/I_c$	$I_{II}/I_c$	$I_I/I_c$	$I_{II}/I_c$	$I_I/I_c$	$I_{II}/I_c$	$I_I/I_c$	$I_{II}/I_c$
0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
0.02	1.04	0.13	1.05	0.13	1.06	0.14	1.07	0.14	1.08	0.14
0.05	1.09	0.29	1.12	0.29	1.14	0.30	1.17	0.30	1.19	0.30
0.10	1.17	0.49	1.23	0.51	1.28	0.52	1.33	0.53	1.38	0.54
0.15	1.25	0.66	1.34	0.69	1.42	0.71	1.50	0.73	1.58	0.75
0.20	1.32	0.79	1.45	0.84	1.56	0.89	1.67	0.93	1.77	0.96
0.25	1.38	0.91	1.55	0.99	1.70	1.05	1.83	1.11	1.96	1.16
0.30	1.44	1.01	1.65	1.12	1.83	1.21	2.00	1.28	2.15	1.35
0.35	1.50	1.10	1.75	1.24	1.97	1.36	2.17	1.46	2.34	1.54
0.40	1.55	1.19	1.85	1.36	2.10	1.50	2.33	1.62	2.54	1.72
0.45	1.60	1.26	1.94	1.47	2.24	1.65	2.50	1.79	2.73	1.91
0.50	1.64	1.33	2.03	1.58	2.37	1.78	2.66	1.95	2.92	2.09

Figura 6.34 – Momentos de inercia em seção retangulares de betão.

- Valor da flecha no estado não fendilhado

$$a_{1\infty} = (1 + \varphi) \times \frac{a_c}{\left(\frac{I_1}{I_c}\right)} \quad [6.119]$$

$$I_{1\infty} = (1 + 2,5) \times \frac{14,22}{1,25} = 39,68mm$$

- Valor da flecha a longo prazo

$$a_{\infty} = \zeta \times a_{1\infty} + (1 - \zeta) \times a_{1\infty} \quad [6.120]$$

$\zeta = 0$  para seções não fendilhadas.

$$a_{\infty} = 39,68mm$$

- Valor máximo admissível regulamentar para a flecha a longo prazo

$$\Rightarrow \frac{L}{250} = \frac{6,95}{250} = 27,8mm$$

Como a flecha a longo prazo é superior ao valor da flecha regulamentar imposta pelo EC2, não está verificado o estado limite de deformação na laje do piso 8. Neste projeto para resolver o problema optou-se por aplicar nesse ponto da laje uma contra-flecha de 1,5 cm < 2,78cm, assim conclui-se que o estado limite de deformação está verificado.

## 6.10 Limitação de Danos

De acordo com a cl.4.4.3.2 do EC8, para edifícios com elementos não estruturais constituídos por materiais frágeis fixos à estrutura (paredes de alvenaria, envidraçados), como é o caso do edifício em estudo, considera-se que o requisito de limitação de danos é verificado se os deslocamentos entre pisos, provocados por uma ação sísmica cumprirem a seguinte expressão:

$$d_r \leq 0.005h \quad [6.121]$$

Onde:

$d_r$  Valor de calculo do deslocamento entre pisos;

$h$  Altura entre pisos;

- v Coeficiente de redução que tem em conta o mais baixo período de retorno da ação sísmica associada ao requisito de limitação de danos (toma o valor de  $\nu = 0,4$  para o sismo tipo 1 e  $\nu = 0,55$  para o sismo tipo 2).

Aplicando a expressão [6.121], obtiveram-se os valores de deslocamento relativos entre pisos, para os dois tipos de ação sísmica, segundo X e Y, que são apresentados nas tabelas seguintes:

**Tabela 6.72** - Verificação da limitação de danos [Sismo 1].

Sismo 1		h(m)	d <sub>s</sub> (m)	d <sub>r</sub> (m)	d <sub>r</sub> *ν	0.005h	d <sub>r</sub> *ν ≤ 0.005h
Pisos	Direção						
Piso 1_CR	x	3,61	0,0137	0,0137	0,00548	0,0181	Verifica
	y		0,0170	0,0170	0,00680		Verifica
Piso 2_CR	x	2,86	0,0249	0,0112	0,00448	0,0143	Verifica
	y		0,0294	0,0124	0,00496		Verifica
Piso 3_CR	x	2,86	0,0366	0,0117	0,00468	0,0143	Verifica
	y		0,0419	0,0125	0,00500		Verifica
Piso 4_CR	x	2,86	0,0483	0,0117	0,00468	0,0143	Verifica
	y		0,0538	0,0119	0,00476		Verifica
Piso 5_CR	x	2,86	0,0593	0,0110	0,00440	0,0143	Verifica
	y		0,0647	0,0109	0,00436		Verifica
Piso 6_CR	x	2,86	0,0694	0,0101	0,00404	0,0143	Verifica
	y		0,0743	0,0096	0,00384		Verifica
Piso 7_CR	x	2,86	0,0783	0,0089	0,00356	0,0143	Verifica
	y		0,0823	0,0080	0,00320		Verifica
Piso 8_CR	x	2,86	0,0860	0,0077	0,00308	0,0143	Verifica
	y		0,0887	0,0064	0,00256		Verifica
Piso C_CR	x	2,86	0,0926	0,0066	0,00264	0,0143	Verifica
	y		0,0938	0,00510	0,00204		Verifica



**Tabela 6.73** - Verificação da limitação de danos [Sismo 2].

Sismo 2		h(m)	d <sub>s</sub> (m)	d <sub>r</sub> (m)	d <sub>r</sub> *v	0,005h	d <sub>r</sub> *v ≤ 0,005h
Pisos	Direção						
Piso 1_CR	x	3,61	0,0064	0,0064	0,0035	0,0181	Verifica
	y		0,0078	0,0078	0,0043		Verifica
Piso 2_CR	x	2,86	0,0115	0,0051	0,0028	0,0143	Verifica
	y		0,0135	0,0057	0,0031		Verifica
Piso 3_CR	x	2,86	0,0169	0,0054	0,0030	0,0143	Verifica
	y		0,0193	0,0058	0,0032		Verifica
Piso 4_CR	x	2,86	0,0222	0,0053	0,0029	0,0143	Verifica
	y		0,0247	0,0054	0,0030		Verifica
Piso 5_CR	x	2,86	0,0273	0,0051	0,0028	0,0143	Verifica
	y		0,0297	0,0050	0,0028		Verifica
Piso 6_CR	x	2,86	0,0319	0,0046	0,0025	0,0143	Verifica
	y		0,0341	0,0044	0,0024		Verifica
Piso 7_CR	x	2,86	0,0360	0,0041	0,0023	0,0143	Verifica
	y		0,0378	0,0037	0,0020		Verifica
Piso 8_CR	x	2,86	0,0395	0,0035	0,0019	0,0143	Verifica
	y		0,0408	0,0030	0,0017		Verifica
Piso C_CR	x	2,86	0,0426	0,0031	0,0017	0,0143	Verifica
	y		0,0431	0,0023	0,0013		Verifica

Pela análise das tabelas anteriores, uma vez que a expressão [6.121] é verificada, conclui-se que os deslocamentos tomam valores sempre inferiores ao limite máximo definido pelo EC8, cumprindo-se assim o requisito de limitação de danos.



---

## CONCLUSÃO

Este trabalho final do mestrado, teve por base um projeto de estruturas e fundação de um edifício em betão armado situado em Lisboa, onde foi possível percorrer todas as fases principais da elaboração de um projeto de estruturas, desde a análise da arquitetura do edifício, conceção da estrutura, pré-dimensionamento estrutural, modelação, análise de resultados, dimensionamento dos elementos estruturais bem como a pormenorização de acordo com os eurocódigos estruturais.

O desenvolvimento deste projeto, que teve por base a aplicação do EC8 em combinação com o EC2, representou um desafio devido à sua complexidade na correcta contabilização da ação sísmica. O EC8 introduz conceitos novos relativos à classificação da estrutura, coeficiente de comportamento sísmico, classe de ductilidade e da aplicação do cálculo pela capacidade real de modo a tirar partido da ductilidade dos materiais estruturais, garantindo a hierarquização na formação de rotulas plásticas e garantia de mecanismo de rotura dúctil. Partiu-se do projeto de arquitetura e a partir do mesmo, são definidas as suas principais características: localização e área de implantação em planta, número de pisos abaixo e acima do solo, divisão do espaço em planta com a definição aproximada ou exata da localização das divisões, elementos de ligação vertical. A partir daí foi preciso conceber uma solução estrutural de modo a suportar todas as ações a que o edifício poderá vir a estar sujeito, com um grau de probabilidade mínimo, durante a sua vida útil. Feita a conceção da estrutura, seguiu-se a fase de análise dos efeitos que as diferentes ações provocam na estrutura, quantificadas principalmente em termos de forças internas nos elementos da estrutura. Tendo os esforços internos, fez-se a verificação e

análise de cada elemento estrutural para cada estado limite. Em relação às fundações inicialmente optou-se por sapatas isoladas e contínuas, e depois de conhecer as dimensões das sapatas, verificou-se que a área das sapatas sobrepunha umas às outras e ocupando mais de 60% da área de implantação. Atendendo a este facto, recorreu-se à solução de ensoleiramento geral, que se apresentou como mais vantajosa originando uma distribuição de tensões no solo mais uniforme.

De uma maneira geral considera-se que os objetivos propostos para o projeto foram cumpridos, concluindo-se que a elaboração de um projeto deste tipo é um processo de tomada de decisões tendo sempre em atenção a aplicação dos regulamentos e que esta constitui sem dúvida um desafio interessante.

## BIBLIOGRAFIA

- Costa, A. (2014). Estruturas de Betão II. In *Folhas de Apoio*.
- CSI. (2017). *SAP2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures*.
- Gomes, M. (2016). Projeto de Fundações e Estrutura de um Hotel em Lisboa Projeto de Fundações e Estrutura de um Hotel em Lisboa. In *Trabalho de Projeto Para Obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil, Área de Especialização de Estruturas*. Instituto Superior Engenharia de Lisboa.
- Gorgulho, A. . (n.d.). *Betão estrutural II*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- LNEC. (2004). Betões. Metodologia prescritiva para uma vida útil de projeto de 50 anos e de 100 anos face às ações ambientais. *Especificação LNEC E464*.
- LNEC. (2007). Betões. Metodologia para estimar as propriedades de desempenho do betão que permitem satisfazer a vida útil de projeto de estruturas de betão armado. *Especificação LNEC E465*.
- NP EN 1990. (2009). Bases para o projeto de estruturas. *Instituto Português Da Qualidade*.
- NP EN 1991-1-1. (2009). Ações estruturas. Parte 1-1: Acções Gerais - Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios. *Instituto Português Da Qualidade*, 44.
- NP EN 1992-1-1. (2010). Projeto de estruturas de betão. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios. *Instituto Português Da Qualidade*.
- NP EN 1997-1. (2010). Projeto geotécnico. Parte 1: Regras gerais. *Instituto Português Da Qualidade*.
- NP EN 1998-1. (2010). Projeto de estruturas para resistência aos sismos - Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios. *Instituto Português Da Qualidade*.
- NP EN 206-1. (2007). Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade. *Instituto Português Da Qualidade*.
- Standard, E. (2005). *En 1998-2*.

# Desenhos

---

**Projeto de Fundações e Estrutura de um edifício de  
Habitação**

José Orlando Silva Garcia

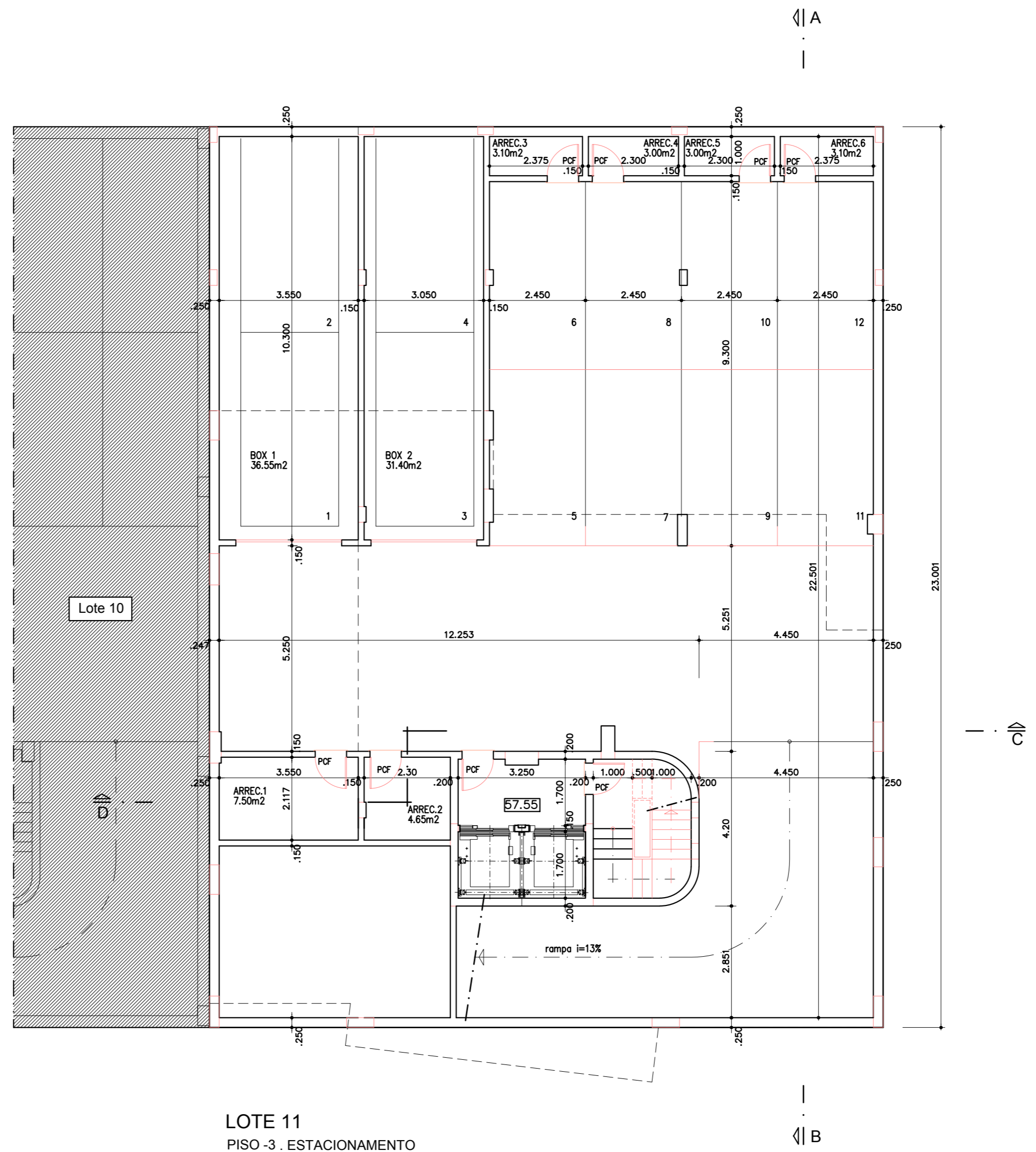
DES. N.º	DESIGNAÇÃO	ESC.	DATA
PE.1.00	Lista de Desenhos  Arquitetura	S/ESC	MAI. 2021
PA.2.01	Piso -3	1/100	MAI. 2021
PA.2.02	Piso -2	1/100	MAI. 2021
PA.2.03	Piso -1	1/100	MAI. 2021
PA.2.04	Piso 0	1/100	MAI. 2021
PA.2.05	Piso 1	1/100	MAI. 2021
PA.2.06	Piso 2/4/6	1/100	MAI. 2021
PA.2.07	Piso 3/5/7	1/100	MAI. 2021
PA.2.08	Piso 8	1/100	MAI. 2021
PA.2.09	Piso da Cobertura	1/100	MAI. 2021
PA.2.10	Corte AB	1/100	MAI. 2021

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.




ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA N°
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Lista de Desenhos	PE.1.00 (3)
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: S/ESC	ESPECIALIDADE: Arquitetura	

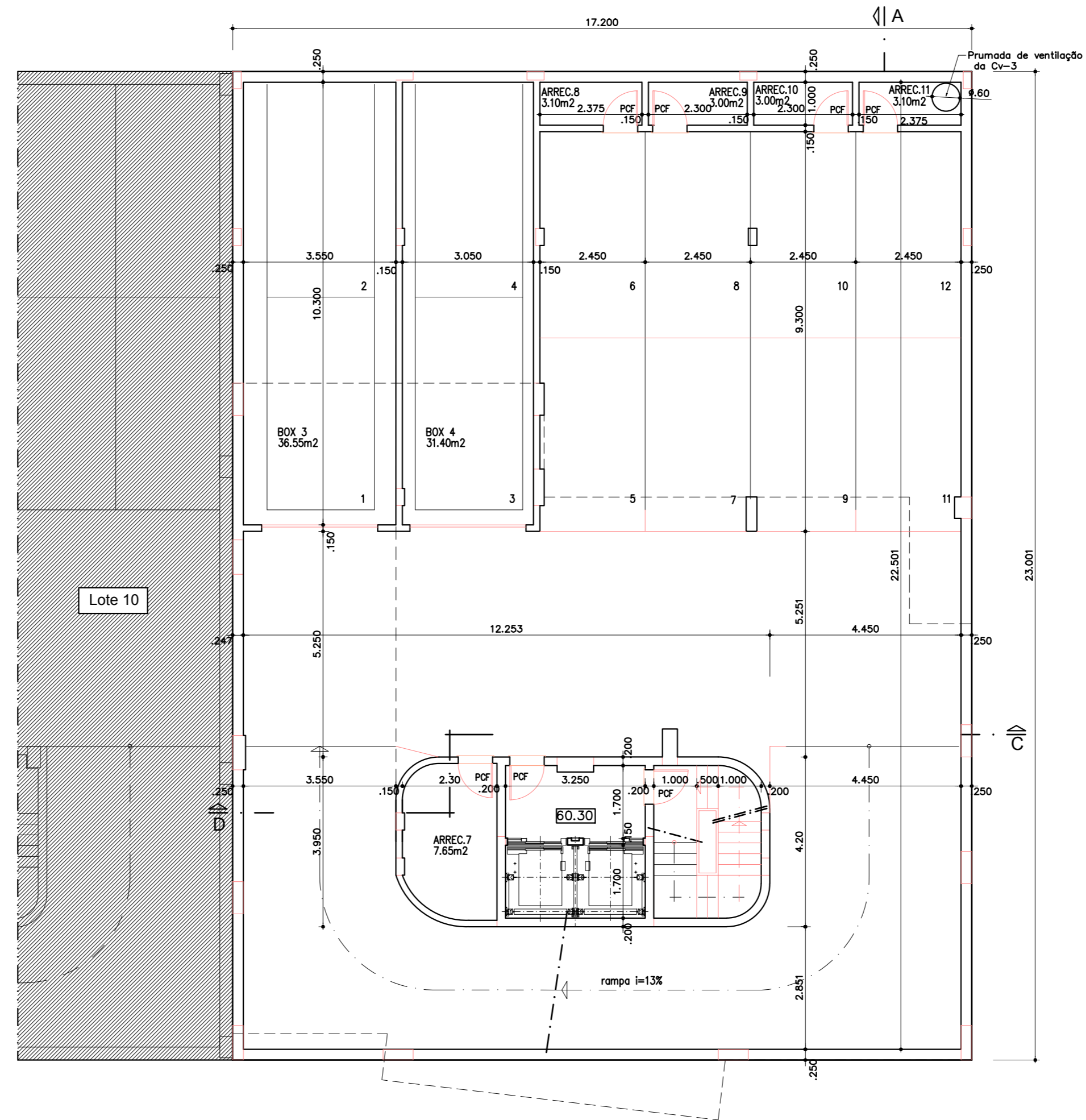


LOTE 11  
PISO -3 . ESTACIONAMENTO

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.


	<b>ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</b> Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000		
	ORIENTADOR: António Gorgulho LOCAL OBRA: Lisboa FASE: Projeto	ALUNO: José Orlando Garcia DESIGNAÇÃO: Planta Piso -3 Nº Auto: 41684   DATA: maio de 2021   ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Arquitetura

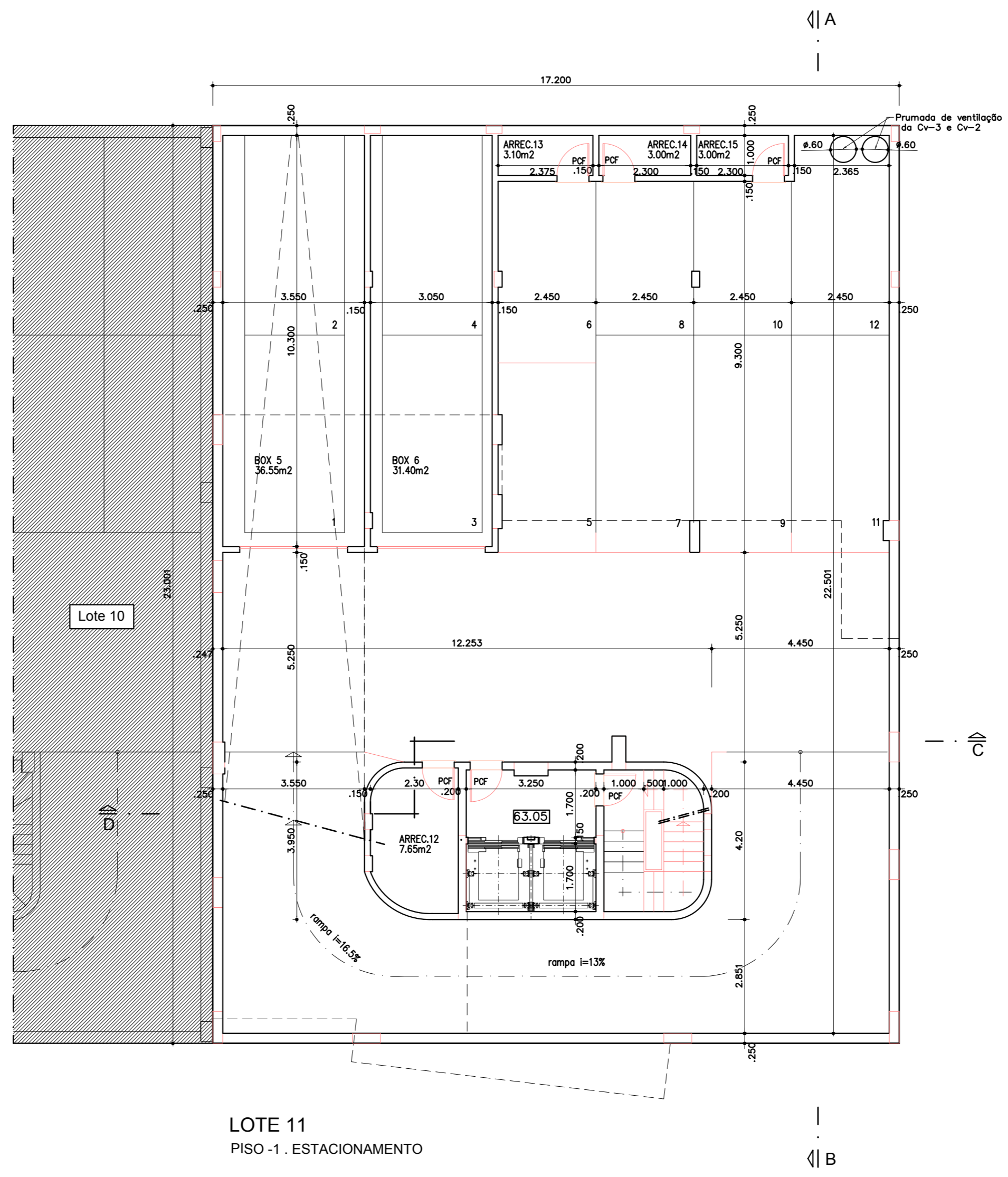




LOTE 11  
PISO -2 . ESTACIONAMENTO


Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

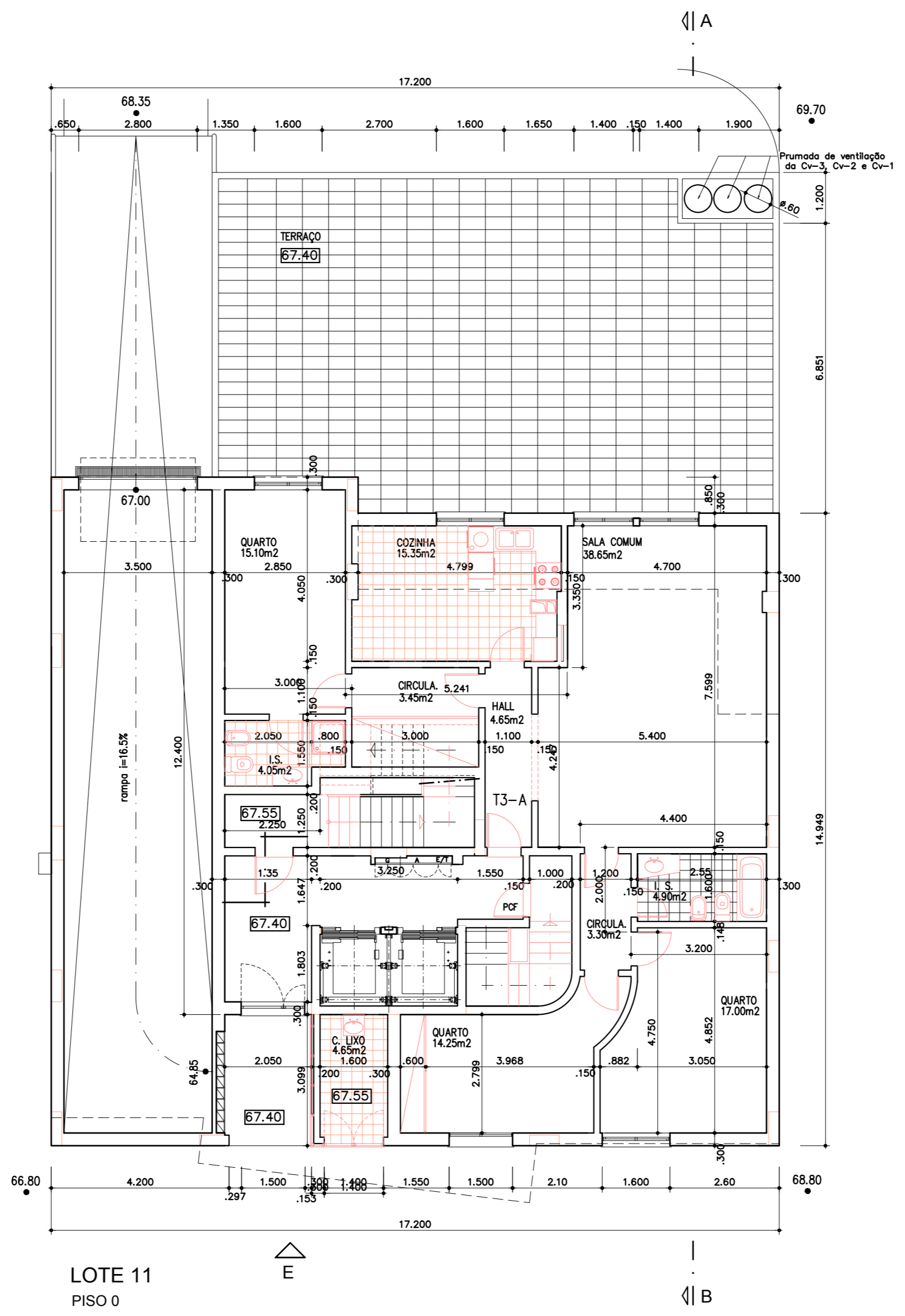
	<b>ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</b> Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000		
	ORIENTADOR: António Gorgulho LOCAL OBRA: Lisboa FASE: Projeto	ALUNO: José Orlando Garcia DESIGNAÇÃO: Planta Piso -2 Nº Auto: 41684   DATA: maio de 2021   ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Arquitetura



LOTE 11  
PISO -1 . ESTACIONAMENTO


Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

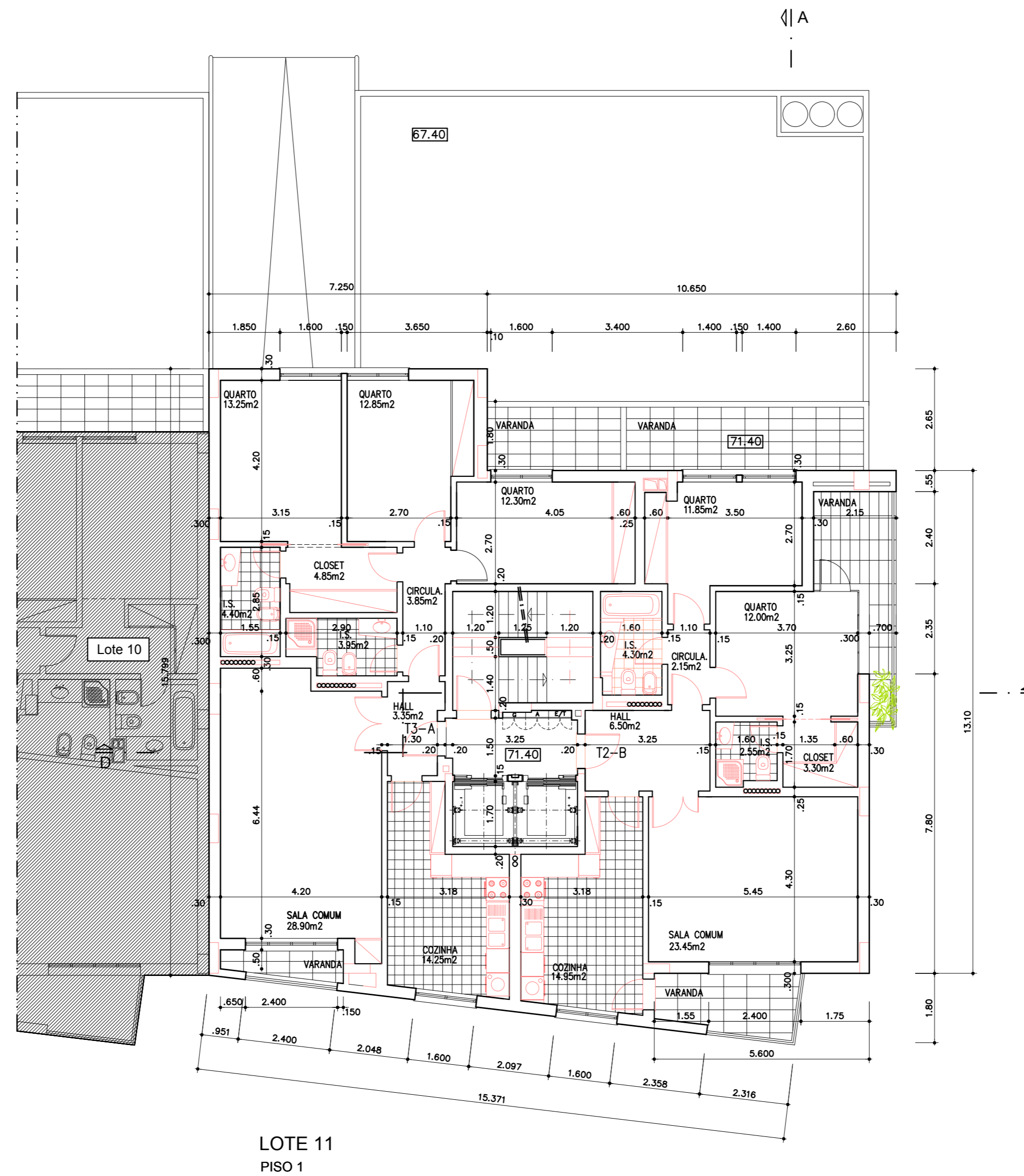
	<b>ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</b> Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000		
	ORIENTADOR: António Gorgulho LOCAL OBRA: Lisboa FASE: Projeto	ALINO: José Orlando Garcia DESIGNAÇÃO: Planta Piso -1 Nº Auto: 41684   DATA: maio de 2021   ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Arquitetura



LOTE 11  
PISO 0


Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

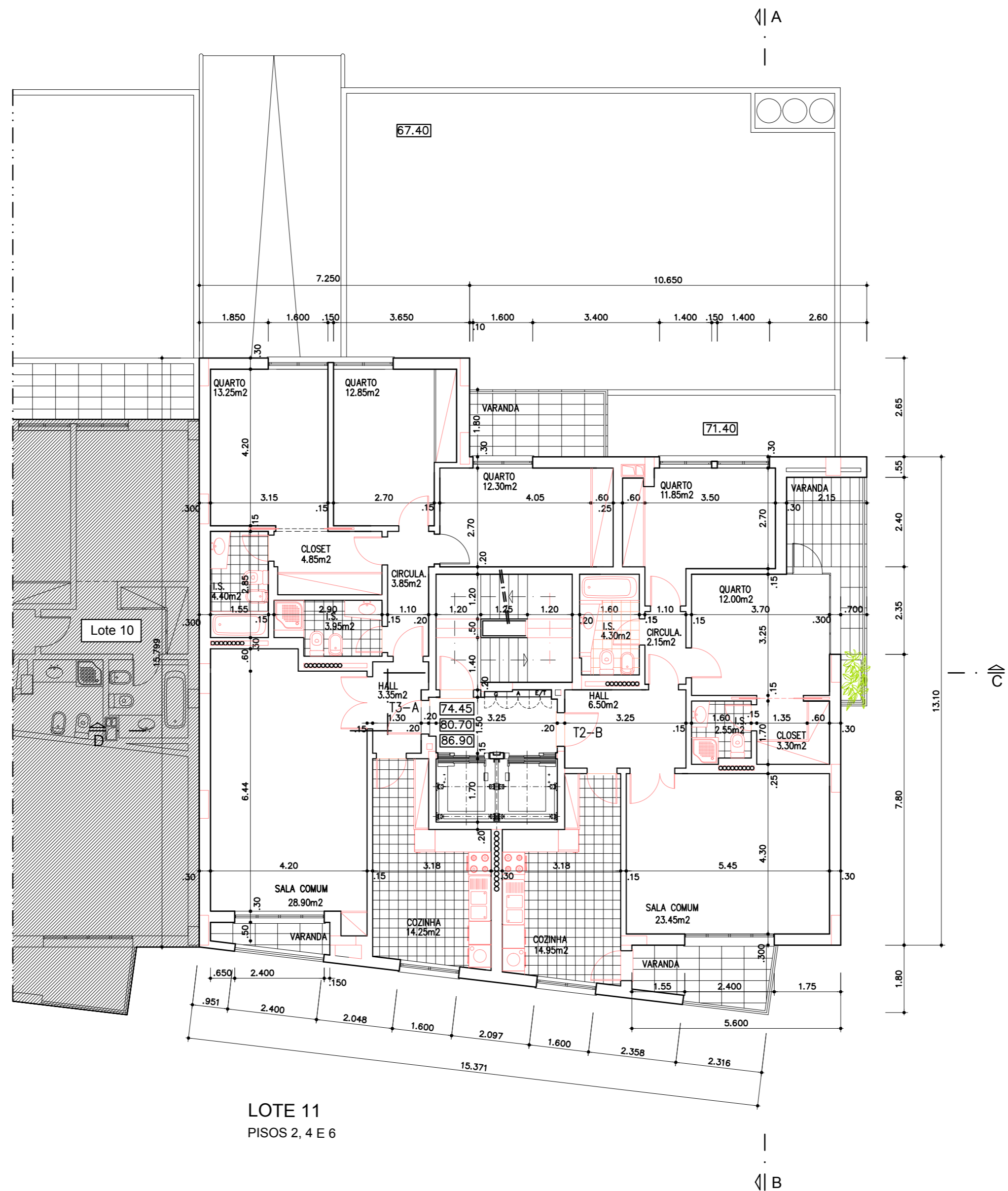
	<b>ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</b> Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000		
	ORIENTADOR: António Gorgulho LOCAL OBRA: Lisboa FASE: Projeto	ALINO: José Orlando Garcia DESIGNAÇÃO: Planta Piso 0 Nº Auto: 41684	DATA: maio de 2021 ESCALA: 1/100




LOTE 11  
PISO 1

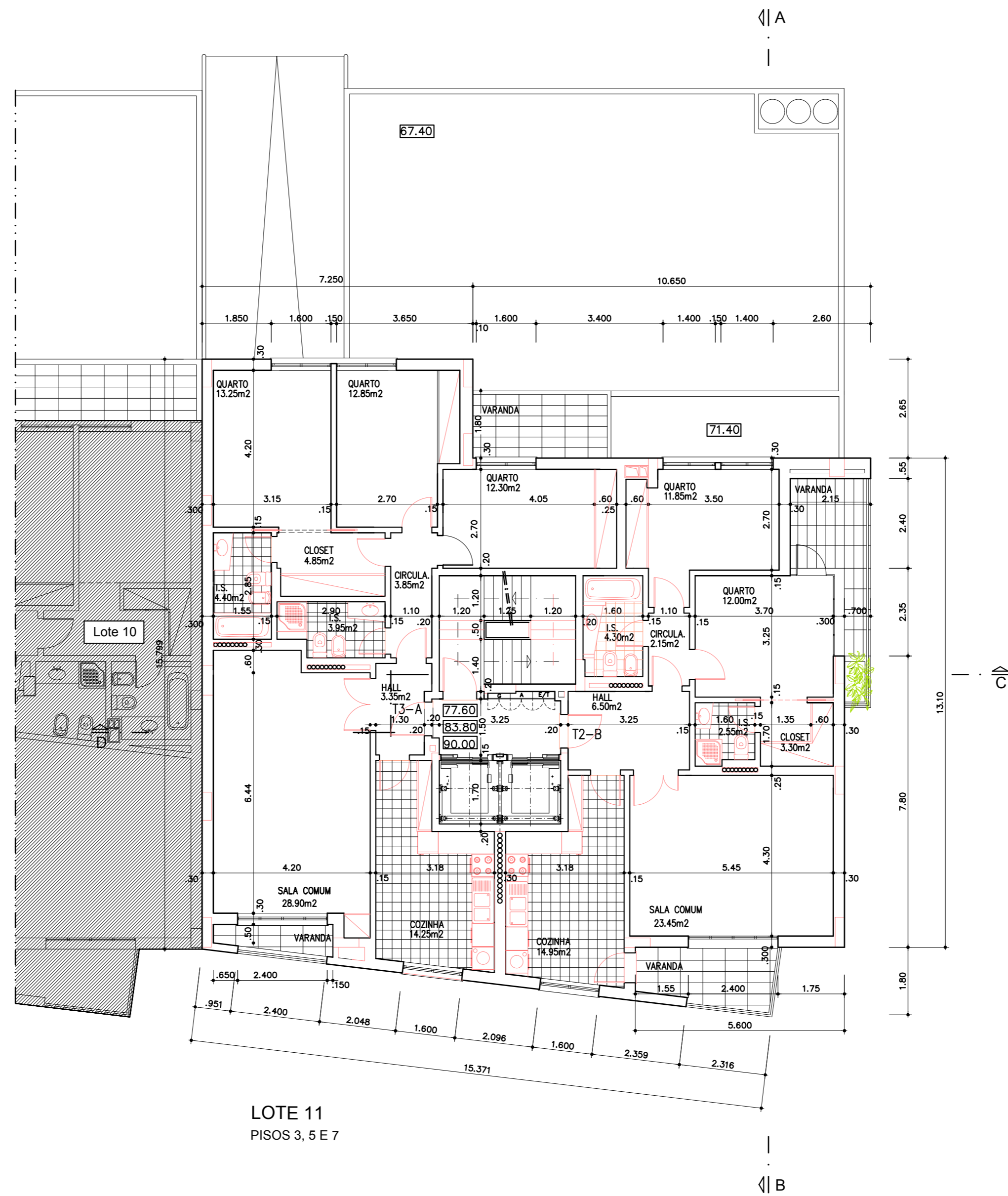
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

	<b>ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</b> Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000		
	ORIENTADOR: António Gorgulho LOCAL OBRA: Lisboa FASE: Projeto	ALUNO: José Orlando Garcia DESIGNAÇÃO: Planta Piso 1 Nº Auto: 41684   DATA: maio de 2021   ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Arquitetura



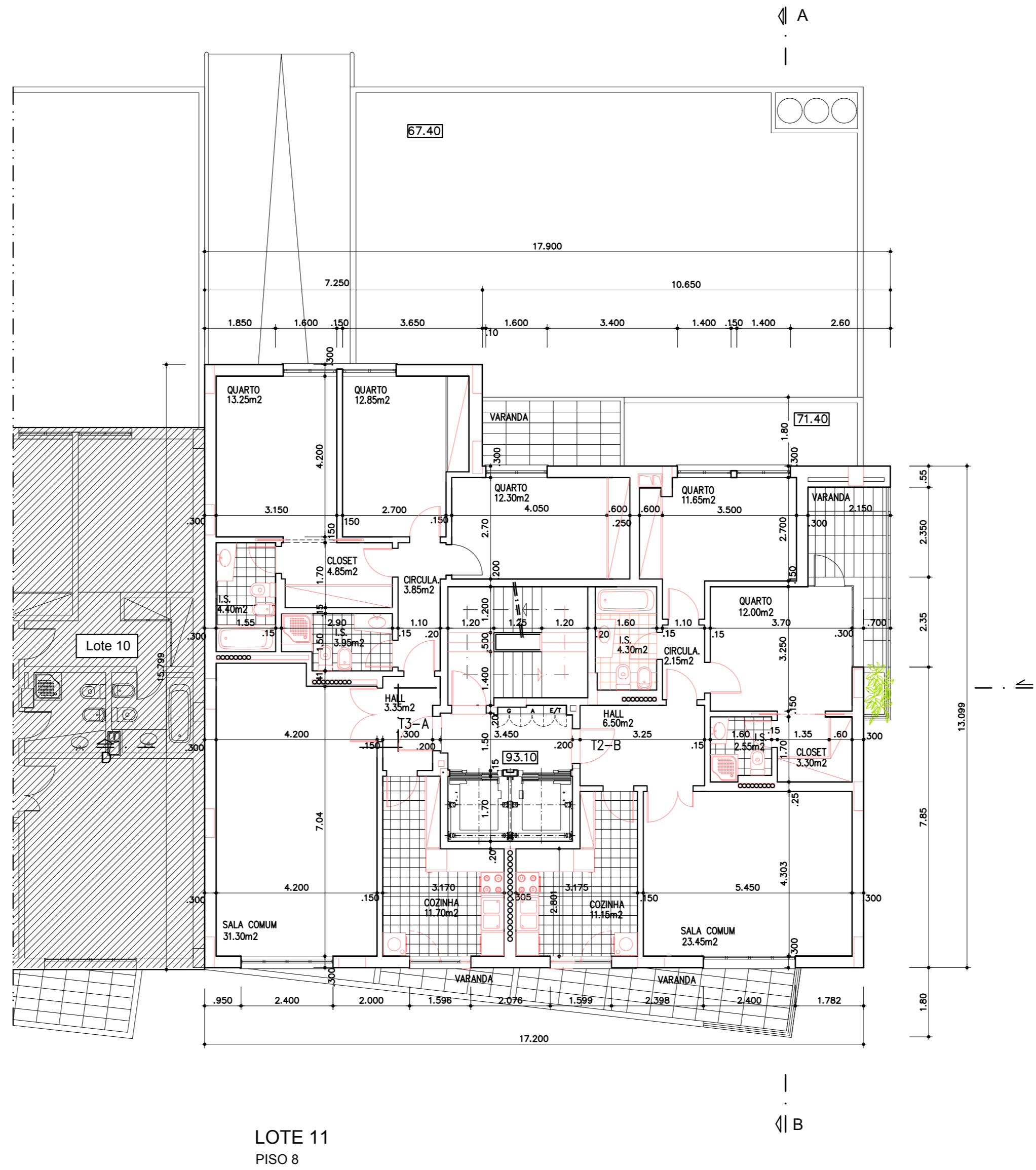
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

	<b>ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</b> Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000		
	ORIENTADOR: António Gorgulho LOCAL OBRA: Lisboa FASE: Projeto	ALINO: José Orlando Garcia DESIGNAÇÃO: Planta Piso 2, 4 e 6 Nº Auto: 41684   DATA: maio de 2021   ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Arquitetura




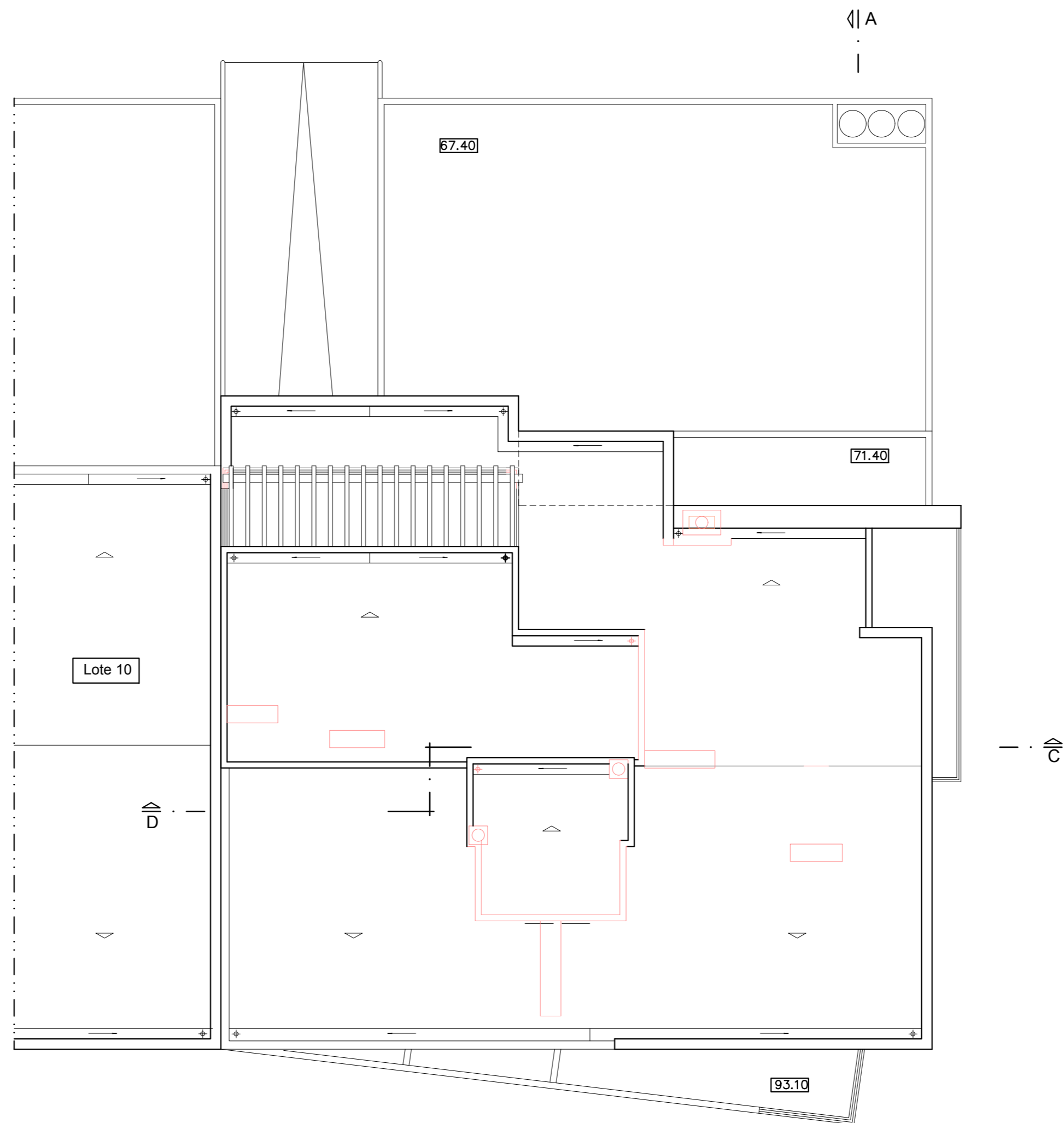
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

		<b>ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</b> Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000			
ORIENTADOR:	António Gorgulho	ALINO:	José Orlando Garcia		
LOCAL OBRA:	Lisboa	DESIGNAÇÃO:	Planta Piso 3, 5 e 7		
FASE:	Projeto	Nº Auto:	41684	DATA:	maio de 2021
ESCALA:	1/100	ESPECIALIDADE:	Projeto de Arquitetura		
				FOLHAF	PA.2.07



Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

	<b>ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</b> Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000		
	ORIENTADOR: António Gorgulho LOCAL OBRA: Lisboa FASE: Projeto	ALINO: José Orlando Garcia DESIGNAÇÃO: Planta Piso 8 Nº Auto: 41684   DATA: maio de 2021   ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Arquitetura



LOTE 11  
PLANTA DE COBERTURA

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

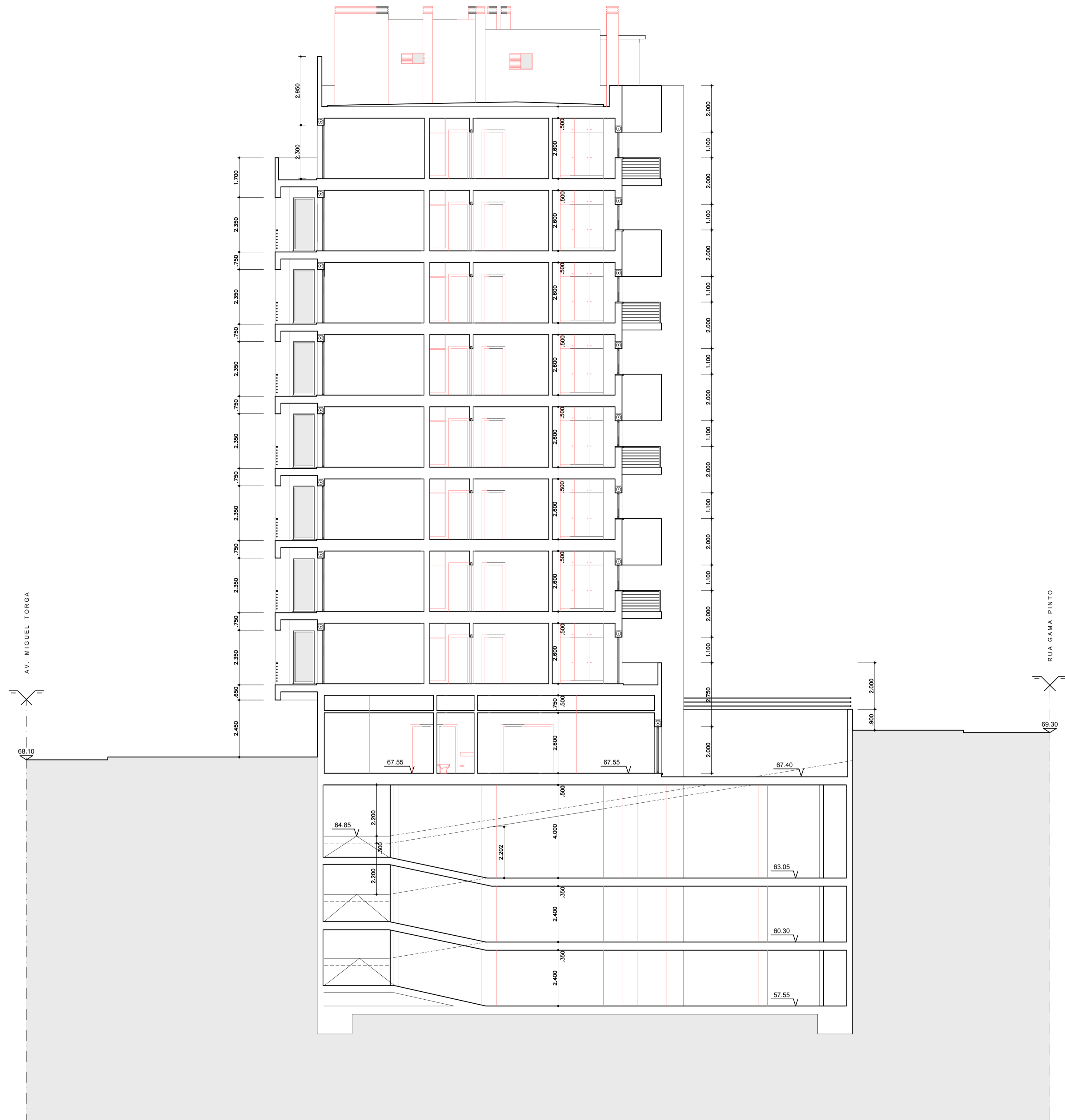


ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
1959 - 007 Lisboa  
Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALINO: José Orlando Garcia	FOLHAF: PA.2.09
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Planta de Cobertura	
FASE: Projeto   Nº Auto: 41684   DATA: maio de 2021   ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Arquitetura	



- 96.20 V COBERTURA
- 93.10 V PISO 8
- 90.00 V PISO 7
- 86.90 V PISO 6
- 83.80 V PISO 5
- 80.70 V PISO 4
- 77.60 V PISO 3
- 74.50 V PISO 2
- 71.40 V PISO 1
- 67.40 V PISO 0 (A.E.)
- 63.05 V PISO -1
- 60.30 V PISO -2
- 57.55 V PISO -3



CORTE A : B . LOTE 11

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

<b>ISEL</b> - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000	
ORÇENADOR: António Gorgulho LOCAL: Lisboa FASE: Projeto	ALUNO: José Orlando Garcia DESENO: Corte AB ESPECIALIDADE: Projeto de Arquitetura
Nº de Auto: 41684   Data: maio de 2021   Escala: 1/100	FOLHA Nº: PA.2.10

# LISTA DE DESENHOS

DES. N.º	DESIGNAÇÃO	ESC.	DATA
PE.1.00	Lista de Desenhos Fundações e Estruturas	S/ESC	MAI. 2021
PE.1.00-1	Planta de Fundação	1/100	MAI. 2021
PE.1.01	Planta do Piso -3	1/100	MAI. 2021
PE.1.02	Planta do Piso -2	1/100	MAI. 2021
PE.1.03	Planta do Piso -1	1/100	MAI. 2021
PE.1.04	Planta do Piso 0	1/100	MAI. 2021
PE.1.05	Planta do Piso 1	1/100	MAI. 2021
PE.1.06	Planta do Piso 2	1/100	MAI. 2021
PE.1.07	Planta do Piso 3/4/5/6/7/8	1/100	MAI. 2021
PE.1.08	Planta da Cobertura	1/100	MAI. 2021
PE.1.09	Ensoleiramento Geral Amadura superior	1/100	MAI. 2021
PE.1.10	Ensoleiramento Geral Amadura Inferior	1/100	MAI. 2021
PE.1.11	Piso -2 Amadura Superior	1/100	MAI. 2021
PE.1.12	Piso -2 Amadura Inferior	1/100	MAI. 2021
PE.1.13	Piso -1 Amadura Superior	1/100	MAI. 2021
PE.1.14	Piso -1 Amadura Inferior	1/100	MAI. 2021
PE.1.15	Piso 0 Amadura Superior	1/100	MAI. 2021
PE.1.16	Piso 0 Amadura Inferior	1/100	MAI. 2021
PE.1.17	Piso 1 Amadura Superior	1/100	MAI. 2021
PE.1.18	Piso 1 Amadura Inferior	1/100	MAI. 2021
PE.1.19	Piso 2 Amadura Superior	1/100	MAI. 2021
PE.1.20	Piso 2 Amadura Inferior	1/100	MAI. 2021
PE.1.21	Piso 3/8 Amadura Superior	1/100	MAI. 2021
PE.1.22	Piso 3/8 Amadura Inferior	1/100	MAI. 2021
PE.1.23	Piso Cobertura Amadura Superior	1/100	MAI. 2021
PE.1.24	Piso Cobertura Amadura Inferior	1/100	MAI. 2021
PE.1.25	Quadro Pilares -3/-1	1/20	MAI. 2021

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: <b>António Gorgulho</b>	ALUNO: <b>José Orlando Garcia</b>	FOLHA N.º
LOCAL OBRA: <b>Lisboa</b>	DESIGNAÇÃO: <b>Lista de Desenhos</b>	<b>PE.1.00</b>
FASE: <b>Projeto</b>   Nº Aluno: <b>41684</b>   DATA: <b>maio de 2021</b>   ESCALA: <b>S/ESC</b>	ESPECIALIDADE: <b>Planta Estrutural</b>	

# LISTA DE DESENHOS

DES. N.º	DESIGNAÇÃO	ESC.	DATA
PE.1.00	Lista de Desenhos  Fundações e Estruturas	S/ESC	MAI. 2021
PE.1.26	Quadro Pilares 0/1	1/20	MAI. 2021
PE.1.27	Quadro Pilares 2/8-P1/P9	1/20	MAI. 2021
PE.1.28	Quadro Pilares 2/8-P10/P18	1/20	MAI. 2021
PE.1.29	Vigas-Piso 1/2	1/20	MAI. 2021
PE.1.30	Vigas-Piso 3/5	1/20	MAI. 2021
PE.1.31	Vigas-Piso 6/Cobertura	1/20	MAI. 2021
PE.1.32	Vigas da Rampas/Laje rampa	1/20	MAI. 2021
PE.1.33	Paredes-Nucleo Caixa Elevadores/Caixa Escadas	1/20	MAI. 2021
PE.1.34	Muro de Suporte Tipo	1/20	MAI. 2021
PE.1.35	Escadas	1/20	MAI. 2021

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho

ALUNO: José Orlando Garcia

FOLHA Nº

LOCAL OBRA: Lisboa

DESIGNAÇÃO: Lista de Desenhos

PE.1.00 (2)

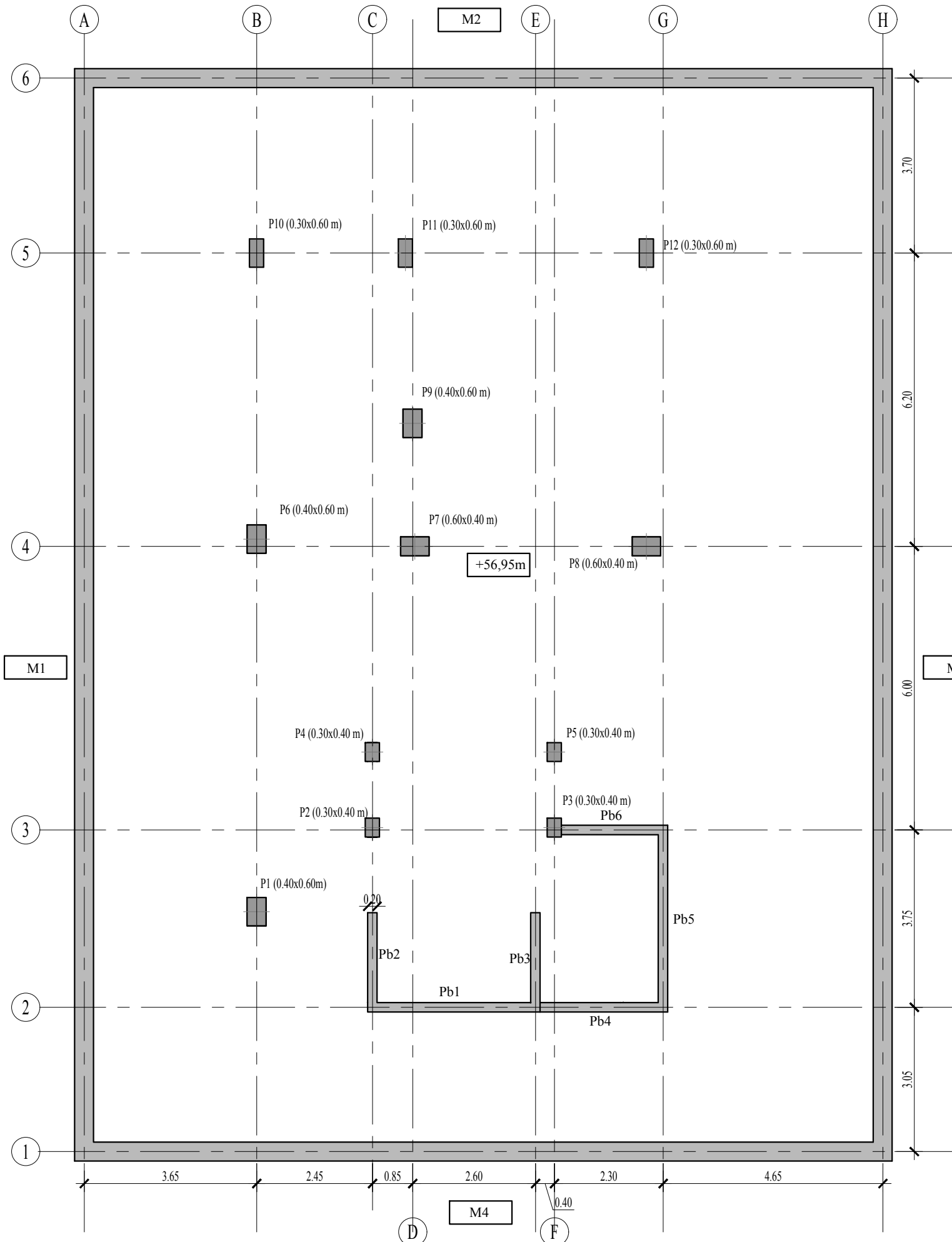
FASE: Projeto

Nº Aluno: 41684

DATA: maio de 2021

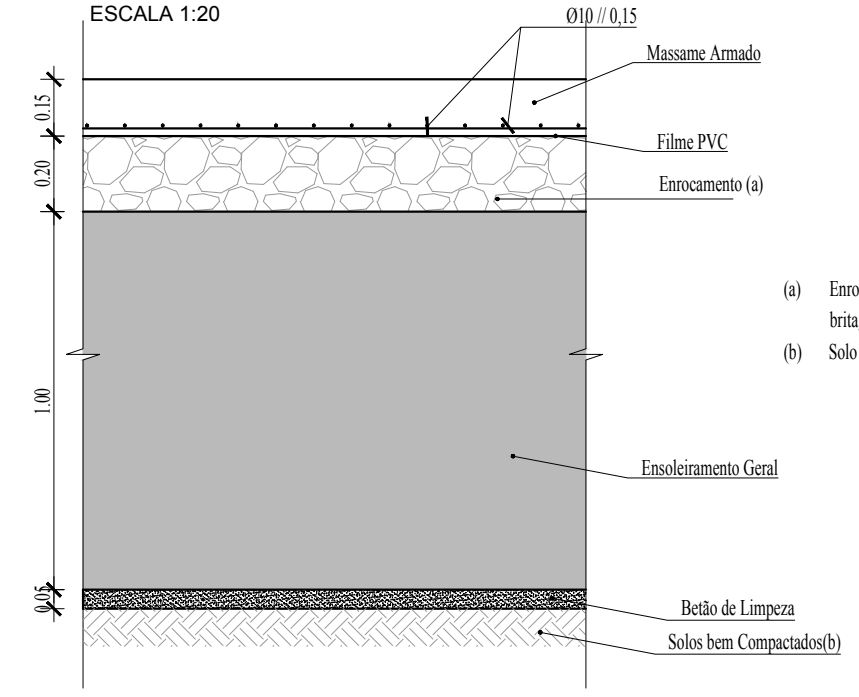
ESCALA: S/ESC

ESPECIALIDADE: Planta Estrutural



### PAVIMENTO TÉRREO MASSAME ARMADO

ESCALA 1:20



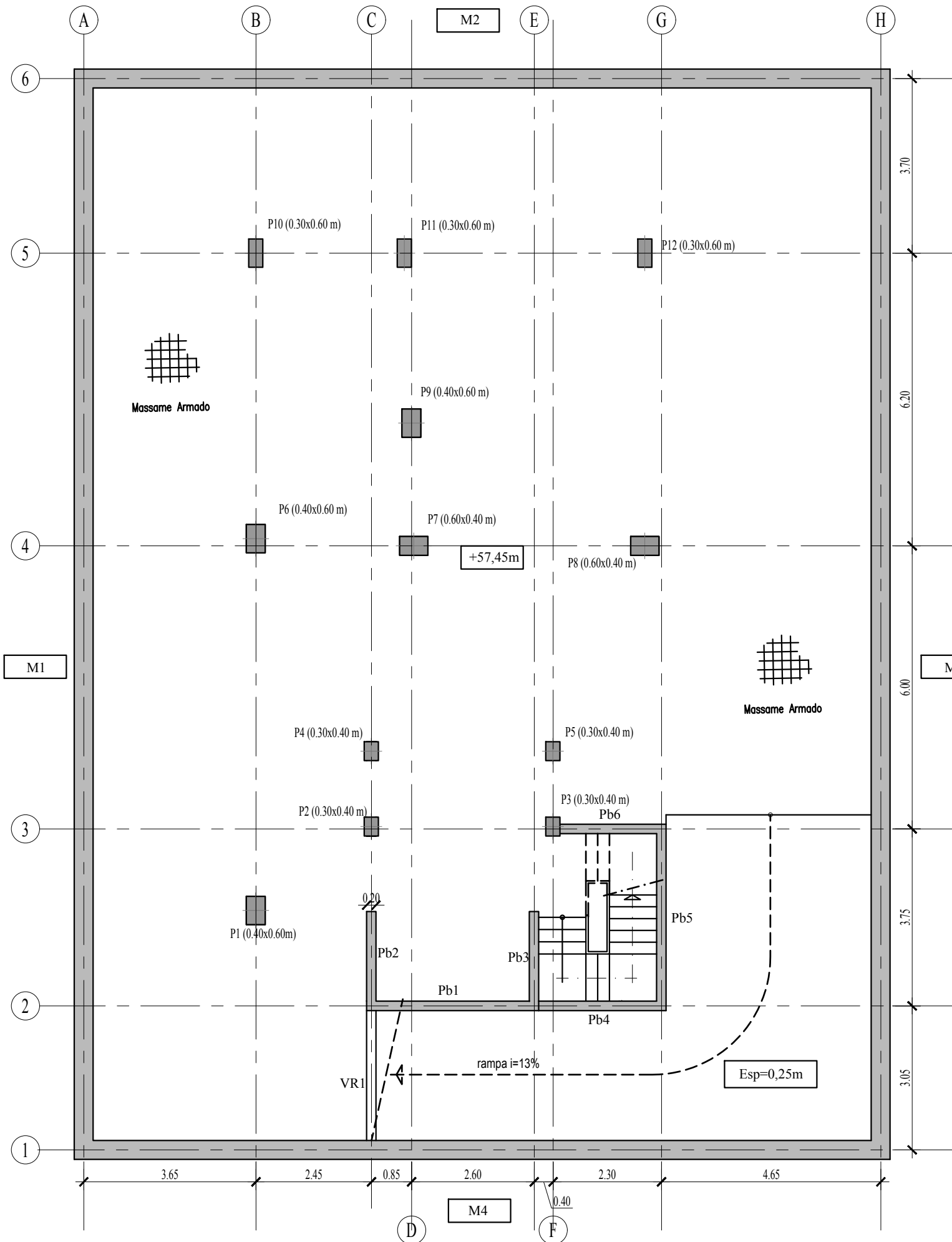
- (a) Enrocamento em pedra sã não alterada e obtida por britagem mecânica, com dimensão máxima de 40mm;
- (b) Solo compactado na profundidade mínima de 0.20m

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Planta de Fundação	PE.1.00-1
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Planta Estrutural	



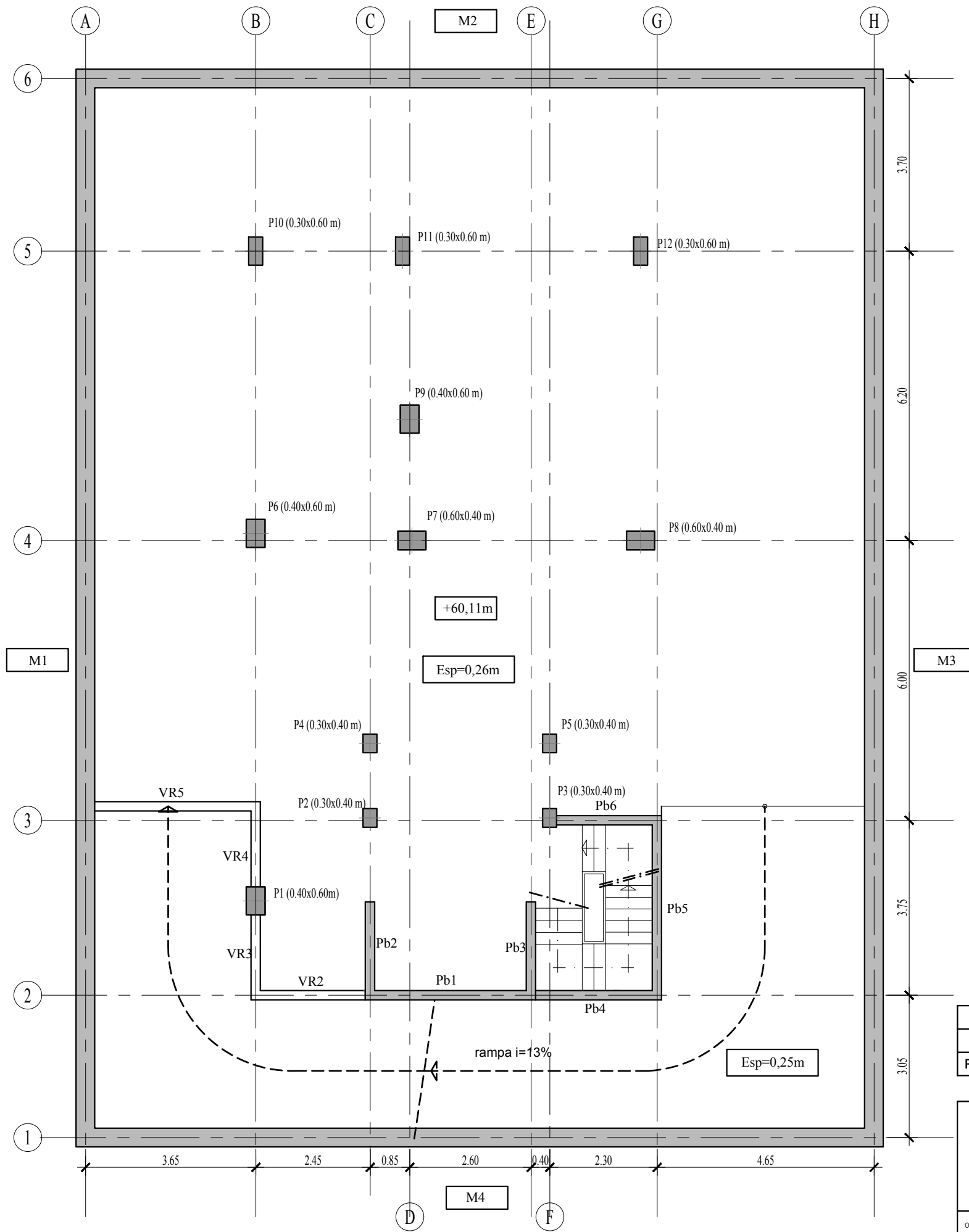
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
1959 - 007 Lisboa  
Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso -3	PE.1.01
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Planta Estrutural	

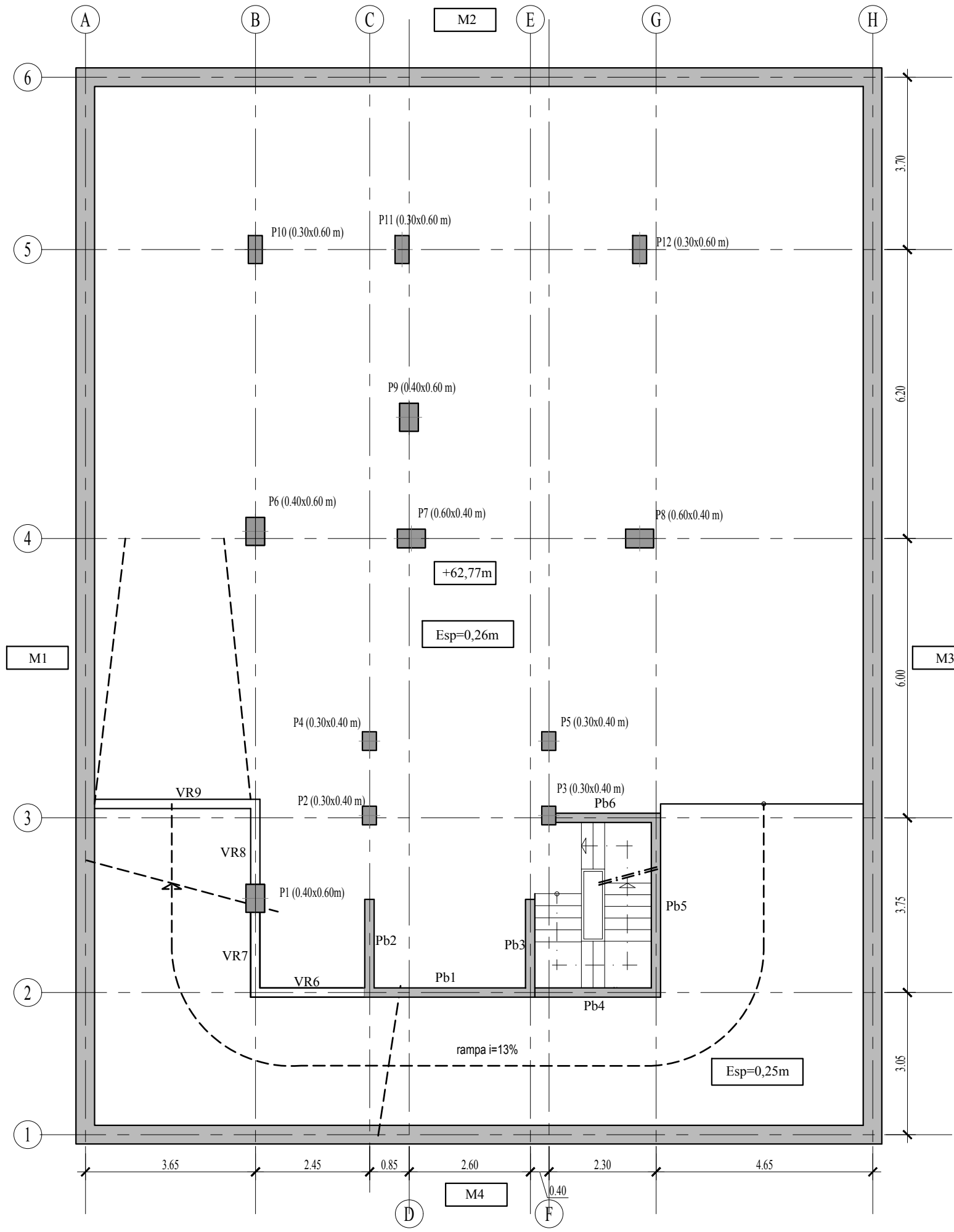


Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso -2	PE.1.02
FASE: Projeto   Nº Aluno: 41684   DATA: maio de 2021   ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Planta Estrutural	



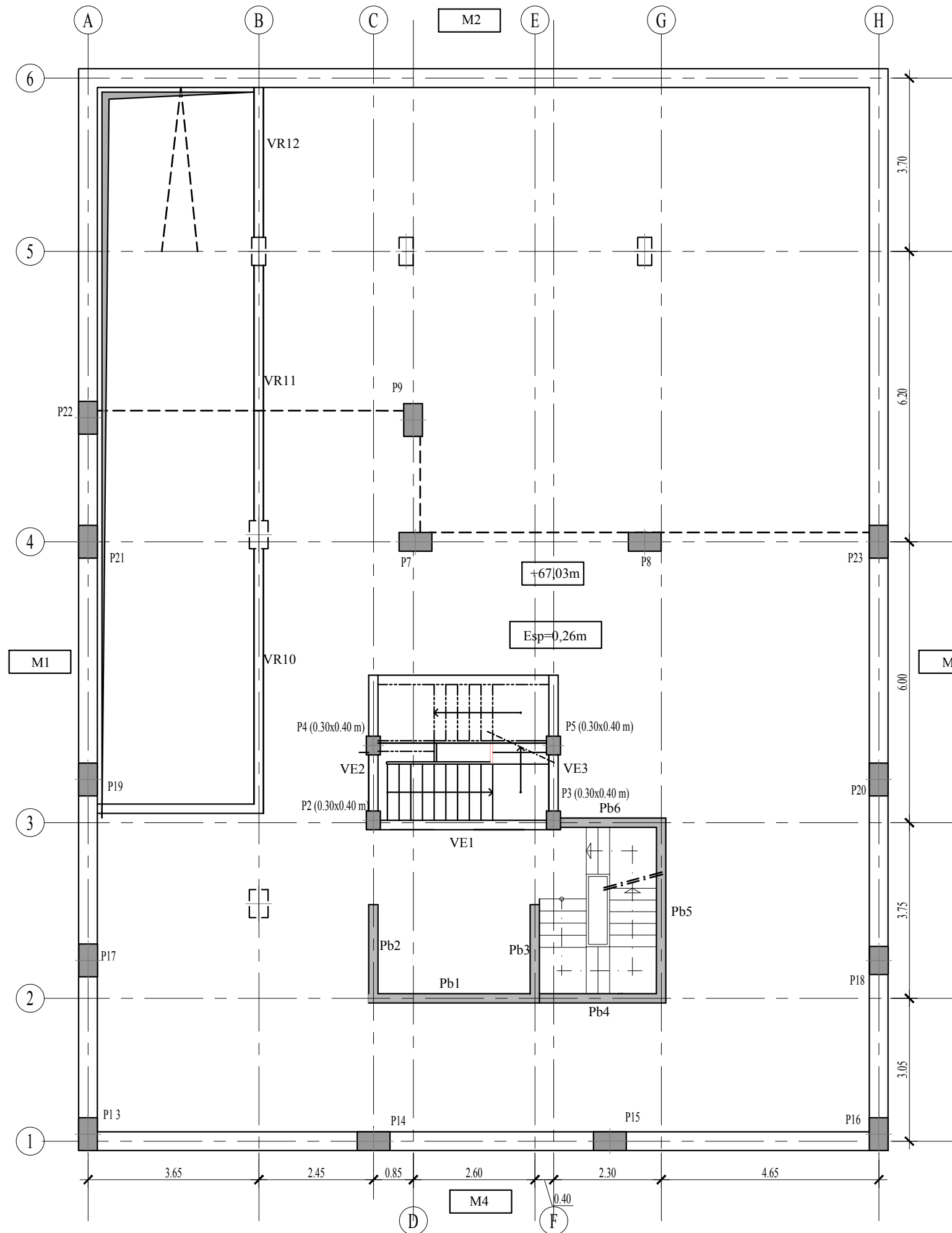
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso -1	PE.1.03
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Planta Estrutural	

PROCESSO Nº Projeto/



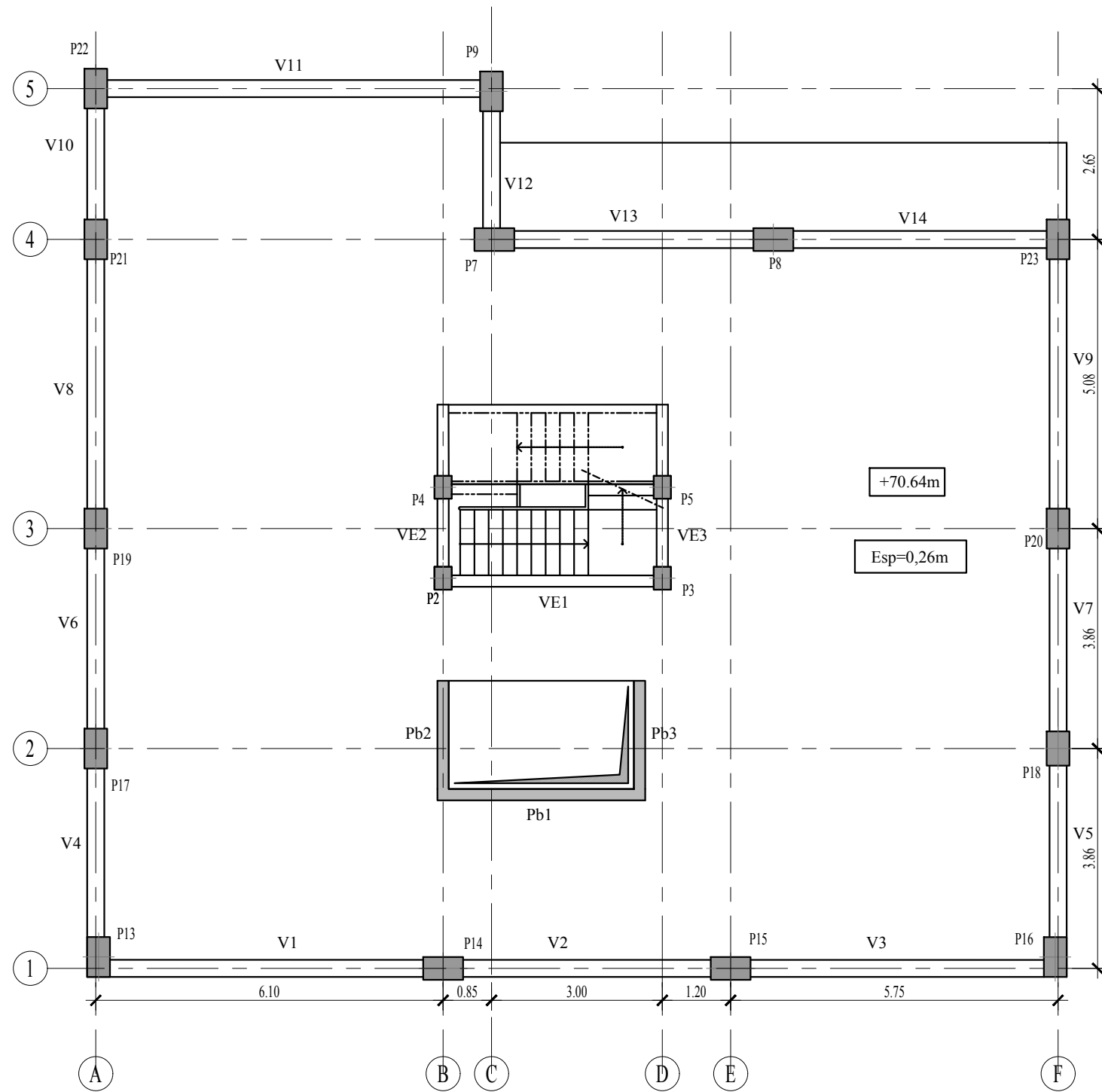
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso O	PE.1.04
FASE: Projeto   Nº Aluno: 41684   DATA: maio de 2021   ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Planta Estrutural	





Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho

ALUNO: José Orlando Garcia

FOLHA Nº

LOCAL OBRA: Lisboa

DESIGNAÇÃO: Piso 1

PE.1.05

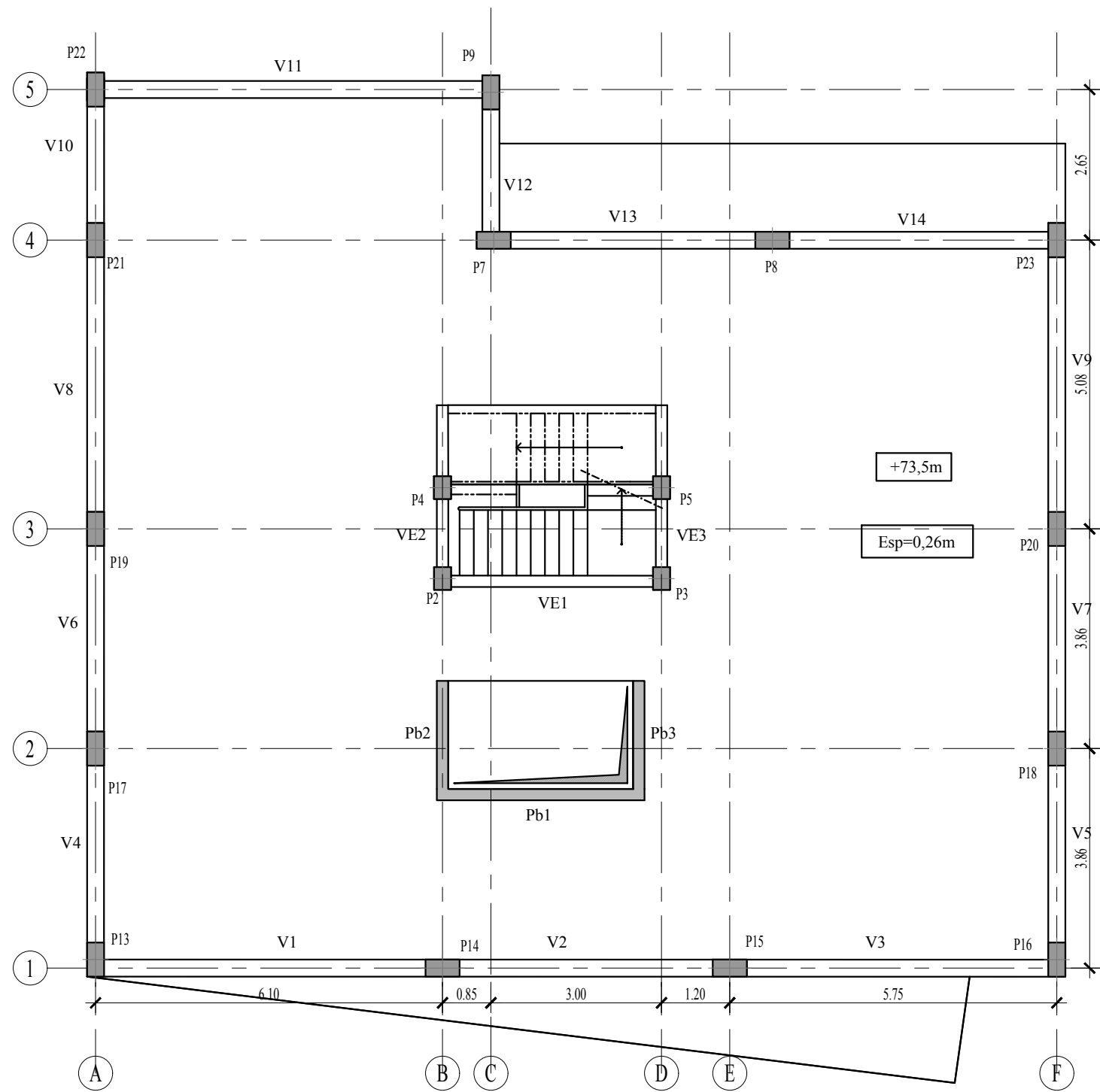
FASE: Projeto

Nº Aluno: 41684

DATA: maio de 2021

ESCALA: 1/100

ESPECIALIDADE: Planta Estrutural



Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho

ALUNO: José Orlando Garcia

FOLHA Nº

LOCAL OBRA: Lisboa

DESIGNAÇÃO: Piso 2

PE.1.06

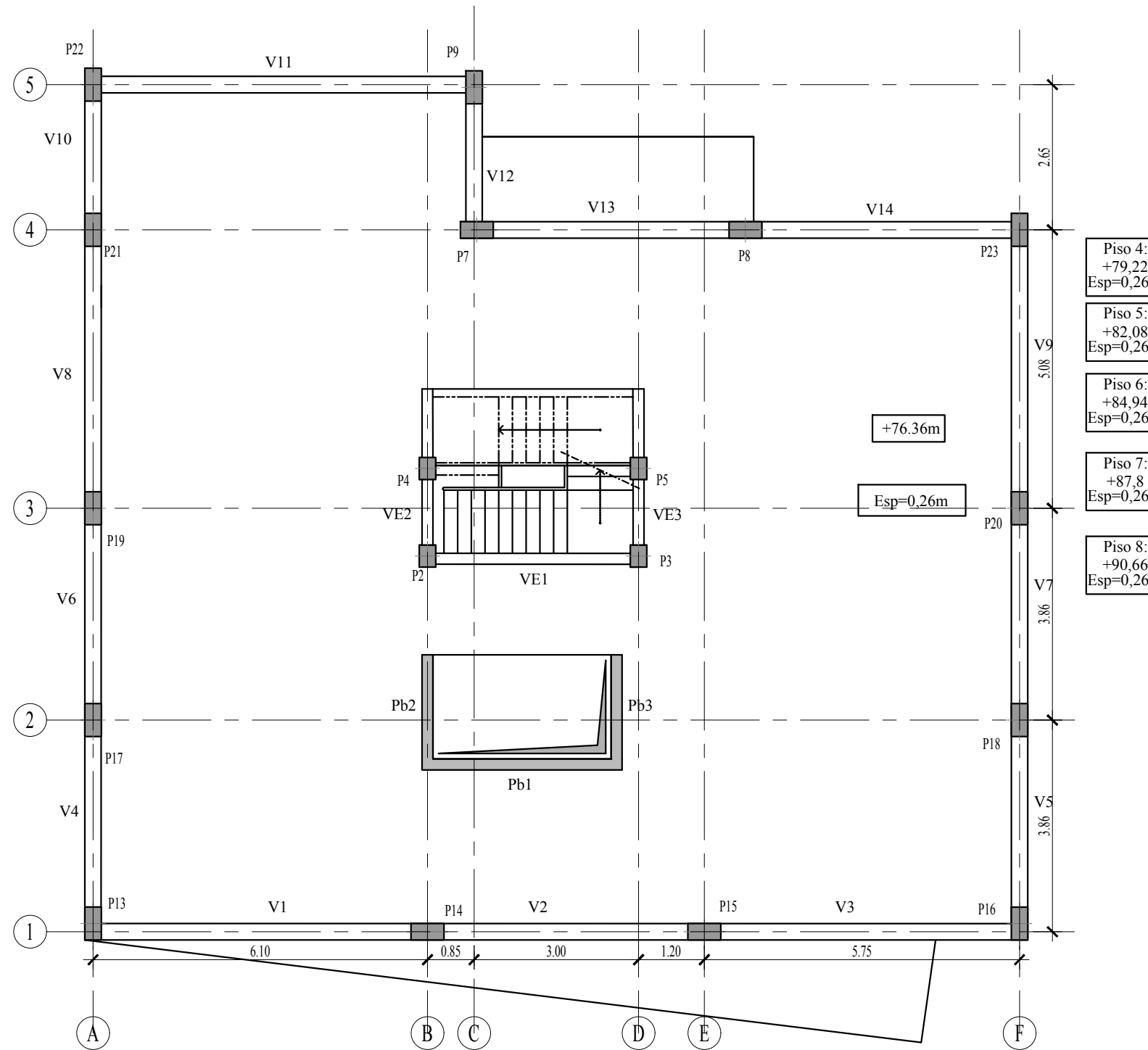
FASE: Projeto

Nº Aluno: 41684

DATA: maio de 2021

ESCALA: 1/100

ESPECIALIDADE: Planta Estrutural



Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho

ALUNO: José Orlando Garcia

FOLHA Nº

LOCAL OBRA: Lisboa

DESIGNAÇÃO: Piso 3/4/5/6/7/8

PE.1.07

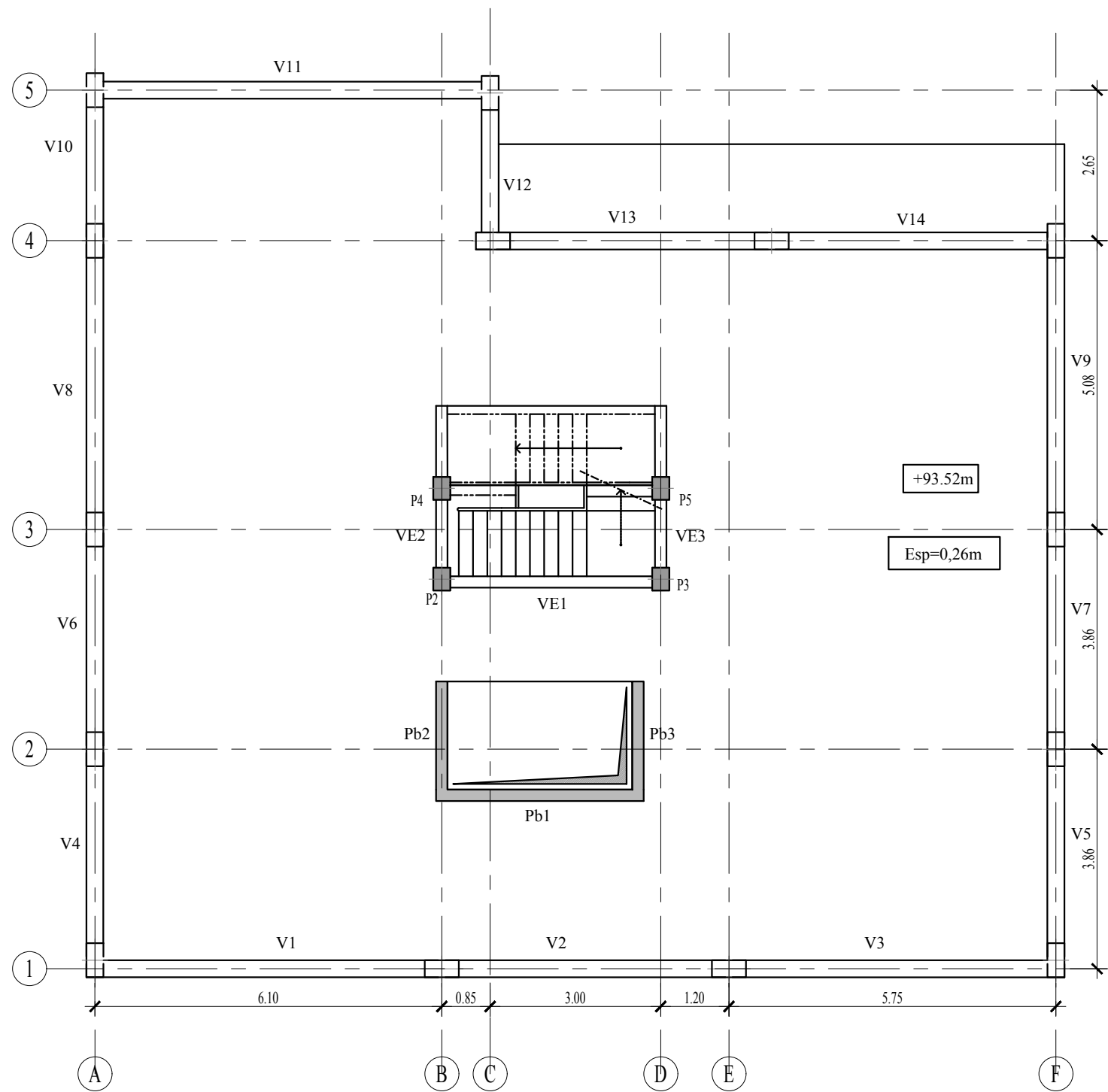
FASE: Projeto

Nº Aluno: 41684

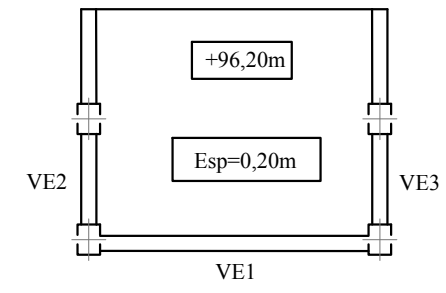
DATA: maio de 2021

ESCALA: 1/100

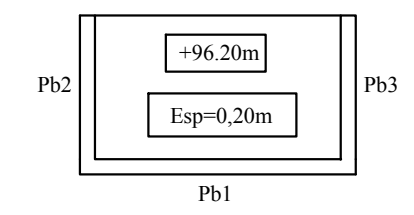
ESPECIALIDADE: Planta Estrutural



### Tampa da Caixa de Escada



### Tampa da Caixa de Elevador

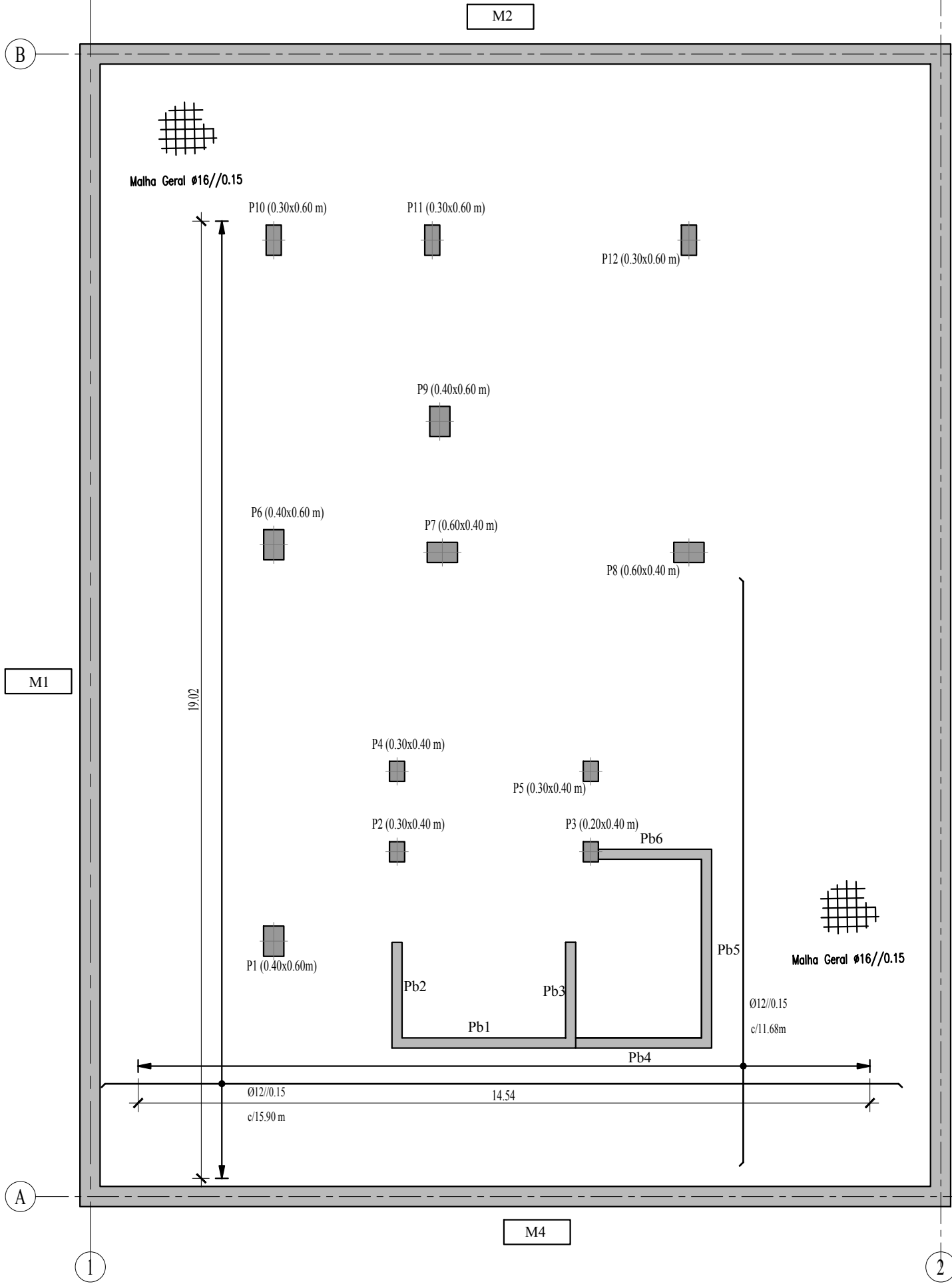


Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

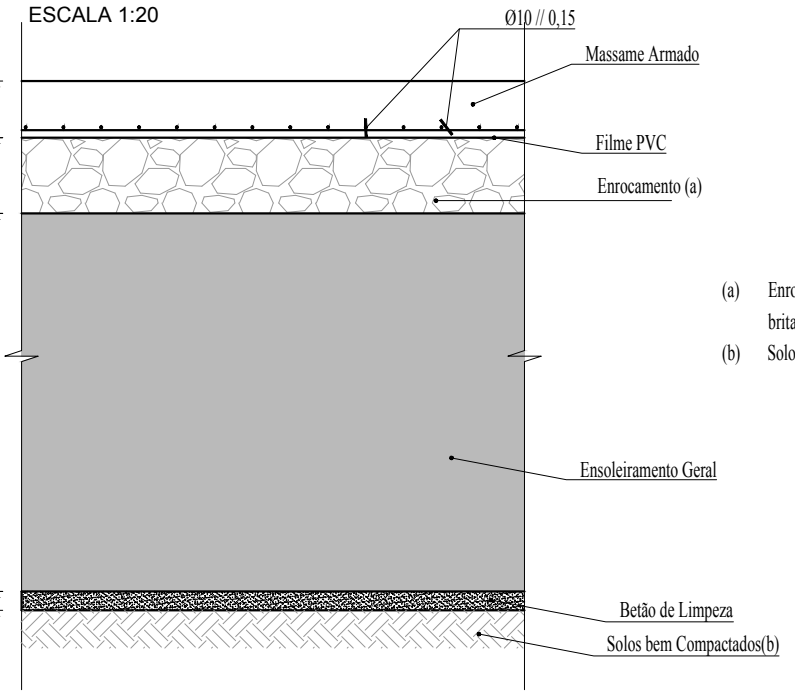


ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso Cobertura	PE.1.08
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Planta Estrutural	



### PAVIMENTO TÉRREO MASSAME ARMADO



- (a) Enrocamento em pedra sã não alterada e obtida por britagem mecânica, com dimensão máxima de 40mm;
- (b) Solo compactado na profundidade mínima de 0.20m

Comprimentos de armadura ( $l_{bd}$ ) e de emenda ( $l_0$ )		
Varão	$l_{bd}$ [m]	$l_0$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

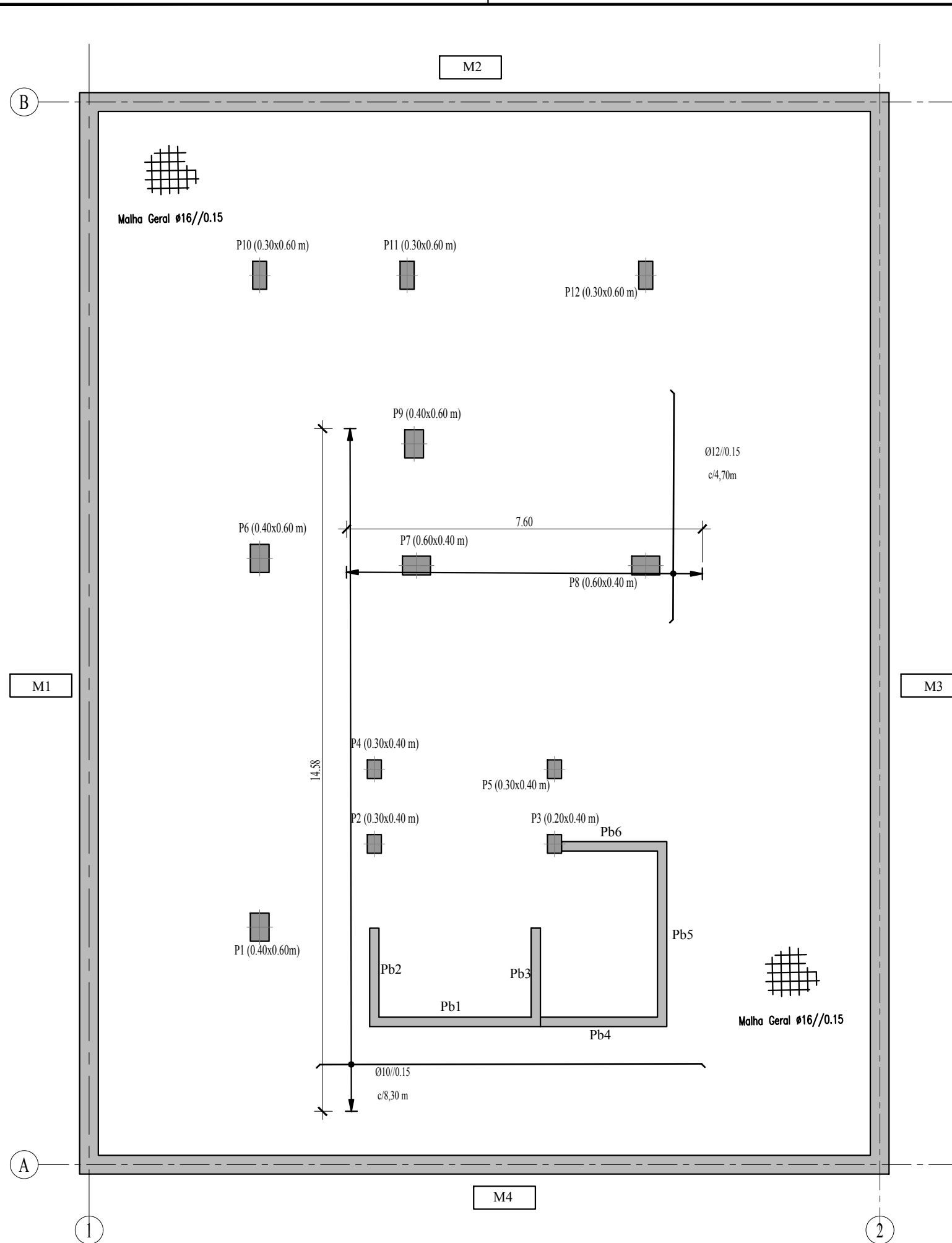
BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Massame				
AÇO		A500 NR SD		

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

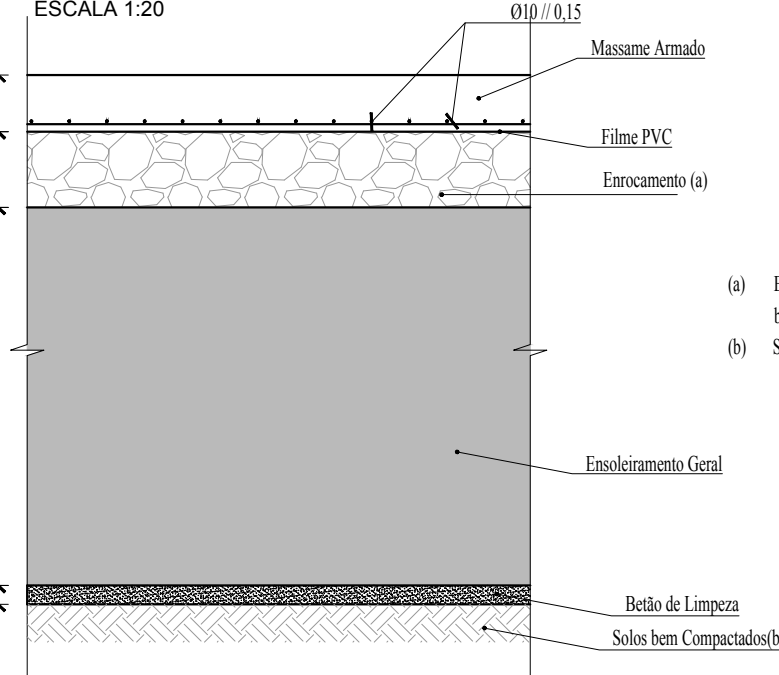


ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Ensoleiramento Geral - Arm. Sup	PE.1.09
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	



### PAVIMENTO TÉRREO MASSAME ARMADO



- (a) Enrocamento em pedra sã não alterada e obtida por britagem mecânica, com dimensão máxima de 40mm;
- (b) Solo compactado na profundidade mínima de 0.20m

Variação	$l_{ad}$ [m]	$l_d$ [m]
Ø8	0.50	0.60
Ø10	0.55	0.80
Ø12	0.65	0.90
Ø16	0.85	1.25
Ø20	1.05	1.56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Vigas				XC2(PT)
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Muro de Suporte				XC1(PT)
Massame	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	

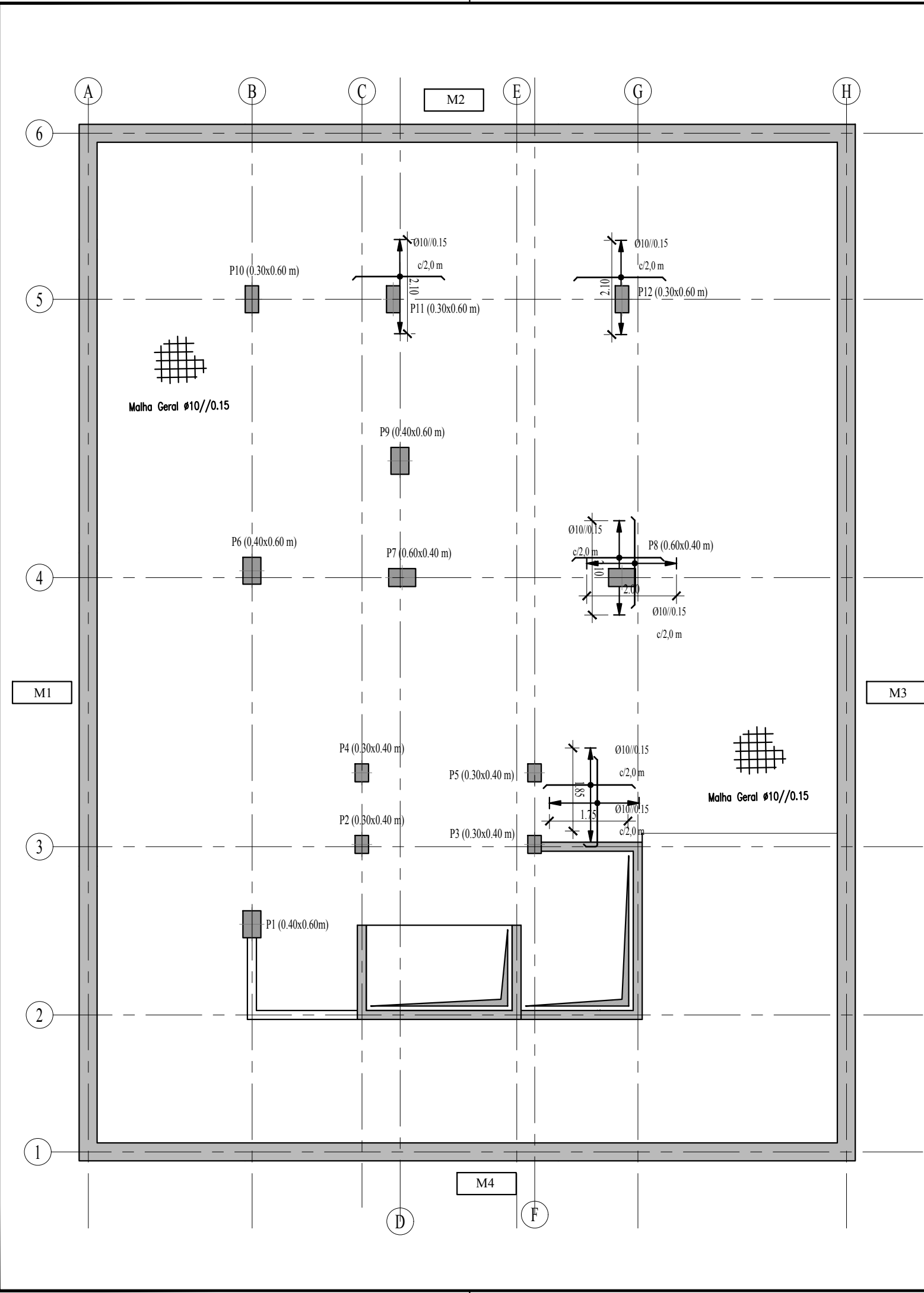
AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Ensoleiramento Geral - Arm. Inf	PE. 1.10
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	



Comprimentos de armadura ( $l_{ba}$ ) e de emenda ( $l_e$ )

Varão	$l_{ba}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Muro de Suporte	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Massame	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	

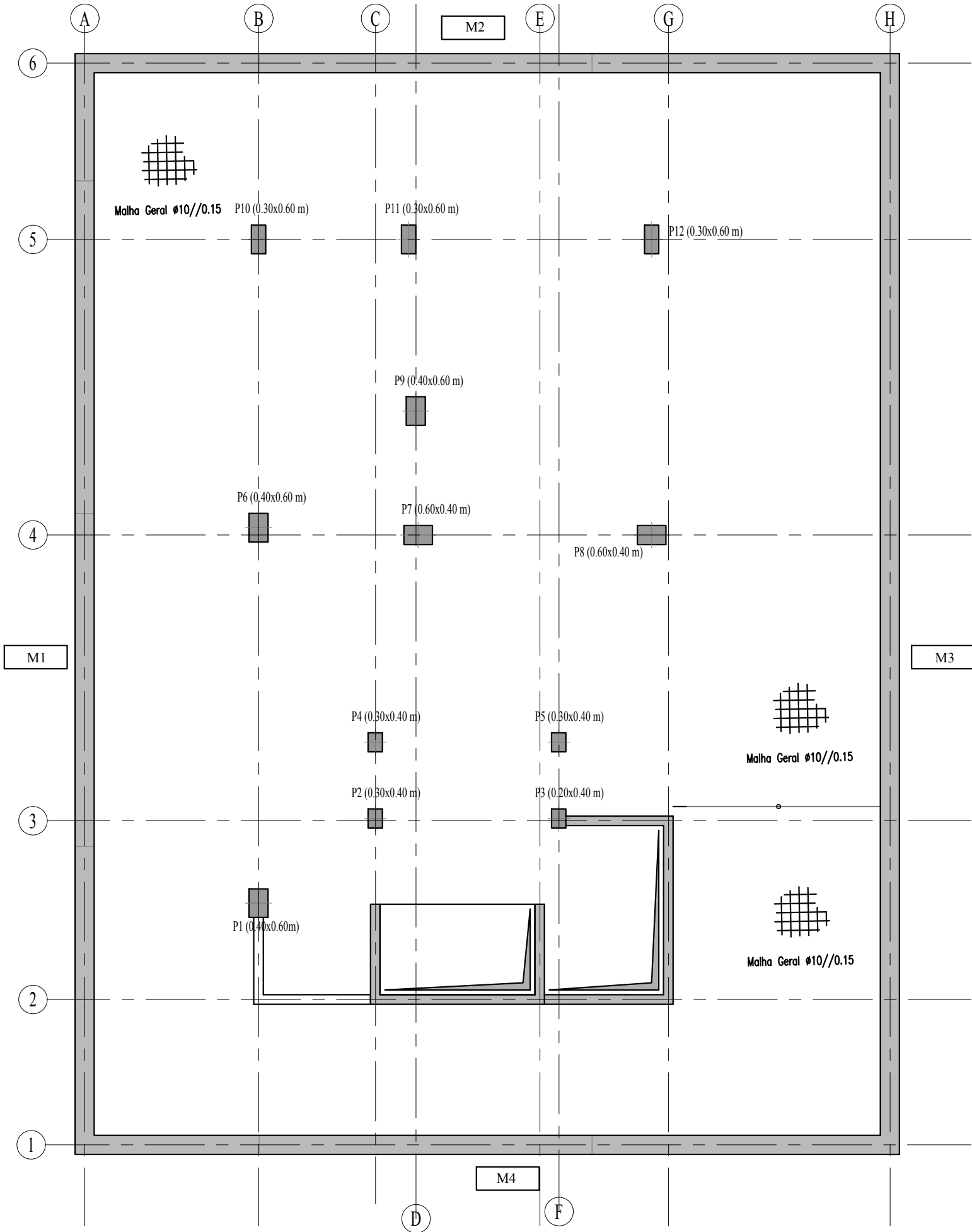
AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso -2: Armadura Superior	PE. 1.11
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	



Comprimentos de armadura ( $l_{ba}$ ) e de emenda ( $l_b$ )

Varão	$l_{ba}$ [m]	$l_b$ [m]
Ø8	0.50	0.60
Ø10	0.55	0.80
Ø12	0.65	0.90
Ø16	0.85	1.25
Ø20	1.05	1.56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Vigas				C=40 mm
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Massame				

AÇO A500 NR SD

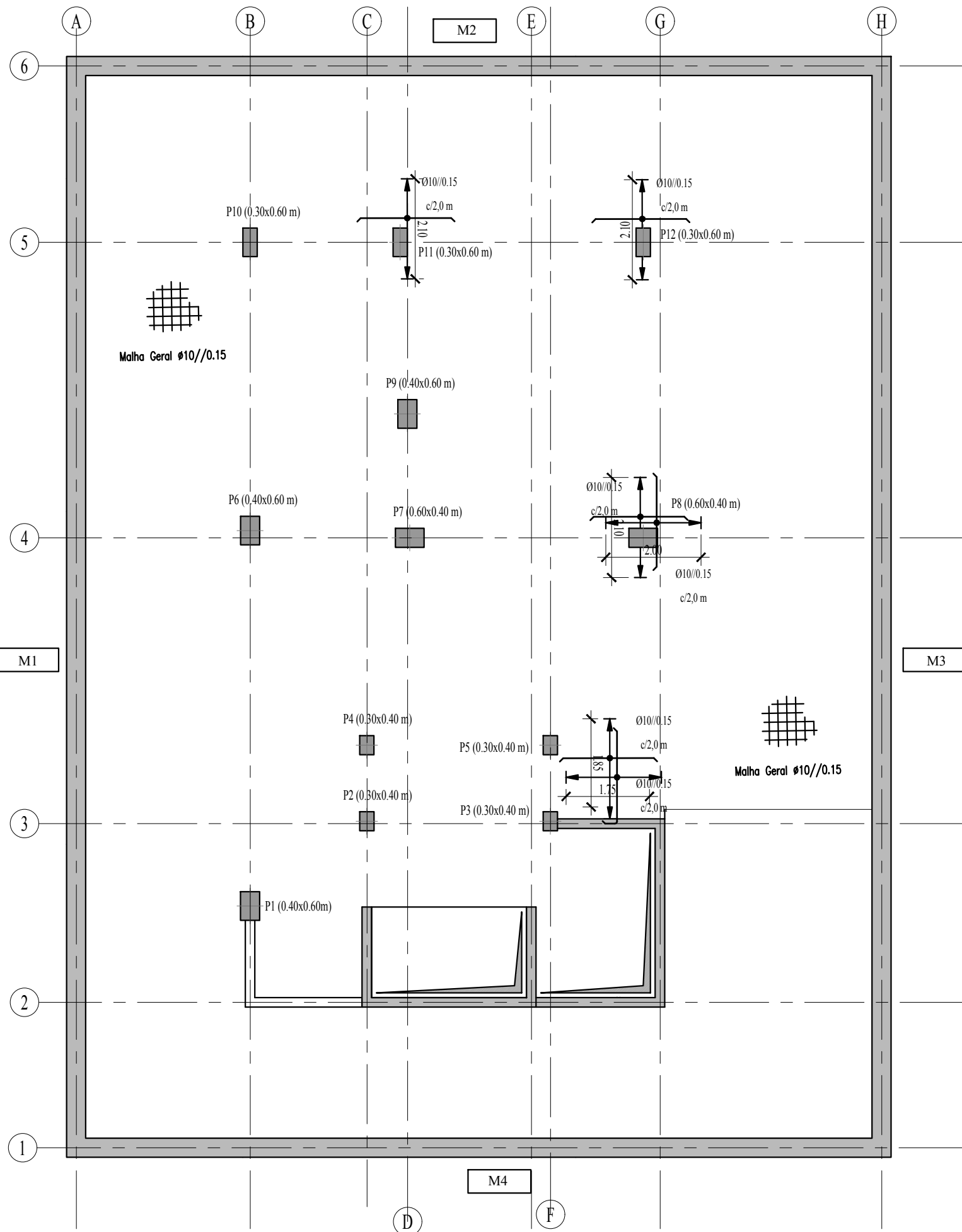
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso -2: Armadura Inferior	PE. 1.12
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	





Comprimentos de armadura ( $l_{bd}$ ) e de emenda ( $l_e$ )

Varão	$l_{bd}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0.50	0.60
Ø10	0.55	0.80
Ø16	0.85	1.25
Ø20	1.05	1.56

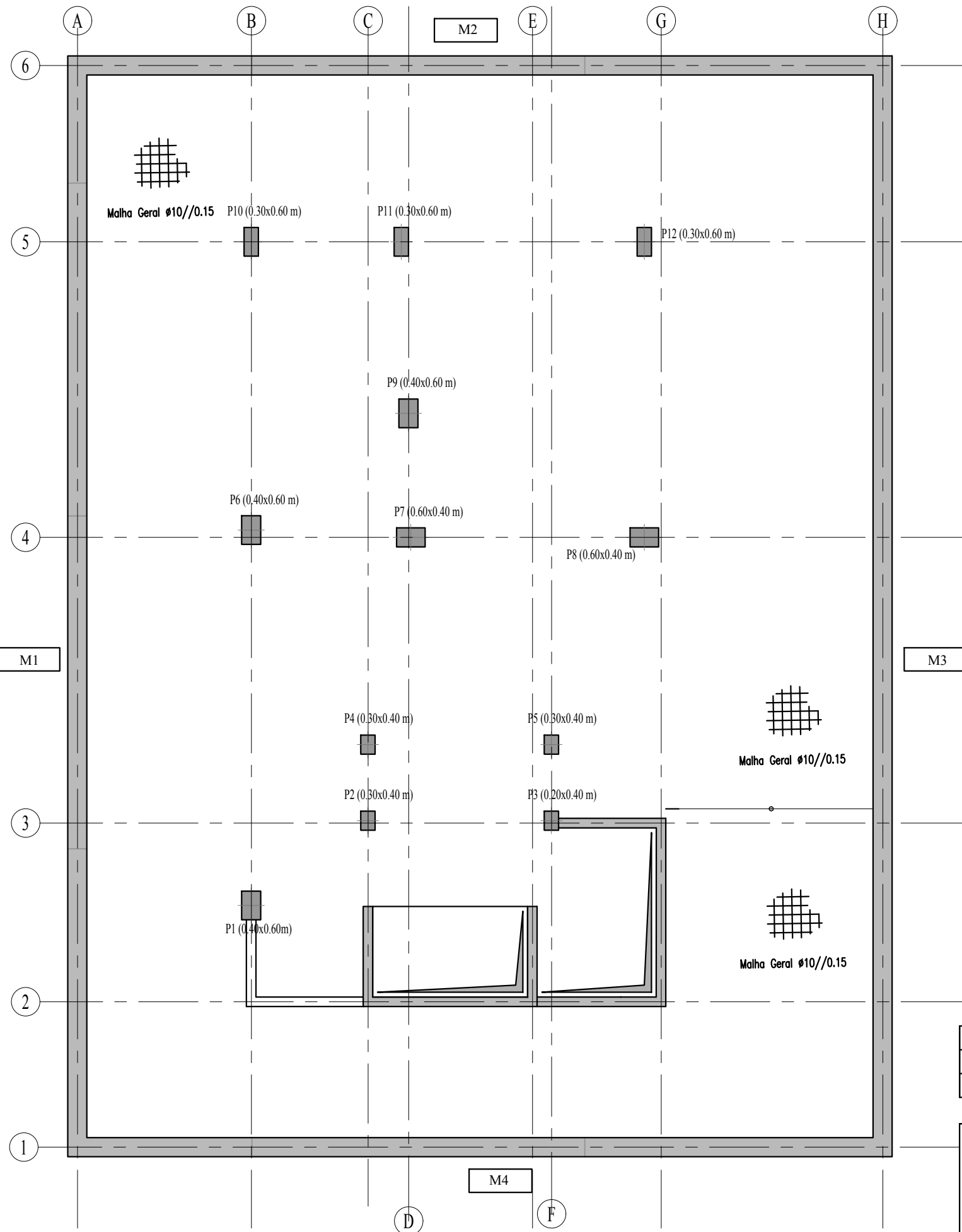
BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas				XC2(PT)
Ensoleiramento Geral	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Muro de Suporte				XC1(PT)
Massame				

AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

**ISEL** - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 TIm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso -1: Armadura Superior	PE.1.13
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	



Varão	$l_{ad}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Massame				

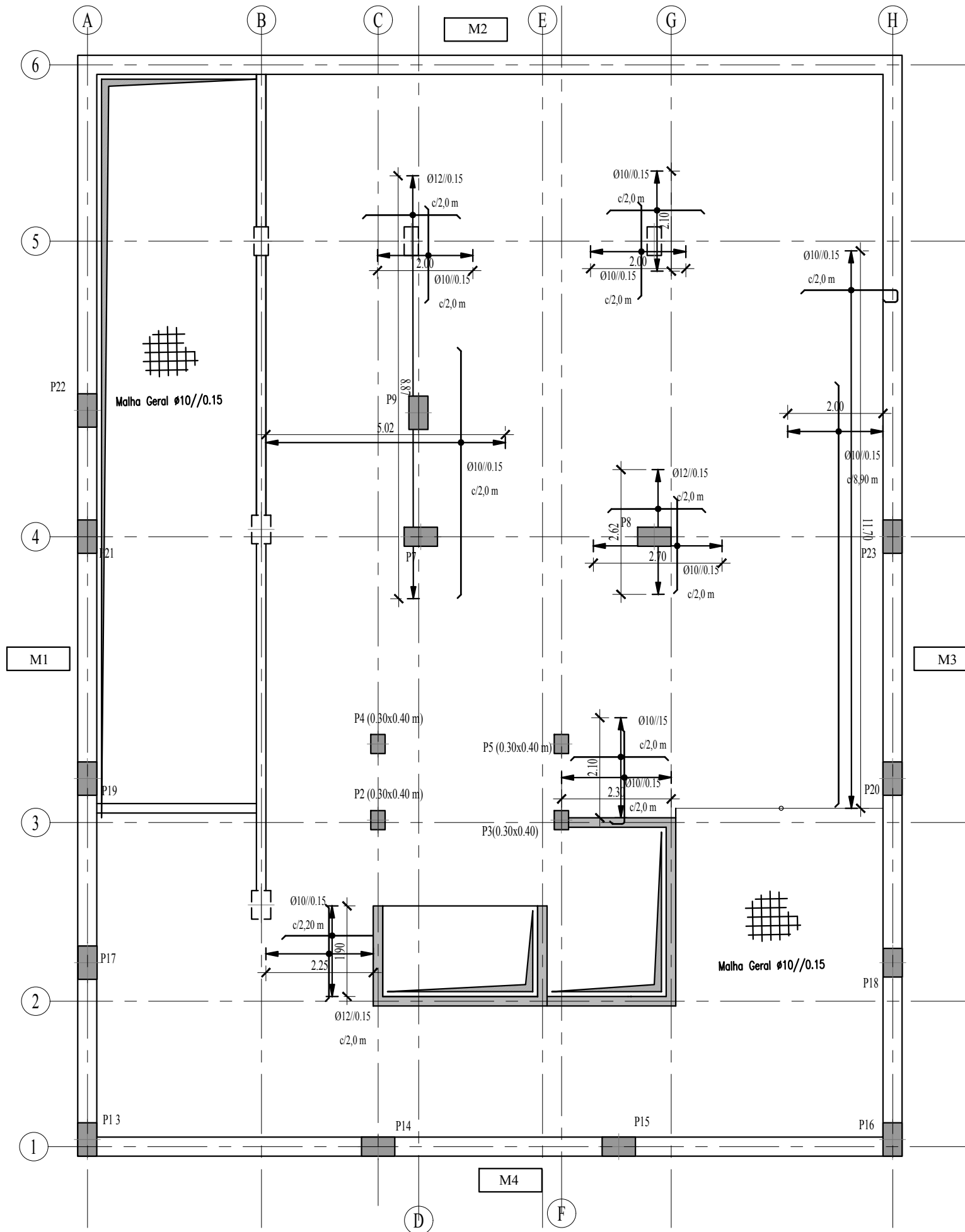
AÇO A500 NR SD

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso -1: Armadura Inferior	PE.1.14
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	



Comprimentos de armadura ( $l_{ba}$ ) e de emenda ( $l_b$ )

Varão	$l_{ba}$ [m]	$l_b$ [m]
Ø8	0.50	0.60
Ø10	0.55	0.80
Ø12	0.65	0.90
Ø16	0.85	1.25
Ø20	1.05	1.56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Muro de Suporte	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Massame	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	

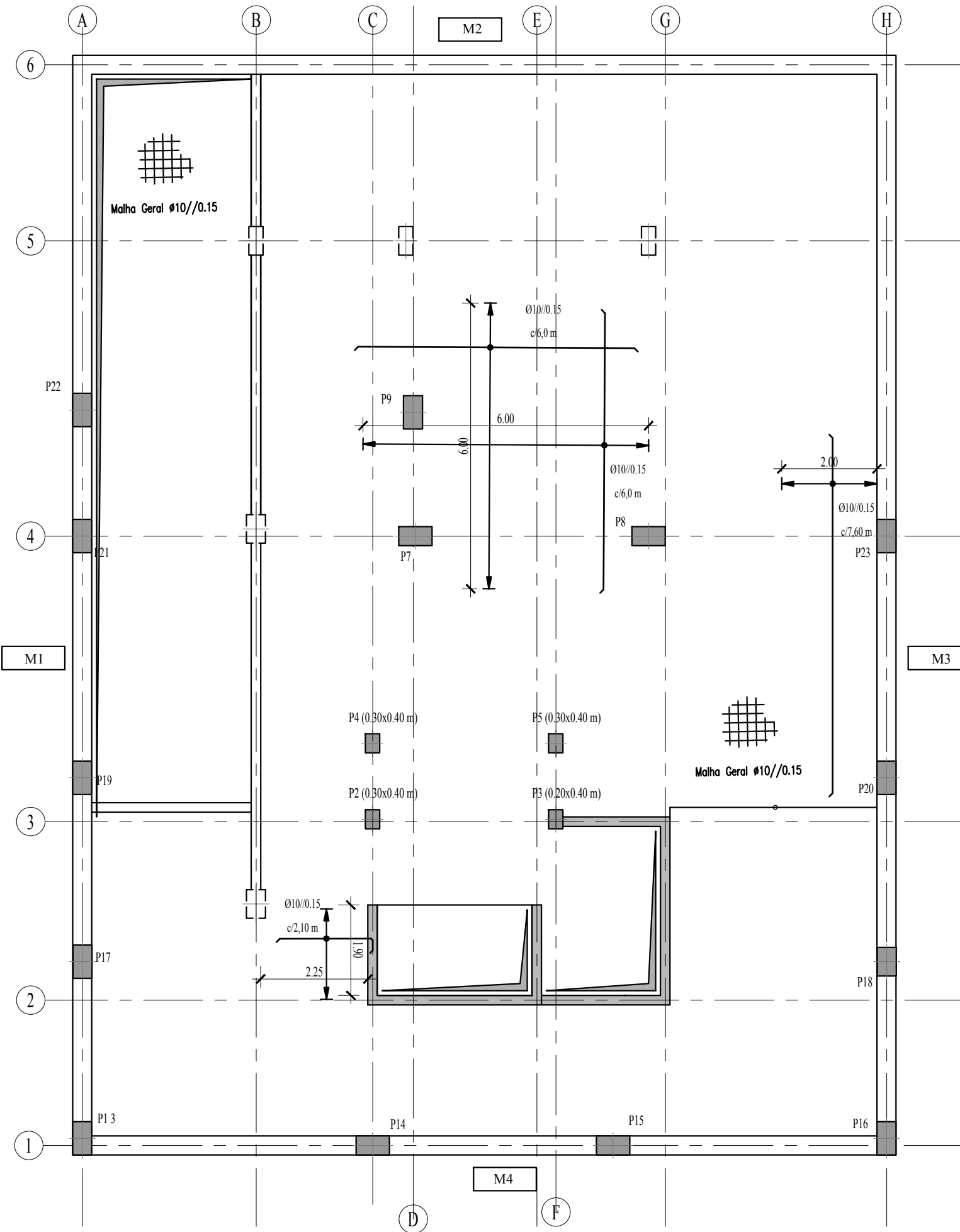
AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso 0: Armadura Superior	PE. 1.15
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	



Comprimentos de armadura ( $l_{ba}$ ) e de emenda ( $l_b$ )

Varão	$l_{ba}$ [m]	$l_b$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Massame				

AÇO	A500 NR SD
-----	------------

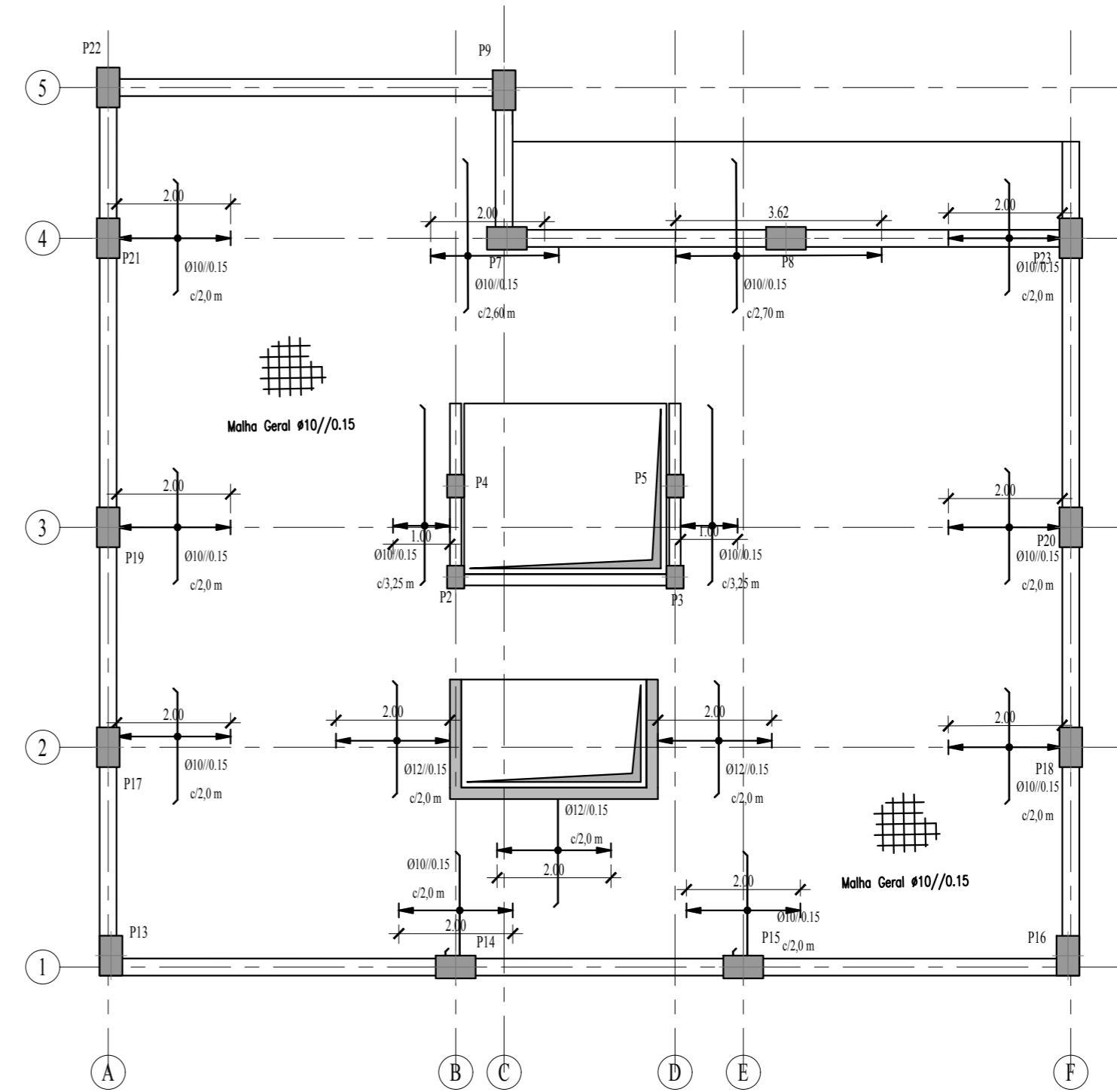
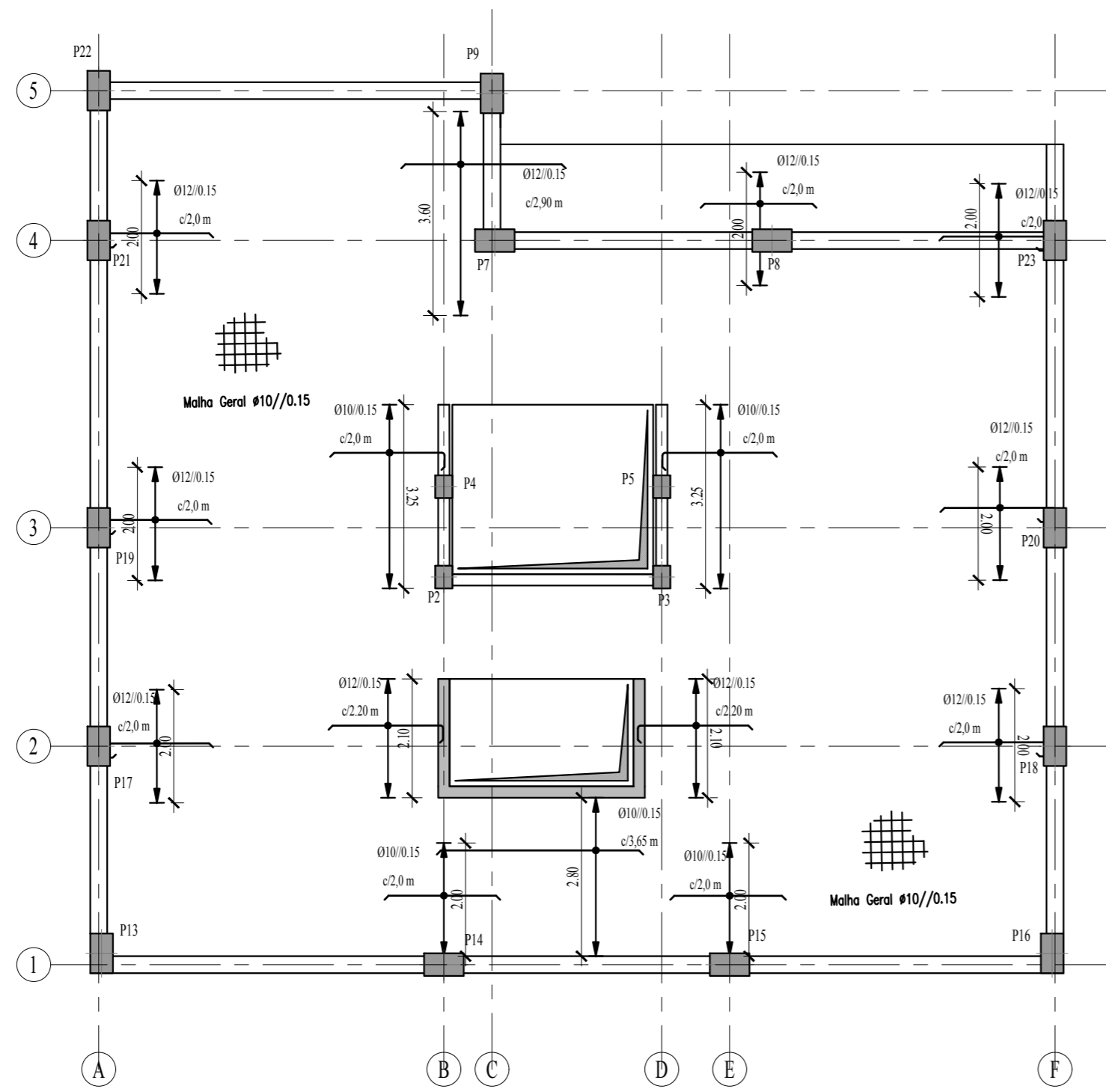
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA Nº
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso 0: Armadura Inferior	PE. 1.16
FASE: Projeto	Nº Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	

PROCESSO Nº Projeto



Variação	l <sub>ad</sub> [m]	l <sub>e</sub> [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,65	0,80
Ø12	0,85	0,90
Ø16	1,05	1,25
Ø20	1,05	1,56

Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Massame	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	

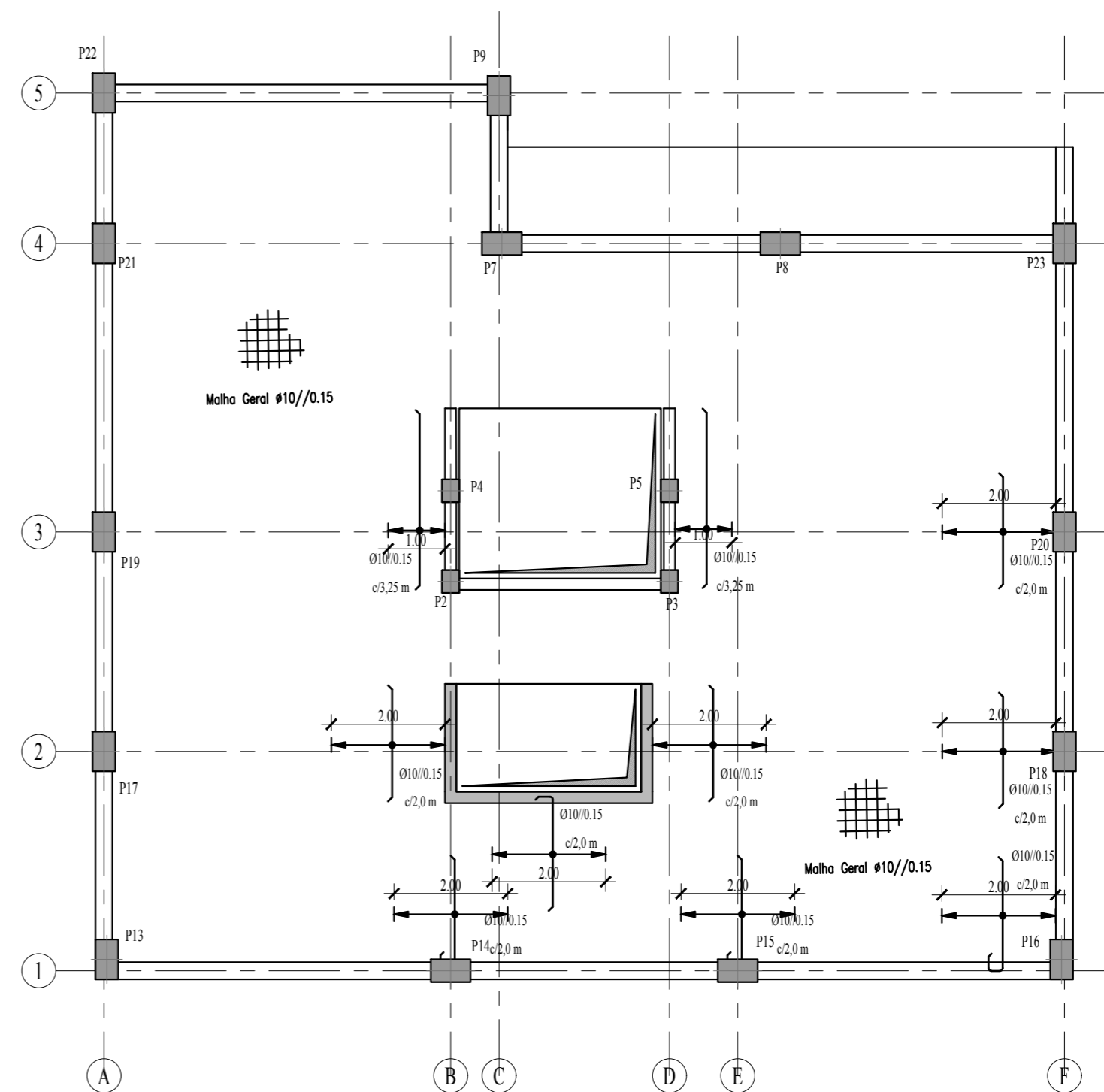
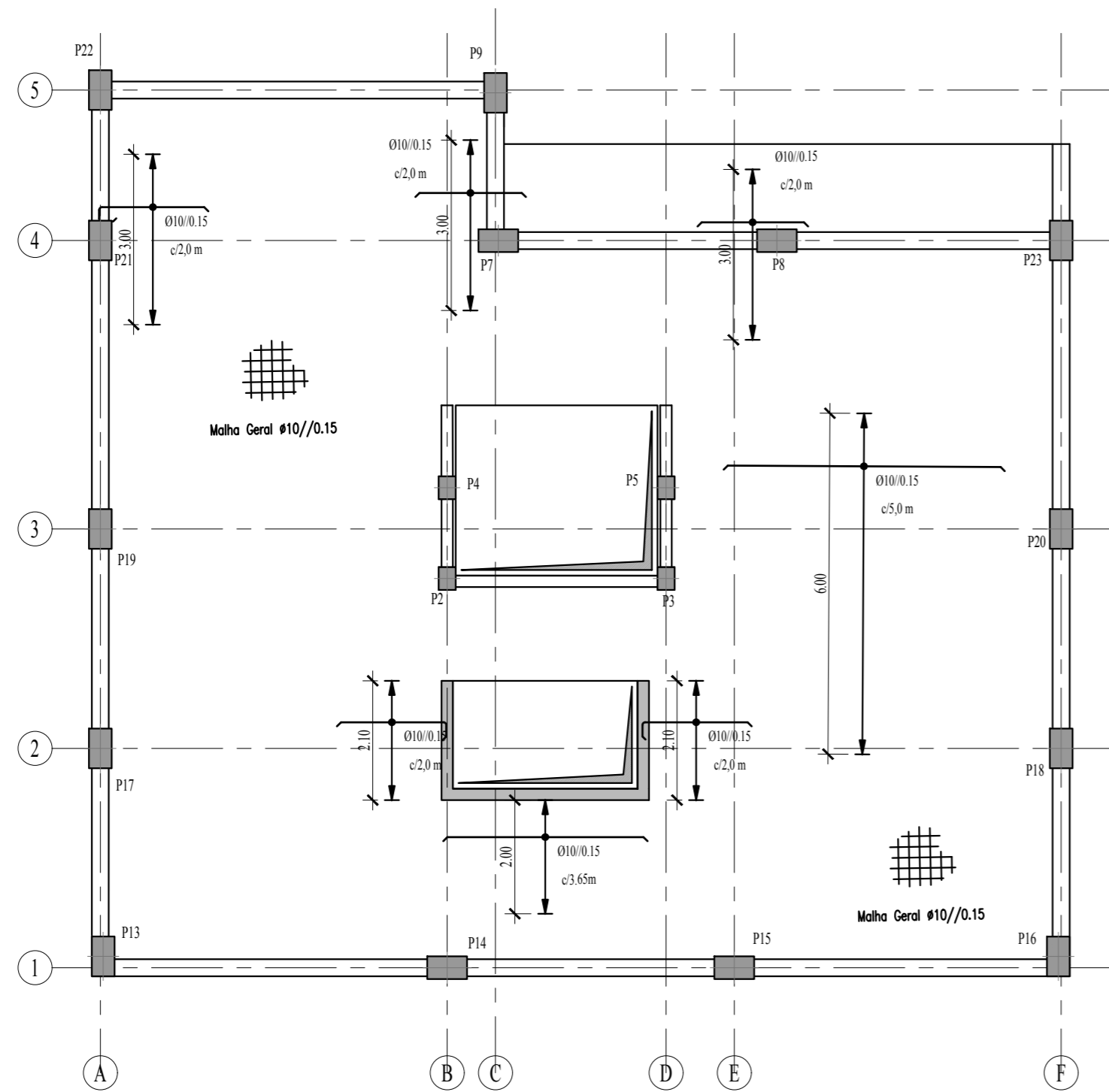
AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOUNTA
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso 1: Armadura Superior	PE.1.17
FASE: Projeto	Nº Auto: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	




Variação	$l_e$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0.50	0.60
Ø10	0.55	0.80
Ø12	0.65	0.90
Ø16	0.85	1.25
Ø20	1.05	1.56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Massame				

AÇO	A500 NR SD
-----	------------

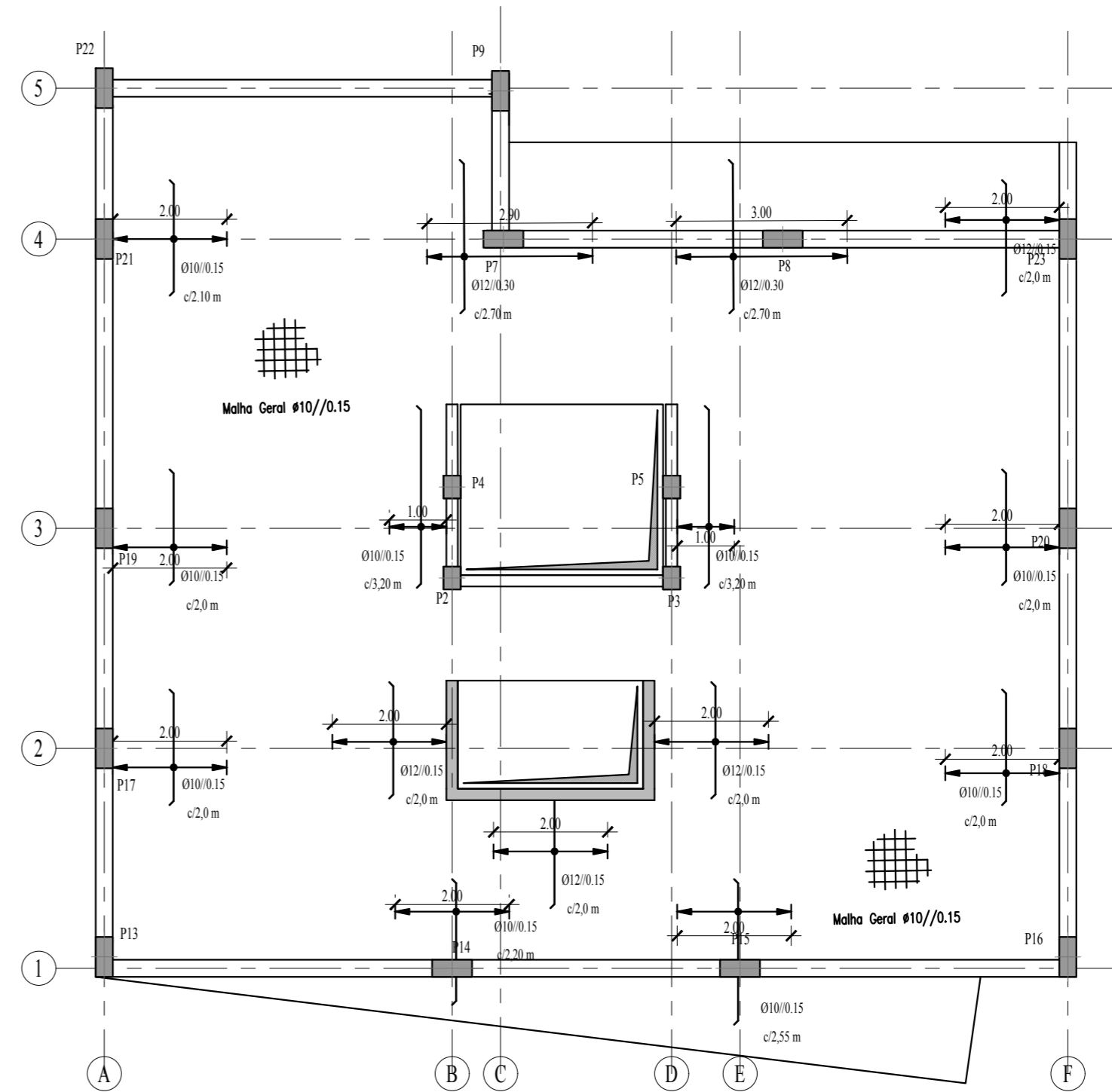
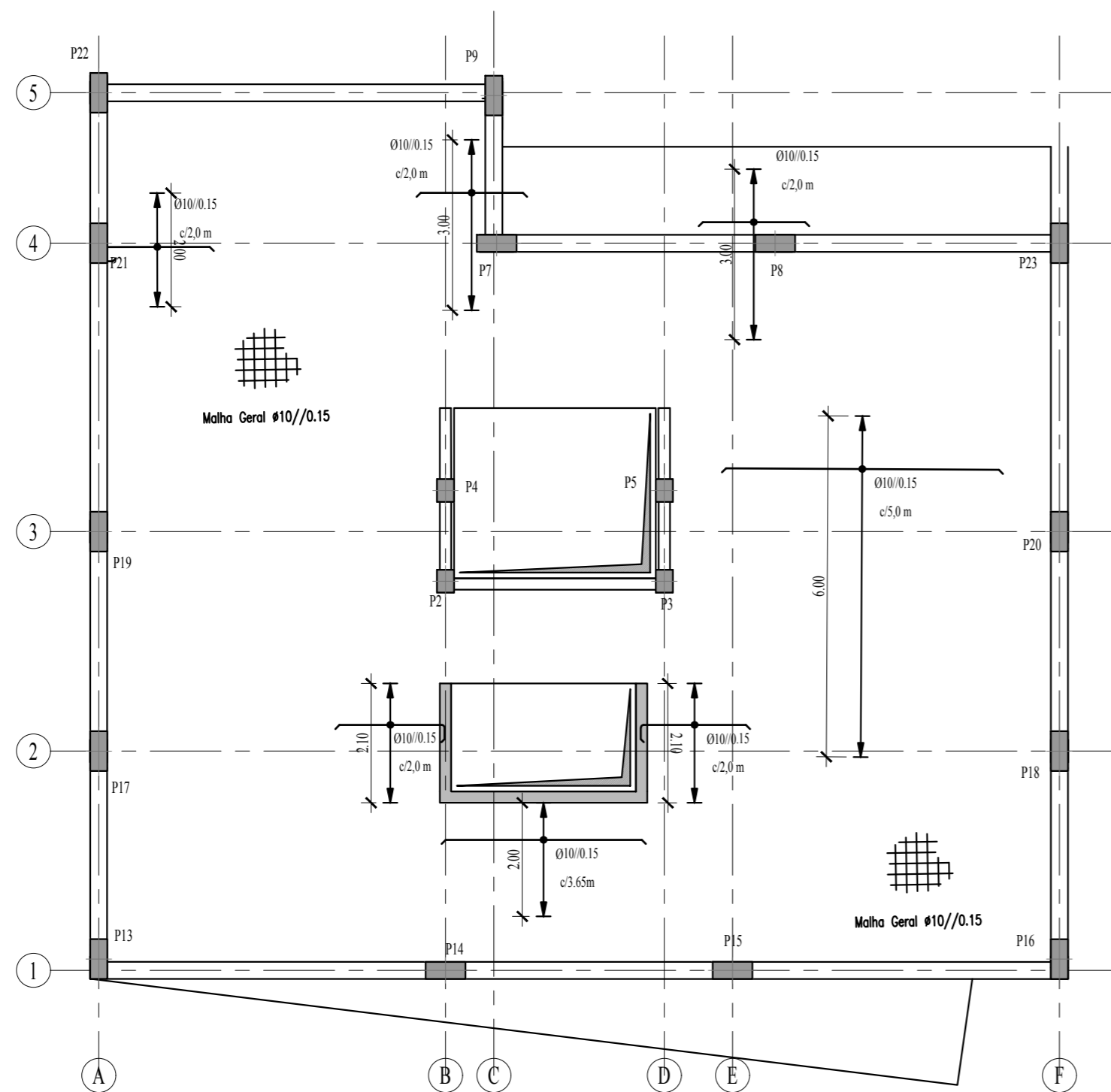
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
1959 - 007 Lisboa  
Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOUNANT
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso 1: Armadura Inferior	PE.1.18
FASE: Projeto	Nº Auto: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	




Variação	l <sub>ad</sub> [m]	l <sub>e</sub> [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,65	0,80
Ø12	0,85	0,90
Ø16	1,05	1,25
Ø20	1,05	1,56

Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Vigas	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=40 mm
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Muro de Suporte	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Massame	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	

AÇO     A500 NR SD

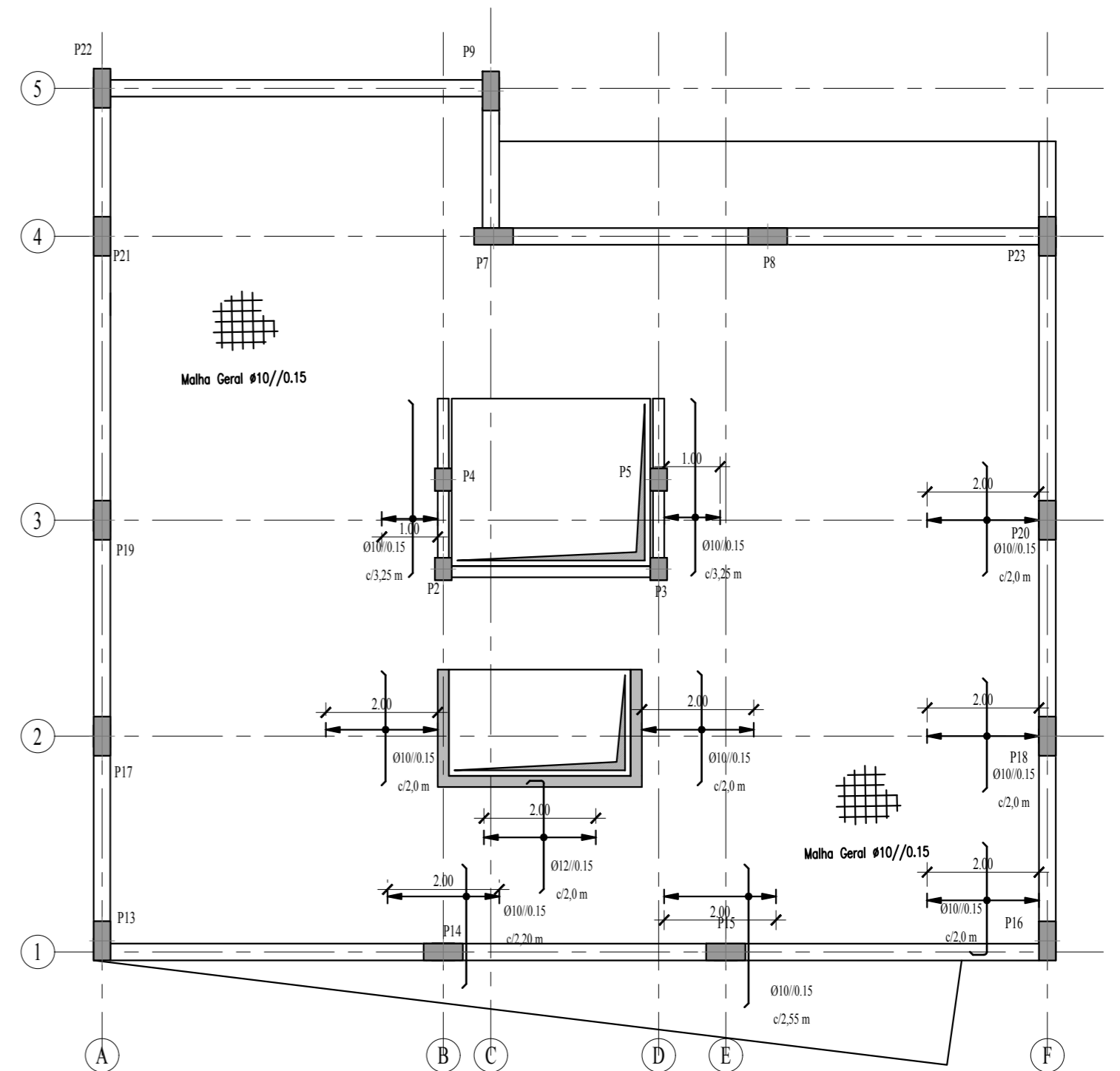
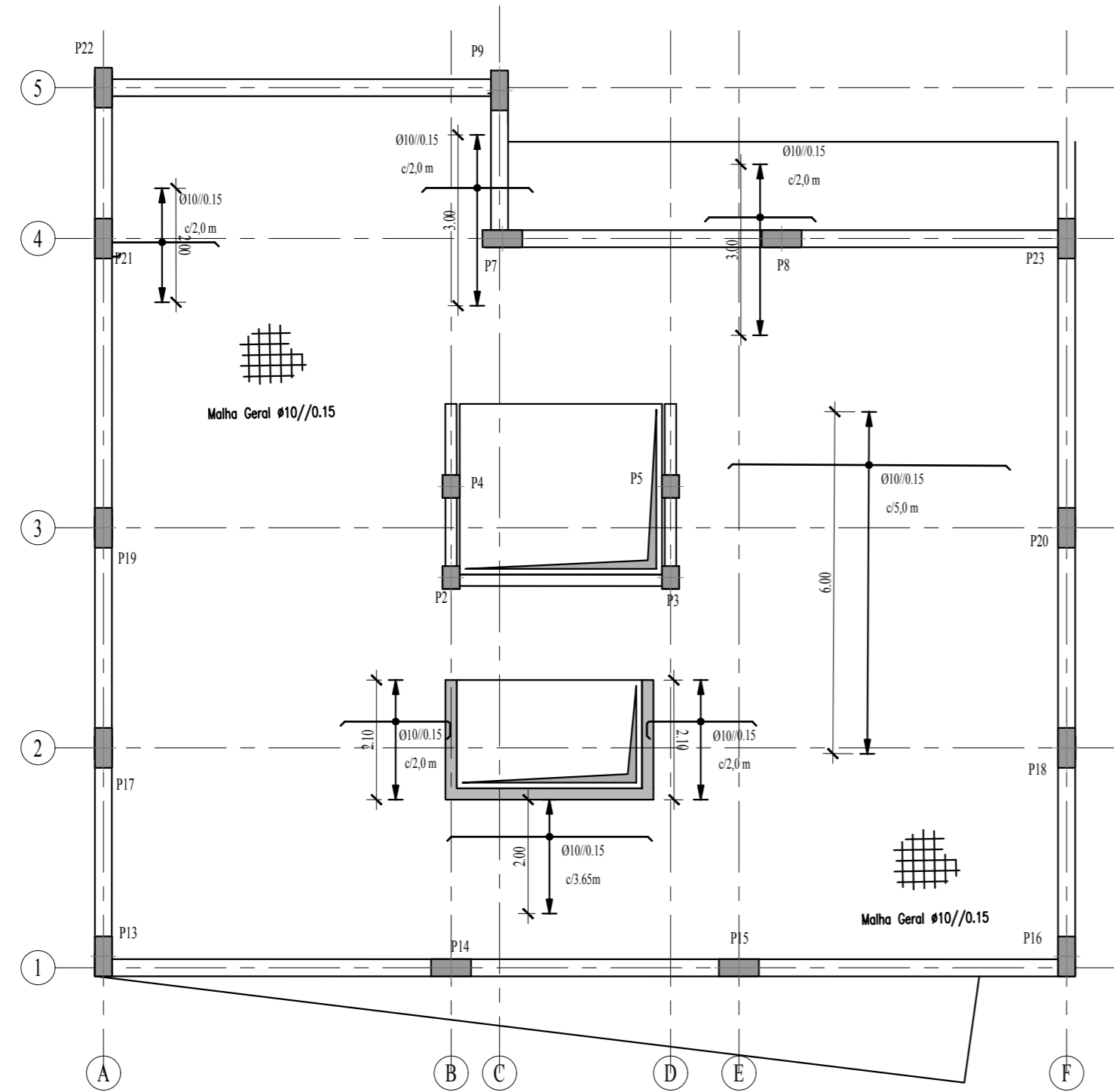
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
1959 - 007 Lisboa  
Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOUNANT
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso 2: Armadura Superior	PE.1.19
FASE: Projeto	Nº Auto: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	




Comprimentos de amarração ( $l_{ad}$ ) e de emenda ( $l_e$ )		
Variação	$l_{ad}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0.50	0.60
Ø10	0.65	0.80
Ø12	0.85	0.90
Ø16	1.05	1.25
Ø20	1.35	1.56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Massame				

AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

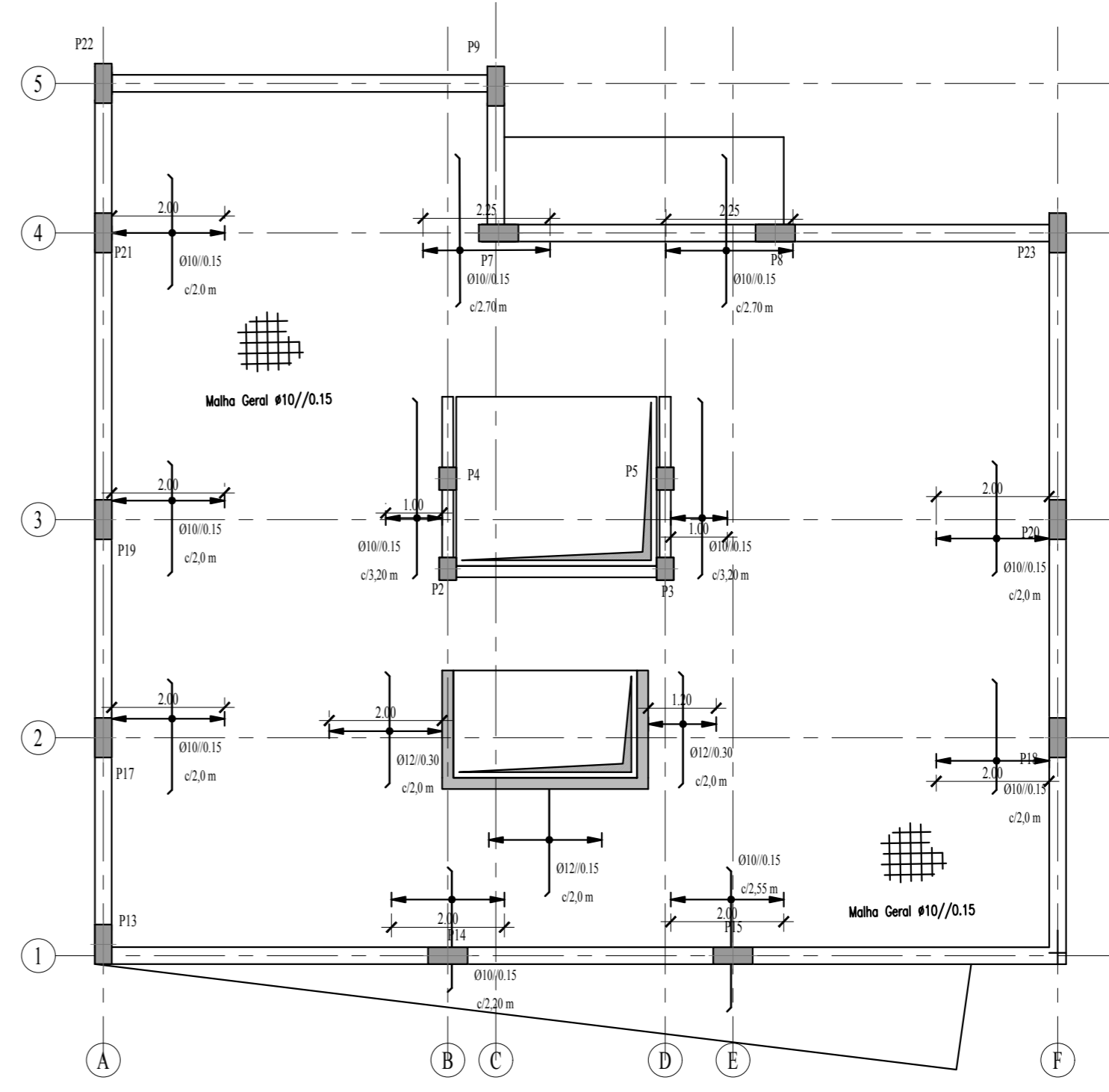
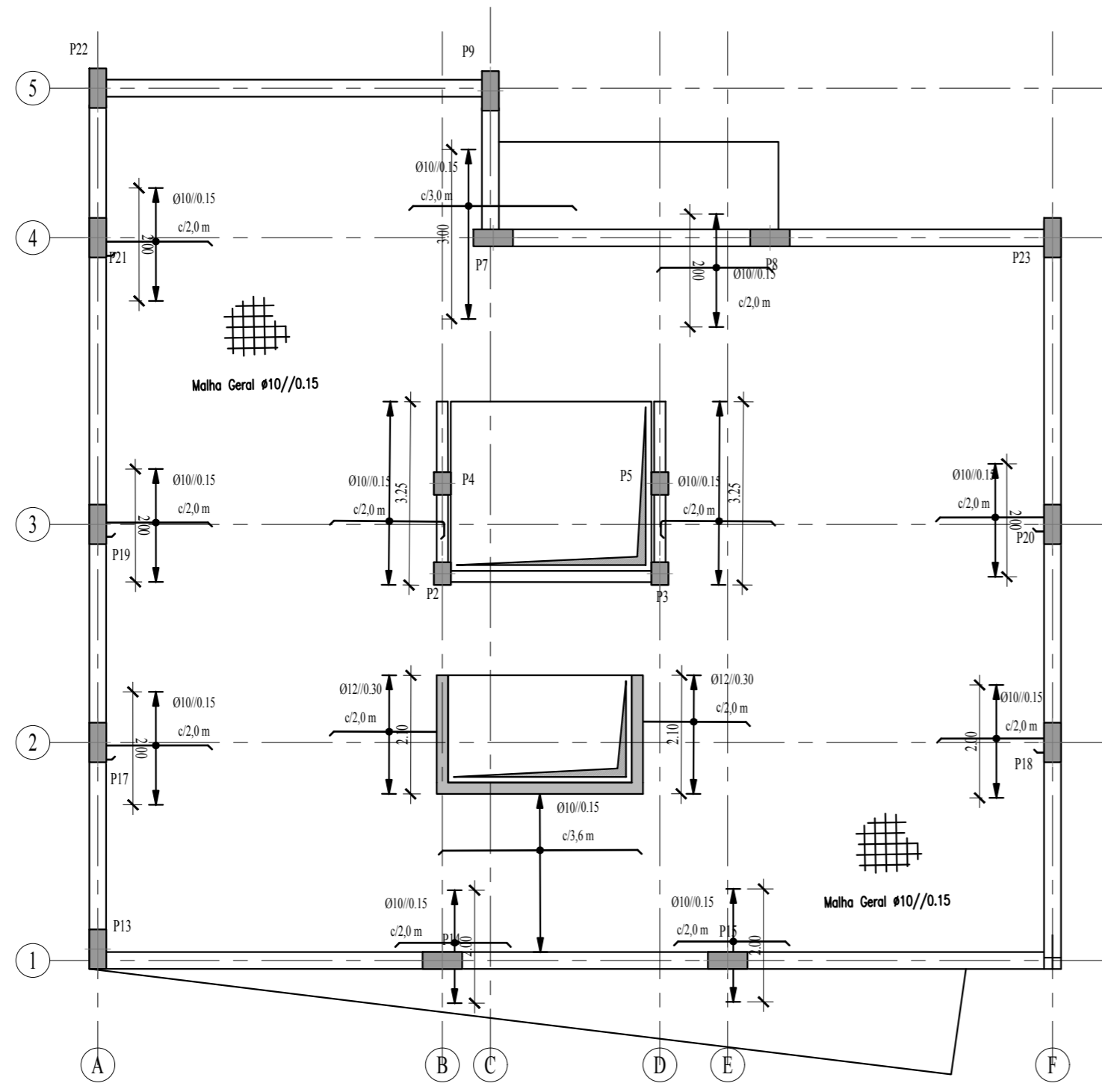


**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
1959 - 007 Lisboa  
Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOUNANT
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso 2: Armadura Inferior	PE.1.20
FASE: Projeto	Nº Auto: 41684	ESCALA: 1/100
DATA: maio de 2021	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	






Comprimentos de amarração (l <sub>ad</sub> ) e de emenda (l <sub>e</sub> )		
Variação	l <sub>ad</sub> [m]	l <sub>e</sub> [m]
Ø8	0.50	0.60
Ø10	0.65	0.80
Ø12	0.85	1.00
Ø16	1.05	1.25
Ø20	1.35	1.56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máxima dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Vigas	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=40 mm
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Massame	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	

AÇO	A500 NR SD
-----	------------

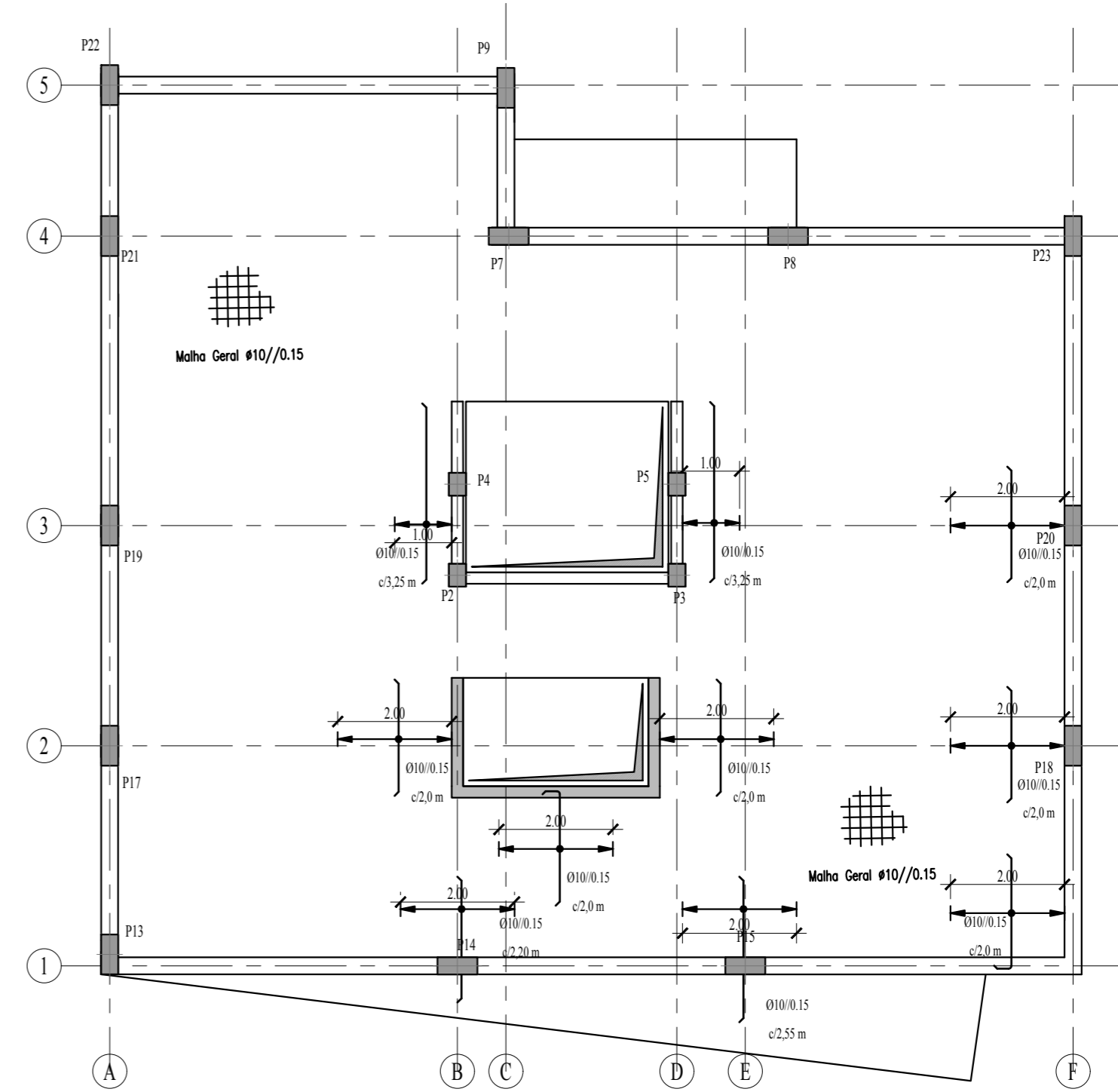
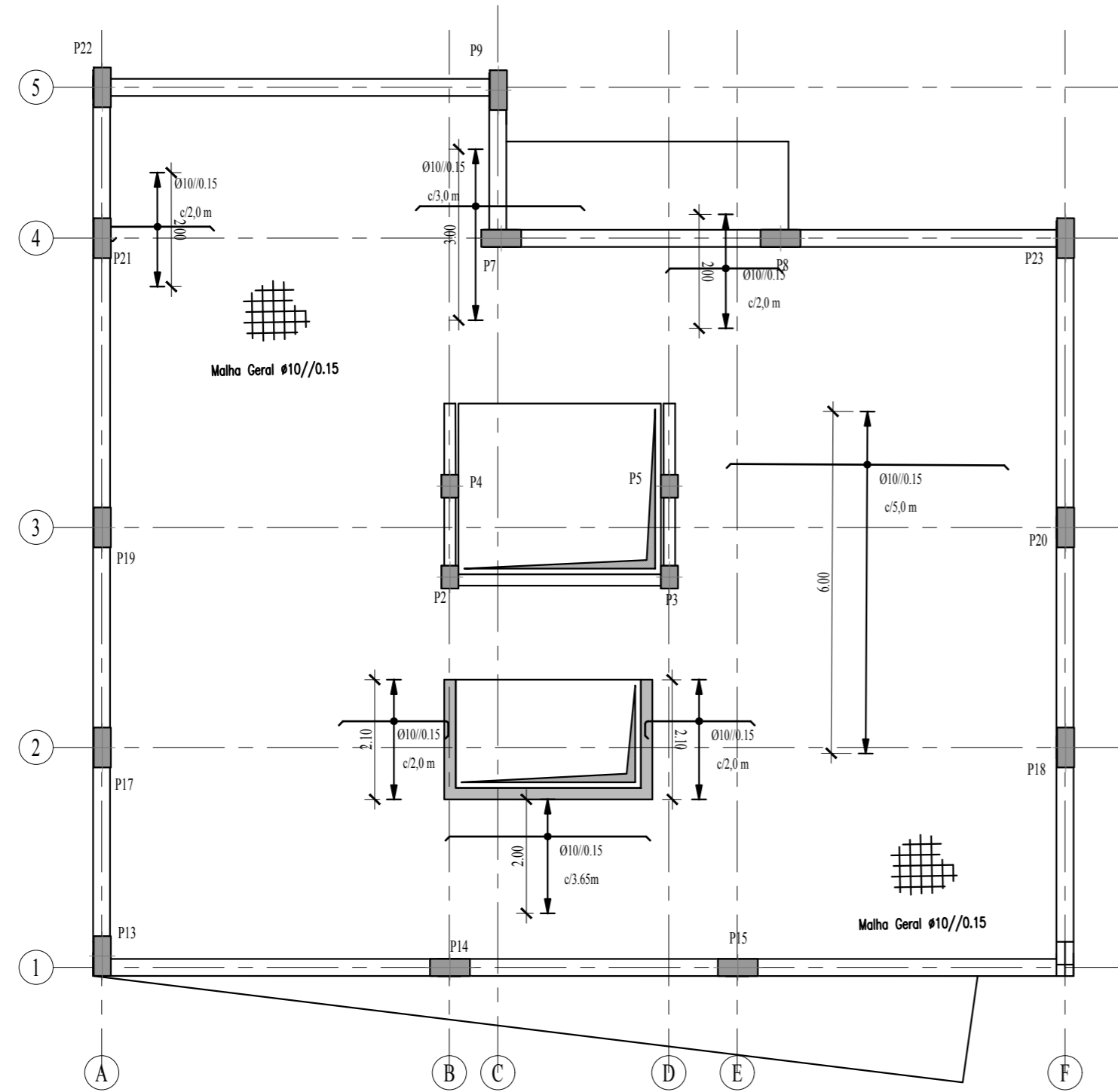
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
1959 - 007 Lisboa  
Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOUNANT
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso 3-8: Armadura Superior	PE.1.21
FASE: Projeto	Nº Auto: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	




Variação	l <sub>ad</sub> [m]	l <sub>e</sub> [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,65	0,80
Ø12	0,85	0,90
Ø16	1,05	1,25
Ø20	1,25	1,56

Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Massame				

AÇO     A500 NR SD

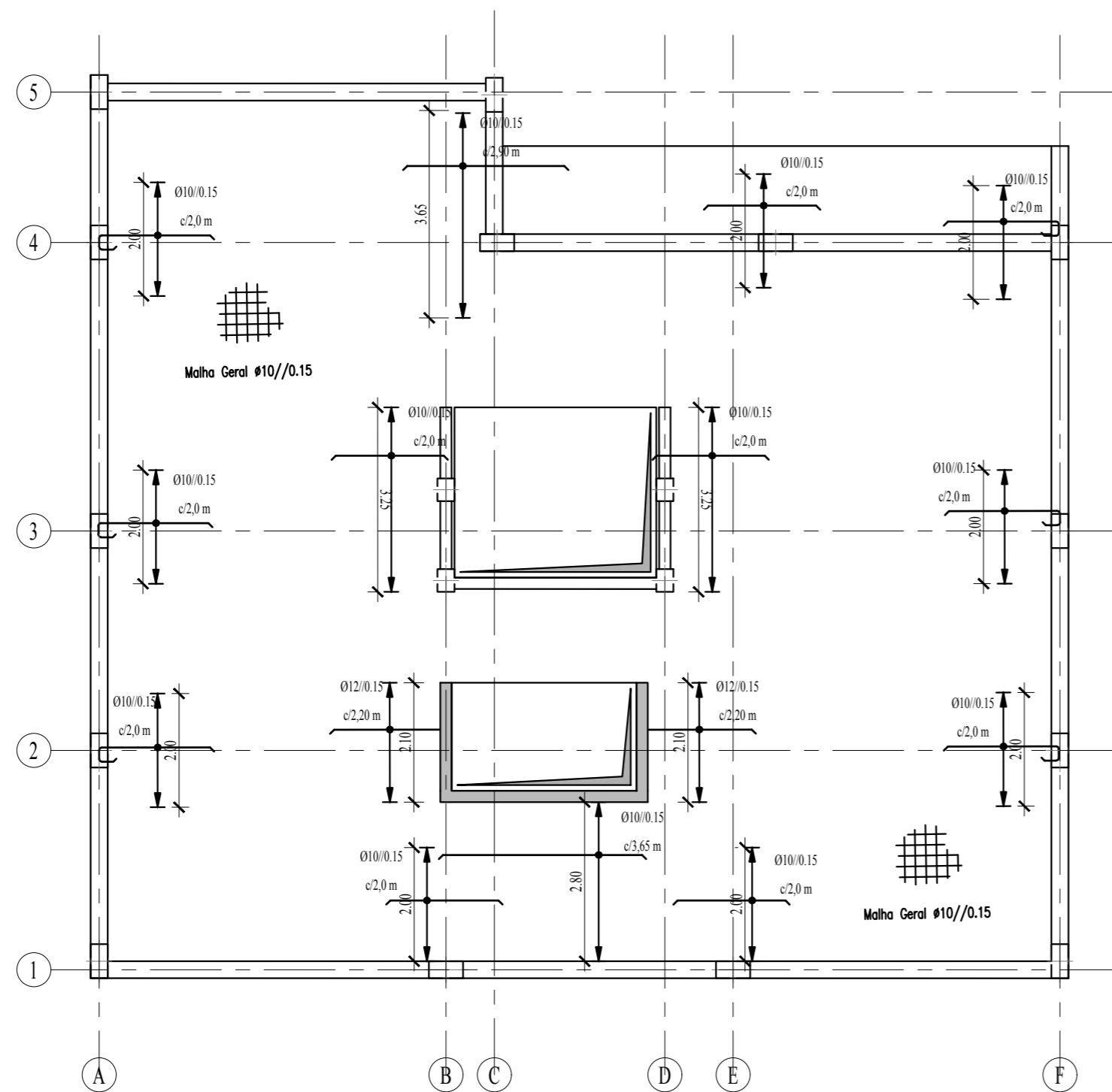
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



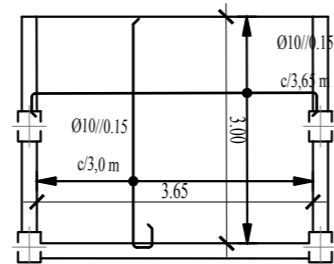
**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
1959 - 007 Lisboa  
Tlm: 218 317 000

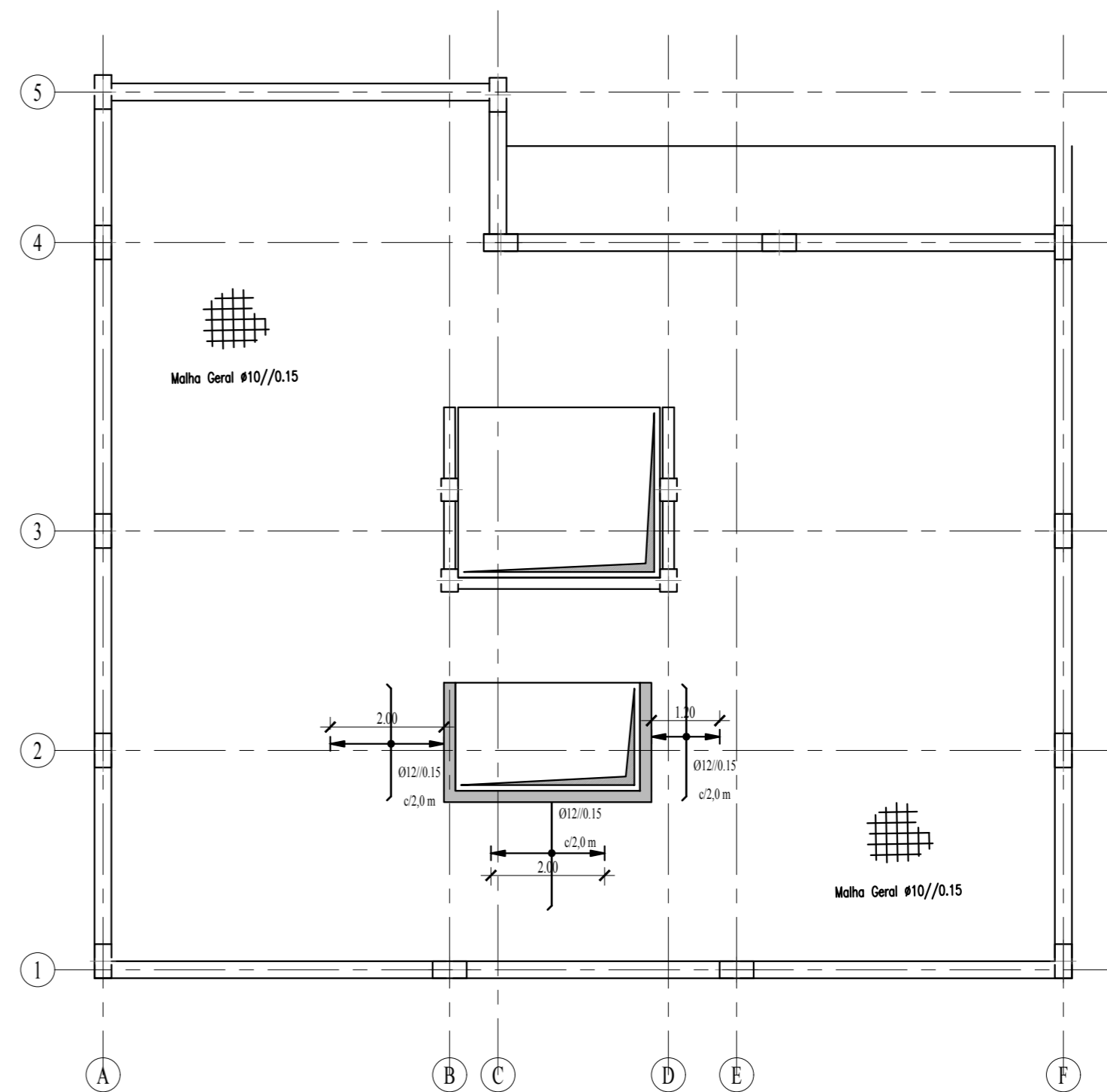
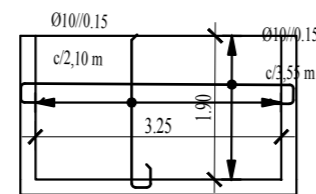
ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOUNANT
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso 3-8: Armadura Inferior	PE.1.22
FASE: Projeto	Nº Auto: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	



Tampa de Caixa de Escada




Tampa de Caixa de Elevador



Variação	$l_w$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,60
Ø12	0,65	0,80
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máxima dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Massame	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
AÇO		A500 NR SD		

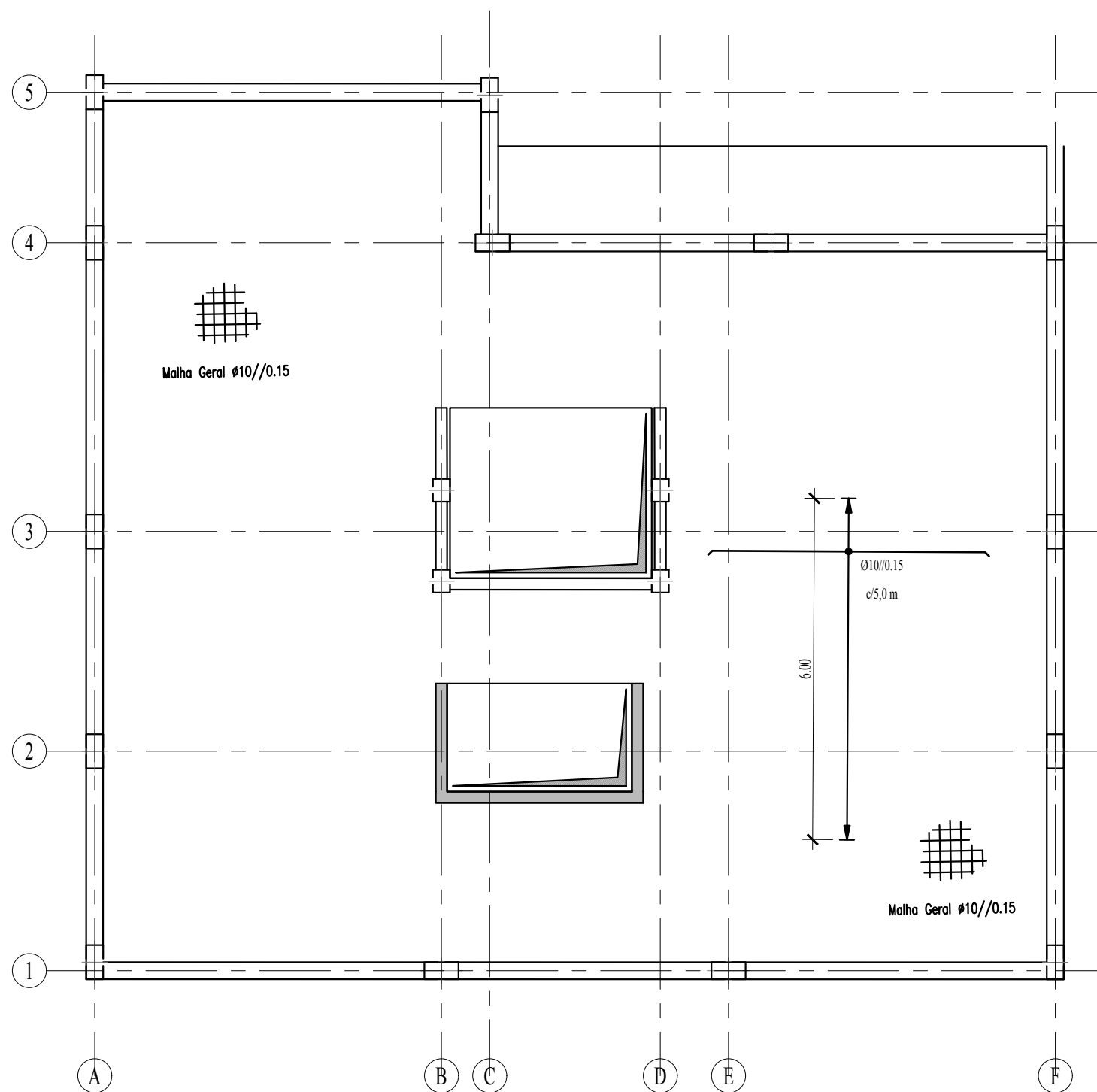
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
1959 - 007 Lisboa  
Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOUNANT
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso de Cobertura: Armadura Superior	PE.1.23
FASE: Projeto	Nº Auto: 41684	DATA: maio de 2021
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	

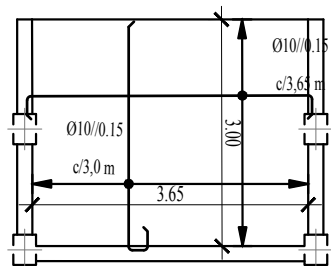


Varão	$l_d$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

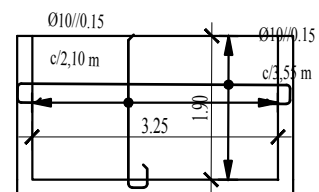
BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Vigas				XC2(PT)
Ensoleiramento Geral	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Muro de Suporte				XC1(PT)
Massame				

AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Tampa de Caixa de Escada



Tampa de Caixa de Elevador



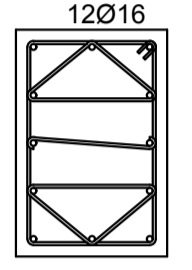
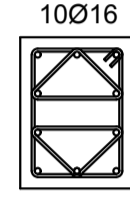
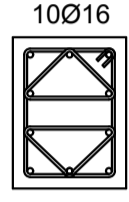
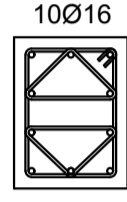
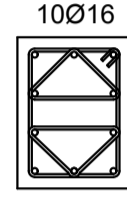
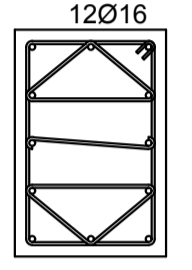
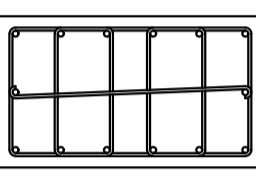
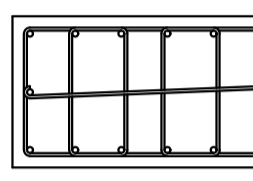
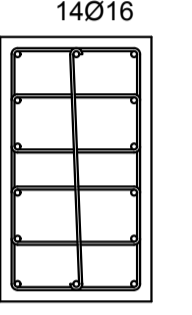
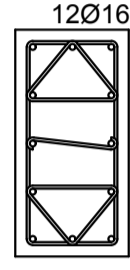
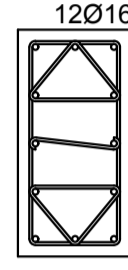
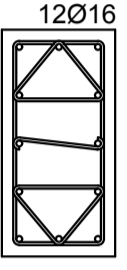
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.



**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

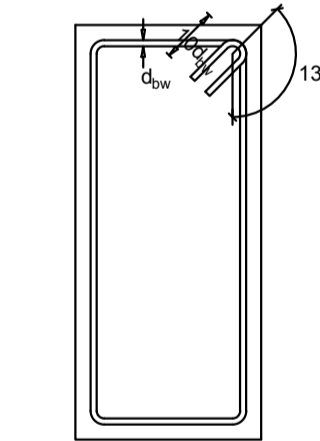
**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
1959 - 007 Lisboa  
Tlm: 218 317 000

ORIENTADOR: António Gorgulho	ALUNO: José Orlando Garcia	FOLHA N°
LOCAL OBRA: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Piso de Cobertura: Armadura Inferior	PE. 1.24
FASE: Projeto	N° Aluno: 41684	DATA: maio de 2021
	ESCALA: 1/100	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade

Pilar \ Piso	P1 [0,40x 0,60]	P2 [0,3 x 0,40]	P3 [0,3 x 0,40]	P4 [0,3 x 0,40]	P5 [0,3 x 0,40]	P6 [0,40 x 0,60]	P7 [0,70 x 0,40]	P8 [0,70 x 0,40]	P9 [0,40 x 0,70]	P10 [0,30 x 0,60]	P11 [0,30 x 0,60]	P12 [0,30 x 0,60]
Piso -3												
Piso -2	 12Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 10Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 10Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 10Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 10Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 12Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 14Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 14Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 14Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 12Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 12Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20	 12Ø16 CINTAS-ZONA CORRENTE: Ø8//0,20
Piso -1												

Varão	$l_{bd}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

Pormenor de Amarração dos Estribos




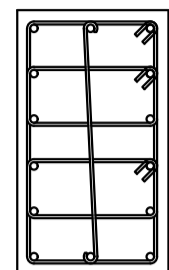
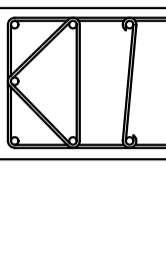
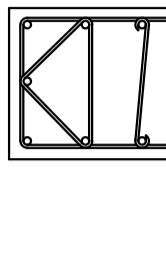
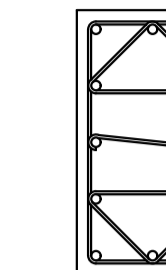
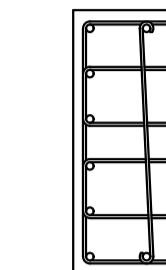
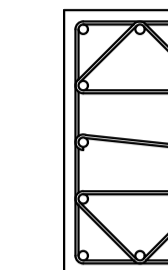
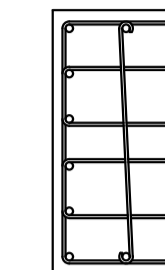
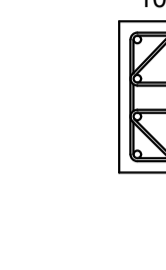
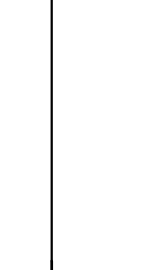
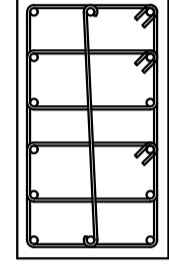
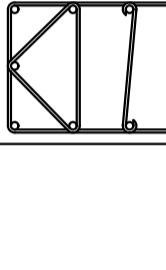
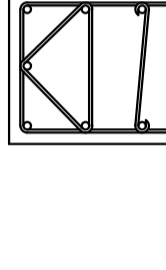
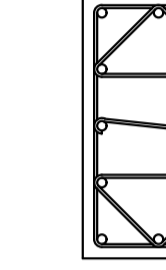
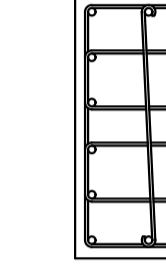
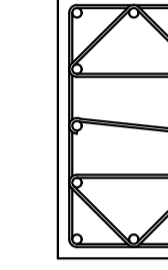
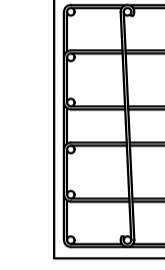
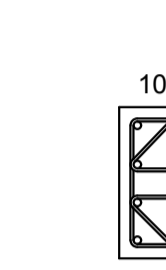
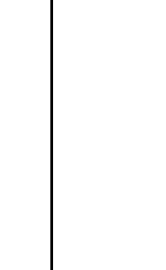
$d_{st}$  - Diâmetro do estribo / cinta



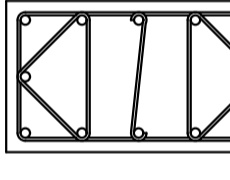
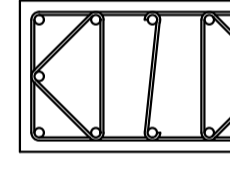
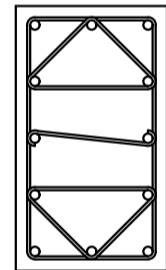
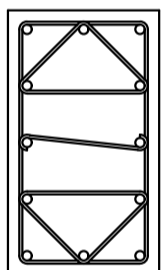
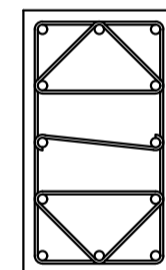
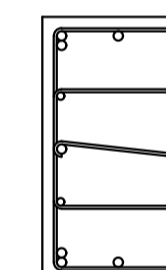
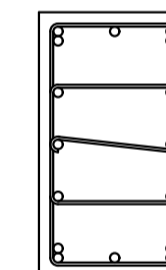


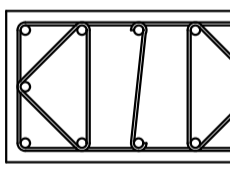
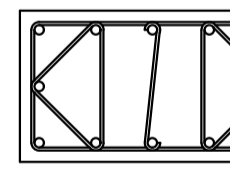
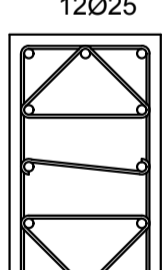
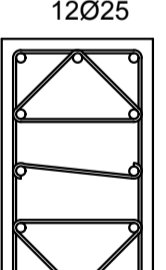
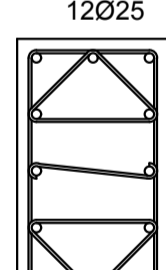
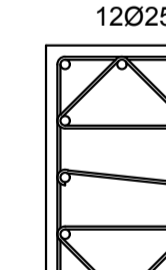
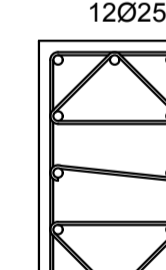
BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes Vigas	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte				
Massame	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	

AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

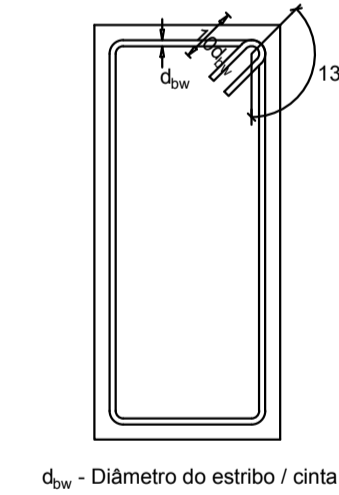
	ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000		
	ORIENTADOR: António Gorgulho LOCALIDADE: Lisboa FASE: Projeto	ALUNO: José Orlando Garcia RESERVAÇÃO: Quadro Pilares -3/-1 Nº: 41684   10/11 maio de 2021   FOLHA: 1/20	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade PE.1.25

Pilar	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P2	P3
Piso	[0,40 x 0,70]	[0,70 x 0,40]	[0,70 x 0,40]	[0,40 x 0,70]	[0,40 x 0,70]	[0,40 x 0,70]	[0,40 x 0,70]	[0,30 x 0,40]	[0,30 x 0,40]
Piso 0	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70(Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,70(Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,125 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,56 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,56 (Total)
Piso 1	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,125 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70(Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70(Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,56 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,56 (Parcial)

Pilar	P4	P5	P7	P8	P9	P20	P21	P22	P23
Piso	[0,30 x 0,40]	[0,30 x 0,40]	[0,70 x 0,40]	[0,70 x 0,40]	[0,40 x 0,70]	[0,40 x 0,70]	[0,40 x 0,70]	[0,40 x 0,70]	[0,40 x 0,70]
Piso 0	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,125 lcr=0,56 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,125 lcr=0,56 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,125 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70 (Total)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,050 lcr=0,70 (Total)
Piso 1	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,56 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,56 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,125 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,125 lcr=0,70 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,70 (Parcial)


Comprimentos de armadura (l <sub>bd</sub> ) e de emenda (l <sub>e</sub> )		
Varão	l <sub>bd</sub> [m]	l <sub>e</sub> [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

Pormenor de Amarração dos Estribos



BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Massame				
AÇO		A500 NR SD		

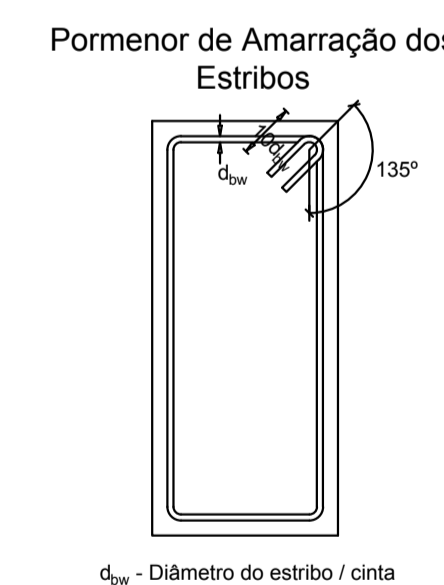
Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.


**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORÇAMENTO: António Gorgulho	ALMO: José Orlando Garcia	FECHA:
LOCAL: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Quadro Pilares Q/1	PE: 1.26
FASE: Projeto	Nº: 41684	DATA: 10/11/2021

Pilar	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P2	P3
Piso	[0,40 x 0,70]	[0,70 x 0,40]	[0,70 x 0,40]	[0,40 x 0,70]	[0,40 x 0,70]	[0,40 x 0,70]	[0,40 x 0,70]	[0,30 x 0,40]	[0,30 x 0,40]
Piso 2	14Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	14Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	14Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)
Piso 3	14Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,125 lcr=0,60 (Parcial)	14Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,75 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,75 lcr=0,60 (Parcial)	14Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,75 lcr=0,60 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)
Piso 4	14Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	14Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	14Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,075 lcr=0,45 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,125 lcr=0,45 (Parcial)
Piso 5	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø16  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø16  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	6Ø20+4Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	6Ø20+4Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,125 lcr=0,45 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)
Piso 6	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø16  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø16  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	6Ø20+4Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	6Ø20+4Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,75 lcr=0,45 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,75 lcr=0,45 (Parcial)
Piso 7	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø16  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø16  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	6Ø20+4Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	6Ø20+4Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,125 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)
Piso 8	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø16  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø16  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	6Ø20+4Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,125 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,125 lcr=0,60 (Parcial)	6Ø20+4Ø25  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,125 lcr=0,60 (Parcial)	12Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	10Ø20  ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRÍTICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)

Varão	l <sub>bd</sub> [m]	l <sub>e</sub> [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56



BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Vigas				C=40 mm
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Muro de Suporte				
Massame	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	

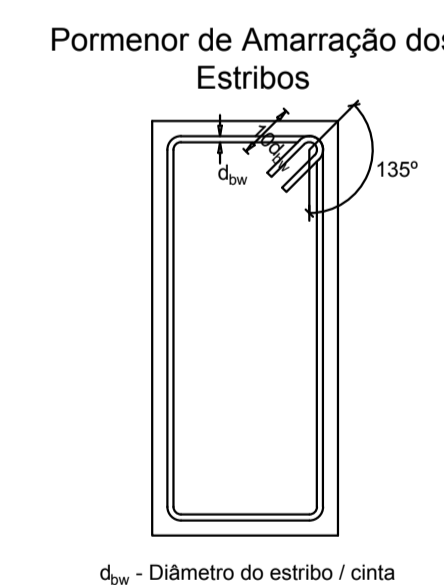
AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

	<b>ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</b> Rua Conselheiro Emílio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000	
	ORÇAMENTO: António Gorgulho LOCAL: Lisboa FASE: Projeto	ALMO: José Orlando Garcia DESIGNAÇÃO: Quadro Pilares 2/8 - P1/P9 ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade

Pilar	P4	P5	P7	P8	P9	P20	P21	P22	P23
Piso	[0,30 x 0,40]	[0,30 x 0,40]	[0,60 x 0,30]	[0,60 x 0,30]	[0,30 x 0,60]	[0,30 x 0,60]	[0,30 x 0,60]	[0,30 x 0,60]	[0,30 x 0,60]
Piso 2	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)
Piso 3	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)
Piso 4	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)
Piso 5	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,125 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,125 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)
Piso 6	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,10 ZONA CRITICA: Ø8/0,075 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)
Piso 7	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,125 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)
Piso 8	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,45 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,125 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,15 ZONA CRITICA: Ø8/0,10 lcr=0,60 (Parcial)	 ZONA CORRENTE: Ø8/0,20 ZONA CRITICA: Ø8/0,15 lcr=0,60 (Parcial)

Comprimentos de amarração (l <sub>bd</sub> ) e de emenda (l <sub>e</sub> )		
Varão	l <sub>bd</sub> [m]	l <sub>e</sub> [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56



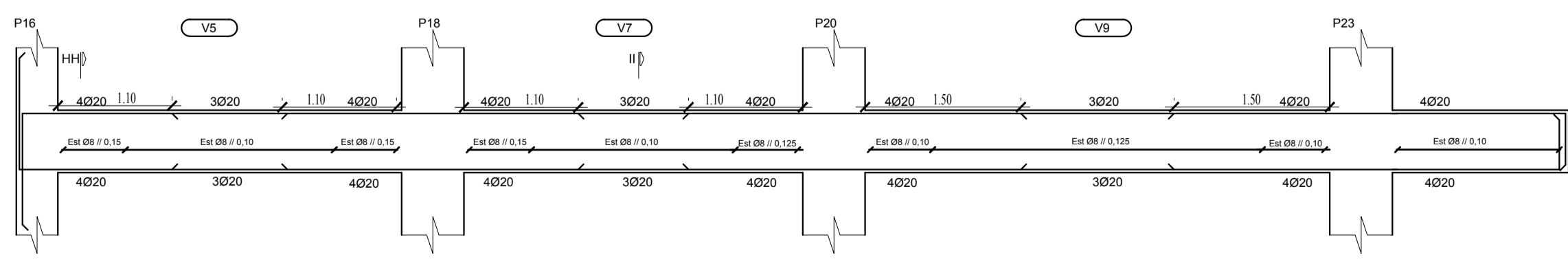
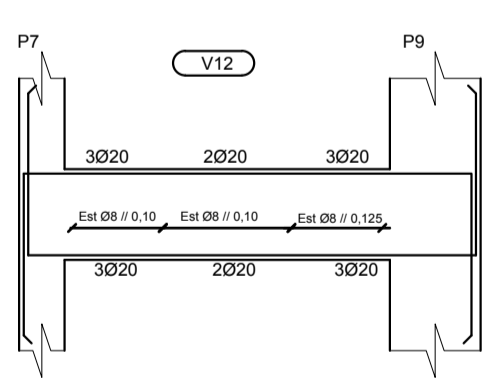
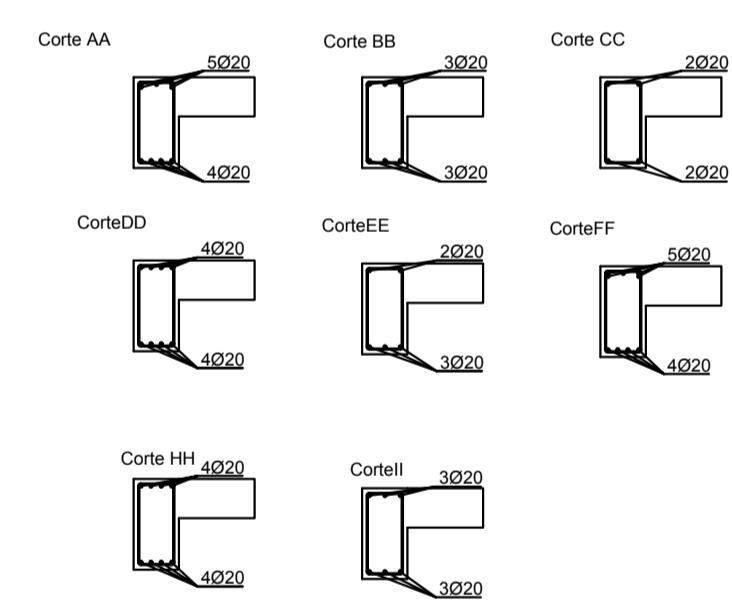
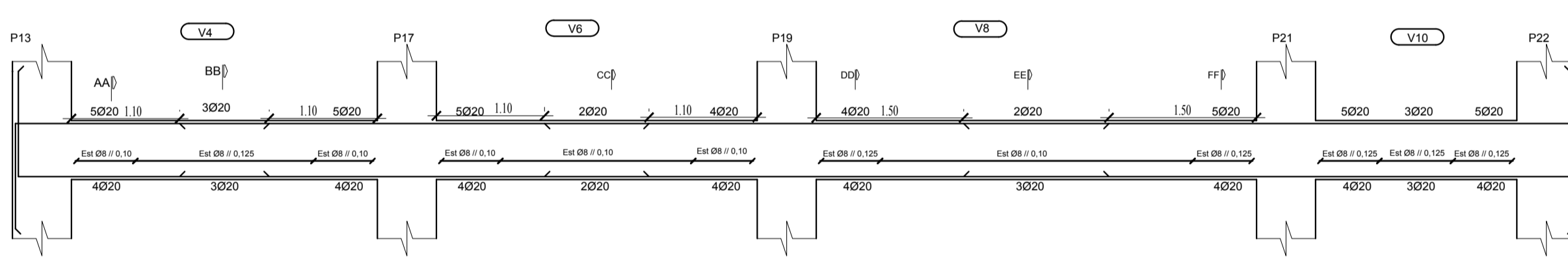
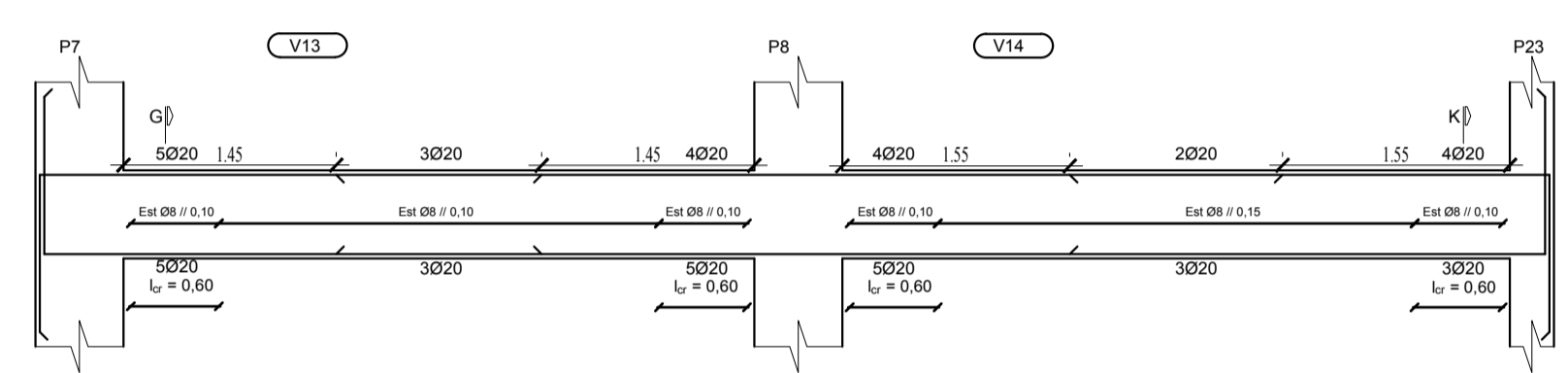
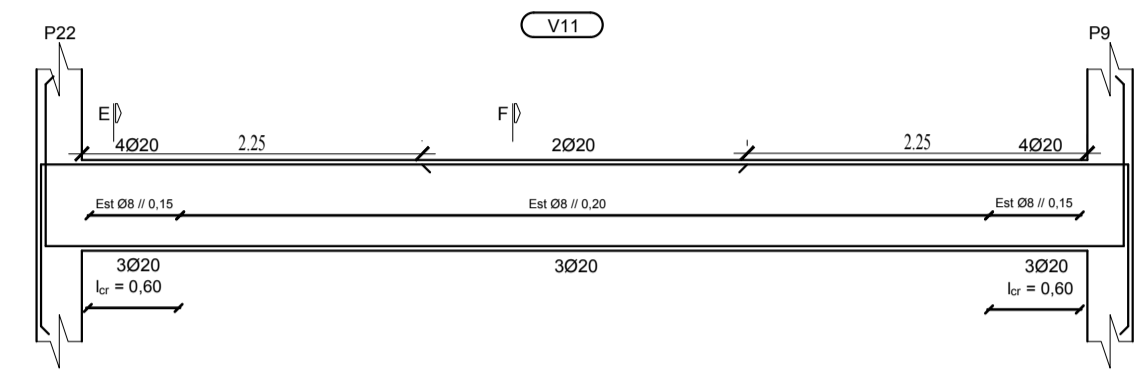
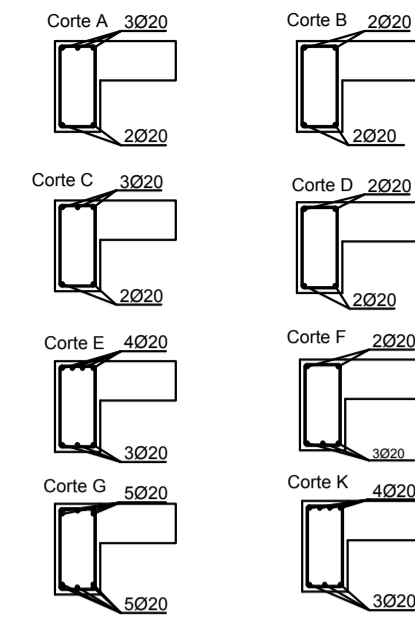
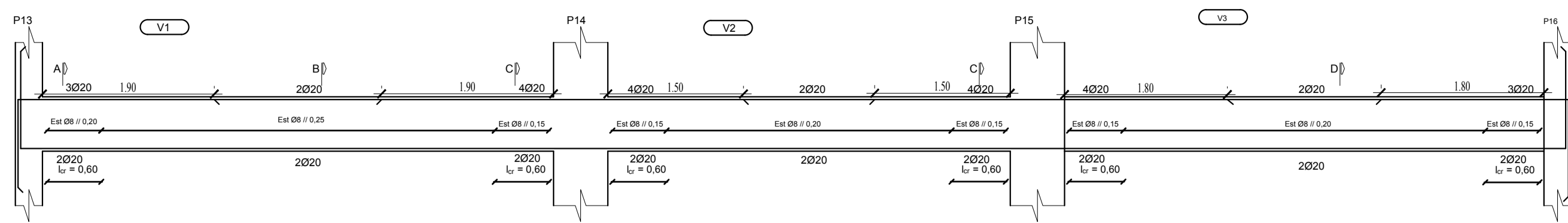
BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes				
Vigas	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=40 mm
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Muro de Suporte	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Massame				

AÇO A500 NR SD

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

		<b>ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</b> Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000	
ORÇAMENTO: António Gorgulho LOCAL: Lisboa FASE: Projeto	ALMO: José Orlando Garcia RESERVAÇÃO: Quadro Pilares 2/8 - P10/P18 ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	FOLHA Nº: PE.1.28	Nº: 41684   10/11 maio de 2021   FOLHA: 1/20

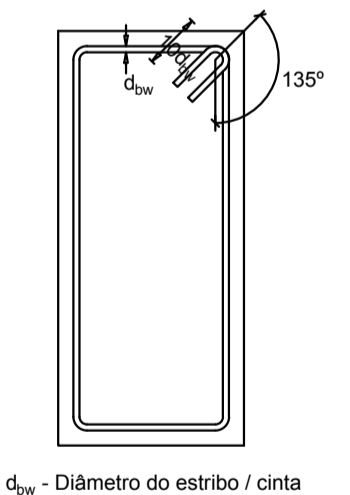




Varão	$l_{bd}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes				
Vigas	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte				
Massame	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	

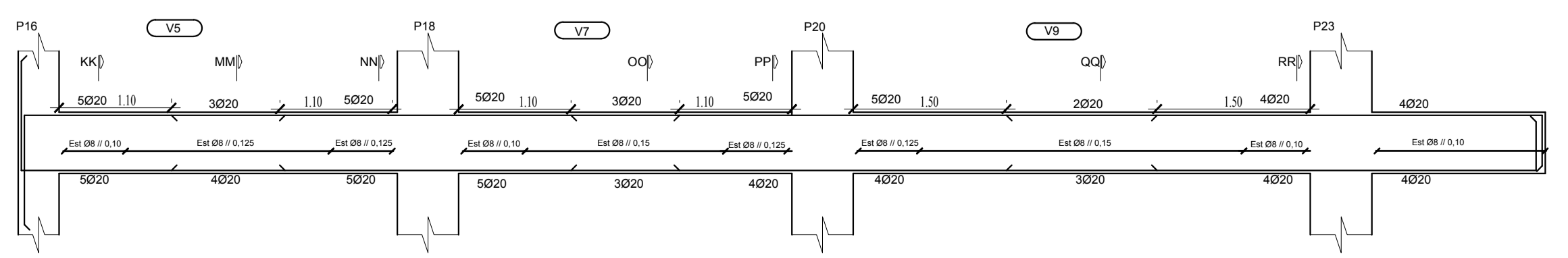
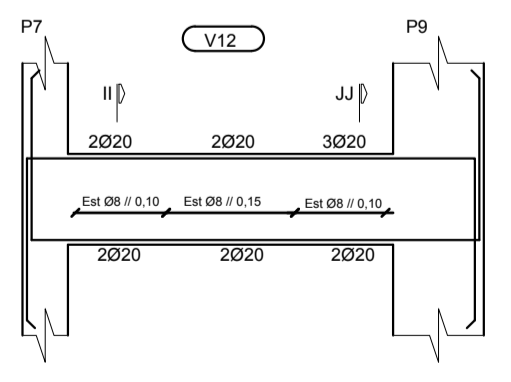
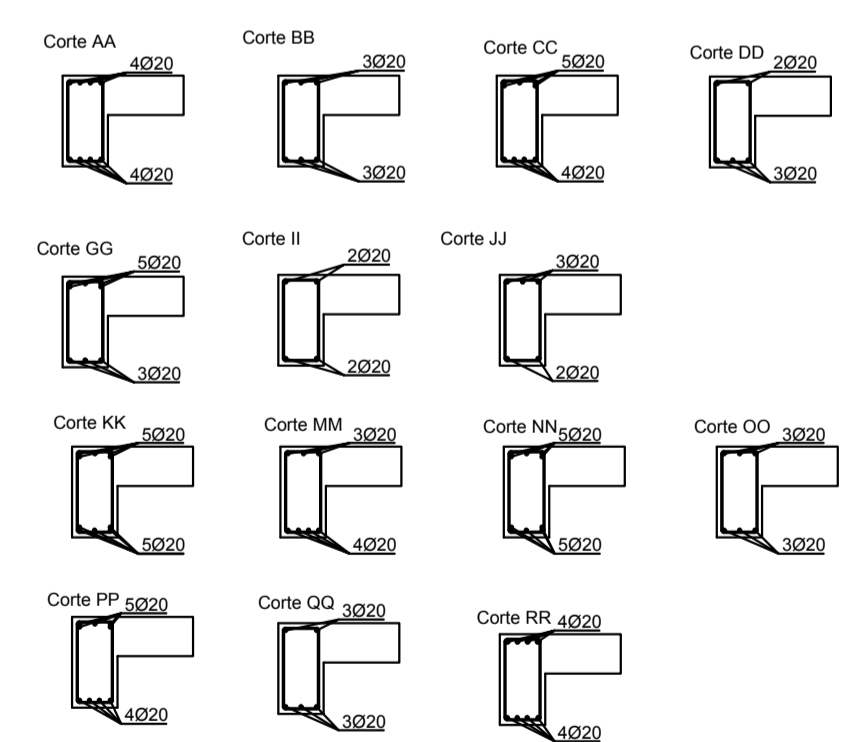
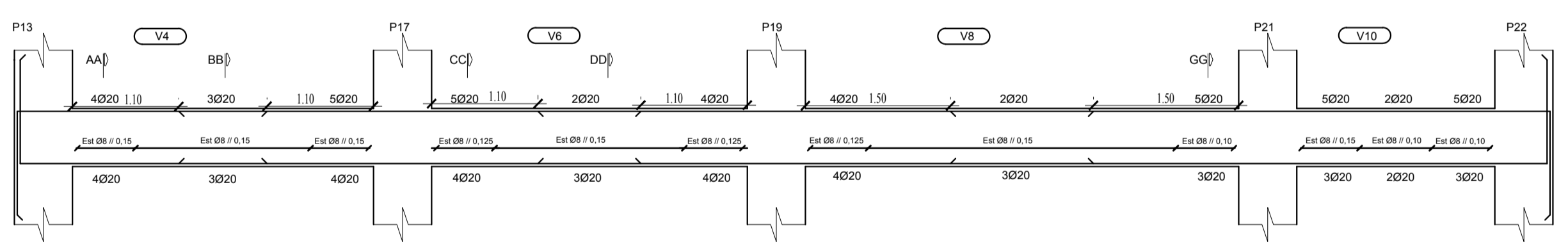
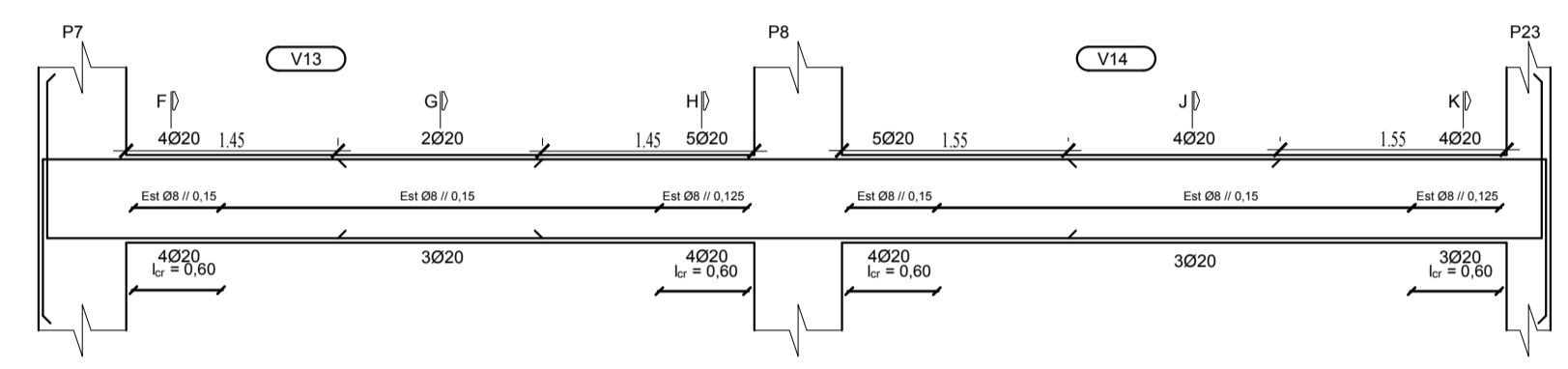
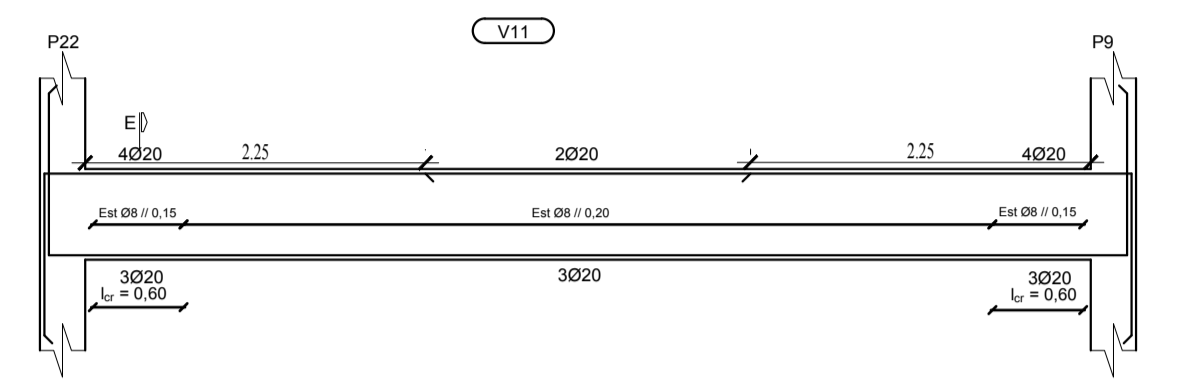
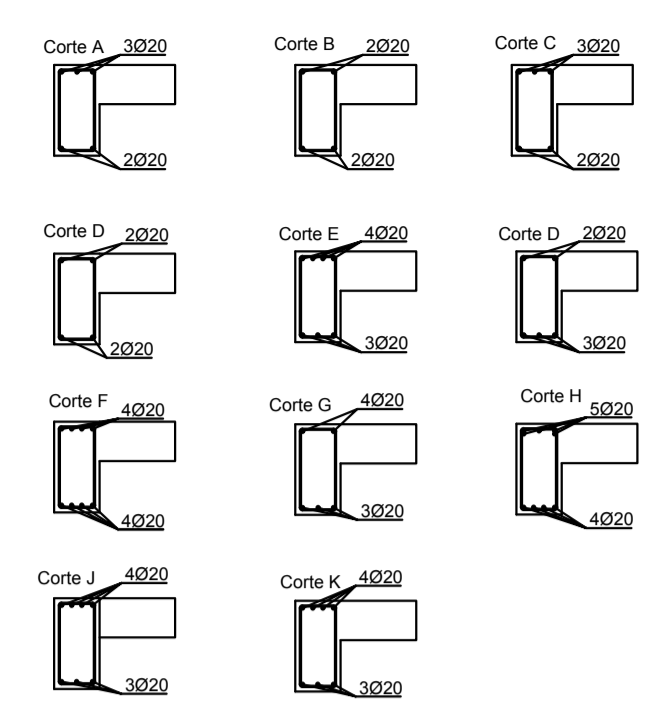
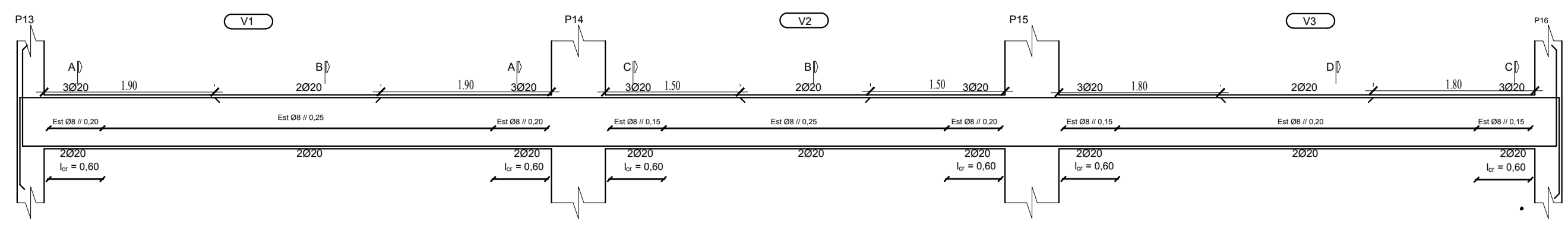
Pormenor de Amarração dos Estribos



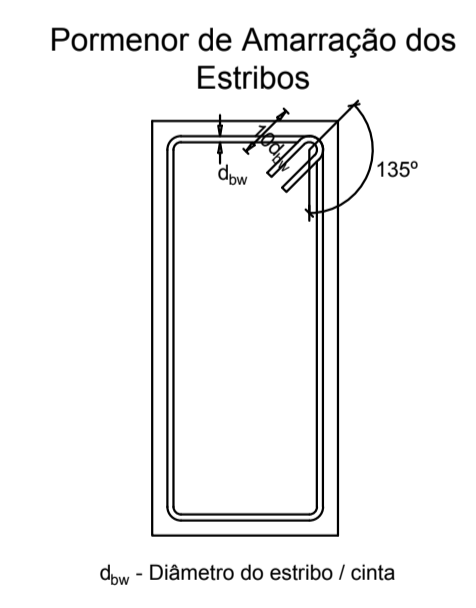
AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

	ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000	
	ORÇAMENTO: António Gorgulho LOCAL: Lisboa FASE: Projeto	ALMO: José Orlando Garcia DESIGNAÇÃO: Vigas - Piso 1/2 ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade



Varão	$l_{bd}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

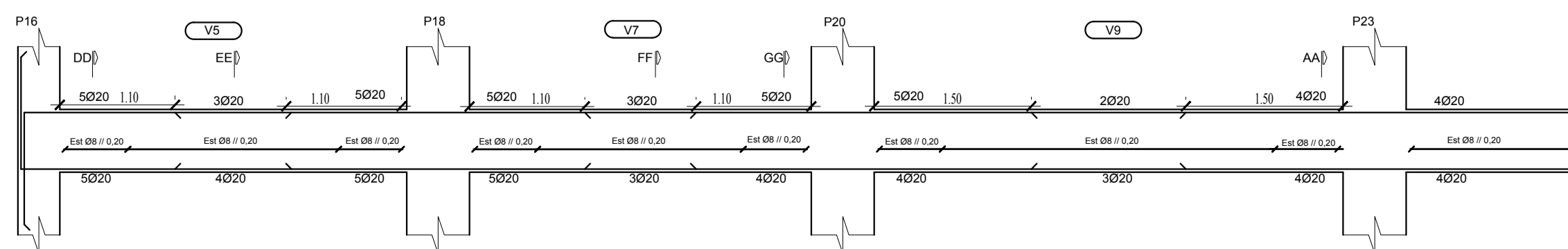
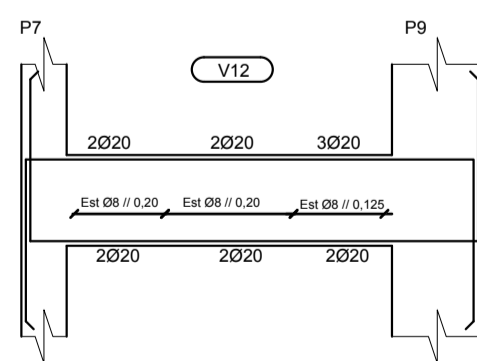
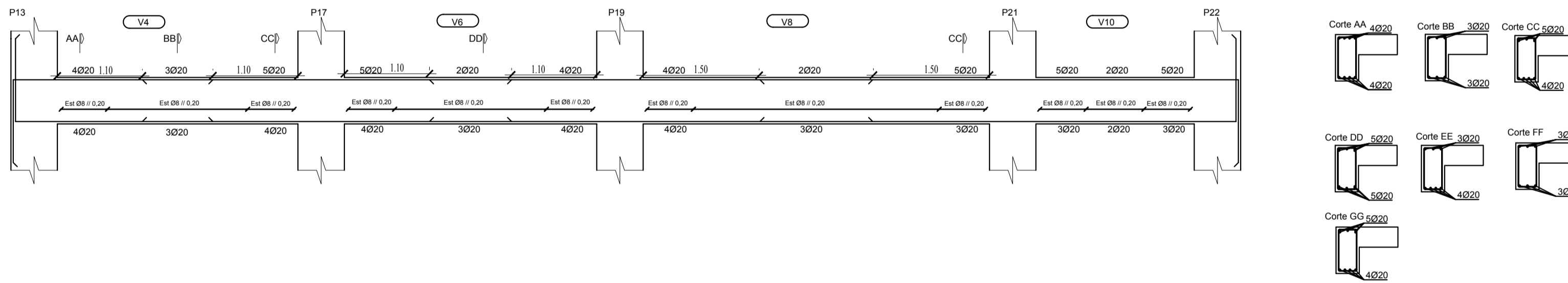
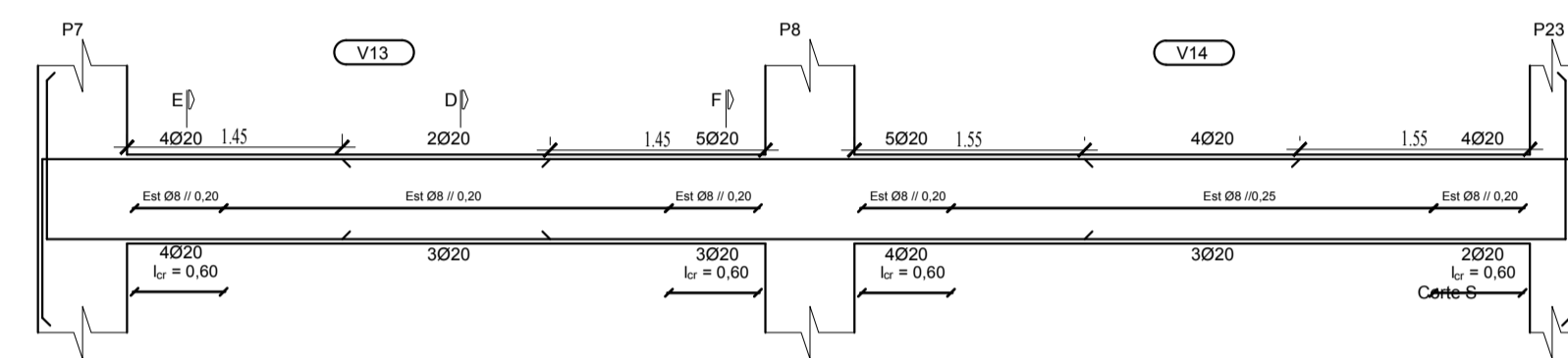
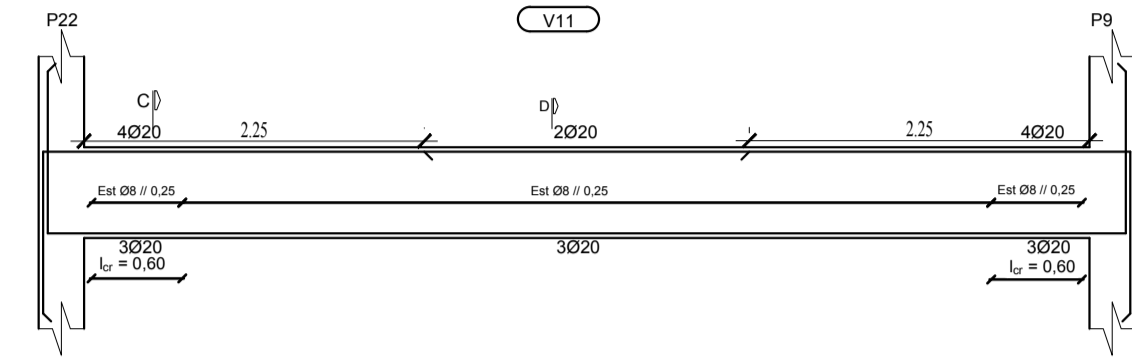
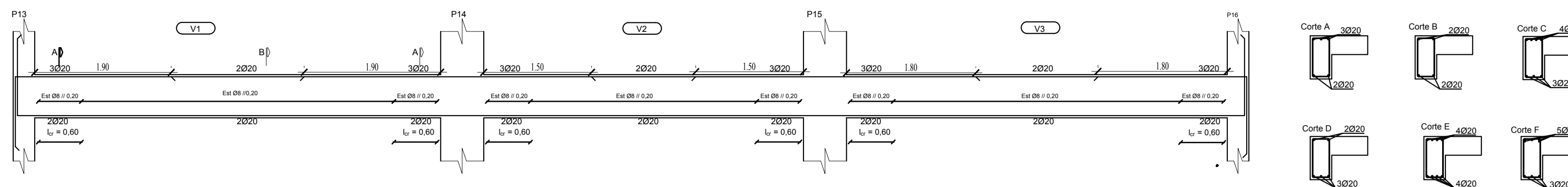


BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas				C=40 mm
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Muro de Suporte				
Massame	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
AÇO		A500 NR SD		

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

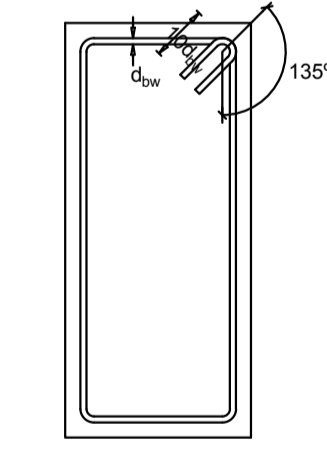

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORÇAMENTADOR: António Gorgulho      ALMO: José Orlando Garcia  
 LOCAL: Lisboa      DESIGNAÇÃO: Vigas - Piso 3/5      PE: 1.30  
 FASE: Projeto      Nº: 41684      DATA: 10/11/2021      ESCALA: 1/50      ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade



Comprimentos de amarração ( $l_{ad}$ ) e de emenda ( $l_e$ )		
Varão	$l_{ad}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

Pormenor de Amarração dos Estribos



$d_s$  - Diâmetro do estribo / cinta

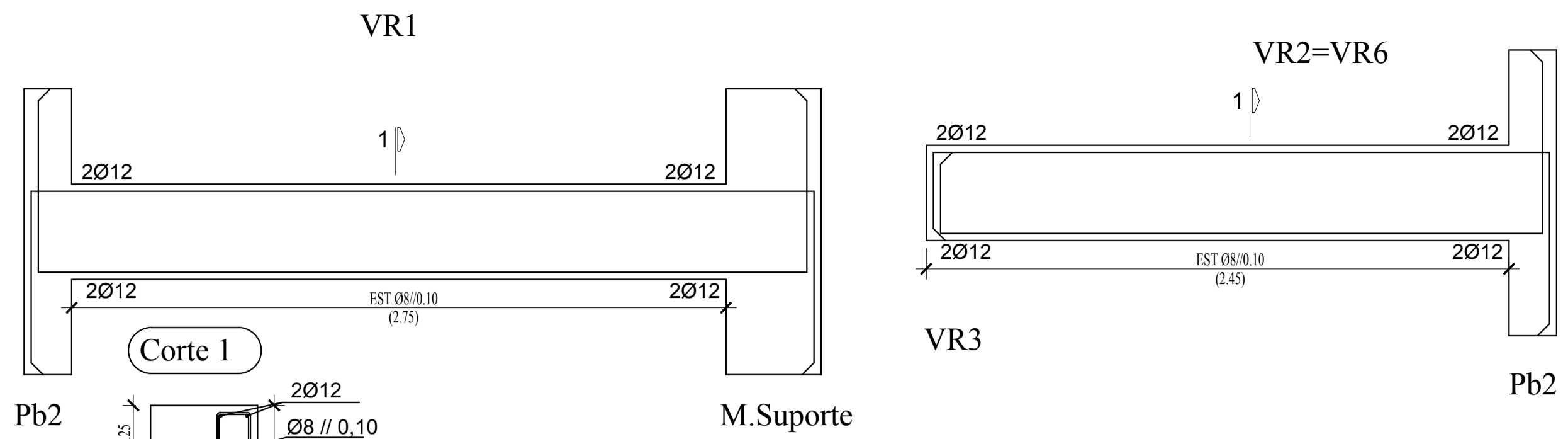
BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes				
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte				
Massame	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	

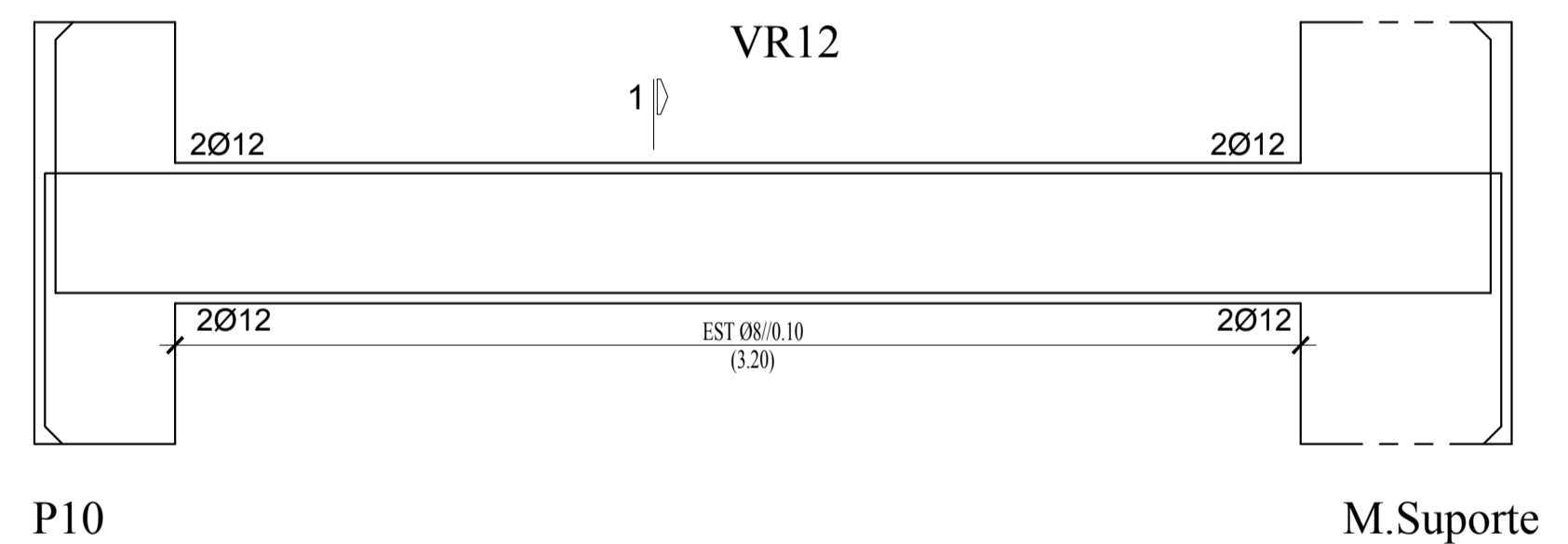
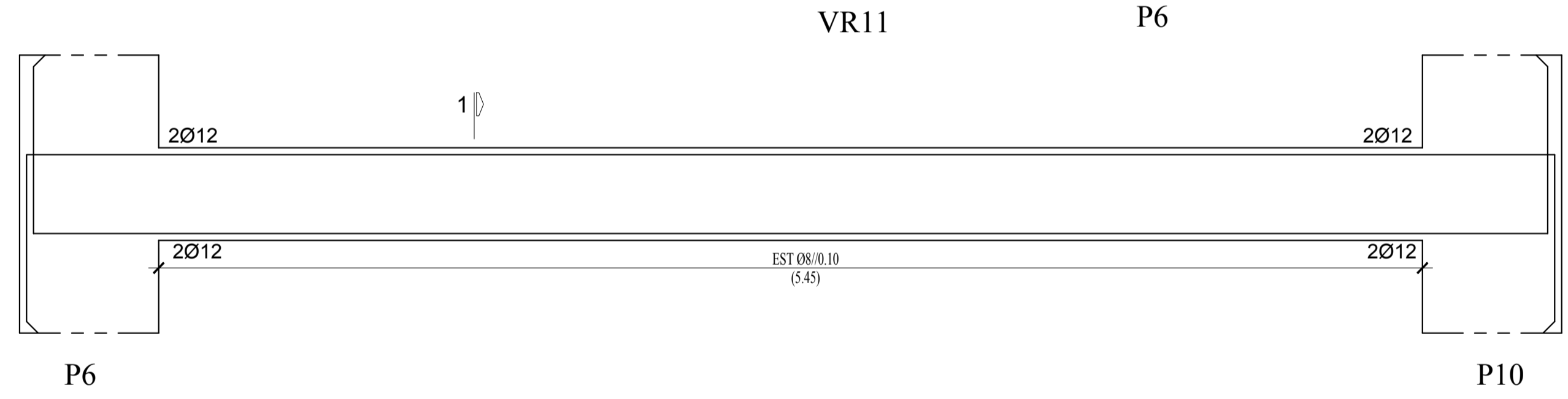
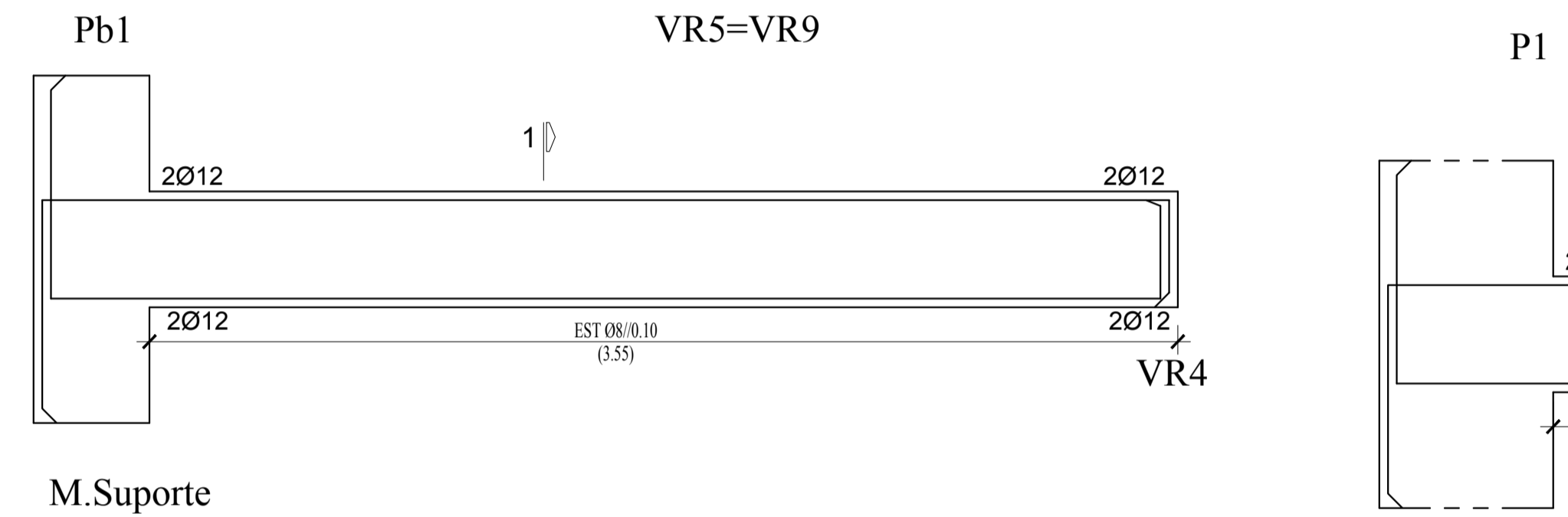
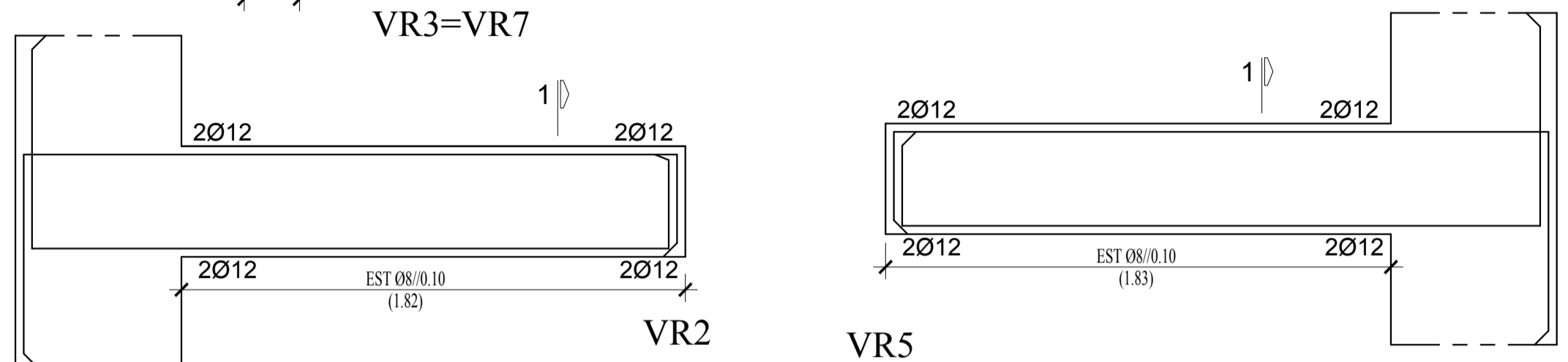
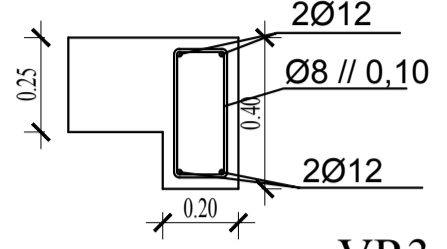
AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

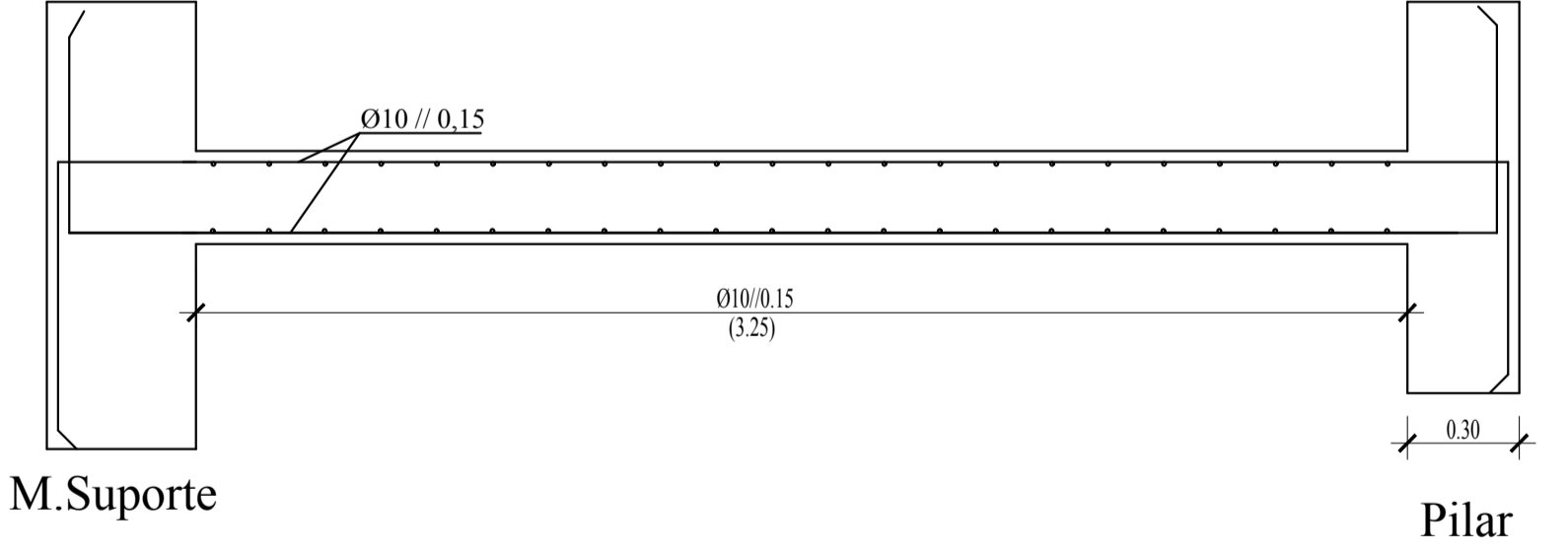
		ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959 - 007 Lisboa Tlm: 218 317 000	
ORÇAMENTO: António Gorgulho LOCAL: Lisboa FASE: Projeto	ALMO: José Orlando Garcia DESIGNAÇÃO: Vigas - Piso B/Cobertura Nº: 41684   10/11 maio de 2021   ESCALA: 1/50 ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	FOLHA Nº: PE.1.31	FOLHA Nº: PE.1.31



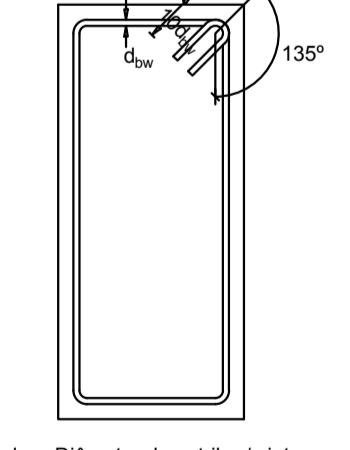
Corte 1



Laje e Vigas de Rampa



Pormenor de Amarração dos Estribos



$d_s$  - Diâmetro do estribo / cinta

Varão	$l_{bd}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0.50	0.60
Ø10	0.55	0.80
Ø12	0.65	0.90
Ø16	0.85	1.25
Ø20	1.05	1.56

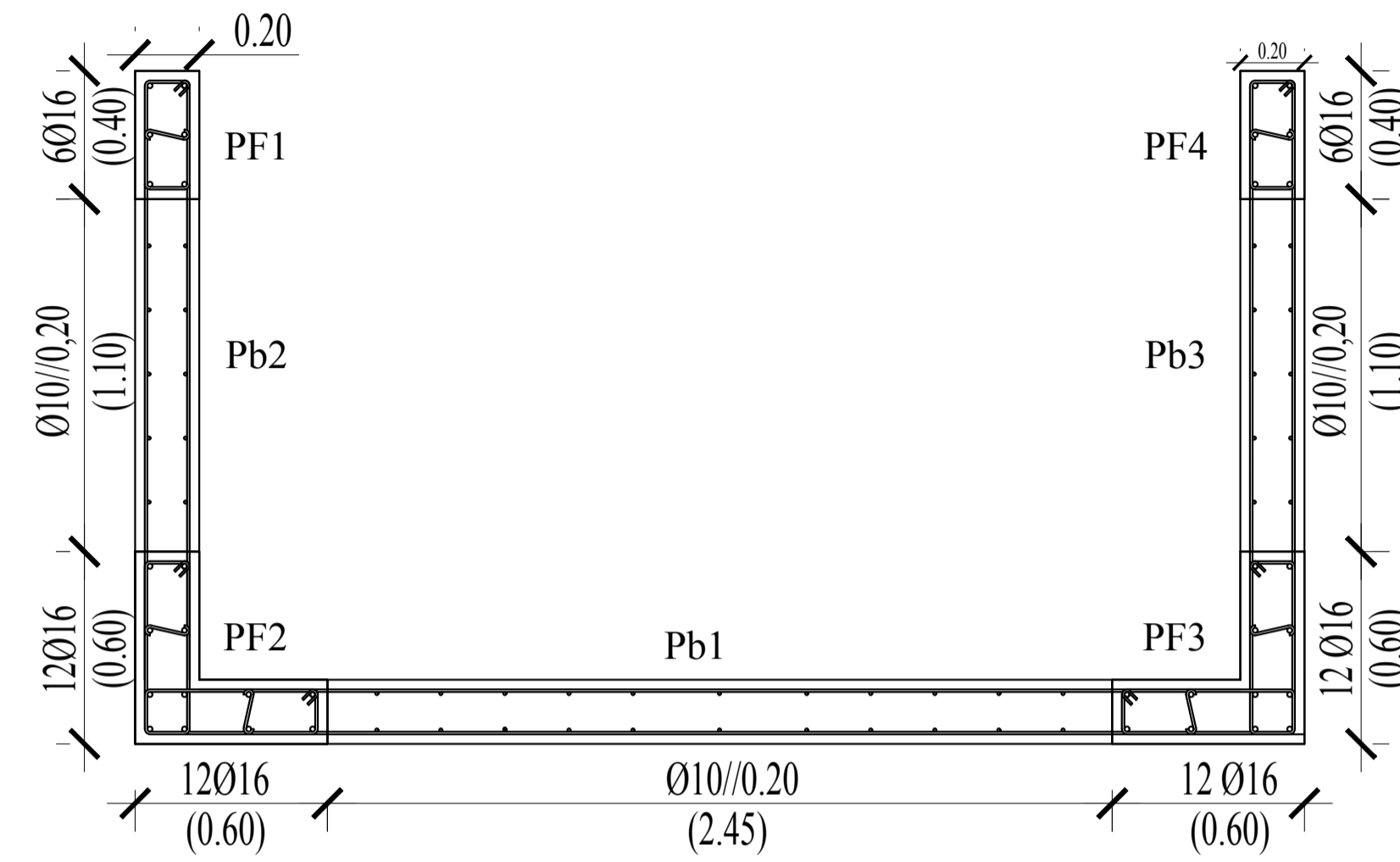
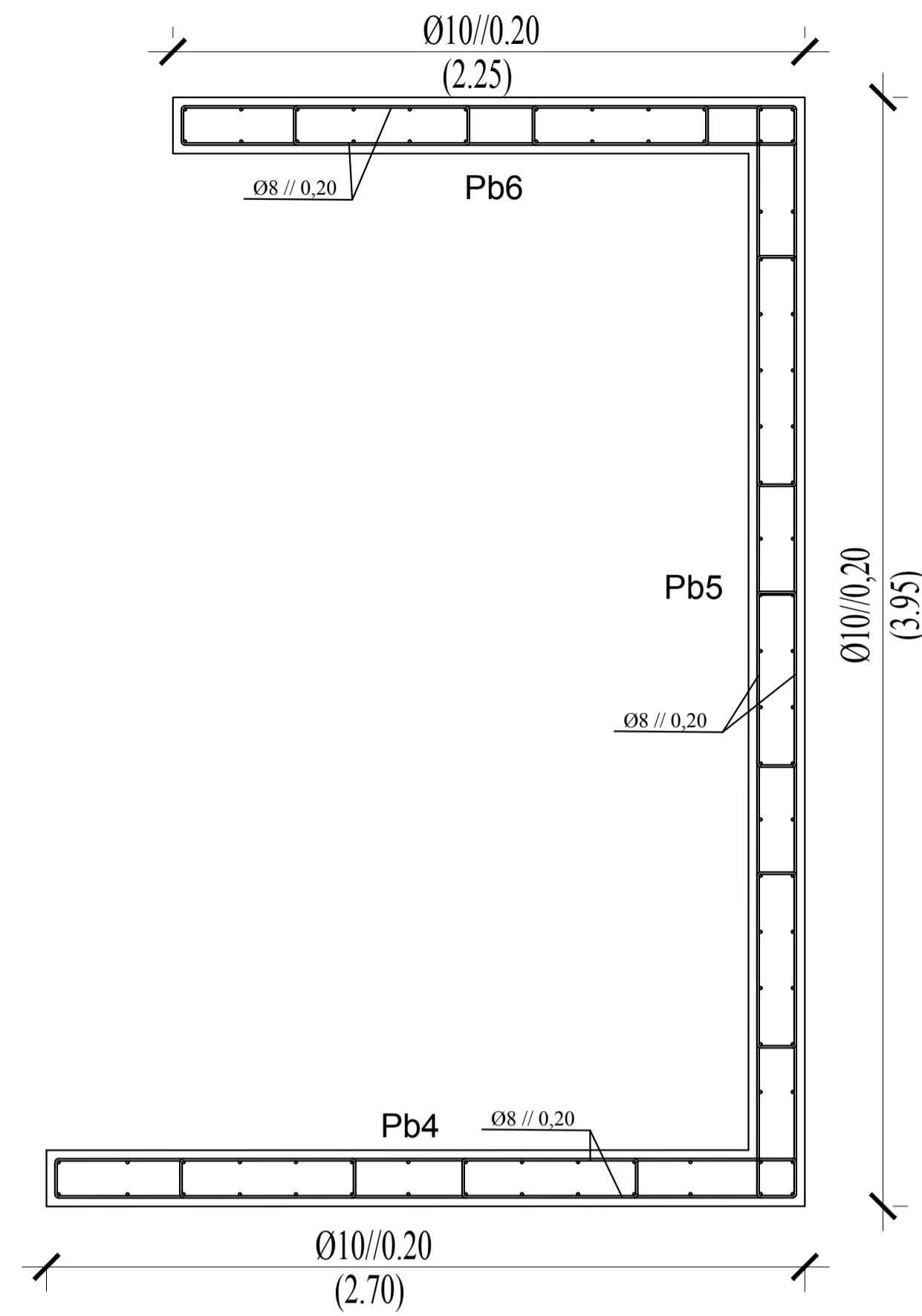
BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Massame				
AÇO		A500 NR SD		

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

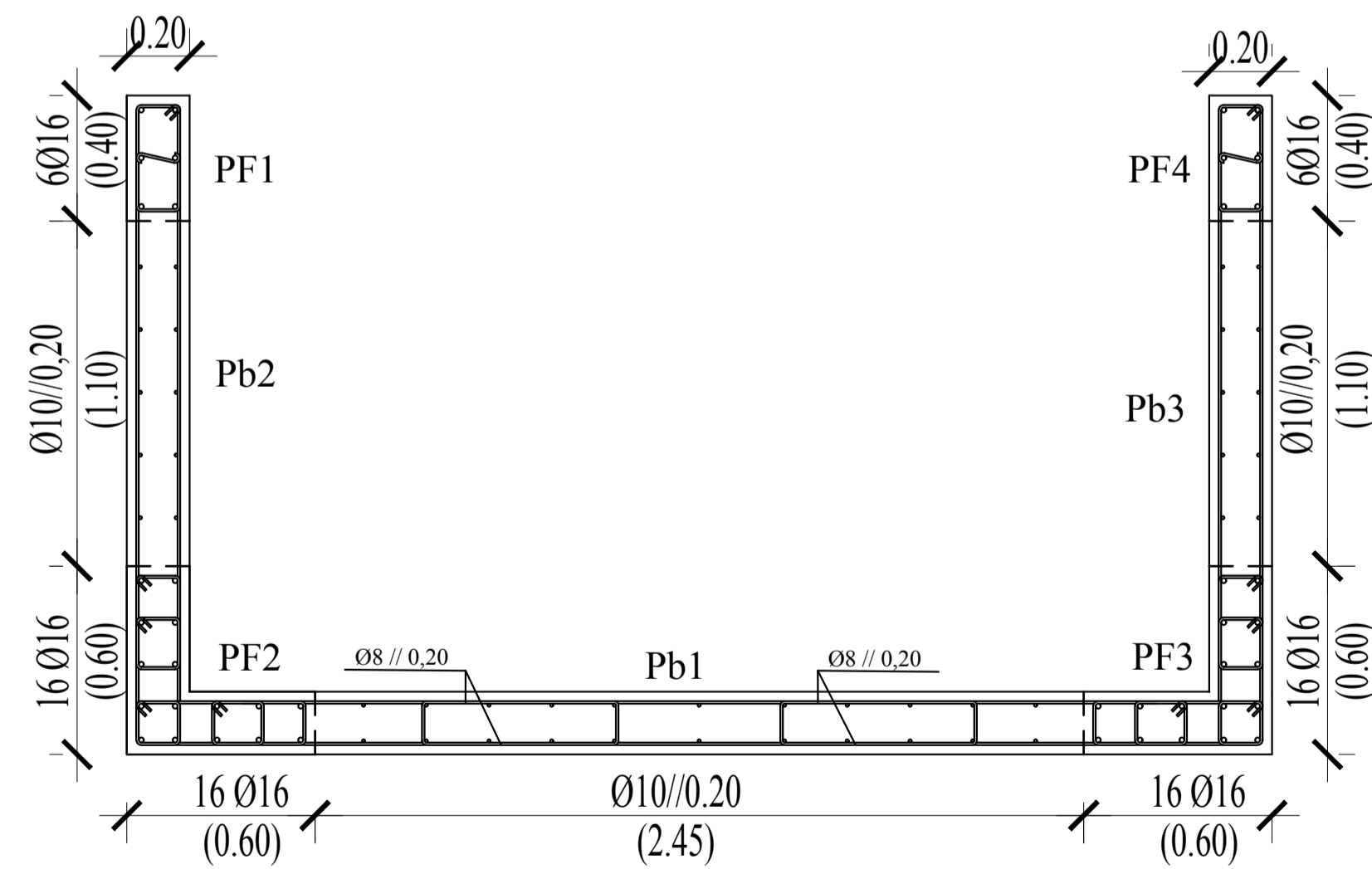

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORÇAMENTO: António Gorgulho      ALMO: José Orlando Garcia  
 LOCALIDADE: Lisboa      DESIGNAÇÃO: Laje e Vigas de Rampa      FOLHA Nº: PE.1.32  
 FASE: Projeto      Nº: 41684      DATA: 10 de maio de 2021      ESCALA: 1/20      ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade

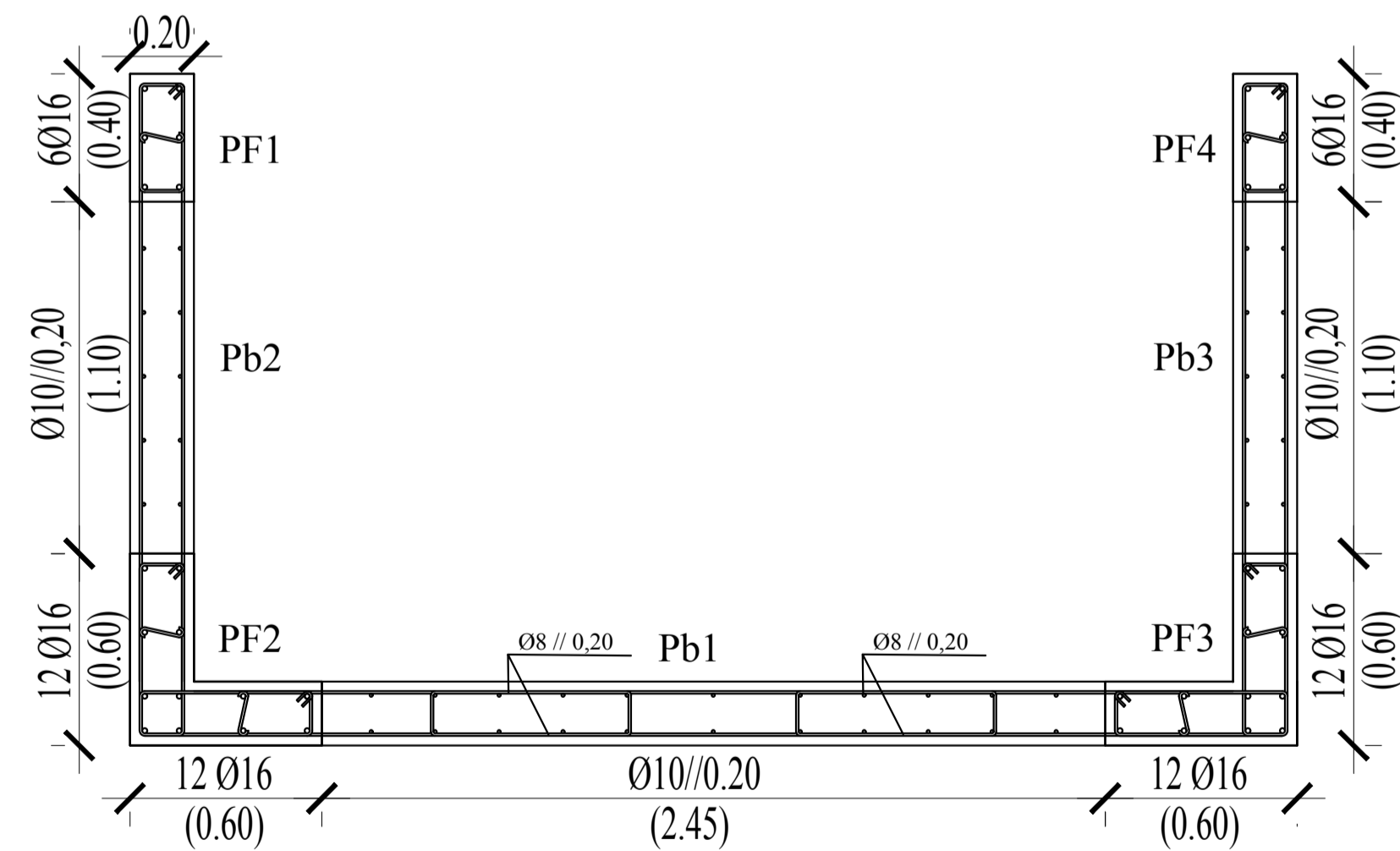
Piso -3 ao Piso -1



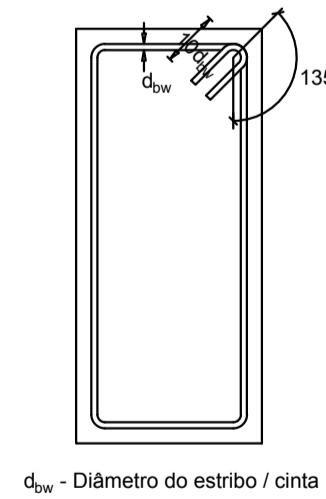
Piso 0 ao Piso 4



Piso 5 a Cobertura



Pormenor de Amarração dos Estribos



Varão	l <sub>bd</sub> [m]	l <sub>e</sub> [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

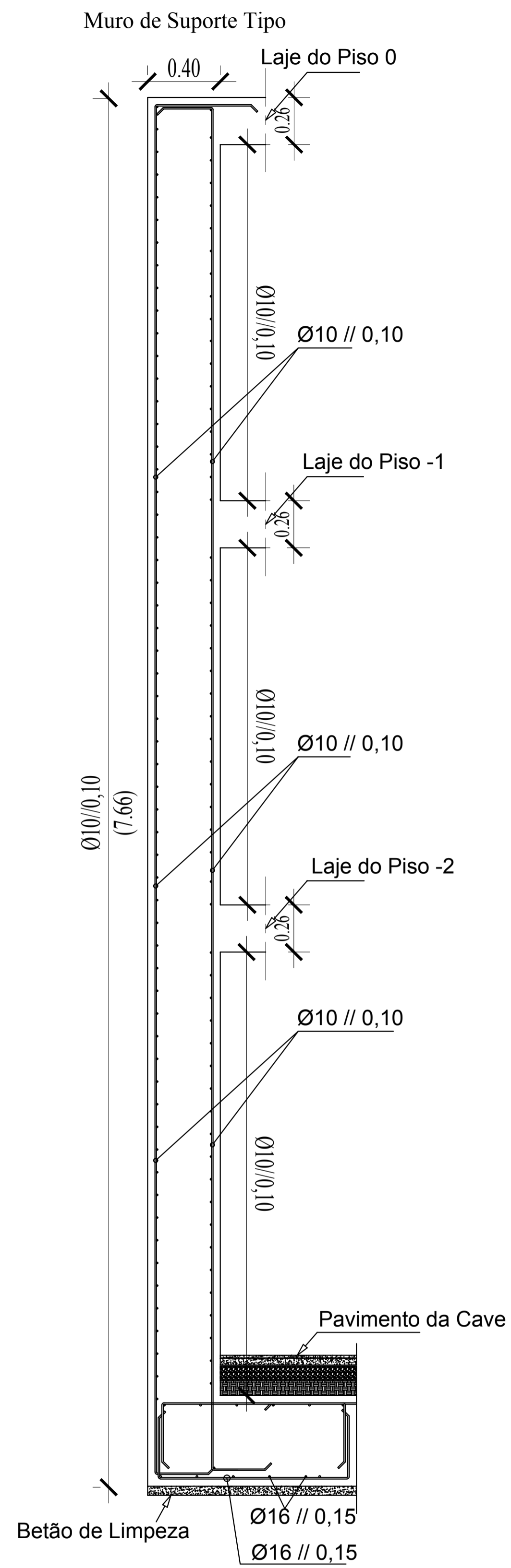
BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	D <sub>max</sub> 25	S4	
Massame				

AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

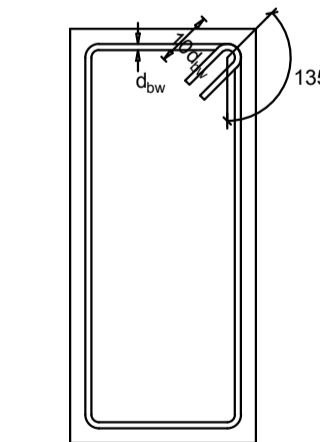

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORÇENADOR: António Gorgulho	ALMO: José Orlando Garcia	FECHA: 17/05/2021
LOCAL: Lisboa	OBJETIVO: Paredes - Núcleo do Elevador/ Caixa Escada	PE: 1.33
FASE: Projeto	Nº: 41684	DATA: 17/05/2021



Varão	$l_{bd}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56


Pormenor de Amarração dos Estribos



BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes Vigas	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte				
Massame	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	

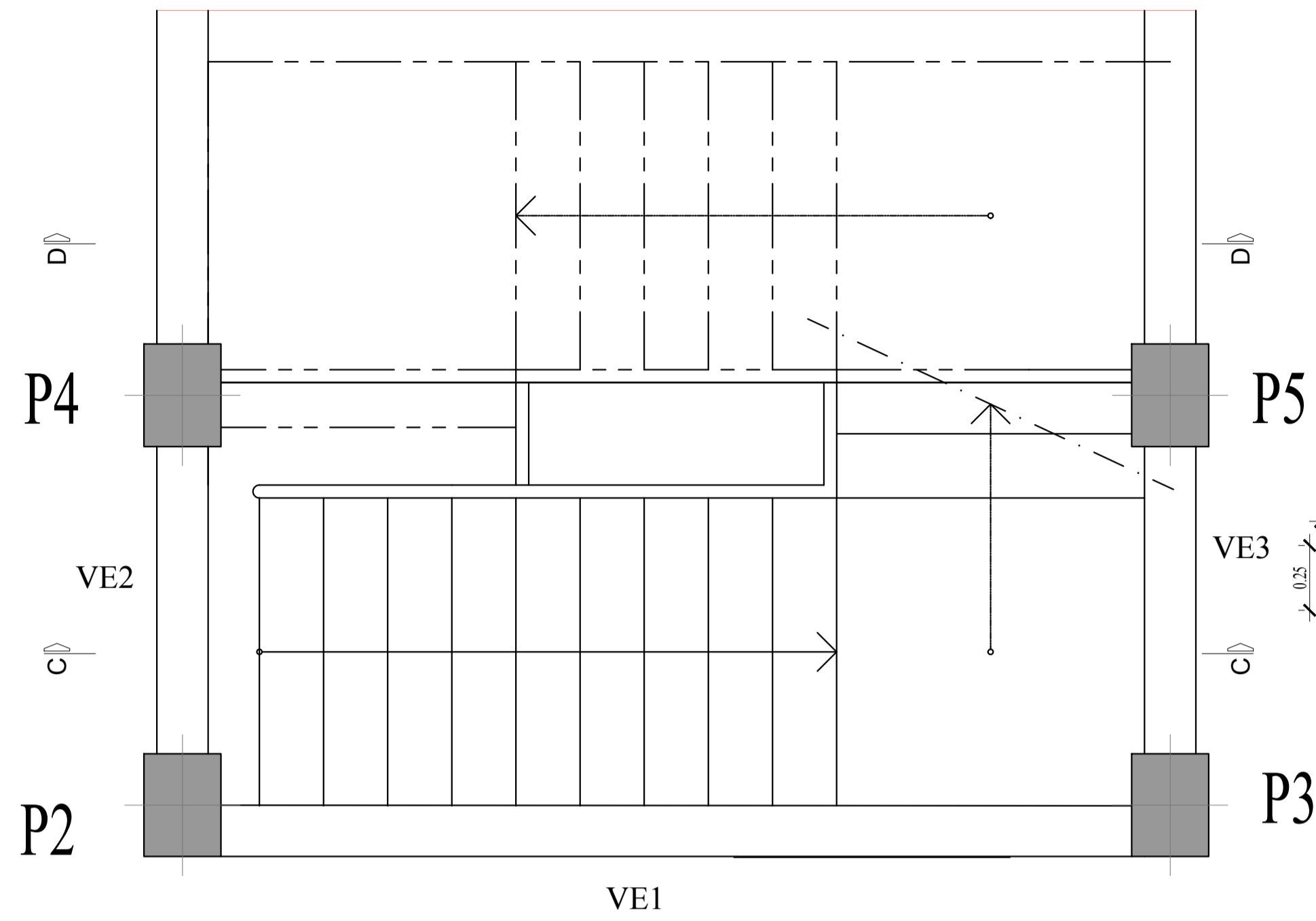
AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.

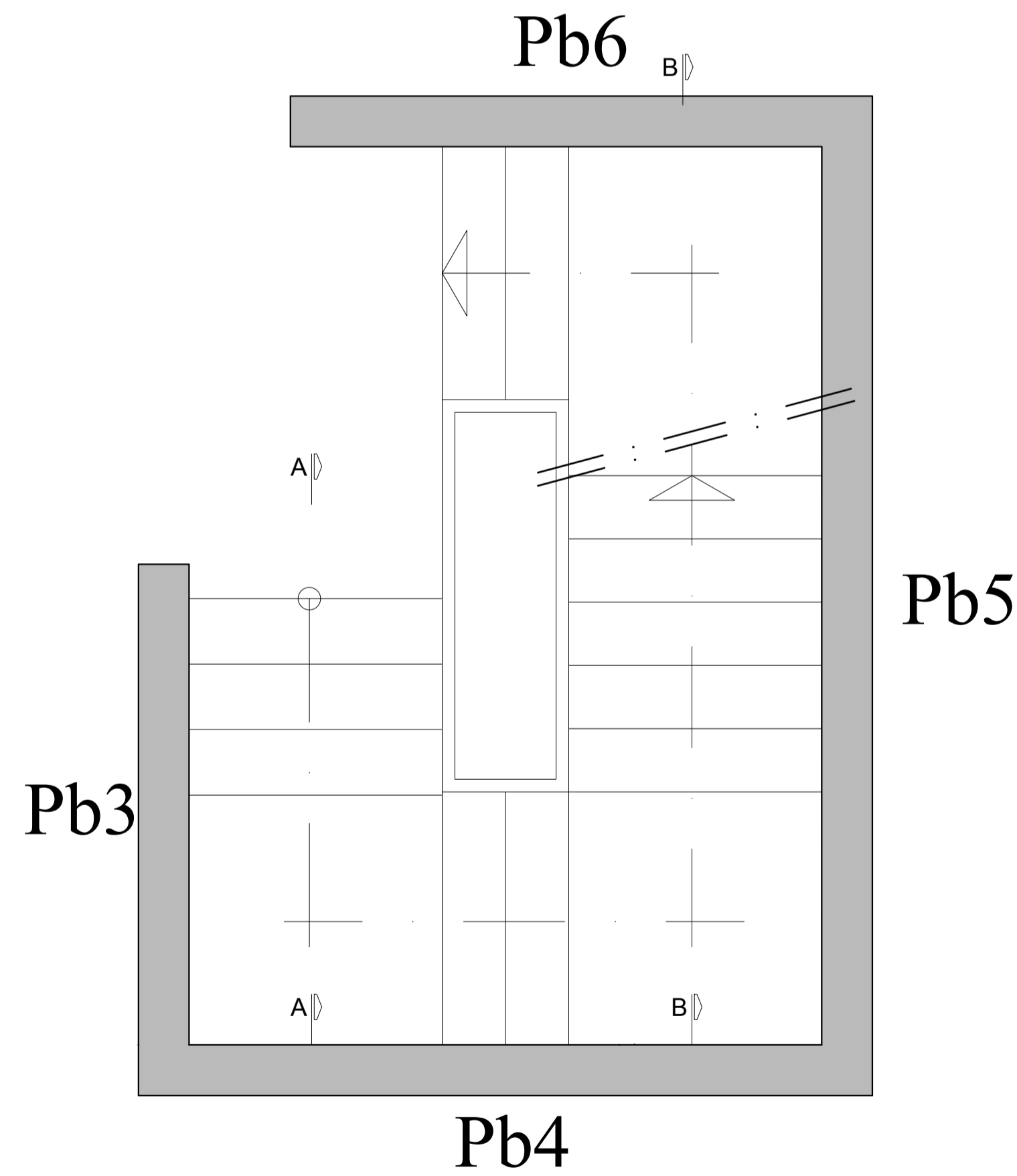

**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORÇENADOR: António Gorgulho	ALMO: José Orlando Garcia	FECHA:
LOCAL: Lisboa	DESIGNAÇÃO: Muro de Suporte Tipo: M1+M2+M2+M4	PE: 1.34
FASE: Projeto	Nº: 41684	DATA: 10 de maio de 2021
ESCALA: 1/20	ESPECIALIDADE: Projeto de Estabilidade	

PLANTA DO LANÇO DE ESCADA DO PISO 0 AO PISO 8

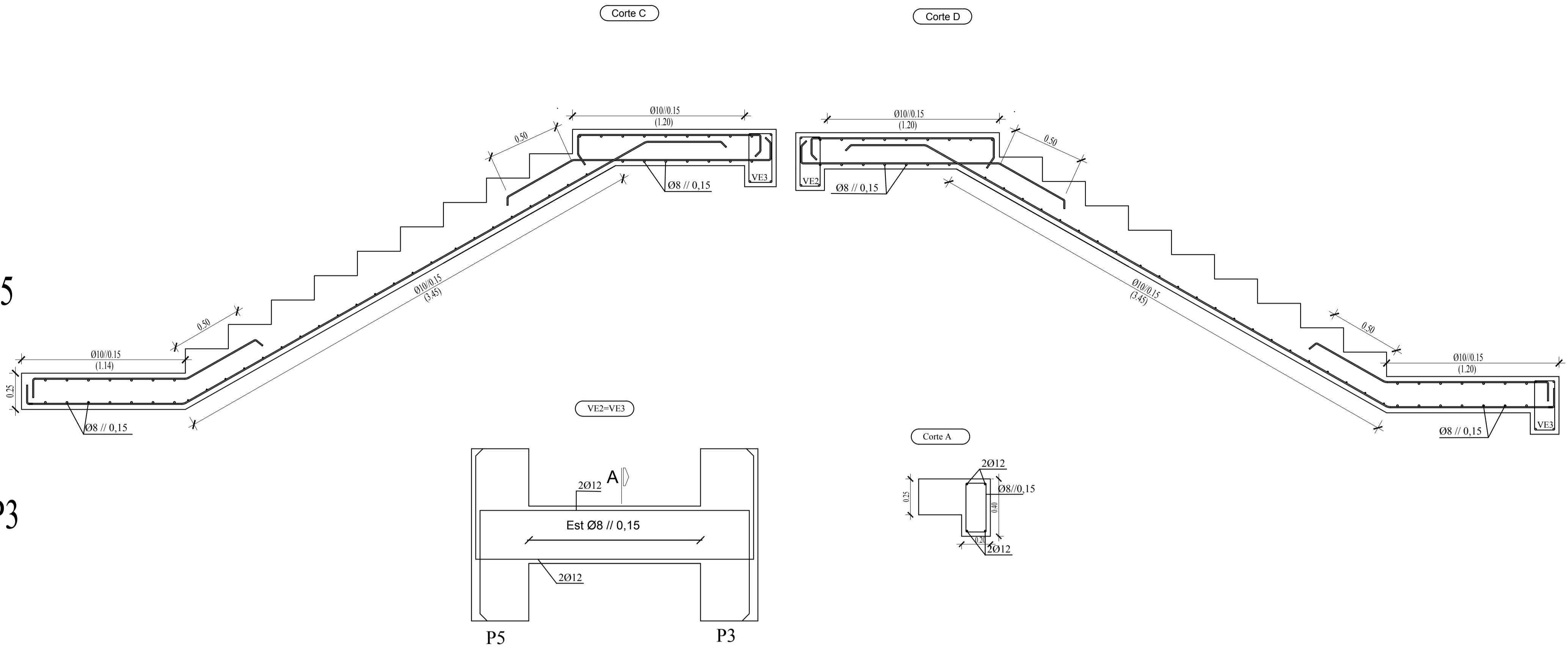


PLANTA DO LANÇO DE ESCADA DO Piso -3 a Piso 0

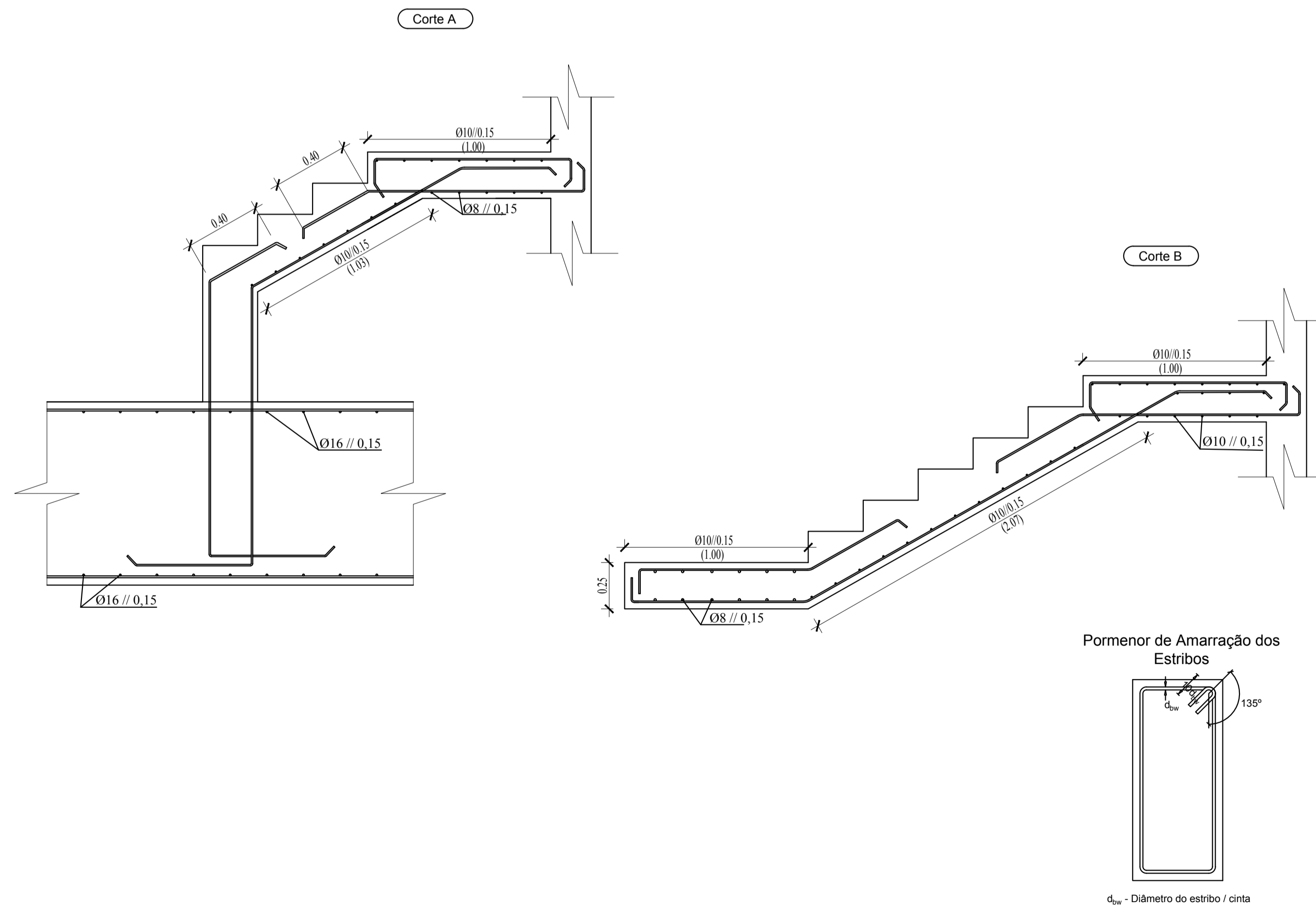


EM TODOS OS PISOS

EM TODOS OS PISOS



NA CAVE



Varão	$l_{bd}$ [m]	$l_e$ [m]
Ø8	0,50	0,60
Ø10	0,55	0,80
Ø12	0,65	0,90
Ø16	0,85	1,25
Ø20	1,05	1,56

BETÃO C30/37				
Elemento	Classe de Exposição	Máximo dimensão do agregado	Classe de Consistência	Recobrimento
Lajes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=30 mm
Pilares, Paredes	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Vigas				
Ensoleiramento Geral	XC2(PT)	$D_{max}$ 25	S4	C=40 mm
Muro de Suporte	XC1(PT)	$D_{max}$ 25	S4	
Massame				

AÇO	A500 NR SD
-----	------------

Rev.	Data	Descrição da Modificação	Proj.	Verif.	Aprov.


**ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  
 Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1  
 1959 - 007 Lisboa  
 Tlm: 218 317 000

ORÇENADOR: António Gorgulho	ALMO: José Orlando Garcia	FECHA: 19/05/2021
LUGAR: Lisboa	OPERAÇÃO: Escadarias	PE: 1.35
PROJETO: 41684	DATA: maio de 2021	ESCALA: 1/20
ESPONSOR: Projeto de Estabilidade		

# Anexos

---

**Projeto de Fundações e Estrutura de um edifício de  
Habitação**

José Orlando Silva Garcia





# ÍNDICE

<b>ANEXO 1</b>	<b>DIMENSÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS .....</b>	<b>1</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>DEFINIÇÃO DOS CENTROS DE RIGIDEZ .....</b>	<b>3</b>
<b>ANEXO 3</b>	<b>MODOS DE VIBRAÇÃO E FATORES DE PARTICIPAÇÃO MODAL ..</b>	<b>4</b>
<b>ANEXO 4</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ANEXO 5</b>	<b>COMPRIMENTOS CRÍTICOS E ESPAÇAMENTOS MÁXIMOS DE ARMADURA TRANSVERSAL EM PILARES SÍSMICOS PRIMÁRIOS .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXO 6</b>	<b>ARMADURA LONGITUDINAL, ARMADURA TRANSVERSAL EM PILARES SÍSMICOS PRIMÁRIOS .....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXO 7</b>	<b>ESPAÇAMENTO MÁXIMO DA ARMADURA TRANSVERSAL NOS PILARES DAS CAVES, ARMADURA TRANSVERSAL E LONGITUDINAL NOS PILARES DAS CAVES.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO 8</b>	<b>CARACTERÍSTICAS E DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS DAS PAREDES ESTRUTURAIS .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO 9</b>	<b>ARMADURA LONGITUDINAL NOS PILARES FICTÍCIOS DAS PAREDES</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO 10</b>	<b>ARMADURA VERTICAL E HORIZONTAL NAS PAREDES DAS CAVES</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO 11</b>	<b>VIGAS DE ESCADAS, VIGAS E LAJES DAS RAMPAS DE ACESSO AO ESTACIONAMENTO, PILARES E PAREDES NAS CAVES .....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO 12</b>	<b>VERIFICAÇÃO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE PUNCOAMENTO NAS LAJES</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO 13</b>	<b>PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS SAPATAS DOS PILARES, NÚCLEO DO ELEVADOR, MURO DE SUPORTE .....</b>	<b>88</b>

<b>ANEXO 14</b>	<b>PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA ESPESSURA DO ENSOLEIRAMENTO GERAL.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO 15</b>	<b>VERIFICAÇÃO DO PUNCOAMENTO DO ENSOLEIRAMENTO GERAL</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO 16</b>	<b>ARMADURAS DE LAJES.....</b>	<b>91</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 16.1 – Área de armadura inferior na laje do piso -2 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m .....	91
Figura 16.2 – Área de armadura inferior na laje do piso -2 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m .....	91
Figura 16.3 – Área de armadura superior na laje do piso -2 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m .....	92
Figura 16.4 – Área de armadura superior na laje do piso -2 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m .....	92
Figura 16.5 – Área de armadura inferior na laje do piso -1 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m .....	93
Figura 16.6 – Área de armadura inferior na laje do piso -1 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m .....	93
Figura 16.7 – Área de armadura superior na laje do piso -1 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m .....	94
Figura 16.8 – Área de armadura superior na laje do piso -1 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m .....	94
Figura 16.9 – Área de armadura inferior na laje do piso 0 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	95
Figura 16.10 – Área de armadura inferior na laje do piso 0 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	95
Figura 16.11 – Área de armadura superior na laje do piso 0 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	96
Figura 16.12 – Área de armadura superior na laje do piso 0 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	96
Figura 16.13 – Área de armadura inferior na laje do piso 1 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	97
Figura 16.14 – Área de armadura inferior na laje do piso 1 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	97
Figura 16.15 – Área de armadura superior na laje do piso 1 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	98
Figura 16.16 – Área de armadura superior na laje do piso 1 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	98
Figura 16.17 – Área de armadura inferior na laje do piso 2 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	99
Figura 16.18 – Área de armadura inferior na laje do piso 2 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	99
Figura 16.19 – Área de armadura superior na laje do piso 2 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	100
Figura 16.20 – Área de armadura superior na laje do piso 2 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	100
Figura 16.21 – Área de armadura inferior na laje do piso 3 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	101
Figura 16.22 – Área de armadura inferior na laje do piso 3 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	101
Figura 16.23 – Área de armadura superior na laje do piso 3 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	102
Figura 16.24 – Área de armadura superior na laje do piso 3 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	102
Figura 16.25 – Área de armadura inferior na laje do piso 4 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	103
Figura 16.26 – Área de armadura inferior na laje do piso 4 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	103
Figura 16.27 – Área de armadura superior na laje do piso 4 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	104
Figura 16.28 – Área de armadura superior na laje do piso 4 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	104
Figura 16.29 – Área de armadura inferior na laje do piso 5 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	105
Figura 16.30 – Área de armadura inferior na laje do piso 5 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	105
Figura 16.31 – Área de armadura superior na laje do piso 5 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	106
Figura 16.32 – Área de armadura superior na laje do piso 5 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	106
Figura 16.33 – Área de armadura inferior na laje do piso 6 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	107
Figura 16.34 – Área de armadura inferior na laje do piso 6 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	107

Figura 16.35 – Área de armadura superior na laje do piso 6 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m....	108
Figura 16.36 – Área de armadura superior na laje do piso 6 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m....	108
Figura 16.37 – Área de armadura inferior na laje do piso 7 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	109
Figura 16.38 – Área de armadura inferior na laje do piso 7 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	109
Figura 16.39 – Área de armadura superior na laje do piso 7 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m....	110
Figura 16.40 – Área de armadura superior na laje do piso 7 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m....	110
Figura 16.41 – Área de armadura inferior na laje do piso 8 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m.....	111
Figura 16.42 – Área de armadura inferior na laje do piso 8 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m.....	111
Figura 16.43 – Área de armadura superior na laje do piso 8 segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m....	112
Figura 16.44 – Área de armadura superior na laje do piso 8 segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m....	112
Figura 16.45 – Área de armadura inferior na laje do piso Cobertura segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m .....	113
Figura 16.46 – Área de armadura inferior na laje do piso Cobertura segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m .....	113
Figura 16.47 – Área de armadura superior na laje do piso Cobertura segundo a direção y em m <sup>2</sup> /m .....	114
Figura 16.48 – Área de armadura superior na laje do piso Cobertura segundo a direção x em m <sup>2</sup> /m .....	114

# ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.2 – Dimensão das Parede.....	1
Tabela 1.3 – Dimensão dos Pilares das caves e as respetivas Área .....	1
Tabela 1.4 – Pisos acima da cave Rígida (Piso 0-Piso1).....	1
Tabela 1.5 – Pisos acima da cave Rígida (Piso 2-Piso 8).....	2
Tabela 1.6 – Pisos acima da cave Rígida (Piso 0 -Piso 1).....	2
Tabela 1.7 – Pisos acima da cave Rígida (Piso 2-Piso 8).....	2
Tabela 1.8 – Dimensão das Vigas .....	3
Tabela 1.9 – Dimensão das lajes .....	3
Tabela 2.1 – Centros de Rigidez .....	3
Tabela 2.2 – Centro de Rigidez.....	4
Tabela 3.1 – Modos de vibração e fatores de participação modal.....	4
Tabela 4.1 – Dimensões das Vigas.....	8
Tabela 4.2 – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal .....	9
Tabela 4.3 – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal .....	9
Tabela 4.4 – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal .....	10
Tabela 4.5 – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal .....	10
Tabela 4.6 – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal.....	11
Tabela 4.7 – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal.....	11
Tabela 4.8 – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal.....	12
Tabela 4.9 – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal .....	12
Tabela 4.10 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 1 .....	13
Tabela 4.11 – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 1.....	13
Tabela 4.12 – Armadura transversal nas vigas do piso 1 .....	14
Tabela 4.13 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 2 .....	15
Tabela 4.14 – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 2.....	16
Tabela 4.15 – Armadura transversal nas vigas do piso 2 .....	16
Tabela 4.16 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 3 .....	17
Tabela 4.17 – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 3.....	18
Tabela 4.18 – Armadura transversal nas vigas do piso 3 .....	19
Tabela 4.19 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 4 .....	19
Tabela 4.20 – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 4.....	20
Tabela 4.21 – Armadura transversal nas vigas do piso 4 .....	21
Tabela 4.22 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 5 .....	22
Tabela 4.23 – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 5.....	23

Tabela 4.24 – Armadura transversal nas vigas do piso 5 .....	23
Tabela 4.25 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 6 .....	24
Tabela 4.26 – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 6.....	25
Tabela 4.27 – Armadura transversal nas vigas do piso 6 .....	26
Tabela 4.28 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 7 .....	26
Tabela 4.29 – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 7.....	27
Tabela 4.30 – Armadura transversal nas vigas do piso 7 .....	28
Tabela 4.31 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 8 .....	28
Tabela 4.32 – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 8.....	29
Tabela 4.33 – Armadura transversal nas vigas do piso 8.....	30
Tabela 4.34 – Armadura longitudinal nas vigas do piso cobertura .....	30
Tabela 4.35 – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso cobertura.....	31
Tabela 4.36 – Armadura transversal nas vigas do piso cobertura .....	32
Tabela 5.1 – Comprimento das zonas críticas dos pilares primários .....	33
Tabela 5.2 – Comprimento das zonas críticas dos pilares primários .....	35
Tabela 5.3 – Espaçamento máximo da armadura transversal nas zonas correntes e críticas dos pilares primários (do piso 0 - piso 1).....	37
Tabela 5.4 – Espaçamento máximo da armadura transversal nas zonas correntes e críticas dos pilares primários (do piso 2 - piso 8).....	38
Tabela 6.1 – Armadura longitudinal do pilar P1 .....	38
Tabela 6.2 – Armadura Longitudinal P14.....	39
Tabela 6.3 – Armadura Longitudinal P15 .....	39
Tabela 6.4 – Armadura Longitudinal P16.....	40
Tabela 6.5 – Armadura Longitudinal P17.....	41
Tabela 6.6 – Armadura Longitudinal P18.....	41
Tabela 6.7 – Armadura Longitudinal P19.....	42
Tabela 6.8 – Armadura Longitudinal P2.....	42
Tabela 6.9 – Armadura Longitudinal P3.....	43
Tabela 6.10 – Armadura Longitudinal P4.....	43
Tabela 6.11 – Armadura Longitudinal P5.....	44
Tabela 6.12 – Armadura Longitudinal P20.....	45
Tabela 6.13 – Armadura Longitudinal P21 .....	45
Tabela 6.14 – Armadura Longitudinal P26.....	46
Tabela 6.15 – Armadura Longitudinal P25.....	46
Tabela 6.16 – Armadura Longitudinal P22.....	47
Tabela 6.17 – Armadura Longitudinal P23.....	47
Tabela 6.18 – Armadura Longitudinal P24.....	48

Tabela 6.19 – Confinamento do pilar P13[Piso 0-Piso 4].....	48
Tabela 6.20 – Confinamento do pilar P1[Piso 5-Piso 8].....	49
Tabela 6.21 – Confinamento do pilar P14[Piso 0-Piso 4].....	49
Tabela 6.22 – Confinamento do pilar P14 [Piso 5-Piso 8].....	50
Tabela 6.23 – Confinamento do pilar P15[Piso 0-Piso 4].....	50
Tabela 6.24 – Confinamento do pilar P15[Piso 5-Piso 8].....	51
Tabela 6.25 – Confinamento do pilar P16[Piso 0-Piso 4].....	51
Tabela 6.26 – Confinamento do pilar P16[Piso 5-Piso 8].....	52
Tabela 6.27 – Confinamento do pilar P17[Piso 0-Piso 4].....	52
Tabela 6.28 – Confinamento do pilar P17[Piso 5-Piso 8].....	53
Tabela 6.29 – Confinamento do pilar P18[Piso 0-Piso 4].....	53
Tabela 6.30 – Confinamento do pilar P18[Piso 5-Piso 8].....	54
Tabela 6.31 – Confinamento do pilar P19[Piso 0-Piso 4].....	54
Tabela 6.32 – Confinamento do pilar P19[Piso 5-Piso 8].....	55
Tabela 6.33 – Confinamento do pilar P2[Piso 0-Piso 4].....	55
Tabela 6.34 – Confinamento do pilar P2[Piso 5-Piso 8].....	55
Tabela 6.35 – Confinamento do pilar P3[Piso 0-Piso 8].....	56
Tabela 6.36 – Confinamento do pilar P4[Piso 0-Piso 8].....	56
Tabela 6.37 – Confinamento do pilar P5[Piso 0-Piso 8].....	57
Tabela 6.38 – Confinamento do pilar P20[Piso 0-Piso 4].....	57
Tabela 6.39 – Confinamento do pilar P20[Piso 5-Piso 8].....	58
Tabela 6.40 – Confinamento do pilar P21[Piso 0-Piso 4].....	58
Tabela 6.41 – Confinamento do pilar P21[Piso 5-Piso 8].....	59
Tabela 6.42 – Confinamento do pilar P26[Piso 0-Piso 4].....	59
Tabela 6.43 – Confinamento do pilar P26[Piso 5-Piso 8].....	59
Tabela 6.44 – Confinamento do pilar P25[Piso 0-Piso 4].....	60
Tabela 6.45 – Confinamento do pilar P25[Piso 5-Piso 8].....	60
Tabela 6.46 – Confinamento do pilar P22[Piso 0-Piso 4].....	61
Tabela 6.47 – Confinamento do pilar P22[Piso 5-Piso 8].....	61
Tabela 6.48 – Confinamento do pilar P23[Piso 0-Piso 4].....	62
Tabela 6.49 – Confinamento do pilar P23[Piso 5-Piso 8].....	62
Tabela 6.50 – Confinamento do pilar P24[Piso 0-Piso 4].....	63
Tabela 6.51 – Confinamento do pilar P24[Piso 5-Piso 8].....	63
Tabela 6.52 – Armadura transversal dos pilares do piso 0.....	64
Tabela 6.53 – Armadura transversal dos pilares do piso 0 [P10-P8] .....	64
Tabela 6.54 – Armadura transversal dos pilares do piso 1.....	65
Tabela 6.55 – Armadura transversal dos pilares do piso 1.....	65



Tabela 6.56 – Armadura transversal dos pilares do piso 2.....	66
Tabela 6.57 – Armadura transversal dos pilares do piso 2.....	66
Tabela 6.58 – Armadura transversal dos pilares do piso 3.....	67
Tabela 6.59 – Armadura transversal dos pilares do piso 3.....	67
Tabela 6.60 – Armadura transversal dos pilares do piso 4.....	68
Tabela 6.61 – Armadura transversal dos pilares do piso 4.....	68
Tabela 6.62 – Armadura transversal dos pilares do piso 5.....	69
Tabela 6.63 – Armadura transversal dos pilares do piso 5.....	69
Tabela 6.64 – Armadura transversal dos pilares do piso 6.....	70
Tabela 6.65 – Armadura transversal dos pilares do piso 6.....	70
Tabela 6.66 – Armadura transversal dos pilares do piso 7.....	71
Tabela 6.67 – Armadura transversal dos pilares do piso 7.....	72
Tabela 6.68 – Armadura transversal dos pilares do piso 8.....	72
Tabela 6.69 – Armadura transversal dos pilares do piso 8.....	73
Tabela 7.1 – Espaçamento máximo da armadura transversal nos pilares das caves .....	73
Tabela 7.2 – Armadura longitudinal P1 cave .....	74
Tabela 7.3 – Armadura longitudinal P2 cave .....	74
Tabela 7.4 – Armadura longitudinal P3 cave .....	74
Tabela 7.5 – Armadura longitudinal P4 cave .....	74
Tabela 7.6 – Armadura longitudinal P5 cave .....	75
Tabela 7.7 – Armadura longitudinal P6 cave .....	75
Tabela 7.8 – Armadura longitudinal P7 cave .....	75
Tabela 7.9 – Armadura longitudinal P8 cave .....	76
Tabela 7.10 – Armadura longitudinal P9 cave .....	76
Tabela 7.11 – Armadura longitudinal P10 cave .....	76
Tabela 7.12 – Armadura longitudinal P11 cave .....	77
Tabela 7.13 – Armadura longitudinal P12 cave .....	77
Tabela 8.1 – Características das paredes estruturais .....	77
Tabela 8.4 – Valores dos comprimentos críticos das paredes dúcteis da parede Pb1 .....	77
Tabela 8.5 – Valores dos comprimentos críticos das paredes dúcteis da parede Pb2 .....	77
Tabela 8.6 – Valores dos comprimentos críticos das paredes dúcteis da parede Pb3 .....	78
Tabela 8.7 – Armaduras regulamentares nas paredes estruturais e armadura adotada nas almas das paredes Pb1 .....	78
Tabela 8.8 – Armaduras regulamentares nas paredes estruturais e armadura adotada nas almas das paredes Pb2 .....	78
Tabela 8.9 – Armaduras regulamentares nas paredes estruturais e armadura adotada nas almas das paredes Pb3 .....	78

Tabela 9.1 – Esforços, armadura longitudinal, da parede Pb1 .....	78
Tabela 9.2 – Esforços, armadura longitudinal, da parede Pb2.....	79
Tabela 9.3 – Armadura transversal da parede Pb1.....	79
Tabela 9.4 – Armadura transversal da parede Pb2.....	79
Tabela 9.5 – Esforço transverso resistente máximo na parede Pb1 .....	80
Tabela 9.6 – Esforço transverso resistente máximo na parede Pb2 .....	80
Tabela 9.7 – Taxa mecânica das armaduras verticais na alma Pb1 .....	80
Tabela 9.8 – Taxa mecânica das armaduras verticais na alma Pb2.....	80
Tabela 9.9 – Características dos pilares fictício das paredes Pb1 e Pb2. ....	80
Tabela 9.10 – verificação do confinamento nos pilares fictício da parede Pb1 .....	80
Tabela 9.11 – verificação do confinamento nos pilares fictício da parede Pb2 .....	80
Tabela 9.12 – Valores de calculo da linha neutra e do comprimento regulamentar para os pilares fictícios (Pf2) da parede Pb1 .....	81
Tabela 9.13 – Valores de calculo da linha neutra e do comprimento regulamentar para os pilares fictícios (Pf1) da parede Pb2 .....	81
Tabela 10.1 – Características das paredes das caves.....	81
Tabela 10.2 – Armaduras verticais nas paredes das caves.....	81
Tabela 10.3 – – Armaduras verticais nas paredes das caves.....	81
Tabela 11.1 – Características das vigas de escadas.....	81
Tabela 11.2 – Comprimento critico e espaçamento máximo da armadura transversal nas vigas de escadas.....	82
Tabela 11.3 – Esforços utilizados para determinar as armaduras de flexão nas vigas de escadas, resultante da aplicação das cargas nos patins numa viga simplesmente apoiada (modelo simplificado) .....	82
Tabela 11.4 – Características das vigas das rampas.....	82
Tabela 11.5 – espaçamento máximo da armadura transversal .....	82
Tabela 11.6 – Armadura longitudinal nas vigas das rampas de acesso ao estacionamento .....	83
Tabela 11.7 – Transversal nas vigas das rampas de acesso ao estacionamento .....	83
Tabela 12.1 – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso -2 .....	84
Tabela 12.2 – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso -2 .....	84
Tabela 12.3 – Valor da tensão resistente ao puncoamento sem armadura especifica e valor da tensão resistente máxima na laje do piso -2 .....	84
Tabela 12.4 – Verificação do puncoamento na laje do piso -2 .....	85
Tabela 12.5 – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso -1 .....	85

Tabela 12.6 – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso -1 .....	85
Tabela 12.7 – Valor da tensão resistente ao puncoamento sem armadura especifica e valor da tensão resistente máxima na laje do piso -1 .....	86
Tabela 12.8 – Verificação do puncoamento na laje do piso -1 .....	86
Tabela 12.9 – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso 0 .....	86
Tabela 12.10 – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso 0 .....	87
Tabela 12.11 – Valor da tensão resistente ao puncoamento sem armadura especifica e valor da tensão resistente máxima na laje do piso 0.....	87
Tabela 12.12 – Verificação do puncoamento na laje do piso 0.....	87
Tabela 13.1 – Valores dos esforços atuantes utilizados no cálculo das sapatas dos pilares.....	88
Tabela 13.2 – Pré-dimensionamento das dimensões das sapatas dos pilares.....	88
Tabela 13.3 – Pré-dimensionamento das dimensões das sapatas dos Muros de Suporte.....	89
Tabela 13.4 – valores dos esforços atuantes no pré-dimensionamento das dimensões da sapata do núcleo do elevador .....	89
Tabela 13.5 – Pré-dimensionamento das dimensões das sapatas do núcleo do elevador.....	89
Tabela 14.1 – Pré-dimensionamento da espessura do ensoleiramento geral .....	89
Tabela 14.2 – Verificação da tensão do ensoleiramento geral .....	89
Tabela 15.1 – Valores dos esforços atuantes utilizados no cálculo do puncoamento do ensoleiramento geral .....	89
Tabela 15.2 – Valor da tensão resistente ao puncoamento sem armadura especifica e valor da tensão resistente máxima na laje do ensoleiramento geral.....	90
Tabela 15.3 – Verificação do puncoamento na laje do ensoleiramento geral .....	90





## Anexo 1 Dimensões dos Elementos Estruturais

**Tabela 1.1** – Dimensão das Parede

Parede	Dim X [m]	Dim Y [m]
Pb1	3,65	0,20
Pb2	0,20	1,90
Pb3	0,20	1,90
Pb4	2,70	0,20
Pb5	0,20	3,55
Pb6	2,25	0,20

**Tabela 1.2** – Dimensão dos Pilares das caves e as respectivas Área

Caves				
Pilar	Dim X [m]	Dim Y [m]	AS <sub>min</sub> [cm <sup>2</sup> ]	AS <sub>máx</sub> [cm <sup>2</sup> ]
P1	0,40	0,60	4,80	96,00
P2	0,30	0,40	2,40	48,00
P3	0,30	0,40	2,40	48,00
P4	0,30	0,40	2,40	48,00
P5	0,30	0,40	2,40	48,00
P6	0,40	0,60	4,80	96,00
P7	0,70	0,40	5,60	112,00
P8	0,70	0,40	5,60	112,00
P9	0,40	0,60	4,80	96,00
P10	0,30	0,60	3,60	72,00
P11	0,30	0,60	3,60	72,00
P12	0,30	0,60	3,60	72,00

**Tabela 1.3** – Pisos acima da cave Rígida (Piso 0-Piso1)

Pisos acima da cave Rígida (Piso 0-Piso1)				
Pilar	Dim X [m]	Dim Y [m]	AS <sub>min</sub> [cm <sup>2</sup> ]	AS <sub>máx</sub> [cm <sup>2</sup> ]
P13	0,40	0,70	28,00	112,00
P16	0,40	0,70	28,00	112,00
P17	0,40	0,70	28,00	112,00
P18	0,40	0,70	28,00	112,00
P19	0,40	0,70	28,00	112,00
P2	0,30	0,40	12,00	48,00
P3	0,30	0,40	12,00	48,00
P4	0,30	0,40	12,00	48,00

P5	0,30	0,40	12,00	48,00
P20	0,40	0,70	28,00	112,00
P21	0,40	0,70	28,00	112,00
P9	0,40	0,70	28,00	112,00
P22	0,40	0,70	28,00	112,00

**Tabela 1.4** – Pisos acima da cave Rígida (Piso 2-Piso 8)

Pisos acima da cave rígida (Piso 2-Piso 8)				
Pilar	Dim X [m]	Dim Y [m]	AS <sub>min</sub> [cm <sup>2</sup> ]	AS <sub>máx</sub> [cm <sup>2</sup> ]
P13	0,30	0,60	18,00	72,00
P16	0,30	0,60	18,00	72,00
P17	0,30	0,60	18,00	72,00
P18	0,30	0,60	18,00	72,00
P19	0,30	0,60	18,00	72,00
P2	0,30	0,40	12,00	48,00
P3	0,30	0,40	12,00	48,00
P4	0,30	0,40	12,00	48,00
P5	0,30	0,40	12,00	48,00
P20	0,30	0,60	18,00	72,00
P21	0,30	0,60	18,00	72,00
P22	0,30	0,60	18,00	72,00
P23	0,30	0,60	18,00	72,00

**Tabela 1.5** – Pisos acima da cave Rígida (Piso 0 -Piso 1)

Pisos acima da cave rígida (Piso 0-Piso1)				
Pilar	Dim X [m]	Dim Y [m]	AS <sub>min</sub> [cm <sup>2</sup> ]	AS <sub>máx</sub> [cm <sup>2</sup> ]
P14	0,70	0,40	28,00	112,00
P15	0,70	0,40	28,00	112,00
P7	0,70	0,40	28,00	112,00
P8	0,70	0,40	28,00	112,00

**Tabela 1.6** – Pisos acima da cave Rígida (Piso 2-Piso 8)

Pisos acima da cave rígida (Piso 2-Piso8)				
Pilar	Dim X [m]	Dim Y [m]	AS <sub>min</sub> [cm <sup>2</sup> ]	AS <sub>máx</sub> [cm <sup>2</sup> ]
P14	0,60	0,30	18,00	72,00
P15	0,60	0,30	18,00	72,00
P7	0,60	0,30	18,00	72,00
P8	0,60	0,30	18,00	72,00

**Tabela 1.7 – Dimensão das Vigas**

Vigas	Largura [m]	Altura [m]	As <sub>min</sub> [cm <sup>2</sup> ]	As <sub>máx</sub> [cm <sup>2</sup> ]	Asw <sub>min</sub> [Cm <sup>2</sup> /m]
Vigas exteriores	0,30	0,60	6,20	72,00	3,29
Vigas da rampa	0,20	0,40	1,39	32,00	2,19
Vigas das Escadas	0,20	0,40	1,39	32,00	2,19

**Tabela 1.8 – Dimensão das lajes**

Lajes	Espessura
Murro de Suporte	0,40
Fungiformes	0,26
Vigadas maciça (Rampas)	0,25
Parede de betão	0,20
Ensoleiramento Geral	1,00

**Anexo 2 Definição dos centros de rigidez****Tabela 2.1 – Centros de Rigidez**

Descrição	Centro de Rigidez							
	x (m)	y (m)	I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (m <sup>4</sup> )	x <sub>i</sub> (m)	y <sub>i</sub> (m)	I <sub>x</sub> *x <sub>i</sub>	I <sub>y</sub> *y <sub>i</sub>
P13	0,40	0,60	0,007	0,003	0,00	0,00	0,00	0,00
P14	0,60	0,40	0,003	0,007	6,10	0,00	0,02	0,00
P15	0,60	0,40	0,003	0,007	11,15	0,00	0,04	0,00
P16	0,40	0,60	0,007	0,003	16,90	0,00	0,12	0,00
P17	0,40	0,60	0,007	0,003	0,00	3,81	0,00	0,01
P18	0,40	0,60	0,007	0,003	16,90	3,81	0,12	0,01
P19	0,40	0,60	0,007	0,003	0,00	7,67	0,00	0,02
P2	0,30	0,30	0,001	0,001	6,10	6,85	0,00	0,00
P3	0,30	0,30	0,001	0,001	9,95	6,85	0,01	0,00
P4	0,30	0,30	0,001	0,001	6,10	8,45	0,00	0,01
P5	0,30	0,30	0,001	0,001	9,95	8,45	0,01	0,01
P20	0,40	0,60	0,007	0,003	16,90	6,80	0,12	0,02
P21	0,40	0,60	0,007	0,003	0,00	11,54	0,00	0,04
P22	0,60	0,60	0,011	0,011	7,00	12,80	0,08	0,14
P9	0,60	0,40	0,003	0,007	11,90	12,75	0,04	0,09
P7	0,40	0,60	0,007	0,003	16,90	15,40	0,12	0,05
P8	0,40	0,60	0,007	0,003	0,00	15,40	0,00	0,05
P23	0,40	0,60	0,007	0,003	6,95	15,40	0,05	0,05
Pb1	3,65	0,20	0,002	0,810	7,82	3,05	0,02	2,47
Pb2	0,20	1,90	0,114	0,001	6,10	4,10	0,70	0,01
Pb3	0,20	1,90	0,114	0,001	9,50	4,10	1,09	0,01
			0,326	0,880			2,53	2,99



**Tabela 2.2 – Centro de Rigidez**

CR(Piso)	$\sum (I_x \cdot x_i) / \sum I_x$	$\sum (I_y \cdot y_i) / \sum I_y$
X <sub>cr</sub>	7,76	
Y <sub>cr</sub>		3,40

**Anexo 3 Modos de vibração e fatores de participação modal****Tabela 3.1 – Modos de vibração e fatores de participação modal**

Modo	Período	UX[%]	UY[%]	RZ[%]	ΣxUX[%]	ΣxUY[%]	ΣxRZ[%]
1	1,818322	0,52	0,003423	0,002758	0,52	0,003423	0,002758
2	1,71117	0,006875	0,55	0,012	0,527	0,553	0,014
3	1,356207	0,028	0,016	0,445	0,555	0,569	0,459
4	0,555483	0,051	0,012	0,002247	0,607	0,581	0,461
5	0,524199	0,017	0,061	0,0001664	0,624	0,642	0,461
6	0,417181	0,017	0,001998	0,05	0,64	0,644	0,512
7	0,367507	0,001512	5,32E-08	0,0002182	0,642	0,644	0,512
8	0,304845	0,013	0,003869	0,001137	0,655	0,648	0,513
9	0,273863	0,004483	0,018	0,0000933	0,659	0,666	0,513
10	0,229271	7,118E-07	0,0001099	0,000000573	0,659	0,666	0,513
11	0,211793	0,00615	0,00001557	0,013	0,666	0,666	0,526
12	0,200683	0,014	0,001112	0,0004685	0,68	0,667	0,526
13	0,193019	0,00002167	0,00002106	0,0002729	0,68	0,667	0,527
14	0,184797	0,0002647	0,0004046	8,693E-07	0,68	0,668	0,527
15	0,173617	0,0006929	0,008533	0,0001154	0,681	0,676	0,527
16	0,172342	0,00003239	0,0004232	0,000004473	0,681	0,677	0,527
17	0,160223	0,000119	0,0000268	0,00002641	0,681	0,677	0,527
18	0,15189	0,00002712	0,00001434	0,00009188	0,681	0,677	0,527
19	0,149794	0,0009101	0,00006674	0,001537	0,682	0,677	0,528
20	0,144225	0,000000189	0,0000159	0,000003416	0,682	0,677	0,528
21	0,142062	0,00001501	0,000007835	0,000008046	0,682	0,677	0,528
22	0,140757	0,000003668	0,00000546	0,000001041	0,682	0,677	0,528
23	0,139726	0,000001587	3,307E-07	2,443E-08	0,682	0,677	0,528
24	0,138807	0,000003711	0,000001088	0,00001733	0,682	0,677	0,528
25	0,137562	2,007E-07	0,000005455	2,734E-08	0,682	0,677	0,528
26	0,136383	0,000007775	0,000001454	2,521E-07	0,682	0,677	0,528
27	0,134788	1,856E-09	3,859E-07	0,000001137	0,682	0,677	0,528
28	0,134258	0,000008618	2,731E-08	0,000001455	0,682	0,677	0,528
29	0,133134	0,0000252	0,00001271	0,000009101	0,682	0,677	0,528
30	0,127408	0,0002401	0,00002955	0,00002822	0,682	0,677	0,529
31	0,126172	0,017	0,00028	0,00179	0,699	0,677	0,53
32	0,125978	0,0005043	0,0001511	0,000005866	0,7	0,677	0,53
33	0,12404	0,00001362	0,000006469	0,000002493	0,7	0,677	0,53
34	0,123549	4,221E-08	0,0001025	0,000002133	0,7	0,678	0,53
35	0,12334	0,0004899	0,001179	5,042E-08	0,7	0,679	0,53
36	0,122052	0,000002581	0,00001366	0,0000149	0,7	0,679	0,53
37	0,121601	0,000004905	0,0007312	0,00006185	0,7	0,679	0,53

38	0,120897	0,0000234	0,002482	0,00001477	0,7	0,682	0,53
39	0,119465	0,00002734	0,0005721	0,00005077	0,7	0,683	0,53
40	0,119157	0,000007066	0,0002562	0,00003622	0,7	0,683	0,53
41	0,119002	2,84E-08	0,00001596	0,000103	0,7	0,683	0,531
42	0,118633	0,000002364	0,00003366	5,415E-07	0,7	0,683	0,531
43	0,117403	0,000002527	0,0002181	0,001344	0,7	0,683	0,532
44	0,11701	0,000008162	0,00002133	0,00004853	0,7	0,683	0,532
45	0,116543	0,00003664	0,00007821	0,00002338	0,701	0,683	0,532
46	0,116216	0,000001952	7,907E-07	0,000001324	0,701	0,683	0,532
47	0,114514	0,00001149	0,000001935	0,00001477	0,701	0,683	0,532
48	0,114283	3,032E-08	1,78E-08	0,000002136	0,701	0,683	0,532
49	0,113324	0,000009521	0,000001587	0,00002516	0,701	0,683	0,532
50	0,112847	4,974E-08	5,735E-07	0,000005108	0,701	0,683	0,532
51	0,112688	0,000004194	2,846E-07	0,000003689	0,701	0,683	0,532
52	0,110333	0,000000201	0,000007225	0,000001099	0,701	0,683	0,532
53	0,109839	0,00006479	0,000004378	0,000003366	0,701	0,683	0,532
54	0,108998	0,000004208	0,000008053	0,00002387	0,701	0,683	0,532
55	0,108061	3,238E-07	0,00001603	0,000001738	0,701	0,683	0,532
56	0,107381	0,000006655	0,000007165	2,338E-08	0,701	0,683	0,532
57	0,10631	0,000002568	0,00004728	0,000001663	0,701	0,683	0,532
58	0,105949	0,00007185	4,614E-08	0,000001168	0,701	0,683	0,532
59	0,105499	9,465E-07	0,000001	9,765E-07	0,701	0,683	0,532
60	0,105113	0,000007866	0,000007525	0,000001078	0,701	0,683	0,532
61	0,10394	0,00001666	0,000001693	0,000002191	0,701	0,683	0,532
62	0,103867	5,502E-07	0,000002774	2,484E-07	0,701	0,683	0,532
63	0,103661	0,000002741	2,672E-07	2,671E-07	0,701	0,683	0,532
64	0,102456	0,00004198	5,575E-08	0,00001092	0,701	0,683	0,532
65	0,101589	0,00002116	0,00000118	0,000007629	0,701	0,683	0,532
66	0,100757	0,00001334	0,000001655	0,000000011	0,701	0,683	0,532
67	0,099575	0,00002663	0,000001451	0,0000149	0,701	0,683	0,532
68	0,099469	0,00000797	0,000001176	0,00001106	0,701	0,683	0,532
69	0,099081	0,001051	6,788E-07	0,0001699	0,702	0,683	0,532
70	0,098896	0,0002498	3,631E-07	0,00004972	0,702	0,683	0,532
71	0,098371	0,0000144	0,000009746	0,000003033	0,702	0,683	0,532
72	0,097938	0,001705	9,986E-07	0,0002796	0,704	0,683	0,533
73	0,097881	0,001707	0,000002624	0,0002145	0,706	0,683	0,533
74	0,097534	2,204E-07	0,00001549	4,571E-08	0,706	0,683	0,533
75	0,096833	0,00005465	0,000001992	0,000004089	0,706	0,683	0,533
76	0,096305	0,00001617	8,328E-07	5,67E-10	0,706	0,683	0,533
77	0,096094	0,00006099	0,0000128	0,000007306	0,706	0,683	0,533
78	0,095506	0,00003068	0,000001401	0,000002096	0,706	0,683	0,533
79	0,095227	0,000001214	0,000001136	0,000002047	0,706	0,683	0,533
80	0,09464	0,00009429	7,848E-07	0,000004656	0,706	0,683	0,533
81	0,093847	6,89E-09	5,352E-07	0,00000149	0,706	0,683	0,533
82	0,093364	0,000004352	1,099E-12	3,072E-07	0,706	0,683	0,533
83	0,09228	0,0009312	0,00004186	0,00005959	0,707	0,683	0,533

84	0,091852	0,00002868	0,000001911	0,000003374	0,707	0,683	0,533
85	0,090626	0,003472	0,002777	0,0001779	0,71	0,686	0,533
86	0,090555	0,001192	0,002003	0,00009923	0,711	0,688	0,533
87	0,090065	0,0003943	0,000009638	0,00001179	0,712	0,688	0,533
88	0,089255	0,025	0,0003001	0,001025	0,737	0,688	0,534
89	0,088883	0,0007403	0,00004664	0,0000673	0,738	0,689	0,534
90	0,088667	0,067	0,0001422	0,002734	0,804	0,689	0,537
91	0,088192	0,007891	0,000186	0,0005301	0,812	0,689	0,538
92	0,087298	0,002756	0,00005337	4,445E-07	0,815	0,689	0,538
93	0,085076	0,001804	0,0001388	0,001131	0,817	0,689	0,539
94	0,084302	0,0001721	0,000002027	0,00002519	0,817	0,689	0,539
95	0,08321	0,0001891	9,292E-07	0,0001561	0,817	0,689	0,539
96	0,082912	0,001336	0,000001353	0,0005121	0,818	0,689	0,539
97	0,08183	0,087	0,00001025	0,022	0,905	0,689	0,562
98	0,081757	0,0009525	4,616E-08	0,0002385	0,906	0,689	0,562
99	0,081688	0,0006092	8,239E-07	0,00009881	0,907	0,689	0,562
100	0,080756	0,001243	1,223E-07	0,0003045	0,908	0,689	0,562
101	0,079998	0,004533	0,00001957	0,001016	0,913	0,689	0,563
102	0,079403	0,001209	0,000005607	0,0002898	0,914	0,689	0,564
103	0,079248	0,0001115	7,937E-07	0,00003472	0,914	0,689	0,564
104	0,078068	0,001912	3,182E-07	0,000393	0,916	0,689	0,564
105	0,077665	0,0006966	0,000007973	0,0001056	0,917	0,689	0,564
106	0,077621	5,092E-09	0,000005695	0,00003587	0,917	0,689	0,564
107	0,076629	0,0001985	6,933E-07	0,0001001	0,917	0,689	0,564
108	0,076062	0,00002854	0,000001182	3,17E-09	0,917	0,689	0,564
109	0,07565	0,0001059	0,0001354	6,682E-07	0,917	0,689	0,564
110	0,075092	0,000001214	0,000006169	0,000002557	0,917	0,689	0,564
111	0,0747	0,00006016	0,00005824	0,00001623	0,917	0,689	0,564
112	0,074604	0,00044	0,00003751	0,00004167	0,917	0,689	0,564
113	0,074326	0,0006228	0,00009941	0,00008427	0,918	0,689	0,565
114	0,07399	0,00008888	4,483E-07	0,00003551	0,918	0,689	0,565
115	0,073846	0,001402	3,895E-07	0,000293	0,92	0,689	0,565
116	0,073514	0,0000224	0,00004845	0,000001011	0,92	0,689	0,565
117	0,072963	7,573E-08	0,001098	4,894E-07	0,92	0,691	0,565
118	0,072404	0,0004468	0,0001292	0,00007087	0,92	0,691	0,565
119	0,072337	0,00000691	0,002033	0,000006289	0,92	0,693	0,565
120	0,072142	0,000003195	0,01	8,542E-07	0,92	0,703	0,565
121	0,071076	0,000001034	4,163E-07	3,272E-07	0,92	0,703	0,565
122	0,070941	0,000007628	0,0002425	1,316E-07	0,92	0,703	0,565
123	0,07069	0,00005996	0,00005538	0,00003095	0,92	0,703	0,565
124	0,070416	0,000002575	0,0002593	0,000001414	0,92	0,704	0,565
125	0,069835	0,00001374	0,0003872	0,000006109	0,92	0,704	0,565
126	0,069449	0,000006836	0,00004485	0,00003482	0,92	0,704	0,565
127	0,06908	0,00000701	0,000003203	0,000008868	0,92	0,704	0,565
128	0,0689	8,498E-07	0,000001139	0,000000165	0,92	0,704	0,565
129	0,068568	0,0002425	0,0005781	0,00004048	0,92	0,705	0,565

130	0,068236	0,0001341	0,000119	0,0001154	0,921	0,705	0,565
131	0,068058	0,00001272	0,00007714	6,337E-07	0,921	0,705	0,565
132	0,067923	0,00006446	0,0007412	0,000003522	0,921	0,706	0,565
133	0,067561	0,00000293	0,0000542	0,000001482	0,921	0,706	0,565
134	0,067196	0,0001929	0,00008378	3,383E-07	0,921	0,706	0,565
135	0,06702	0,0003798	0,0001015	1,146E-07	0,921	0,706	0,565
136	0,066796	0,00003541	0,0002142	0,000002962	0,921	0,706	0,565
137	0,066515	0,000004055	0,002005	0,00007578	0,921	0,708	0,565
138	0,066186	8,739E-07	0,001801	0,00004809	0,921	0,71	0,565
139	0,065993	7,675E-12	0,00196	0,00004534	0,921	0,712	0,565
140	0,065927	0,000007259	0,0002411	0,0000203	0,921	0,712	0,565
141	0,065758	0,0002721	0,141	0,0003788	0,922	0,853	0,566
142	0,065724	0,00000854	0,006246	0,00004366	0,922	0,86	0,566
143	0,065582	0,00009638	0,025	7,864E-07	0,922	0,885	0,566
144	0,065535	0,00002373	0,004526	0,0004329	0,922	0,889	0,566
145	0,06528	0,00001813	0,00000294	0,00001765	0,922	0,889	0,566
146	0,065211	0,0001497	0,007908	0,0006641	0,922	0,897	0,567
147	0,065052	0,00001303	0,002656	0,0001396	0,922	0,9	0,567
148	0,064949	0,0004404	0,021	0,002729	0,922	0,92	0,57
149	0,064899	0,0005393	0,004939	0,001766	0,923	0,925	0,572
150	0,064321	0,00005393	0,000001302	0,000002557	0,923	0,925	0,572
151	0,064207	0,000007655	0,001945	0,00001876	0,923	0,927	0,572
152	0,064008	0,000009725	0,00002536	0,000003992	0,923	0,927	0,572
153	0,063736	0,000000342	0,0002055	0,000004625	0,923	0,928	0,572
154	0,06364	0,0000628	5,644E-07	0,000006813	0,923	0,928	0,572
155	0,063528	0,000004691	0,000004122	6,369E-10	0,923	0,928	0,572
156	0,063372	0,000000508	0,00002837	6,044E-09	0,923	0,928	0,572
157	0,063297	0,000001317	0,00001212	0,000009565	0,923	0,928	0,572
158	0,062714	0,00000057	0,0002022	0,000001964	0,923	0,928	0,572
159	0,062622	0,000005997	0,0001994	0,000001553	0,923	0,928	0,572
160	0,061769	0,0000306	0,000003597	0,00003761	0,923	0,928	0,572
161	0,061325	0,00001352	0,000128	0,000001486	0,923	0,928	0,572
162	0,060972	0,00001386	0,0002536	0,000000845	0,923	0,928	0,572
163	0,060845	0,00000438	0,0003241	0,000008933	0,923	0,929	0,572
164	0,060719	1,077E-07	0,0005438	0,000005945	0,923	0,929	0,572
165	0,06068	0,00001162	0,0001879	0,000003117	0,923	0,929	0,572
166	0,060286	0,000001537	0,00006713	6,556E-07	0,923	0,93	0,572
167	0,060205	0,000003362	0,00007541	0,000002803	0,923	0,93	0,572
168	0,060072	0,000001015	0,0001137	0,000001207	0,923	0,93	0,572
169	0,059801	0,000000373	0,000007809	4,138E-07	0,923	0,93	0,572
170	0,059571	0,000003446	0,000009675	0,000000188	0,923	0,93	0,572
171	0,059378	0,00001201	0,000007732	0,000002428	0,923	0,93	0,572
172	0,05923	0,000002066	0,000002257	2,218E-07	0,923	0,93	0,572
173	0,059194	2,415E-07	4,628E-08	0,00001025	0,923	0,93	0,572
174	0,059159	0,00001297	0,00001909	0,000006458	0,923	0,93	0,572
175	0,059099	0,000002388	0,00002224	4,961E-10	0,923	0,93	0,572

176	0,058905	0,00004091	8,975E-10	0,000001703	0,923	0,93	0,572
177	0,058815	0,001229	0,000001478	0,00001767	0,924	0,93	0,572
178	0,058669	0,000009892	0,000002501	1,075E-07	0,924	0,93	0,572
179	0,058498	0,000002829	0,00001017	0,000002986	0,924	0,93	0,572
180	0,057887	0,00001614	0,0006285	0,00006074	0,924	0,93	0,572
181	0,057543	0,00004075	0,00007703	0,00001372	0,924	0,93	0,572
182	0,057342	0,0002429	0,00001079	0,0001022	0,925	0,93	0,572
183	0,056936	0,0001211	0,0001783	0,0002238	0,925	0,931	0,572
184	0,056852	1,481E-07	0,000001526	0,00001743	0,925	0,931	0,572
185	0,056429	0,00005148	0,00001543	0,0001735	0,925	0,931	0,572
186	0,056303	0,00007604	0,0004083	0,0001628	0,925	0,931	0,572
187	0,055573	0,00001494	0,001543	0,00002471	0,925	0,933	0,572
188	0,055284	0,00008258	0,000001446	0,00002115	0,925	0,933	0,572
189	0,054929	0,00004108	0,000009086	5,513E-07	0,925	0,933	0,572
190	0,054751	0,00003335	5,702E-08	1,145E-07	0,925	0,933	0,572
191	0,054006	0,0003166	0,00006919	0,003784	0,925	0,933	0,576
192	0,053809	0,00001586	0,000004154	0,001743	0,925	0,933	0,578
193	0,053036	0,00001067	0,0005309	0,00013	0,925	0,933	0,578
194	0,052923	0,00003764	0,0007764	0,00009809	0,925	0,934	0,578
195	0,05266	0,00002003	8,407E-07	0,00001265	0,925	0,934	0,578
196	0,052507	6,775E-07	0,00006799	0,00004797	0,925	0,934	0,578
197	0,052078	0,000005005	0,000212	0,00003694	0,925	0,934	0,578
198	0,051763	0,000007441	0,0002352	0,000006319	0,926	0,935	0,578
199	0,051692	0,000002668	8,889E-07	0,000004704	0,926	0,935	0,578
200	0,051372	2,915E-07	0,00002775	0,000001982	0,926	0,935	0,578

#### Anexo 4 Dimensionamento das Vigas

Tabela 4.1 – Dimensões das Vigas

vigas	Largura [m]	Altura [m]	Comprimento [m]
V1	0,30	0,60	5,65
V2	0,30	0,60	4,45
V3	0,30	0,60	5,30
V4	0,30	0,60	3,10
V5	0,30	0,60	3,11
V6	0,30	0,60	3,26
V7	0,30	0,60	3,26
V8	0,30	0,60	4,48
V9	0,30	0,60	4,48
V10	0,30	0,60	2,05
V11	0,30	0,60	6,65
V12	0,30	0,60	2,15
V13	0,30	0,60	4,30
V14	0,30	0,60	4,55

**Tabela 4.2** – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal

Vigas Piso 1	$h_w = l_{cr}$ [m]	$d_{bw}$ [mm]	225 [mm]	$d_{bL}$ [mm]	$s_{t,max}$ [m]	
					Zona corrente	Zona crítica
V1	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V2	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V3	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V4	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V5	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V6	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V7	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V8	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V9	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V10	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V11	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V12	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V13	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V14	0,60	10	225	20	0,414	0,15

**Tabela 4.3** – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal

Vigas Piso 2	$h_w = l_{cr}$ [m]	$d_{bw}$ [mm]	225 [mm]	$d_{bL}$ [mm]	$s_{t,max}$ [m]	
					Zona corrente	Zona crítica
V1	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V2	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V3	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V4	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V5	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V6	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V7	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V8	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V9	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V10	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V11	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V12	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V13	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V14	0,60	10	225	20	0,414	0,15

**Tabela 4.4** – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal

Vigas Piso 3	$h_w = l_{cr}$ [m]	$d_{bw}$ [mm]	225 [mm]	$d_{bL}$ [mm]	$s_{t,max}$ [m]	
					Zona corrente	Zona crítica
V1	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V2	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V3	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V4	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V5	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V6	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V7	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V8	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V9	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V10	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V11	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V12	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V13	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V14	0,60	10	225	20	0,414	0,15

**Tabela 4.5** – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal

Vigas Piso 4	$h_w = l_{cr}$ [m]	$d_{bw}$ [mm]	225 [mm]	$d_{bL}$ [mm]	$s_{t,max}$ [m]	
					Zona corrente	Zona crítica
V1	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V2	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V3	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V4	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V5	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V6	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V7	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V8	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V9	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V10	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V11	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V12	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V13	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V14	0,60	10	225	20	0,414	0,15

**Tabela 4.6** – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal

Vigas Piso 5	$h_w = l_{cr}$ [m]	$d_{bw}$ [mm]	225 [mm]	$d_{bL}$ [mm]	$s_{t,max}$ [m]	
					Zona corrente	Zona crítica
V1	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V2	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V3	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V4	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V5	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V6	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V7	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V8	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V9	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V10	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V11	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V12	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V13	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V14	0,60	10	225	20	0,414	0,15

**Tabela 4.7** – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal

Vigas Piso 6	$h_w = l_{cr}$ [m]	$d_{bw}$ [mm]	225 [mm]	$d_{bL}$ [mm]	$s_{t,max}$ [m]	
					Zona corrente	Zona crítica
V1	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V2	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V3	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V4	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V5	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V6	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V7	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V8	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V9	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V10	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V11	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V12	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V13	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V14	0,60	10	225	20	0,414	0,15



**Tabela 4.8** – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal

Vigas Piso 7	$h_w = l_{cr}$ [m]	$d_{bw}$ [mm]	225 [mm]	$d_{bL}$ [mm]	$s_{t,max}$ [m]	
					Zona corrente	Zona crítica
V1	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V2	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V3	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V4	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V5	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V6	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V7	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V8	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V9	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V10	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V11	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V12	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V13	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V14	0,60	10	225	20	0,414	0,15

**Tabela 4.9** – Comprimentos críticos e espaçamentos máximos da armadura transversal

Vigas Piso 8	$h_w = l_{cr}$ [m]	$d_{bw}$ [mm]	225 [mm]	$d_{bL}$ [mm]	$s_{t,max}$ [m]	
					Zona corrente	Zona crítica
V1	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V2	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V3	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V4	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V5	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V6	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V7	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V8	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V9	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V10	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V11	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V12	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V13	0,60	10	225	20	0,414	0,15
V14	0,60	10	225	20	0,414	0,15

**Tabela 4.10 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 1**

Piso 1			Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> ]			Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
Viga	Troço (início- fim)	Face	A <sub>Sinício</sub>	A <sub>Smeio Vão</sub>	A <sub>SFinal</sub>	Início		Meio vão		Fim	
						Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]
V1	P13-P14	Superior	8,21	6,49	10,33	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
		Inferior	6,84	6,49	6,49	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V2	P14-P15	Superior	11,33	6,49	10,00	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
		Inferior	6,62	6,49	7,13	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V3	P15-P16	Superior	10,04	6,49	8,21	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
		Inferior	6,49	6,49	6,49	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V4	P13-P17	Superior	17,06	10,28	15,55	4Ø25	19,63	4Ø20	12,57	4Ø25	19,63
		Inferior	15,65	11,50	12,47	4Ø25	19,63	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57
V5	P16-P18	Superior	24,18	15,13	21,68	5Ø25	24,54	4Ø25	19,63	5Ø25	24,54
		Inferior	23,12	16,58	18,11	5Ø25	24,54	4Ø25	19,63	4Ø25	19,63
V6	P17-P19	Superior	15,65	6,95	15,67	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
		Inferior	14,00	7,97	12,68	5Ø20	15,71	4Ø20	12,57	5Ø20	15,71
V7	P18-P20	Superior	21,48	9,78	21,09	5Ø25	24,54	4Ø20	12,57	5Ø25	24,54
		Inferior	20,40	11,10	17,60	5Ø25	24,54	4Ø20	12,57	4Ø25	19,63
V8	P19-P21	Superior	13,96	6,49	14,63	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
		Inferior	10,99	7,73	10,67	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V9	P20-P23	Superior	19,66	9,27	24,47	5Ø25	24,54	3Ø20	9,42	5Ø25	24,54
		Inferior	16,82	9,88	18,51	4Ø25	19,63	4Ø20	12,57	4Ø25	19,63
V10	P21-P22	Superior	21,84	8,93	21,84	5Ø25	24,54	4Ø20	12,57	5Ø25	24,54
		Inferior	18,62	8,08	18,62	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
V11	P22-P9	Superior	16,94	6,49	14,72	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	10,54	9,12	12,88	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V12	P9-P7	Superior	8,56	6,85	18,90	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	9,59	6,88	11,17	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V13	P7-P8	Superior	26,60	9,28	20,60	6Ø25	29,45	3Ø20	9,42	5Ø25	24,54
		Inferior	18,61	10,17	15,08	4Ø25	19,63	4Ø20	12,57	4Ø25	19,63
V14	P8-P23	Superior	18,70	6,49	16,41	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	18,15	11,24	8,64	4Ø25	19,63	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57

**Tabela 4.11 – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 1**

Viga	A <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	Face	Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
			Início		Meio vão		Fim	
			As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ
V1	0,15	Superior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V2	0,15	Superior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V3	0,15	Superior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	9,42	0,0063

		Inferior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V4	0,15	Superior	19,63	0,0131	12,57	0,0084	19,63	0,0131
		Inferior	19,63	0,0131	12,57	0,0084	12,57	0,0084
V5	0,15	Superior	24,54	0,0164	19,63	0,0131	24,54	0,0164
		Inferior	24,54	0,0164	19,63	0,0131	19,63	0,0131
V6	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	15,71	0,0105
		Inferior	15,71	0,0105	12,57	0,0084	15,71	0,0105
V7	0,15	Superior	24,54	0,0164	12,57	0,0084	24,54	0,0164
		Inferior	24,54	0,0164	12,57	0,0084	19,63	0,0131
V8	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V9	0,15	Superior	24,54	0,0164	9,42	0,0063	24,54	0,0164
		Inferior	19,63	0,0131	12,57	0,0084	19,63	0,0131
V10	0,15	Superior	24,54	0,0164	12,57	0,0084	24,54	0,0164
		Inferior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	19,63	0,0131
V11	0,15	Superior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V12	0,15	Superior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V13	0,15	Superior	29,45	0,0196	9,42	0,0063	24,54	0,0164
		Inferior	19,63	0,0131	12,57	0,0084	19,63	0,0131
V14	0,15	Superior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	19,63	0,0131	12,57	0,0084	12,57	0,0084

**Tabela 4.12** – Armadura transversal nas vigas do piso 1

Piso 1	Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> /m]			Armadura transversal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
	ASinício	ASmeio Vão	ASFinal	Início		Meio vão		Fim	
				Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]
V1	5,30	4,60	6,00	Ø8//0.15(2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V2	6,10	5,00	5,60	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V3	6,20	4,50	5,60	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V4	9,90	9,50	10,70	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V5	13,20	13,10	14,40	Ø10//0.10 (2r)	15,70	Ø10//0.10 (2r)	15,70	Ø10//0.10 (2r)	15,70
V6	10,20	9,10	10,30	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	12,64	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V7	13,30	12,10	13,30	Ø10//0.10 (2r)	15,70	Ø10//0.10 (2r)	15,70	Ø10//0.10 (2r)	15,70
V8	8,20	8,80	8,10	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,06	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V9	11,00	9,70	11,20	Ø10//0.125(2r)	12,56	Ø10//0.10 (2r)	15,70	Ø10//0.10 (2r)	15,70
V10	15,50	15,00	15,70	Ø10//0.10 (2r)	15,70	Ø10//0.10 (2r)	15,70	Ø10//0.10 (2r)	15,70
V11	7,50	6,10	7,60	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V12	12,80	12,60	14,00	Ø10//0.10 (2r)	15,70	Ø10//0.10 (2r)	15,70	Ø10//0.10 (2r)	15,70

V13	11,90	10,50	11,50	Ø10//0.125(2r)	12,56	Ø10//0.125 (2r)	12,56	Ø10//0.125 (2r)	12,56
V14	10,50	8,80	10,90	Ø10//0.125(2r)	12,56	Ø8//0.10 (2r)	10,06	Ø10//0.125 (2r)	12,56

**Tabela 4.13** – Armadura longitudinal nas vigas do piso 2

Piso 2			Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> ]			Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
Viga	Troço (início- fim)	Face	ASinício	ASmeio Vão	ASFinal	Início		Meio vão		Fim	
						Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]
V1	P13-P14	Superior	6,75	4,87	8,47	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,87	4,87	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V2	P14-P15	Superior	10,10	4,87	8,86	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,86	4,87	4,87	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V3	P15-P16	Superior	10,19	4,87	7,23	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,92	4,87	4,87	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V4	P13-P17	Superior	14,14	8,61	12,88	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
		Inferior	12,27	9,51	10,16	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V5	P16-P18	Superior	17,42	10,71	15,89	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	15,77	12,41	12,80	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
V6	P17-P19	Superior	13,85	6,25	13,60	5Ø20	15,71	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	12,27	7,25	10,74	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
V7	P18-P20	Superior	17,02	7,84	16,83	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	16,20	9,13	13,45	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
V8	P19-P21	Superior	12,37	5,38	13,51	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	10,03	6,96	9,32	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V9	P20-P23	Superior	14,54	6,46	18,21	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	12,42	7,79	12,02	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V10	P21-P22	Superior	10,46	6,58	16,04	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø25	19,063
		Inferior	11,05	6,59	12,55	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V11	P22-P9	Superior	12,31	4,87	10,76	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	7,36	6,58	8,98	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V12	P9-P7	Superior	6,14	6,03	9,25	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	6,26	4,87	6,37	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V13	P7-P8	Superior	21,45	7,02	17,31	5Ø25	24,54	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	14,77	7,86	11,66	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V14	P8-P23	Superior	15,78	4,87	11,40	5Ø20	15,71	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	13,98	8,75	6,31	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42

**Tabela 4.14** – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 2

Viga	A <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	Face	Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
			Início		Meio vão		Fim	
			As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ
V1	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V2	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V3	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V4	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V5	0,15	Superior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	19,63	0,0131
V6	0,15	Superior	15,71	0,0105	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
V7	0,15	Superior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	15,71	0,0105
V8	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V9	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V10	0,15	Superior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	19,063	0,0127
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V11	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V12	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V13	0,15	Superior	24,54	0,0164	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V14	0,15	Superior	15,71	0,0105	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	9,42	0,0063

**Tabela 4.15** – Armadura transversal nas vigas do piso 2

Piso 2	Armadura (Sap 2000)			Armadura transversal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
	[cm <sup>2</sup> /m]			Início		Meio vão		Fim	
	A <sub>Sinício</sub>	A <sub>Smeio Vão</sub>	A <sub>SFinal</sub>	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]
V1	4,80	3,80	5,30	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V2	5,50	4,20	5,20	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V3	6,40	4,50	5,53	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V4	8,20	7,70	8,80	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00

V5	10,10	9,60	10,30	Ø10//0.15 (2r)	10,48	Ø8//0.10 (2r)	10,06	Ø10//0.15 (2r)	10,48
V6	8,90	7,90	8,90	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V7	10,80	9,70	10,60	Ø10//0.125 (2r)	12,56	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø10//0.125 (2r)	12,56
V8	7,30	8,00	7,30	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04
V9	8,40	7,40	8,83	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V10	11,40	11,10	11,90	Ø10//0.125 (2r)	12,56	Ø10//0.125 (2r)	12,56	Ø10//0.125 (2r)	12,56
V11	5,80	4,50	5,80	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V12	8,85	8,40	12,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø10//0.125 (2r)	12,56
V13	9,70	8,30	9,50	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V14	8,40	6,50	8,20	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.10 (2r)	10,00

**Tabela 4.16** – Armadura longitudinal nas vigas do piso 3

Piso 3			Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> ]			Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
Viga	Troço (início-fim)	Face	ASinício	ASmeio Vão	ASFinal	Início		Meio vão		Fim	
						Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]
V1	P13-P14	Superior	7,21	4,87	8,02	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,86	4,87	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V2	P14-P15	Superior	8,98	4,87	7,61	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,87	4,87	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V3	P15-P16	Superior	9,40	4,87	7,92	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,87	4,87	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V4	P13-P17	Superior	13,97	8,52	12,49	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
		Inferior	11,89	9,30	9,95	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V5	P16-P18	Superior	16,84	10,35	15,03	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	14,99	11,94	12,17	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
V6	P17-P19	Superior	14,08	6,35	13,49	5Ø20	15,71	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	12,26	7,30	10,89	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
V7	P18-P20	Superior	16,81	7,74	16,31	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	15,84	8,93	13,15	4Ø25	19,63	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
V8	P19-P21	Superior	12,69	5,49	14,29	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	10,51	7,25	9,82	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V9	P20-P23	Superior	14,61	6,24	18,40	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63

		Inferior	12,15	7,92	12,26	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V10	P21-P22	Superior	9,07	6,39	15,26	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	10,11	6,16	11,26	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V11	P22-P9	Superior	12,67	4,86	10,96	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	7,43	6,63	9,07	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V12	P9-P7	Superior	4,87	4,88	9,55	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,89	4,88	6,00	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V13	P7-P8	Superior	18,35	6,06	14,36	5Ø25	24,54	3Ø20	9,42	4Ø25	19,63
		Inferior	12,25	6,90	10,52	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V14	P8-P23	Superior	10,87	4,87	12,83	5Ø20	15,71	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	12,52	8,51	6,44	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42

**Tabela 4.17** – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 3

Viga	Ac [m <sup>2</sup> ]	Face	Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
			Inicio		Meio vão		Fim	
			As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ
V1	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V2	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V3	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V4	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V5	0,15	Superior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	19,63	0,0131
V6	0,15	Superior	15,71	0,0105	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
V7	0,15	Superior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	19,63	0,0131	9,42	0,0063	15,71	0,0105
V8	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V9	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V10	0,15	Superior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	19,63	0,0131
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V11	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V12	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V13	0,15	Superior	24,54	0,0164	9,42	0,0063	19,63	0,0131

		Inferior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V14	0,15	Superior	15,71	0,0105	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	9,42	0,0063

**Tabela 4.18** – Armadura transversal nas vigas do piso 3

Piso 3			Armadura transversal adotada [cm <sup>2</sup> ]						
Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> /m]			Início		Meio vão		Fim		
Viga	ASinício	ASmeio Vão	ASFinal	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]
V1	4,80	3,70	5,10	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V2	5,20	3,90	4,80	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.20 (2r)	5,02
V3	6,00	4,50	5,60	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V4	8,10	7,50	8,40	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V5	9,70	9,20	9,90	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V6	8,90	7,90	8,80	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V7	10,70	9,50	10,50	Ø10//0.125 (2r)	12,56	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø10//0.125 (2r)	12,56
V8	7,50	8,30	7,50	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04
V9	8,60	7,50	8,40	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V10	10,70	10,60	11,40	Ø10//0.125 (2r)	12,56	Ø10//0.125 (2r)	12,56	Ø10//0.125 (2r)	12,56
V11	5,90	4,60	5,90	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V12	6,90	6,40	12,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø10//0.125 (2r)	12,56
V13	8,90	7,60	8,50	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V14	7,40	6,50	7,80	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04

**Tabela 4.19** – Armadura longitudinal nas vigas do piso 4

Piso 4			Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> ]			Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
Viga	Troço (início-fim)	Face	ASinício	ASmeio Vão	ASFinal	Início		Meio vão		Fim	
						Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]
V1	P13-P14	Superior	7,34	4,87	8,02	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,87	4,87	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V2	P14-P15	Superior	8,93	4,87	8,02	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,87	4,87	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V3	P15-P16	Superior	9,28	4,87	8,18	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,66	4,87	4,87	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V4	P13-P17	Superior	12,36	7,79	11,22	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57



		Inferior	10,53	8,39	8,96	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V5	P16-P18	Superior	15,21	9,31	13,45	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
		Inferior	13,23	10,78	10,78	5Ø20	15,71	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57
V6	P17-P19	Superior	13,40	6,00	12,51	5Ø20	15,71	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	11,35	6,89	10,18	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V7	P18-P20	Superior	15,35	7,21	15,05	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
		Inferior	14,62	8,35	12,19	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V8	P19-P21	Superior	12,21	5,16	14,09	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	10,22	7,03	9,20	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V9	P20-P23	Superior	13,51	5,83	17,36	5Ø20	15,71	2Ø20	6,28	4Ø25	19,63
		Inferior	11,44	7,49	10,96	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V10	P21-P22	Superior	7,29	5,72	13,38	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	8,58	5,41	9,17	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V11	P22-P9	Superior	12,29	4,86	10,37	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	6,84	6,40	8,68	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V12	P9-P7	Superior	4,86	4,88	9,11	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,86	4,88	5,02	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V13	P7-P8	Superior	17,51	5,81	13,83	4Ø25	19,63	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	11,64	6,61	9,90	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V14	P8-P23	Superior	10,13	4,87	12,24	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57
		Inferior	12,24	8,39	6,02	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28

**Tabela 4.20** – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 4

Viga	Ac [m <sup>2</sup> ]	Face	Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
			Início		Meio vão		Fim	
			As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ
V1	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V2	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V3	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V4	0,15	Superior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V5	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	15,71	0,0105
		Inferior	15,71	0,0105	12,57	0,0084	12,57	0,0084
V6	0,15	Superior	15,71	0,0105	6,28	0,0042	12,57	0,0084

		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V7	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	15,71	0,0105
		Inferior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V8	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V9	0,15	Superior	15,71	0,0105	6,28	0,0042	19,63	0,0131
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V10	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V11	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V12	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V13	0,15	Superior	19,63	0,0131	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V14	0,15	Superior	12,57	0,0084	12,57	0,0084	12,57	0,0084
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	6,28	0,0042

**Tabela 4.21** – Armadura transversal nas vigas do piso 4

Piso 4	Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> /m]			Armadura transversal adotada [cm <sup>2</sup> ]						
	Viga	ASinício	ASmeio vão	ASFinal	Início		Meio vão		Fim	
					Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]
	V1	4,70	3,70	5,00	Ø8//0.0,2 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.20 (2r)	5,02
	V2	5,10	3,90	4,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.20 (2r)	5,02
	V3	5,90	4,50	5,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
	V4	7,40	8,90	7,70	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04
	V5	8,90	8,40	9,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
	V6	8,40	7,50	8,20	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00
	V7	10,10	9,00	9,80	Ø10//0.15 (2r)	10,48	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
	V8	7,40	6,10	7,50	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04
	V9	8,30	7,10	8,10	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00
	V10	9,40	9,50	10,30	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
	V11	5,80	4,50	5,90	Ø8//0.15(2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15 (2r)	6,70
	V12	8,40	6,80	12,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø10//0.125 (2r)	12,56
	V13	6,10	7,20	8,20	Ø8//0.15(2r)	6,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00
	V14	7,20	6,30	7,70	Ø8//0.15(2r)	6,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04

**Tabela 4.22 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 5**

Piso 5			Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> ]			Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
Viga	Troço (início-fim)	Face	ASinício	ASmeio Vão	ASFinal	Início		Meio vão		Fim	
						Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]
V1	P13-P14	Superior	7,29	4,87	7,81	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,87	4,87	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V2	P14-P15	Superior	8,52	4,87	6,94	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,87	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V3	P15-P16	Superior	8,93	4,86	8,25	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,86	4,87	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V4	P13-P17	Superior	11,25	6,76	9,51	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
		Inferior	8,76	7,20	7,58	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V5	P16-P18	Superior	13,40	8,13	11,74	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
		Inferior	11,34	9,51	9,24	5Ø20	15,71	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57
V6	P17-P19	Superior	12,16	5,39	11,09	5Ø20	15,71	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	9,95	6,18	9,01	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V7	P18-P20	Superior	14,26	6,48	13,54	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
		Inferior	13,06	7,59	10,86	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V8	P19-P21	Superior	11,22	4,86	13,31	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	9,47	6,54	8,39	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V9	P20-P23	Superior	12,20	5,28	15,99	5Ø20	15,71	2Ø20	6,28	4Ø25	19,63
		Inferior	10,46	6,93	9,64	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V10	P21-P22	Superior	5,39	4,91	11,25	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	6,86	4,87	6,93	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V11	P22-P9	Superior	11,75	4,86	9,64	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	6,14	6,09	8,15	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V12	P9-P7	Superior	4,86	4,86	8,50	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V13	P7-P8	Superior	16,14	5,32	12,72	4Ø25	19,63	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	10,48	6,09	9,10	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V14	P8-P23	Superior	9,19	4,86	11,74	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57
		Inferior	11,59	8,01	5,63	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28

**Tabela 4.23** – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 5

Viga	A <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	Face	Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
			Início		Meio vão		Fim	
			As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ
V1	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V2	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V3	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V4	0,15	Superior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V5	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	15,71	0,0105
		Inferior	15,71	0,0105	12,57	0,0084	12,57	0,0084
V6	0,15	Superior	15,71	0,0105	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V7	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	15,71	0,0105
		Inferior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V8	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V9	0,15	Superior	15,71	0,0105	6,28	0,0042	19,63	0,0131
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V10	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V11	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V12	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V13	0,15	Superior	19,63	0,0131	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V14	0,15	Superior	12,57	0,0084	12,57	0,0084	12,57	0,0084
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	6,28	0,0042

**Tabela 4.24** – Armadura transversal nas vigas do piso 5

Piso 5	Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> /m]			Armadura transversal adotada [cm <sup>2</sup> ]						
	Viga	A <sub>Sinício</sub>	A <sub>Smeio Vão</sub>	A <sub>SFinal</sub>	Início		Meio vão		Fim	
					Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]
V1	4,70	3,60	4,90	Ø8//0,0,2 (2r)	5,02	Ø8//0,25 (2r)	4,02	Ø8//0,2 (2r)	5,02	
V2	5,00	3,80	4,50	Ø8//0,15 (2r)	6,70	Ø8//0,25 (2r)	4,02	Ø8//0,2 (2r)	5,02	
V3	5,80	4,50	5,70	Ø8//0,15 (2r)	6,70	Ø8//0,20 (2r)	5,02	Ø8//0,15 (2r)	6,70	
V4	5,70	6,20	6,90	Ø8//0,15 (2r)	6,70	Ø8//0,15 (2r)	6,70	Ø8//0,15 (2r)	6,70	
V5	8,00	7,50	8,10	Ø8//0,10 (2r)	10,00	Ø8//0,125 (2r)	8,04	Ø8//0,10 (2r)	10,00	

V6	7,60	6,80	7,50	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04
V7	9,40	8,20	9,00	Ø10//0.15 (2r)	10,48	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø10//0.15 (2r)	10,48
V8	7,10	5,80	7,20	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.15, (2r)	6,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04
V9	7,90	8,10	9,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V10	7,90	8,10	9,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V11	5,70	4,30	5,80	Ø8//0.15(2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.15(2r)	6,70
V12	8,00	5,80	7,80	Ø8//0.10 (2r)	10,00	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V13	8,00	5,80	7,80	Ø8//0.15(2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04
V14	6,90	6,20	7,50	Ø8//0.15(2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04

**Tabela 4.25 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 6**

Piso 6			Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> ]			Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
Viga	Troço (início- fim)	Face	AS <sub>início</sub>	AS <sub>meio Vão</sub>	AS <sub>Fim</sub>	Início		Meio vão		Fim	
						Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]
V1	P13-P14	Superior	7,07	4,87	7,51	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,87	4,87	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V2	P14-P15	Superior	7,99	4,87	6,40	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,87	4,87	4,87	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V3	P15-P16	Superior	8,49	4,87	8,16	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,87	4,87	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V4	P13-P17	Superior	9,34	5,50	7,77	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	6,75	5,82	5,94	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V5	P16-P18	Superior	11,34	6,77	9,85	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	9,23	8,07	7,51	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28
V6	P17-P19	Superior	10,55	4,87	9,39	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	8,24	5,33	7,51	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V7	P18-P20	Superior	12,40	5,57	11,76	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	11,19	6,88	9,21	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V8	P19-P21	Superior	9,88	4,87	12,13	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	8,40	5,85	7,28	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V9	P20-P23	Superior	10,63	4,87	14,24	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	4Ø25	12,57
		Inferior	9,21	6,19	8,22	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V10	P21-P22	Superior	4,88	4,88	8,93	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	5,08	4,88	4,88	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V11	P22-P9	Superior	10,98	4,87	8,69	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	5,28	5,66	7,40	2Ø20	6,28	3Ø20	6,28	3Ø20	9,42

V12	P9-P7	Superior	4,88	4,88	7,57	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	4,88	4,88	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V13	P7-P8	Superior	14,49	4,87	11,37	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	9,05	5,44	8,07	3Ø20	6,28	3Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V14	P8-P23	Superior	8,00	4,87	10,96	3Ø20	6,28	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	10,65	7,48	5,27	3Ø20	6,28	3Ø20	9,42	2Ø20	12,57

**Tabela 4.26** – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 6

Viga	Ac [m <sup>2</sup> ]	Face	Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
			Início		Meio vão		Fim	
			As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ
V1	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V2	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V3	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V4	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V5	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	6,28	0,0042
V6	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V7	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V8	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V9	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V10	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V11	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V12	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V13	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V14	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	6,28	0,0042	9,42	0,0063	12,57	0,0084

**Tabela 4.27 – Armadura transversal nas vigas do piso 6**

Piso 6	Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> /m]			Armadura transversal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
	ASinício	ASmeio Vão	ASFinal	Início		Meio vão		Fim	
				Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]
V1	4,70	3,50	4,80	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.20 (2r)	5,02
V2	4,80	3,70	4,40	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.20 (2r)	5,02
V3	5,60	4,50	6,00	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V4	5,90	5,30	5,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V5	7,10	4,50	5,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V6	7,00	6,10	8,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V7	8,50	7,30	8,00	Ø10//0.15 (2r)	10,48	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.10 (2r)	10,00
V8	6,60	5,40	6,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V9	7,20	6,10	7,20	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04
V10	6,40	6,60	7,50	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04
V11	5,50	4,10	5,50	Ø8//0.15(2 r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70
V12	5,20	5,00	12,00	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø10//0.12 5 (2r)	12,56	Ø10//0.12 5 (2r)	12,56
V13	7,40	5,20	7,20	Ø8//0.15(2 r)	6,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04
V14	5,50	5,90	7,20	Ø8//0.15(2 r)	6,70	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04

**Tabela 4.28 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 7**

Viga	Troço (início- fim)	Face	ASinício	ASmeio Vão	ASFinal	Início		Meio vão		Fim	
						Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]
V1	P13- P14	Superior	6,75	4,87	7,17	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,87	4,87	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V2	P14- P15	Superior	7,41	4,87	5,85	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,87	4,87	4,86	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V3	P15- P16	Superior	8,02	4,86	7,94	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,86	4,87	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V4	P13- P17	Superior	7,29	4,86	5,86	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,87	4,86	4,86	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V5	P16- P18	Superior	8,98	5,19	7,73	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	6,88	6,43	5,52	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28
V6	P17- P19	Superior	8,77	4,86	7,56	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	6,48	4,86	5,82	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V7	P18- P20	Superior	10,18	4,86	9,67	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	9,04	5,54	7,21	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V8	P19- P21	Superior	8,40	4,86	10,74	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	7,17	5,05	6,02	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28

V9	P20-P23	Superior	8,77	4,86	12,11	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	4Ø25	12,57
		Inferior	7,56	5,26	6,53	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V10	P21-P22	Superior	4,86	4,86	6,59	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V11	P22-P9	Superior	9,90	4,86	7,45	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,86	5,09	6,40	2Ø20	6,28	3Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V12	P9-P7	Superior	4,86	4,86	6,51	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V13	P7-P8	Superior	12,41	4,86	9,67	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	7,20	4,86	6,72	3Ø20	6,28	3Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V14	P8-P23	Superior	6,55	4,86	9,87	3Ø20	6,28	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	9,39	6,74	4,86	3Ø20	6,28	3Ø20	9,42	2Ø20	12,57

**Tabela 4.29** – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 7

Viga	A <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	Face	Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
			Início		Meio vão		Fim	
			As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ
V1	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V2	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V3	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V4	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V5	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	6,28	0,0042
V6	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V7	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V8	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V9	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V10	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V11	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	9,42	0,0063
V12	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V13	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	9,42	0,0063



**Tabela 4.30 – Armadura transversal nas vigas do piso 7**

Piso 7	Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> /m]			Armadura transversal adotada [cm <sup>2</sup> ]						
	Viga	AS <sub>Inicio</sub>	AS <sub>Meio Vão</sub>	AS <sub>Fim</sub>	Inicio		Meio vão		Fim	
					Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]
V1	4,70	3,40	4,70	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	
V2	4,70	3,50	4,20	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	
V3	5,50	4,50	5,60	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	
V4	5,10	4,50	5,20	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	
V5	5,90	5,40	5,90	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	
V6	6,10	5,20	5,80	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	
V7	7,40	6,20	7,00	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	
V8	6,10	4,90	6,20	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	
V9	6,50	5,30	5,50	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	Ø8//0.125 (2r)	8,04	
V10	5,40	5,70	6,60	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.15 (2r)	6,70	
V11	5,20	3,90	5,40	Ø8//0.15(2r )	6,70	Ø8//0.15(2r )	6,70	Ø8//0.15(2r )	6,70	
V12	4,90	4,80	10,50	Ø8//0.0,2 (2r)	5,02	Ø8//0.0,2 (2r)	5,02	Ø8//0.0,2 (2r)	5,02	
V13	6,60	5,50	6,50	Ø8//0.15(2r )	6,70	Ø8//0.15(2r )	6,70	Ø8//0.15(2r )	6,70	
V14	6,10	5,40	6,70	Ø8//0.15(2r )	6,70	Ø8//0.15(2r )	6,70	Ø8//0.15(2r )	6,70	

**Tabela 4.31 – Armadura longitudinal nas vigas do piso 8**

Piso 8			Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> ]			Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
Viga	Troço (inicio-fim)	Face	AS <sub>Inicio</sub>	AS <sub>Meio Vão</sub>	AS <sub>Fim</sub>	Inicio		Meio vão		Fim	
						Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]
V1	P13-P14	Superior	6,55	4,86	6,91	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V2	P14-P15	Superior	6,93	4,86	5,50	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,87	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V3	P15-P16	Superior	7,62	4,86	7,76	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V4	P13-P17	Superior	5,49	4,86	4,86	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
		Inferior	4,86	4,86	4,86	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V5	P16-P18	Superior	5,47	4,86	5,48	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
		Inferior	4,86	4,86	4,86	5Ø20	15,71	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57
V6	P17-P19	Superior	7,23	4,86	6,03	5Ø20	15,71	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57

		Inferior	5,10	4,86	4,86	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V7	P18-P20	Superior	7,79	4,86	7,56	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	5Ø20	15,71
		Inferior	7,05	4,86	5,09	5Ø20	15,71	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V8	P19-P21	Superior	7,08	4,86	9,49	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	6,21	4,86	4,86	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V9	P20-P23	Superior	6,76	4,86	9,85	5Ø20	15,71	2Ø20	6,28	4Ø25	19,63
		Inferior	6,10	4,86	4,86	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	4Ø20	12,57
V10	P21-P22	Superior	4,86	4,86	4,86	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	4,86	4,86	4,86	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
V11	P22-P9	Superior	8,86	4,86	6,06	4Ø20	12,57	2Ø20	6,28	4Ø20	12,57
		Inferior	4,86	4,86	5,18	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V12	P9-P7	Superior	4,86	4,86	5,71	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	3Ø20	9,42
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V13	P7-P8	Superior	10,07	4,86	7,67	4Ø25	19,63	2Ø20	6,28	5Ø20	15,71
		Inferior	5,05	4,86	5,30	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	3Ø20	9,42
V14	P8-P23	Superior	4,95	4,86	9,06	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57	4Ø20	12,57
		Inferior	8,04	5,85	4,86	4Ø20	12,57	3Ø20	9,42	2Ø20	6,28

**Tabela 4.32** – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso 8

Viga	Ac [m <sup>2</sup> ]	Face	Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
			Início		Meio vão		Fim	
			As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ
V1	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V2	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V3	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V4	0,15	Superior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V5	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	15,71	0,0105
		Inferior	15,71	0,0105	12,57	0,0084	12,57	0,0084
V6	0,15	Superior	15,71	0,0105	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V7	0,15	Superior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	15,71	0,0105
		Inferior	15,71	0,0105	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V8	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V9	0,15	Superior	15,71	0,0105	6,28	0,0042	19,63	0,0131
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	12,57	0,0084
V10	0,15	Superior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	9,42	0,0063	6,28	0,0042	9,42	0,0063

V11	0,15	Superior	12,57	0,0084	6,28	0,0042	12,57	0,0084
		Inferior	9,42	0,0063	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V12	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	9,42	0,0063
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V13	0,15	Superior	19,63	0,0131	6,28	0,0042	15,71	0,0105
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	9,42	0,0063
V14	0,15	Superior	12,57	0,0084	12,57	0,0084	12,57	0,0084
		Inferior	12,57	0,0084	9,42	0,0063	6,28	0,0042

**Tabela 4.33** – Armadura transversal nas vigas do piso 8

Piso 8	Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> /m]			Armadura transversal adotada [cm <sup>2</sup> ]						
	Viga	AS <sub>Inicio</sub>	AS <sub>Meio Vão</sub>	AS <sub>Final</sub>	Inicio		Meio vão		Fim	
					Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]
V1	4,60	3,40	4,60	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V2	4,50	3,40	4,10	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V3	5,40	4,40	5,60	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V4	4,60	4,10	4,70	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V5	5,10	4,50	5,00	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V6	5,50	4,60	5,10	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V7	6,30	5,10	5,90	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V8	5,50	4,40	5,80	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V9	5,70	4,50	5,70	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V10	4,60	5,10	6,00	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V11	5,20	3,70	5,30	Ø8//0.25(2r)	4,02	Ø8//0.25(2r)	4,02	Ø8//0.25(2r)	4,02	
V12	4,80	4,90	10,50	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.125 (2r)	12,56	
V13	4,90	4,80	5,80	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	
V14	5,60	5,00	6,40	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.2 (2r)	5,02	

**Tabela 4.34** – Armadura longitudinal nas vigas do piso cobertura

Piso Cobertura			Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> ]			Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
Viga	Troço (inicio-fim)	Face	AS <sub>Inicio</sub>	AS <sub>Meio Vão</sub>	AS <sub>Final</sub>	Inicio		Meio vão		Fim	
						Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]
V1	P13-P14	Superior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V2	P14-P15	Superior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V3	P15-P16	Superior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28

		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V4	P13-P17	Superior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V5	P16-P18	Superior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V6	P17-P19	Superior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V7	P18-P20	Superior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V8	P19-P21	Superior	4,86	4,86	7,04	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V9	P20-P23	Superior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V10	P21-P22	Superior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V11	P22-P9	Superior	4,86	0,00	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V12	P9-P7	Superior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V13	P7-P8	Superior	5,88	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
V14	P8-P23	Superior	4,86	0,00	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28
		Inferior	4,86	4,86	4,86	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28	2Ø20	6,28

**Tabela 4.35** – Taxa de armadura longitudinal nas vigas do piso cobertura

Viga	A <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	Face	Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
			Início		Meio vão		Fim	
			As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ	As[cm <sup>2</sup> ]	ρ
V1	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V2	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V3	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V4	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V5	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V6	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042

V7	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V8	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V9	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V10	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V11	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V12	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V13	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
V14	0,15	Superior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042
		Inferior	6,28	0,0042	6,28	0,0042	6,28	0,0042

**Tabela 4.36 – Armadura transversal nas vigas do piso cobertura**

Piso Cobertura	Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> /m]			Armadura transversal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
	AS <sub>Inicio</sub>	AS <sub>Meio Vão</sub>	AS <sub>Fim</sub>	Inicio		Meio vão		Fim	
				Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]
V1	3,60	2,60	3,70	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.30 (2r)	3,36	Ø8//0.30 (2r)	3,36
V2	3,40	2,60	2,60	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.30 (2r)	3,36	Ø8//0.30 (2r)	3,36
V3	3,80	2,60	3,90	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.30 (2r)	3,36	Ø8//0.30 (2r)	3,36
V4	4,00	3,60	4,40	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02
V5	4,00	3,60	4,70	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02
V6	4,60	3,80	4,40	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02
V7	4,90	3,90	4,40	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02
V8	4,80	3,70	4,90	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02
V9	4,40	3,60	4,80	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02
V10	4,80	4,70	5,40	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.20 (2r)	5,02
V11	4,00	3,10	4,30	Ø8//0.2 (2r)	5,02	Ø8//0.30 (2r)	3,36	Ø8//0.30 (2r)	3,36
V12	5,20	4,90	6,50	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.20 (2r)	5,02
V13	5,10	4,00	5,00	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.20 (2r)	5,02	Ø8//0.20 (2r)	5,02
V14	5,20	3,50	4,90	Ø8//0.15 (2r)	6,70	Ø8//0.25 (2r)	4,02	Ø8//0.25 (2r)	4,02

**Anexo 5 Comprimentos críticos e espaçamentos máximos de armadura transversal em pilares sísmicos primários**

**Tabela 5.1 – Comprimento das zonas críticas dos pilares primários**

Pilar	Piso	Dim X [m]	Dim Y [m]	hc [m]	l <sub>cl</sub> [m]	0.45 [m]	l <sub>cl</sub> /hc	l <sub>cr</sub> [m]	(l <sub>cl</sub> /hc) < 3
P13	Piso 0	0,4	0,7	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 2	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 3	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
P14	Piso 0	0,7	0,4	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,7	0,4	0,7	2,6	0,45	3,71	0,70	lcl parcial
	Piso 2	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 3	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
P15	Piso 0	0,7	0,4	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,7	0,4	0,7	2,6	0,45	3,71	0,70	lcl parcial
	Piso 2	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 3	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
P16	Piso 0	0,4	0,7	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 2	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 3	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
P17	Piso 0	0,4	0,7	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total



	Piso 8	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
--	--------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	-------------

**Tabela 5.2 – Comprimento das zonas críticas dos pilares primários**

Pilar	Piso	Dim X [m]	Dim Y [m]	h <sub>c</sub> [m]	l <sub>el</sub> [m]	0,45 [m]	l <sub>el</sub> /h <sub>c</sub>	l <sub>cr</sub> [m]	(l <sub>el</sub> /h <sub>c</sub> ) < 3
P4	Piso 0	0,3	0,4	0,4	3,35	0,45	8,38	0,56	lcl total
	Piso 1	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 2	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 3	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 4	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 5	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 6	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 7	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 8	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
P5	Piso 0	0,3	0,4	0,4	3,35	0,45	8,38	0,56	lcl total
	Piso 1	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 2	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 3	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 4	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 5	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 6	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 7	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
	Piso 8	0,3	0,4	0,4	2,6	0,45	6,50	0,45	lcl parcial
P20	Piso 0	0,4	0,7	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 2	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 3	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
P21	Piso 0	0,4	0,7	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 2	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial



	Piso 3	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
P22	Piso 0	0,4	0,7	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 2	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 3	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
P9	Piso 0	0,4	0,7	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 2	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 3	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
P7	Piso 0	0,7	0,4	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,7	0,4	0,7	2,6	0,45	3,71	0,70	lcl parcial
	Piso 2	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 3	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial

P8	Piso 0	0,7	0,4	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,7	0,4	0,7	2,6	0,45	3,71	0,70	lcl parcial
	Piso 2	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 3	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,6	0,3	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
P23	Piso 0	0,4	0,7	0,7	3,35	0,45	4,79	0,70	lcl total
	Piso 1	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 2	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 3	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 4	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 5	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 6	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 7	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial
	Piso 8	0,3	0,6	0,6	2,6	0,45	4,33	0,60	lcl parcial

**Tabela 5.3** – Espaçamento máximo da armadura transversal nas zonas correntes e críticas dos pilares primários (do piso 0 - piso 1)

Pilar	b[m]	dbl [mm]	EC2	b <sub>o</sub> [m]	EC8
			S <sub>cl,tmáx</sub> [m]		S <sub>máx</sub> [m]
P13	0,4	20	400	0,33	160
P14	0,7	20	400	0,63	160
P15	0,7	20	400	0,63	160
P16	0,4	20	400	0,33	160
P17	0,4	20	400	0,33	160
P18	0,4	20	400	0,33	160
P19	0,4	20	400	0,33	160
P2	0,30	20	300	0,23	115
P3	0,30	20	300	0,23	115
P4	0,30	20	300	0,23	115
P5	0,30	20	300	0,23	115
P20	0,4	20	400	0,33	160
P21	0,4	20	400	0,33	160
P22	0,4	20	400	0,33	160
P9	0,4	20	400	0,33	160
P7	0,7	20	400	0,63	160

P8	0,7	20	400	0,63	160
P23	0,4	20	400	0,33	160

**Tabela 5.4** – Espaçamento máximo da armadura transversal nas zonas correntes e críticas dos pilares primários (do piso 2 - piso 8)

Pilar	b[m]	dbl [mm]	EC2	b <sub>o</sub> [m]	EC8
			S <sub>cl,tmáx</sub> [m]		S <sub>máx</sub> [m]
P13	0,3	20	300	0,23	115
P14	0,6	20	400	0,53	160
P15	0,6	20	400	0,53	160
P16	0,3	20	300	0,23	115
P17	0,3	20	300	0,23	115
P18	0,3	20	300	0,23	115
P19	0,3	20	300	0,23	115
P2	0,30	20	300	0,23	115
P3	0,30	20	300	0,23	115
P4	0,30	20	300	0,23	115
P5	0,30	20	300	0,23	115
P20	0,3	20	300	0,23	115
P21	0,3	20	300	0,23	115
P22	0,3	20	300	0,23	115
P9	0,3	20	300	0,23	115
P7	0,6	20	400	0,53	160
P8	0,6	20	400	0,53	160
P23	0,3	20	300	0,23	115

## Anexo 6 Armadura longitudinal, armadura transversal em pilares sísmicos primários

**Tabela 6.1** – Armadura longitudinal do pilar P1

P13	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso	As[cm <sup>2</sup> ]		
Piso 0	40,25	14Ø20	43,96
Piso 1	27,00	14Ø20	43,96
Piso 2	30,16	14Ø20	43,96
Piso 3	28,42	14Ø20	43,96

Piso 16	26,73	14Ø20	43,96
Piso 5	24,57	12Ø20	37,7
Piso 6	22,62	12Ø20	37,7
Piso 7	21,07	12Ø20	37,7
Piso 8	25,64	12Ø20	37,7

**Tabela 6.2 – Armadura Longitudinal P14**

P14	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		As[cm <sup>2</sup> ]	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso		Ø	
Piso 0	28,00	12Ø20	37,7
Piso 1	28,00	12Ø20	37,7
Piso 2	18,00	12Ø20	37,7
Piso 3	18,00	12Ø20	37,7
Piso 4	18,00	12Ø20	37,7
Piso 5	18,00	12Ø16	24,13
Piso 6	18,00	12Ø16	24,13
Piso 7	18,00	12Ø16	24,13
Piso 8	19,12	12Ø16	24,13

**Tabela 6.3 – Armadura Longitudinal P15**

P15	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		As[cm <sup>2</sup> ]	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso		Ø	

Piso 0	28,00	12Ø20	37,7
Piso 1	28,00	12Ø20	37,7
Piso 2	18,00	12Ø20	37,7
Piso 3	18,00	12Ø20	37,7
Piso 4	18,00	12Ø20	37,7
Piso 5	18,00	12Ø16	24,13
Piso 6	18,00	12Ø16	24,13
Piso 7	18,00	12Ø16	24,13
Piso 8	18,00	12Ø16	24,13

**Tabela 6.4 – Armadura Longitudinal P16**

P16	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		As[cm <sup>2</sup> ]	As <sub>eff</sub> [cm <sup>2</sup> ]
Piso 0	55,80	12Ø25	58,9
Piso 1	31,64	12Ø25	58,9
Piso 2	37,77	12Ø25	58,9
Piso 3	34,85	12Ø25	58,9
Piso 4	32,74	12Ø25	58,9
Piso 5	31,18	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 6	29,37	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 7	28,17	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 8	29,86	4Ø25+6Ø20	38,48

**Tabela 6.5 – Armadura Longitudinal P17**

P17	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]
Piso 0	28,00	14Ø20	43,96
Piso 1	31,81	14Ø20	43,96
Piso 2	36,96	14Ø20	43,96
Piso 3	32,79	14Ø20	43,96
Piso 4	31,13	14Ø20	43,96
Piso 5	28,26	12Ø20	37,7
Piso 6	23,94	12Ø20	37,7
Piso 7	18,00	12Ø20	37,7
Piso 8	24,45	12Ø20	37,7

**Tabela 6.6 – Armadura Longitudinal P18**

P18	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]
Piso 0	46,87	12Ø25	58,9
Piso 1	46,09	12Ø25	58,9
Piso 2	49,17	12Ø25	58,9
Piso 3	44,84	12Ø25	58,9
Piso 4	40,71	12Ø25	58,9
Piso 5	34,94	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 6	30,64	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 7	24,04	4Ø25+6Ø20	38,48

Piso 8	30,16	4Ø25+6Ø20	38,48

**Tabela 6.7 – Armadura Longitudinal P19**

P19	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]		
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø
Piso 0	28,00		14Ø20	43,96
Piso 1	31,61		14Ø20	43,96
Piso 2	41,89		14Ø20	43,96
Piso 3	39,32		14Ø20	43,96
Piso 4	35,65		14Ø20	43,96
Piso 5	31,89		12Ø20	37,7
Piso 6	29,01		12Ø20	37,7
Piso 7	23,31		12Ø20	37,7
Piso 8	31,18		12Ø20	37,7

**Tabela 6.8 – Armadura Longitudinal P2**

P2	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]		
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø
Piso 0	25,32		10Ø20	31,42
Piso 1	19,91		10Ø20	31,42
Piso 2	21,34		10Ø20	31,42
Piso 3	21,58		10Ø20	31,42
Piso 4	21,24		10Ø20	31,42

Piso 5	20,47	10Ø20	31,42
Piso 6	19,29	10Ø20	31,42
Piso 7	17,61	10Ø20	31,42
Piso 8	20,33	10Ø20	31,42

**Tabela 6.9 – Armadura Longitudinal P3**

P3	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso 0	32,17	10Ø20	31,42
Piso 1	22,18	10Ø20	31,42
Piso 2	23,70	10Ø20	31,42
Piso 3	24,45	10Ø20	31,42
Piso 4	23,18	10Ø20	31,42
Piso 5	21,74	10Ø20	31,42
Piso 6	20,64	10Ø20	31,42
Piso 7	18,96	10Ø20	31,42
Piso 8	21,50	10Ø20	31,42

**Tabela 6.10 – Armadura Longitudinal P4**

P4	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso 0	29,98	10Ø20	31,42



Piso 1	19,85	10Ø20	31,42
Piso 2	20,89	10Ø20	31,42
Piso 3	21,01	10Ø20	31,42
Piso 4	20,98	10Ø20	31,42
Piso 5	19,12	10Ø20	31,42
Piso 6	17,51	10Ø20	31,42
Piso 7	15,36	10Ø20	31,42
Piso 8	18,00	10Ø20	31,42

**Tabela 6.11 – Armadura Longitudinal P5**

P5	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		As[cm <sup>2</sup> ]	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso 0	32,94	10Ø20	31,42
Piso 1	18,61	10Ø20	31,42
Piso 2	20,15	10Ø20	31,42
Piso 3	20,46	10Ø20	31,42
Piso 4	19,81	10Ø20	31,42
Piso 5	18,59	10Ø20	31,42
Piso 6	16,91	10Ø20	31,42
Piso 7	14,61	10Ø20	31,42
Piso 8	17,39	10Ø20	31,42

**Tabela 6.12 – Armadura Longitudinal P20**

P20	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		As[cm <sup>2</sup> ]	Ø
Piso 0	48,01	12Ø25	58,9
Piso 1	47,41	12Ø25	58,9
Piso 2	51,98	12Ø25	58,9
Piso 3	47,69	12Ø25	58,9
Piso 4	44,26	12Ø25	58,9
Piso 5	39,51	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 6	33,15	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 7	27,82	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 8	32,47	4Ø25+6Ø20	38,48

**Tabela 6.13 – Armadura Longitudinal P21**

P21	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		As[cm <sup>2</sup> ]	Ø
Piso 0	43,95	12Ø25	58,9
Piso 1	39,27	12Ø25	58,9
Piso 2	47,86	12Ø25	58,9
Piso 3	43,56	12Ø25	58,9
Piso 4	39,89	12Ø25	58,9
Piso 5	34,43	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 6	30,77	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 7	25,40	4Ø25+6Ø20	38,48

Piso 8	31,41	4Ø25+6Ø20	38,48
--------	-------	-----------	-------

**Tabela 6.14** – Armadura Longitudinal P22

P22	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]			
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso 0	69,32			12Ø25+4Ø20	71,47
Piso 1	42,27			12Ø25	58,9
Piso 2	46,96			12Ø25	58,9
Piso 3	42,49			12Ø25	58,9
Piso 4	38,95			12Ø25	58,9
Piso 5	34,37			4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 6	31,53			4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 7	28,37			4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 8	30,44			4Ø25+6Ø20	38,48

**Tabela 6.15** – Armadura Longitudinal P9

P9	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]			
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso 0	47,85			12Ø25	58,9
Piso 1	29,65			12Ø25	58,9
Piso 2	32,37			12Ø25	58,9
Piso 3	29,98			12Ø25	58,9
Piso 4	28,39			12Ø25	58,9
Piso 5	25,81			4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 6	22,52			4Ø25+6Ø20	38,48

Piso 7	18,00	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 8	22,00	4Ø25+6Ø20	38,48

**Tabela 6.16 – Armadura Longitudinal P7**

P7	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]			
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,ef[cm <sup>2</sup> ]
		Piso 0	45,14	12Ø25	58,9
		Piso 1	46,43	12Ø25	58,9
		Piso 2	44,63	12Ø25	58,9
		Piso 3	45,65	12Ø25	58,9
		Piso 4	41,36	12Ø25	58,9
		Piso 5	35,05	4Ø25+6Ø20	38,48
		Piso 6	30,67	4Ø25+6Ø20	38,48
		Piso 7	26,85	4Ø25+6Ø20	38,48
		Piso 8	25,20	4Ø25+6Ø20	38,48

**Tabela 6.17 – Armadura Longitudinal P8**

P8	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]			
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,ef[cm <sup>2</sup> ]
		Piso 0	44,90	12Ø25	58,9
		Piso 1	44,18	12Ø25	58,9
		Piso 2	42,45	12Ø25	58,9
		Piso 3	42,81	12Ø25	58,9
		Piso 4	38,41	12Ø25	58,9

Piso 5	32,90	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 6	30,51	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 7	26,50	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 8	25,21	4Ø25+6Ø20	38,48

**Tabela 6.18** – Armadura Longitudinal P23

P23	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		As[cm <sup>2</sup> ]	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso 0	73,92	16Ø25	78,53
Piso 1	54,17	12Ø25	58,9
Piso 2	56,09	12Ø25	58,9
Piso 3	47,28	12Ø25	58,9
Piso 4	45,50	12Ø25	58,9
Piso 5	42,41	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 6	37,88	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 7	31,45	4Ø25+6Ø20	38,48
Piso 8	37,72	4Ø25+6Ø20	38,48

**Tabela 6.19** – Confinamento do pilar P13[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	bo[m]	ho[m]
P13	0	0,40	0,70	0,330	0,630

1º Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{\text{betão}}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{\text{cintas}}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.0$ 8
-------	-----------------------------------	------------	------------	----------	---	---------------------------------------	---------------	---------------------	------------------------

P13	1,234	0,0107	0,781	0,008	0,052	0,000294	0,123	0,001	Ok
-----	-------	--------	-------	-------	-------	----------	-------	-------	----

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	μ <sub>ø</sub>	v <sub>d</sub>	ε <sub>syd</sub>	30*μ <sub>ø</sub> *v <sub>d</sub> *ε <sub>syd</sub> *(b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub> )-0.035
P13	0,40	1,212	4,5	0,005	0,00218	-0,0331

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	αω <sub>wd</sub>	30*μ <sub>ø</sub> *v <sub>d</sub> *ε <sub>syd</sub> *(b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub> )-0.035	αω <sub>wd</sub> >30*μ <sub>ø</sub> *v <sub>d</sub> *ε <sub>syd</sub> *(b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub> )-0.035
P13	0	0,0010	-0,0331	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.20** – Confinamento do pilar P1 [Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P13	0	0,30	0,60	0,230	0,520

1° Membro

Pilar	∑b <sub>i</sub> <sup>2</sup> [m <sup>2</sup> ]	α <sub>n</sub>	α <sub>s</sub>	α	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	ω <sub>wd</sub>	αω <sub>wd</sub>	ω <sub>wd</sub> >0.08
P13	0,165	0,7701	0,577	0,444	0,018	0,000107	0,130	0,058	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	μ <sub>ø</sub>	v <sub>d</sub>	ε <sub>syd</sub>	30*μ <sub>ø</sub> *v <sub>d</sub> *ε <sub>syd</sub> *(b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub> )-0.035
P13	0,30	1,304	4,5	0,017	0,00218	-0,0285

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	αω <sub>wd</sub>	30*μ <sub>ø</sub> *v <sub>d</sub> *ε <sub>syd</sub> *(b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub> )-0.035	αω <sub>wd</sub> >30*μ <sub>ø</sub> *v <sub>d</sub> *ε <sub>syd</sub> *(b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub> )-0.035
P13	0	0,0578	-0,0285	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.21** – Confinamento do pilar P14 [Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P14	0	0,70	0,40	0,630	0,330

1° Membro

Pilar	∑b <sub>i</sub> <sup>2</sup> [m <sup>2</sup> ]	α <sub>n</sub>	α <sub>s</sub>	α	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	ω <sub>wd</sub>	αω <sub>wd</sub>	ω <sub>wd</sub> >0.08
P14	0,320	0,7435	0,681	0,506	0,031	0,000291	0,203	0,103	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P14	0,70	1,1	4,5	0,399	0,00218	0,0956

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P14	0	0,1028	0,0956	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.22** – Confinamento do pilar P14 [Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P14	0	0,60	0,30	0,520	0,220

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{bet\tilde{a}o}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{cintas}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P14	0,197	0,7130	0,564	0,402	0,011	0,000224	0,427	0,172	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P14	0,60	1,154	4,5	0,465	0,00218	0,123

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P14	0	0,172	0,123	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.23** – Confinamento do pilar P15[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P15	0	0,70	0,40	0,630	0,330

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{\text{betão}}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{\text{cintas}}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P15	0,320	0,7435	0,681	0,506	0,031	0,000290	0,202	0,102	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P15	0,70	1,1	4,5	0,399	0,00218	0,0956

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P15	0	0,102	0,0956	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.24** – Confinamento do pilar P15[Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P15	0	0,60	0,30	0,520	0,220

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{\text{betão}}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{\text{cintas}}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P15	0,197	0,7130	0,564	0,402	0,017	0,000226	0,286	0,115	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P15	0,60	1,154	4,5	0,345	0,00218	0,0820

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P15	0	0,115	0,0820	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.25** – Confinamento do pilar P16[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P16	0	0,40	0,70	0,330	0,630

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{\text{betão}}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{\text{cintas}}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P16	0,320	0,7435	0,681	0,506	0,031	0,000291	0,203	0,103	Ok



2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P16	0,40	1,2	4,5	0,011	0,00218	-0,0311

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P16	0	0,1028	-0,0311	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.26** – Confinamento do pilar P16[Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P16	0	0,30	0,60	0,220	0,520

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{betão}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{cintas}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P16	0,160	0,7669	0,564	0,433	0,017	0,000214	0,272	0,117	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P16	0,30	1,364	4,5	0,074	0,00218	-0,0053

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P16	0	0,1175	-0,0053	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.27** – Confinamento do pilar P17[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P17	0	0,70	0,40	0,630	0,330

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{betão}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{cintas}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P17	0,300	0,7595	0,681	0,517	0,031	0,000314	0,219	0,113	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
-------	-----------	-----------	-----------	-------	------------------	---

P17	0,70	1,1	4,5	0,285	0,00218	0,0583
-----	------	-----	-----	-------	---------	--------

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P17	0	0,1134	0,0583	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.28** – Confinamento do pilar P17[Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P17	0	0,60	0,30	0,520	0,220

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P17	0,200	0,7086	0,564	0,400	0,017	0,000225	0,285	0,114	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P17	0,60	1,154	4,5	0,148	0,00218	0,0154

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P17	0	0,114	0,0154	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.29** – Confinamento do pilar P18[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P18	0	0,40	0,70	0,330	0,630

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P18	0,300	0,7595	0,681	0,517	0,031	0,000314	0,219	0,113	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P18	0,40	1,2	4,5	0,220	0,00218	0,0436

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P18	0	0,1134	0,0436	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.30** – Confinamento do pilar P18[Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P18	0	0,30	0,60	0,220	0,520

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P18	0,20	0,7130	0,661	0,471	0,017	0,000225	0,285	0,134	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-$ 0.035
P18	0,30	1,364	4,5	0,180	0,00218	0,0373

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P18	0	0,1345	0,0373	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.31** – Confinamento do pilar P19[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P19	0	0,40	0,70	0,330	0,630

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P19	0,300	0,7595	0,681	0,517	0,031	0,000314	0,219	0,113	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P19	0,40	1,2	4,5	0,321	0,00218	0,0797

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P19	0	0,1134	0,0797	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.32 – Confinamento do pilar P19[Piso 5-Piso 8].**

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	bo[m]	ho[m]
P19	0	0,60	0,30	0,520	0,220

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P19	0,200	0,7086	0,564	0,400	0,017	0,000225	0,285	0,114	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P19	0,60	1,154	4,5	0,190	0,00218	0,0295

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P19	0	0,1140	0,0295	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.33 – Confinamento do pilar P2[Piso 0-Piso 4].**

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	bo[m]	ho[m]
P2	0	0,30	0,40	0,230	0,330

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P2	0,090	0,8024	0,664	0,533	0,011	0,000164	0,314	0,167	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P2	0,30	1,3	4,5	0,443	0,00218	0,1349

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P2	0	0,17	0,13	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.34 – Confinamento do pilar P2[Piso 5-Piso 8].**

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	bo[m]	ho[m]
P2	0	0,30	0,40	0,220	0,320

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{\text{betão}}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{\text{cintas}}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P2	0,197	0,5336	0,505	0,269	0,011	0,000262	0,540	0,145	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P2	0,30	1,364	4,5	0,149	0,00218	0,0249

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P2	0	0,1455	0,0249	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.35** – Confinamento do pilar P3[Piso 0-Piso 8].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P3	0	0,30	0,40	0,230	0,330

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{\text{betão}}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{\text{cintas}}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P3	0,090	0,8024	0,664	0,533	0,011	0,000164	0,314	0,167	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P3	0,30	1,3	4,5	0,525	0,00218	0,1665

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P3	0	0,167	0,166	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.36** – Confinamento do pilar P4[Piso 0-Piso 8].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P4	0	0,30	0,40	0,230	0,330

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{\text{betão}}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{\text{cintas}}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
-------	-----------------------------------	------------	------------	----------	--------------------------------------	--	---------------	---------------------	--------------------

P4	0,090	0,8024	0,742	0,595	0,011	0,000164	0,314	0,187	Ok
----	-------	--------	-------	-------	-------	----------	-------	-------	----

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P4	0,30	1,3	4,5	0,538	0,00218	0,1714

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P4	0	0,187	0,1714	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.37** – Confinamento do pilar P5[Piso 0-Piso 8].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P5	0	0,30	0,40	0,230	0,330

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{betão}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{cintas}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P5	0,090	0,8024	0,742	0,595	0,011	0,000164	0,314	0,187	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P5	0,30	1,3	4,5	0,525	0,00218	0,1665

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P5	0	0,1869	0,1665	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.38** – Confinamento do pilar P20[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P20	0	0,40	0,70	0,330	0,630

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{betão}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{cintas}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P20	0,220	0,8236	0,681	0,561	0,031	0,000268	0,187	0,105	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	μ <sub>ø</sub>	v <sub>d</sub>	ε <sub>syd</sub>	$30*\mu_{\phi}*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P20	0,40	1,2	4,5	0,226	0,00218	0,0456

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	αω <sub>wd</sub>	$30*\mu_{\phi}*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	αω <sub>wd</sub> >30*μ <sub>ø</sub> *v <sub>d</sub> *ε <sub>syd</sub> *(b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub> )-0.035
P20	0	0,1048	0,0456	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.39** – Confinamento do pilar P20[Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P20	0	0,30	0,60	0,220	0,520

1º Membro

Pilar	∑b <sub>i</sub> <sup>2</sup> [m <sup>2</sup> ]	α <sub>n</sub>	α <sub>s</sub>	α	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	ω <sub>wd</sub>	αω <sub>wd</sub>	ω <sub>wd</sub> >0.08
P20	0,160	0,7669	0,564	0,433	0,017	0,000214	0,272	0,117	Ok

2º Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	μ <sub>ø</sub>	v <sub>d</sub>	ε <sub>syd</sub>	$30*\mu_{\phi}*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-$ $0.035$
P20	0,30	1,364	4,5	0,159	0,00218	0,0286

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	αω <sub>wd</sub>	$30*\mu_{\phi}*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	αω <sub>wd</sub> >30*μ <sub>ø</sub> *v <sub>d</sub> *ε <sub>syd</sub> *(b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub> )-0.035
P20	0	0,117	0,0286	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.40** – Confinamento do pilar P21[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P21	0	0,40	0,70	0,330	0,630

1º Membro

Pilar	∑b <sub>i</sub> <sup>2</sup> [m <sup>2</sup> ]	α <sub>n</sub>	α <sub>s</sub>	α	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	ω <sub>wd</sub>	αω <sub>wd</sub>	ω <sub>wd</sub> >0.08
P21	0,220	0,8236	0,681	0,561	0,031	0,000268	0,187	0,105	Ok

2º Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	μ <sub>ø</sub>	v <sub>d</sub>	ε <sub>syd</sub>	$30*\mu_{\phi}*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P21	0,40	1,2	4,5	0,162	0,00218	0,0230

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	αω <sub>wd</sub>	$30*\mu_{\phi}*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	αω <sub>wd</sub> >30*μ <sub>ø</sub> *v <sub>d</sub> *ε <sub>syd</sub> *(b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub> )-0.035
P21	0	0,105	0,0230	Satisfaz as exigências de confinamento

P21	0	0,1048	0,0230	Satisfaz as exigências de confinamento
-----	---	--------	--------	--

**Tabela 6.41** – Confinamento do pilar P21[Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	bo[m]	ho[m]
P21	0	0,30	0,60	0,220	0,520

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P21	0,160	0,7669	0,564	0,433	0,017	0,000214	0,272	0,117	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P21	0,30	1,364	4,5	0,131	0,00218	0,0174

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P21	0	0,1175	0,0174	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.42** – Confinamento do pilar P22[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	bo[m]	ho[m]
P22	0	0,40	0,70	0,330	0,630

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P22	0,170	0,8637	0,681	0,588	0,031	0,000291	0,203	0,119	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P22	0,40	1,2	4,5	0,004	0,00218	-0,0336

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P22	0	0,1192	-0,0336	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.43** – Confinamento do pilar P22[Piso 5-Piso 8].

N <sub>ed</sub>	A <sub>c</sub>	v <sub>d</sub>
348,03	0,18	0,0967



Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P22	0	0,30	0,60	0,220	0,520

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P22	0,197	0,7130	0,564	0,402	0,017	0,000225	0,285	0,115	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P22	0,30	1,364	4,5	0,097	0,00218	0,0038

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P22	0	0,1147	0,0038	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.44** – Confinamento do pilar P9[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P9	0	0,40	0,70	0,330	0,630

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P9	0,220	0,8236	0,681	0,561	0,031	0,000268	0,187	0,105	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P9	0,40	1,2	4,5	0,135	0,00218	0,0131

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P9	0	0,1048	0,0131	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.45** – Confinamento do pilar P9[Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P9	0	0,30	0,60	0,220	0,520

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P9	0,160	0,7669	0,564	0,433	0,017	0,000214	0,272	0,117	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P9	0,30	1,364	4,5	0,196	0,00218	0,0438

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P9	0	0,1175	0,0438	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.46** – Confinamento do pilar P7 [Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P7	0	0,70	0,40	0,630	0,330

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P7	0,220	0,8236	0,681	0,561	0,031	0,000268	0,187	0,105	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P7	0,70	1,1	4,5	0,323	0,00218	0,0708

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P7	0	0,1048	0,0708	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.47** – Confinamento do pilar P7 [Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P7	0	0,60	0,30	0,520	0,220

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P7	0,160	0,7669	0,564	0,433	0,017	0,000214	0,272	0,117	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P7	0,60	1,154	4,5	0,258	0,00218	0,0527

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P7	0	0,1175	0,0527	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.48** – Confinamento do pilar P8[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P8	0	0,70	0,40	0,630	0,330

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{betão}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{cintas}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P8	0,220	0,8236	0,681	0,561	0,031	0,000268	0,187	0,105	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P8	0,70	1,1	4,5	0,314	0,00218	0,0676

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P8	0	0,1048	0,0676	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.49** – Confinamento do pilar P8[Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	$b$ [m]	$h$ [m]	$b_0$ [m]	$h_0$ [m]
P8	0	0,60	0,30	0,520	0,220

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	$V_{betão}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{cintas}$ [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P8	0,160	0,7669	0,564	0,433	0,017	0,000214	0,272	0,117	Ok

2° Membro

Pilar	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P8	0,60	1,154	4,5	0,257	0,00218	0,0524

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P8	0	0,1175	0,0524	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.50** – Confinamento do pilar P23[Piso 0-Piso 4].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P23	0	0,70	0,40	0,630	0,330

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P23	0,170	0,8637	0,681	0,588	0,031	0,000291	0,203	0,119	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P23	0,70	1,1	4,5	0,124	0,00218	0,0055

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P23	0	0,1192	0,0055	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.51** – Confinamento do pilar P23[Piso 5-Piso 8].

Pilar	Piso	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
P23	0	0,30	0,60	0,220	0,520

1° Membro

Pilar	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
P23	0,160	0,7669	0,564	0,433	0,017	0,000225	0,285	0,123	Ok

2° Membro

Pilar	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	v <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P23	0,30	1,364	4,5	0,136	0,00218	0,0196

Verificação da expressão

Pilar	Pisos	$\alpha\omega_{wd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$	$\alpha\omega_{wd}>30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-0.035$
P23	0	0,1234	0,0196	Satisfaz as exigências de confinamento

**Tabela 6.52 – Armadura transversal dos pilares do piso 0**

Piso 0	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	L <sub>cl</sub>	Zona Critica		L <sub>cr</sub>	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P13	2	0,4	9,4	2	4,7	3,35	8	10	0,70	8	10
	3	0,7	12,9	3	4,3	3,35					
P14	2	0,7	20,5	4	5,1	3,35	8	7,5	0,70	8	7,5
	3	0,4	11,7	3	3,9	3,35					
P15	2	0,7	11,6	3	3,9	3,35	8	10	0,70	8	10
	3	0,4	20,8	4	5,2	3,35					
P16	2	0,4	12,6	4	3,2	3,35	8	12,5	0,70	8	12,5
	3	0,7	15,2	4	3,8	3,35					
P17	2	0,4	0	3	0,0	3,35	8	10	0,70	8	10
	3	0,7	13,2	3	4,4	3,35					
P18	2	0,4	24,7	5	4,9	3,35	8	7,5	0,70	8	7,5
	3	0,7	16,5	4	4,1	3,35					
P19	2	0,4	12,9	3	4,3	3,35	8	10	0,70	8	10
	3	0,7	0	3	0,0	3,35					
P2	2	0,3	9,2	2	4,6	3,35	8	10	0,56	8	10
	3	0,4	0	2	0,0	3,35					
P3	2	0,3	9,1	2	4,6	3,35	8	10	0,56	8	10
	3	0,4	0	2	0,0	3,35					

**Tabela 6.53 – Armadura transversal dos pilares do piso 0 [P10-P8]**

Piso 0	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	L <sub>cl</sub>	Zona Critica		L <sub>cr</sub>	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P4	2	0,3	0	2	0,0	3,35	8	12,5	0,56	8	12,5
	3	0,4	9	3	3,0	3,35					
P5	2	0,3	9,6	4	2,4	3,35	8	12,5	0,56	8	12,5
	3	0,4	0	3	0,0	3,35					
P20	2	0,4	16,5	5	3,3	3,35	8	10	0,70	8	10
	3	0,7	24,7	5	4,9	3,35					
P21	2	0,4	18,3	4	4,6	3,35	8	10	0,70	8	10
	3	0,7	0	4	0,0	3,35					
P22	2	0,4	16,4	3	5,5	3,35	8	7,5	0,70	8	7,5
	3	0,7	20,8	4	5,2	3,35					
P9	2	0,4	0	4	0,0	3,35	8	12,5	0,70	8	12,5
	3	0,7	13,8	4	3,5	3,35					
P7	2	0,7	14,5	3	4,8	3,35	8	10	0,70	8	10
	3	0,4	0	3	0,0	3,35					
P8	2	0,7	23	4	5,8	3,35	8	7,5	0,70	8	7,5
	3	0,4	16,3	3	5,4	3,35					
P23	2	0,4	16,9	3	5,6	3,35	8	7,5	0,70	8	7,5

	3	0,7	20,9	4	5,2	3,35				
--	---	-----	------	---	-----	------	--	--	--	--

**Tabela 6.54** – Armadura transversal dos pilares do piso 1

Piso 1	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>s,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	L <sub>cl</sub>	Zona Crítica		L <sub>cr</sub>	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P13	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	12.5	0,60	8	12.5
	3	0,6	6,7	2	3,35	2,6					
P14	2	0,7	0	4	0,00	2,6	8	7.5	0,45	8	7.5
	3	0,4	26,2	4	6,55	2,6					
P15	2	0,7	0	4	0,00	2,6	8	7.5	0,45	8	7.5
	3	0,4	26,1	4	6,53	2,6					
P16	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	8,8	2	4,40	2,6					
P17	2	0,3	21,1	4	5,28	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,6	12,1	4	3,03	2,6					
P18	2	0,3	25,5	4	6,38	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,6	15,6	4	3,90	2,6					
P19	2	0,3	11,3	4	2,83	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,6	21,2	4	5,30	2,6					
P2	2	0,3	12,8	3	4,27	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	0	3	0,00	2,6					
P3	2	0,3	13,5	3	4,50	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	13,9	3	4,63	2,6					

**Tabela 6.55** – Armadura transversal dos pilares do piso 1

Piso 1	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>s,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	L <sub>cl</sub>	Zona Crítica		L <sub>cr</sub>	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P4	2	0,3	12,8	3	4,27	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	12,9	3	4,30	2,6					
P5	2	0,3	12,5	3	4,17	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	0	3	0,00	2,6					
P20	2	0,3	15,6	3	5,20	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,6	25,5	4	6,38	2,6					
P21	2	0,3	11,9	3	3,97	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,6	24,1	4	6,03	2,6					
P22	2	0,3	7,9	2	3,95	2,6	8	12.5	0,60	8	12.5
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P9	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	12.5	0,60	8	12.5
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P7	2	0,7	11,6	3	3,87	2,6	8	15	0,70	8	15
	3	0,4	0	3	0,00	2,6					

P8	2	0,7	31	5	6,20	2,6	8	7,5	0,70	8	7,5
	3	0,4	17	4	4,25	2,6					
P23	2	0,3	0	3	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	3	0,00	2,6					

**Tabela 6.56** – Armadura transversal dos pilares do piso 2

Piso 2	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Critica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P13	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	6,7	2	3,35	2,6					
P14	2	0,6	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P15	2	0,6	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P16	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	8	2	4,00	2,6					
P17	2	0,3	22,6	4	5,65	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,6	11,2	3	3,73	2,6					
P18	2	0,3	26,6	4	6,65	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,6	13,7	3	4,57	2,6					
P19	2	0,3	11,1	3	3,70	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,6	24,3	4	6,08	2,6					
P2	2	0,3	13	3	4,33	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	12,9	3	4,30	2,6					
P3	2	0,3	14	3	4,67	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	13,9	3	4,63	2,6					

**Tabela 6.57** – Armadura transversal dos pilares do piso 2

Piso 2	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Critica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P4	2	0,3	13,1	3	4,37	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	13,2	3	4,40	2,6					
P5	2	0,3	13,1	3	4,37	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	13	3	4,33	2,6					
P20	2	0,3	13,7	3	4,57	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	26,6	4	6,65	2,6					
P21	2	0,3	12,1	3	4,03	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	26,2	4	6,55	2,6					
P26	2	0,3	7,3	2	3,65	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	12,9	3	4,30	2,6					
P25	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	10	0,60	8	10

	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P22	2	0,6	9,3	3	3,10	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,3	0	3	0,00	2,6					
P23	2	0,6	23,4	4	5,85	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,3	12,2	4	3,05	2,6					
P24	2	0,3	8,4	2	4,20	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					

**Tabela 6.58** – Armadura transversal dos pilares do piso 3

Piso 3	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Critica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P13	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	6,2	2	3,10	2,6					
P14	2	0,6	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P15	2	0,6	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P16	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	12.5	0,60	8	12.5
	3	0,6	7,3	2	3,65	2,6					
P17	2	0,3	20,9	4	5,23	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,6	10,4	2	5,20	2,6					
P18	2	0,3	24,8	4	6,20	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,6	12,7	3	4,23	2,6					
P19	2	0,3	10,7	2	5,35	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,6	23	4	5,75	2,6					
P2	2	0,3	12,7	3	4,23	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	12,6	3	4,20	2,6					
P3	2	0,3	13,9	3	4,63	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	13,7	3	4,57	2,6					

**Tabela 6.59** – Armadura transversal dos pilares do piso 3

Piso 3	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Critica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P4	2	0,3	12,8	3	4,27	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	12,9	3	4,30	2,6					
P5	2	0,3	12,8	3	4,27	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	12,8	3	4,27	2,6					
P20	2	0,3	12,7	3	4,23	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	24,8	4	6,20	2,6					
P21	2	0,3	11,3	3	3,77	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,6	24,2	4	6,05	2,6					



P22	2	0,3	8,5	2	4,25	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P9	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P7	2	0,6	9,9	2	4,95	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P8	2	0,6	24,7	4	6,18	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,3	12,9	3	4,30	2,6					
P23	2	0,3	8	2	4,00	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					

**Tabela 6.60** – Armadura transversal dos pilares do piso 4

Piso 4	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Crítica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P13	2	0,3	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	5,7	2	2,85	2,6					
P14	2	0,6	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0	2,6					
P15	2	0,6	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0	2,6					
P16	2	0,3	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	6,6	2	3,3	2,6					
P17	2	0,3	19,6	4	4,9	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	9,6	2	4,8	2,6					
P18	2	0,3	22,8	4	5,7	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,6	11,5	2	5,75	2,6					
P19	2	0,3	10,1	2	5,05	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,6	21,3	4	5,325	2,6					
P2	2	0,3	12,3	3	4,1	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	11,4	3	3,8	2,6					
P3	2	0,3	12,9	4	3,225	2,6	8	12.5	0,45	8	12.5
	3	0,4	12,9	4	3,225	2,6					

**Tabela 6.61** – Armadura transversal dos pilares do piso 4

Piso 4	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Crítica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P4	2	0,3	0	3	0,00	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	12,3	3	4,10	2,6					
P5	2	0,3	12,3	3	4,10	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	0	3	0,00	2,6					
P20	2	0,3	11,5	3	3,83	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5

	3	0,6	22,8	4	5,70	2,6					
P21	2	0,3	10,5	2	5,25	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,6	22,4	4	5,60	2,6					
P22	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P9	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P7	2	0,6	9,2	2	4,60	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P8	2	0,6	22,7	5	4,54	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,3	12,2	4	3,05	2,6					
P23	2	0,3	7,6	2	3,80	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					

**Tabela 6.62** – Armadura transversal dos pilares do piso 5

Piso 5	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Critica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P13	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	5,1	2	2,55	2,6					
P14	2	0,6	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P15	2	0,6	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P16	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	5,8	2	2,90	2,6					
P17	2	0,3	16,4	4	4,10	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	6,7	2	3,35	2,6					
P18	2	0,3	19,8	4	4,95	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,6	10,1	2	5,05	2,6					
P19	2	0,3	9,3	2	4,65	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	19,3	4	4,83	2,6					
P2	2	0,3	11,8	3	3,93	2,6	8	12,5	0,45	8	12,5
	3	0,4	11,3	3	3,77	2,6					
P3	2	0,3	12,4	3	4,13	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	11,9	3	3,97	2,6					

**Tabela 6.63** – Armadura transversal dos pilares do piso 5

Piso 5	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Critica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P4	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	12,5	0,45	8	12,5
	3	0,4	11,6	3	3,87	2,6					

P5	2	0,3	11,5	3	3,83	2,6	8	12.5	0,45	8	12.5
	3	0,4	0	2	0,00	2,6					
P20	2	0,3	10,1	2	5,05	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,6	19,8	4	4,95	2,6					
P21	2	0,3	9,5	2	4,75	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,6	20,2	4	5,05	2,6					
P22	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P9	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P7	2	0,6	9,2	2	4,60	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P8	2	0,6	20,4	4	5,10	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,3	11,3	2	5,65	2,6					
P23	2	0,3	6,9	2	3,45	2,6	8	7.5	0,60	8	7.5
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					

**Tabela 6.64** – Armadura transversal dos pilares do piso 6

Piso 6	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>s,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	nº ramos	A <sub>sw/s</sub>	L <sub>cl</sub>	Zona Critica		L <sub>cr</sub>	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P13	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P14	2	0,6	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P15	2	0,6	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P16	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P17	2	0,3	14,3	3	4,77	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	7,6	2	3,80	2,6					
P18	2	0,3	17,4	4	4,35	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	8,6	2	4,30	2,6					
P19	2	0,3	8,9	2	4,45	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	17,5	4	4,38	2,6					
P2	2	0,3	10,8	2	5,40	2,6	8	7.5	0,45	8	7.5
	3	0,4	10,7	2	5,35	2,6					
P3	2	0,3	11,5	2	5,75	2,6	8	7.5	0,45	8	7.5
	3	0,4	11,2	2	5,60	2,6					

**Tabela 6.65** – Armadura transversal dos pilares do piso 6

	Direção			A <sub>sw/s</sub>	L <sub>cl</sub>	Zona Critica	L <sub>cr</sub>	Zona Corrente
--	---------	--	--	-------------------	-----------------	--------------	-----------------	---------------

Piso 6		b <sub>w</sub> [m]	A <sub>s,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos			Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P4	2	0,3	10,1	2	5,05	2,6	8	7,5	0,45	8	7,5
	3	0,4	10,6	2	5,3	2,6					
P5	2	0,3	10,5	2	5,25	2,6	8	7,5	0,45	8	7,5
	3	0,4	0	2	0	2,6					
P20	2	0,3	8,6	2	4,3	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	17,4	4	4,35	2,6					
P21	2	0,3	8,4	2	4,2	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	18,1	4	4,525	2,6					
P26	2	0,3	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0	2,6					
P25	2	0,3	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0	2,6					
P22	2	0,6	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	6,4	2	3,2	2,6					
P23	2	0,6	17,4	4	4,35	2,6	8	7,5	0,60	8	7,5
	3	0,3	10,2	2	5,1	2,6					
P24	2	0,3	6,2	2	3,1	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0	2,6					

**Tabela 6.66** – Armadura transversal dos pilares do piso 7

Piso 7	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>s,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Crítica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P13	2	0,3	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0	2,6					
P14	2	0,6	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	5,8	2	2,9	2,6					
P15	2	0,6	6,1	2	3,05	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0	2,6					
P16	2	0,3	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0	2,6					
P17	2	0,3	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	6,3	2	3,15	2,6					
P18	2	0,3	12,9	3	4,3	2,6	8	12,5	0,60	8	12,5
	3	0,6	6,8	2	3,4	2,6					
P19	2	0,3	6,9	2	3,45	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	14,5	4	3,625	2,6					
P2	2	0,3	9,5	2	4,75	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	9,5	2	4,75	2,6					
P3	2	0,3	10,2	2	5,1	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	10,1	2	5,05	2,6					

**Tabela 6.67 – Armadura transversal dos pilares do piso 7**

Piso 7	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Crítica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P4	2	0,3	8,6	2	4,3	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	9,2	2	4,6	2,6					
P5	2	0,3	8,8	2	4,4	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	0	2	0	2,6					
P20	2	0,3	6,8	2	3,4	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	12,9	3	4,3	2,6					
P21	2	0,3	7	2	3,5	2,6	8	12.5	0,60	8	12.5
	3	0,6	15,3	4	3,825	2,6					
P22	2	0,3	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0	2,6					
P9	2	0,3	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0	2,6					
P7	2	0,6	0	2	0	2,6	8	12.5	0,60	8	12.5
	3	0,3	7,6	2	3,8	2,6					
P8	2	0,6	0	2	0	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,3	8,7	2	4,35	2,6					
P23	2	0,3	0	2	0	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0	2,6					

**Tabela 6.68 – Armadura transversal dos pilares do piso 8**

Piso 8	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>S,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	Lcl	Zona Crítica		Lcr	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P13	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P14	2	0,6	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	5,2	2	2,60	2,6					
P15	2	0,6	5,7	2	2,85	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P16	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P17	2	0,3	11,5	3	3,83	2,6	8	12.5	0,60	8	12.5
	3	0,6	5,2	2	2,60	2,6					
P18	2	0,3	11,3	3	3,77	2,6	8	12.5	0,60	8	12.5
	3	0,6	5,3	2	2,65	2,6					
P19	2	0,3	6,3	2	3,15	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	14	3	4,67	2,6					
P2	2	0,3	9,4	2	4,70	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	9,2	2	4,60	2,6					

P3	2	0,3	10,1	2	5,05	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	9,9	2	4,95	2,6					

**Tabela 6.69** – Armadura transversal dos pilares do piso 8

Piso 8	Direção	b <sub>w</sub> [m]	A <sub>s,SAP</sub> [cm <sup>2</sup> / cm]	n° ramos	A <sub>sw/s</sub>	L <sub>cl</sub>	Zona Crítica		L <sub>cr</sub>	Zona Corrente	
							Ø	Afastamento		Ø	Afastamento
P4	2	0,3	8,9	2	4,45	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	9,1	2	4,55	2,6					
P5	2	0,3	8,4	2	4,20	2,6	8	10	0,45	8	10
	3	0,4	8,3	2	4,15	2,6					
P20	2	0,3	5,3	2	2,65	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	13,1	3	4,37	2,6					
P21	2	0,3	8,2	2	4,10	2,6	8	10	0,60	8	10
	3	0,6	14,3	3	4,77	2,6					
P22	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					
P9	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	4,7	2	2,35	2,6					
P7	2	0,6	5,2	2	2,60	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,3	0	2	0,00	2,6					
P8	2	0,6	0	2	0,00	2,6	8	12.5	0,60	8	12.5
	3	0,3	7,3	2	3,65	2,6					
P23	2	0,3	0	2	0,00	2,6	8	15	0,60	8	15
	3	0,6	0	2	0,00	2,6					

**Anexo 7 Espaçamento máximo da armadura transversal nos pilares das caves, armadura transversal e longitudinal nos pilares das caves**

**Tabela 7.1** – Espaçamento máximo da armadura transversal nos pilares das caves

Pilar	b[m]	dbl [mm]	EC2
			S <sub>cl,tmáx</sub> [m]
P1	0,40	20	400
P2	0,30	20	300
P3	0,30	20	300
P4	0,30	20	300
P5	0,30	20	300
P6	0,40	20	400
P7	0,70	20	400
P8	0,70	20	400
P9	0,40	20	400
P10	0,30	20	300

P11	0,30	20	300
P12	0,30	20	300

**Tabela 7.2 – Armadura longitudinal P1 cave**

P1	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	24,00	12Ø16	24,13
Piso -2	24,00	12Ø16	24,13
Piso -3	24,00	12Ø16	24,13

**Tabela 7.3 – Armadura longitudinal P2 cave**

P2	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	12,00	10Ø16	20,11
Piso -2	12,00	10Ø16	20,11
Piso -3	12,00	10Ø16	20,11

**Tabela 7.4 – Armadura longitudinal P3 cave**

P3	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	12,00	10Ø16	20,11
Piso -2	12,00	10Ø16	20,11
Piso -3	12,00	10Ø16	20,11

**Tabela 7.5 – Armadura longitudinal P4 cave**

P4	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
----	------------------------	---	--

Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	12,00	10Ø16	20,11
Piso -2	12,00	10Ø16	20,11
Piso -3	12,00	10Ø16	20,11

**Tabela 7.6** – Armadura longitudinal P5 cave

P5	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	12,00	10Ø16	20,11
Piso -2	12,00	10Ø16	20,11
Piso -3	12,00	10Ø16	20,11

**Tabela 7.7** – Armadura longitudinal P6 cave

P6	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	24,00	12Ø16	24,13
Piso -2	24,00	12Ø16	24,13
Piso -3	24,00	12Ø16	24,13

**Tabela 7.8** – Armadura longitudinal P7 cave

P7	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
Piso	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	28,00	14Ø16	28,15
Piso -2	28,00	14Ø16	28,15



Piso -3	28,00	14Ø16	28,15
---------	-------	-------	-------

**Tabela 7.9** – Armadura longitudinal P8 cave

P8	Armadura (Sap 2000) As[cm <sup>2</sup> ]	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	28,00	14Ø16	28,15
Piso -2	28,00	14Ø16	28,15
Piso -3	28,00	14Ø16	28,15

**Tabela 7.10** – Armadura longitudinal P9 cave

P9	Armadura (Sap 2000) As[cm <sup>2</sup> ]	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	24,00	12Ø16	24,13
Piso -2	24,00	12Ø16	24,13
Piso -3	24,00	12Ø16	24,13

**Tabela 7.11** – Armadura longitudinal P10 cave

P10	Armadura (Sap 2000) As[cm <sup>2</sup> ]	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Ø	As,eff[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	18,00	12Ø16	24,13
Piso -2	18,00	12Ø16	24,13
Piso -3	18,00	12Ø16	24,13

**Tabela 7.12 – Armadura longitudinal P11 cave**

P11	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	18,00	12Ø16	24,13
Piso -2	18,00	12Ø16	24,13
Piso -3	18,00	12Ø16	24,13

**Tabela 7.13 – Armadura longitudinal P12 cave**

P12	Armadura (Sap 2000)	Armadura longitudinal[cm <sup>2</sup> ]	
		Piso	As[cm <sup>2</sup> ]
Piso -1	18,00	12Ø16	24,13
Piso -2	18,00	12Ø16	24,13
Piso -3	18,00	12Ø16	24,13

**Anexo 8 Características e disposições construtivas das paredes estruturais****Tabela 8.1 – Características das paredes estruturais**

Paredes	b <sub>w</sub> [m]	l <sub>w</sub> [m]	0.15*l <sub>w</sub>	1.50*b <sub>w</sub>	l <sub>c,min</sub>	l <sub>c,max</sub>	l <sub>c,adoptado</sub> [m]	l <sub>alma</sub> [m]	Z[m]
Pb1	0,20	3,65	0,55	0,30	0,55	0,73	0,60	2,45	3,26
Pb2	0,20	1,90	0,29	0,30	0,30	0,40	0,40	1,10	1,68

**Tabela 8.2 – Valores dos comprimentos críticos das paredes dúcteis da parede Pb1**

Paredes	hw	lw	hw/6	hs	2lw	hcr
Pb1	26,49	3,65	4,42	3,35	7,3	4,42

**Tabela 8.3 – Valores dos comprimentos críticos das paredes dúcteis da parede Pb2**

Paredes	hw	lw	hw/6	hs	2lw	hcr
Pb2	26,49	1,90	4,42	3,35	3,8	4,42

**Tabela 8.4** – Valores dos comprimentos críticos das paredes dúcteis da parede Pb3

Paredes	hw	lw	hw/6	hs	2lw	hcr
Pb3	26,49	1,90	4,42	3,35	3,80	4,42

**Tabela 8.5** – Armaduras regulamentares nas paredes estruturais e armadura adotada nas almas das paredes Pb1

Paredes	$A_{s,v,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,v,max}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Pormenorização cada face	$A_{s,v,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]
Pb1	14,60	292,00	Ø10//0.10	15,7

**Tabela 8.6** – Armaduras regulamentares nas paredes estruturais e armadura adotada nas almas das paredes Pb2

Paredes	$A_{s,v,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,v,max}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Pormenorização cada face	$A_{s,v,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]
Pb2	7,60	152,00	Ø10//0.10	15,7

**Tabela 8.7** – Armaduras regulamentares nas paredes estruturais e armadura adotada nas almas das paredes Pb3

Paredes	$A_{s,v,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,v,max}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Pormenorização cada face	$A_{s,v,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]
Pb3	7,60	152,00	Ø10//0.10	15,7

**Anexo 9 Armadura longitudinal nos pilares fictícios das paredes****Tabela 9.1** – Esforços, armadura longitudinal, da parede Pb1

Armadura de flexão-PF2								
Parede	Piso	PB2		PB1		Fs [kN]	As [cm <sup>2</sup> ]	Ø
		Medx	Ned	Medy	Ned			
PB1	8	310,188	-134,038	-1557,370	-340,940	424,832	----	12Ø16
	7	417,968	-240,753	-1967,024	-553,690	454,878	10,46	12Ø16
	6	444,834	-367,830	-2049,500	-700,512	359,206	----	12Ø16
	5	430,579	-485,130	-2143,350	-884,770	228,763	----	12Ø16
	4	379,329	-592,218	-2020,800	-1051,290	23,892	----	12Ø16
	3	295,308	-690,479	-1715,450	-1197,940	-242,210	----	12Ø16
	2	338,208	-800,961	-2493,620	-1379,700	-123,992	----	12Ø16
	1	271,351	-892,128	-3510,130	-1479,340	52,885	----	16Ø20
	0	1781,220	-990,240	-7220,380	-1588,690	1985,095	45,63	16Ø20

**Tabela 9.2 – Esforços, armadura longitudinal, da parede Pb2**

Armadura de flexão-PB2:PF1							
Parede	Piso	PB2		Fs [kN]	As [cm <sup>2</sup> ]	Ø	ASer [cm <sup>2</sup> ]
		Medx	Ned				
PB2	8	310,188	-134,038	117,29	2,70	6Ø16	12,06
	7	417,968	-240,753	127,97	2,94	6Ø16	12,06
	6	444,834	-367,830	80,39	1,85	6Ø16	12,06
	5	430,579	-485,130	13,28	0,31	6Ø16	12,06
	4	379,329	-592,218	-70,72	-1,63	6Ø16	12,06
	3	295,308	-690,479	-169,77	-3,90	6Ø16	12,06
	2	338,208	-800,961	-199,53	-4,59	6Ø16	12,06
	1	271,351	-892,128	-284,83	-6,55	6Ø20	18,85
	0	1781,220	-990,240	563,24	12,95	6Ø20	18,85

**Tabela 9.3 – Armadura transversal da parede Pb1**

Parede	Piso	V <sub>ed,Modelo</sub> [kN]	V <sub>ed,Calculo</sub> [kN]	Z [m]	A <sub>s,h</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Ø	A <sub>s,hef</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	V <sub>Rds,x</sub> [kN]
Pb1	Piso 8	505,37	758,06	3,25	5,36	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 7	200,21	300,31	3,25	2,12	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 6	218,20	327,29	3,25	2,31	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 5	270,81	406,21	3,25	2,87	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 4	339,67	509,50	3,25	3,60	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 3	463,22	694,83	3,25	4,91	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 2	720,95	1081,42	3,25	7,64	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 1	523,60	785,40	3,25	5,55	Ø8//0.10	10,06	1138,49
	Piso 0	1080,07	1620,11	3,25	11,45	Ø10//0.10	15,70	1776,76

**Tabela 9.4 – Armadura transversal da parede Pb2**

Parede	Piso	V <sub>ed,Modelo</sub> [kN]	V <sub>ed,Calculo</sub> [kN]	Z [m]	A <sub>s,h</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	Ø	A <sub>s,hef</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	V <sub>Rds,x</sub> [kN]
Pb2	Piso 8	249,46	374,19	1,68	5,11	Ø8//0.10	10,06	589,20
	Piso 7	247,01	370,52	1,68	5,06	Ø8//0.10	10,06	589,20
	Piso 6	351,85	527,78	1,68	7,21	Ø8//0.10	10,06	589,20
	Piso 5	442,73	664,10	1,68	9,07	Ø8//0.075	13,40	784,82
	Piso 4	518,68	778,02	1,68	10,63	Ø8//0.075	13,30	778,96
	Piso 3	585,47	878,21	1,68	12,00	Ø8//0.075	13,40	784,82
	Piso 2	656,28	984,42	1,68	13,45	Ø10//0.075	20,94	1226,42
	Piso 1	445,32	667,98	1,68	9,12	Ø8//0.10	13,30	778,96
	Piso 0	643,41	965,11	1,68	13,18	Ø10//0.075	20,94	1226,42

**Tabela 9.5** – Esforço transversal resistente máximo na parede Pb1

Parede	Esforço transversal segundo o eixo X					
	$\alpha_{cw}$	$\theta(^{\circ})$	bw [m]	d[m]	Z[m]	VRd,max[kN]
Pb1	1	45	0,2	3,620	3,258	3440,45

**Tabela 9.6** – Esforço transversal resistente máximo na parede Pb2

Parede	Esforço transversal segundo o eixo X					
	$\alpha_{cw}$	$\theta(^{\circ})$	bw [m]	d[m]	Z[m]	VRd,max[kN]
Pb2	1	45	0,2	1,870	1,683	1777,25

**Tabela 9.7** – Taxa mecânica das armaduras verticais na alma Pb1

Paredes	$A_{sv}[\text{cm}^2]$	$A_c [\text{cm}^2]$	$\rho\%$	$\omega_v$
Pb1	15,7	0,49	0,320	0,0697

**Tabela 9.8** – Taxa mecânica das armaduras verticais na alma Pb2

Paredes	$A_{sv}[\text{cm}^2]$	$A_c [\text{cm}^2]$	$\rho\%$	$\omega_v$
Pb2	15,7	0,22	0,714	0,1552

**Tabela 9.9** – Características dos pilares fictício das paredes Pb1 e Pb2.

Parede	b[m]	h[m]	b <sub>0</sub> [m]	h <sub>0</sub> [m]
Pb1	0,60	0,20	0,530	0,130
Pb2	0,20	0,40	0,130	0,330

**Tabela 9.10** – verificação do confinamento nos pilares fictício da parede Pb1

1º Membro										
Parede	s[m]	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
Pb1	0,10	0,227	0,8653	0,768	0,665	0,02809	0,000167	0,130	0,086	Verifica

2º Membro										
Parede	b <sub>c</sub> [m]	b <sub>c</sub> /b <sub>0</sub>	$\mu\phi$	$\omega_v$	N <sub>ed</sub>	V <sub>d</sub>	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-$ 0.035		
Pb1	0,60	1,13	4,5	0,070	1289,47	0,088	0,00218	0,0176		

**Tabela 9.11** – verificação do confinamento nos pilares fictício da parede Pb2

1º Membro										
Parede	s[m]	$\sum b_i^2$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_n$	$\alpha_s$	$\alpha$	V <sub>betão</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>cintas</sub> [m <sup>3</sup> ]	$\omega_{wd}$	$\alpha\omega_{wd}$	$\omega_{wd}>0.08$
Pb2	0,10	0,110	0,5726	0,522	0,299	0,00429	0,000063	0,320	0,096	Verifica

2º Membro										
-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Parede	$b_c$ [m]	$b_c/b_0$	$\mu\phi$	$\omega_v$	$N_{ed}$	$v_d$	$\epsilon_{syd}$	$30*\mu\phi*v_d$ $*\epsilon_{syd}*(b_c/b_0)-$ 0,035
Pb2	0,20	1,54	4,5	0,155	990,24	0,130	0,00218	0,0943

**Tabela 9.12** – Valores de calculo da linha neutra e do comprimento regulamentar para os pilares fictícios (Pf2) da parede Pb1

Parede	$\epsilon_{cu2}$	$\epsilon_{cu2,c}$	$l_w$ [m]	$x_u$ [m]	$l_c$ [m]	$l_{c,min}$ [m]	$l_{c,máx}$ [m]	$l_{c,adotado}$
Pb1	0,0035	0,0121	3,65	0,653	0,46	0,55	0,73	0,60

**Tabela 9.13** – Valores de calculo da linha neutra e do comprimento regulamentar para os pilares fictícios (Pf1) da parede Pb2

Parede	$\epsilon_{cu2}$	$\epsilon_{cu2,c}$	$l_w$ [m]	$x_u$ [m]	$l_c$ [m]	$l_{c,min}$ [m]	$l_{c,máx}$ [m]	$l_{c,adotado}$
Pb1	0,0035	0,0131	1,90	0,835	0,61	0,30	0,40	0,40

## Anexo 10 Armadura vertical e Horizontal nas paredes das caves

**Tabela 10.1** – Características das paredes das caves

Paredes	$b_w$ [m]	$l_w$ [m]
Pb4	0,20	2,70
Pb5	0,20	3,55
Pb6	0,20	2,25

**Tabela 10.2** – Armaduras verticais nas paredes das caves

Paredes	$A_{s,v,min}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,v,max}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Pormenorização cada face	$A_{s,v,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,v}$ [cm <sup>2</sup> ]
Pb4	10,80	216,00	Ø10//0.10	15,7	42,39
Pb5	14,20	284,00	Ø10//0.125	12,56	44,59
Pb6	9,00	180,00	Ø10//0.10	15,7	35,33

**Tabela 10.3** – Armaduras verticais nas paredes das caves

Parede	$A_{s,v,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$0,25A_{s,v,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$0,001A_c$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,h}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,h,adotado}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Arm. Prom
Pb4	15,70	3,925	5,4	5,4	8,04	Ø8//0.125
Pb5	12,56	3,14	7,1	7,1	8,04	Ø8//0.125
Pb6	15,70	3,925	4,5	4,5	8,04	Ø8//0.125

## Anexo 11 Vigas de escadas, vigas e lajes das rampas de acesso ao estacionamento, pilares e paredes nas caves

**Tabela 11.1** – Características das vigas de escadas

vigas de escada	$b$ [m]	$h$ [m]	$d$ [m]	$z$ [m]
Vesc	0,2	0,4	0,37	0,333

**Tabela 11.2** – Comprimento crítico e espaçamento máximo da armadura transversal nas vigas de escadas

Vigas de escada	$h_w = l_{cr}$ [m]	$d_{bw}$ [mm]	225 [mm]	$d_{bL}$ [mm]	$s_{t,max}$ [m]	
					Zona corrente	Zona crítica
Vesc	0,40	8	225	12	0,264	0,100

**Tabela 11.3** – Esforços utilizados para determinar as armaduras de flexão nas vigas de escadas, resultante da aplicação das cargas nos patins numa viga simplesmente apoiada (modelo simplificado)

$M_{Ed}$ [kN.m/m]	$\mu$	$\omega$	$A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{smin}$ [cm <sup>2</sup> /m]	As adotado [cm <sup>2</sup> /m]	$\emptyset$
36,04	0,013	0,013	1,075	5,58	6,03	3Ø16

**Tabela 11.4** – Características das vigas das rampas

vigas	Largura [m]	Altura [m]	Comprimento [m]
VR.1	0,20	0,40	2,75
VR.2	0,20	0,40	2,45
VR.3	0,20	0,40	1,72
VR.4	0,20	0,40	1,73
VR.5	0,20	0,40	3,45
VR.6	0,20	0,40	2,45
VR.7	0,20	0,40	1,72
VR.8	0,20	0,40	1,73
VR.9	0,20	0,40	3,45
VR.10	0,20	0,40	5,45
VR.11	0,20	0,40	5,45
VR.12	0,20	0,40	3,20

**Tabela 11.5** – espaçamento máximo da armadura transversal

Vigas Piso	$h_w$ [m]	$d$ [m]	$s_{t,max}$ [m]
VR.1	0,40	0,37	0,278
VR.2	0,40	0,37	0,278
VR.3	0,40	0,37	0,278
VR.4	0,40	0,37	0,278
VR.5	0,40	0,37	0,278
VR.6	0,40	0,37	0,278
VR.7	0,40	0,37	0,278
VR.8	0,40	0,37	0,278
VR.9	0,40	0,37	0,278
VR.10	0,40	0,37	0,278
VR.11	0,40	0,37	0,278
VR.12	0,40	0,37	0,278

**Tabela 11.6 – Armadura longitudinal nas vigas das rampas de acesso ao estacionamento**

Piso -3 até 0		Armadura (Sap 2000) [cm <sup>2</sup> ]			Armadura longitudinal adotada [cm <sup>2</sup> ]					
Viga	Face	AS <sub>Inicio</sub>	AS <sub>Meio Vão</sub>	AS <sub>Final</sub>	Inicio		Meio vão		Fim	
					Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]	Ø	As[cm <sup>2</sup> ]
VR.1	Superior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.2	Superior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.3	Superior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.4	Superior	2,07	2,07	0,00	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.5	Superior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.6	Superior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.7	Superior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.8	Superior	3,06	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.9	Superior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.10	Superior	2,07	2,07	3,36	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.11	Superior	2,07	2,07	3,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.12	Superior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
VR.13	Superior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26
	Inferior	2,07	2,07	2,07	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26

**Tabela 11.7 – Transversal nas vigas das rampas de acesso ao estacionamento**

Piso -3	Sap 2000	Armadura adotada	
Viga	As[cm <sup>2</sup> /m]	Ø	As[cm <sup>2</sup> /m]
VR.1	1,80	Ø8//0.10	5,03
VR.2	1,80	Ø8//0.10	5,03
VR.3	3,20	Ø8//0.10	5,03
VR.4	4,10	Ø8//0.10	5,03
VR.5	1,80	Ø8//0.10	5,03
VR.6	1,80	Ø8//0.10	5,03
VR.7	3,30	Ø8//0.10	5,03
VR.8	2,50	Ø8//0.10	5,03
VR.9	1,80	Ø8//0.10	5,03
VR.10	1,80	Ø8//0.10	5,03
VR.11	2,90	Ø8//0.10	5,03



VR.12	1,80	Ø8/0.10	5,03
-------	------	---------	------

## Anexo 12 Verificação ao estado limite último de puncoamento nas lajes

**Tabela 12.1** – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso -2

Pilar	N <sub>pilar,Acima</sub> [kN]	M <sub>ed,x,Acima</sub> [kNm]	M <sub>ed,y,Acima</sub> [kNm]	N <sub>pilar,baixo</sub> [kN]	M <sub>ed,x,baixo</sub> [kNm]	M <sub>ed,y,baixo</sub> [kNm]
P1	578,54	-6,372	-1,506	777,594	1,788	0,305
P2	2166,626	-12,158	-11,31	2296,907	-4,626	6,566
P3	2074,471	-2,880	33,5055	2085,285	2,746	-18,884
P4	2580,777	-28,524	5,1137	2748,897	19,820	-3,881
P5	2554,32	-44,864	1,5029	2688,741	28,702	1,124
P6	723,496	-0,309	-14,5321	972,372	-4,234	7,653
P7	3180,326	10,593	43,9335	3422,136	-0,519	-10,651
P8	3537,46	-15,967	-25,3605	3927,802	8,234	5,438
P9	2864,867	-4,621	-29,2646	3081,091	3,823	7,764
P10	329,004	11,842	-0,7482	485,525	-6,633	0,147
P11	469,143	13,048	-4,3937	678,912	-7,301	2,987
P12	558,081	28,139	2,6722	843,051	-18,466	-1,543

**Tabela 12.2** – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso -2

V <sub>ed</sub> [kN]	M <sub>ed,x</sub> [kNm]	M <sub>ed,y</sub> [kNm]	e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]	d[m]	b <sub>x</sub> [m]	b <sub>y</sub> [m]	u <sub>o</sub> [m]	β	V <sub>ed</sub> [Mpa]
199,054	8,160	1,811	0,041	0,009	0,23	1,32	1,52	2	1,050	0,454
130,281	7,532	17,876	0,058	0,137	0,23	1,12	1,32	1,2	1,234	0,583
10,814	5,626	52,390	0,520	4,845	0,23	1,12	1,32	1,2	8,818	0,346
168,120	48,345	8,995	0,288	0,054	0,23	1,12	1,32	1,2	1,401	0,854
134,421	73,566	2,627	0,547	0,020	0,23	1,12	1,32	1,2	1,747	0,851
248,876	4,544	22,185	0,018	0,089	0,23	1,32	1,52	2	1,123	0,608
241,810	11,111	54,584	0,046	0,226	0,23	1,52	1,32	2	1,275	0,670
390,342	24,201	30,799	0,062	0,079	0,23	1,52	1,32	2	1,126	0,955
216,224	8,444	37,029	0,039	0,171	0,23	1,32	1,52	2	1,238	0,582
156,521	18,475	0,895	0,118	0,006	0,23	1,22	1,52	1,8	1,140	0,431
209,769	20,349	7,381	0,097	0,035	0,23	1,22	1,52	1,8	1,126	0,571
284,970	46,605	4,215	0,164	0,015	0,23	1,22	1,52	1,8	1,195	0,822

**Tabela 12.3** – Valor da tensão resistente ao puncoamento sem armadura específica e valor da tensão resistente máxima na laje do piso -2

C <sub>Rd,c</sub>	k	A <sub>sx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>sy</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	ρ <sub>x</sub>	ρ <sub>y</sub>	ρ <sub>l</sub>	V <sub>Rdc</sub> [Mpa]	V <sub>Rd,max</sub> [Mpa]	V <sub>Rd,min</sub> [Mpa]
0,12	1,933	9,59	10,02	0,004	0,004	0,004	0,54	5,28	0,52
0,12	1,933	9,33	8,62	0,004	0,004	0,004	0,53	5,28	0,52
0,12	1,933	7,71	8,82	0,003	0,004	0,004	0,51	5,28	0,52
0,12	1,933	10,06	9,24	0,004	0,004	0,004	0,54	5,28	0,52
0,12	1,933	10,22	9,42	0,004	0,004	0,004	0,54	5,28	0,52
0,12	1,933	10,50	10,62	0,005	0,005	0,005	0,56	5,28	0,52
0,12	1,933	9,88	9,30	0,004	0,004	0,004	0,54	5,28	0,52
0,12	1,933	10,50	11,51	0,005	0,005	0,005	0,56	5,28	0,52
0,12	1,933	10,67	9,31	0,005	0,004	0,004	0,55	5,28	0,52
0,12	1,933	8,73	8,97	0,004	0,004	0,004	0,52	5,28	0,52
0,12	1,933	10,19	9,50	0,004	0,004	0,004	0,54	5,28	0,52
0,12	1,933	10,59	10,06	0,005	0,004	0,004	0,55	5,28	0,52

**Tabela 12.4** – Verificação do puncoamento na laje do piso -2

$u_i$	$v_{ed}$ [Mpa]	$V_{ed} < V_{rd,c}$
4,89	0,19	verifica
4,09	0,17	verifica
4,09	0,10	verifica
4,09	0,25	verifica
4,09	0,25	verifica
4,89	0,25	verifica
4,89	0,27	verifica
4,89	0,39	verifica
4,89	0,24	verifica
4,69	0,17	verifica
4,69	0,22	verifica
4,69	0,32	verifica

**Tabela 12.5** – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso -1

Esforços dos pilares-Laje do Piso -1						
Pilar	$N_{\text{pilar,Acima}}$ [kN]	$M_{\text{ed,x,Acima}}$ [kNm]	$M_{\text{ed,y,Acima}}$ [kNm]	$N_{\text{pilar,baixo}}$ [kN]	$M_{\text{ed,x,baixo}}$ [kNm]	$M_{\text{ed,y,baixo}}$ [kNm]
P1	322,503	-15,110	-13,656	555,382	7,220	5,630
P2	2041,757	-23,543	-18,399	2143,460	16,416	13,200
P3	2092,901	-2,387	47,762	2051,305	1,237	-38,573
P4	2412,089	-28,256	-5,734	2557,611	30,272	-2,045
P5	2433,341	-52,494	11,369	2531,154	49,130	-7,021
P6	411,176	-1,771	-30,113	700,330	-2,532	19,164
P7	2975,295	2,420	53,993	3203,492	-10,036	-36,905
P8	3192,093	-14,670	-24,874	3560,626	16,183	17,769
P9	2637,320	0,069	-28,585	2841,701	-0,974	30,973
P10	175,507	12,443	-1,335	321,282	-13,133	1,226
P11	252,609	16,975	-3,641	461,421	-15,940	4,595
P12	290,637	27,692	2,717	550,359	-30,712	-3,109

**Tabela 12.6** – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso -1

$V_{ed}$ [kN]	$M_{\text{ed,x}}$ [kNm]	$M_{\text{ed,y}}$ [kNm]	$e_x$ [m]	$e_y$ [m]	$d$ [m]	$b_x$ [m]	$b_y$ [m]	$u_0$ [m]	$\beta$	$v_{ed}$ [Mpa]
232,879	22,330	19,286	0,096	0,083	0,230	579,460	-5,452	2,0	1,032	0,522
101,703	7,127	31,599	0,070	0,311	0,230	2167,546	-11,238	2,0	1,011	0,224
41,596	3,624	86,335	0,087	2,076	0,230	2075,391	-1,960	2,0	1,080	0,098
145,522	58,528	7,779	0,402	0,053	0,230	2581,697	-27,604	2,0	1,026	0,325
97,813	101,624	18,389	1,039	0,188	0,230	2555,240	-43,944	2,0	1,043	0,222
289,154	4,303	49,277	0,015	0,170	0,230	724,416	0,611	2,0	1,044	0,656
228,197	12,456	90,899	0,055	0,398	0,230	3181,246	11,513	2,0	1,009	0,500
368,533	30,853	42,643	0,084	0,116	0,230	3538,380	-15,047	2,0	1,010	0,809
204,381	1,043	59,558	0,005	0,291	0,230	2865,787	-3,701	2,0	1,002	0,445
145,775	25,576	2,561	0,175	0,018	0,230	329,924	12,762	1,8	1,025	0,361
208,812	32,915	8,236	0,158	0,039	0,230	470,063	13,968	1,8	1,020	0,515
259,722	58,404	5,826	0,225	0,022	0,230	559,001	29,059	1,8	1,014	0,636

**Tabela 12.7** – Valor da tensão resistente ao puncoamento sem armadura específica e valor da tensão resistente máxima na laje do piso -1

$C_{Rd,c}$	k	$A_{sx}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{sy}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$\rho_x$	$\rho_y$	$\rho_l$	$V_{Rdc}$ [Mpa]	$V_{Rd,max}$ [Mpa]	$V_{Rd,min}$ [Mpa]
0,12	1,933	9,77	10,47	0,004	0,005	0,004	0,55	5,28	0,52
0,12	1,933	9,06	8,46	0,004	0,004	0,004	0,52	5,28	0,52
0,12	1,933	10,18	8,95	0,004	0,004	0,004	0,54	5,28	0,52
0,12	1,933	9,55	8,69	0,004	0,004	0,004	0,53	5,28	0,52
0,12	1,933	9,73	9,01	0,004	0,004	0,004	0,53	5,28	0,52
0,12	1,933	10,60	11,68	0,005	0,005	0,005	0,57	5,28	0,52
0,12	1,933	8,67	9,08	0,004	0,004	0,004	0,52	5,28	0,52
0,12	1,933	10,69	11,63	0,005	0,005	0,005	0,57	5,28	0,52
0,12	1,933	10,16	8,94	0,004	0,004	0,004	0,54	5,28	0,52
0,12	1,933	8,61	8,78	0,004	0,004	0,004	0,52	5,28	0,52
0,12	1,933	10,51	9,25	0,005	0,004	0,004	0,54	5,28	0,52
0,12	1,933	10,62	9,89	0,005	0,004	0,004	0,55	5,28	0,52

**Tabela 12.8** – Verificação do puncoamento na laje do piso -1

$u_l$	$V_{ed}$ [Mpa]	$V_{ed} < V_{rd,c}$
4,89	0,21	verifica
4,09	0,11	verifica
4,09	0,05	verifica
4,09	0,16	verifica
4,09	0,11	verifica
4,89	0,27	verifica
4,89	0,20	verifica
4,89	0,33	verifica
4,89	0,18	verifica
4,69	0,14	verifica
4,69	0,20	verifica
4,69	0,24	verifica

**Tabela 12.9** – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso 0

Pilar	$N_{pilar,Acima}$ [kN]	$M_{ed,x,Acima}$ [kNm]	$M_{ed,y,Acima}$ [kNm]	$N_{pilar,baixo}$ [kN]	$M_{ed,x,baixo}$ [kNm]	$M_{ed,y,baixo}$ [kNm]
P1				287,990	24,685	20,603
P2	1911,992	-27,743	-13,800	2007,251	31,799	26,340
P3	2171,996	7,074	48,960	2058,395	1,890	-66,146
P4	2260,472	-33,323	-4,080	2381,896	31,797	10,866
P5	2299,375	-57,413	6,502	2398,835	65,126	-14,933
P6				376,670	4,422	44,582
P7	2811,338	18,862	-79,070	3009,801	-4,480	-44,749
P8	2861,306	-9,643	52,290	3226,599	13,563	23,487
P9	2387,952	40,836	-27,273	2602,814	0,954	34,703
P10				164,005	-15,734	1,519

P11				241,107	-21,822	4,041
P12				279,135	-33,289	-3,047

**Tabela 12.10** – Esforços utilizados no cálculo e na verificação do puncoamento na laje do piso 0

V <sub>ed</sub> [kN]	M <sub>ed,x</sub> [kNm]	M <sub>ed,y</sub> [kNm]	e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]	d[m]	b <sub>x</sub> [m]	b <sub>y</sub> [m]	u <sub>0</sub> [m]	β	v <sub>ed</sub> [Mpa]
287,990	24,685	20,603	0,086	0,072	0,23	323,423	-14,190	2	1,011	0,633
95,259	4,056	40,140	0,043	0,421	0,23	2042,677	-22,623	2	1,003	0,208
113,601	8,964	115,106	0,079	1,013	0,23	2093,821	-1,467	2	1,097	0,271
121,424	65,120	14,946	0,536	0,123	0,23	2413,009	-27,336	2	1,035	0,273
99,460	122,539	21,434	1,232	0,216	0,23	2434,261	-51,574	2	1,043	0,226
376,670	4,422	44,582	0,012	0,118	0,23	412,096	-0,851	2	1,025	0,839
198,463	23,342	123,820	0,118	0,624	0,23	2976,215	3,340	2	1,063	0,459
365,293	23,206	75,777	0,064	0,207	0,23	3193,013	-13,750	2	1,008	0,801
214,862	41,790	61,975	0,194	0,288	0,23	2638,240	0,989	2	1,354	0,632
164,005	15,734	1,519	0,096	0,009	0,23	176,427	13,363	1,8	1,013	0,401
241,107	21,822	4,041	0,091	0,017	0,23	253,529	17,895	1,8	1,009	0,588
279,135	33,289	3,047	0,119	0,011	0,23	291,557	28,612	1,8	1,008	0,679

**Tabela 12.11** – Valor da tensão resistente ao puncoamento sem armadura específica e valor da tensão resistente máxima na laje do piso 0

C <sub>Rd,c</sub>	k	A <sub>sx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	A <sub>sy</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	ρ <sub>x</sub>	ρ <sub>y</sub>	ρ <sub>l</sub>	V <sub>Rdc</sub> [Mpa]	V <sub>Rd,max</sub> [Mpa]	V <sub>Rd,min</sub> [Mpa]
0,12	1,933	10,35	11,24	0,004	0,005	0,005	0,56	5,28	0,52
0,12	1,933	8,71	8,21	0,004	0,004	0,004	0,52	5,28	0,52
0,12	1,933	11,93	8,79	0,005	0,004	0,004	0,55	5,28	0,52
0,12	1,933	8,94	8,25	0,004	0,004	0,004	0,52	5,28	0,52
0,12	1,933	8,75	9,45	0,004	0,004	0,004	0,53	5,28	0,52
0,12	1,933	11,30	13,36	0,005	0,006	0,005	0,58	5,28	0,52
0,12	1,933	7,90	8,62	0,003	0,004	0,004	0,51	5,28	0,52
0,12	1,933	11,02	11,49	0,005	0,005	0,005	0,57	5,28	0,52
0,12	1,933	9,72	9,07	0,004	0,004	0,004	0,53	5,28	0,52
0,12	1,933	8,80	9,30	0,004	0,004	0,004	0,53	5,28	0,52
0,12	1,933	11,07	10,07	0,005	0,004	0,005	0,56	5,28	0,52
0,12	1,933	10,42	10,90	0,005	0,005	0,005	0,56	5,28	0,52

**Tabela 12.12** – Verificação do puncoamento na laje do piso 0

u <sub>1</sub>	v <sub>ed</sub> [Mpa]	v <sub>ed</sub> [Mpa]
4,89	0,26	verifica
4,09	0,10	verifica
4,09	0,13	verifica
4,09	0,13	verifica
4,09	0,11	verifica
4,89	0,34	verifica
4,89	0,19	verifica
4,89	0,33	verifica
4,89	0,26	verifica
4,69	0,15	verifica

4,69	0,23	verifica
4,69	0,26	verifica

### Anexo 13 Pré-Dimensionamento das sapatas dos Pilares, Núcleo do elevador, Muro de suporte

**Tabela 13.1** – Valores dos esforços atuantes utilizados no cálculo das sapatas dos pilares

Pilar	$a_x$ [m]	$b_y$ [m]	$Ned_{Geo}$ [KN]	$Ned_{Fundamental}$ [KN]	$Ned_{Sismica}$ [KN]
P1	0,40	0,60	599,22	781,22	596,13
P6	0,40	0,60	764,78	997,12	726,82
P7.	0,60	0,40	2600,60	3413,20	2525,38
P8	0,60	0,40	2985,37	3916,14	3045,38
P9	0,40	0,60	2315,73	3043,82	2804,48
P10	0,30	0,60	437,37	607,33	365,69
P11	0,30	0,60	629,10	817,24	515,32
P12	0,30	0,60	775,32	1005,90	597,09
P2	0,30	0,40	1691,66	2214,05	1710,62
P3	0,30	0,40	1542,94	2020,97	1593,28
P4	0,30	0,40	2084,89	2726,21	2129,51
P5	0,30	0,40	2035,98	2663,65	2071,21
Pb1	3,65	0,20	2798,54	3685,81	1906,06
Pb2	0,20	1,90	1586,58	2086,42	1847,09
Pb3	0,20	1,90	1542,31	2031,18	1832,09
Pb4	2,70	0,20	326,52	430,47	313,74
Pb5	0,20	3,55	408,89	538,12	395,47
Pb6	2,30	0,20	700,05	917,93	737,18

**Tabela 13.2** – Pré-dimensionamento das dimensões das sapatas dos pilares

Sapata	$\bar{A}rea_{minSapata}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_x$ [m]	$B_y$ [m]	Area [m <sup>2</sup> ]	Verificação Area	a[m]	b[m]
S(P1)	3,296	2	2	4,0	Ok	0,8	0,7
S(P6)	4,206	2,2	2,2	4,8	Ok	0,9	0,8
S(P7)	14,303	3,8	3,8	14,4	Ok	1,6	1,7
S(P8)	16,420	4,2	4,2	17,6	Ok	1,8	1,9
S(P9)	12,737	3,6	3,6	13,0	Ok	1,6	1,5
S(P10)	2,406	1,6	1,6	2,6	Ok	0,65	0,5
S(P11)	3,460	2	2	4,0	Ok	0,85	0,7
S(P12)	4,264	2,1	2,1	4,4	Ok	0,9	0,75
S(P2)	9,304	3,5	3	10,5	Ok	1,6	1,3
S(P3)	8,486	3	3	9,0	Ok	1,35	1,3
S(P4)	11,467	3	4	12,0	Ok	1,35	1,8
S(P5)	11,198	3	4	12,0	Ok	1,35	1,8

**Tabela 13.3** – Pré-dimensionamento das dimensões das sapatas dos Muros de Suporte

Muros	Extensão [m]	Espessura[m]	b[m]	$\sigma_{adm}$ [kPa]	Ned [kN]	Nedb[kN/m]	$A_x$ [m]	H[m]
SM1	22,7	0,40	1	200	10725,0	472,5	3,0	1,3
SM2	16,9	0,40	1	200	2812,1	166,4	1,0	0,3
SM3	22,7	0,40	1	200	10545,5	464,6	3	1,3
SM4	16,9	0,40	1	200	9496,5	561,9	3,5	1,6

**Tabela 13.4** – valores dos esforços atuantes no pré-dimensionamento das dimensões da sapata do núcleo do elevador

Parede	Área <sub>parede</sub> [m <sup>2</sup> ]	Ned <sub>Geo</sub> [kN]	Ned <sub>Fundamental</sub> [kN]	Ned <sub>Sismica</sub> [kN]	Condicionante
Pb1	0,73	2798,54	3685,81	1906,055	Comb.Geo
Pb2	0,38	1586,58	2086,42	1847,092	Comb.Geo
Pb3	0,38	1542,31	2031,18	1832,092	Comb.Geo

**Tabela 13.5** – Pré-dimensionamento das dimensões das sapatas do núcleo do elevador

SNU1	$\sum Ned_{Geo}$ [kN]	PP <sub>Sapata</sub> [kN]	$A_x$ [m]	$B_y$ [m]	$a_0$ [m]	H[m]
	5927,4	742,5	6,0	5,5	1,9	0,90

**Anexo 14 Pré-dimensionamento da espessura do ensoleiramento Geral****Tabela 14.1** – Pré-dimensionamento da espessura do ensoleiramento geral

designação	1	h[cm]	h <sub>dotado</sub> [cm]
Ensol	5,1	81	100

**Tabela 14.2** – Verificação da tensão do ensoleiramento geral

Laje	Area [m <sup>2</sup> ]	Espessura[m]	$\sigma_{adm}$ [kPa]	Nedb[kN]	$\sigma_{solo}$ [kPa]	Verificação
EnSol	383,6	1,0	200	68579,5	178,8	ok

**Anexo 15 Verificação do puncoamento do ensoleiramento geral****Tabela 15.1** – Valores dos esforços atuantes utilizados no cálculo do puncoamento do ensoleiramento geral

Pilar	$V_{ed}$ [kN]	$M_{ed,x}$ [kNm]	$M_{ed,y}$ [k]	$e_x$ [m]	$e_y$ [m]	d[m]	$b_x$ [m]	$b_y$ [m]	$u_0$ [m]	$\beta$	$V_{ed}$ [Mpa]
P1	1060,31 0	12,470	25,380	0,012	0,024	0,97	4,28	4,48	2	1,0	0,6
P2	2305,39 0	6,210	6,350	0,003	0,003	0,97	4,18	4,28	1,4	1,0	1,7
P3	2124,85 0	8,030	19,310	0,004	0,009	0,97	4,18	4,28	1,4	1,0	1,6
P4	2823,38 0	24,510	15,330	0,009	0,005	0,97	4,18	4,28	1,4	1,0	2,1
P5	2782,99 0	31,730	6,260	0,011	0,002	0,97	4,18	4,28	1,4	1,0	2,1
P6	1133,65 0	47,340	19,370	0,042	0,017	0,97	4,28	4,48	2	1,0	0,6
P7	3367,62 0	14,110	11,140	0,004	0,003	0,97	4,48	4,28	2	1,0	1,7

P8	4022,98 0	18,980	13,460	0,005	0,003	0,97	4,48	4,28	2	1,0	2,1
P9	2934,73 0	15,060	9,460	0,005	0,003	0,97	4,28	4,48	2	1,0	1,5
P10	684,280	16,060	10,220	0,023	0,015	0,97	4,18	4,48	1,8	1,0	0,4
P11	910,370	20,720	3,280	0,023	0,004	0,97	4,18	4,48	1,8	1,0	0,5
P12	1166,96 0	30,450	5,790	0,026	0,005	0,97	4,18	4,48	1,8	1,0	0,7

**Tabela 15.2** – Valor da tensão resistente ao puncoamento sem armadura especifica e valor da tensão resistente máxima na laje do ensoleiramento geral

Pilar	$C_{Rd,c}$	k	$A_{sx}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{sy}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$\rho_x$	$\rho_y$	$\rho_l$	$V_{Rdc}$ [Mpa]	$V_{Rd,max}$ [Mpa]	$V_{Rd,min}$ [Mpa]
P1	0,12	1,9	14,78	12,18	0,002	0,001	0,001	0,37	5,28	0,52
P2	0,12	1,9	16,16	9,82	0,002	0,001	0,001	0,36	5,28	0,52
P3	0,12	1,9	17,07	10,36	0,002	0,001	0,001	0,37	5,28	0,52
P4	0,12	1,9	13,21	12,97	0,001	0,001	0,001	0,37	5,28	0,52
P5	0,12	1,9	16,12	9,06	0,002	0,001	0,001	0,36	5,28	0,52
P6	0,12	1,9	9,16	11,30	0,001	0,001	0,001	0,34	5,28	0,52
P7	0,12	1,9	22,83	19,89	0,002	0,002	0,002	0,43	5,28	0,52
P8	0,12	1,9	19,23	28,10	0,002	0,003	0,002	0,45	5,28	0,52
P9	0,12	1,9	18,19	19,58	0,002	0,002	0,002	0,42	5,28	0,52
P10	0,12	1,9	20,06	7,64	0,002	0,001	0,001	0,36	5,28	0,52
P11	0,12	1,9	9,20	8,08	0,001	0,001	0,001	0,32	5,28	0,52
P12	0,12	1,9	9,89	8,23	0,001	0,001	0,001	0,33	5,28	0,52

**Tabela 15.3** – Verificação do puncoamento na laje do ensoleiramento geral

$u_1$	$v_{ed}$ [Mpa]	$v_{ed} < v_{rd,c}$
14,19	0,1	verifica
13,59	0,2	verifica
13,59	0,2	verifica
13,59	0,2	verifica
13,59	0,2	verifica
14,19	0,1	verifica
14,19	0,2	verifica
14,19	0,3	verifica
14,19	0,2	verifica
13,99	0,1	verifica
13,99	0,1	verifica
13,99	0,1	verifica

## Anexo 16 Armaduras de lajes

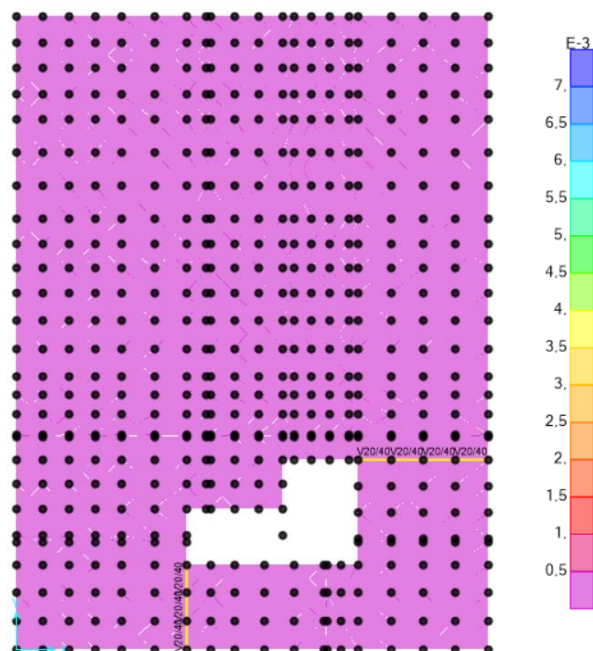


Figura 16.1 – Área de armadura inferior na laje do piso -2 segundo a direção y em m2/m

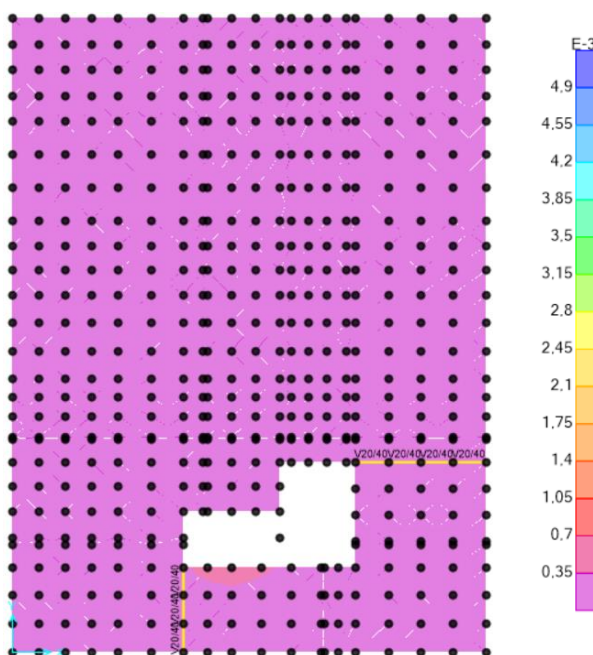
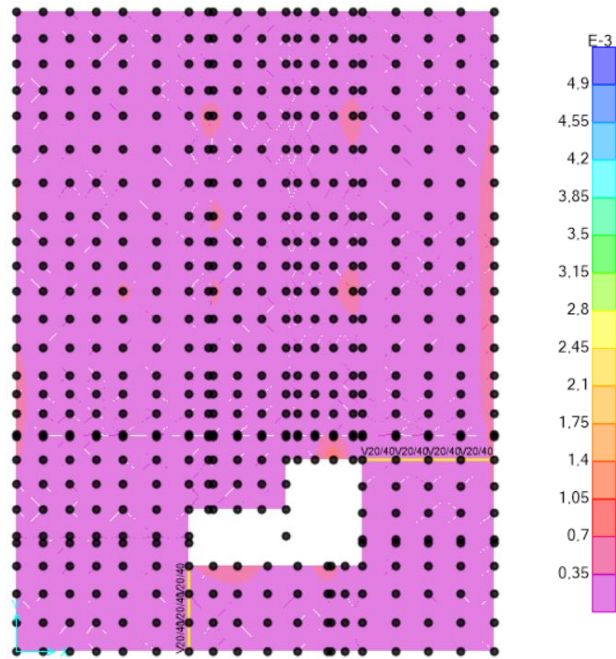
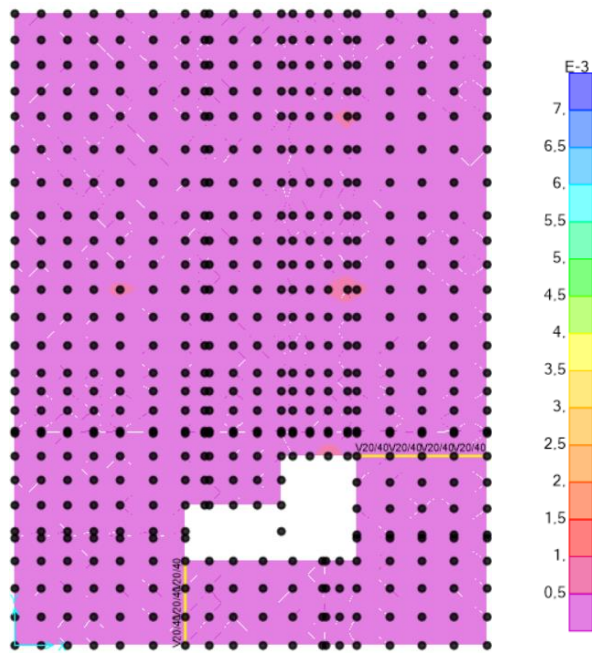


Figura 16.2 – Área de armadura inferior na laje do piso -2 segundo a direção x em m2/m





**Figura 16.3** – Área de armadura superior na laje do piso -2 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m



**Figura 16.4** – Área de armadura superior na laje do piso -2 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

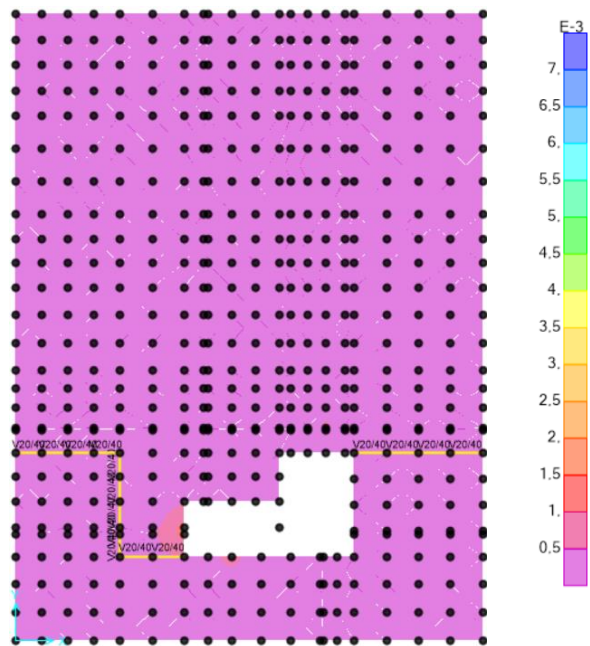


Figura 16.5 – Área de armadura inferior na laje do piso -1 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

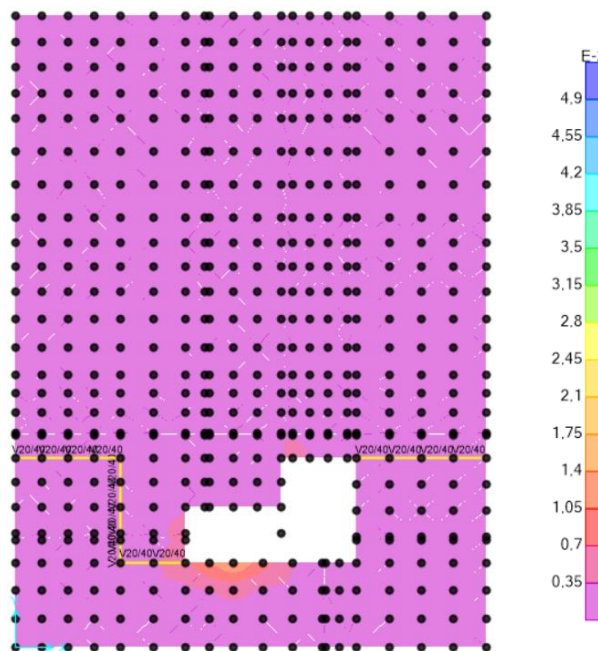


Figura 16.6 – Área de armadura inferior na laje do piso -1 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m

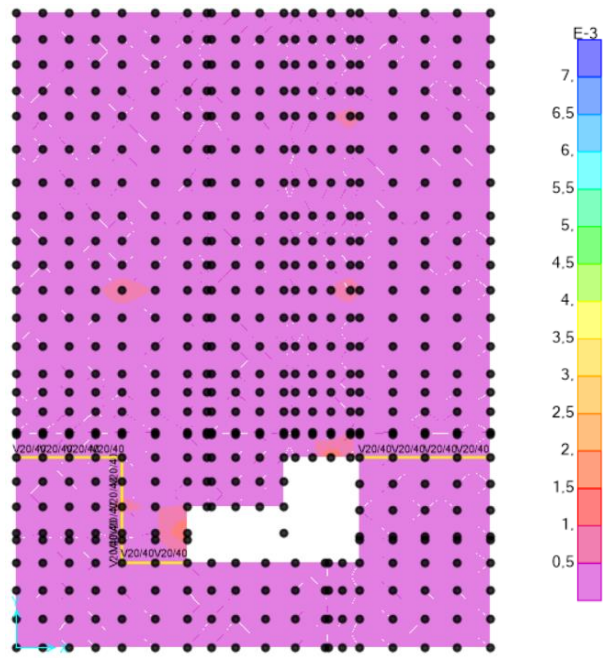


Figura 16.7 – Área de armadura superior na laje do piso -1 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

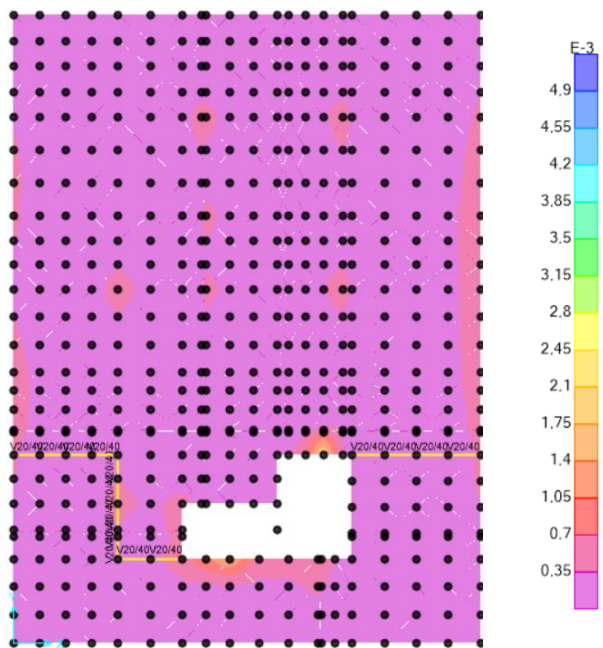
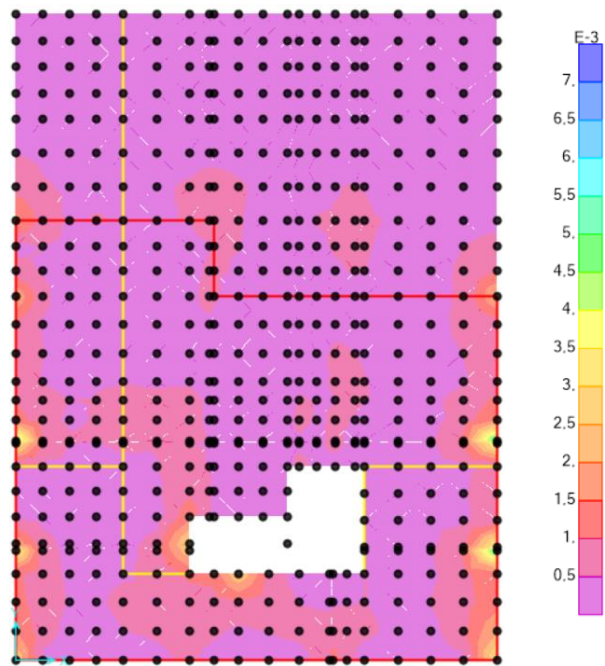
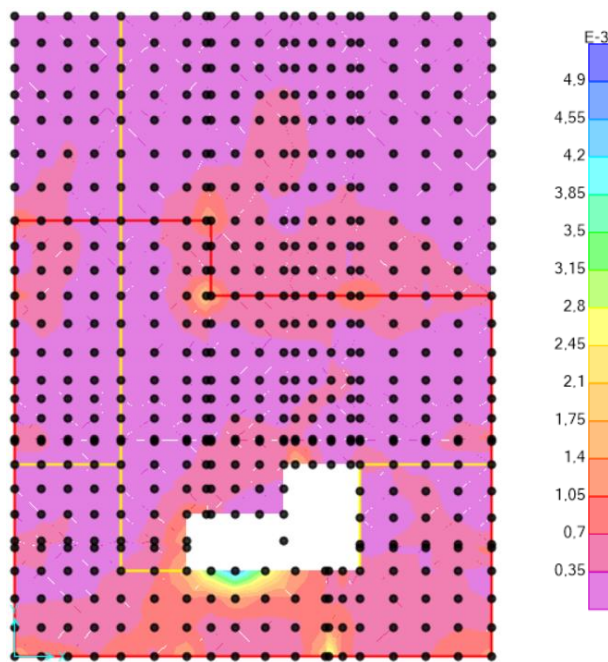


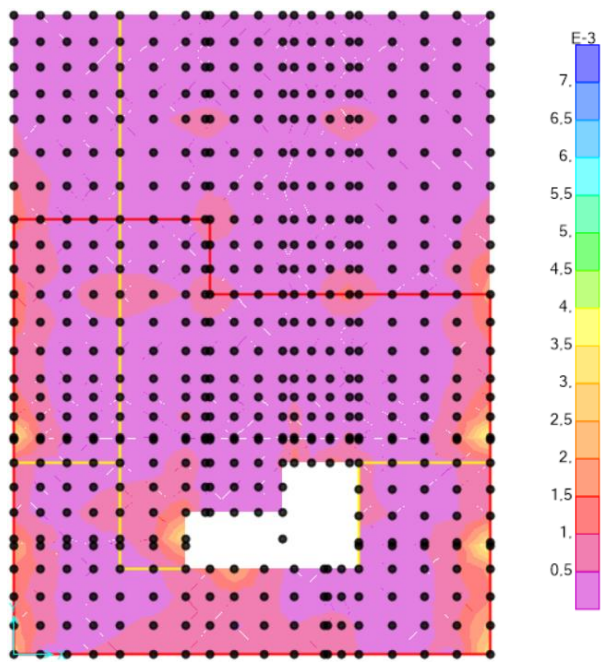
Figura 16.8 – Área de armadura superior na laje do piso -1 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m



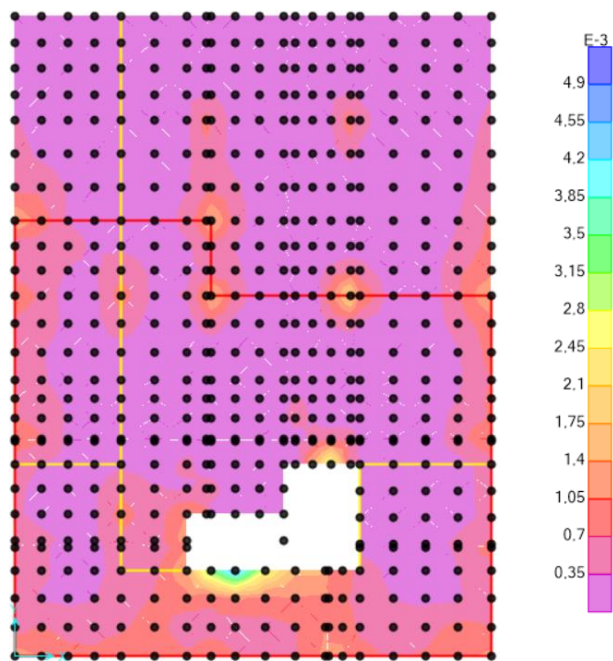
**Figura 16.9** – Área de armadura inferior na laje do piso 0 segundo a direção y em m2/m



**Figura 16.10** – Área de armadura inferior na laje do piso 0 segundo a direção x em m2/m



**Figura 16.11** – Área de armadura superior na laje do piso 0 segundo a direção y em m2/m



**Figura 16.12** – Área de armadura superior na laje do piso 0 segundo a direção x em m2/m

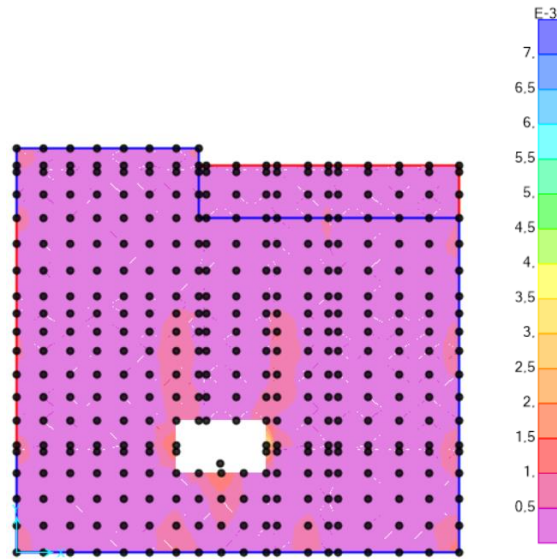


Figura 16.13 – Área de armadura inferior na laje do piso 1 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

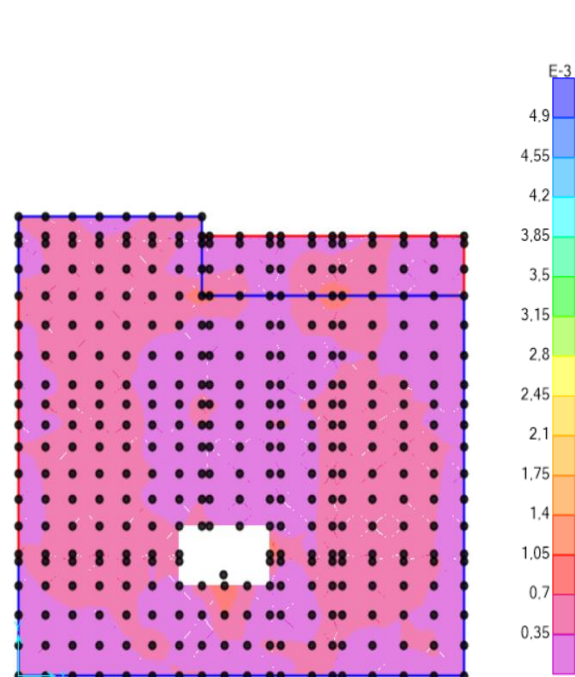


Figura 16.14 – Área de armadura inferior na laje do piso 1 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m

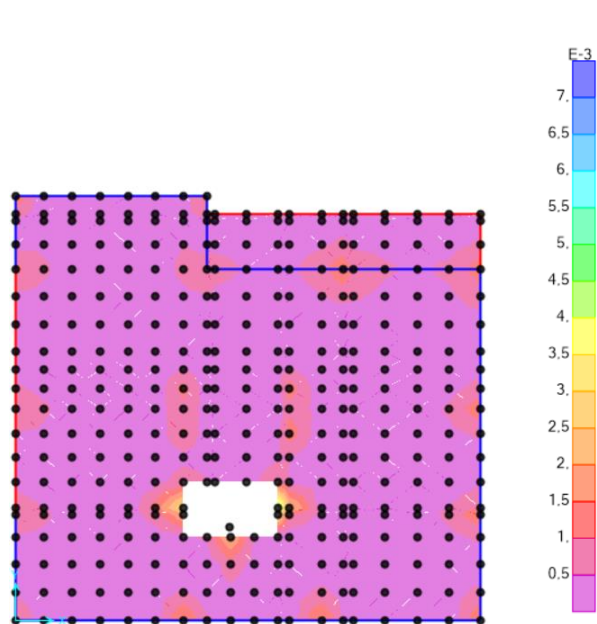


Figura 16.15 – Área de armadura superior na laje do piso 1 segundo a direção y em m2/m

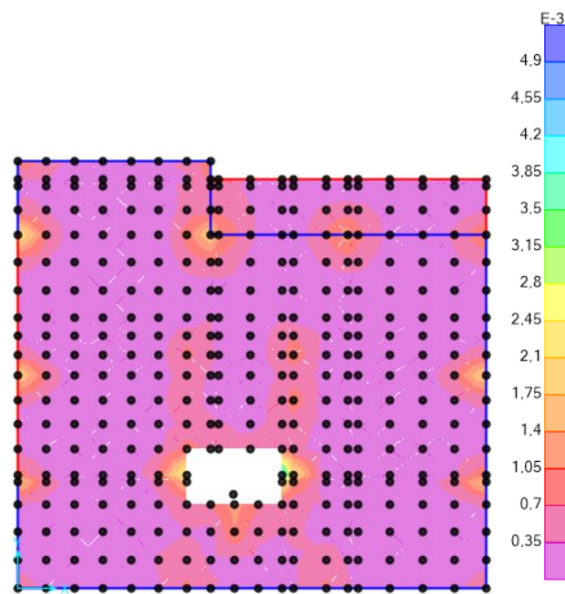


Figura 16.16 – Área de armadura superior na laje do piso 1 segundo a direção x em m2/m

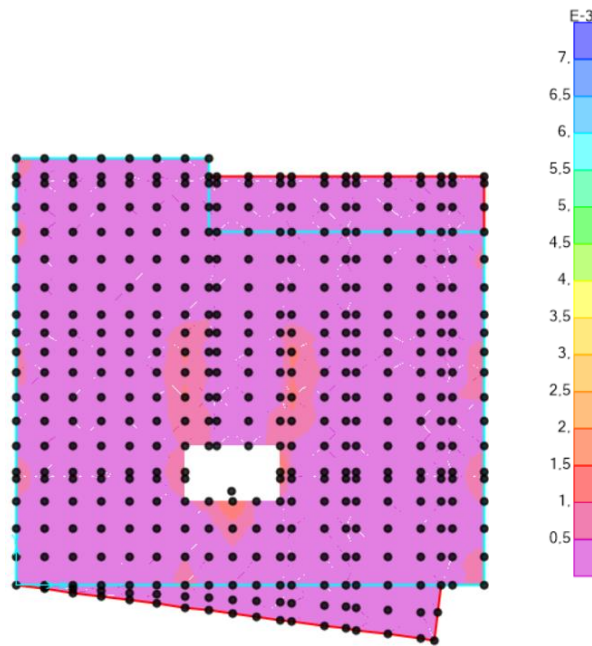


Figura 16.17 – Área de armadura inferior na laje do piso 2 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

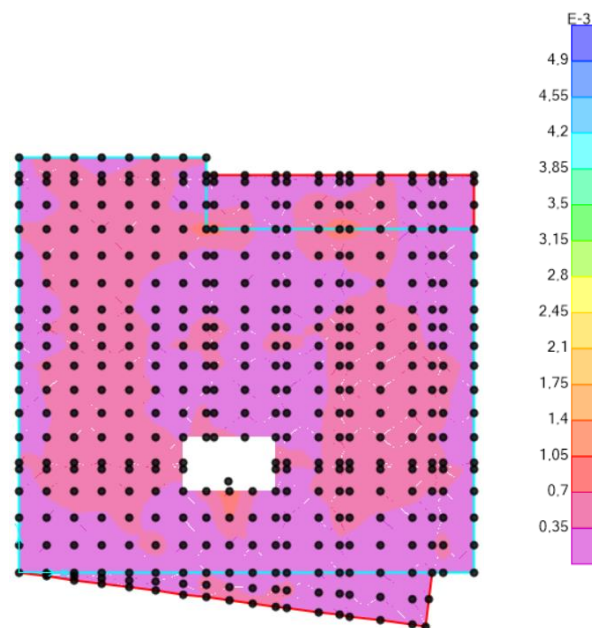


Figura 16.18 – Área de armadura inferior na laje do piso 2 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m



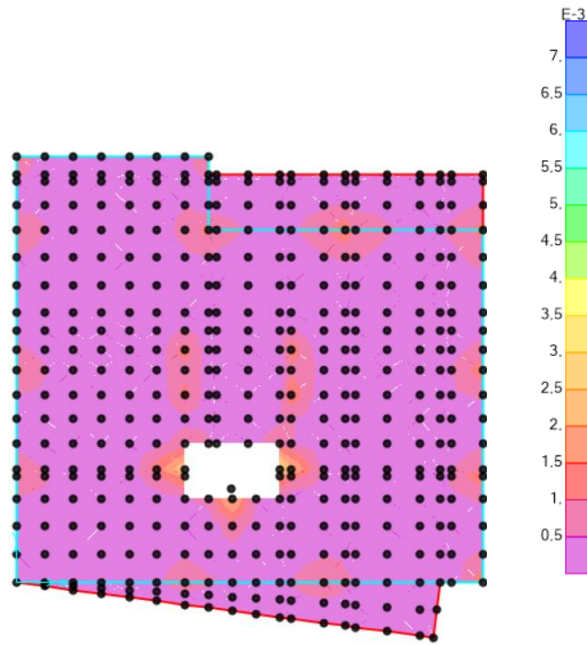


Figura 16.19 – Área de armadura superior na laje do piso 2 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

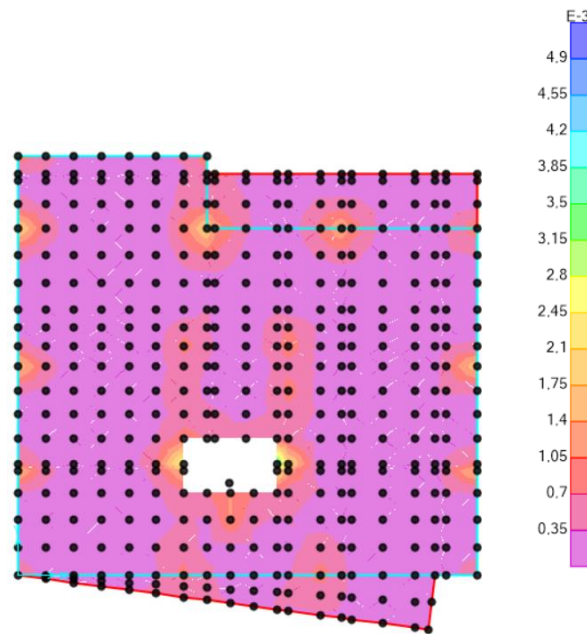


Figura 16.20 – Área de armadura superior na laje do piso 2 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m

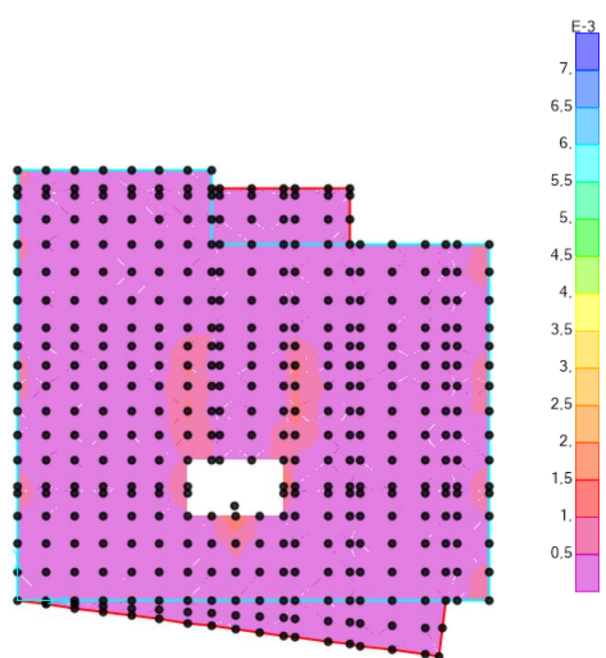


Figura 16.21 – Área de armadura inferior na laje do piso 3 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

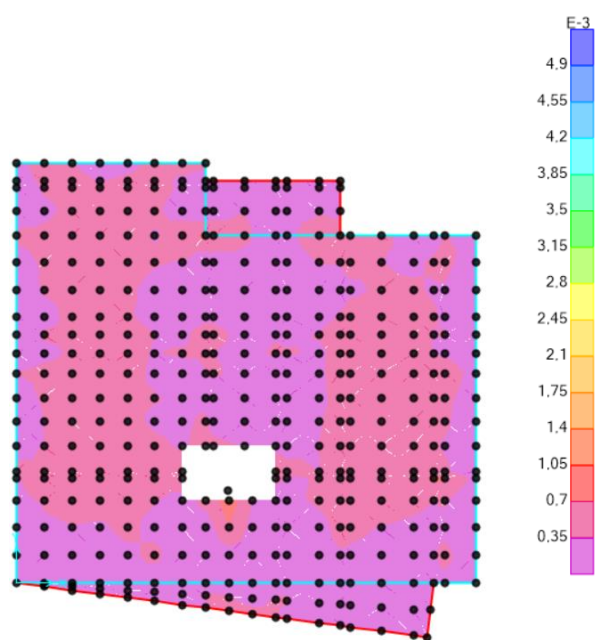


Figura 16.22 – Área de armadura inferior na laje do piso 3 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m

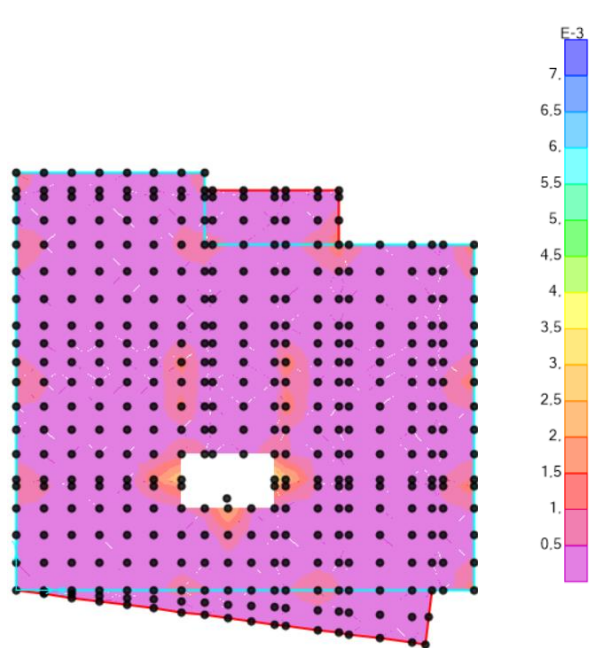


Figura 16.23 – Área de armadura superior na laje do piso 3 segundo a direção y em m2/m

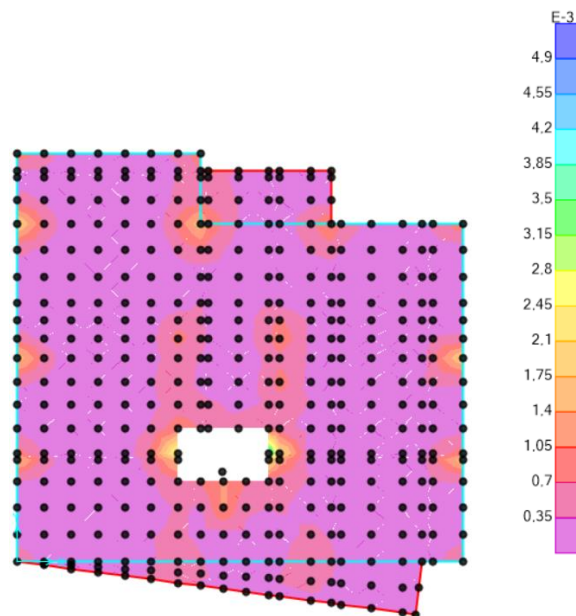


Figura 16.24 – Área de armadura superior na laje do piso 3 segundo a direção x em m2/m

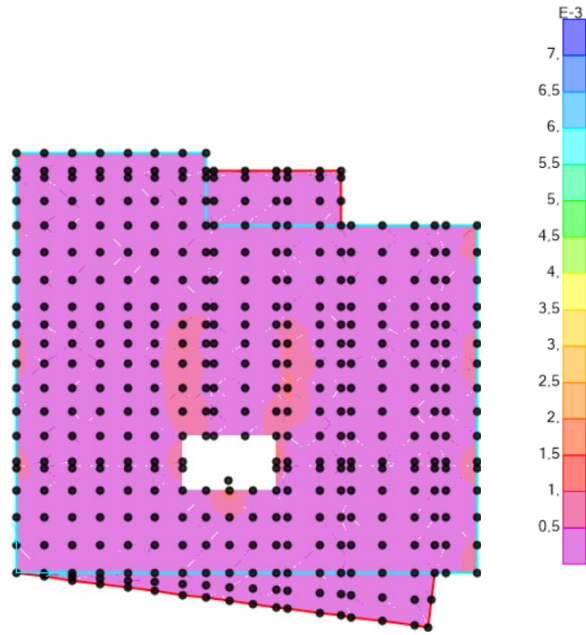
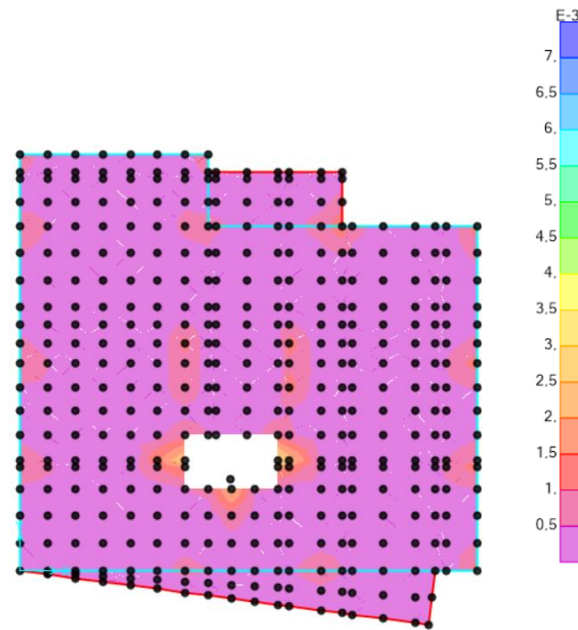


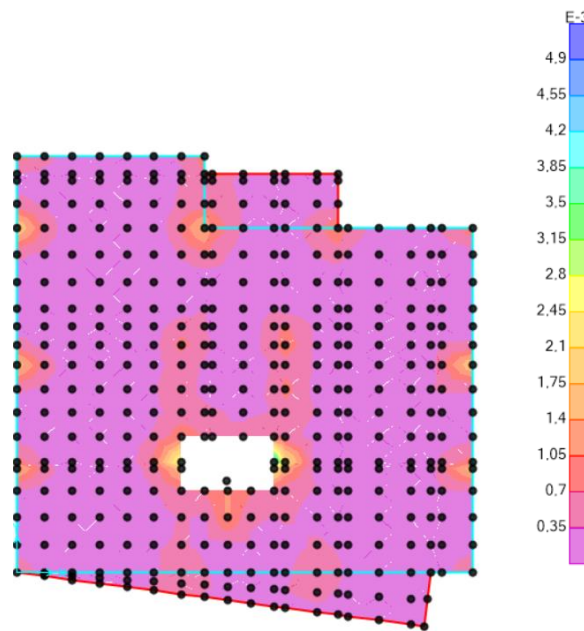
Figura 16.25 – Área de armadura inferior na laje do piso 4 segundo a direção y em m2/m



Figura 16.26 – Área de armadura inferior na laje do piso 4 segundo a direção x em m2/m



**Figura 16.27** – Área de armadura superior na laje do piso 4 segundo a direção y em m2/m



**Figura 16.28** – Área de armadura superior na laje do piso 4 segundo a direção x em m2/m

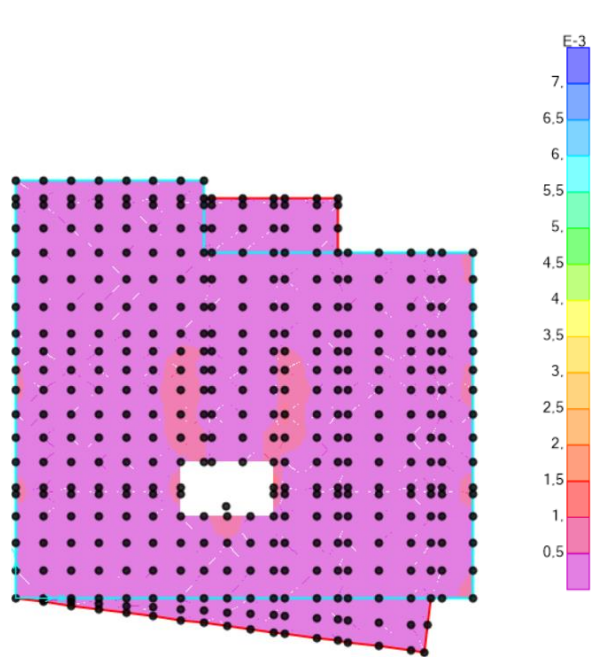


Figura 16.29 – Área de armadura inferior na laje do piso 5 segundo a direção y em m2/m

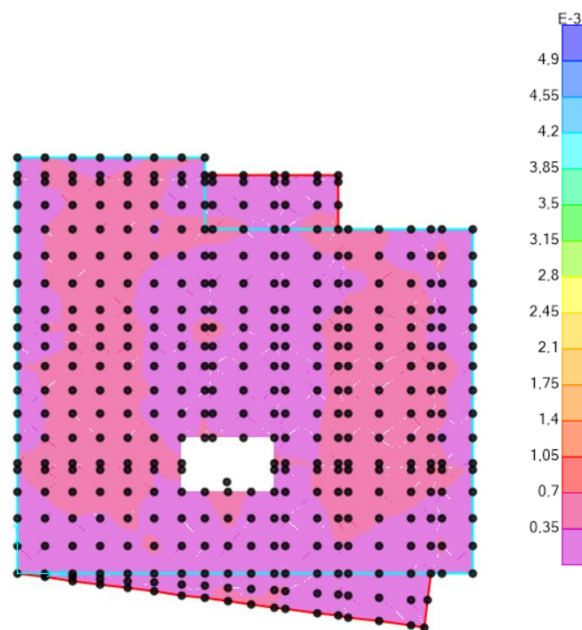


Figura 16.30 – Área de armadura inferior na laje do piso 5 segundo a direção x em m2/m

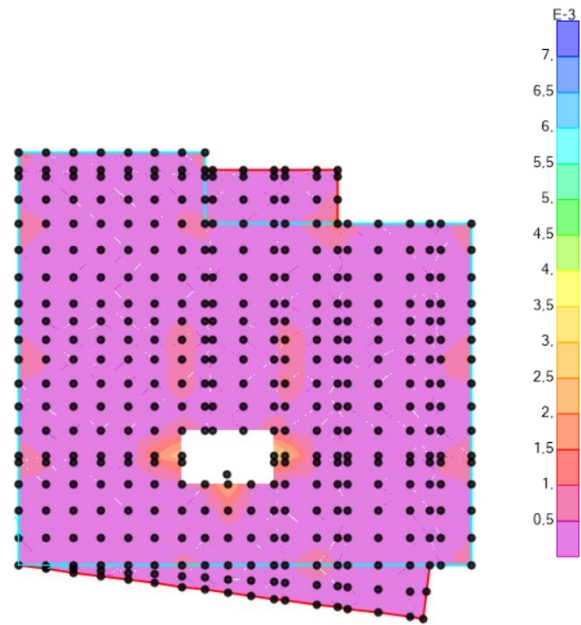


Figura 16.31 – Área de armadura superior na laje do piso 5 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

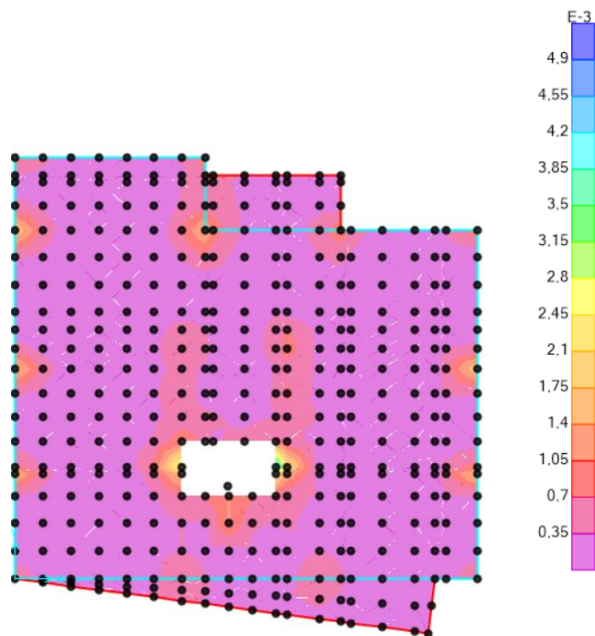


Figura 16.32 – Área de armadura superior na laje do piso 5 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m

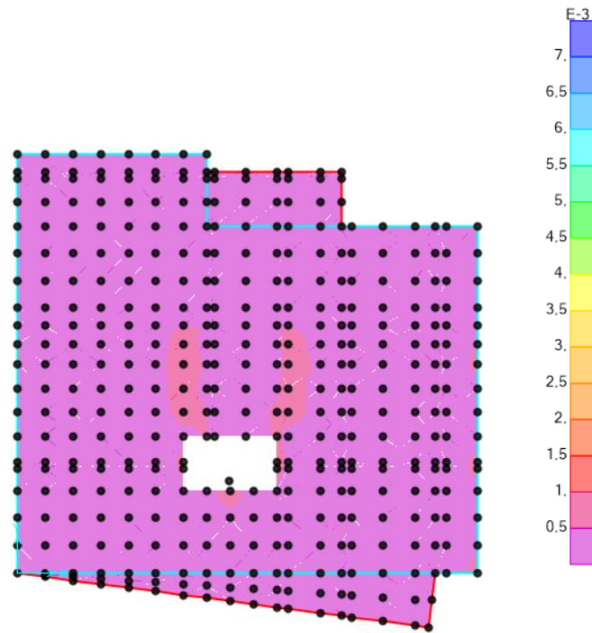


Figura 16.33 – Área de armadura inferior na laje do piso 6 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

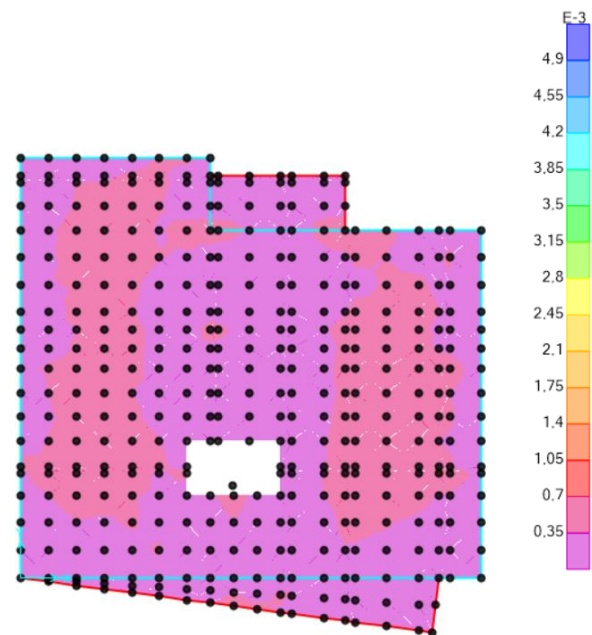


Figura 16.34 – Área de armadura inferior na laje do piso 6 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m



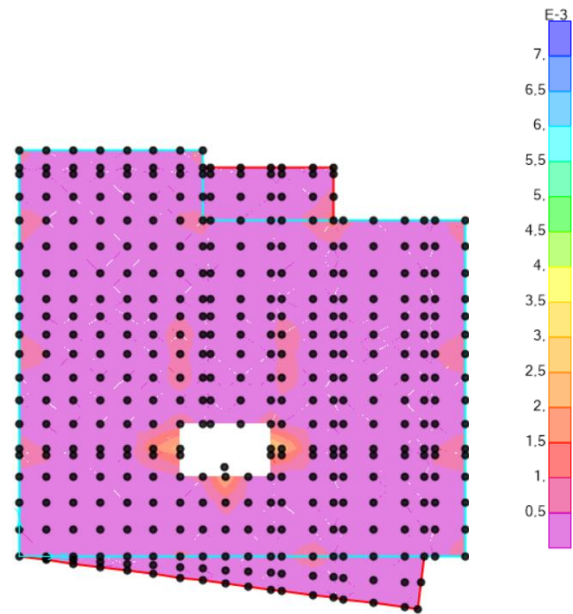


Figura 16.35 – Área de armadura superior na laje do piso 6 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

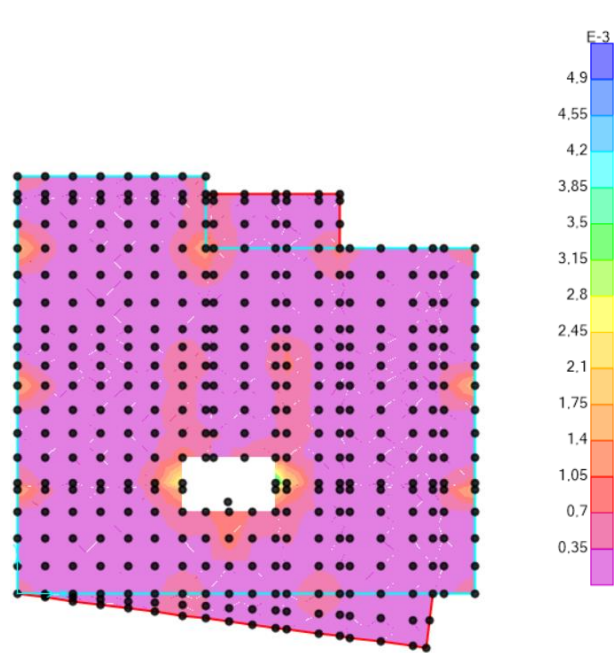


Figura 16.36 – Área de armadura superior na laje do piso 6 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m

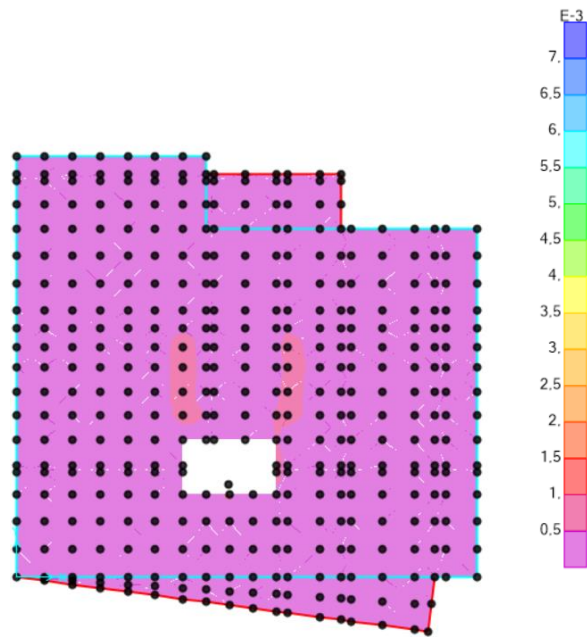


Figura 16.37 – Área de armadura inferior na laje do piso 7 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

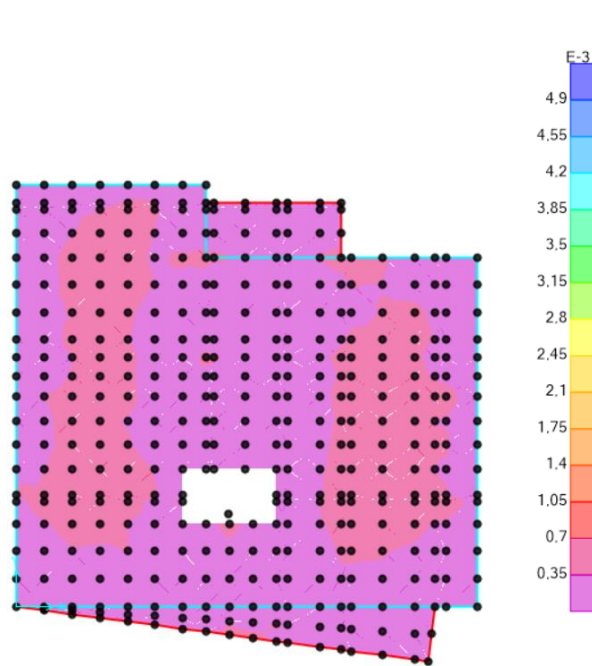
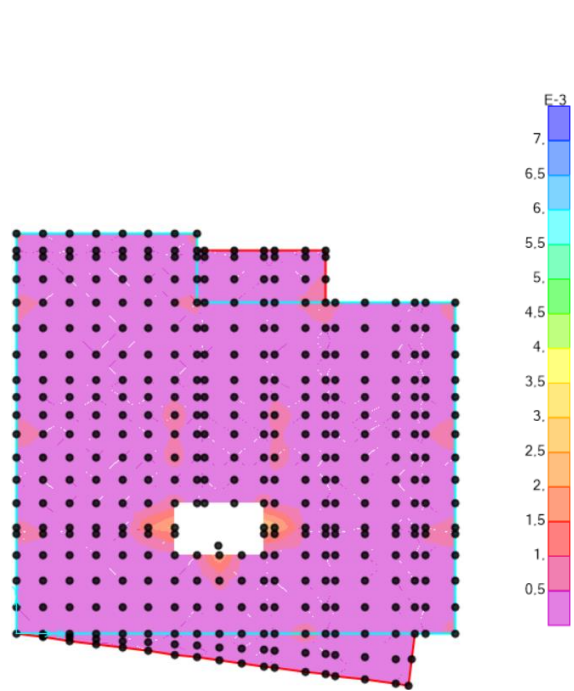
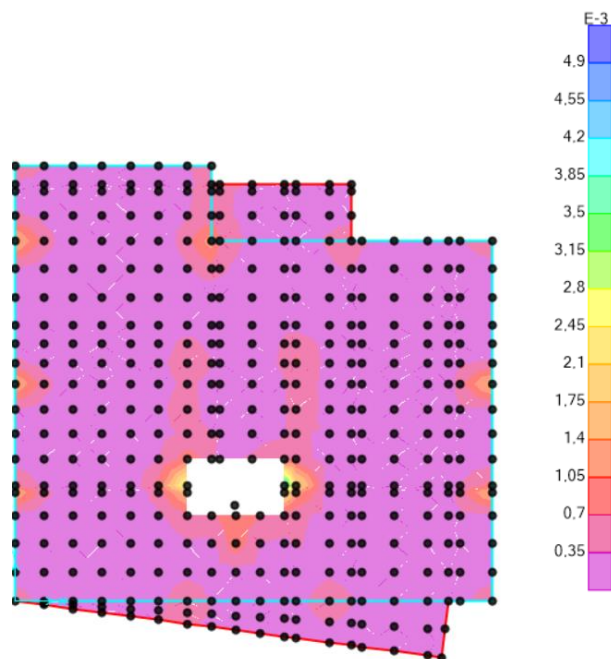


Figura 16.38 – Área de armadura inferior na laje do piso 7 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m



**Figura 16.39** – Área de armadura superior na laje do piso 7 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m



**Figura 16.40** – Área de armadura superior na laje do piso 7 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m

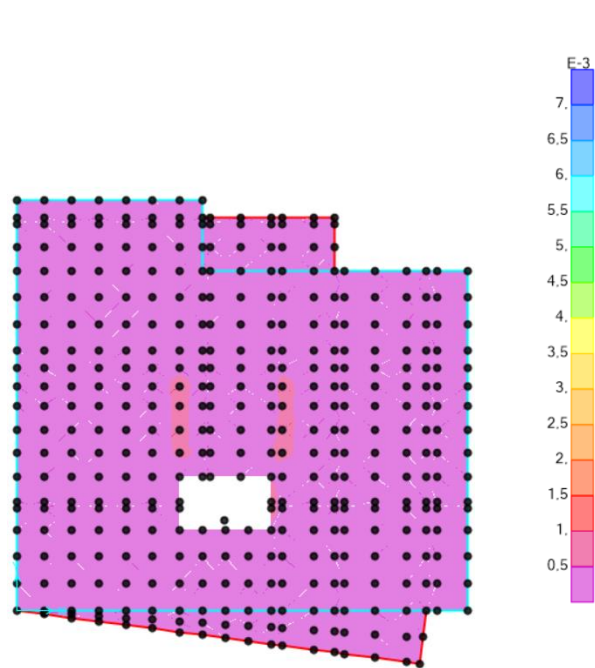


Figura 16.41 – Área de armadura inferior na laje do piso 8 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

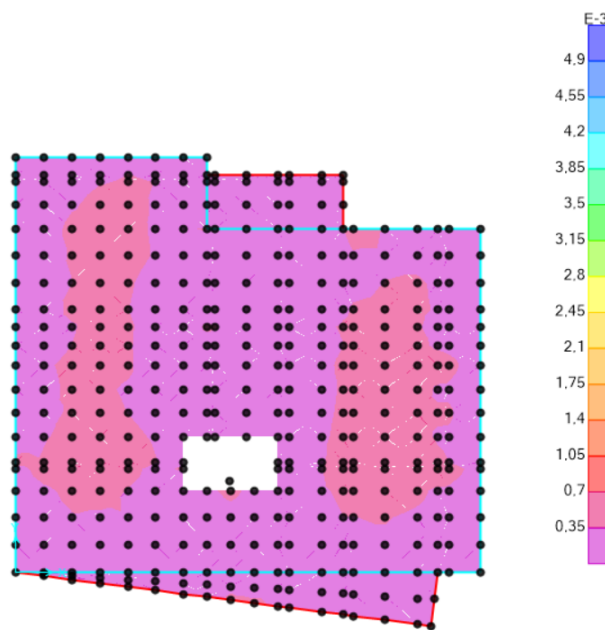


Figura 16.42 – Área de armadura inferior na laje do piso 8 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m

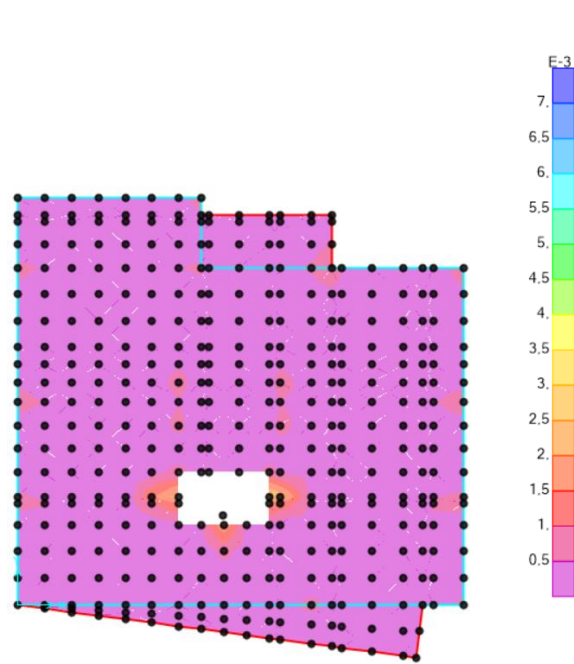


Figura 16.43 – Área de armadura superior na laje do piso 8 segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

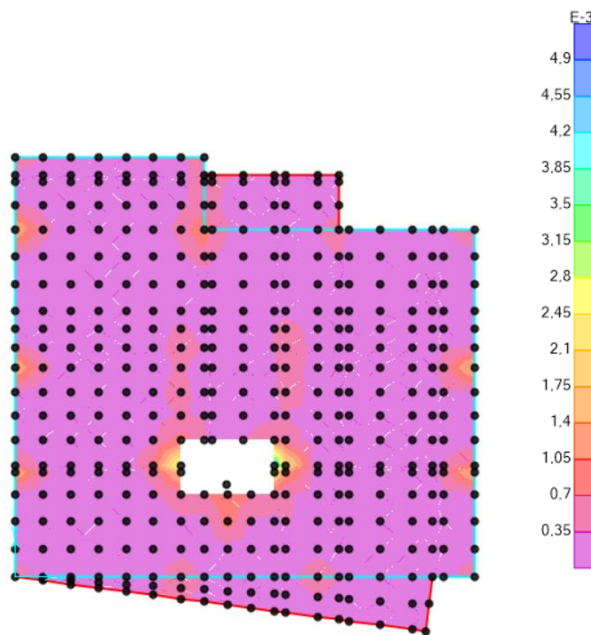


Figura 16.44 – Área de armadura superior na laje do piso 8 segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m

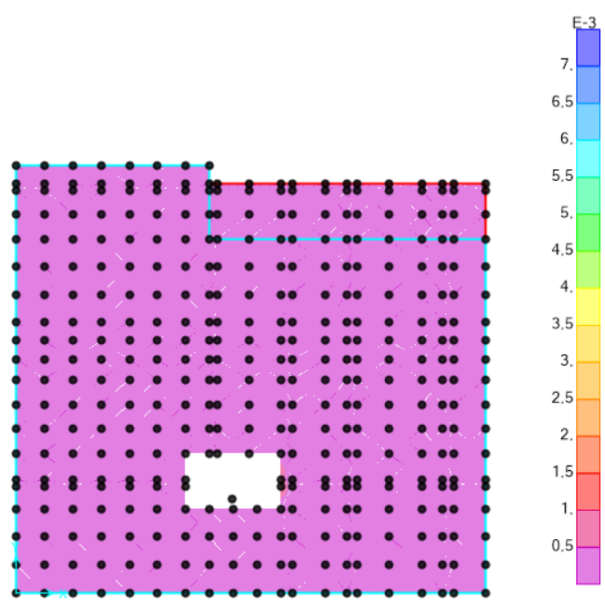


Figura 16.45 – Área de armadura inferior na laje do piso Cobertura segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m

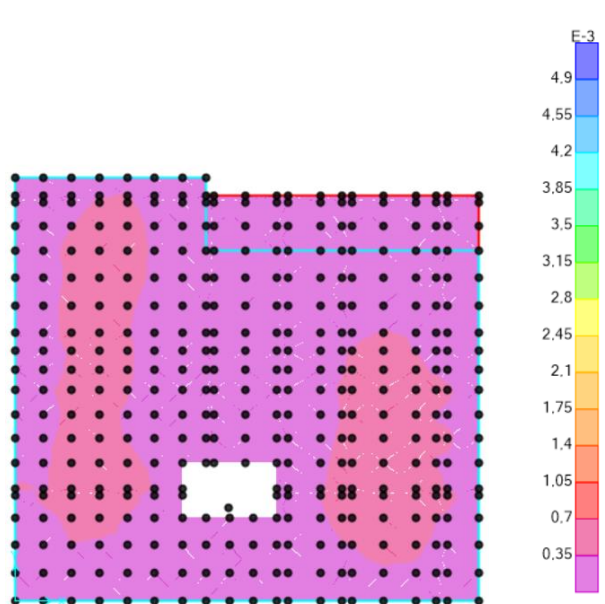
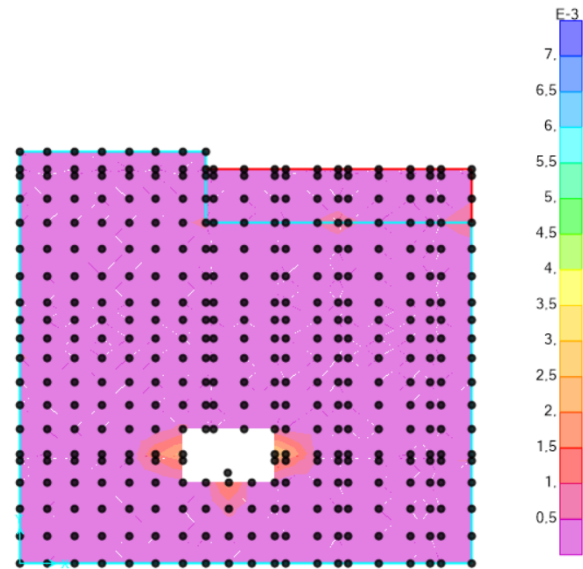
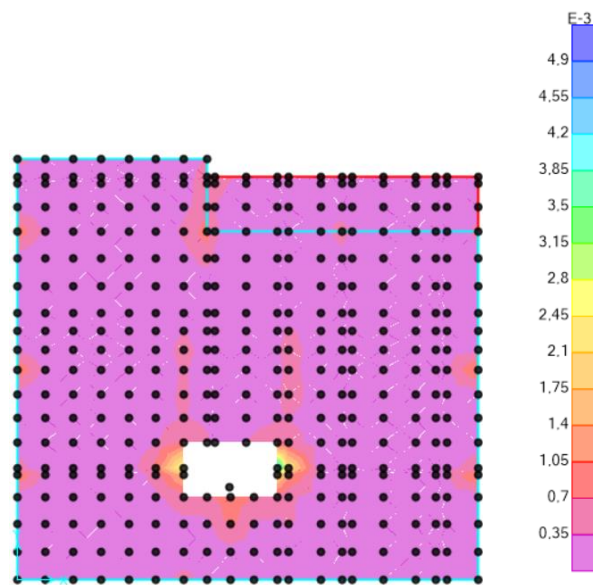


Figura 16.46 – Área de armadura inferior na laje do piso Cobertura segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m



**Figura 16.47** – Área de armadura superior na laje do piso Cobertura segundo a direção y em m<sup>2</sup>/m



**Figura 16.48** – Área de armadura superior na laje do piso Cobertura segundo a direção x em m<sup>2</sup>/m

