



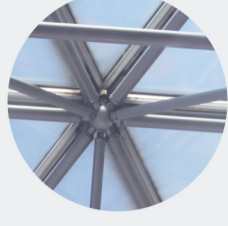
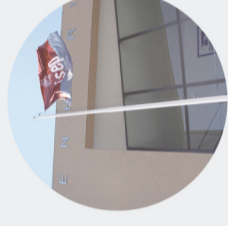
# DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS DE ENGENHARIA CIVIL

**MIGUEL ÂNGELO MOREIRA NEVES**

novembro de 2020

**isep**

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



## DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS DE ENGENHARIA CIVIL

MIGUEL ÂNGELO MOREIRA NEVES  
Outubro de 2020



INSTITUTO SUPERIOR DE  
ENGENHARIA DO PORTO

isep

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS DE ENGENHARIA CIVIL

MIGUEL ÂNGELO MOREIRA NEVES  
Outubro de 2020

POLITÉCNICO  
DO PORTO

Instituto Superior de  
**Engenharia** do Porto

Instituto Superior de Engenharia do Porto • Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 • 4249-015 Porto  
Tel. +351 228 340 500 • Fax +351 228 321 159 • mail@isep.iupp.pt • www.isep.iupp.pt

# **DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS DE ENGENHARIA CIVIL**

MIGUEL ANGELO MOREIRA NEVES (1131233)

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE ESTRUTURAS**

Orientadora: Isabel Maria Alvim Teles

Supervisor: Carlos César (CIVITEC ENG<sup>a</sup> LDA)

**OUTUBRO DE 2020**



# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Abreviaturas .....	xix
CAPÍTULO 1    Introdução.....	1
CAPÍTULO 2    Edifício de Habitação em Paredes.....	3
CAPÍTULO 3    Edifício de Habitação em Santo Tirso .....	77
CAPÍTULO 4    Edifício de Habitação em Matosinhos .....	89
CAPÍTULO 5    Considerações Finais.....	103
Referências Bibliográficas .....	105
Anexos .....	107



## **RESUMO**

O presente relatório refere-se ao trabalho desenvolvido durante o período de estágio curricular na empresa CIVITEC, enquadrado no ciclo de estudos do Mestrado em Engenharia Civil do ISEP, Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Durante o período de estágio foram desenvolvidos três projetos de estabilidade de betão armado, desde a fase de conceção, pré-dimensionamento, modelação numérica e análise de resultados, dimensionamento final, até à produção de peças desenhadas e escritas constituintes de um projeto de execução de estruturas. Foi possível analisar e dimensionar estruturas através de programas de cálculo automático e ferramentas de cálculo.

Neste trabalho será descrito pormenorizadamente um dos três projetos em betão armado desenvolvidos ao longo do estágio, tendo sido abarcadas todas as vertentes que constituem um projeto de estruturas e fundações de um edifício de habitação unifamiliar em betão armado e teve várias fases de desenvolvimento, desde a análise do projeto de arquitetura que serviu de base à fase final de peças desenhadas e passando pelo longo processo de dimensionamento e otimização dos elementos estruturais. Para o processo de dimensionamento foram utilizadas várias folhas de cálculo automático e o programa de cálculo CYPECAD. São ainda descritos de forma mais breve os restantes projetos desenvolvidos durante o estágio, onde foi utilizado o programa de cálculo automático ROBOT.

### **Palavras-chave:**

Estágio Curricular, Projeto de Estruturas, Estruturas, CYPECAD, ROBOT.



## **ABSTRACT**

This report refers to the work developed during the internship period at the company CIVITEC, within the study cycle of the Master in Civil Engineering at ISEP, Instituto Superior de Engenharia do Porto.

During the internship period, three reinforced concrete stability projects were developed, from the design, pre-design, numerical modeling and analysis of results phase, final design, to the production of designed and written pieces that make up a project for the execution of structures. It was possible to analyze and design structures through automatic calculation programs and calculation tools.

In this work, one of the three reinforced concrete projects developed during the internship will be described in detail, covering all aspects that constitute a project of structures and foundations of a single-family building in reinforced concrete and had several stages of development, from the analysis of the architectural design that served as the basis for the final phase of designed parts and going through the long process of dimensioning and optimization of structural elements. For the design process, several automatic spreadsheets and the CYPECAD calculation program were used. The remaining projects developed during the internship are also briefly described, where the ROBOT automatic calculation program was used.

### **Keywords:**

Curricular stage, Structural Design, Structures, CYPECAD, ROBOT.



## **AGRADECIMENTOS**

A concretização de um projeto com esta natureza não se deve apenas ao autor, mas antes, a todos aqueles que de forma direta ou indireta se envolveram. Foi enorme e constante a partilha. Partilharam-se dúvidas, incertezas, conquistas e muitas, muitas aprendizagens numa face tão difícil da nossa vida.

Agradeço, em primeiro lugar, ao Engenheiro Carlos César que com o seu grande apoio, dedicação, paciência, orientação e confiança, fatores que me ajudaram a construir o caminho até à concretização deste trabalho. Os desafios que colocou, as palavras que corrigiu e até os desabafos que ouviu foram fundamentais para a evolução do conhecimento, e que, sem ele não teria sido possível. Agradeço em segundo lugar à Engenheira Isabel Teles pelo apoio dado nesta batalha. Agradeço também a todos os professores do Instituto Superior de Engenharia do Porto pelos conhecimentos que me transmitiram e que foram importantes no desenrolar deste trabalho. Quero também agradecer aos colegas de Mestrado com os quais a discussão e partilha de saberes e experiências fizeram este percurso ganhar um especial encanto.

Por fim, agradecer aos meus pais por tudo o que abdicaram e pelos estímulos que sempre transmitiram para estudar e gostar de aprender.



# ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.1	Considerações Iniciais.....	1
1.2	Empresa onde se desenvolveu o Estágio.....	2
CAPÍTULO 2	Edifício de Habitação em Paredes.....	3
2.1	Caracterização.....	3
2.1.1	Lajes.....	6
2.1.2	Vigas.....	6
2.1.3	Pilares.....	6
2.1.4	Fundações.....	6
2.2	Condicionantes.....	6
2.3	Materiais Estruturais.....	10
2.4	Ações.....	11
2.4.1	Ações Permanentes.....	12
2.4.2	Ações Variáveis.....	12
2.5	Solução estrutural.....	16
2.6	Verificação de Segurança.....	21
2.6.1	Estados limites últimos.....	22
2.6.2	Estados limites de utilização.....	23
2.7	Estabilidade Global da Estrutura.....	25
2.8	Pré-Dimensionamento.....	27
2.8.1	Lajes Aligeiradas.....	27

## ÍNDICE DE TEXTO

2.8.2	Lajes Maciças.....	34
2.8.3	Vigas.....	39
2.8.4	Pilares.....	47
2.8.5	Fundações.....	52
2.9	Modelo de Cálculo 3D.....	60
2.9.1	CYPECAD.....	60
2.9.2	Dimensionamento.....	65
CAPÍTULO 3	Edifício de Habitação em Santo Tirso.....	77
3.1	Caracterização.....	77
3.2	Ações e Solução Estrutural.....	81
3.3	Pré-Dimensionamento.....	83
CAPÍTULO 4	Edifício de Habitação em Matosinhos.....	89
4.1	Caracterização.....	89
4.2	Ações e Solução Estrutural.....	92
4.3	Pré-Dimensionamento.....	95
4.4	Modelação da estrutura em ROBOT.....	100
4.4.1	Definição da Geometria.....	101
4.4.2	Introdução das Cargas.....	102
CAPÍTULO 5	Considerações Finais .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Logotipo CIVITEC .....	2
Figura 2.1 – Alçado Norte (Projeto de arquitetura).....	3
Figura 2.2 – Alçado Poente (Projeto de arquitetura).....	3
Figura 2.3 – Alçado Nascente (Projeto de arquitetura). ....	4
Figura 2.4 – Alçado Sul (Projeto de arquitetura).....	4
Figura 2.5 – Corte AA (Projeto de arquitetura).....	4
Figura 2.6 – Cave (Projeto de arquitetura). ....	5
Figura 2.7 – Piso elevado (Projeto de arquitetura). ....	5
Figura 2.8 – Condicionante 1 (Projeto de arquitetura).....	7
Figura 2.9 – Condicionante 2 (Projeto de arquitetura).....	7
Figura 2.10 – Condicionante 3 (Projeto de arquitetura).....	8
Figura 2.11 – Condicionante 4 (Projeto de arquitetura).....	8
Figura 2.12 – Condicionante 5 (Projeto de arquitetura).....	9
Figura 2.13 – Condicionante 6 (Projeto de arquitetura).....	9
Figura 2.14 – Zoneamento do território nacional (RSA). ....	14
Figura 2.15 – Esquema estrutural da fundação – nível 1 (Projeto de estruturas). ....	17
Figura 2.16 – Esquema estrutural da fundação – nível 2 (Projeto de estruturas). ....	18
Figura 2.17 – Esquema estrutural do R/C (Projeto de estruturas).....	19
Figura 2.18 – Esquema estrutural da cobertura (Projeto de estruturas).....	20
Figura 2.19 – Cálculo automático da estabilidade global da estrutura (fonte: CIVITEC). ....	26
Figura 2.20 – Lajes aligeiradas (SPRAL). ....	28

Figura 2.21 – Introdução de dados para cálculo de lajes aligeiradas (fonte: SPRAL).....	31
Figura 2.22 – Pormenor de armaduras de lajes aligeiradas (Projeto de estruturas). ....	32
Figura 2.23 – Pormenor tipo de ligação das lajes aligeiradas às vigas embebidas (Projeto de estruturas). .....	33
Figura 2.24 – Pormenor tipo de maciçamento de lajes aligeiradas (Projeto de estruturas). ....	33
Figura 2.25 – Pormenor de distribuição de armadura em lajes maciças (Projeto de estruturas). ....	36
Figura 2.26 – Escada tipo de 1 lanço (Projeto de estruturas). ....	37
Figura 2.27 – Pormenor de arranque de escada apoiada em laje (Projeto de estruturas).....	38
Figura 2.28 – Constituição da Escada Térrea (Projeto de estruturas).....	38
Figura 2.29 – Pormenor de Arranque de Escada Assente no Terreno (Projeto de estruturas). ....	39
Figura 2.30 – Esforços elásticos de tipos de vigas.....	42
Figura 2.31 – Esforços da viga em estudo (Fórmulas).....	44
Figura 2.32 – Cálculo da viga em estudo (fonte: CIVITEC). ....	45
Figura 2.33 – Amarração da armadura longitudinal junto a um apoio extremo (Projeto de estruturas)..	46
Figura 2.34 – Amarração da armadura longitudinal junto a um apoio intermédio (Projeto de estruturas). .....	46
Figura 2.35 – Amarração da armadura longitudinal junto a um apoio contínuo (Parede, Núcleo, Muro de Suporte, etc.) (Projeto de estruturas). ....	46
Figura 2.36 – Pilares com seção constante (Projeto de estruturas). ....	48
Figura 2.37 – Amarração de armaduras em lajes e vigas (Projeto de estruturas). ....	49
Figura 2.38 – Arranque de armaduras em lajes, vigas e sapatas (Projeto de estruturas). ....	49
Figura 2.39 – Pilares com seção variável (Projeto de estruturas). ....	50
Figura 2.40 – Pilar embebido no muro de igual espessura (Projeto de estruturas). ....	51
Figura 2.41 – Pormenor de sapata (alçado) (Projeto de estruturas). ....	53
Figura 2.42 – Pormenor tipo vigas de equilíbrio (Projeto de estruturas). ....	54
Figura 2.43 – Pormenor Muro Cave (Projeto de estruturas). ....	55
Figura 2.44 – Pormenor Muro Suporte 1 (Projeto de estruturas). ....	56

Figura 2.45 – Pormenor Muro Suporte 2 (Projeto de estruturas). .....	57
Figura 2.46 – Pormenor Junta de construção em Muros de Suporte (Projeto de estruturas). .....	58
Figura 2.47 – Pormenor da Emenda da Armadura Horizontal dos Muros (Projeto de estruturas). .....	58
Figura 2.48 – Pormenor dos Desníveis das Sapatas dos Muros de Suporte (Projeto de estruturas). .....	58
Figura 2.49 – Pormenor de Amarração de Armaduras nos Cantos em Muros (Projeto de estruturas). ...	59
Figura 2.50 – Junta de Dilatação em Muros de Suporte (Projeto de estruturas). .....	59
Figura 2.51 – Pormenor Tipo de Impermeabilização e Drenagem (Projeto de estruturas). .....	60
Figura 2.52 – Modelo 3D da Obra em Estudo. ....	61
Figura 2.53 – Dados Gerais da Obra. ....	62
Figura 2.54 – Valores da Ação do Vento (CYPECAD). .....	63
Figura 2.55 – Valores da Ação do Sismo (CYPECAD). .....	64
Figura 2.56 – Processo de introdução de lajes aligeiradas no CYPECAD. ....	65
Figura 2.57 – Processo de introdução de lajes maciças no CYPECAD. ....	66
Figura 2.58 – Processo de introdução de vigas no CYPECAD. ....	68
Figura 2.59 – Área de armadura transversal (CYPECAD). .....	69
Figura 2.60 – Área de armadura longitudinal (CYPECAD). .....	70
Figura 2.61 – Resultado de armadura da Viga VC.7 (CYPECAD). .....	71
Figura 2.62 – Processo de introdução de pilares no CYPECAD. ....	72
Figura 2.63 – Resultado de armadura Pilar P19 (CYPECAD). .....	74
Figura 2.64 – Definição de elementos de fundação. ....	75
Figura 2.65 – Exemplo de fundação pelo CYPECAD. ....	76
Figura 2.66 – Solução de fundação em 3D pelo CYPECAD. ....	76
Figura 3.1 – Alçado principal e alçado de tardoz (Projeto de arquitetura). .....	77
Figura 3.2 – Alçado lateral direito e alçado lateral esquerdo (Projeto de arquitetura). .....	77
Figura 3.3 – R/C planta antiga e R/C planta alterada (Projeto de arquitetura). .....	78
Figura 3.4 – R/C planta nova (Projeto de arquitetura). .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.5 – Piso elevado planta antiga e piso elevado planta alterada (Projeto de arquitetura). .....	79
Figura 3.6 – Piso elevado planta nova (Projeto de arquitetura). .....	80
Figura 3.7 – Esquema estrutural do piso elevado (Projeto de estruturas). .....	82
Figura 3.8 – Esquema estrutural da cobertura (Projeto de estruturas). .....	83
Figura 3.9 – Lajes aligeiradas (SPRAL). .....	84
Figura 4.1 – Alçado tardoz – Oeste e alçado frontal – Este (Projeto de arquitetura). .....	89
Figura 4.2 – Alçado pelo arruamento (Projeto de arquitetura). .....	90
Figura 4.3 – Planta piso enterrado e planta R/C (Projeto de arquitetura). .....	90
Figura 4.4 – Planta do piso elevado e planta do sótão (Projeto de arquitetura). .....	91
Figura 4.5 – Esquema estrutural do R/C (Projeto de estruturas). .....	93
Figura 4.6 – Esquema estrutural do piso elevado (Projeto de estruturas). .....	94
Figura 4.7 – Esquema estrutural do sótão e da cobertura (Projeto de estruturas). .....	95
Figura 4.8 – Lajes aligeiradas (SPRAL). .....	97
Figura 4.9 – Modelo 3D da estrutura no ROBOT. ....	100
Figura 4.10 – Secções de vigas e pilares. ....	101
Figura 4.11 – Modelo do ROBOT: dimensões dos elementos estruturais. ....	102
Figura 4.12 – Cargas no ROBOT. ....	102

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Materiais Estruturais.....	10
Tabela 2.2 – Valores das sobrecargas em Edifícios.....	13
Tabela 2.3 – Combinações de Ações.....	23
Tabela 2.4 – Relação entre $\alpha$ e tipo de apoio.....	29
Tabela 2.5 – Relação entre $\alpha$ e tipo de apoio.....	34
Tabela 2.6 – Resumo de lajes maciças.....	35
Tabela 2.7 – Armadura de laje maciça de escada.....	37
Tabela 2.8 – Relação entre $\alpha$ e tipo de apoio.....	40
Tabela 2.9 – Altura mínima das vigas.....	40
Tabela 2.10 – Quadro de Sapatas.....	53
Tabela 2.11 – Resumo de Lajes Maciças.....	66
Tabela 3.1 – Altura mínima das vigas.....	85
Tabela 3.2 – Armadura possível de cada viga.....	86
Tabela 4.1 – Dimensões das vigas.....	98
Tabela 4.2 – Armadura possível de cada viga.....	99



## ABREVIATURAS

$N_k$	cargas verticais
$SE_k$	esforço resultante da ação sísmica
$SG_k$	esforço resultante de uma ação permanente
$SQ_{1k}$	esforço resultante de ação variável como ação base
$SQ_{jk}$	esforço resultante de uma ação variável distinta da ação base
$SQ_k$	esforço resultante da ação da sobrecarga
$SW_k$	esforço resultante da ação do vento
$\gamma_{gi}$	coeficiente de segurança relativo às ações permanentes
$\gamma_q$	coeficiente de segurança relativo às ações variáveis
$\psi_{0j}; \psi_{2i}$	coeficientes correspondentes à ação variável de ordem $j$
$\psi_1$	coeficientes correspondentes à ação variável de ordem 1
$\sum(EcI_c)$	somatório de rigidez dos pilares
$A_c$	seção de betão
$A_s$	seção de aço
$b$	base da viga
$d$	altura útil da viga
$f_{cd}$	valor de cálculo da tensão de rotura do betão
$H$	altura total da estrutura
$h$	espessura da laje
$l$	vão teórico
$l_i$	vão equivalente

## ABREVIATURAS

Ned	valor do esforço axial
PP.p	peso próprio do pilar
REBAP	regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforço
RSA	regulamento de Segurança e Ações em Estruturas de Edifícios e Pontes
Ved	valor de cálculo de esforço transversal atuante
W	coeficiente de encurvadura
$\alpha$	coeficiente dependente da condição de apoio
$\eta$	coeficiente consoante o tipo de aço
Med	momento fletor atuante
$Rd$	valor de cálculo do esforço resistente
$Sd$	valor de cálculo do esforço atuante

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No presente relatório está exposto o trabalho realizado durante o estágio curricular no âmbito da unidade curricular de DIPRE (Dissertação/Projeto/Estágio), que decorreu na empresa CIVITEC e que teve como objetivo a integração numa equipa de projeto para desenvolvimento de atividades de engenharia no ramo de estruturas. Para além das valências alcançadas ao nível técnico, este estágio permitiu também desenvolver aptidões ao nível sócio-profissional.

Serão apresentados três projetos de estabilidade, sendo dois deles construções novas e o restante uma intervenção num edifício existente do qual apenas se aproveitou a fachada. O projeto de estruturas que será mais detalhadamente desenvolvido é um edifício de habitação unifamiliar em betão armado com cave, R/C e muros de suporte, situado no concelho de Paredes.

Na realização do pré-dimensionamento e posteriormente do dimensionamento dos projetos foram aplicados os conhecimentos adquiridos em unidades curriculares lecionadas no curso de Engenharia Civil. Para além do referido foi, no âmbito do dimensionamento, utilizado programas de cálculo automático para a obtenção de resultados.

A utilização de programas de cálculo tem um papel fundamental no desempenho da atividade de projetista, ajudando a evitar/prevenir possíveis erros e facultando uma rapidez de execução que de outra forma seria impossível. Permitem a simulação do comportamento das estruturas, determinando a sua reação às diferentes solicitações e possibilitando o estudo e otimização de soluções estruturais capazes de responder a todos os requisitos de segurança, tendo também em atenção o custo e aptidão de uso.

## 1.2 EMPRESA ONDE SE DESENVOLVEU O ESTÁGIO

O estágio curricular teve lugar numa microempresa na área da Engenharia Civil, a empresa CIVITEC Eng.<sup>a</sup> Lda, localizada na Rua Central de Gandra, do Concelho de Paredes. Esta foi fundada em 2018 e teve origem na empresa Strongaxis-Eng.<sup>a</sup>, Lda que conta com 13 anos de atividade.



Figura 1.1 – Logotipo CIVITEC

A empresa CIVITEC conta com quase dois anos de atividade e tem tido uma evolução rápida, apresentando o seu quadro 4 engenheiros. Os projetos desenvolvidos pela empresa abarcam todas as especialidades de Engenharia Civil tais como: Estruturas, Hidráulica, Térmica, Acústica, Gás, Terraplanagens, Pavimentações, Sinalização.

A empresa também presta serviços de Engenharia Eletrotécnica e Mecânica, com recurso a subcontratação a outras empresas dessas especialidades.

## CAPÍTULO 2

### EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO EM PAREDES

Neste capítulo apresenta-se o edifício que foi mais detalhadamente desenvolvido. Será feita uma caracterização da sua arquitetura e projeto de estabilidade

#### 2.1 CARACTERIZAÇÃO

O edifício foi concebido para uma finalidade de habitação possuindo 1 piso destinado a esse efeito e um piso enterrado destinado a garagem e arrecadações.

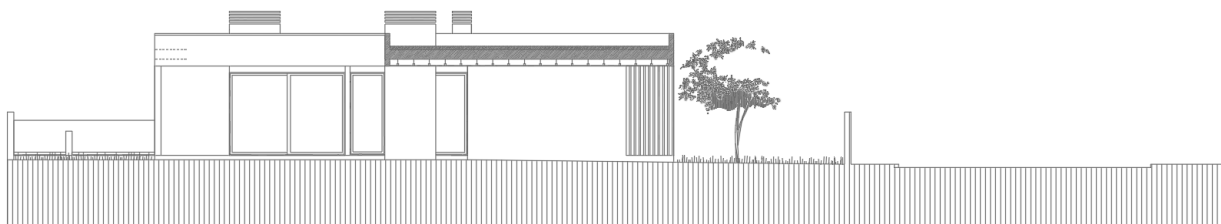


Figura 2.1 – Alçado Norte (Projeto de arquitetura).

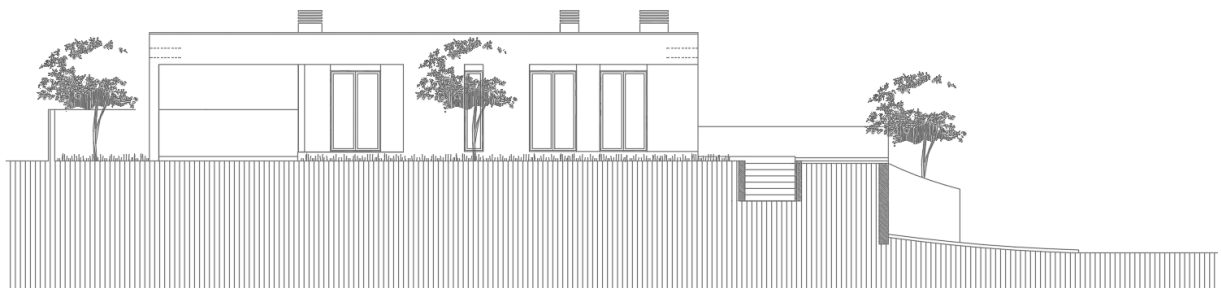


Figura 2.2 – Alçado Poente (Projeto de arquitetura).

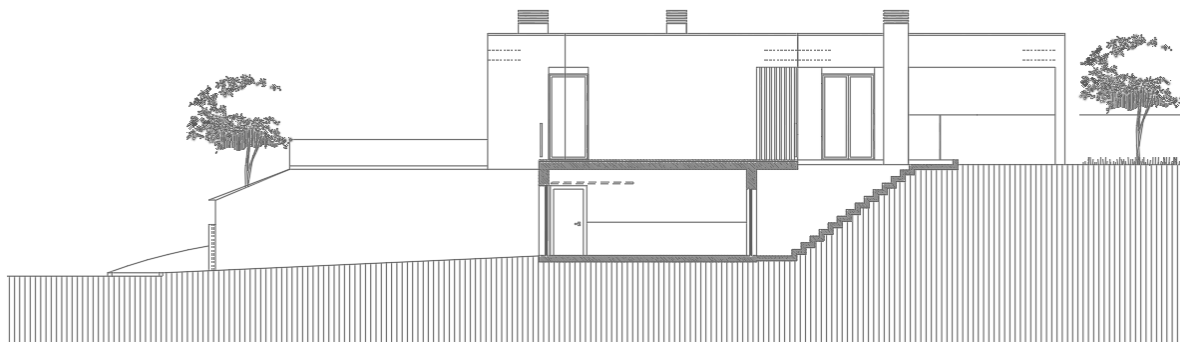


Figura 2.3 – Alçado Nascente (Projeto de arquitetura).

O edifício é dotado de escadas interiores e exteriores que fazem a ligação entre a garagem e o piso elevado. Esta propriedade apresenta também duas entradas para viaturas, uma do lado poente que dá acesso a uma zona coberta e outra do lado sul que dá acesso à garagem. Existe ainda uma pequena zona ajardinada na zona sul.

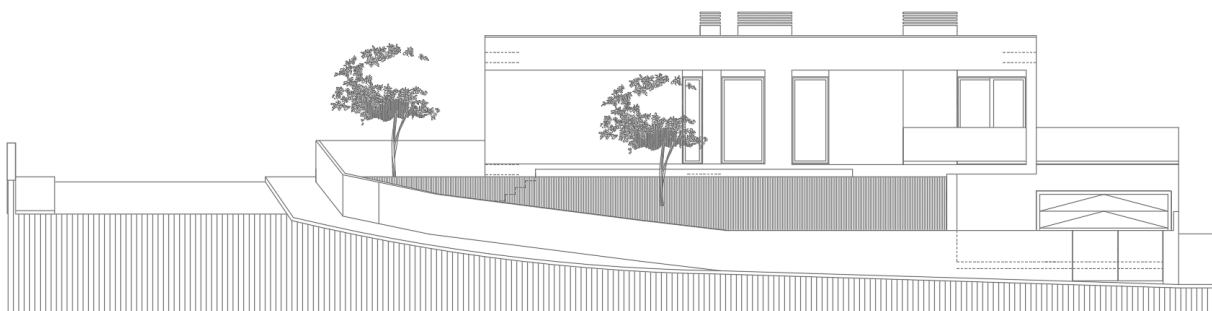


Figura 2.4 – Alçado Sul (Projeto de arquitetura).

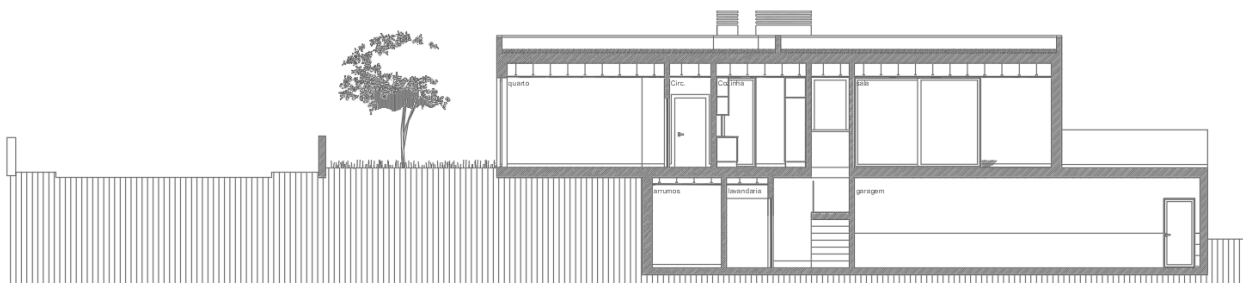


Figura 2.5 – Corte AA (Projeto de arquitetura).

A cave (planta na figura 2.6) é destinada a lavanderia com 8,6 m<sup>2</sup>, arrumos com 10 m<sup>2</sup> e garagem com 60 m<sup>2</sup>, sendo a cota na entrada -2,90m. Já no piso elevando (planta na figura 2.7) verifica-se a presença de um alpendre, uma suite com 21,10 m<sup>2</sup>, dois quartos, uma cozinha com 15,60 m<sup>2</sup>, uma sala com 32,45 m<sup>2</sup> e uma casa de banho com 3,00 m<sup>2</sup> sendo a cota de soleira na entrada de 0,00m.

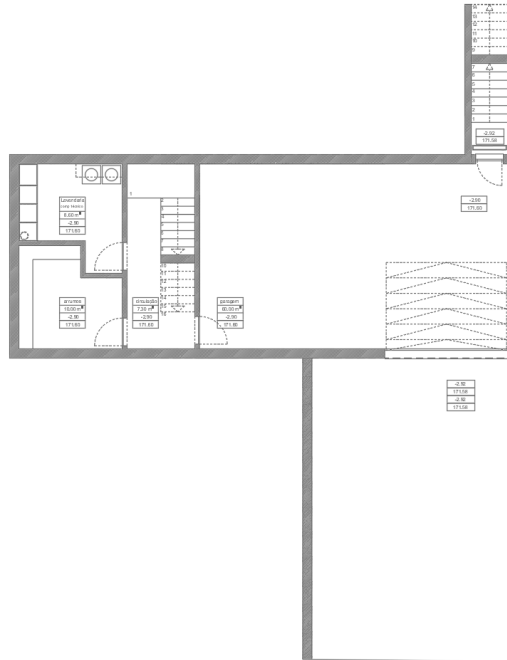


Figura 2.6 – Cave (Projeto de arquitetura).

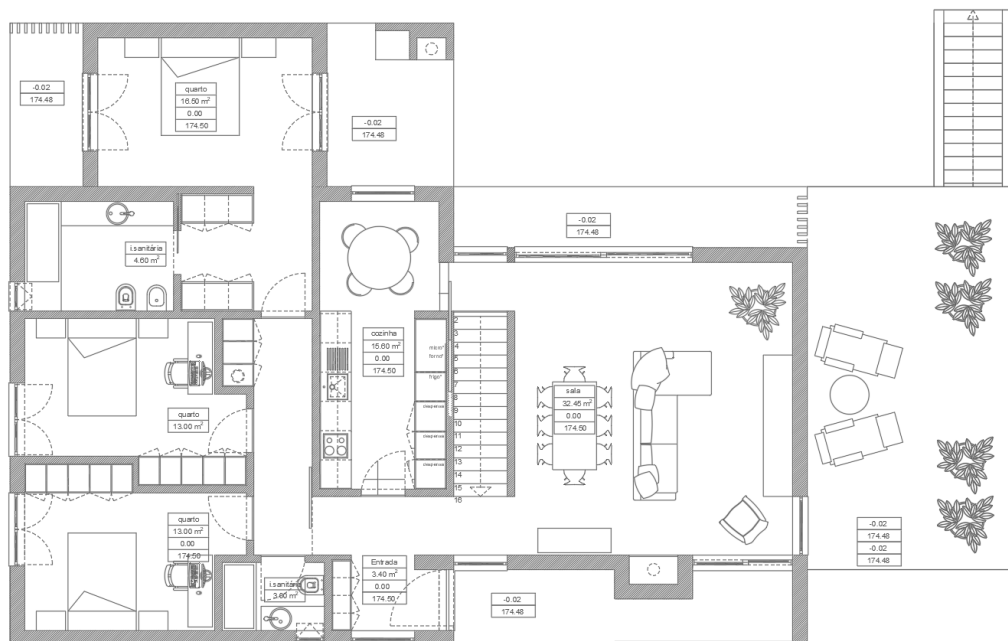


Figura 2.7 – Piso elevado (Projeto de arquitetura).

### **2.1.1 Lajes**

As lajes utilizadas são lajes aligeiradas de vigotas pré-esforças com alturas variáveis. Foram também empregues algumas lajes maciças.

### **2.1.2 Vigas**

As vigas em betão armado são de geometria retangular, com larguras e alturas variáveis, conforme a sua localização na conceção estrutural adotada. A maioria destas vigas apresentam dimensões fixadas pela geometria da arquitetura, outras foram fixadas pelo dimensionamento estrutural. Poderão existir vigas do tipo embebida, invertida e aparente.

### **2.1.3 Pilares**

Foram estudadas secções de pilares tendo em conta as condicionantes arquitetónicas, mas cumprindo sempre as condições de resistência e estabilidade. Os pilares foram dimensionados de forma a verificarem a segurança ao estado limite último de resistência à flexão composta e encurvadura.

### **2.1.4 Fundações**

As fundações são todas do tipo direto em betão armado – sapatas rígidas centradas, excêntricas ou conjuntas – formadas por sapatas de geometria retangular, com alturas variáveis.

## **2.2 CONDICIONANTES**

Estudar e conhecer as condicionantes do edifício em estudo irá permitir adotar soluções adequadas face ao que é proposto, respeitando as imposições da arquitetura e, em simultâneo, garantindo a segurança de toda a estrutura.

Por imposições da arquitetura, a viga de entrada da garagem poderá ter uma altura máxima de 0,70m.

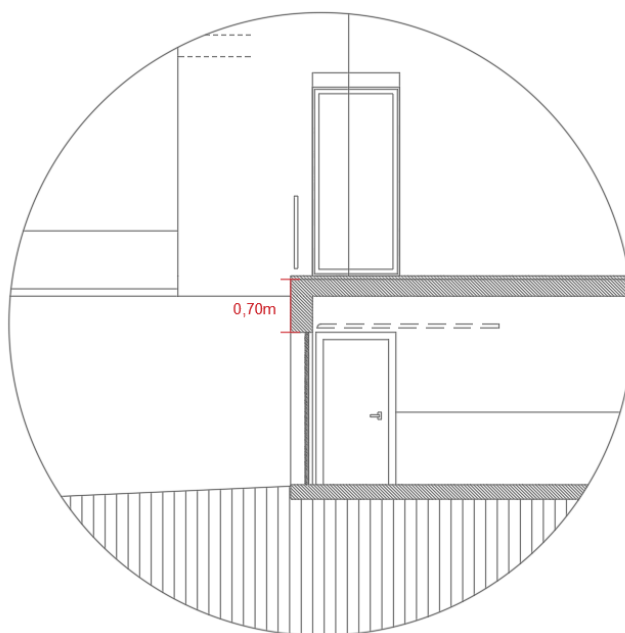


Figura 2.8 – Condicionante 1 (Projeto de arquitetura).

As vigas interiores poderão ter uma altura máxima de 0,50m, imposta pelos desenhos de arquitetura. De reparar que na planta de arquitetura se prevê um teto falso, condicionando este a máxima altura das vigas.

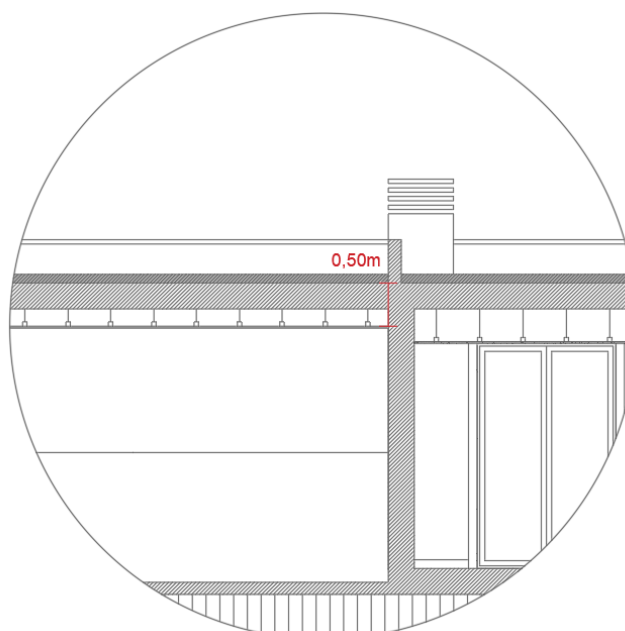


Figura 2.9 – Condicionante 2 (Projeto de arquitetura).

As paredes exteriores da habitação estão limitadas a 0,30m, o que após descontar as espessuras de rebocos e revestimentos, deixa para a estrutura uma largura de 0,20m.

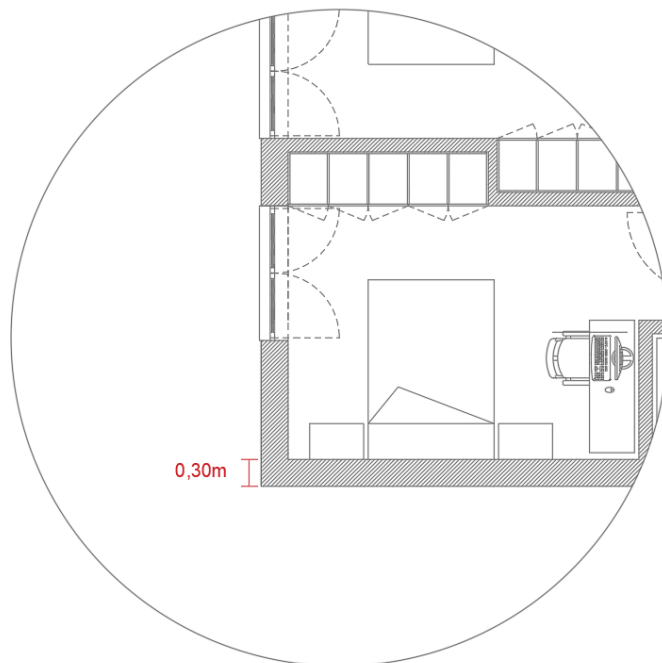


Figura 2.10 – Condicionante 3 (Projeto de arquitetura).

Entre a laje do alpendre e a laje de pavimento do quarto suite deverá ser assegurado um desnível de 0,15m.

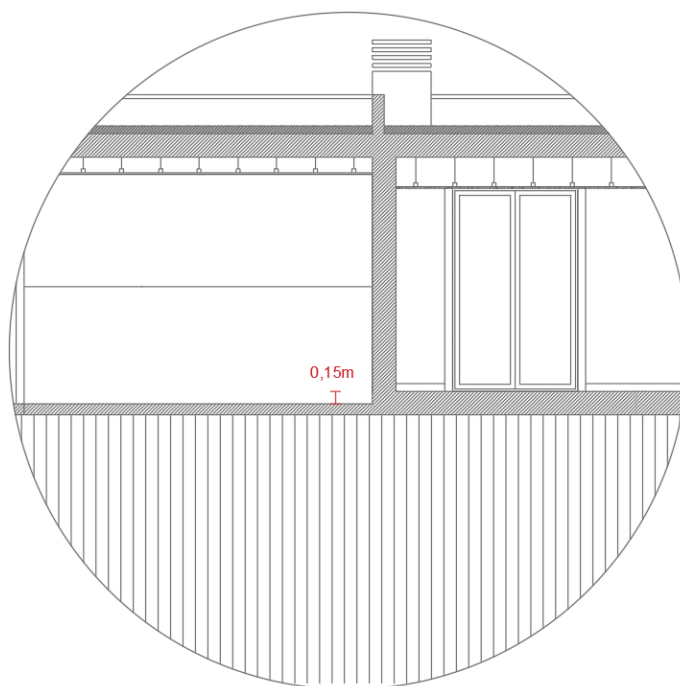


Figura 2.11 – Condicionante 4 (Projeto de arquitetura).

A vigas interiores estão limitadas a uma altura de 0,30m no local onde se encontra a garagem.

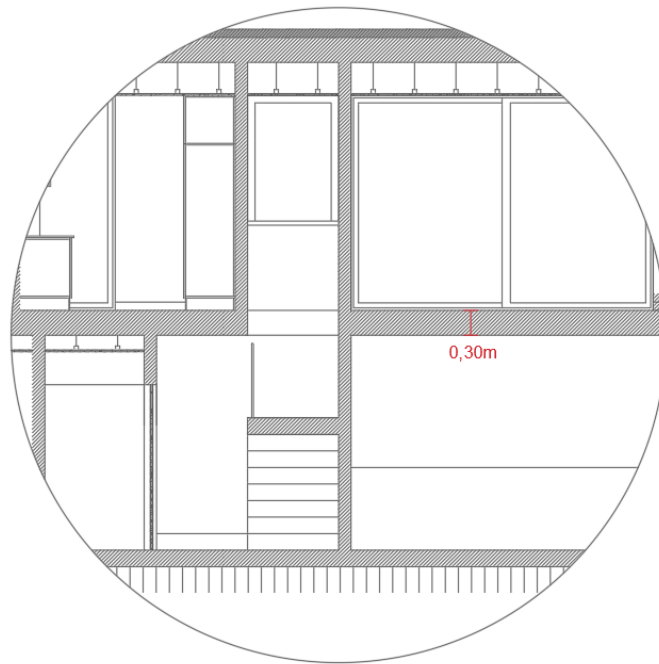


Figura 2.12 – Condicionante 5 (Projeto de arquitetura).

As vigas de fachada do piso de habitação não poderão exceder a altura de 0,70m. Caso uma viga exceda o valor máximo poderá ser invertida e terá funcionalidade de parapeito.

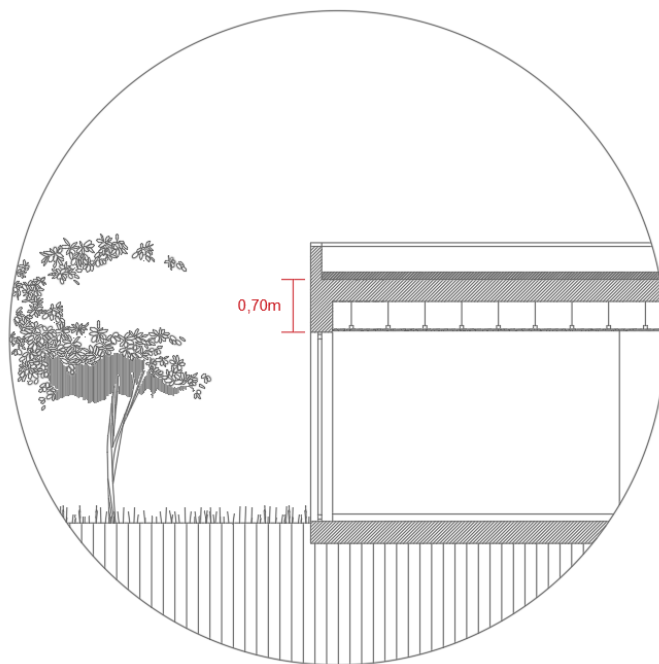


Figura 2.13 – Condicionante 6 (Projeto de arquitetura).

## 2.3 MATERIAIS ESTRUTURAIIS

No seguinte quadro são apresentados os materiais estruturais utilizados no projeto em estudo.

Tabela 2.1 – Materiais Estruturais.

<b>Materiais Estruturais</b>		
<b>Betão (NP EN 206-1)</b>		
Betão de limpeza ou regularização	Classe de betão	C12/15; fcd = 8,0 MPa
	Classe de teor de cloretos	Cl 0,20
	Dimensão máxima do agregado	22 mm
	Classe de abaixamento	S2
	Classe de exposição ambiental	X0
Pavimento térreo; Pavimento ventilado	Classe de betão	C25/30; fcd = 16,7 MPa
	Classe de teor de cloretos	Cl 0,20
	Dimensão máxima do agregado	22 mm
	Classe de abaixamento	S2
	Classe de exposição ambiental	XC2
Sapatas; Vigas de fundação	Classe de betão	C25/30; fcd = 16,7 MPa
	Classe de teor de cloretos	Cl 0,20
	Dimensão máxima do agregado	22 mm
	Classe de abaixamento	S3
	Classe de exposição ambiental	XC2
Lajes; Pilares; Vigas; Paredes; Muros; Restantes elementos	Classe de betão	C25/30; fcd = 16,7 MPa
	Classe de teor de cloretos	Cl 0,20
	Dimensão máxima do agregado	22 mm

	Classe de abaixamento	S3
	Classe de exposição ambiental	XC2
<b>Aço</b>		
Varões	A400 NR	fcd = 348 MPa
Redes eletrossoldadas	A500 EL	fcd = 435 MAa
Chumbadouros, parafusos, porcas, anilhas	Classe 8.8	fy=640 MPa
<b>Recobrimento de armaduras</b>		
Sapatas e vigas de fundação		5,0 cm
Pilares e vigas		3,5 cm
Lajes e paredes		3,0 cm
Restantes elementos estruturais		3,5 cm
<b>Elementos estruturais em madeira</b>		
Madeira		C24
Lamelado colado		GL24h

## 2.4 AÇÕES

As ações são um conjunto de forças (cargas) aplicadas à estrutura (ação direta) essenciais para qualquer análise da estrutura e permitem avaliar a segurança da mesma. Para a sua contabilização é necessário considerar todas as solicitações do edifício que possam influenciar ou originar qualquer deformação, tensão ou esforço nos elementos estruturais [1].

A quantificação de ações foi efetuada através do RSA, prática estabelecida na empresa onde decorreu o estágio curricular. De seguida, apresentam-se as ações e respetivos valores considerados neste projeto, tendo em conta a sua variação no tempo e probabilidade de ocorrência.

### 2.4.1 Ações Permanentes

As ações permanentes são aquelas que assumem valores constantes durante toda ou praticamente toda a vida da estrutura. Consideram-se ações permanentes o peso próprio dos elementos estruturais, paredes divisórias, revestimentos e impulsos das terras. As ações permanentes foram avaliadas tendo em conta as dimensões reais dos diferentes elementos estruturais e os pesos volúmicos correspondentes [1].

- Betão armado	25 kN/m <sup>3</sup>
- Aço	77 kN/m <sup>3</sup>

Além do peso próprio resultante das secções das peças que constituem a estrutura principal, foram consideradas as seguintes cargas permanentes uniformemente distribuídas.

Revestimentos:

- Pisos	3.0 kN/m <sup>2</sup>
- Cobertura	1.5 kN/m <sup>2</sup>

### 2.4.2 Ações Variáveis

As ações variáveis assumem valores que podem variar em torno do seu valor médio durante a vida da estrutura. Consideram-se ações variáveis as sobrecargas, vento, neve, sismo e variação de temperatura [1].

#### 2.4.2.1 Sobrecargas

##### Sobrecargas em pavimentos de habitação

Os valores das sobrecargas a considerar nos pavimentos são definidos em função do tipo de utilização previsto. De seguida apresenta-se um quadro resumo com as sobrecargas a considerar edifícios.

Tabela 2.2 – Valores das sobrecargas em Edifícios [1].

				Ações	Valor
Edifícios	Pavimentos	Para Pessoas	Compartimentos de uso privado		2,0 kN/m <sup>2</sup>
			Espaços de uso coletivo	Sem concentração de Pessoas	3,0 kN/m <sup>2</sup>
				Com média concentração de pessoas	4,0 kN/m <sup>2</sup>
				Com elevada concentração de pessoas	5,0 kN/m <sup>2</sup>
				Com muita elevada concentração de pessoas	6,0 kN/m <sup>2</sup>
		Para Pessoas e Equipamentos	Ex. Restaurantes		4,0 kN/m <sup>2</sup>
			Arquivos		5,0 kN/m <sup>2</sup>
			Oficinas ligeiras		5,0 kN/m <sup>2</sup>
			Garagens	Particulares	4,0 kN/m <sup>2</sup>
				Públicas	5,0 kN/m <sup>2</sup>
			Auto-silos para carros		3,0 kN/m <sup>2</sup>
		Guardas e Parapeitos	Em locais privados		0,5 kN/m
			Em locais públicos		1,0 kN/m
		Acessos (Escadas)	Em locais privados		3,0 kN/m <sup>2</sup>
	Em locais públicos		5,0 kN/m <sup>2</sup>		

Para o caso em estudo, sendo um edifício de habitação, a sobrecarga a considerar será de 2,0 kN/m<sup>2</sup> pois trata-se de um edifício de uso privado.

### **Sobrecargas em coberturas**

O RSA define os seguintes tipos de coberturas:

- I. Coberturas ordinárias – coberturas que, em virtude da sua forma ou pela natureza dos elementos de construção que as constituem, não permitem a fácil circulação de pessoas. Deve ser considerada uma sobrecarga uniformemente distribuída de  $0,3 \text{ kN/m}^2$  e uma sobrecarga concentrada, única de  $1,0 \text{ kN}$  (a considerar apenas no dimensionamento de elementos secundários e não em simultâneo com a sobrecarga uniformemente distribuída) [1];
- II. Terraços não acessíveis – coberturas que, embora formadas por elementos de construção que constituem habitualmente pavimento, têm a sua acessibilidade condicionada a fins de reparação. Deve ser considerada uma sobrecarga uniformemente distribuída de  $1,0 \text{ kN/m}^2$  [1];
- III. Terraços acessíveis – coberturas formadas por elementos de construção que constituem habitualmente pavimento e destinadas a utilização como tal. Deve ser considerada uma sobrecarga uniformemente distribuída de  $2,0 \text{ kN/m}^2$  [1].

Para o caso em estudo considerou-se uma cobertura com terraço não acessível com uma sobrecarga uniformemente distribuída de  $1,0 \text{ kN/m}^2$ .

#### **2.4.2.2 Ação Sísmica**

Para quantificação da ação sísmica é estabelecido pelo artigo 28º do RSA que o País se encontra dividido em quatro zonas, ordenadas por ordem decrescente de sismicidade. São essas zonas designadas por A, B, C e D [1].

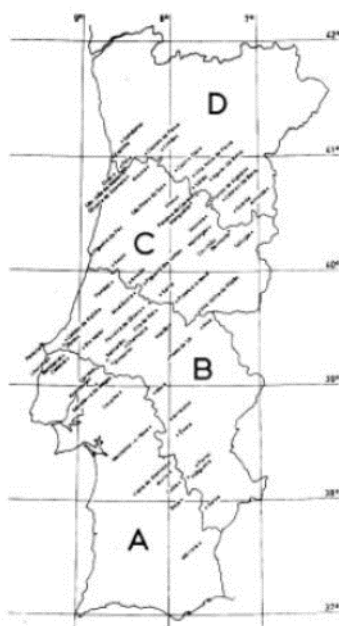


Figura 2.14 – Zoneamento do território nacional (RSA).

Como o local de construção do edifício é em Paredes, distrito do Porto, este insere-se na zona D, zona de menor sismicidade do país. A quantificação da ação sísmica foi realizada inteiramente pelo CYPECAD.

### 2.4.2.3 Ação do Vento

Para efeitos de quantificação da ação do vento, considera-se que o País é dividido em duas zonas [1]:

- Zona A – correspondente à generalidade do território, exceto as regiões pertencentes à zona B;
- Zona B – correspondente aos arquipélagos (Açores e Madeira) e as regiões do continente situadas numa faixa costeira com 5km de largura ou a altitudes superiores a 600m.

Para ter em conta a variação da ação do vento com a altura acima do solo consideram-se dois tipos de rugosidade aerodinâmica do solo [1]:

- Rugosidade tipo I – a atribuir aos locais situados no interior de zonas urbanas em que predominem edifícios de médio e grande porte;
- Rugosidade tipo II – a atribuir aos restantes locais, nomeadamente zonas rurais e periferia de zonas urbanas.

O edifício em estudo situa-se no Município de Paredes, distrito do Porto. Pelo RSA o edifício situa-se na Zona A, correspondente à generalidade do território e a Rugosidade atribuída é de tipo II. A quantificação da ação do vento foi realizada inteiramente pelo CYPECAD.

### 2.4.2.4 Ação da Neve

Pelo artigo 26º do RSA “a ação da neve deve ser tida em conta nos locais com altitude igual ou superior a 200m situados nos distritos de Viana do Castelo, Braga, Vila Real, Bragança, Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra, Leiria, Castelo Branco e Portalegre.” [1]

Como a localização Paredes não tem uma altitude superior a 200m a ação da neve não vai ser tida em conta no dimensionamento do edifício em estudo.

## 2.5 SOLUÇÃO ESTRUTURAL

Para a estrutura foi considerado um sistema de pórticos constituídos por pilares e vigas que dão apoio às lajes de pavimento. O posicionamento dos elementos estruturais respeitou a arquitetura e foi feito para conseguir vãos de lajes e vigas com valores correntes.

No presente projeto foram propostas lajes aligeiradas de vigotas, pois trata-se de uma solução muito utilizada na construção, apresentando uma boa relação custo/eficiência. No entanto o projeto ainda contém algumas pequenas lajes maciças de betão armado, tal como a laje de escadas.

Existe ainda a presença de muros cave e muros de suporte de terras sendo todos de betão armado.

A estrutura contém dois níveis de fundações como é possível ver nos esquemas abaixo, estando todas as sapatas ligadas por vigas de equilíbrio.

Nas figuras abaixo são apresentados os esquemas estruturais considerados para o pré dimensionamento da estrutura.

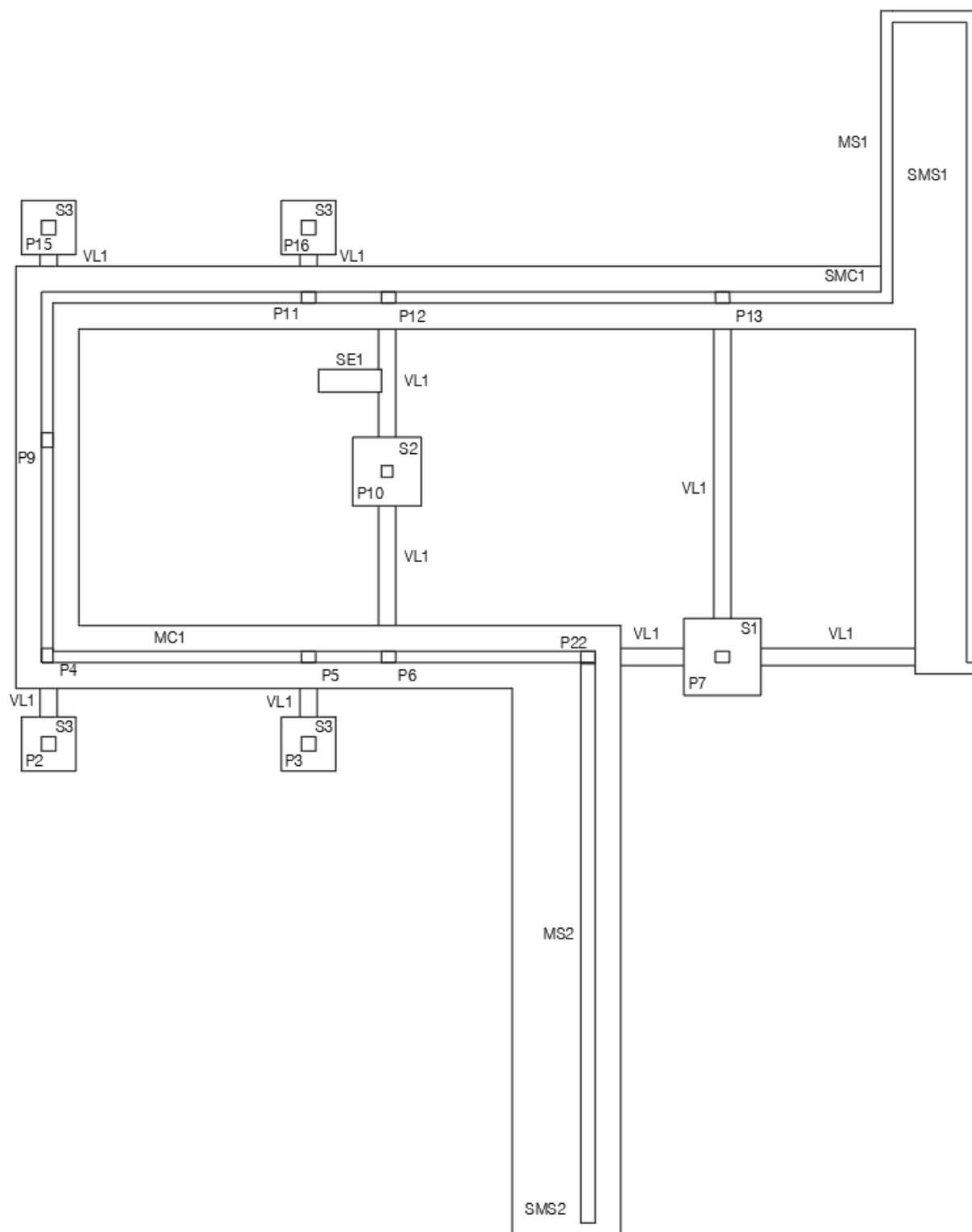


Figura 2.15 – Esquema estrutural da fundação – nível 1 (Projeto de estruturas).

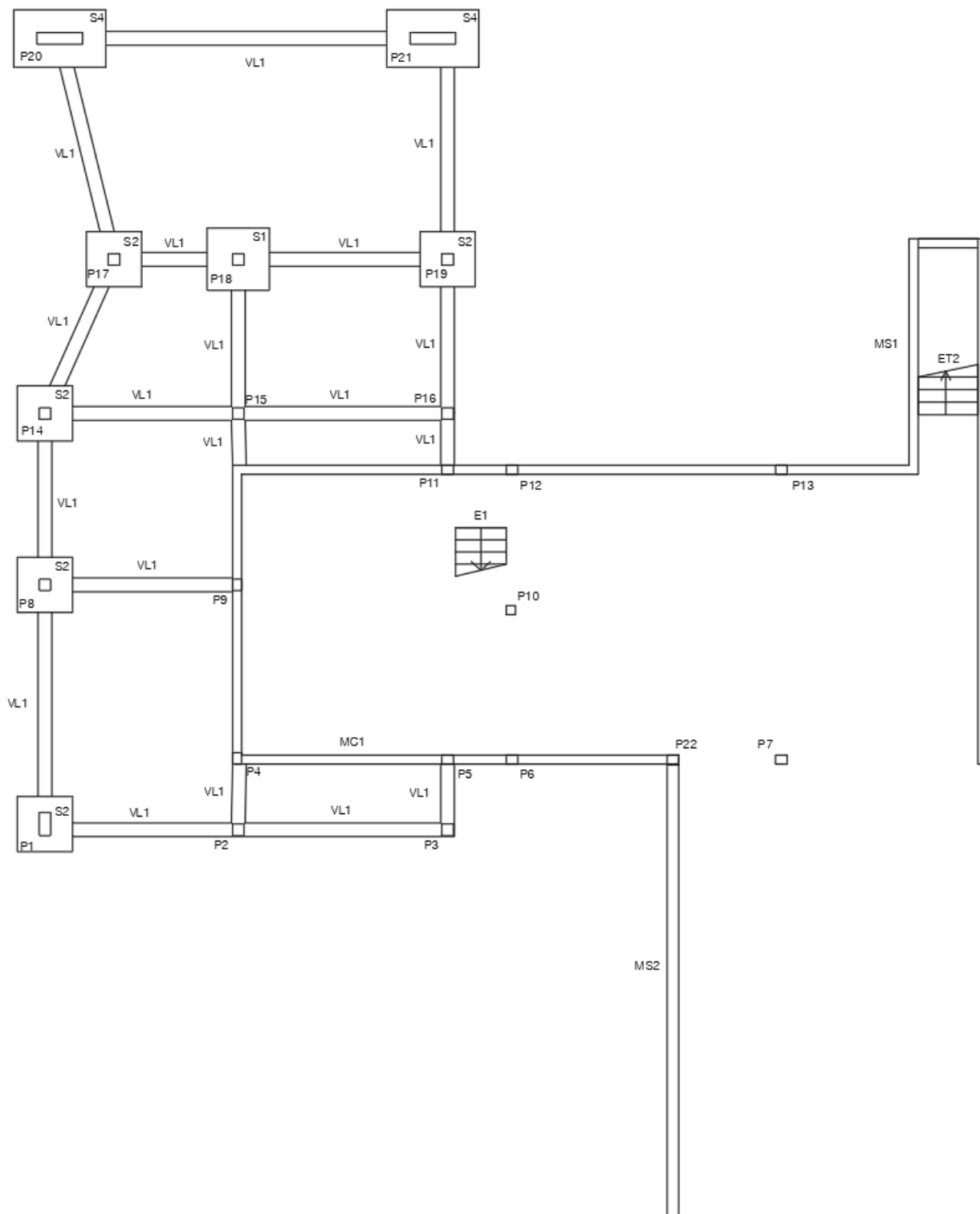


Figura 2.16 – Esquema estrutural da fundação – nível 2 (Projeto de estruturas).

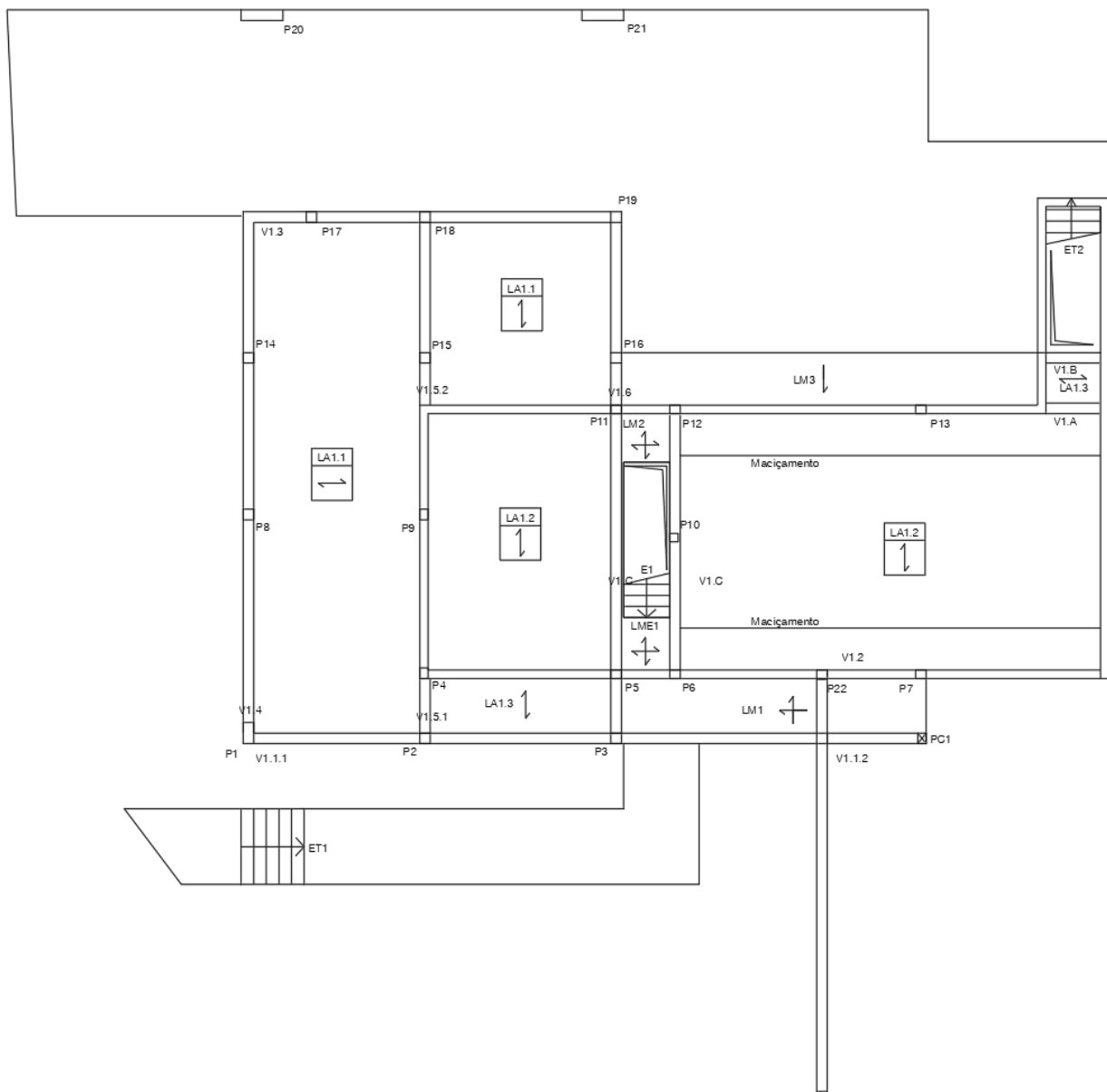


Figura 2.17 – Esquema estrutural do R/C (Projeto de estruturas).

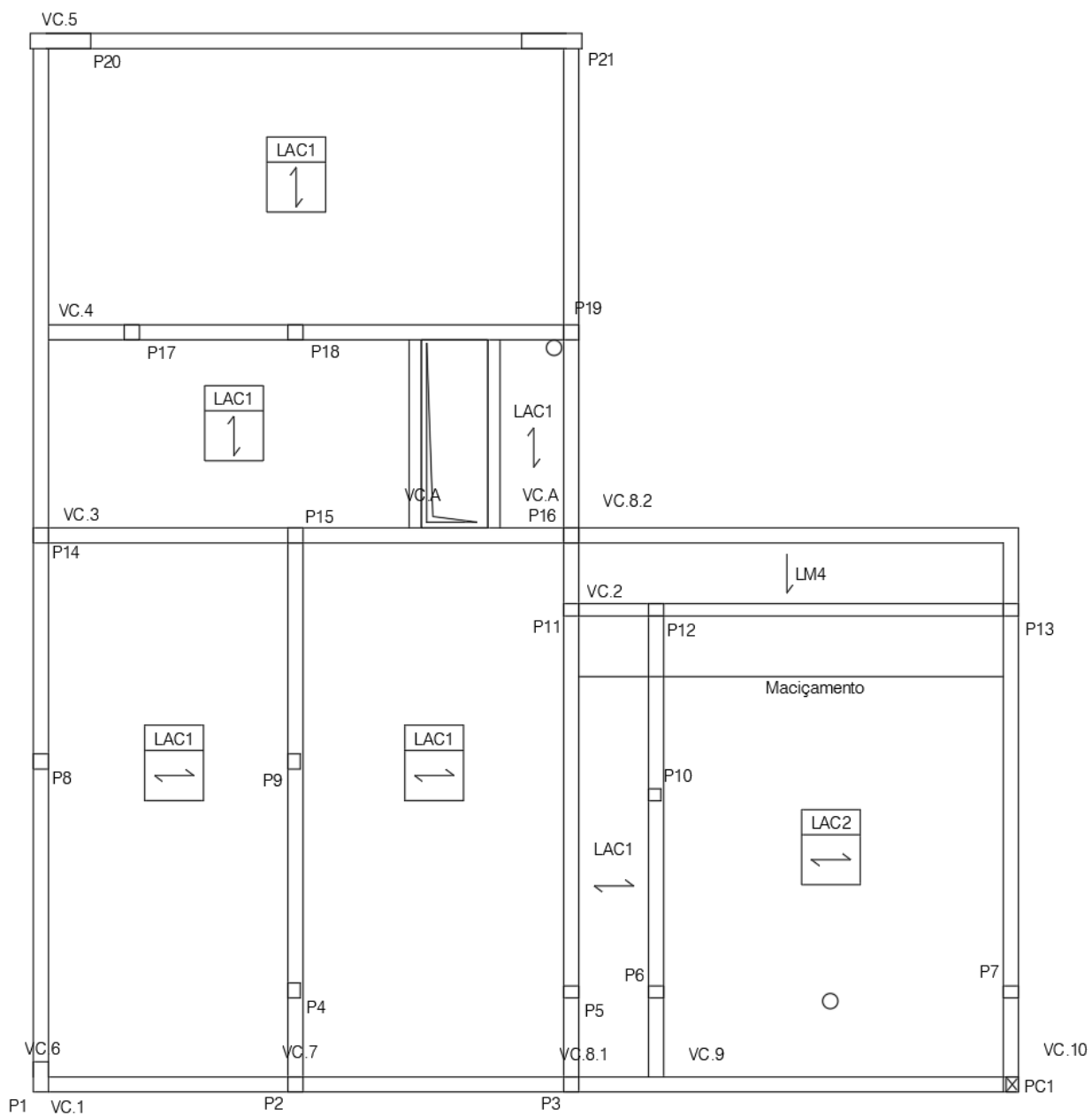


Figura 2.18 – Esquema estrutural da cobertura (Projeto de estruturas).

## 2.6 VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA

A verificação da segurança em termos de Estado Limite Último foi feita com recurso a programas de cálculo automático, para as combinações de ações mais desfavoráveis. O cálculo das lajes e vigas foi efetuado recorrendo a um programa de cálculo automático.

O dimensionamento dos pilares foi efetuado para a totalidade do esforço axial, proporcional à sua área de influência, e ainda aos momentos fletores que proporcionalmente à sua rigidez, lhe é transmitido pelas vigas. Resultando assim o dimensionamento das secções dos pilares, à flexão composta com compressão e considerando a encurvadura. As fundações foram dimensionadas atendendo sempre ao princípio de funcionamento de sapata rígida. Foram ainda verificadas as situações de corte e punçoamento que impõem valores mínimos de espessuras, que foram sempre respeitados. A tensão admissível adotada de 250 kPa, a confirmar após arranque da construção.

Na análise e dimensionamento da estrutura adotaram-se os critérios de verificação de segurança aos Estados Limites Últimos e de Utilização preconizados na regulamentação portuguesa de estruturas e outras:

- RSA – Regulamento de Segurança e Ações em Estruturas de Edifícios e Pontes.
- REBAP – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforço.

Tiveram-se ainda em consideração algumas das disposições constantes dos novos Eurocódigos nomeadamente:

- EN 1992-2: 1995 Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão
- Norma Portuguesa NP EN 206

De acordo com o artigo 3º, capítulo I do RSA “a verificação da segurança das estruturas deve ser efetuada em relação a determinados estados limites, comparando com esses estados limites aos estados a que a estrutura é conduzida pela atuação das ações a que está sujeita, quantificadas e combinadas [...]” [1].

Por estado limite entende-se um estado a partir do qual a estrutura fica total ou parcialmente prejudicada na sua capacidade de desempenhar as funções para a qual é concebida. Os estados limites a considerar na verificação da segurança são de dois tipos:

- Estados limites últimos – a sua ocorrência resulta em prejuízos muito graves;
- Estados limites de utilização – a sua ocorrência resulta de prejuízos pouco severos.

A verificação da segurança em relação aos estados limites de últimos, que não envolvam perda de equilíbrio ou fadiga, consiste em satisfazer a condição:

$$Sd \leq Rd$$

onde:

$Sd$  é o valor de cálculo do esforço atuante

$Rd$  é o valor de cálculo do esforço resistente

### 2.6.1 Estados limites últimos

#### ❖ Combinações fundamentais

Em geral

$$Sd = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} S_{Gik} + \gamma_q [S_{Q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} S_{Qjk}] \quad (2.1)$$

onde:

$\gamma_{gi}$  – Coeficiente de segurança relativo às ações permanentes;

$\gamma_q$  – Coeficiente de segurança relativo às ações variáveis;

$S_{Gik}$  – Esforço resultante de uma ação permanente, tomada com o seu valor característico;

$S_{Q1k}$  – Esforço resultante de ação variável como ação base da combinação, tomada com o seu valor característico ( $S_{Ek}$  no caso da ação sísmica);

$S_{Qjk}$  – Esforço resultante de uma ação variável distinta da ação base, tomada com o seu valor característico;

$\psi_{0j}; \psi_{2i}$  – Coeficientes correspondentes à ação variável de ordem j.

#### Coeficientes de segurança:

$\gamma_g = 1,35$  no caso de ação permanente em causa ter efeito desfavorável;

$\gamma_g = 1,0$  no caso contrário;

$\gamma_q = 1,5$  para todas as ações variáveis.

Os coeficientes de redução  $\psi$  foram considerados de acordo com o RSA.

No caso da ação variável base ser a ação sísmica, cujos valores característicos dos esforços são designados por  $S_{Ek}$ , tem-se:

$$S_d = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + \gamma_q S_{Ek} + \sum_{j=2}^n \psi_{2j} S_{Qjk} \quad (2.2)$$

Tabela 2.3 – Combinações de Ações.

Ação Base	Combinação
Sobrecarga	$S_d = 1,35 * S_{Gk} + 1,5 * (S_{Qk} + 0,6 * S_{Wk})$
Vento	$S_d = 1,35 * S_{Gk} + 1,5 * (S_{Wk} + 0,7 * S_{Qk})$
Sismo	$S_d = S_{Gk} + 1,5 * S_{Ek} + 0,4 * S_{Qk}$

$S_{Gk}$  – esforço resultante de uma ação permanente

$S_{Qk}$  – esforço resultante da ação da sobrecarga

$S_{Wk}$  – esforço resultante da ação do vento

$S_{Ek}$  – esforço resultante da ação sísmica

Pelo 7.1 do artigo 7º do RSA “Não se considera verosímil a atuação simultânea no mesmo elemento das sobrecargas que sejam fundamentalmente devidas à concentração de pessoas (ou das sobrecargas em coberturas ordinárias) com as ações da neve ou do vento” [1].

## 2.6.2 Estados limites de utilização

### ❖ Combinações frequentes

$$S_d = S_{Gk} + \psi_1 * S_{Q1k} \quad (2.3)$$

onde:

$S_{Gk}$  – esforço resultante de uma ação permanente

$\psi_1$  – Coeficientes correspondentes à ação variável de ordem 1

$S_{Q1k}$  – Esforço resultante de ação variável como ação base da combinação, tomada com o seu valor característico

### 2.6.2.1 Estado limite de fendilhação

A fendilhação do betão ocorre quando as estruturas se encontram sujeitas a esforços de tração, torção, flexão e esforço transversal. Estes fenómenos provocam no betão o aparecimento de fissuras e fendas, que poderão colocar em causa o bom funcionamento da estrutura.

A verificação da segurança foi feita para a combinação rara de ações, isto é, considerando os estados limites de muito curta duração. Assim a verificação da largura de fendas a curto e longo prazo foi feita para as combinações: “Ações Permanentes” + “Valor Raro da Ação Variável Base” + Valores Frequentes das Restantes Ações Variáveis”.

As larguras máximas de fendas foram limitadas em geral a 0,3 mm, por razões de garantia de durabilidade da obra.

### 2.6.2.2 Estado limite de deformação

Os valores limites das deformações a considerar dizem respeito às combinações de ações para os estados limites de utilização.

Nos casos correntes de vigas e lajes de edifícios, a verificação da segurança em relação aos estados limites de deformação poderá limitar-se à consideração de um estado limite definido por uma flecha igual a 1/400 do vão para combinações frequentes de ações, porém se a deformação do elemento afetar paredes divisórias, esta flecha não deve ser superior a 1,5cm.

## 2.7 ESTABILIDADE GLOBAL DA ESTRUTURA

As estruturas dos edifícios podem ser classificadas, segundo a sua rigidez em:

- Nós fixos (contraventadas);
- Nós móveis (não-contraventadas).

As estruturas contraventadas são as que os nós apresentam pequenos deslocamentos horizontais. Nesse caso, podemos dispensar a consideração dos efeitos globais de segunda ordem e a estrutura é dita de nós fixos [2].

As estruturas não-contraventadas, também conhecidas como estruturas de nós móveis, possuem pouca rigidez com relação às ações horizontais e os efeitos de 2ª ordem global devem ser obrigatoriamente considerados [2].

Relativamente ao presente projeto pretendia-se que a estrutura fosse nós fixos, tendo sido utilizada uma folha de cálculo automático na verificação. Para que os efeitos de 2ª ordem global possam ser desprezados, então:

$$\alpha = H \cdot \sqrt{\frac{N_k}{\sum(E_c I_c)}} \leq \alpha_1 \quad (2.4)$$

Onde:

$H$  - Altura total da estrutura

$N_k$  – Somatório de cargas verticais na altura  $H$  (valor característico)

$\sum(E_c I_c)$  – Somatório de rigidez dos pilares

O valor de  $\alpha_1$  depende do número de níveis de barras horizontais (pavimentos) acima da fundação ou de um nível pouco deslocável do subsolo ( $n$ ).

Para  $n \leq 3$ :

$$\alpha_1 = 0,2 + 0,1 n \quad (2.5)$$

Para  $n \geq 4$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 = 0,7 \text{ para contraventamento constituído exclusivamente por pilares-parede} \\ \alpha_1 = 0,5 \text{ quando só houver pórticos} \\ \alpha_1 = 0,6 \text{ para associações de pilares-parede e pórticos} \end{array} \right\}$$

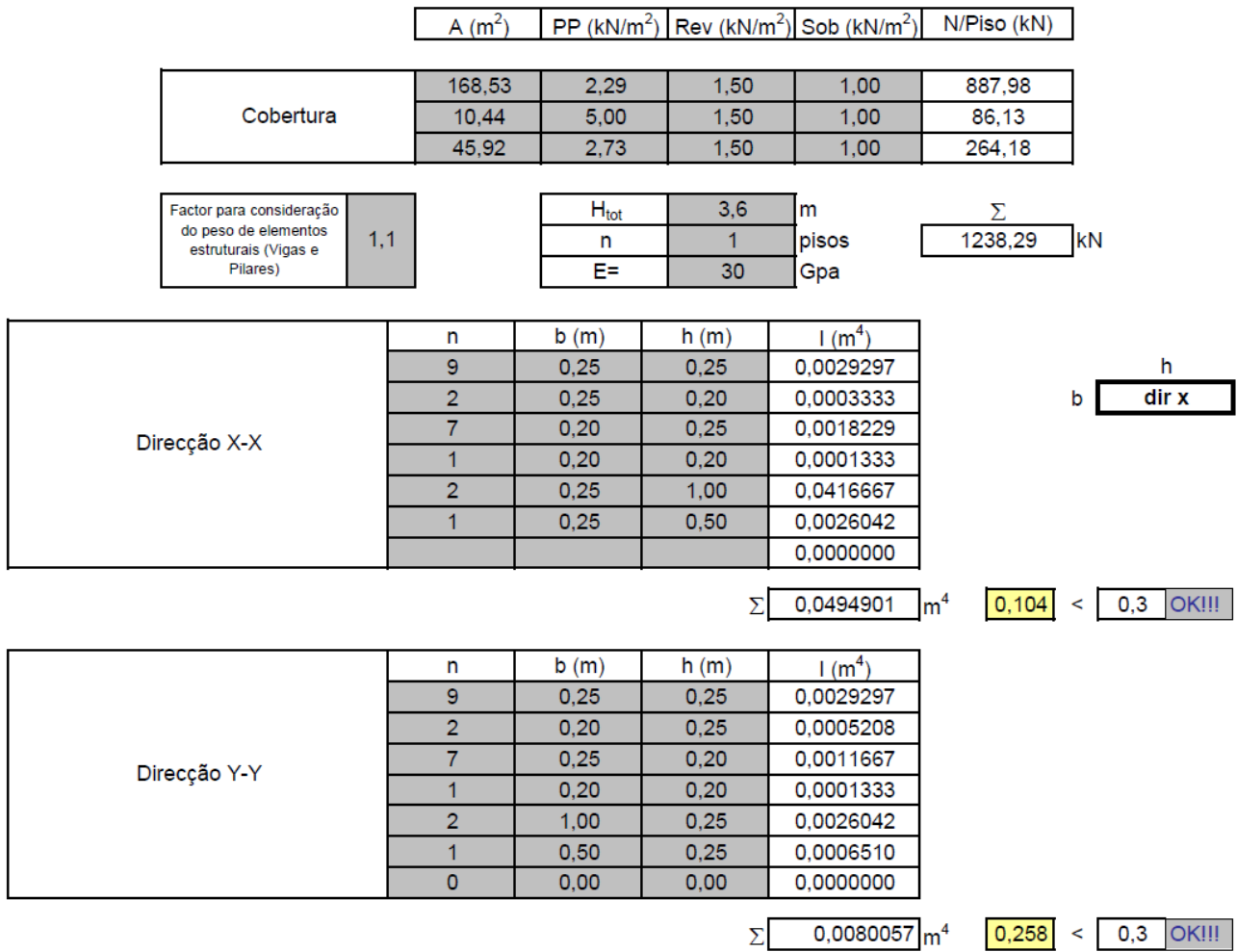


Figura 2.19 – Cálculo automático da estabilidade global da estrutura (fonte: CIVITEC).

Como é possível visualizar na imagem acima, em ambas as direcções é cumprida a verificação, logo o efeito de segunda ordem é desprezável e estamos perante uma estrutura de nós fixos.

## 2.8 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

O pré-dimensionamento consiste numa estimativa inicial das dimensões das secções dos elementos estruturais de uma estrutura. Para uma análise do comportamento elástico da estrutura é necessário conhecer antecipadamente as secções dos elementos estruturais. Desta forma, antes de se proceder ao cálculo dos esforços que servirão de base ao dimensionamento é necessário efetuar um pré-dimensionamento dos elementos estruturais do edifício, tendo como objetivo conhecer o peso e rigidez dos elementos [3].

O pré-dimensionamento justifica-se para evitar erros no dimensionamento e conceção dos vários elementos estruturais e sendo efetuado o mais correto possível, evita um grande número de alterações nos referidos elementos. Estes cálculos são efetuados seguindo a sequência normal, começando pelas lajes, seguidamente as vigas e por fim os pilares, ou seja, dos elementos suportados para os elementos que suportam.

### 2.8.1 Lajes Aligeiradas

Estas lajes são constituídas por vigotas de betão pré-esforçado e blocos de cofragem (abobadilha) e em obra é adicionada uma camada de betão (lajeta de compressão) com função resistente e de solidarização do conjunto. As vigotas resistem a momentos fletores e os blocos de cofragem retiram algum peso à laje. O pré-dimensionamento foi realizado com o auxílio do software de cálculo automático “SPRAL”.

Para além das limitações da altura mínima/espessura que estão previstas na regulamentação é conveniente ter em atenção o controlo da deformação. A laje aligeirada com o maior vão teórico define a altura de todas as outras lajes aligeiradas pois quanto maior o vão maior será a altura mínima. Pretende-se que todas as lajes aligeiradas tenham a mesma altura de forma a facilitar o processo construtivo. A espessura das lajes aligeiradas deve respeitar as condições de cálculo a nível de pré-dimensionamento, tendo sido retirado do programa o seguinte quadro:

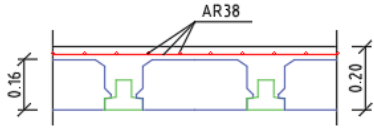
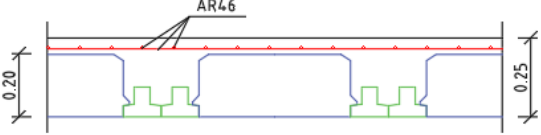
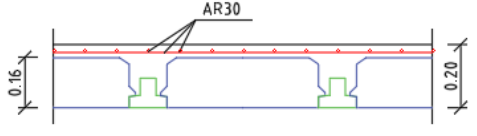
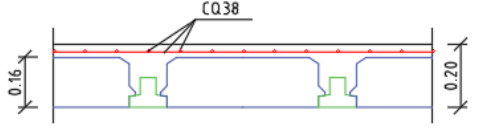
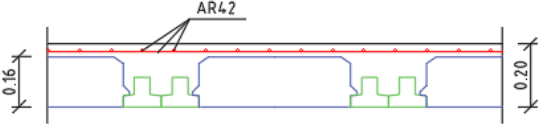
LA1.1	Laje : B3-BL33x16-20 Vão : 4,55 (m) Espessura: 20.00 (m) P.Próprio : 2,60 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 34.70 (kN.m/m) Mfctk > 21.00 (kN.m/m) Vrd > 24.50 (kN/m) EI > 9347 (kN.m <sup>2</sup> /m)
		Maciçamento Esq : 0,15 (m) Maciçamento Dir : 0,15 (m)	Arm.Neg.Apoio Esq: 5Ø8/m c/0,70m Arm.Neg.Apoio Dir: 5Ø8/m c/0,70m
LA1.2	Laje : 2B4-BL48X20-25 Vão : 6,30 (m) Espessura: 25.00 (m) P.Próprio : 3,43 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 69.00 (kN.m/m) Mfctk > 39.50 (kN.m/m) Vrd > 42.90 (kN/m) EI > 21310 (kN.m <sup>2</sup> /m)
		Maciçamento Esq : 0,00 (m) Maciçamento Dir : 0,00 (m)	Arm.Neg.Apoio Esq: 5Ø8/m c/0,90m Arm.Neg.Apoio Dir: 5Ø8/m c/0,90m
LA1.3	Laje : B2-BL48X16-20 Vão : 1,50 (m) Espessura: 20.00 (m) P.Próprio : 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 18.80 (kN.m/m) Mfctk > 12.50 (kN.m/m) Vrd > 18.40 (kN/m) EI > 7675 (kN.m <sup>2</sup> /m)
		Maciçamento Esq : 0,00 (m) Maciçamento Dir : 0,00 (m)	Arm.Neg.Apoio Esq: 5Ø8/m c/0,20m Arm.Neg.Apoio Dir: 5Ø8/m c/0,20m
LAC1	Laje : B3-BL48X16-20 Vão : 4,75 (m) Espessura: 20.00 (m) P.Próprio : 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 26.40 (kN.m/m) Mfctk > 16.20 (kN.m/m) Vrd > 18.40 (kN/m) EI > 7748 (kN.m <sup>2</sup> /m)
		Maciçamento Esq : 0,00 (m) Maciçamento Dir : 0,00 (m)	Arm.Neg.Apoio Esq: 5Ø8/m c/0,70m Arm.Neg.Apoio Dir: 5Ø8/m c/0,70m
LAC2	Laje : 2B3-BL48x16-20 Vão : 5,80 (m) Espessura: 20.00 (m) P.Próprio : 2,73 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 42.80 (kN.m/m) Mfctk > 25.60 (kN.m/m) Vrd > 33.50 (kN/m) EI > 10999 (kN.m <sup>2</sup> /m)
		Maciçamento Esq : 0,00 (m) Maciçamento Dir : 0,00 (m)	Arm.Neg.Apoio Esq: 5Ø8/m c/0,90m Arm.Neg.Apoio Dir: 5Ø8/m c/0,90m

Figura 2.20 – Lajes aligeiradas (SPRAL).

A espessura mínima para controlo da deformação pode ser obtida pela seguinte fórmula:

$$h \geq \frac{l_i}{30 * \eta} \tag{2.6}$$

Onde:

$\eta$  – Coeficiente que, consoante o tipo de aço, toma os seguintes valores:

$$A_{235} - \eta = 1,4$$

$$A_{400} - \eta = 1,0$$

$$A_{500} - \eta = 0,8$$

h - Espessura da laje;

li – Vão equivalente;

$$li = \alpha * l;$$

l – Vão teórico;

$\alpha$  – Coeficiente que depende da condição de apoio, que pode tomar os valores apresentados no quadro abaixo;

Tabela 2.4 – Relação entre  $\alpha$  e tipo de apoio [3].

$\alpha$	Tipo de laje
1,0	Simplesmente apoiada
0,9	Contínua para um apoio
0,8	Contínua para dois apoios
2,4	Em consola, armada numa só direção

### 2.8.1.1 Exemplo de cálculo

É apresentado um exemplo de cálculo da altura mínima de uma laje aligeirada com maior vão, que por sua vez tem maior altura (LA 1.2) situada no piso de habitação. Esta laje tem um vão de 6,30 m, as cargas permanentes são 3 kN/m<sup>2</sup> e as cargas variáveis 2kN/m<sup>2</sup>.

$$\alpha = 1,00$$

$$\eta = 1,00$$

$$li = l * \alpha \leftrightarrow li = 6,30 * 1,0 \leftrightarrow li = 6,30m$$

$$h = \frac{li}{30 * \eta} \leftrightarrow h = \frac{6,30}{30 * 1,0} \leftrightarrow h = 0,21m$$

### 2.8.1.2 Escolha das lajes pelo programa SPRAL

Perante os esforços presentes nas lajes da habitação,  $3\text{kN/m}^2$  de cargas permanentes e  $2\text{kN/m}^2$  de cargas variáveis, e os esforços presentes nas lajes de cobertura,  $1,5\text{kN/m}^2$  de cargas permanentes e  $1\text{kN/m}^2$  de cargas variáveis, foi escolhida uma laje com espessura de 25 cm para o maior vão (6,30m) e 20cm para as restantes lajes. Foi realizada uma uniformização de tipos de lajes tendo apenas sido escolhido 5 tipos de laje aligeirada para o projeto em estudo:

- a) LA1.1 → B3-BL33x16-20
- b) LA1.2 → 2B4-BL48x20-25
- c) LA1.3 → B2-BL48x16-20
- d) LAC1 → B3-BL48x16-20
- e) LAC2 → 2B3-BL48x16-20

A escolha das lajes foi feita mediante os esforços aplicados e tentando sempre ter a mesma abobadilha e vigota em obra de forma a evitar possíveis trocas por parte dos operários e atrasos significativos no desenrolar da mesma. De seguida apresenta-se a forma com as lajes aligeiradas são calculadas pelo programa SPRAL:

**VigotasSpral**

Ficheiro Calcular Ver/Editar Exportar Ajuda

NOME
>> LA1.1
LA1.2
LA1.3
LAC1
LAC2

**Ligação à Esquerda**

Simple

Encastr.

Laje

**Ligação à Direita**

Simple

Encastr.

Laje

Vão de cálculo (m) 4,55

Espessura total (cm) 20

Bloco Tipo >>

Laje Tipo >>

Momento máximo no vão  $(p \times L^2/n)$   $n=8$

Sobrecarga (kN/m<sup>2</sup>) 2.0  $\psi_1=0.3$

Revestimentos (kN/m<sup>2</sup>) 3

Divisórias (kN/m<sup>2</sup>)

**CARGAS CONCENTRADAS:**

X(m) ao apoio esq.	P(kN) Permanente	P(kN) Variável	$\psi_1$

Condicionantes de deformação

Flecha < Vão/400  Flecha (cm) <

**NOME DA LAJE:**

- Inserir aqui o nome da laje. Não pode repetir nomes.

1 - Para editar a célula faça duplo click ou pressione F2.  
2 - Para inserir novo nome escreva directamente na célula, ou proceda segundo o passo anterior.

Figura 2.21 – Introdução de dados para cálculo de lajes aligeiradas (fonte: SPRAL).

Tal como se pode observar na imagem acima, é possível calcular as lajes todas de uma só vez. Para cada laje será inserido o vão, a espessura, tipo de apoio, cargas e será condicionada a flecha. Para uma melhor homogeneização das lajes também é possível escolher o tipo de laje e o seu bloco de forma a não haver muita variedade dos mesmos, como já referido. É possível consultar a disposição das lajes aligeiradas em anexo.

### 2.8.1.3 Pormenores de lajes aligeiradas

As imagens abaixo ilustram alguns pormenores construtivos das lajes aligeiradas.

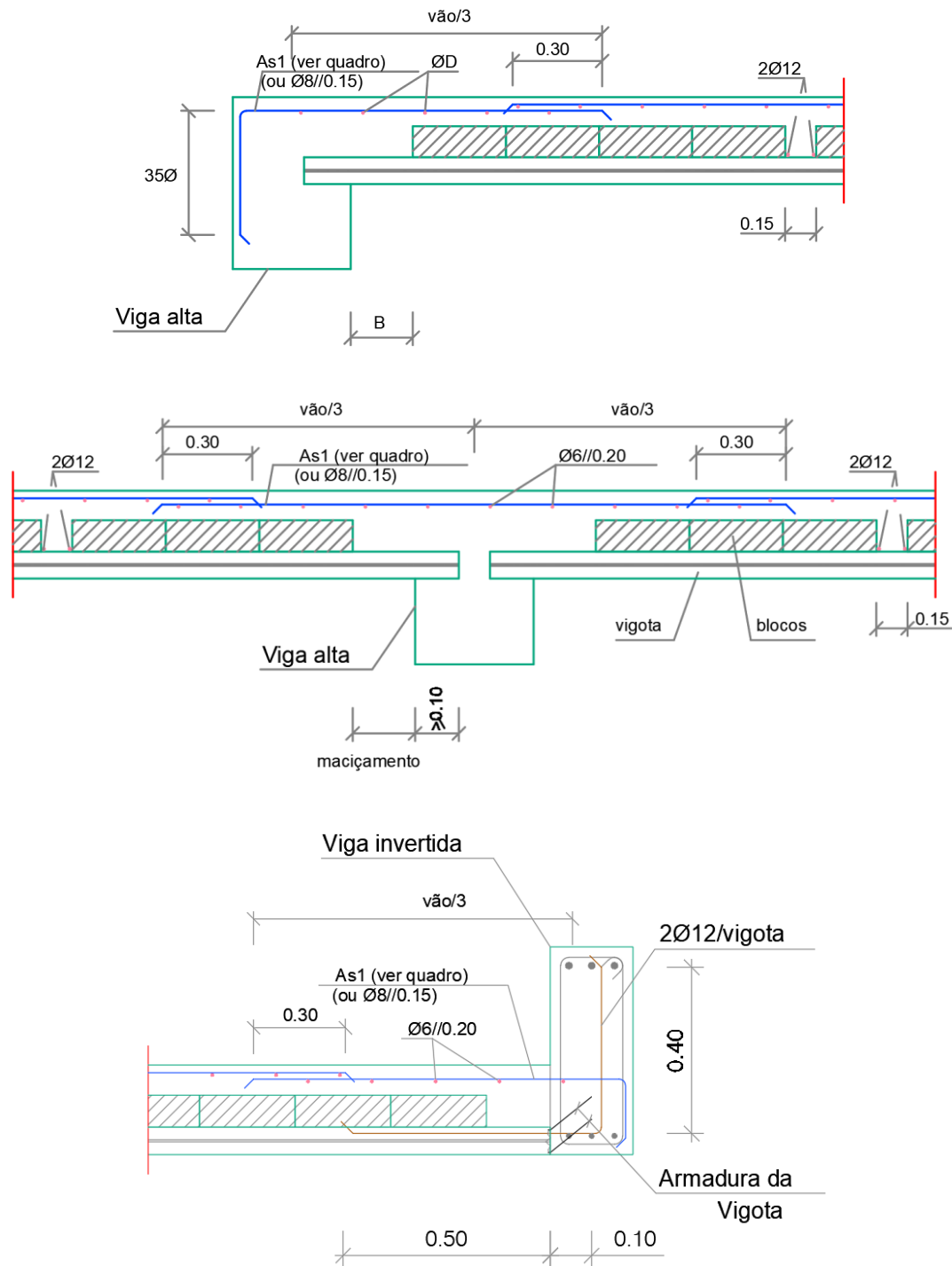


Figura 2.22 – Pormenor de armaduras de lajes aligeiradas (Projeto de estruturas).

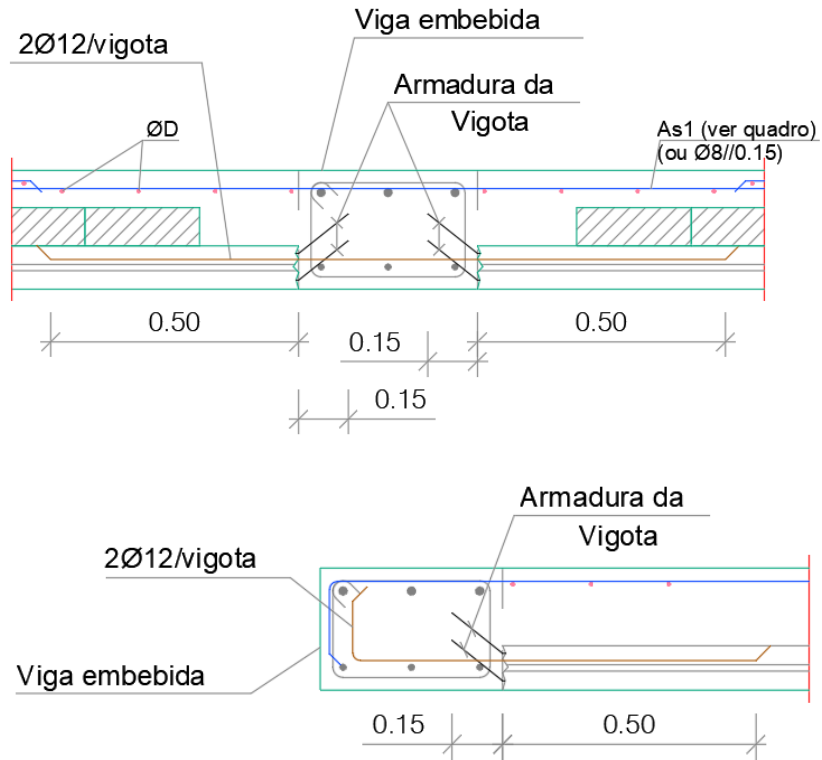


Figura 2.23 – Pormenor tipo de ligação das lajes aligeiradas às vigas embecidas (Projeto de estruturas).

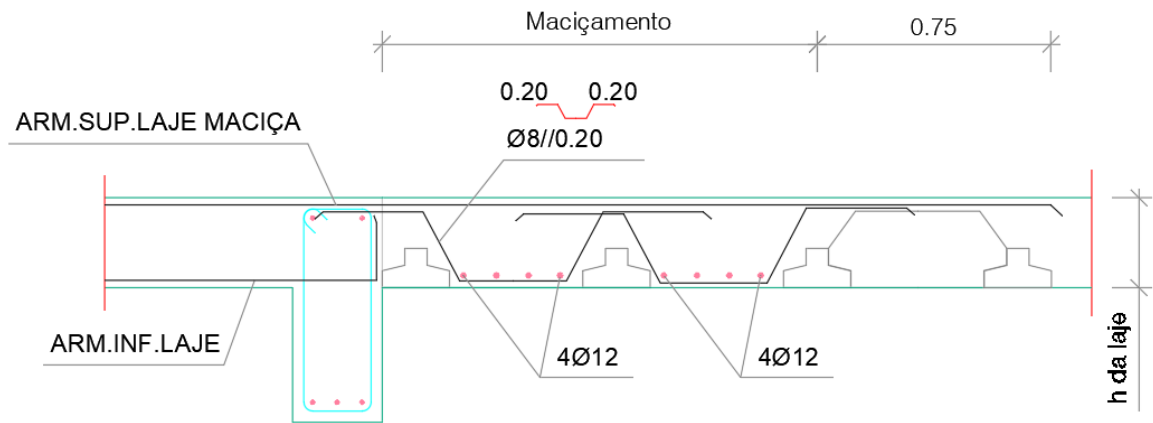


Figura 2.24 – Pormenor tipo de maciçamento de lajes aligeiradas (Projeto de estruturas).

### 2.8.2 Lajes Maciças

As lajes maciças são peças que trabalham fundamentalmente à flexão (ações perpendiculares ao seu plano) e cuja maior dimensão ou largura,  $b$ , excede pelo menos 5 vezes a sua espessura,  $h$ :

$$b \geq 5 * h \quad (2.7)$$

A espessura mínima, face à deformação, pode ser obtida pela seguinte fórmula:

$$h \geq \frac{l_i}{30 * \eta} \quad (2.8)$$

Onde:

$\eta$  – Coeficiente que, consoante o tipo de aço, toma os seguintes valores:

$$A235 - \eta = 1,4$$

$$A400 - \eta = 1,0$$

$$A500 - \eta = 0,8$$

$h$  - Espessura da laje;

$l_i$  – Vão equivalente;

$$l_i = \alpha * l;$$

$l$  – Vão teórico;

$\alpha$  – Coeficiente que depende da condição de apoio, que pode tomar os valores apresentados no quadro abaixo;

Tabela 2.5 – Relação entre  $\alpha$  e tipo de apoio [3].

$\alpha$	Tipo de laje
1,0	Simplesmente apoiada
0,9	Contínua para um apoio
0,8	Contínua para dois apoios
0,7	Armada em duas direções
2,4	Em consola

### 2.8.2.1 Exemplo de cálculo

É apresentado um exemplo de cálculo para a altura mínima de uma laje maciça continua para um apoio e armada em duas direções situada no piso de habitação (LM1). Está laje tem um vão de 1,50 m, as cargas permanentes são no valor de 3 kN/m<sup>2</sup> e as cargas variáveis no valor de 2kN/m<sup>2</sup>.

$$\alpha = 0,90$$

$$\eta = 1,00$$

$$li = l * \alpha \leftrightarrow li = 1,50 * 0,90 \leftrightarrow li = 1,35m$$

$$h = \frac{li}{30 * \eta} \leftrightarrow h = \frac{1,35}{30 * 1,0} \leftrightarrow h = 0,05m$$

No quadro a seguir pode-se verificar a altura mínima de cada laje maciça e a respetiva armadura em cada direção das mesmas lajes segundo o programa de calculo automático CYPECAD. A todas as lajes foi atribuída uma altura total de 20 cm.

Tabela 2.6 – Resumo de lajes maciças.

Nome	Vão (l)	$\alpha$	$li$	$h_{min}$	H	Armadura Inferior		Armadura Superior	
	m					m	m	m	em (x)
LM1	1,50	0,9	1,35	0,05	0,20	Ø8//0,15	Ø8//0,15	Ø8//0,15	Ø12//0,15
LM2	1,40	0,8	1,12	0,04	0,20	Ø8//0,15	Ø8//0,15	Ø8//0,15	Ø8//0,15
LM3	1,35	2,4	3,24	0,11	0,20	Ø8//0,15	Ø8//0,15	Ø8//0,15	Ø10//0,15
LM4	1,25	0,9	1,13	0,04	0,20	Ø10//0,15	Ø8//0,15	Ø10//0,15	Ø10//0,15
LME1	1,40	0,8	1,12	0,04	0,20	Ø12//0,125	Ø8//0,15	Ø12//0,125	Ø8//0,15

Na figura seguinte pode observar-se pormenorização relativa à distribuição de armaduras nas lajes maciças.

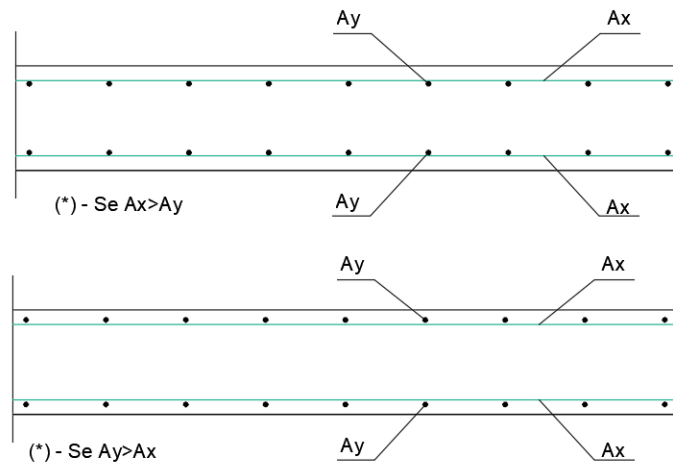


Figura 2.25 – Pormenor de distribuição de armadura em lajes maciças (Projeto de estruturas).

### 2.8.2.2 Escadas

Pela planta de arquitetura fornecida e depois de analisados os casos possíveis para a disposição estrutural das lajes de escadas, as soluções apresentadas nas figuras abaixo são as que mais se adequam ao caso em estudo para cada tipo de escada.

- Laje maciça de escada:

    Espelho = 0,20m

    Patamar = 0,25m

A laje de escada ilustrada na figura seguinte só tem um lanço, sendo apresentado um corte-tipo com a colocação de armaduras que estão identificadas no quadro. Pode-se ainda observar um pormenor de arranque de escada de uma fundação e de uma laje.

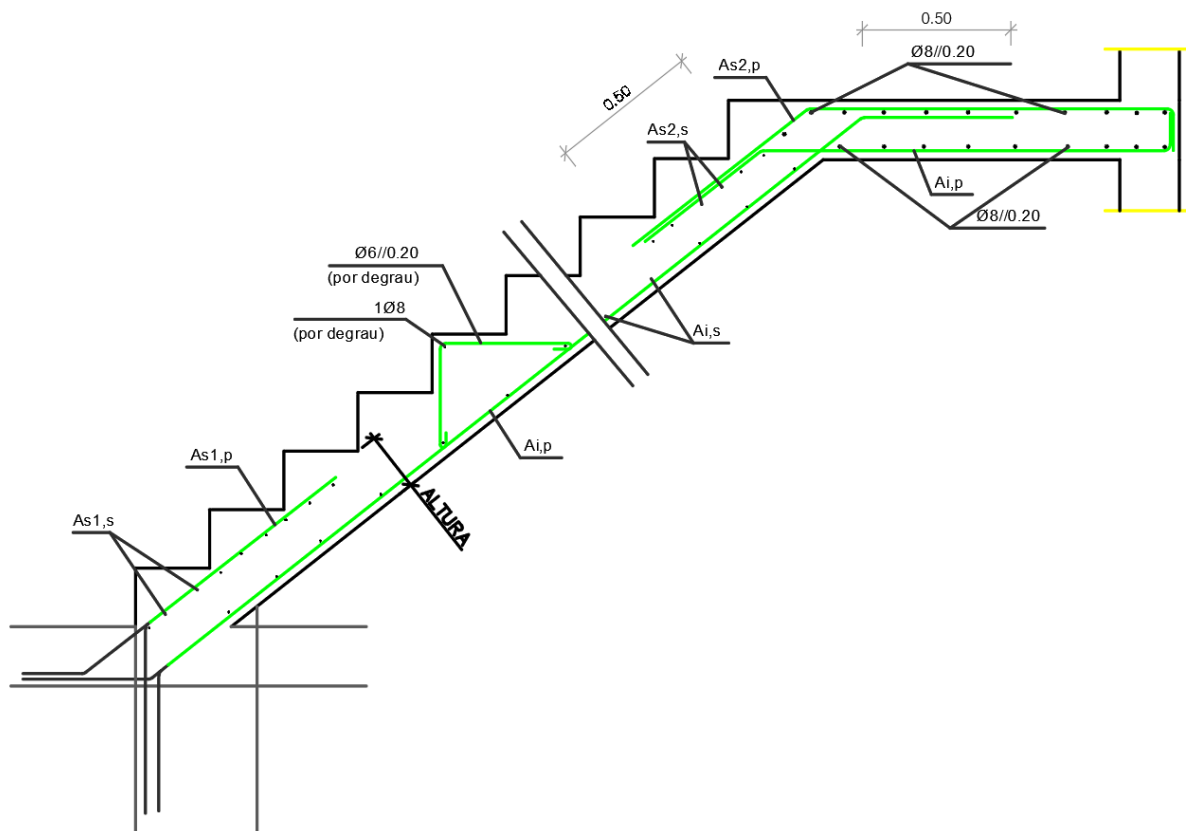


Figura 2.26 – Escada tipo de 1 lanço (Projeto de estruturas).

**Nota:** O número de degraus é apenas indicativo, deverá ser confirmado com o projeto de arquitetura.

Tabela 2.7 – Armadura de laje maciça de escada.

Referência da Escada	Altura (cm)	Armadura Inferior		Armadura Superior 1		Armadura Superior 2	
		Principal Ai, p	Secundária Ai, s	Principal As1, p	Secundária As1, s	Principal As2, p	Secundário As2, s
LME1	20	Ø12//0,125	Ø8//0,15	Ø12//0,125	Ø8//0,15	Ø12//0,125	Ø8//0,15

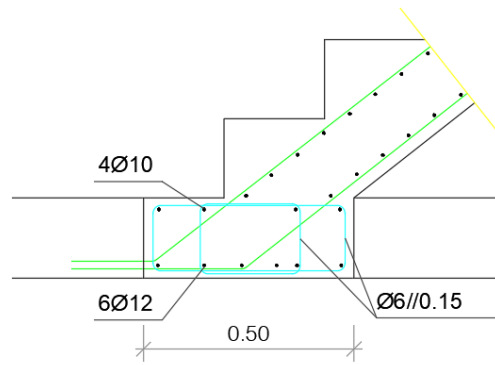


Figura 2.27 – Pormenor de arranque de escada apoiada em laje (Projeto de estruturas).

- Laje maciça térrea:

    Espelho = 0,15m

    Patamar = 0,30m

A laje térrea leva uma película de PVC e os pormenores de armadura estão representados num pormenor tipo. Pode-se ainda observar um pormenor de arranque de escada assente no terreno.

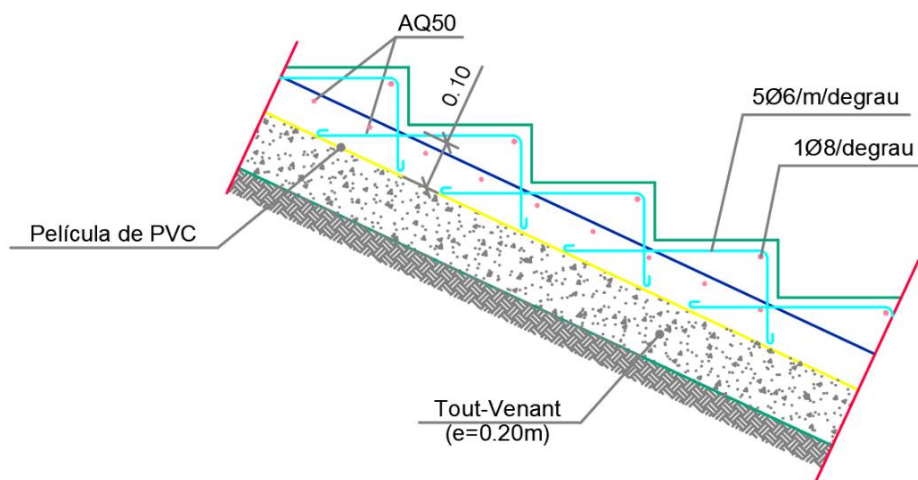


Figura 2.28 – Constituição da Escada Térrea (Projeto de estruturas).

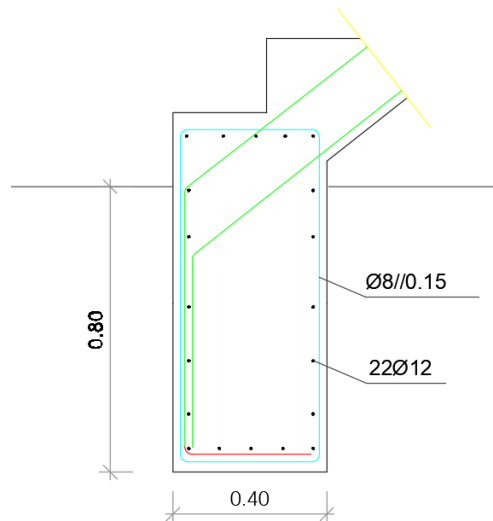


Figura 2.29 – Pormenor de Arranque de Escada Assente no Terreno (Projeto de estruturas).

### 2.8.3 Vigas

Para o cálculo das vigas é necessário ter em conta as condicionantes impostas pela arquitetura, tendo sido estas já apresentadas anteriormente neste documento. Todas as vigas terão de obedecer à altura mínima face à deformação. Para isto as vigas de betão armado terão de satisfazer a seguinte condição:

$$h \geq \frac{l_i}{20 * \eta} \quad (2.9)$$

Onde:

$\eta$  – Coeficiente que, consoante o tipo de aço, toma os seguintes valores:

$$A235 - \eta = 1,4$$

$$A400 - \eta = 1,0$$

$$A500 - \eta = 0,8$$

$h$  – Altura da viga;

$l_i$  – Vão equivalente;

$$l_i = \alpha * l;$$

$l$  – Vão teórico;

$\alpha$  – Coeficiente que depende da condição de apoio, que pode tomar os valores apresentados no quadro abaixo;

Tabela 2.8 – Relação entre  $\alpha$  e tipo de apoio [3].

$\alpha$	Tipo de laje
1,0	Simplemente apoiada
0,9	Contínua para um apoio
0,8	Contínua para dois apoios
2,4	Em consola
0,6	Duplamente encastrada

Tabela 2.9 – Altura mínima das vigas.

Nome	Vão (l)	Cond. Apoio ( $\alpha$ )	Altura mín. (h <sub>min</sub> )	Altura (h)	Larg. (b)
V1.1	4,90	0,8	0,20	0,90	0,25
V1.2	4,40	0,8	0,18	0,60	0,20
V1.3	4,55	0,8	0,18	0,90	0,25
V1.4	5,30	0,8	0,21	0,90	0,25
V1.5	3,35	0,8	0,13	0,40	0,25
V1.6	3,35	0,8	0,13	0,90	0,25
VC.1	4,55	0,6	0,14	0,70	0,20
VC.2	5,85	0,8	0,23	0,40	0,25
VC.3	4,20	0,8	0,17	0,40	0,25
VC.4	4,55	0,8	0,18	0,40	0,25
VC.5	8,40	1	0,42	0,70	0,20
VC.6	5,30	0,8	0,21	0,70	0,20
VC.7	3,80	0,6	0,11	0,40	0,25
VC.8.1	6,30	0,6	0,19	0,40	0,25
VC.8.2	4,70	1	0,24	0,70	0,20

VC.9	3,25	1	0,32	0,40	0,20
VC.10	6,30	1	0,17	0,70	0,20

Após terem sido obtidos os valores para a altura mínima do tramo mais carregado das vigas que é necessário cumprir tendo em conta o estado limite de deformação, são realizados cálculos para determinar a altura das vigas de forma a suportar os esforços a que estão sujeitas, através da verificação à segurança aos estados limites últimos de flexão. Tendo em conta as combinações fundamentais para os estados limites últimos, procede-se ao cálculo dos esforços a que a viga está sujeita e obtém-se de seguida a altura que ela terá de cumprir face a esses mesmos esforços. Com ajuda de uma folha de cálculo automático foi possível calcular de forma mais simples os esforços a que cada viga está sujeita.

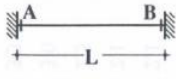
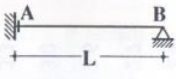
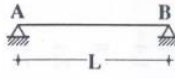
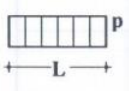
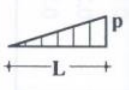
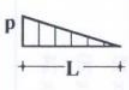
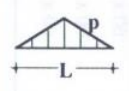
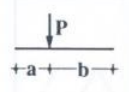
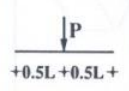
Para o cálculo dos esforços a que está sujeita a viga é necessário:

- Esforços que as lajes transmitem às vigas, sendo que foram consideradas lajes armadas paralelamente às vigas e lajes armadas perpendiculares às vigas;
- Peso próprio da viga:

$$PP_{\text{viga}} = 25 * h * b \quad (2.10)$$

- Parede sobre a viga, sendo que para esta foi considerado um valor de 10 kN/m;
- Cargas concentradas.

Com isto é assim possível chegar ao valor dos esforços aplicados na viga com ajuda das fórmulas presentes na imagem abaixo que estão submetidas na folha de cálculo automático.

Tipo de Carga / Viga			
	$M_A = M_B = -\frac{pL^2}{12}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{24}$ $V_A = V_B = \frac{pL}{2}$	$M_A = -\frac{pL^2}{8}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{14.2}$ $V_A = \frac{5pL}{8}$ ; $V_B = \frac{3pL}{8}$	$M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{8}$ $V_A = V_B = \frac{pL}{2}$
	$M_A = -\frac{pL^2}{30}$ ; $M_B = -\frac{pL^2}{20}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{46.64}$ $V_A = \frac{3pL}{20}$ ; $V_B = \frac{7pL}{20}$	$M_A = -\frac{7pL^2}{120}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{23.65}$ $V_A = \frac{27pL}{120}$ ; $V_B = \frac{33pL}{120}$	$M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{16}$ $V_A = \frac{pL}{6}$ ; $V_B = \frac{pL}{3}$
	$M_A = -\frac{pL^2}{20}$ ; $M_B = -\frac{pL^2}{30}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{46.64}$ $V_A = \frac{7pL}{20}$ ; $V_B = \frac{3pL}{20}$	$M_A = -\frac{8pL^2}{120}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{33.54}$ $V_A = \frac{48pL}{120}$ ; $V_B = \frac{12pL}{120}$	$M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{16}$ $V_A = \frac{pL}{6}$ ; $V_B = \frac{pL}{3}$
	$M_A = M_B = -\frac{pL^2}{19.2}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{32}$ $V_A = V_B = \frac{pL}{4}$	$M_A = -\frac{5pL^2}{64}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{14.2}$ $V_A = \frac{21pL}{64}$ ; $V_B = \frac{11pL}{64}$	$M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{12}$ $V_A = V_B = \frac{pL}{4}$
	$M_A = -\frac{Pa^2b}{L^2}$ ; $M_B = -\frac{Pa^2b}{L^2}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{2Pa^2b^2}{L^3}$ $V_A = \frac{Pb^2(3a+b)}{L^3}$ ; $V_B = \frac{Pa^2(a+3b)}{L^3}$	$M_A = -\frac{Pab(L+b)}{2L^2}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{Pa^2b(3L-a)}{2L^3}$ $V_A = \frac{Pb(3L^2-b^2)}{2L^3}$ ; $V_B = \frac{Pa^2(3L-a)}{2L^3}$	$M_{máx}^+ = \frac{Pab}{L}$ $V_A = \frac{Pb}{L}$ ; $V_B = \frac{Pa}{L}$
	$M_A = M_B = -\frac{PL}{8}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{PL}{8}$ $V_A = V_B = \frac{P}{2}$	$M_A = -\frac{3PL}{16}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{5PL}{32}$ $V_A = \frac{11P}{16}$ ; $V_B = \frac{5P}{16}$	$M_{máx}^+ = \frac{PL}{4}$ $V_A = V_B = \frac{P}{2}$

Esforços elásticos de alguns tipos de vigas

Figura 2.30 – Esforços elásticos de tipos de vigas [4].

Sempre que possível, o dimensionamento das vigas deve respeitar o momento reduzido  $\mu$  abaixo descrito para que seja cumprido o critério de economia.

$$0,2 \leq \mu \leq 0,3 \tag{2.11}$$

Sendo este valor obtido pela expressão:

$$\mu = \frac{Med}{b * d^2 * fcd} \tag{2.12}$$

Onde:

b – Base da viga;

d = h – 0,04m – Altura útil da viga;

fcd – Valor de cálculo da tensão de rotura do betão  $\left(\frac{fck}{1,5}\right)$ .

Com a realização de todos os cálculos acima descritos é possível encontrar uma altura para as vigas verifiquem a segurança aos esforços que nelas atuam, da forma mais económica possível.

### 2.8.3.1 Exemplo de cálculo

É apresentado um exemplo de cálculo para a viga V1.1, do piso de habitação conforme a folha de cálculo automático.

$$\text{Vão} = 4,90\text{m}$$

$$\alpha = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$l_i = l * \alpha = 4,9 * 0,8 = 3,92\text{m}$$

$$h_{min} \geq \frac{l_i}{20 * \eta} \leftrightarrow h_{min} \geq \frac{3,92}{20 * 1} \geq 0,20\text{m}$$

Perante a altura mínima obtida será adotada uma altura de 0,90m e base de 0,25m para esta viga, devido às condicionantes impostas pela arquitetura. Como o pré-dimensionamento é realizado no programa Excel, facilmente as dimensões são alteradas e são recalculados os valores.

$$PP_{viga} = 25 * h * b = 25 * 0,9 * 0,25 = 5,625 * 1,35 = 7,5938 \text{ KN/m}$$

Esta viga não tem carga concentrada nem parede sobre a mesma e existe uma laje maciça à esquerda dela com as seguintes cargas:

- Cargas permanentes = 5 + 3 = 8 kN/m<sup>2</sup>;
- Cargas variáveis = 2 kN/m<sup>2</sup>.

Sendo assim a laje fornece um esforço à viga de 9,66 kN/m.

Com isto é assim possível chegar ao valor dos esforços aplicados na viga com ajuda das fórmulas presentes na imagem seguinte.

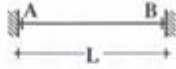
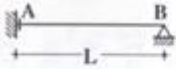
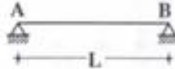
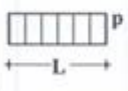
Tipo de Viga			
	$M_A = M_B = -\frac{pL^2}{12}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{24}$ $V_A = V_B = \frac{pL}{2}$	$M_A = -\frac{pL^2}{8}$ ; $M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{14,2}$ $V_A = \frac{5pL}{8}$ ; $V_B = \frac{3pL}{8}$	$M_{máx}^+ = \frac{pL^2}{8}$ $V_A = V_B = \frac{pL}{2}$

Figura 2.31 – Esforços da viga em estudo (Fórmulas) [4].

$L = 4,90m$

$p = 7,5938 + 9,66 = 17,2538 \text{ kN/m}$

$$V_{esq} = \frac{5pL}{8} = \frac{5 * 17,2538 * 4,90}{8} = 52,8 \text{ kN} \tag{2.13}$$

$$V_{dta} = \frac{3pL}{8} = \frac{3 * 17,2538 * 4,90}{8} = 31,7 \text{ kN} \tag{2.14}$$

$$M_{sd} = \frac{pL^2}{8} = \frac{17,2538 * 4,90^2}{8} = 51,8 \text{ kN.m} \tag{2.15}$$

$$M_{sd_{máx}^+} = \frac{pL^2}{14,2} = \frac{17,2538 * 4,90^2}{14,2} = 29,2 \text{ kN.m} \tag{2.16}$$

Em anexo segue a folha de cálculo automático que serve para pré-dimensionar as vigas e calcular os esforços que nelas atuam, assim como ter uma pequena ideia da armadura que vão necessitar. Segue abaixo a linha de cálculo automático da viga em estudo.

Secção	Viga Tipo	b	h	d	l	h min viga critério deform.	1			2		
							pp	Psd	Pfreq	pp	Psd	Pfreq
-	-	m	m	m	m	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
V1.1	Enc Esq Ap Sim Dir	0,25	0,90	0,86	4,90	0,20	5,625	7,59375	5,625			

Secção	3 Laje à esquerda									4 Laje à direita								
	pp	rcp	q	ψ1	psd	pfreq	linf	Psd	Pfreq	pp	rcp	q	ψ1	psd	pfreq	linf	Psd	Pfreq
-	kN/m2	kN/m2	kN/m2	-	kN/m2	kN/m2	m	kN/m	kN/m	kN/m2	kN/m2	kN/m2	-	kN/m2	kN/m2	m	kN/m	kN/m
V1.1	5	3	2	0,3	13,8	8,6	0,7	9,66	6,02									

Secção	5 Carga Concentrada 1						Esforços					
	x	Pg	Pq	ψ1	Psd	Pfreq	Msd-	Msd+	Msd+	Msd-	Vsd	Vsd
-	m	kN	kN	-	kN	kN	esq	1/2 vão	máx: 3/8L	dir	esq	dir
V1.1							51,8		29,2		52,8	31,7

Secção	Deformação Meio Vão e Extremidade da Consola										L/400
	f1	f2	f3	f4	f5	ftotal	finf =		fpp	factiva	
-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	ftotalx3		mm	mm	mm
V1.1	0,0		0,0			0,1	0,2		0,1	0,2	12,3

Secção	Msd+													
	Dimensionamento						Armadura						Verifica?	
-	Msd+ máx	Msd red	μ	As,cal	As,min	nº	Ø	nº	Ø	%As	As,ef	Asef	Asef	
V1.1	29	33	0,011	1,10	3,23	3	12	+		0,15%	3,39	OK	OK	

Secção	Msd-													
	Dimensionamento						Armadura						Verifica?	
-	Msd- máx	Msd 7/8	Msd red	μ	As,cal	As,min	nº	Ø	nº	Ø	%As	As,ef	Asef	Asef
V1.1	52	45	39	0,012	1,30	3,23	3	12	+		0,15%	3,39	OK	OK

Secção	Vsd														
	Dimensionamento						Armadura						Verifica?		
-	Vsd máx	Vsd, d	Vcd	Vrd<t2*b*d	Vwd	Vrd	Asw/s,cal	Asw/s,min	nº	Ø	s	Asw/s,ef	Vrd	Aswef	Aswmin
V1.1	52,84	36,28	161,25	1075	101,5	262,74		2,50	2	6	15	3,77	OK	OK	OK

Secção	Arm Suspensão		Asw, cal total	Arm Carga Concentrada	
	Carga a	Arm		Carga	Arm Concentrada
-	Suspender	Suspensão	cm2/m	Concentrada	a colocar
V1.1	kN/m	cm2/m		2,50	kN

Figura 2.32 – Cálculo da viga em estudo (fonte: CIVITEC).

### 2.8.3.2 Pormenores de vigas

As imagens abaixo ilustram alguns pormenores da amarração da armadura longitudinal das vigas. Os pormenores seguintes deverão ser considerados sempre que a emenda e a amarração dos varões longitudinais das vigas não estejam expressamente representados, quer em alçado, quer em corte tipo.

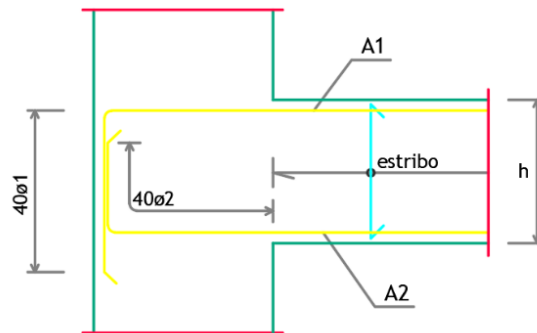


Figura 2.33 – Amarração da armadura longitudinal junto a um apoio extremo (Projeto de estruturas).

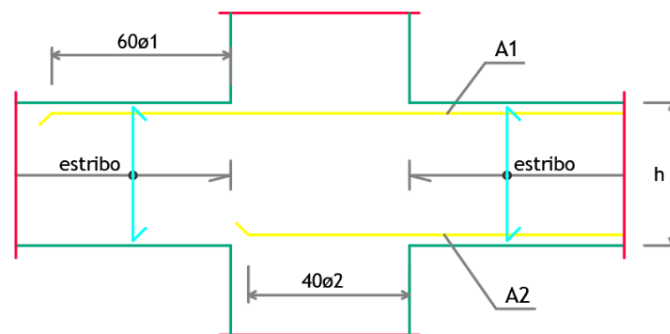


Figura 2.34 – Amarração da armadura longitudinal junto a um apoio intermédio (Projeto de estruturas).

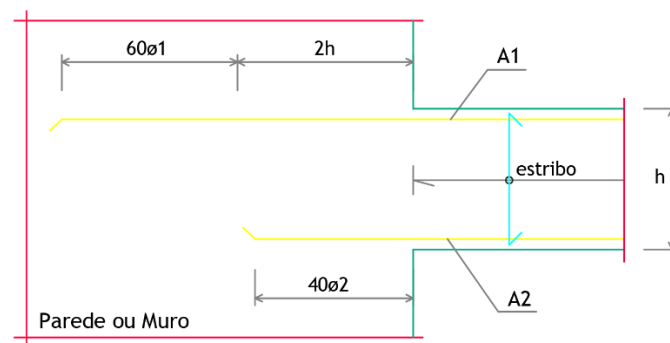


Figura 2.35 – Amarração da armadura longitudinal junto a um apoio contínuo (Parede, Núcleo, Muro de Suporte, etc.) (Projeto de estruturas).

### 2.8.4 Pilares

No pré-dimensionamento dos pilares é necessário ter em conta que a dimensão mínima da secção transversal é de 20cm. Para o pré-dimensionamento dos pilares o momento fletor pode ser desprezado considerando apenas o esforço axial que nele atua [3]. Com isto temos a expressão:

$$Ned = \frac{1}{w} * (0,85 * fcd * Ac + fyd * As) \quad (2.17)$$

Onde:

W – Coeficiente de encurvadura considerado;

Ac – Seção de betão;

As – Seção de aço.

O valor do esforço axial transmitido pela viga ao pilar mais o seu peso é calculado pela seguinte expressão:

$$Ned = Ved + 1,5 * PP.p \quad (2.18)$$

Onde:

Ned – Valor do esforço axial;

Ved – Valor que a viga transmite a cada um dos pilares em que se apoia;

PP.p – Peso próprio do pilar.

De seguida é calculada a percentagem da área da secção de aço, para uma determinada secção do pilar. Considera-se que os valores económicos para a percentagem de aço seja entre 1 e 2%.

$$1\% \leq \%As \leq 2\%$$

Fixamos a percentagem de aço 1%Ac para obter uma área de betão.

$$Ned = \frac{1}{w} * (0,85 * fcd * Ac + fyd * 0,001 * Ac) \quad (2.19)$$

Após obter uma área de betão são fixadas as dimensões para o pilar que garantam a área de betão calculada e que respeite as condicionantes impostas pela arquitetura. Tendo assim as dimensões da secção do pilar é recalculada a área de aço final pela seguinte expressão:

$$Ned = \frac{1}{w} * (0,85 * fcd * Ac + fyd * As) \quad (2.20)$$

Para verificar se a percentagem de aço calculada se encontra dentro dos limites pretendidos é aplicada a expressão:

$$\%As = \frac{As}{Ac} * 100 \quad (2.21)$$

### 2.8.4.1 Pormenores de Pilares

As imagens abaixo referem alguns pormenores de amarração e de arranque da armadura de pilares.

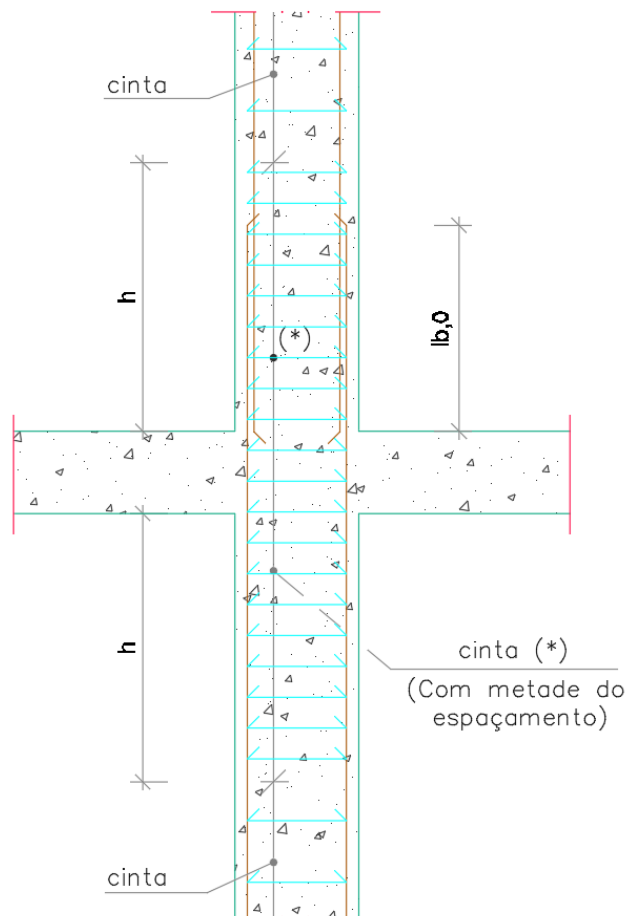


Figura 2.36 – Pilares com seção constante (Projeto de estruturas).

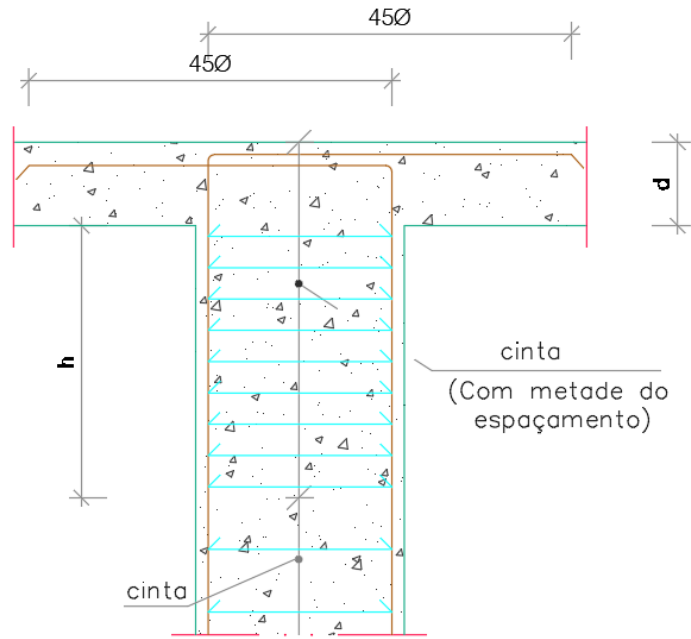


Figura 2.37 – Amarração de armaduras em lajes e vigas (Projeto de estruturas).

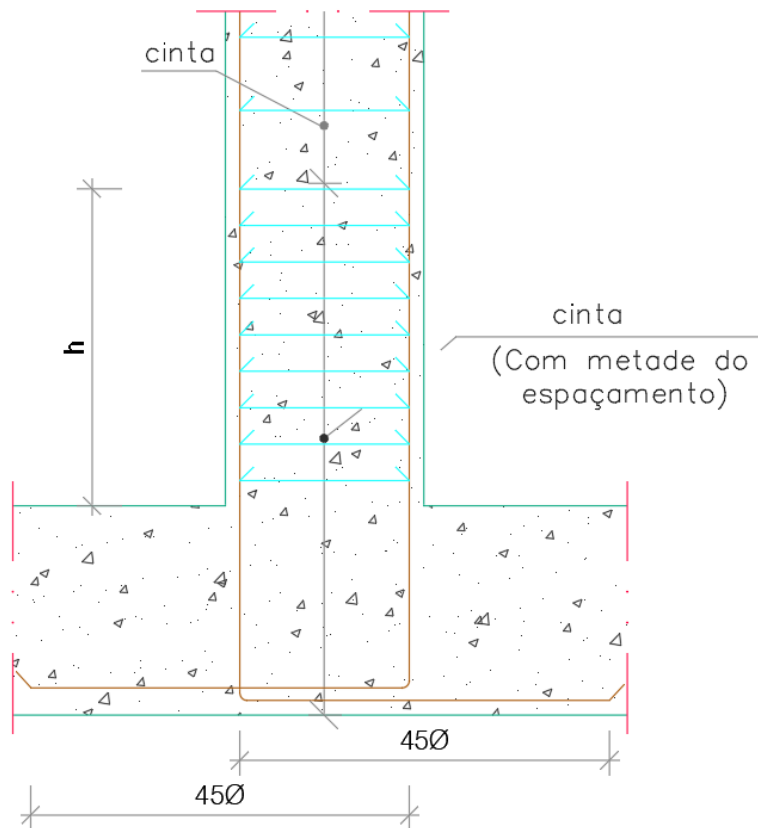


Figura 2.38 – Arranque de armaduras em lajes, vigas e sapatas (Projeto de estruturas).

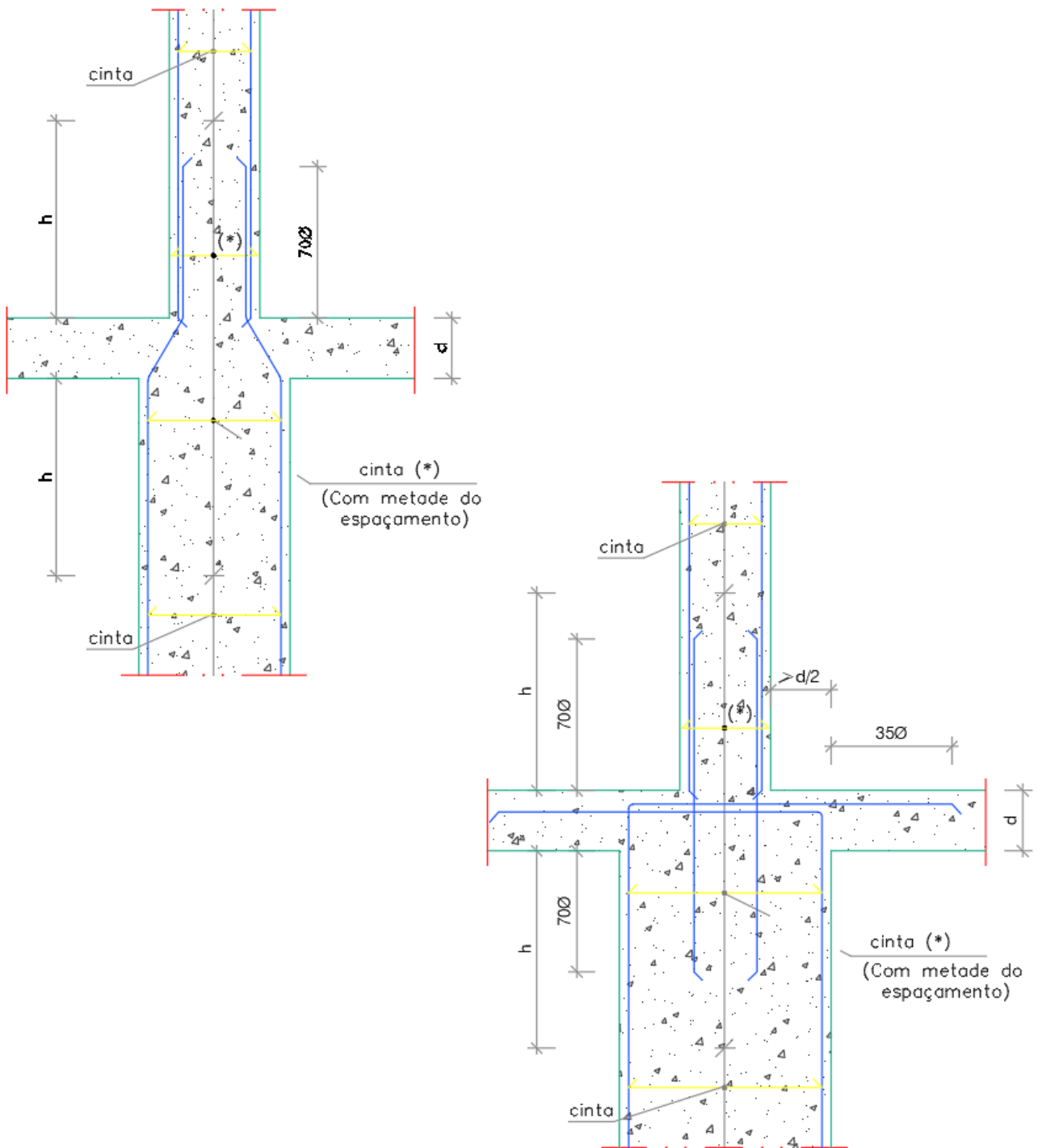


Figura 2.39 – Pilares com seção variável (Projeto de estruturas).

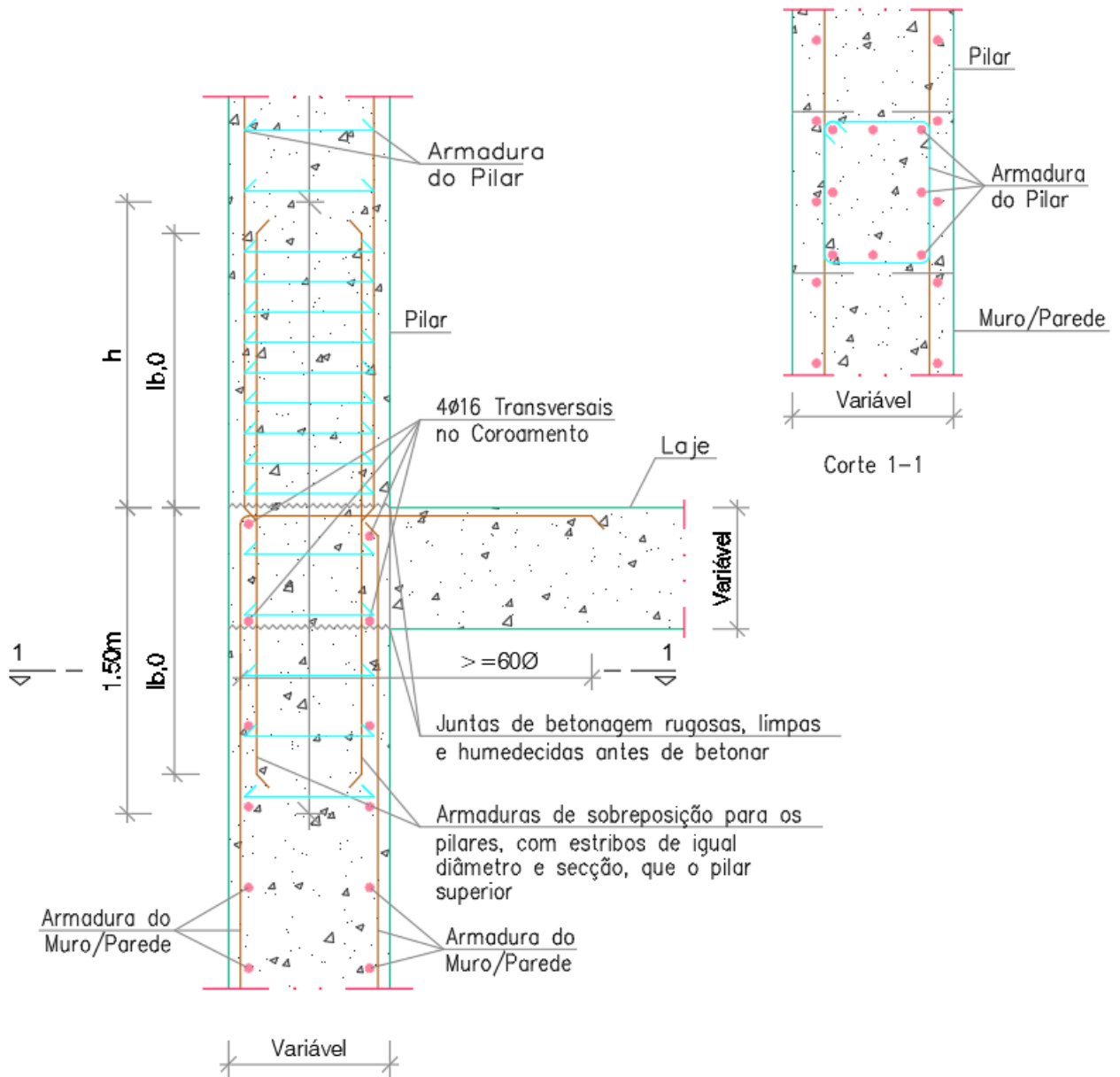


Figura 2.40 – Pilar embecido no muro de igual espessura (Projeto de estruturas).

### 2.8.5 Fundações

As fundações são usualmente classificadas em três tipos: superficiais ou diretas, profundas ou semidirectas, profundas ou indirectas.

A seleção do tipo de fundação a adotar para uma dada construção depende essencialmente:

- Da grandeza das cargas a transmitir ao terreno;
- Da profundidade a que se encontra o estrato rígido do solo com adequada resistência e deformabilidade;
- Das dimensões das sapatas compatíveis com o carregamento;
- Da capacidade de carga do terreno;
- Da homogeneidade do solo;
- Do tipo de superestrutura e dos assentamentos admissíveis (totais e diferenciais);
- Das estruturas vizinhas;
- Dos prazos e custos de execução.

Neste projeto foram usadas fundações superficiais ou diretas. A fundação superficial ou direta caracteriza-se por transmitir a carga proveniente da estrutura para o terreno próximo da superfície, exclusivamente através da face inferior da fundação, desprezando-se os efeitos das tensões tangenciais entre o terreno e a face lateral da sapata.

Das fundações superficiais ou diretas existentes apresentam-se os três principais grupos:

- sapata isolada;
- sapata contínua;
- ensoleiramento geral.

As sapatas isoladas podem dividir-se ainda em sapatas isoladas centradas, sapatas isoladas excêntricas numa e em duas direções. No que diz respeito às sapatas contínuas, estas são associadas por exemplo a muros de suporte ou quando os pilares estão alinhados e com espaçamentos relativamente curtos de maneira a que, caso fossem utilizadas sapatas isoladas estas iriam aproximar-se ou até mesmo sobrepor-se.

Para o dimensionamento das mesmas, existe o dimensionamento geotécnico de uma fundação superficial que fixa as suas dimensões em planta e o dimensionamento estrutural que define a sua altura e as armaduras de tração necessárias. De salientar que todas elas foram unidas por vigas de equilíbrio.

No dimensionamento geotécnico de fundações superficiais, as ações transmitidas pela estrutura não devem ser majoradas e deve-se considerar o peso próprio da sapata.

No quadro a seguir pode-se verificar a geométrica e armadura em cada direção de quatro sapatas distintas segundo o programa de calculo automático CYPECAD.

Tabela 2.10 – Quadro de Sapatas.

	Geometria			Armaduras			
	Bx	By	H	Axi	Ayi	Axs	Ays
S1	1,35	1,35	0,50	Ø12//0,15	Ø12//0,15	Ø8//0,15	Ø8//0,15
S2	1,20	1,20	0,50	Ø12//0,15	Ø12//0,15	Ø8//0,15	Ø8//0,15
S3	0,95	0,95	0,50	Ø12//0,15	Ø12//0,15	Ø8//0,15	Ø8//0,15
S4	2,00	1,25	0,55	Ø12//0,15	Ø12//0,15	Ø12//0,15	Ø12//0,15

### 2.8.5.1 Pormenores de Fundações

Nas imagens abaixo segue-se alguns pormenores de fundação entre sapatas, vigas de equilíbrio e muros de suporte e cave.

- Sapatas:

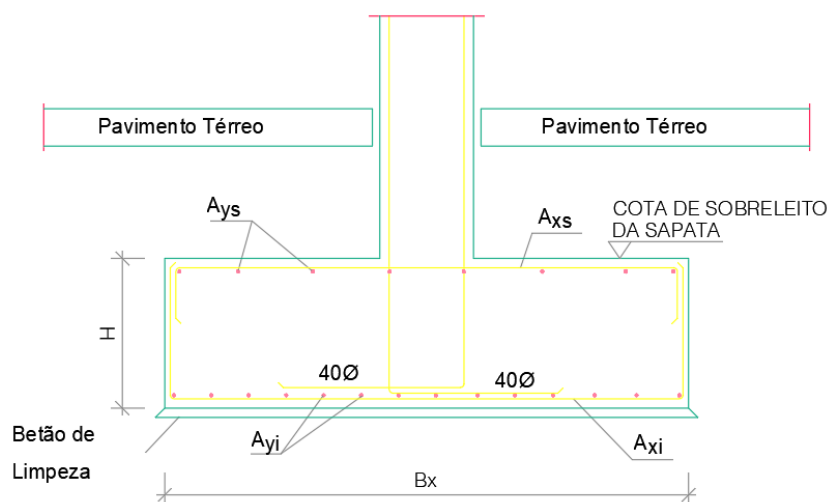


Figura 2.41 – Pormenor de sapata (alçado) (Projeto de estruturas).

- Vigas de equilíbrio:

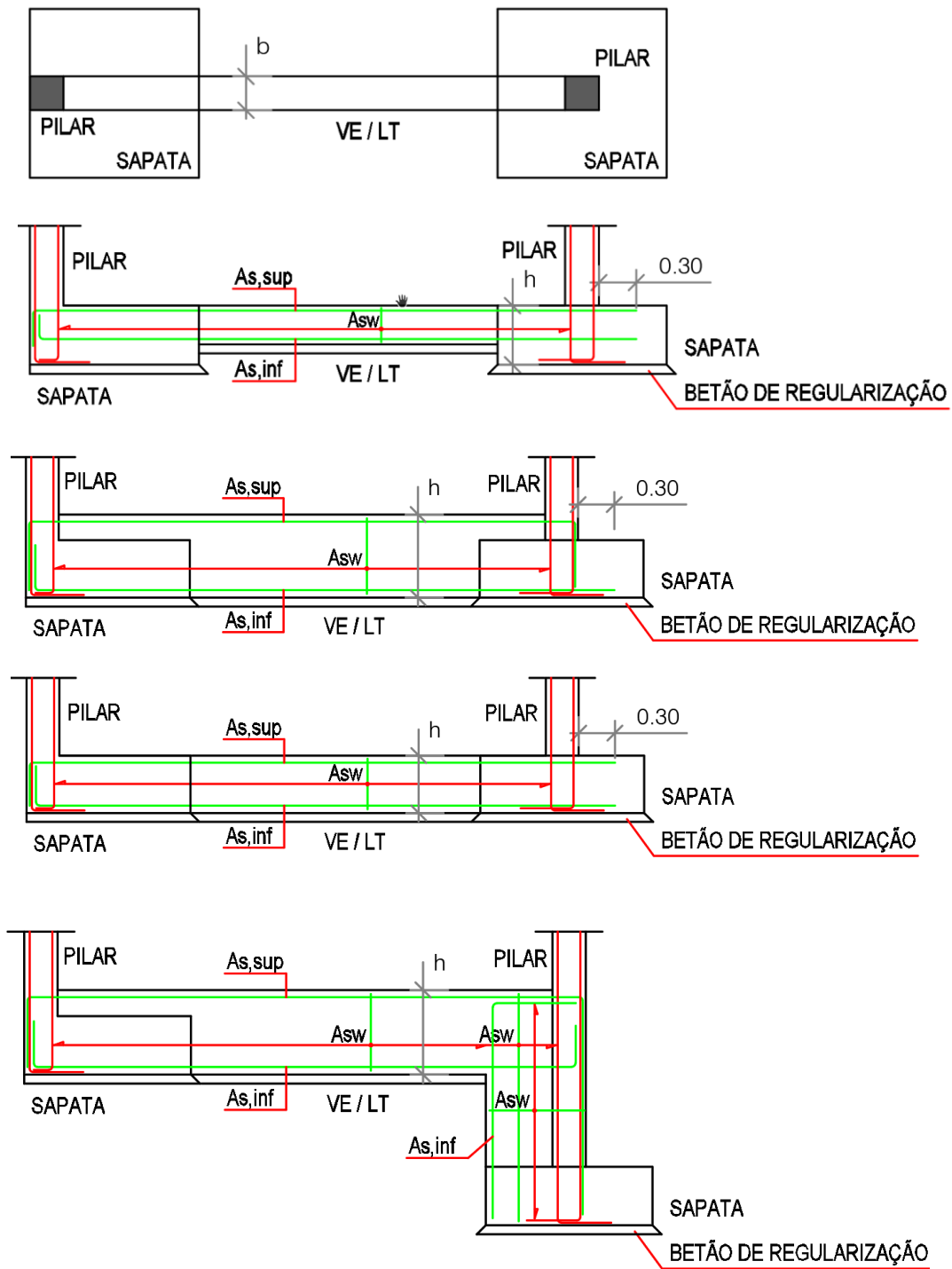


Figura 2.42 – Pormenor tipo vigas de equilíbrio (Projeto de estruturas).

- Muros:

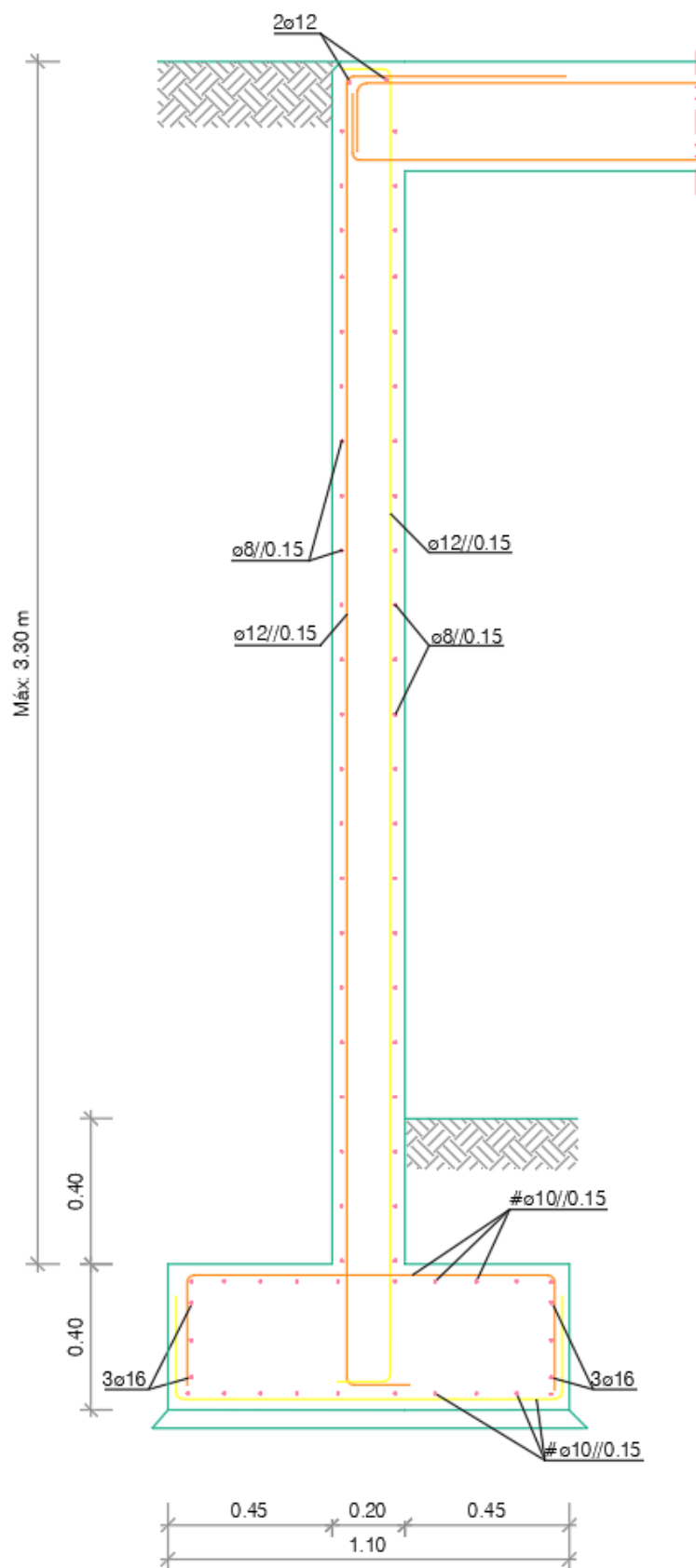


Figura 2.43 – Pormenor Muro Cave (Projeto de estruturas).

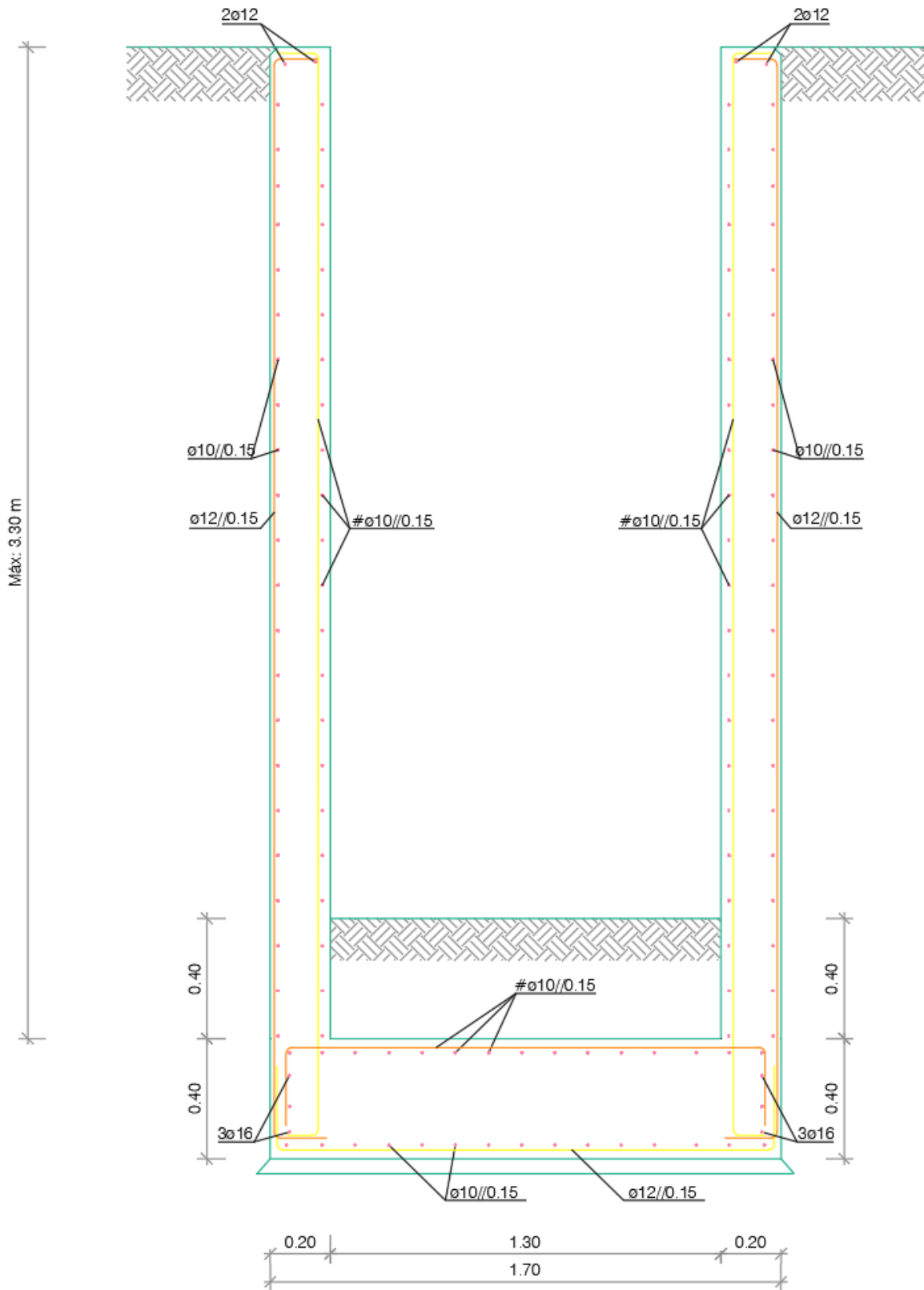


Figura 2.44 – Pormenor Muro Suporte 1 (Projeto de estruturas).

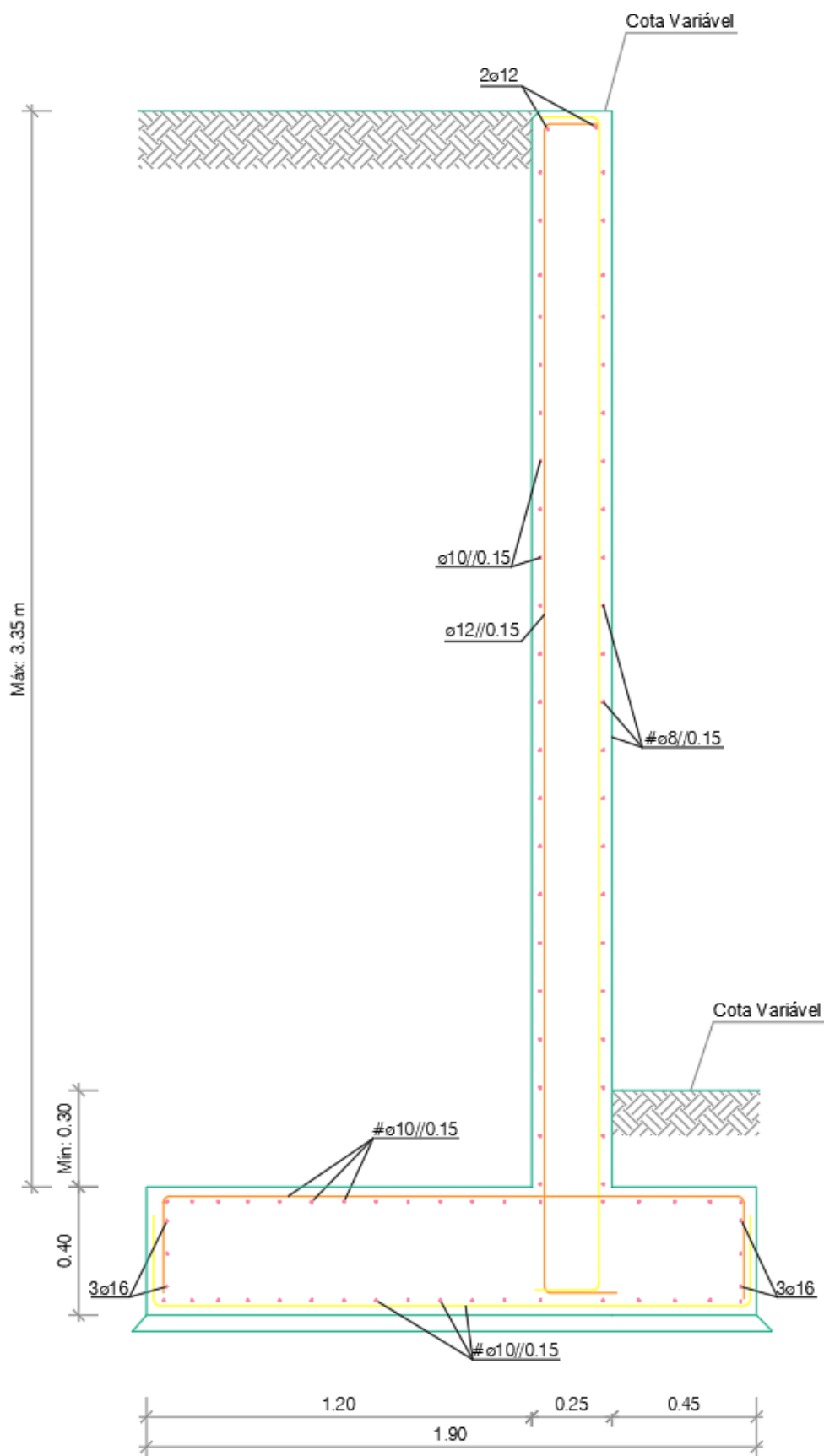


Figura 2.45 – Pormenor Muro Soporte 2 (Projeto de estruturas).

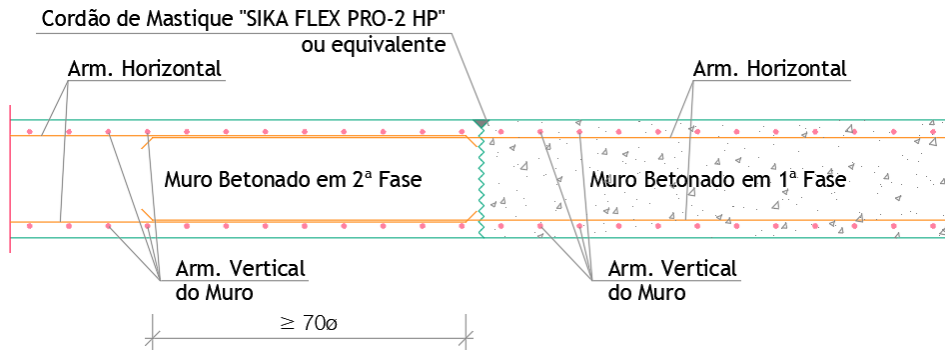


Figura 2.46 – Pormenor Junta de construção em Muros de Suporte (Projeto de estruturas).

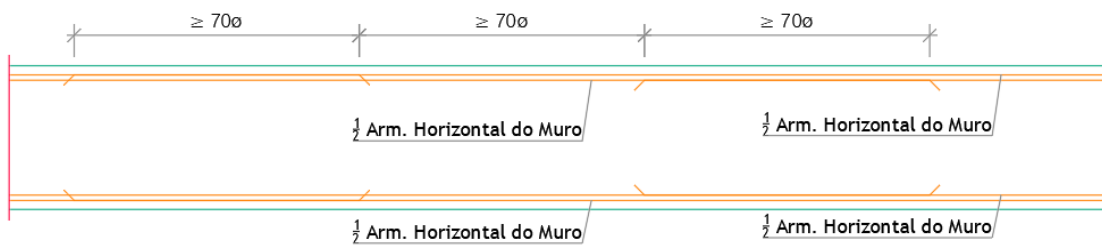


Figura 2.47 – Pormenor da Emenda da Armadura Horizontal dos Muros (Projeto de estruturas).

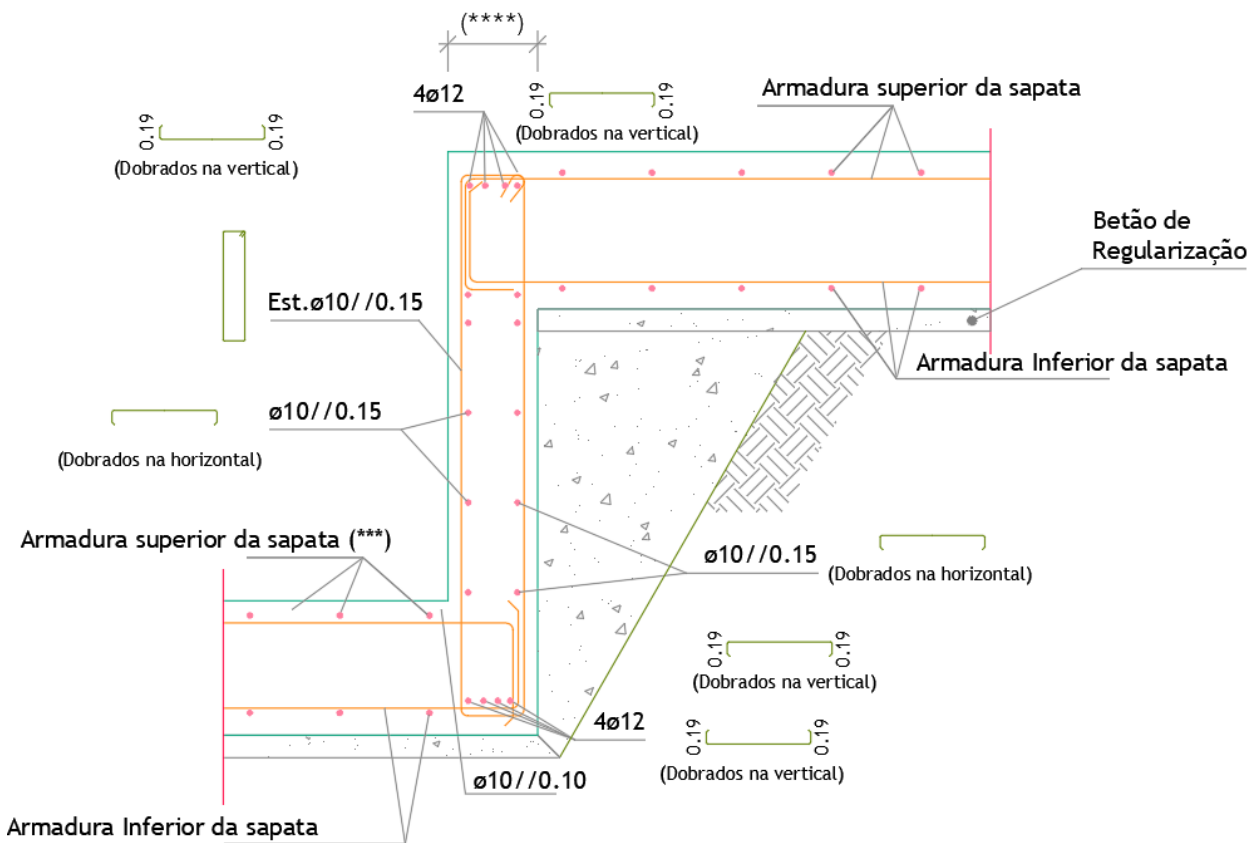


Figura 2.48 – Pormenor dos Desníveis das Sapatas dos Muros de Suporte (Projeto de estruturas).

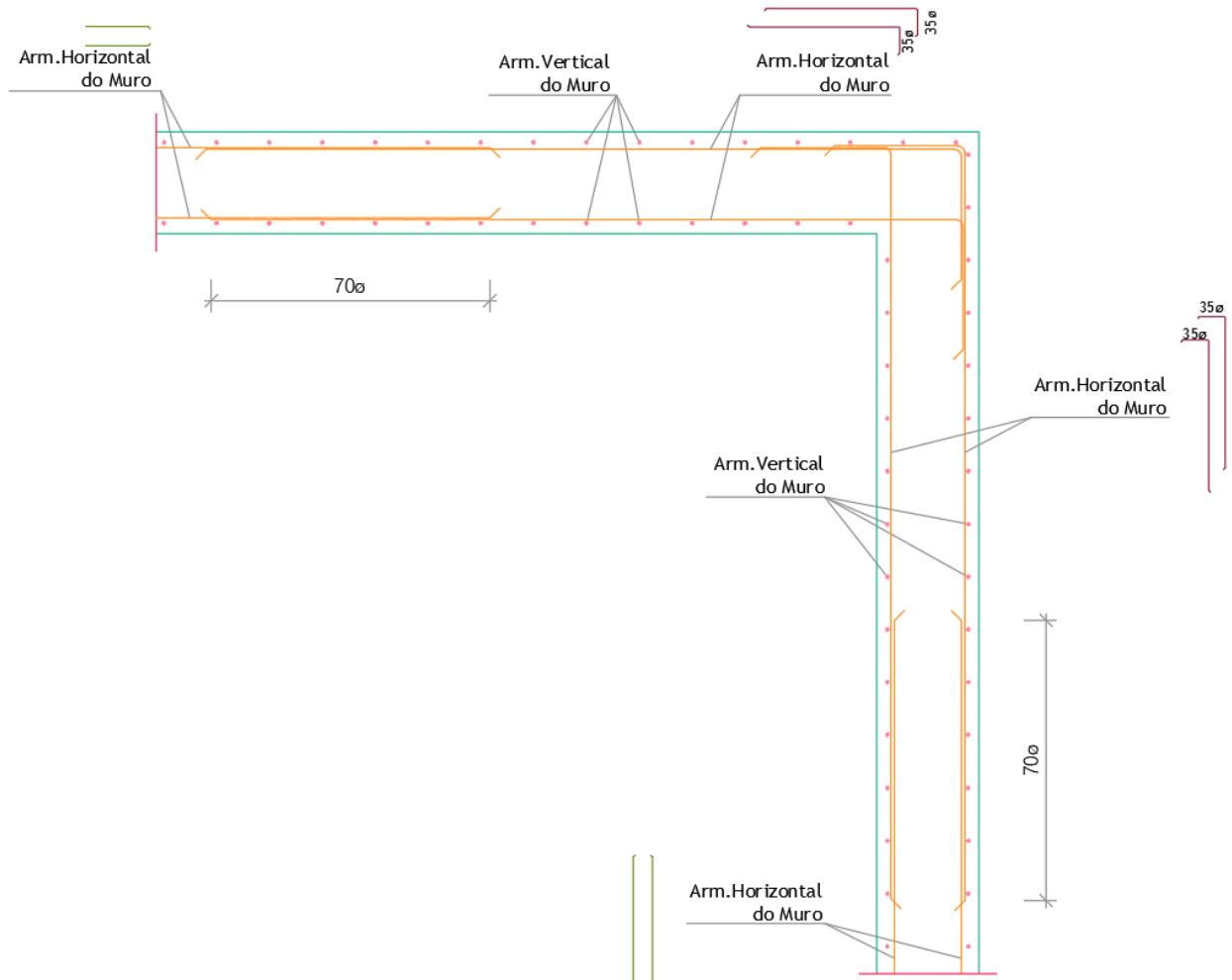


Figura 2.49 – Pormenor de Amarração de Armaduras nos Cantos em Muros (Projeto de estruturas).

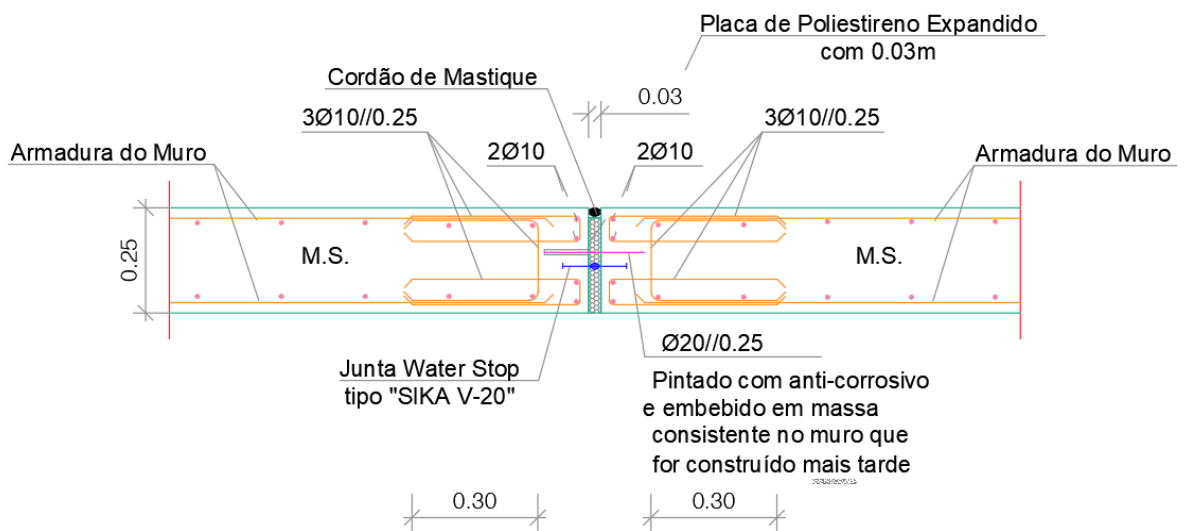


Figura 2.50 – Junta de Dilatação em Muros de Suporte (Projeto de estruturas).

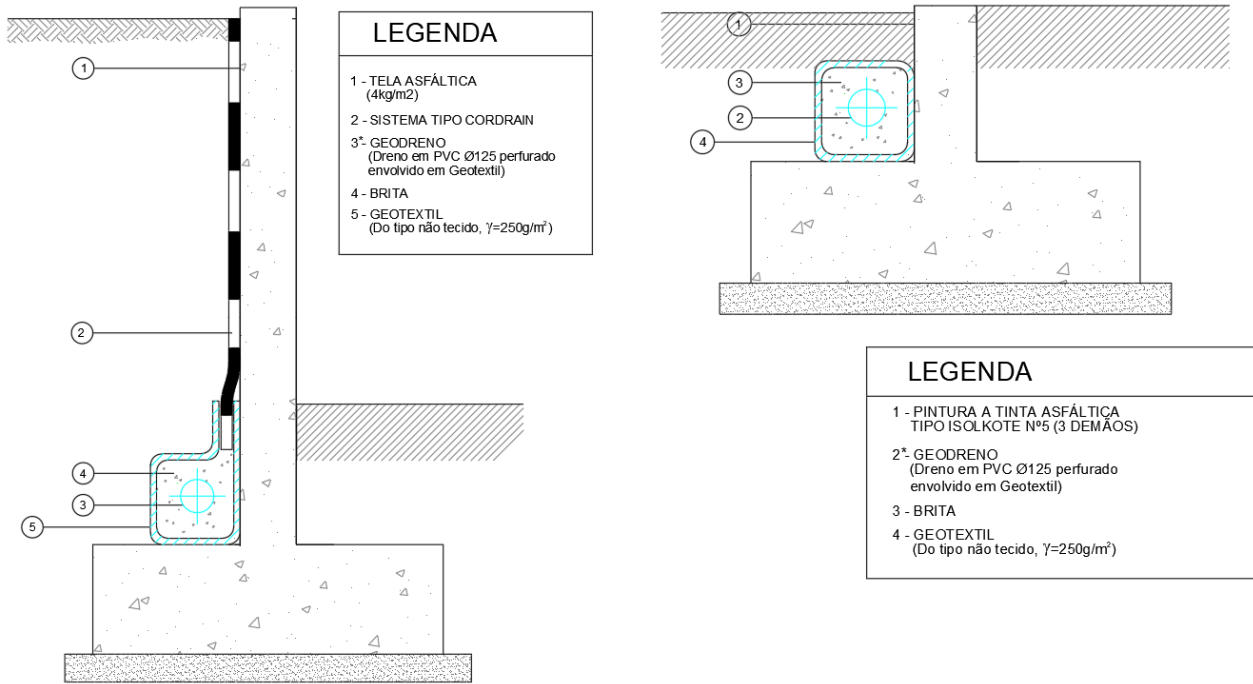


Figura 2.51 – Pormenor Tipo de Impermeabilização e Drenagem (Projeto de estruturas).

## 2.9 MODELO DE CÁLCULO 3D

Dada a evolução da construção e suas técnicas, a complexidade das estruturas tem evoluído de forma crescente, o que obriga os projetistas a utilizarem ferramentas de cálculo que analisem todas as possíveis soluções, que realizem os cálculos e apresentem de forma prática os resultados.

Para proceder ao dimensionamento de toda a estrutura foi assim essencial recorrer ao programa de cálculo CYPECAD.

### 2.9.1 CYPECAD

O CYPECAD foi concebido para realizar o dimensionamento e análise estrutural de elementos de betão armado e mistos (betão e aço) em edifícios, com fiabilidade de cálculo e oferecendo peças desenhadas da solução.

O seu principal objetivo é otimizar o processo de elaboração de projetos de edifícios com tipologia dos elementos acima referidos.

A gama de programas com estas ferramentas no mercado é variada. Este *software* destaca-se pela sua amplitude de análise de cada caso, multiplicidade de opções que oferece, facilidade de uso e fiabilidade de resultados.

Para além dos aspetos acima indicados, a introdução de dados no programa é relativamente simples, pois a disposição dos menus facilita o processo. É ainda possível acompanhar a evolução do processo de uma maneira mais perceptível e realista com o apoio dos seus modelos 3D, tal como se pode constatar na figura seguinte.

Optou-se por remeter para os anexos todos os desenhos retirados do CYPECAD e posteriormente desenvolvidos.

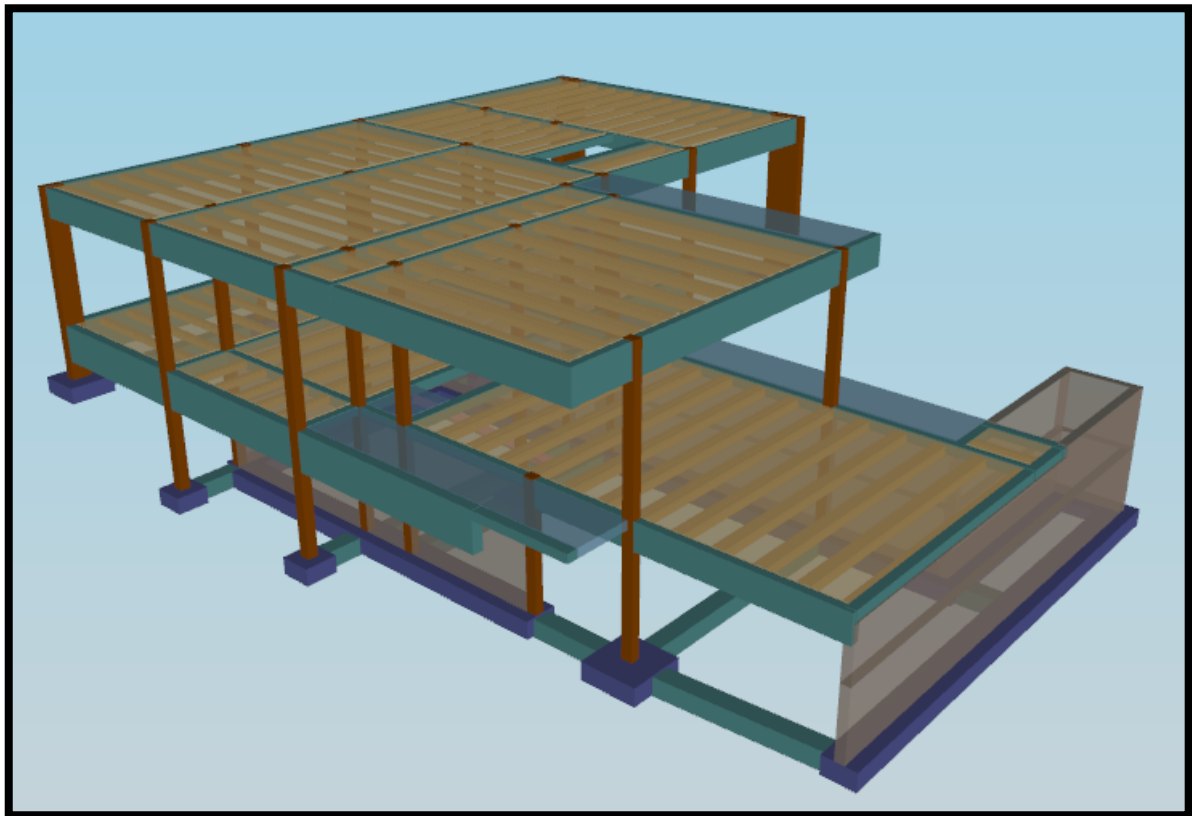


Figura 2.52 – Modelo 3D da Obra em Estudo.

### 2.9.1.1 Dados da obra

O primeiro passo a ser efetuado no CYPECAD é a introdução dos dados gerais da obra. Foram definidas as normas a serem utilizadas para o cálculo, as classes dos materiais utilizados na estrutura do edifício, nomeadamente do betão e do aço, as ações permanentes e sobrecarga a que o edifício está sujeito, a ação do vento e a ação sísmica.

De seguida é apresentada uma imagem que elucida o que acima foi descrito.

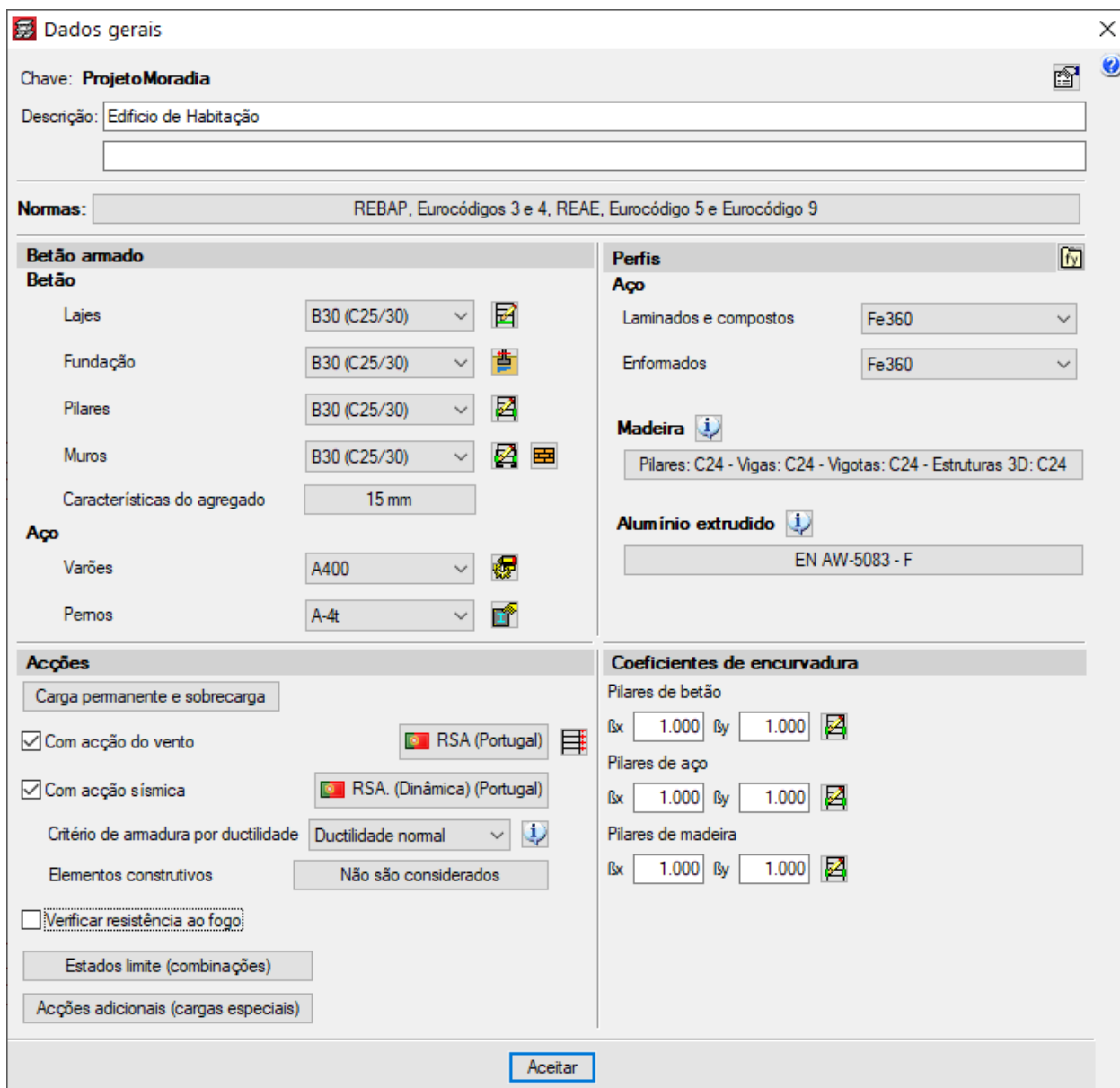



Figura 2.53 – Dados Gerais da Obra.

### 2.9.1.2 Vento

O vento exerce sobre o edifício forças horizontais variáveis que têm de ser consideradas no dimensionamento do mesmo. Para que se consiga introduzir os valores necessários no programa para esta ação é necessário, pelo regulamento, analisar segundo as características do edifício, qual a resultante para o coeficiente de pressão que atua sobre as fachadas.

Os dados a serem inseridos no programa de calculo são a norma do país pela qual se deve seguir (Portugal-RSA), a zona eólica e a rugosidade consoante a localização do edifício e a resultante do coeficiente de pressão exterior que atua sobre cada direção.


 Norma para o cálculo da sobrecarga de vento

<input checked="" type="radio"/> Portugal	<input type="radio"/> Guatemala
<input type="radio"/> UE	<input type="radio"/> Honduras
<input type="radio"/> Método geral	<input type="radio"/> México
<input type="radio"/> Alemanha	<input type="radio"/> Nicarágua
<input type="radio"/> Bélgica	<input type="radio"/> Panamá
<input type="radio"/> Bulgária	<input type="radio"/> Paraguai
<input type="radio"/> Chipre	<input type="radio"/> Peru
<input type="radio"/> Espanha	<input type="radio"/> República Dominicana
<input type="radio"/> França	<input type="radio"/> Uruguai
<input type="radio"/> Itália	<input type="radio"/> Venezuela
<input type="radio"/> Reino Unido	<input type="radio"/> Canadá
<input type="radio"/> Roménia	<input type="radio"/> USA
<input type="radio"/> Rússia	<input type="radio"/> China
<input type="radio"/> África do Sul	<input type="radio"/> Índia
<input type="radio"/> Argélia	<input type="radio"/> Singapura
<input type="radio"/> Marrocos	
<input type="radio"/> Argentina	
<input type="radio"/> Bolívia	
<input type="radio"/> Brasil	
<input type="radio"/> Chile	
<input type="radio"/> Colômbia	
<input type="radio"/> Costa Rica	
<input type="radio"/> Cuba	
<input type="radio"/> El Salvador	
<input type="radio"/> Equador	

Eurocódigo 1    **RSA**

Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes

<input checked="" type="checkbox"/> Acção de vento segundo X	+ X	<input type="text" value="1.00"/>	- X	<input type="text" value="1.00"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Acção de vento segundo Y	+ Y	<input type="text" value="1.00"/>	- Y	<input type="text" value="1.00"/>

Larguras de banda:   Y      X       

Zona eólica    ▼

Rugosidade    ▼

Figura 2.54 – Valores da Ação do Vento (CYPECAD).

### 2.9.1.3 Sismo

O sismo trata-se de uma libertação de energia que se propaga através de ondas sísmicas que transfere parte dessa energia aos edifícios, fazendo-os vibrar. A análise dos esforços devido à ação sísmica pode ser realizada a partir de uma análise dinâmica ou de uma análise estática simplificada.

No caso destas ações foi tido em conta o padrão utilizado pelo programa, sendo o método utilizado por este, para prever a forma como a estrutura se vai comportar e a que esforços estará sujeita, o método dinâmico baseado numa análise espectral.

A informação colocada no programa foi: a norma do país que se teria de seguir (Portugal-RSA), tipo de terreno, direção das ações sísmicas e a zona em que o edifício se encontra (Zona D).

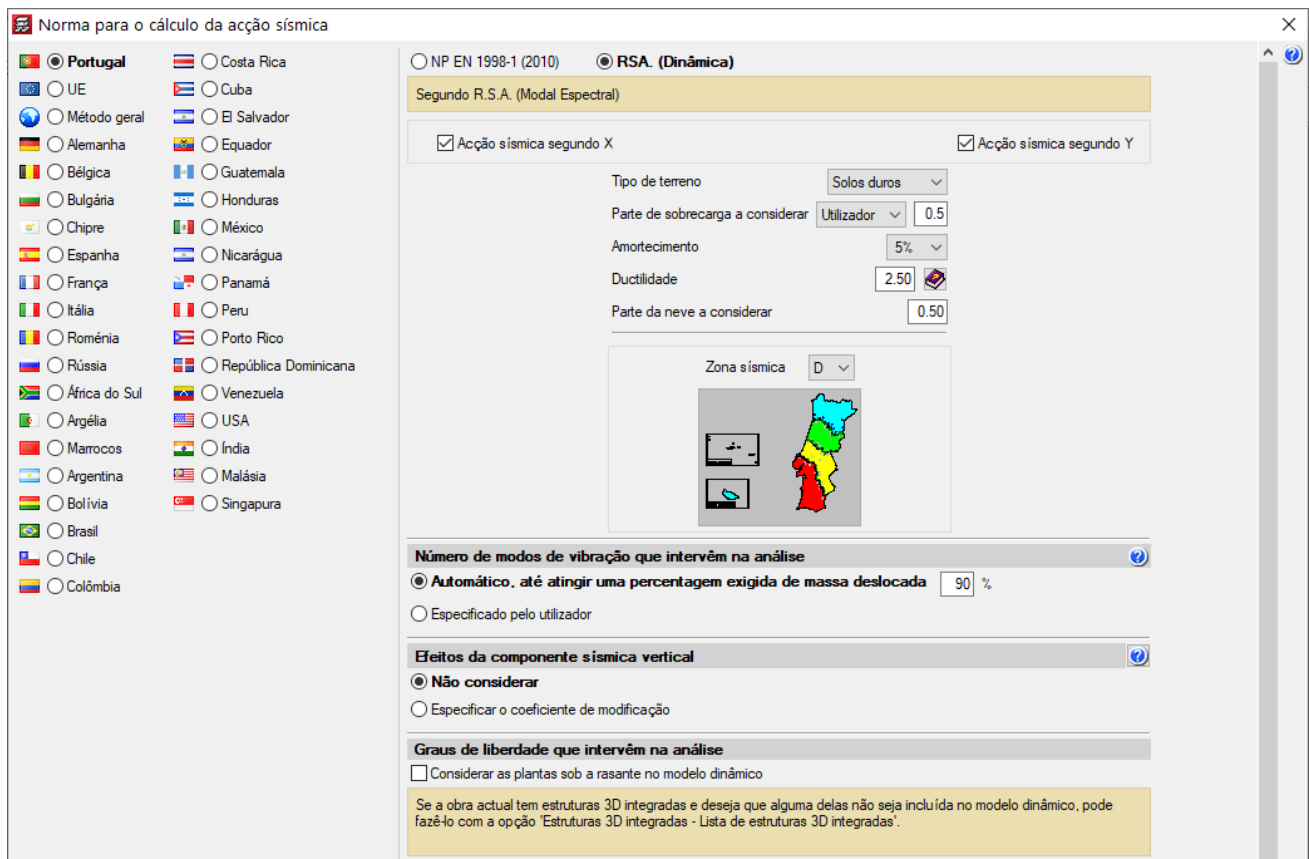


Figura 2.55 – Valores da Ação do Sismo (CYPECAD).

#### 2.9.1.4 Modelação da Estrutura 3D

Após definir as plantas estruturais são introduzidas as respetivas geometrias no programa de cálculo CYPECAD.

As lajes de escadas, por opção, não foram calculadas no programa. Para facilitar o processo, estas foram calculadas manualmente. As lajes aligeiradas inseridas no modelo possuem as características geométricas e peso das calculadas no programa SPRAL, de forma a que seja possível efetuar o dimensionamento de todos os elementos onde elas apoiam. Os muros de suporte e cave não foram calculados no programa sendo estes calculados manualmente.

A modelação 3D da estrutura permite um acompanhamento do processo de dimensionamento mais pormenorizado e realista da estrutura, oferecendo desenhos de todos os elementos que seja necessário, apresentando vários alçados e pormenores construtivos.

## 2.9.2 Dimensionamento

Nas demonstrações de cálculos que de seguida serão apresentadas são as designações do programa, para os diferentes elementos, que serão consideradas. Os valores de majoração serão de 1,35 e 1,50 para cargas permanentes e variáveis, respetivamente.

### 2.9.2.1 Lajes Aligeiradas

Relativamente às lajes aligeiradas, estas são calculadas pelo programa SPRAL e posteriormente são colocadas no programa CYPECAD da forma apresentada na figura seguinte.

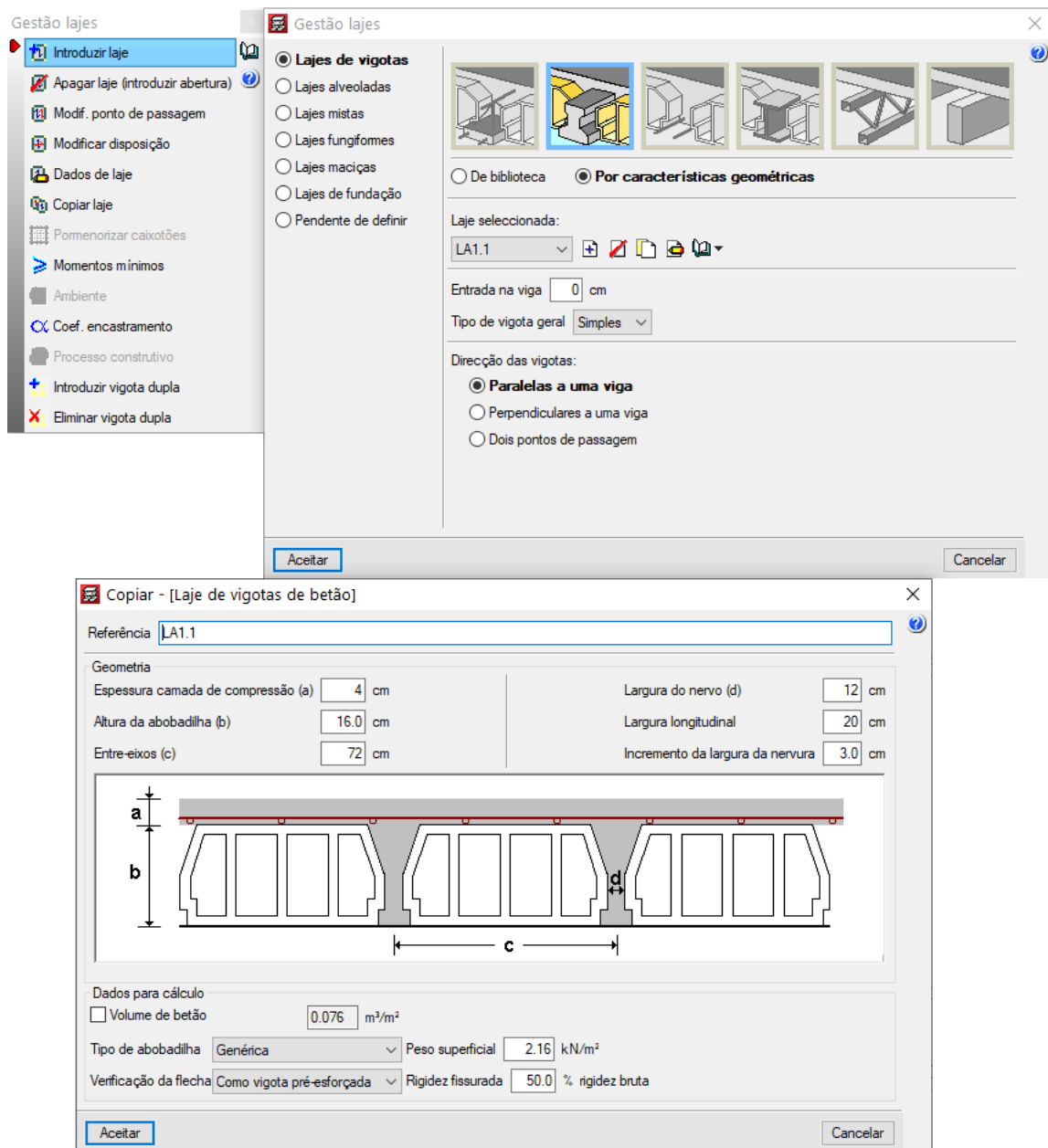


Figura 2.56 – Processo de introdução de lajes aligeiradas no CYPECAD.

### 2.9.2.2 Lajes Maciças

As lajes maciças são peças que trabalham fundamentalmente à flexão. De seguida está representado um quadro e algumas imagens com as alturas introduzidas no CYPECAD para cada laje maciça, explicitando-se o processo de introdução dessas alturas no programa.

Tabela 2.11 – Resumo de Lajes Maciças

Nome	Vão (l)	Cond. Apoio $\alpha$	Vão Equiv. $li$	Altura mín. $h_{min}$	Altura Total H
	m		m	m	m
LM1	1,50	0,9	1,35	0,05	0,20
LM2	1,40	0,8	1,12	0,04	0,20
LM3	1,35	2,4	3,24	0,11	0,20
LM4	1,25	0,9	1,13	0,04	0,20
LME1	1,40	0,8	1,12	0,04	0,20

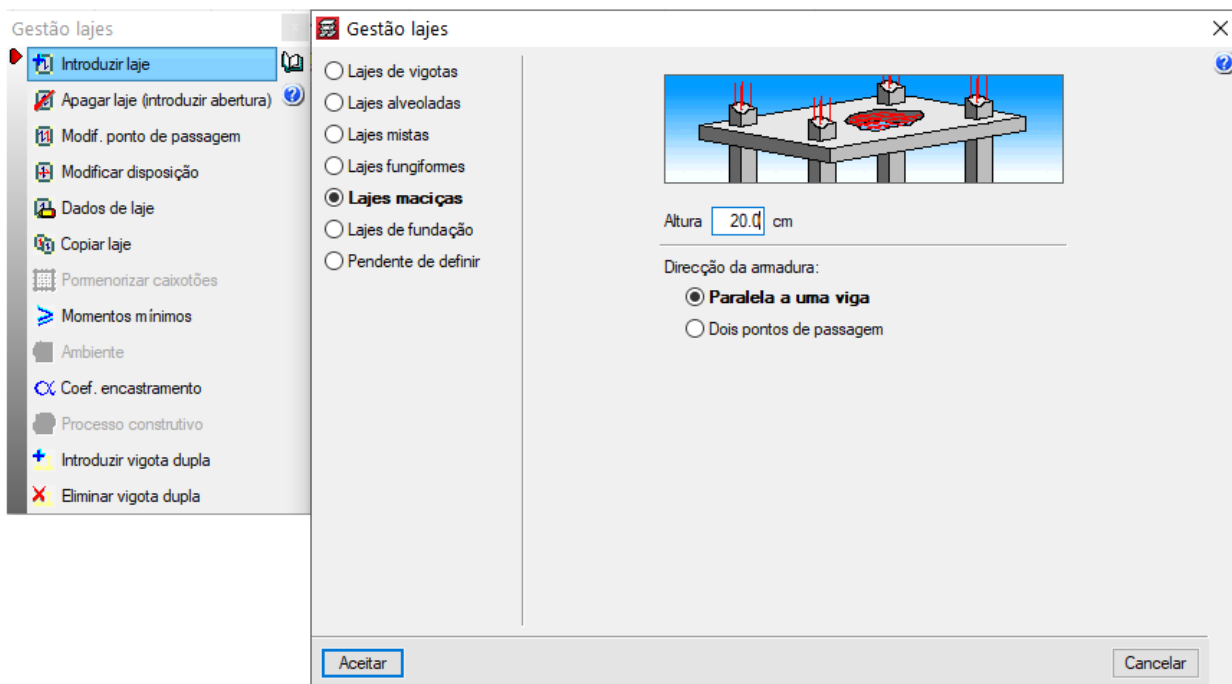


Figura 2.57 – Processo de introdução de lajes maciças no CYPECAD.

Com o objetivo de validar o funcionamento do CYPECAD e garantir que não houve erros de introdução de dados, foi realizado um exemplo de cálculo da laje maciça LM3 (laje em consola) de acordo com os métodos lecionados, para que se fossem comparados os resultados obtidos pelo CYPECAD e os resultados obtidos pelos métodos de cálculo estudados.

$$Med = \frac{(1,35 * (5 + 3) + 1,5 * 2) * 1,35^2}{2} = 12,5753 \text{ KN.m} \quad (2.22)$$

$$\mu = \frac{Med}{b * d^2 * fcd} = \frac{12,5753}{1 * 0,15^2 * (25000/1,5)} = 0,034 \rightarrow \omega = 0,035 \quad (2.23)$$

$$\omega = \frac{As * fyd}{b * d * fcd} \quad (2.24)$$

$$As = \frac{0,035 * 1 * 0,15 * (25000/1,5)}{(400000/1,15)} = 2,52 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$As_{min} \geq \begin{cases} 0,26 * \frac{fctm}{fyk} * b * d \\ 0,0013 * b * d \end{cases} \geq \begin{cases} 0,26 * \frac{2,6}{400} * 1 * 0,15 \\ 0,0013 * 1 * 0,15 \end{cases} \geq \begin{cases} 2,54 \text{ cm}^2 \\ 1,95 \text{ cm}^2 \end{cases} \quad (2.25)$$

Solução de armadura: **Ø8 // 17,5 (As<sub>eff</sub> = 2, 87 cm<sup>2</sup>/m)**

Solução de armadura (CYPE): **Ø8 // 15 (As<sub>eff</sub> = 3, 35 cm<sup>2</sup>/m)**

É possível observar que há uma pequena diferença no resultado da armadura. Lembra-se que o programa CYPECAD ficou limitado propositalmente a uma armadura mínima de **Ø8 // 15**, justificando-se assim a diferença de armadura do cálculo automático para o cálculo manual.

### 2.9.2.3 Vigas

Para as vigas verifica-se, também, a necessidade de perceber se o programa de cálculo está a assumir todos os dados inseridos de forma correta e se os valores obtidos para os esforços e armaduras se encontram dentro do expectável. Será analisado o segundo tramo da viga VC.7 da cobertura. Na figura seguinte representa-se o processo de introdução de vigas no programa CYPECAD.

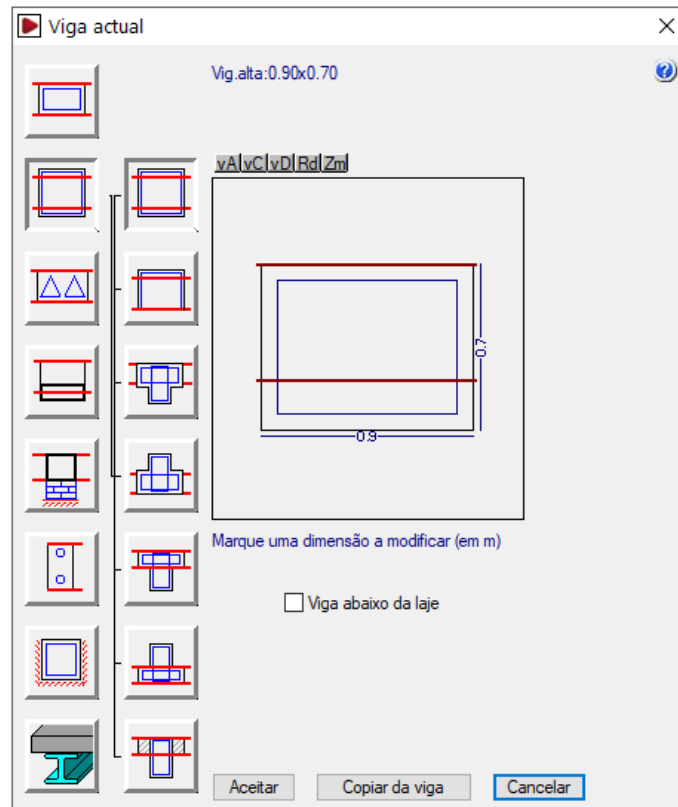


Figura 2.58 – Processo de introdução de vigas no CYPECAD.

### Armadura transversal

Com ajuda da folha de cálculo automático de Excel é possível calcular mais rapidamente os valores dos esforços e chegar a uma área de armadura dos estribos das vigas.

$$V_{rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w v_1 Z f_{cd}}{\cot \theta \tan \theta} \quad (2.26)$$

$$v_1 = 0,6 \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \quad (2.27)$$

$$Z = 0,9 d = 0,9 * 0,36 = 0,324 \text{ m} \quad (2.28)$$

A área mínima de armadura de esforço transversal vertical para vigas é dada por:

$$\frac{A_{sw}}{s}, min = \rho_{w,min} * b_w = 0,001 * 0,25 = 2,5 \text{ cm}^2 / m \quad (2.29)$$

A taxa de armadura de esforço transversal para vigas é obtida a partir da equação seguinte:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,08 \frac{\sqrt{25}}{400} = 0,001 \quad (2.30)$$

O espaçamento transversal entre os ramos de estribos não deverá ser superior a  $S_{t,max}$ .

$$S_{t,max} \leq 0,75 d \leq 600 \text{ mm} \quad (2.31)$$

O valor de cálculo do esforço transversal atuante,  $V_{ed}$ , é de 61,10 kN segundo a folha de calculo automática Excel, sendo assim:

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} Z f_{yd} \cot \theta \quad (2.32)$$

$$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right) = \frac{V_{ed}}{Z f_{yd} \cot \theta} = \frac{61,10}{0,324 * \frac{400}{1,15} * 2,5} = 2,17 \text{ cm}^2 / m \quad (2.33)$$

Solução de armadura transversal: **Ø6 // 22,5 ( $A_{s_{eff}} = 2,51 \text{ cm}^2 / m$ )**

Para esta viga o CYPECAD calcula as seguintes áreas para a armadura transversal:

Armadura transversal vertical (cm <sup>2</sup> /m) (Área Total de Estribos e Ramos / p.m.)		
Intervalo	Área Cálculo	Área Real
[0.13-3.65]	2.57	2.57

Figura 2.59 – Área de armadura transversal (CYPECAD).

A área de armadura que o CYPECAD apresenta é de **Ø6 // 22 ( $A_{s_{eff}} = 2,57 \text{ cm}^2 / m$ )**.

**Armadura longitudinal**

A viga é considerada simplesmente apoiada pela folha de cálculo automático, mas no CYPECAD ela é calculada com encastramento, logo vai haver uma diferença no resultado da armadura.

$$Med^+ = 24 \text{ kN.m}$$

$$\mu = \frac{Med}{b * d^2 * fcd} = \frac{24}{0,25 * 0,36^2 * \left(\frac{25000}{1,5}\right)} = 0,045 \rightarrow \omega = 0,046 \quad (2.34)$$

$$\omega = \frac{As * fyd}{b * d * fcd} \leftrightarrow As = \frac{0,046 * 0,25 * 0,36 * \left(\frac{25000}{1,5}\right)}{\left(\frac{400000}{1,15}\right)} \quad (2.35)$$

$$= 1,98 \text{ cm}^2$$

Solução de armadura longitudinal: **2 Ø12 ( $As_{eff} = 2,26 \text{ cm}^2$ )**.

Pelo CYPECAD as áreas de armadura longitudinal necessárias para está viga são as seguintes:

Armadura longitudinal (cm2)			
Superior			
	Esquerda	Centro	Direita
A. nec.	2.11		4.17
A. real	3.83		5.59
Posição	0.09		3.65
Inferior			
	Esquerda	Centro	Direita
A. nec.	1.73	2.80	
A. real	3.05	3.05	
Posição	0.75	1.68	

Figura 2.60 – Área de armadura longitudinal (CYPECAD).

A área de armadura que o CYPECAD apresenta é de **1 Ø10 + 2 Ø12 ( $As_{eff} = 0,79 + 2,26 = 3,05 \text{ cm}^2$ )**.

É possível constatar algumas diferenças entre os resultados obtidos pelo CYPECAD e os resultados calculados pelos métodos impostos na folha de cálculo. No entanto existe uma proximidade grande entre os valores calculados e os valores retirados do programa, como se pode verificar através do cálculo manual. As diferenças são devidas a arredondamentos que não impossibilitam a validação dos resultados nem de obter soluções de armadura iguais àquelas que o CYPECAD calcula.

De realçar que foi adotada uma armadura de montagem. Esta armadura de montagem foi escolhida de forma a otimizar a solução de armadura para cada tramo da viga. A armadura apresentada foi escolhida tendo em conta o cálculo “manual” (folha de cálculo) e o cálculo efetuado pelo programa de modo a obter uma solução otimizada.

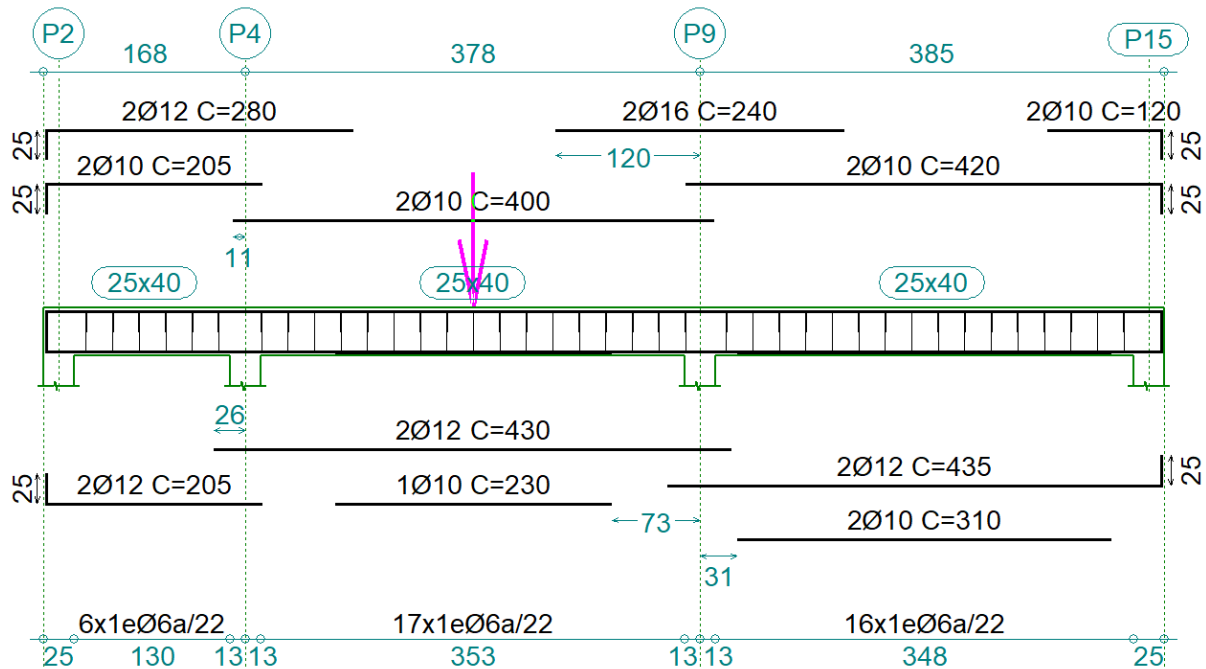


Figura 2.61 – Resultado de armadura da Viga VC.7 (CYPECAD).

#### 2.9.2.4 Pilares

Na introdução de pilares no CYPECAD podemos definir as dimensões geométricas e o grupo inicial e final do mesmo. De seguida está representado o processo de introdução de pilares no programa CYPECAD.

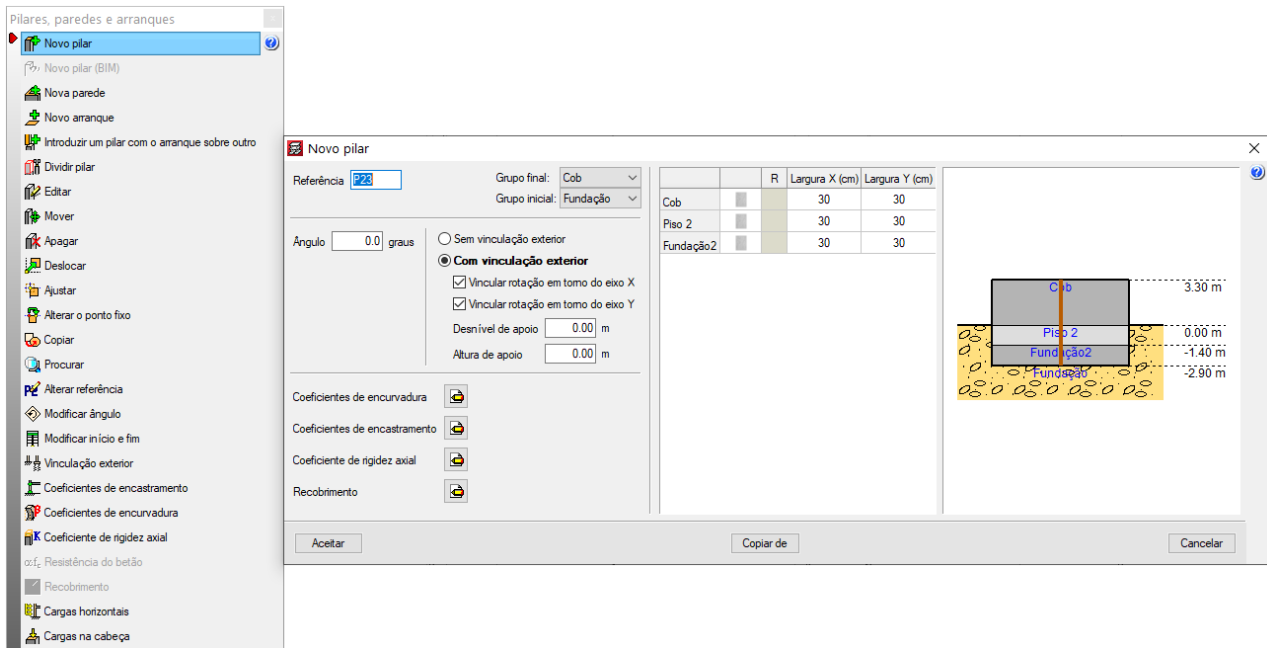


Figura 2.62 – Processo de introdução de pilares no CYPECAD.

As estruturas dos edifícios podem ser classificadas, segundo a sua rigidez em:

- Nós fixos (contraventadas);
- Nós móveis (não-contraventadas).

Relativamente a este projeto vamos forçar a estrutura seja de nós fixos, tal como anteriormente referido e apresentado numa folha de cálculo automático.

Como foi possível visualizar anteriormente, em ambas a direção é cumprida a verificação e estamos perante uma estrutura de nós fixos.

Para verificar o cálculo das armaduras será efetuada a verificação do pilar P19 e serão utilizados os valores dos esforços obtidos pelo programa CYPECAD:

$$N_{ed} = 94,4 \text{ kN}$$

$$M_{ed_x} = 11,10 \text{ kN.m}$$

$$M_{ed_y} = 4,53 \text{ kN.m}$$

$$v = \frac{N_{ed}}{b * h * f_{cd}} = \frac{94,4}{0,25 * 0,25 * \left(\frac{25000}{1,5}\right)} = 0,091 \tag{2.36}$$

$$\mu_x = \frac{Med_x}{b^2 * h * fcd} = \frac{11,10}{0,25^2 * 0,25 * \left(\frac{25000}{1,5}\right)} = 0,043 \quad (2.37)$$

$$\mu_y = \frac{Med_y}{b * h^2 * fcd} = \frac{4,53}{0,25 * 0,25^2 * \left(\frac{25000}{1,5}\right)} = 0,017 \quad (2.38)$$

Consultando as “tabelas e ábacos de dimensionamento de secções de betão solicitadas á flexão e a esforços axiais segundo o eurocódigo 2”, obtém-se o valor de  $\omega$ . Como  $\nu = 0,091$  é feita uma interpolação para o valor de  $\omega$  entre os valores retirados no quadrante de  $\nu = 0,0$  e  $\nu = 1,0$ .

Interpolando os valores obtidos nas tabelas,  $\omega = 0,01$ .

$$\omega = \frac{As * fyd}{b * h * fcd} \leftrightarrow As = \frac{0,01 * 0,25 * 0,25 * \left(\frac{25000}{1,5}\right)}{\left(\frac{400000}{1,15}\right)} = 0,3 \text{ cm}^2 \quad (2.39)$$

$$As_{min} \geq \begin{cases} 0,1 * \frac{N_{Ed}}{fyd} \\ 0,2 \% * A_c \end{cases} \quad (2.40)$$

$$As_{min} \geq \begin{cases} 0,1 * \frac{94,4}{\left(\frac{400000}{1,15}\right)} = 0,27 \text{ cm}^2 \\ 0,002 * 0,25 * 0,25 = 1,25 \text{ cm}^2 \end{cases} \leftrightarrow As_{min} = 1,25 \text{ cm}^2$$

$$As_{m\acute{a}x} = 4\% * A_c = 0,04 * 0,25 * 0,25 = 25 \text{ cm}^2 \quad (2.41)$$

Hipótese de armadura: **4Φ10 (3,14 cm<sup>2</sup>)**

A solução de armadura foi escolhida para cumprir todos os parâmetros de armadura calculados, mas também para que em termos construtivos sejam evitados enganos, como a troca da face do pilar onde se coloca a armadura.

Para a armadura transversal considera-se cintas com diâmetro de 6mm, sendo o seu espaçamento calculado em função de:

$$s_c \leq \begin{cases} 15 * \Phi_{min} = 15 * 0,008 = 12 \text{ cm} = 15 \text{ cm} \\ \text{menor dim. do pilar} = 25 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{cases} \quad (2.42)$$

Sendo assim obtém-se: **Φ6//0,15m**

Resultados do CYPECAD para o pilar em estudo:

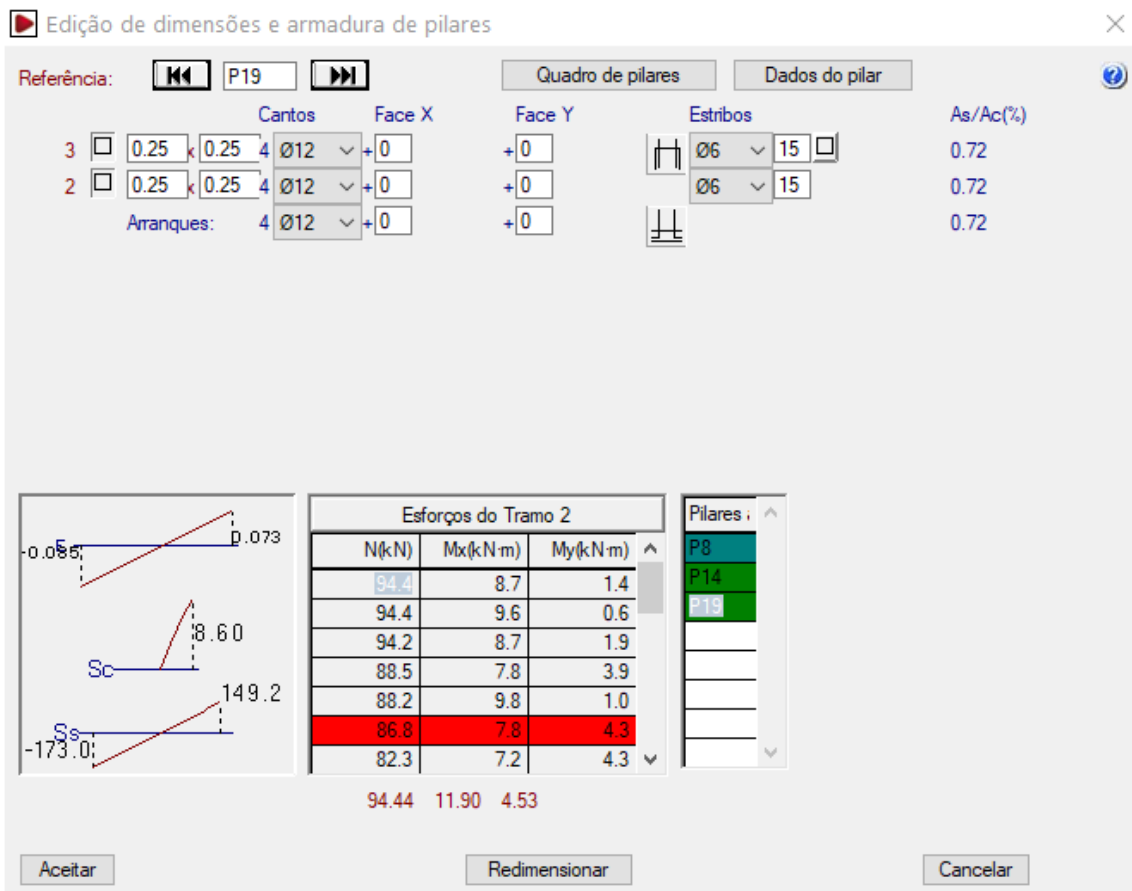


Figura 2.63 – Resultado de armadura Pilar P19 (CYPECAD).

Armadura longitudinal: **4Φ12 (4,52 cm<sup>2</sup>)**

Armadura transversal (cintas): **Φ6//0,15 m (3,77 cm<sup>2</sup>/m)**

Comparando as soluções de armadura obtidas pelos cálculos com as do programa verifica-se que existe uma diferença na armadura longitudinal. Esta diferença na armadura longitudinal existe porque o programa de cálculo define como armadura mínima para pilares **Φ12**.

### 2.9.2.5 Fundações

Após a modelação de todos os elementos estruturais do edifício procede-se à introdução dos elementos de fundação tais como sapatas ou vigas de equilíbrio. O CYPECAD permite modelar sapatas centradas ou excêntricas, condicionadas pelos limites do terreno. Permite também fazer elementos de fundação comuns a vários pilares ou até mesmo ensoleiramentos gerais.

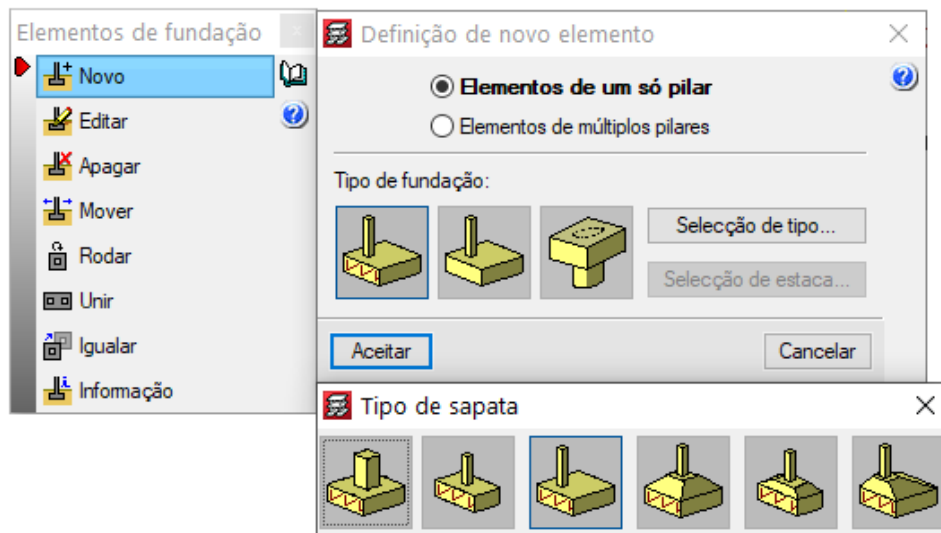


Figura 2.64 – Definição de elementos de fundação.

Depois do cálculo ser efetuado, o CYPECAD fornece a solução de armadura e sua distribuição como é demonstrado na figura seguinte. Existe também a possibilidade de visualizar a fundação em 3D.

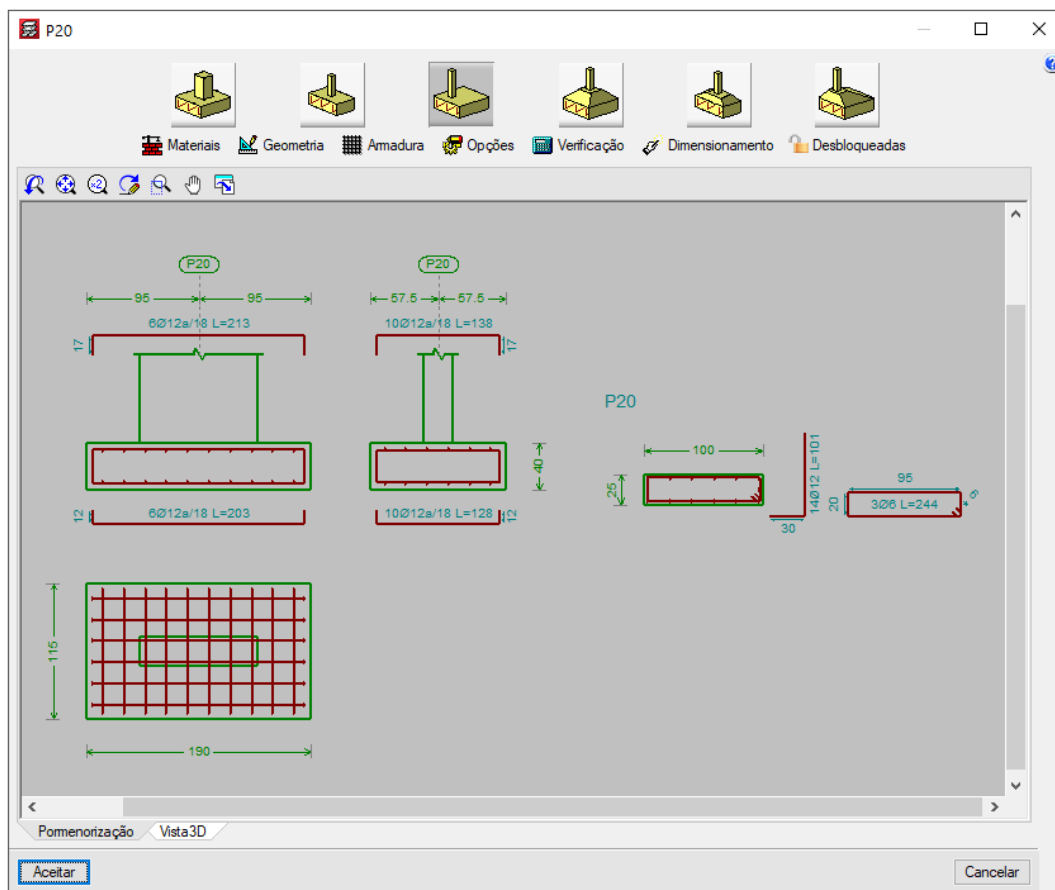


Figura 2.65 – Exemplo de fundação pelo CYPECAD.

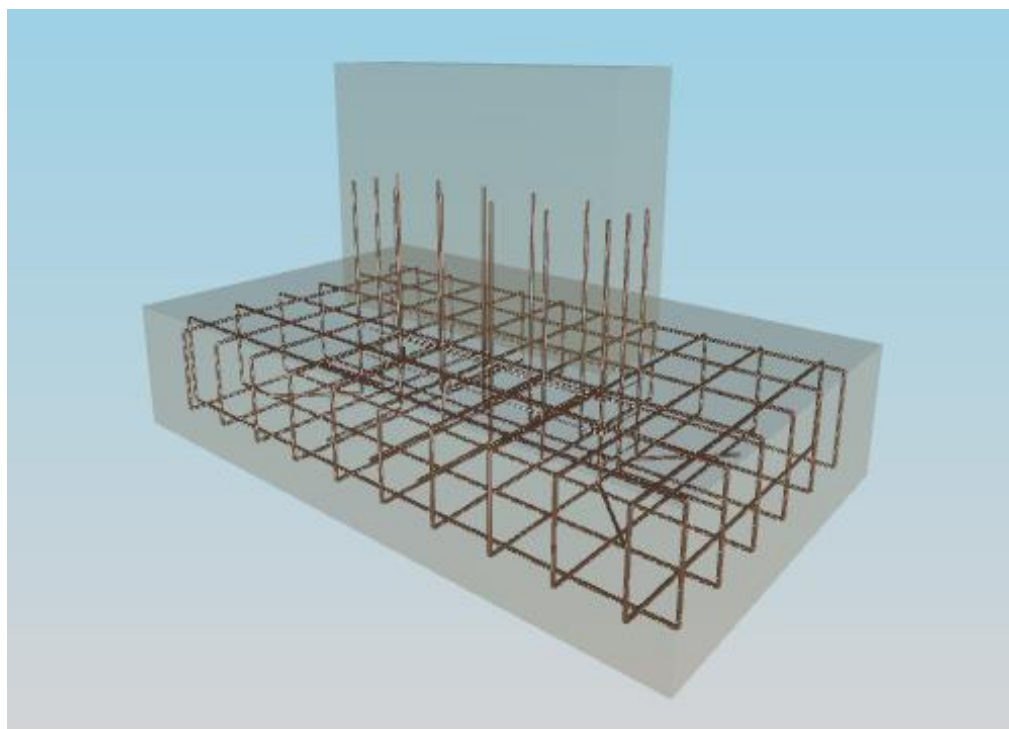


Figura 2.66 – Solução de fundação em 3D pelo CYPECAD.

## CAPÍTULO 3

### EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO EM SANTO TIRSO

Durante o estágio foi também prestada colaboração no desenvolvimento do projeto de reestruturação de uma habitação unifamiliar, que seguidamente se descreve.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO

A Habitação localizada em Santo Tirso é um edifício de habitação existente que foi alvo de reestruturação e ampliação.

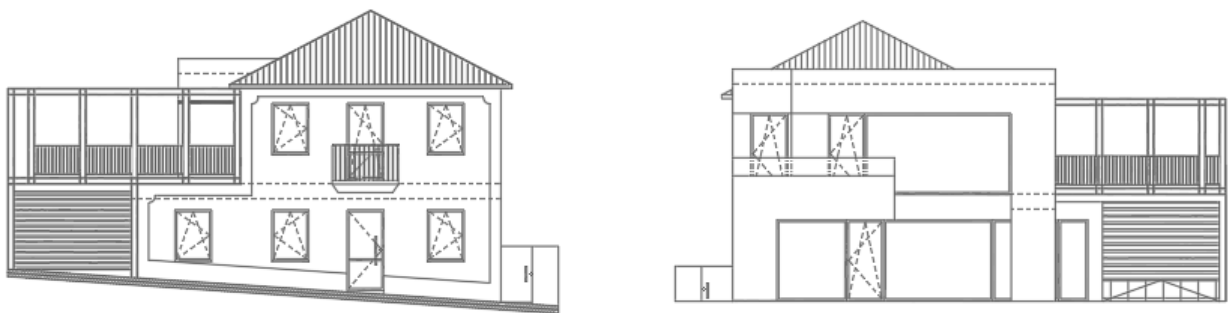


Figura 3.1 – Alçado principal e alçado de tardoz (Projeto de arquitetura).

O edifício tem dois pisos para habitação, tendo sido ampliado na parte do tardoz.

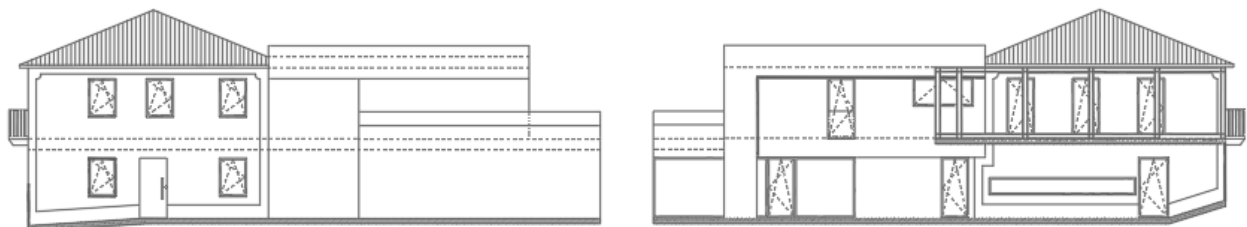


Figura 3.2 – Alçado lateral direito e alçado lateral esquerdo (Projeto de arquitetura).

Na imagem abaixo estão representados os elementos a demolir (verde) e os novos elementos a construir (vermelho).

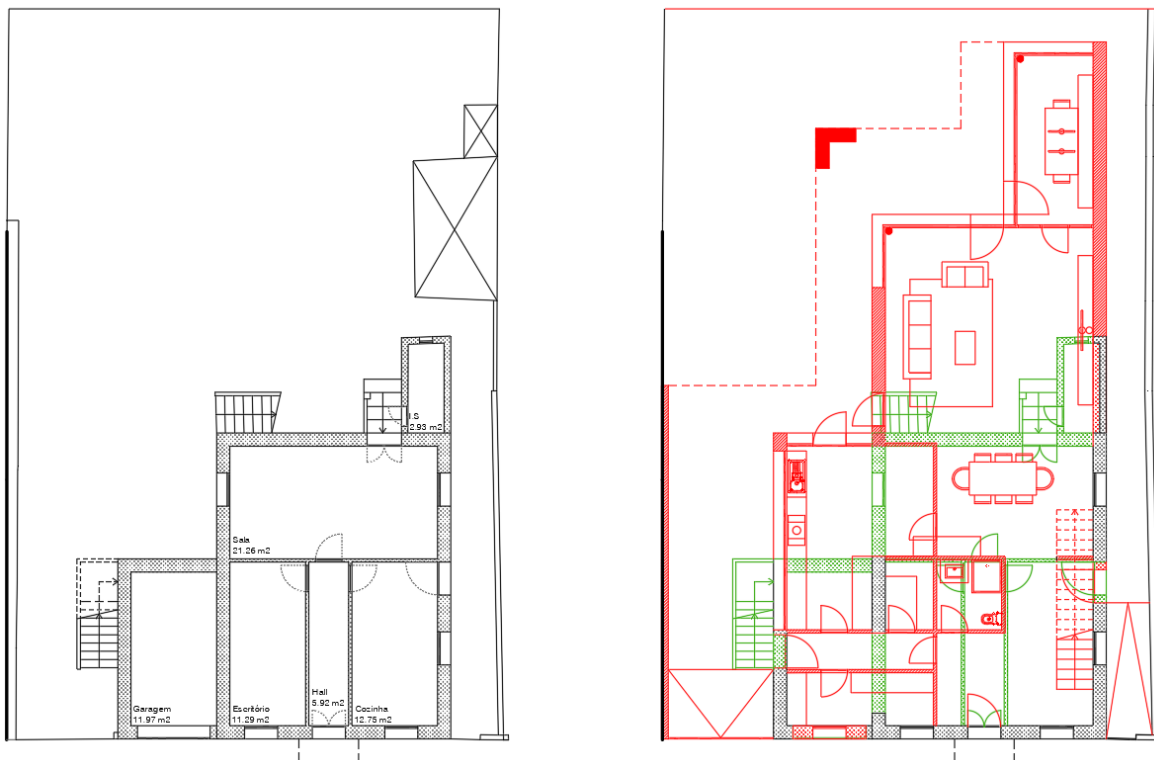


Figura 3.3 – R/C planta antiga e R/C planta alterada (Projeto de arquitetura).

O R/C deste edifício consistia em uma sala de 21,26 m<sup>2</sup>, uma cozinha de 12,75 m<sup>2</sup>, um escritório de 11,29 m<sup>2</sup> e uma garagem de 11,97 m<sup>2</sup>. Depois da reestruturação e do aumento o piso ficou com uma sala de 56,87 m<sup>2</sup>, uma cozinha de 20,41 m<sup>2</sup>, um escritório de 11,93 m<sup>2</sup>, uma lavanderia de 6,91 m<sup>2</sup> e um alpendre de 37,86 m<sup>2</sup> que serve de cobertura para os carros como é possível visualizar na figura 3.4.

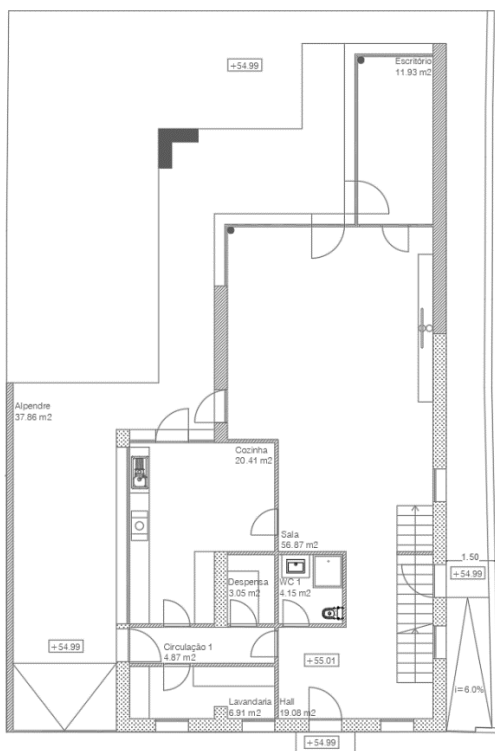


Figura 3.4 – R/C planta nova (Projeto de arquitetura).

O piso elevado consistia em quatro quartos com as seguintes dimensões: 12,16 m<sup>2</sup>, 11,60 m<sup>2</sup>, 17,70 m<sup>2</sup> e 9,90 m<sup>2</sup>.

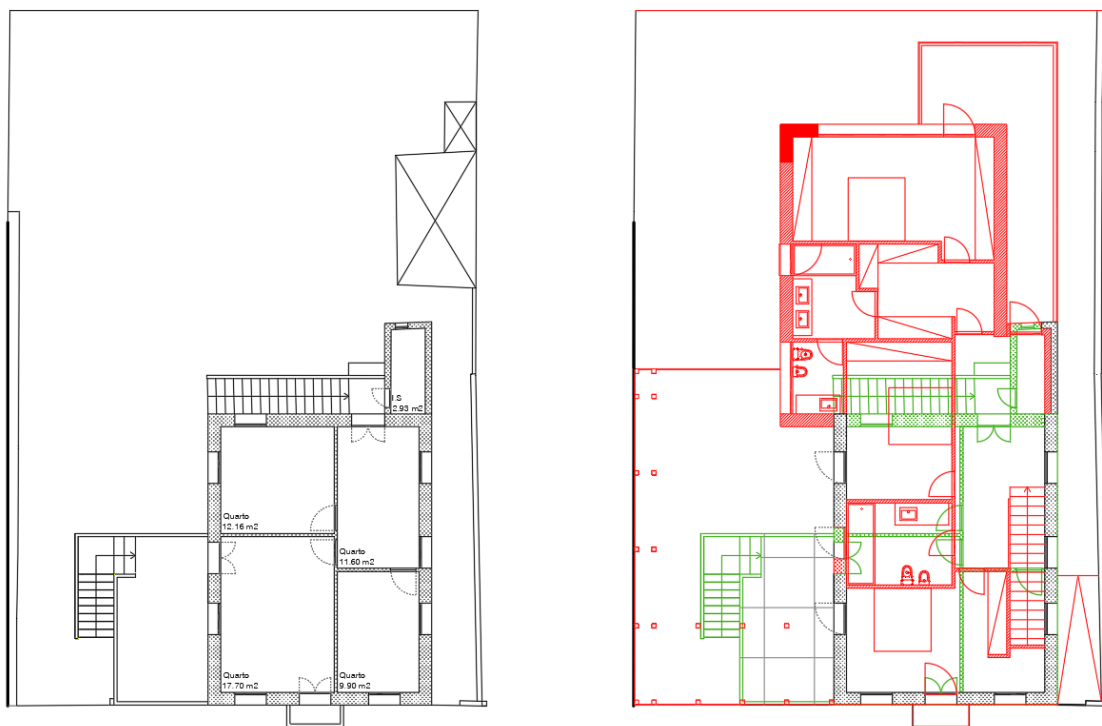


Figura 3.5 – Piso elevado planta antiga e piso elevado planta alterada (Projeto de arquitetura).

Depois de sofrer as alterações, este mesmo piso ficou com um quarto de 19,22 m<sup>2</sup>, uma casa de banho de 8,67 m<sup>2</sup>, uma varanda de 26,12 m<sup>2</sup>, um terraço de 64,40 m<sup>2</sup> e duas suites, uma de 28,91 m<sup>2</sup>, e outra de 20,33 m<sup>2</sup>.

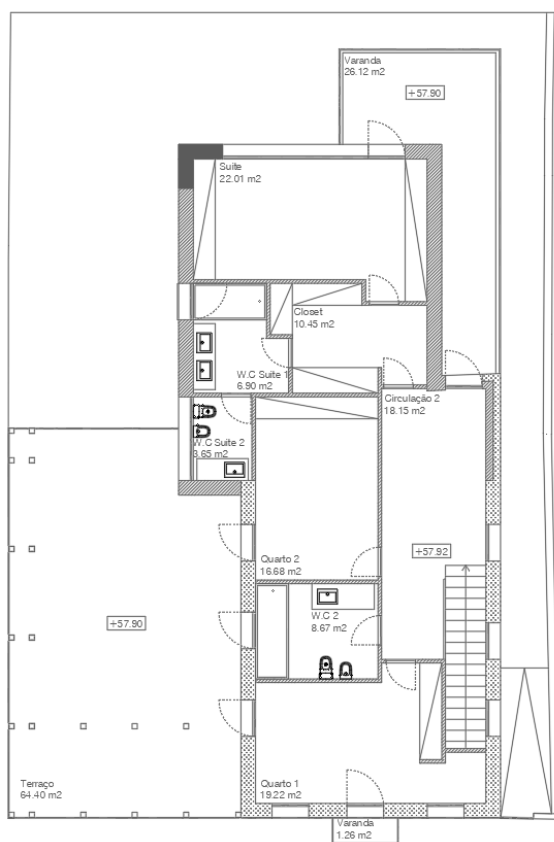


Figura 3.6 – Piso elevado planta nova (Projeto de arquitetura).

As lajes utilizadas são lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas e algumas lajes maciças. As vigas em betão armado são de geometria retangular, com larguras e alturas variáveis. Também poderão existir vigas do tipo embebida, invertida e aparente. Os pilares foram estudados tendo em conta as condicionantes arquitetónicas, mas cumprindo sempre as condições de resistência e estabilidade. Por fim as fundações são todas do tipo direto em betão armado – sapatas rígidas centradas, excêntricas ou conjuntas – formadas por sapatas de geometria retangular, com alturas variáveis.

### 3.2 AÇÕES E SOLUÇÃO ESTRUTURAL

Existem dois tipos de ações como visto anteriormente, as ações permanentes e as ações variáveis. Relativamente as ações permanentes foram consideradas as seguintes cargas uniformemente distribuídas (para além do peso próprio):

- Piso de habitação	3.0 kN/m <sup>2</sup>
- Cobertura	1.0 kN/m <sup>2</sup>
- Terraço	2.0 kN/m <sup>2</sup>

Para as ações variáveis, os valores das sobrecargas a considerar nos pavimentos são definidos em função do tipo de utilização previsto. No caso deste edifício, a sobrecarga a considerar na habitação será de 2.0 kN/m<sup>2</sup>, mas no terraço o valor será de 3.0 kN/m<sup>2</sup>. Relativamente à cobertura, como se trata de uma cobertura em terraço não acessível, o valor da sobrecarga será de 1.0 kN/m<sup>2</sup>.

Neste projeto foi considerado um sistema de pórticos constituídos por pilares e vigas que dão apoio às lajes de pavimento como é usual na maior parte dos projetos. Sendo assim chegou-se a uma solução estrutural para o piso elevado e para a cobertura que está representada nas figuras 3.7 e 3.8 respetivamente.

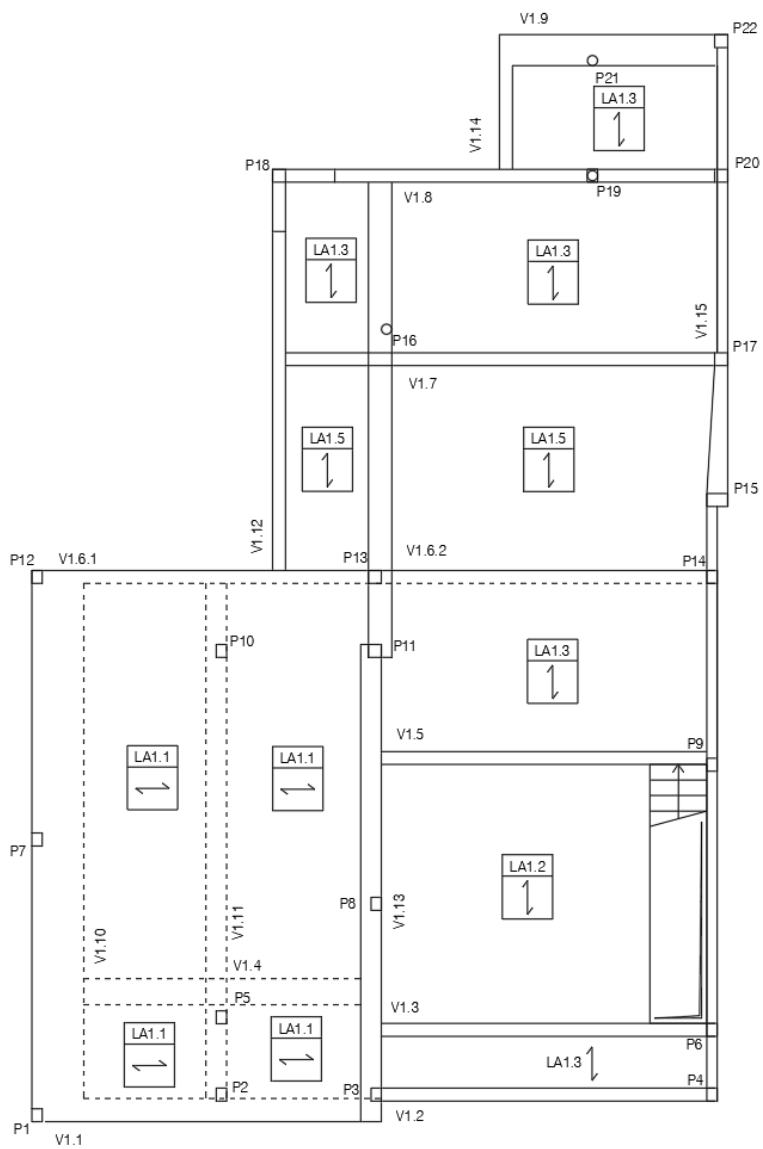


Figura 3.7 – Esquema estrutural do piso elevado (Projeto de estruturas).

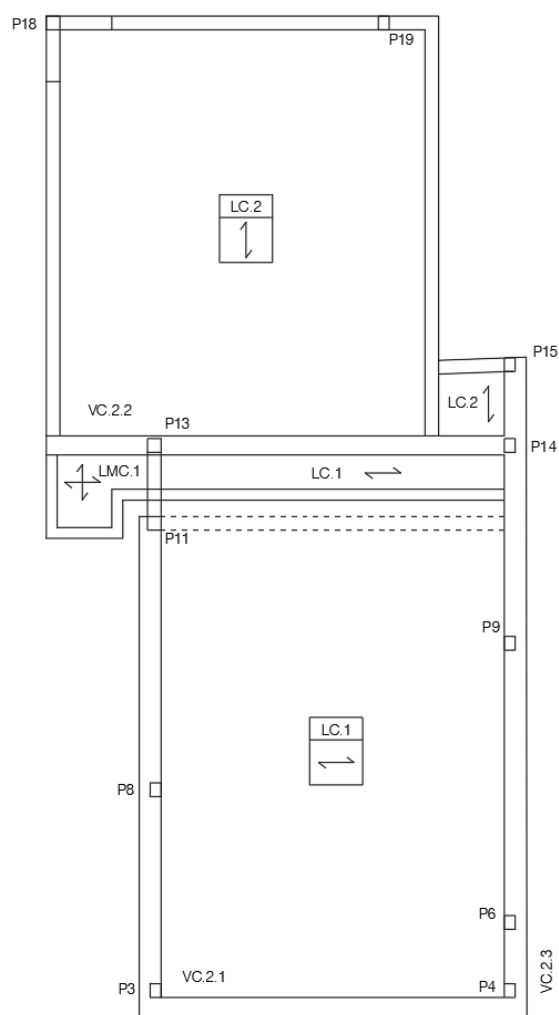


Figura 3.8 – Esquema estrutural da cobertura (Projeto de estruturas).

### 3.3 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

Neste projeto as lajes aligeiradas são constituídas por vigotas de betão pré-esforço e blocos de cofragem. Para o cálculo destas lajes foi utilizado o software de cálculo automático “SPRAL”. A espessura das lajes aligeiradas deve respeitar as condições de cálculo a nível de pré-dimensionamento, tendo resultado do programa o seguinte quadro:

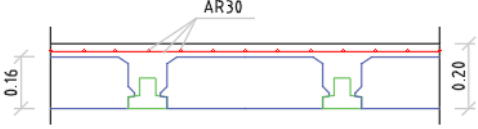

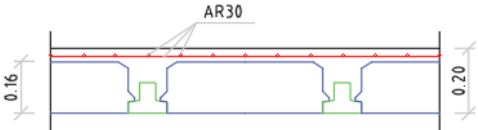
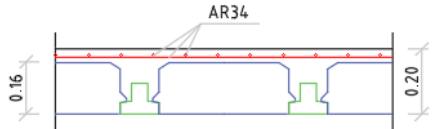
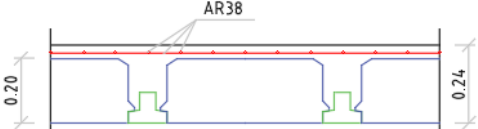
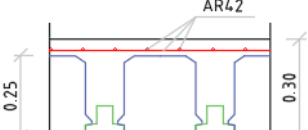
LA1.1	<p>Laje : B2-BL48X16-20</p> <p>Vão : 2,90 (m)</p> <p>Espessura: 20.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 2,29 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 18.80 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 12.50 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 18.40 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 7675 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
			<p>Maciçamento Esq : 0,00 (m)</p> <p>Maciçamento Dir : 0,00 (m)</p>
LA1.2	<p>Laje : 2B3-BL48x16-20</p> <p>Vão : 5,20 (m)</p> <p>Espessura: 20.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 2,73 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 42.80 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 25.60 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 33.50 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 10999 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
			<p>Maciçamento Esq : 0,00 (m)</p> <p>Maciçamento Dir : 0,00 (m)</p>
LA1.3	<p>Laje : B2-BL48X16-20</p> <p>Vão : 3,45 (m)</p> <p>Espessura: 20.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 2,29 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 18.80 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 12.50 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 18.40 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 7675 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
			<p>Maciçamento Esq : 0,05 (m)</p> <p>Maciçamento Dir : 0,05 (m)</p>
LA1.5	<p>Laje : B3-BL40X16-20</p> <p>Vão : 4,15 (m)</p> <p>Espessura: 20.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 2,45 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 30.30 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 18.40 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 21.20 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 8516 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
			<p>Maciçamento Esq : 0,20 (m)</p> <p>Maciçamento Dir : 0,20 (m)</p>
LC.1	<p>Laje : B4-BL48x20-24</p> <p>Vão : 6,48 (m)</p> <p>Espessura: 24.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 2,64 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 40.40 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 23.40 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 22.50 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 13029 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
			<p>Maciçamento Esq : 0,05 (m)</p> <p>Maciçamento Dir : 0,05 (m)</p>
LC.2	<p>Laje : B3-BL22x25-30</p> <p>Vão : 7,65 (m)</p> <p>Espessura: 30.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 4,51 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 73.80 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 49.70 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 50.40 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 36213 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
			<p>Maciçamento Esq : 0,00 (m)</p> <p>Maciçamento Dir : 0,00 (m)</p>

Figura 3.9 – Lajes aligeiradas (SPRAL).

Perante os esforços presentes nas lajes foi realizada uma uniformização apenas sido escolhido 6 tipos de laje para o projeto em estudo:

- a) LA1.1 → B2-BL48x16-20
- b) LA1.2 → 2B3-BL48x16-20
- c) LA1.3 → B2-BL48x16-20
- d) LA1.5 → B3-BL40x16-20
- e) LC.1 → B4-BL48x20-24
- f) LC.2 → B3-BL22x25-30

Relativamente ao cálculo de vigas é necessário obedecer à altura mínima. Após a obtenção desta, são realizados cálculos para determinar a altura das vigas de forma a suportar os esforços a que estão sujeitas. Para algumas vigas não foi respeitada a altura mínima, pelo que será necessário estar a efetuar a verificação do Estado Limite de Serviço relativo à deformação.

Tabela 3.1 – Altura mínima das vigas.

Nome	Vão (l)	Altura mín. (h <sub>min</sub> )	Altura (h)	Larg. (b)
V1.1	5,50	0,28	0,20	0,45
V1.2	6,50	0,33	0,30	0,25
V1.3	6,50	0,26	0,40	0,30
V1.4	2,90	0,09	0,20	0,50
V1.5	6,50	0,26	0,40	0,30
V1.6.1	6,30	0,32	0,20	0,65
V1.6.2	6,50	0,33	0,40	0,65
V1.7.1	2,00	0,06	0,40	0,30
V1.7.2	6,50	0,26	0,40	0,30
V1.8	5,00	0,25	0,55	0,25
V1.10	5,20	0,26	0,20	1,00
V1.11	7,00	0,35	0,20	1,00

V1.12	6,70	0,27	0,45	0,25
V1.13	4,80	0,24	0,45	0,40
V1.15	3,50	0,18	0,25	0,25
VC2.1	6,50	0,33	0,30	0,25
VC2.2	6,50	0,33	0,40	0,55
VC2.3	5,00	0,25	0,35	0,25

Com ajuda de uma folha de cálculo automático foi possível calcular os esforços das vigas, assim como ter uma primeira ideia da armadura que vão necessitar. Segue uma tabela resumo das possíveis armaduras para cada viga.

Tabela 3.2 – Armadura possível de cada viga.

Nome	Med <sup>+</sup>	Med <sup>-</sup>	Ved
V1.1	4φ12	4φ8	2φ8//0,15
V1.2	3φ16	2φ8	2φ6//0,15
V1.3	4φ20	5φ20	3φ6//0,15
V1.4	4φ8	3φ8	2φ8//0,15
V1.5	6φ20	7φ20	2φ12//0,15
V1.6.1	3φ16	4φ12	2φ6//0,15
V1.6.2	8φ20	4φ12	2φ8//0,15
V1.7.1	5φ20	6φ20	2φ8//0,15
V1.7.2	5φ20	6φ20	2φ8//0,15
V1.8	4φ16	2φ12	2φ6//0,15
V1.10	5φ20	4φ12	4φ8//0,15
V1.11	7φ20	4φ12	4φ8//0,15
V1.12	3φ16	4φ16	2φ6//0,15
V1.13	5φ20 + 5φ20	4φ12	2φ8//0,15
V1.15	2φ8	2φ8	2φ6//0,15

VC2.1	2 $\phi$ 12	2 $\phi$ 8	2 $\phi$ 6//0,15
VC2.2	7 $\phi$ 20	3 $\phi$ 12	2 $\phi$ 8//0,15
VC2.3	4 $\phi$ 20	2 $\phi$ 8	2 $\phi$ 6//0,15



## CAPÍTULO 4

### EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO EM MATOSINHOS

Durante o estágio foi também prestada colaboração no desenvolvimento do projeto de estabilidade de uma habitação unifamiliar, que seguidamente se descreve.

#### 4.1 CARACTERIZAÇÃO

O edifício agora em estudo trata-se de um edifício de habitação que consiste em um piso enterrado e dois pisos elevados, tendo ainda um pequeno sótão.

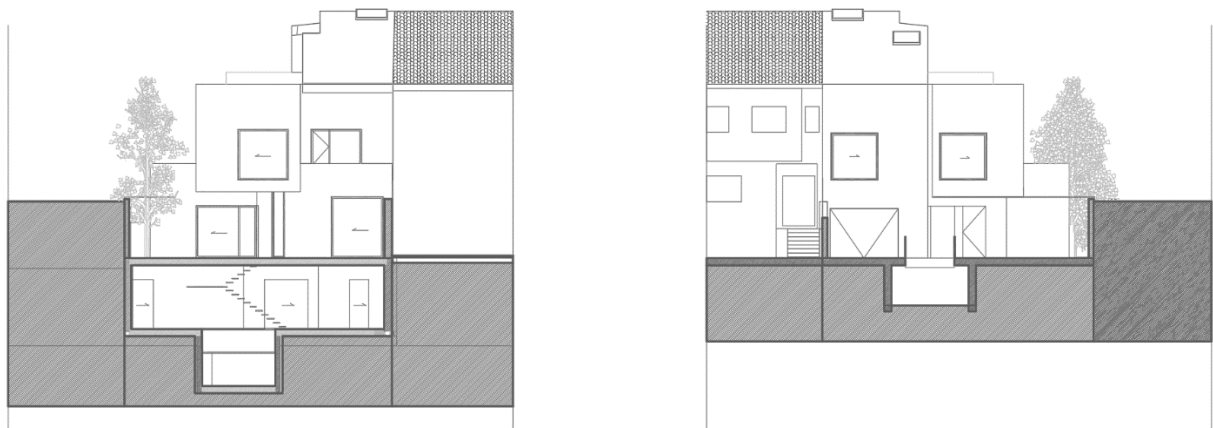


Figura 4.1 – Alçado tardoz – Oeste e alçado frontal – Este (Projeto de arquitetura).

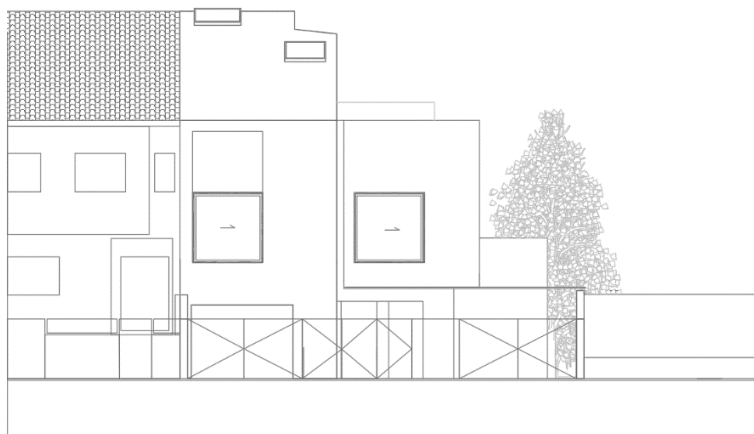


Figura 4.2 – Alçado pelo arruamento (Projeto de arquitetura).

O piso enterrado é constituído por arrumos, casa de banho, vestuário e biblioteca. O R/C é constituído por uma casa de banho, uma sala de estar, uma cozinha + sala de jantar, uma garagem e uma dispensa.



Figura 4.3 – Planta piso enterrado e planta R/C (Projeto de arquitetura).

O piso elevado é constituído por 2 suites, uma de 21,3 m<sup>2</sup> e outra de 31,7 m<sup>2</sup>, existe também dois quartos, um de 14,3 m<sup>2</sup> e outro de 16,0 m<sup>2</sup> e ainda uma casa de banho de 7,4 m<sup>2</sup>. O sótão todo ele é constituído por uma suite de 25,9 m<sup>2</sup>.



Figura 4.4 – Planta do piso elevado e planta do sótão (Projeto de arquitetura).

As lajes utilizadas são lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas. Foram também empregues algumas lajes maciças. As vigas em betão armado são de geometria retangular, com larguras e alturas variáveis, conforme a sua localização na conceção estrutural adotada. Poderão existir vigas do tipo embebida, invertida e aparente. Os pilares foram estudados tendo em conta as condicionantes arquitetónicas, mas cumprindo sempre as condições de resistência e estabilidade. Por fim as fundações são todas do tipo direto em betão armado – sapatas rígidas centradas, excêntricas ou conjuntas – formadas por sapatas de geometria retangular, com alturas variáveis.

## 4.2 AÇÕES E SOLUÇÃO ESTRUTURAL

Para uma avaliação de segurança da estrutura é necessário saber que conjunto de forças são aplicadas na mesma. As ações permanentes assumem valores constantes durante toda ou praticamente toda a vida da estrutura. Sendo assim foram consideradas as seguintes cargas uniformemente distribuídas para as ações permanentes (para além do peso próprio):

- Espaços interiores	3.0 kN/m <sup>2</sup>
- Espaços exteriores	2.0 kN/m <sup>2</sup>
- Cobertura (Chapa)	0.5 kN/m <sup>2</sup>

Para as ações variáveis os valores podem variar em torno do seu valor médio durante a vida da estrutura. As sobrecargas a considerar nos pavimentos são definidos em função do tipo de utilização previsto, os valores utilizados foram os seguintes:

- Espaços interiores	2.0 kN/m <sup>2</sup>
- Espaços exteriores	3.0 kN/m <sup>2</sup>
- Cobertura (Chapa)	0.30 kN/m <sup>2</sup>

Neste projeto foram utilizadas lajes aligeiradas de vigotas e algumas lajes maciças. O posicionamento dos elementos estruturais respeitou a arquitetura e foi feito para conseguir vãos de lajes e vigas com valores correntes. As imagens seguintes representam as soluções estruturais dos diversos pisos do presente edifício.

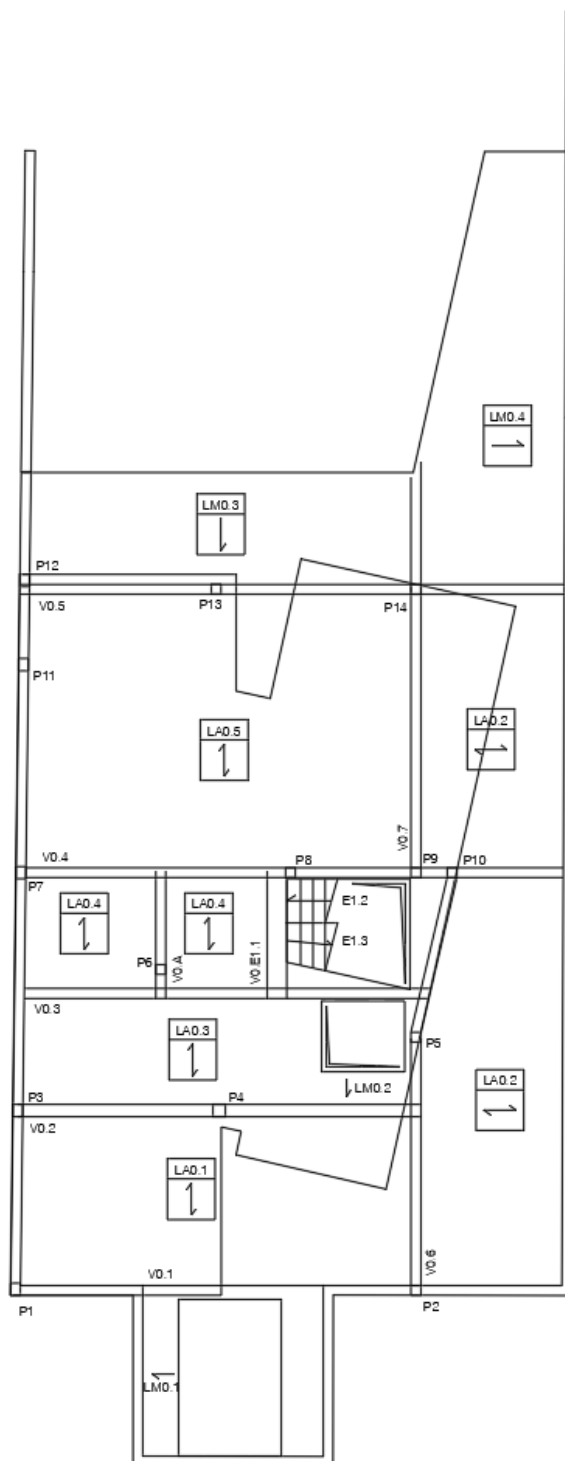


Figura 4.5 – Esquema estrutural do R/C (Projeto de estruturas).

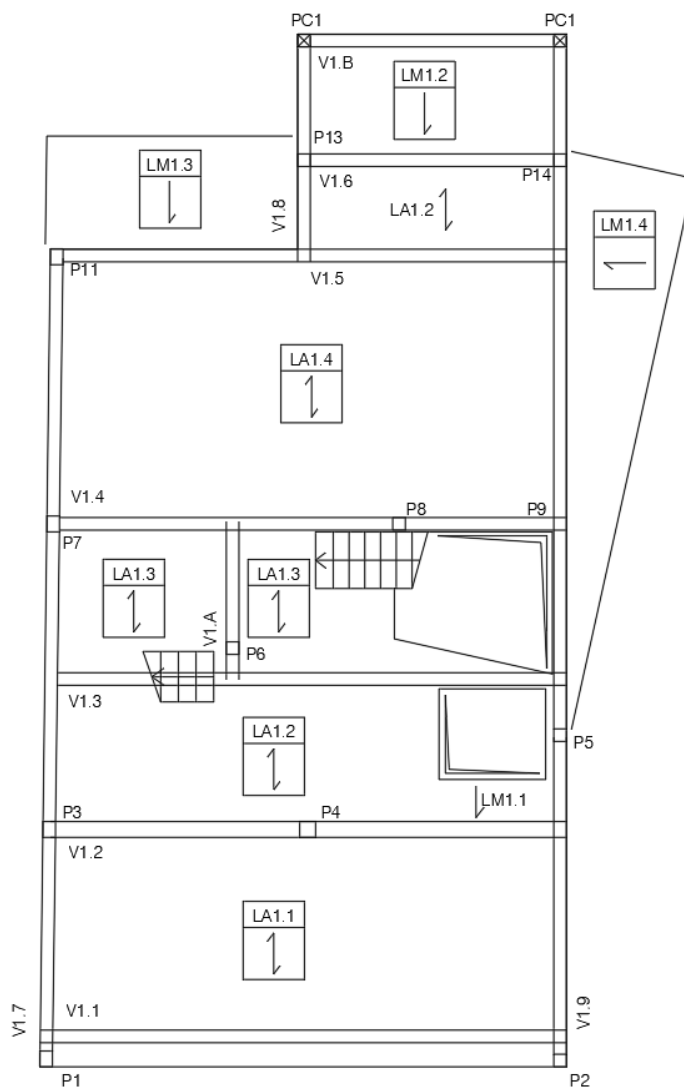


Figura 4.6 – Esquema estrutural do piso elevado (Projeto de estruturas).

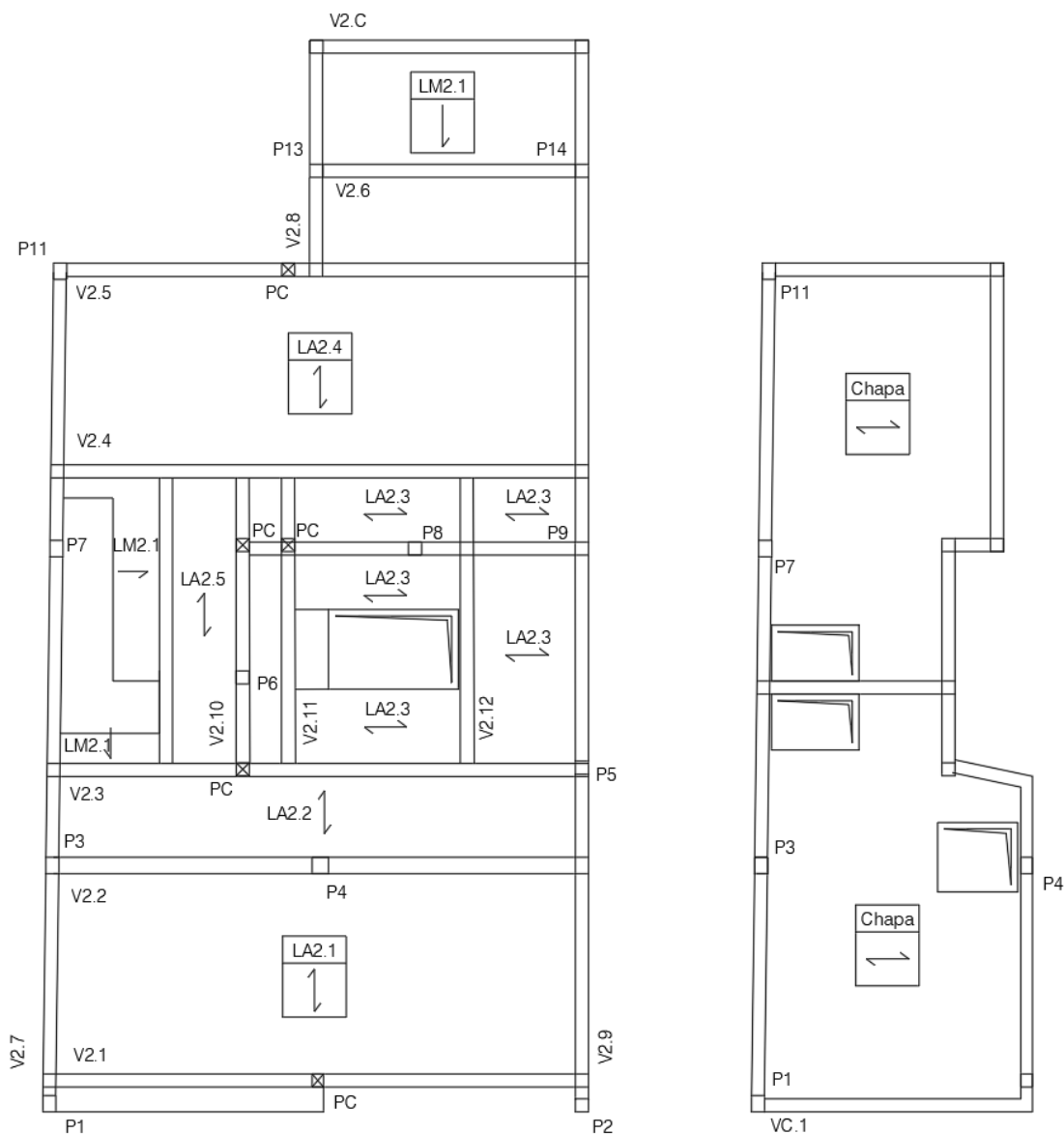


Figura 4.7 – Esquema estrutural do sótão e da cobertura (Projeto de estruturas).

### 4.3 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

Primeiramente foi efetuado o pré-dimensionamento dos elementos estruturais, pois a informação quanto à sua geometria é necessária para a introdução no programa de cálculo automático de estruturas.

Neste projeto foram calculadas as lajes aligeiradas são constituídas por vigotas de betão pré-esforço e blocos de cofragem.

Novamente para o cálculo destas lajes foi utilizado o software de cálculo automático “SPRAL”. Pretende-se que todas as lajes aligeiradas tenham a mesma altura de forma a facilitar o processo construtivo. Do programa resultou o seguinte quadro:

LA0.1	<p>Laje : B3-BL48X16-20</p> <p>Vão : 3,80 (m)</p> <p>Espessura: 20.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 2,29 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 26.40 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 16.20 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 18.40 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 7748 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
LA0.2	<p>Laje : B2-BL48X16-20</p> <p>Vão : 3,10 (m)</p> <p>Espessura: 20.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 2,29 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 18.80 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 12.50 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 18.40 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 7675 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
LA0.3	<p>Laje : B2-BL48X16-20</p> <p>Vão : 2,40 (m)</p> <p>Espessura: 20.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 2,29 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 18.80 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 12.50 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 18.40 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 7675 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
LA0.4	<p>Laje : B3-BL48X16-20</p> <p>Vão : 3,90 (m)</p> <p>Espessura: 20.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 2,29 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 26.40 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 16.20 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 18.40 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 7748 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
LA0.5	<p>Laje : B4-BL33X25-28</p> <p>Vão : 6,00 (m)</p> <p>Espessura: 28.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 3,55 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 64.30 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 38.00 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 35.40 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 23429 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>
LA1.4	<p>Laje : B3-BL40X16-20</p> <p>Vão : 4,35 (m)</p> <p>Espessura: 20.00 (m)</p> <p>P.Próprio : 2,45 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>Mrd &gt; 30.30 (kN.m/m)</p> <p>Mfctk &gt; 18.40 (kN.m/m)</p> <p>Vrd &gt; 21.20 (kN/m)</p> <p>EI &gt; 8516 (kN.m<sup>2</sup>/m)</p>

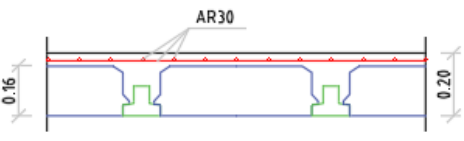
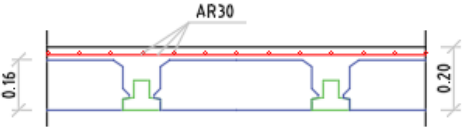
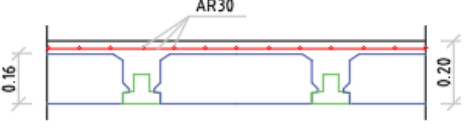
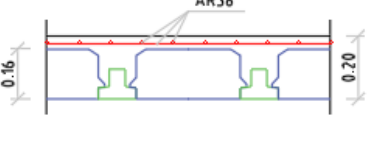
LA2.2	<b>Laje : B2-BL48X16-20</b> Vão : 1,45 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio : 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 18.80 (kN.m/m) Mfctk > 12.50 (kN.m/m) Vrd > 18.40 (kN/m) EI > 7675 (kN.m <sup>2</sup> /m)
LA2.3	<b>Laje : B2-BL48X16-20</b> Vão : 2,70 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio : 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 18.80 (kN.m/m) Mfctk > 12.50 (kN.m/m) Vrd > 18.40 (kN/m) EI > 7675 (kN.m <sup>2</sup> /m)
LA2.4	<b>Laje : B2-BL48X16-20</b> Vão : 3,00 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio : 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 18.80 (kN.m/m) Mfctk > 12.50 (kN.m/m) Vrd > 18.40 (kN/m) EI > 7675 (kN.m <sup>2</sup> /m)
LA2.5	<b>Laje : B3-BL33x16-20</b> Vão : 4,50 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio : 2,60 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 34.70 (kN.m/m) Mfctk > 21.00 (kN.m/m) Vrd > 24.50 (kN/m) EI > 9347 (kN.m <sup>2</sup> /m)

Figura 4.8 – Lajes aligeiradas (SPRAL).

A escolha das lajes foi feita tendo em conta os esforços nelas aplicados, tendo sido realizada uma uniformização e escolhidos 4 tipos de laje para o projeto em estudo:

- a) LA0.1/LA0.4 → B3-BL48x16-20
- b) LA0.2/LA0.3/LA2.2/LA2.3/LA2.4 → B2-BL48x16-20
- c) LA0.5 → B4-BL33x25-28
- d) LA1.4 → B3-BL40x16-20

Para as vigas foi calculada a altura mínima e a altura necessária à verificação dos Estados Limites Últimos de resistência tendo em conta os esforços a que estarão sujeitas.

Tabela 4.1 – Dimensões das vigas.

<b>Nome</b>	<b>Vão (l)</b>	<b>Altura mín. (h<sub>min</sub>)</b>	<b>Altura (h)</b>	<b>Larg. (b)</b>
V0.1	3,90	0,20	0,30	0,20
V0.2	4,15	0,17	0,40	0,20
VOE1.1	2,60	0,13	0,20	0,40
V0.3	8,30	0,42	0,70	0,30
V0.4	5,50	0,22	0,45	0,30
V0.5	4,00	0,16	0,45	0,30
V0.6	5,20	0,26	0,50	0,25
V0.7	5,80	0,23	0,45	0,25
V1.1	8,15	0,41	0,65	0,25
V1.2	4,15	0,17	0,40	0,20
V1.3	8,15	0,41	0,60	0,30
V1.4	5,50	0,22	0,45	0,30
V1.5	8,15	0,41	0,70	0,35
V1.6	4,00	0,20	0,40	0,25
V1.7	4,90	0,15	0,35	0,25
V1.8	1,50	0,08	0,20	0,20
V1.9	5,80	0,23	0,70	0,25
V2.1	8,15	0,41	0,70	0,25
V2.2	4,15	0,17	0,30	0,20
V2.3	8,15	0,41	0,75	0,40
V2.4	8,15	0,41	0,75	0,40
V2.5	8,15	0,41	0,70	0,30

V2.7	4,90	0,15	0,75	0,25
V2.9	5,90	0,18	0,75	0,25
V2.10	3,25	0,16	0,30	0,25
V2.11	4,60	0,23	0,35	0,25
V2.12	4,60	0,23	0,35	0,25

Seguidamente foram calculados os esforços das vigas e realizada uma primeira avaliação das suas armaduras com ajuda da folha de cálculo automático. A tabela abaixo representada resume uma possível solução de armaduras para cada viga.

Tabela 4.2 – Armadura possível de cada viga.

Nome	Med <sup>+</sup>	Med <sup>-</sup>	Ved
V0.1	4φ16	2φ8	2φ6//0,15
V0.2	3φ16	3φ16	2φ6//0,15
V0E1.1	3φ16	2φ8	4φ6//0,15
V0.3	6φ20	3φ12	2φ6//0,15
V0.4	6φ16	6φ16	2φ8//0,15
V0.5	4φ16	5φ16	2φ8//0,15
V0.6	5φ20	2φ10	2φ8//0,15
V0.7	2φ16	5φ16	2φ8//0,15
V1.1	6φ20	3φ10	2φ6//0,15
V1.2	3φ16	3φ16	2φ6//0,15
V1.3	5φ20	3φ12	2φ6//0,15
V1.4	4φ16	5φ16	2φ6//0,15
V1.5	4φ20 + 3φ20	2φ16	2φ8//0,15
V1.6	4φ16	2φ10	2φ6//0,15
V1.7	7φ16	5φ16	2φ10//0,15
V1.8	2φ10	2φ6	2φ6//0,15

V1.9	5φ20	6φ16	2φ10//0,15
V2.1	7φ20	3φ10	2φ6//0,15
V2.2	3φ16	4φ16	2φ6//0,15
V2.3	9φ20	4φ12	4φ8//0,15
V2.4	10φ20	4φ12	4φ8//0,15
V2.5	6φ20	4φ12	2φ6//0,15
V2.7	3φ20	4φ16	2φ6//0,15
V2.9	5φ16	6φ16	2φ6//0,15
V2.10	4φ16	2φ10	2φ6//0,15
V2.11	5φ16	2φ10	2φ6//0,15
V2.12	4φ16	2φ10	2φ6//0,15

#### 4.4 MODELAÇÃO DA ESTRUTURA EM ROBOT

A modelação da estrutura do edifício em estudo foi feita com auxílio do programa de cálculo automático ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS.

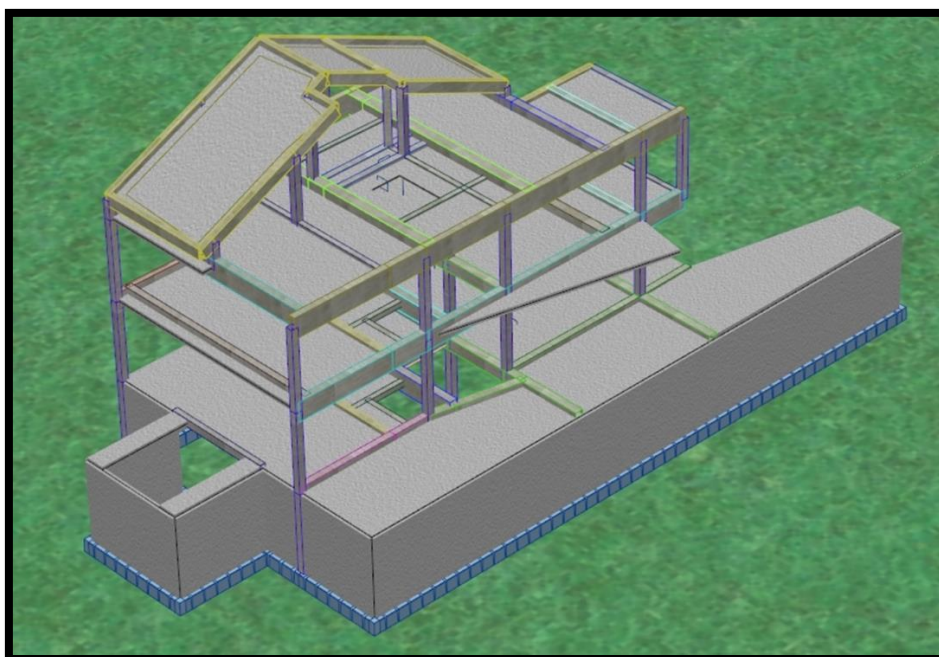


Figura 4.9 – Modelo 3D da estrutura no ROBOT.

#### 4.4.1 Definição da Geometria

A modelação com o programa ROBOT, iniciou-se com a definição das preferências do referido programa, tendo-se posteriormente definido todas as barras (horizontais e verticais) e as suas secções.

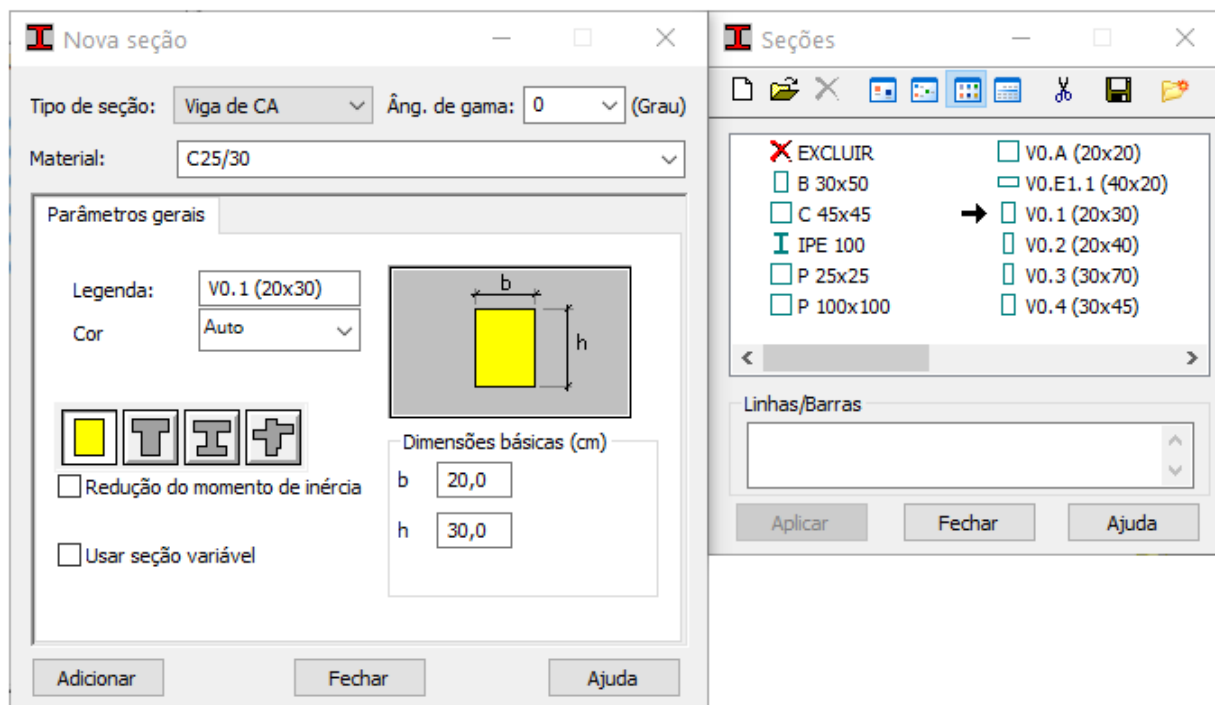


Figura 4.10 – Secções de vigas e pilares.

Relativamente às lajes, foi criado um diagrama rígido no pavimento, para que as forças horizontais sejam encaminhadas para os elementos verticais.

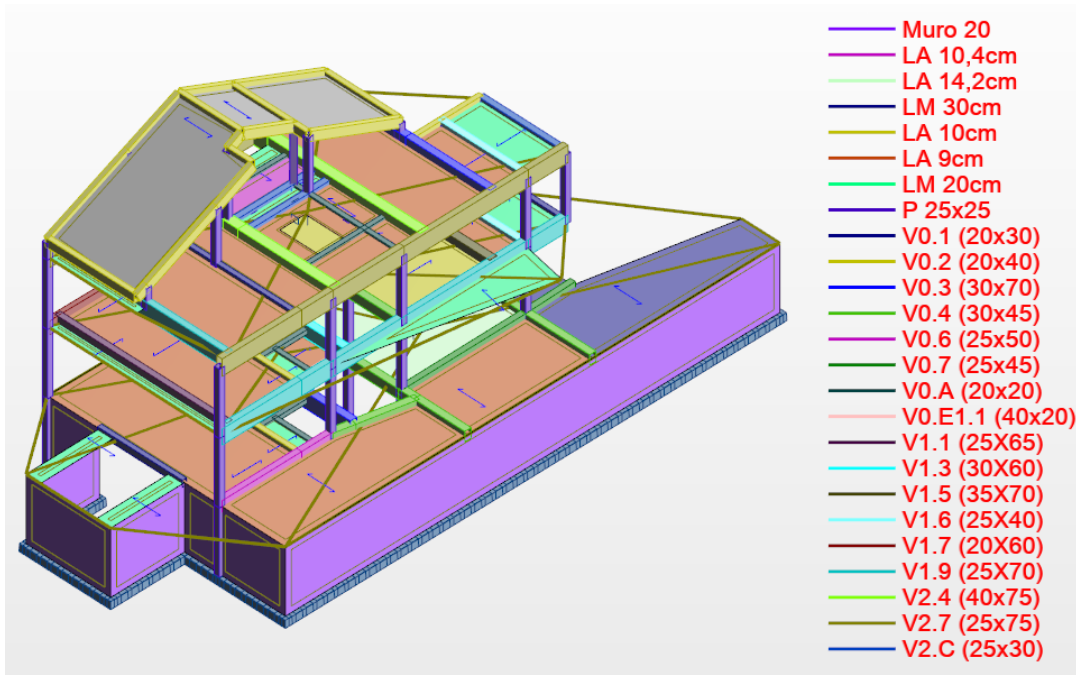


Figura 4.11 – Modelo do ROBOT: dimensões dos elementos estruturais.

#### 4.4.2 Introdução das Cargas

Foram introduzidas todas as cargas tendo em conta o seu tipo, ou seja, permanente ou variável.

Posteriormente definiu-se quais as cargas superficiais e as cargas aplicadas em barras ou nós.

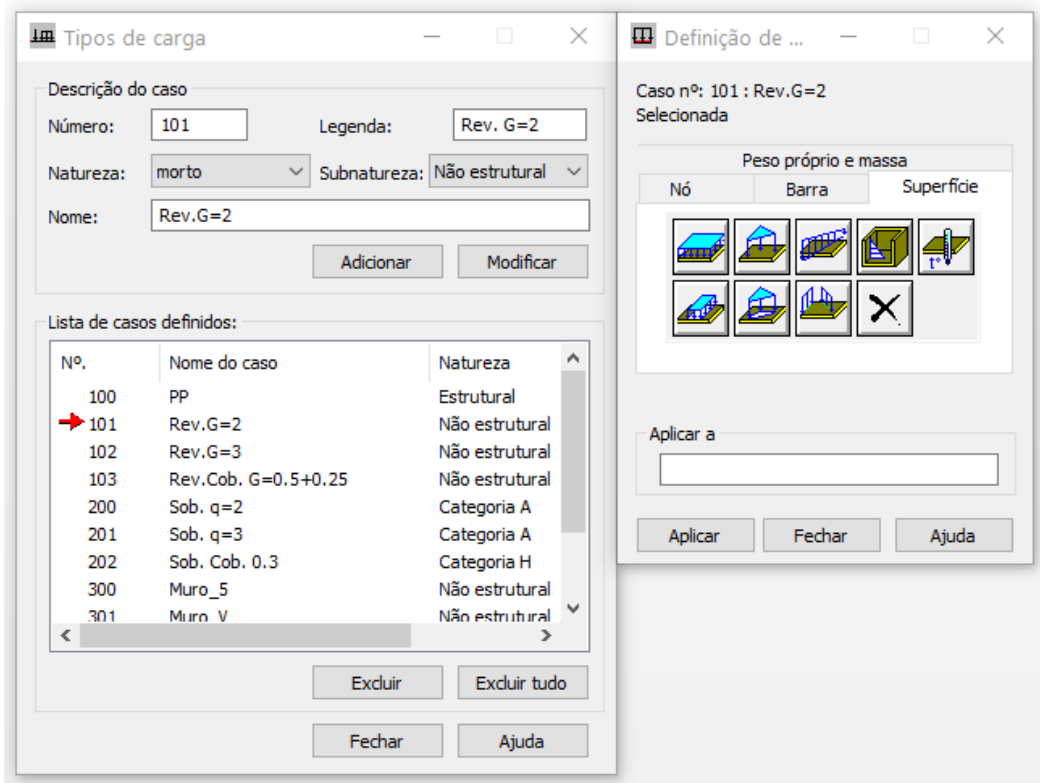


Figura 4.12 – Cargas no ROBOT.

## CAPÍTULO 5

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste estágio revelou-se fundamental na consolidação e aquisição de conhecimentos práticos, que permitiram uma abordagem global e metódica de questões envolvidas no exercício da profissão de um engenheiro projetista. Para além disso, desenvolveram-se competências e metodologias que contribuíram para melhorar a qualidade do trabalho.

Também, a integração numa equipa de trabalho experiente permitiu o contacto com diferentes questões técnicas, o que estimulou a capacidade de adaptação a novas situações, despertando características de dinamismo e capacidade de trabalho que devem estar presentes no exercício da profissão.

Durante o estágio estudaram-se 3 projetos, mas apenas um deles na sua totalidade. Chama-se a atenção para o facto de apenas ter sido possível estar presencialmente no local de trabalho aproximadamente 2 meses. O confinamento devido à pandemia do COVID obrigou ao desenvolvimento do presente relatório em casa.

Apesar das circunstâncias em que decorreu o estágio e tendo em conta o trabalho desenvolvido, foi ainda assim possível recolher ensinamentos que serão válidos para a posterior atividade profissional, nomeadamente, a importância da análise pormenorizada de todos os desenhos da arquitetura e identificação das suas condicionantes para que durante o pré-dimensionamento e, principalmente, durante o dimensionamento não surjam erros inesperados que levem a alterações profundas em todo o trabalho realizado até ao momento.

Durante o estágio foi também constatada a importância da utilização de programas de cálculo automático para o dimensionamento estrutural (CYPECAD e ROBOT) de forma a economizar tempo e recursos, tornando assim a atividade do projetista mais benéfica e eficaz. A utilização destas ferramentas de cálculo estrutural deve no entanto ser feita de forma cuidadosa, dando atenção à correta introdução dos dados nos programas e assim minimizando possíveis erros.

## *CAPÍTULO 5*

Tendo sido a primeira vez que se observou de perto o desenvolver da atividade de projetista, concluiu-se que é também muito importante a elaboração dos desenhos, esquemas e pormenores dos elementos estruturais, assim como das peças escritas que fazem parte do projeto final e que servirão de base à construção. A informação contida em todos os documentos que compõem o projeto (peças escritas e desenhadas) deve ser completa, clara e perceptível de forma a evitar erros ou dúvidas durante a execução dos trabalhos.

A oportunidade de lidar diariamente com o trabalho num gabinete de projeto revelou-se uma experiência fundamental, permitindo ter noção da envolvência e interação entre a arquitetura e as várias especialidades da engenharia civil (estruturas, hidráulica, térmica, etc.).

O estágio desenvolvido constituiu um período de formação e integração na vida profissional, permitindo uma adaptação gradual ao ritmo do trabalho e às responsabilidades inerentes à profissão, tendo sido conciliados aspetos de formação teórica, prática e de relacionamentos no mundo laboral, muitas vezes minorizados mas de capital importância para o sucesso profissional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] RSA; Regulamento de Segurança e Ações para estruturas de Edifícios e Pontes; Decreto-Lei nº235/83, de 31 Maio, Porto Editora, 2005, ISBN: 978-972-0-01183-1

[2] REBAP; Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado; Decreto-Lei nº349-c/83, de 30 Julho e Decreto-Lei nº 128-99, de 21 Abril, Porto Editora, 2007, ISBN: 978-972-0-06806-4

[3] Santos, R.G. (2015) Estruturas de Edifícios – Apontamentos realizados durante as aulas, disciplina de Estruturas de Edifícios, Instituto Superior de Engenharia do Porto.

[4] A. Correia dos Reis, M. Brazão Farinha e J.P. Brazão Farinha (2012) – *Tabelas Técnicas*, Edições Técnicas E.T.L.

[5] Barros, Helena; Figueiras, Joaquim (2010) - *Tabelas e Ábacos de Dimensionamento de Secções de Betão Solicitados à Flexão e a Esforços Axiais Segundo o Eurocódigo 2*, Porto, FEUP Edições.

[6] NP-EN 1992-1-2 - Eurocódigo 2 – Projeto de Estruturas de Betão; Parte 1-1: Regras Gerais e regras para edifícios, ICS –91.080.40



## **ANEXOS**

Anexo I – Edifício em Paredes

Momento Flector

Quadro de Vigas

Betão	C 25/30	fcd	16,67	Mpa	τ1	0,75	Mpa	Ec,28	30,50	Gpa	Coef	g	1,35
Aço	A400	fsyd	347,8	Mpa	τ2	5,00	Mpa	fctm	2,50	Mpa	Maj	q	1,5

Secção	Viga Tipo	h min viga					1			2			3						
		b	h	d	l	critério deform.	Peso-Próprio Viga			Parede sobre viga			Laje à esquerda						
		m	m	m	m	m	pp	Psd	Pfreq	pp	Psd	Pfreq	pp	rcp	q	ψ1	psd	pfreq	linf
-	-	m	m	m	m	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN/m	kN/m	m
V1.1	Enc Esq Ap Sim Dir	0,25	0,90	0,86	4,90	0,20	5,625	7,59375	5,625				5	3	2	0,3	13,8	8,6	0,7
V1.2	Enc Esq Ap Sim Dir	0,20	0,60	0,56	4,40	0,18	3	4,05	3				3,43	3	2	0,3	11,681	7,03	3,15
V1.3	Enc Esq Ap Sim Dir	0,25	0,90	0,86	4,55	0,18	5,625	7,59375	5,625	10	13,5	10							
V1.4	Ap Sim Esq Enc Dir	0,25	0,90	0,86	5,30	0,21	5,625	7,59375	5,625	10	13,5	10							
V1.5	Enc Esq Ap Sim Dir	0,25	0,40	0,36	3,35	0,13	2,5	3,375	2,5				2,6	3	2	0,3	10,56	6,2	2,1
V1.6	Enc Esq Ap Sim Dir	0,25	0,90	0,86	3,35	0,13	5,625	7,59375	5,625				2,6	3	2	0,3	10,56	6,2	0,25
VC.1	Dupl Enc	0,20	0,70	0,66	4,55	0,14	3,5	4,725	3,5				2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	0,25
VC.2	Enc Esq Ap Sim Dir	0,25	0,40	0,34	5,85	0,23	2,5	3,375	2,5				5	1,5	1	0,3	10,275	6,8	0,7
VC.3	Ap Sim Esq Enc Dir	0,25	0,40	0,36	4,20	0,17	2,5	3,375	2,5				2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	1,7
VC.4	Enc Esq Ap Sim Dir	0,25	0,40	0,36	4,55	0,18	2,5	3,375	2,5				2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	2,4
VC.5	Ap Simples	0,20	0,70	0,66	8,40	0,42	3,5	4,725	3,5										
VC.6	Ap Sim Esq Enc Dir	0,20	0,70	0,66	5,30	0,21	3,5	4,725	3,5										
VC.7	Dupl Enc	0,25	0,40	0,36	3,80	0,11	2,5	3,375	2,5				2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	2,1
VC.8.1	Dupl Enc	0,25	0,40	0,36	6,30	0,19	2,5	3,375	2,5				2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	2,25
VC.8.2	Ap Simples	0,20	0,70	0,66	4,70	0,24	3,5	4,725	3,5				2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	0,25
VC.9	Ap Simples	0,20	0,40	0,36	3,25	0,16	2	2,7	2				2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	0,7
VC.10	Ap Simples	0,20	0,70	0,66	6,30	0,32	3,5	4,725	3,5				2,73	1,5	1	0,3	7,2105	4,53	2,9

		4									5						Esforços							
		Laje à direita									Carga Concentrada 1						Msd-	Msd+	Msd+	Msd-	Vsd	Vsd	f1	
Psd	Pfreq	pp	rcp	q	$\psi$ 1	psd	pfreq	linf	Psd	Pfreq	x	Pg	Pq	$\psi$ 1	Psd	Pfreq	esq	1/2 vão	máx: 3/8L	dir	esq	dir		
kN/m	kN/m	kN/m2	kN/m2	kN/m2	-	kN/m2	kN/m2	m	kN/m	kN/m	m	kN	kN	-	kN	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	kN	kN	mm	
9,66	6,02																51,8		29,2		52,8	31,7	0,0	
36,794	22,145																98,8		55,7		112,3	67,4	0,1	
		2,6	3	2	0,3	10,56	6,2	2,3	24,288	14,26							117,4		66,2		129,1	77,4	0,0	
		2,6	3	2	0,3	10,56	6,2	2,1	22,176	13,02									85,6	151,9	86,0	143,3	0,0	
22,176	13,02	2,6	3	2	0,3	10,56	6,2	0,25	2,64	1,55							39,5		22,3		59,0	35,4	0,0	
2,64	1,55																14,4		8,1		21,4	12,9	0,0	
1,6541	1,0225																11,0	5,5		11,0	14,5	14,5	0,0	
7,1925	4,76	2,76	1,5	1	0,3	7,251	4,56	0,25	1,8128	1,14							53,0		29,8		45,3	27,2	0,4	
11,248	6,953	2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	0,25	1,6541	1,0225									20,2	35,9	25,6	42,7	0,1	
15,88	9,816	2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	1,7	11,248	6,953							78,9		44,5		86,7	52,0	0,1	
		2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	2,4	15,88	9,816								181,7			86,5	86,5	1,3	
		2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	2,1	13,895	8,589									36,8	65,4	37,0	61,7	0,1	
13,895	8,589	2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	2,25	14,887	9,2025							38,7	19,3		38,7	61,1	61,1	0,0	
14,887	9,2025	2,29	1,5	1	0,3	6,6165	4,09	0,7	4,6316	2,863							75,7	37,9		75,7	72,1	72,1	0,3	
1,6541	1,0225																		17,6			15,0	15,0	0,1
4,6316	2,863	2,73	1,5	1	0,3	7,2105	4,53	2,9	20,91	13,137									37,3		45,9	45,9	0,1	
20,91	13,137																		127,2			80,8	80,8	0,4

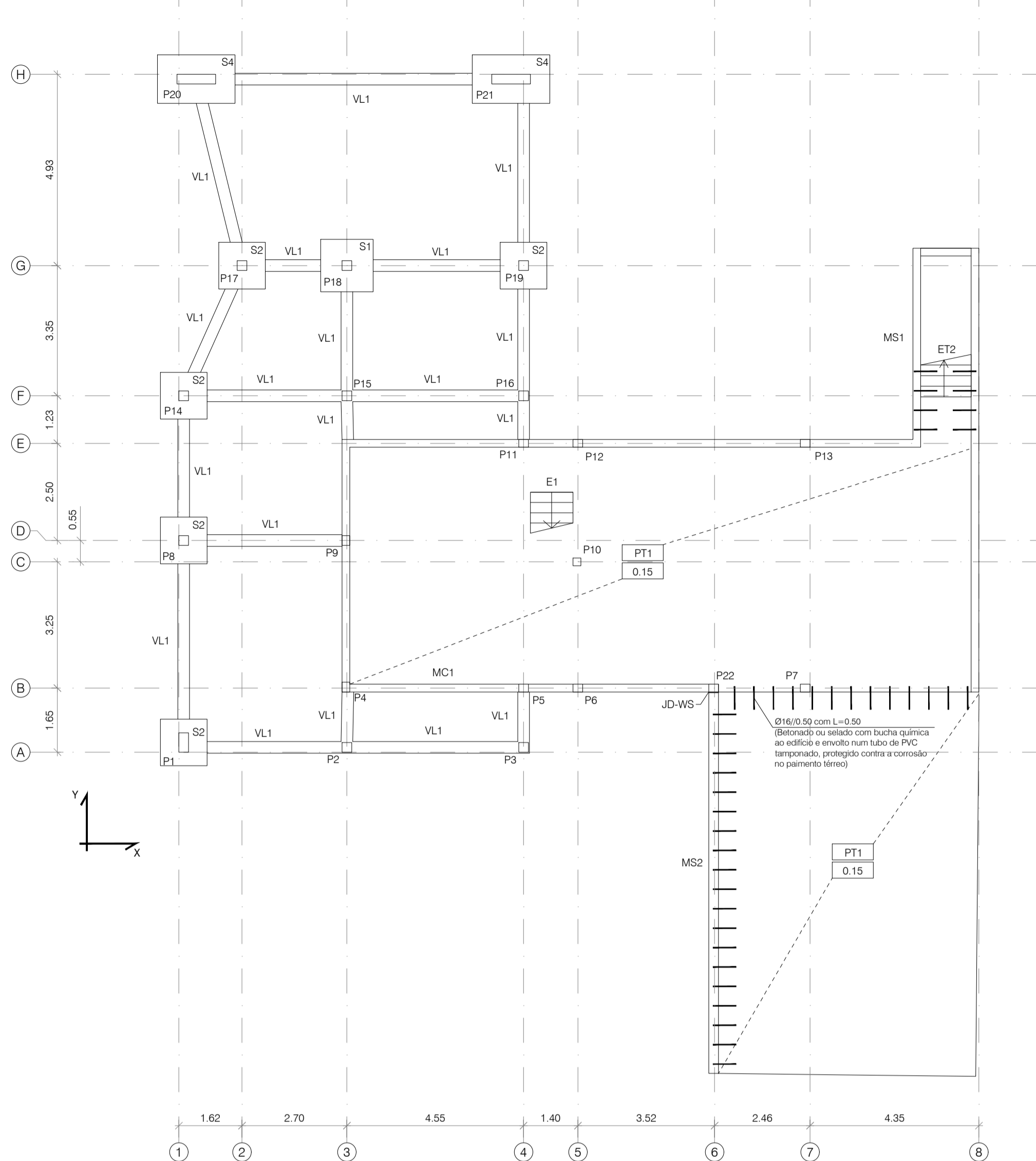
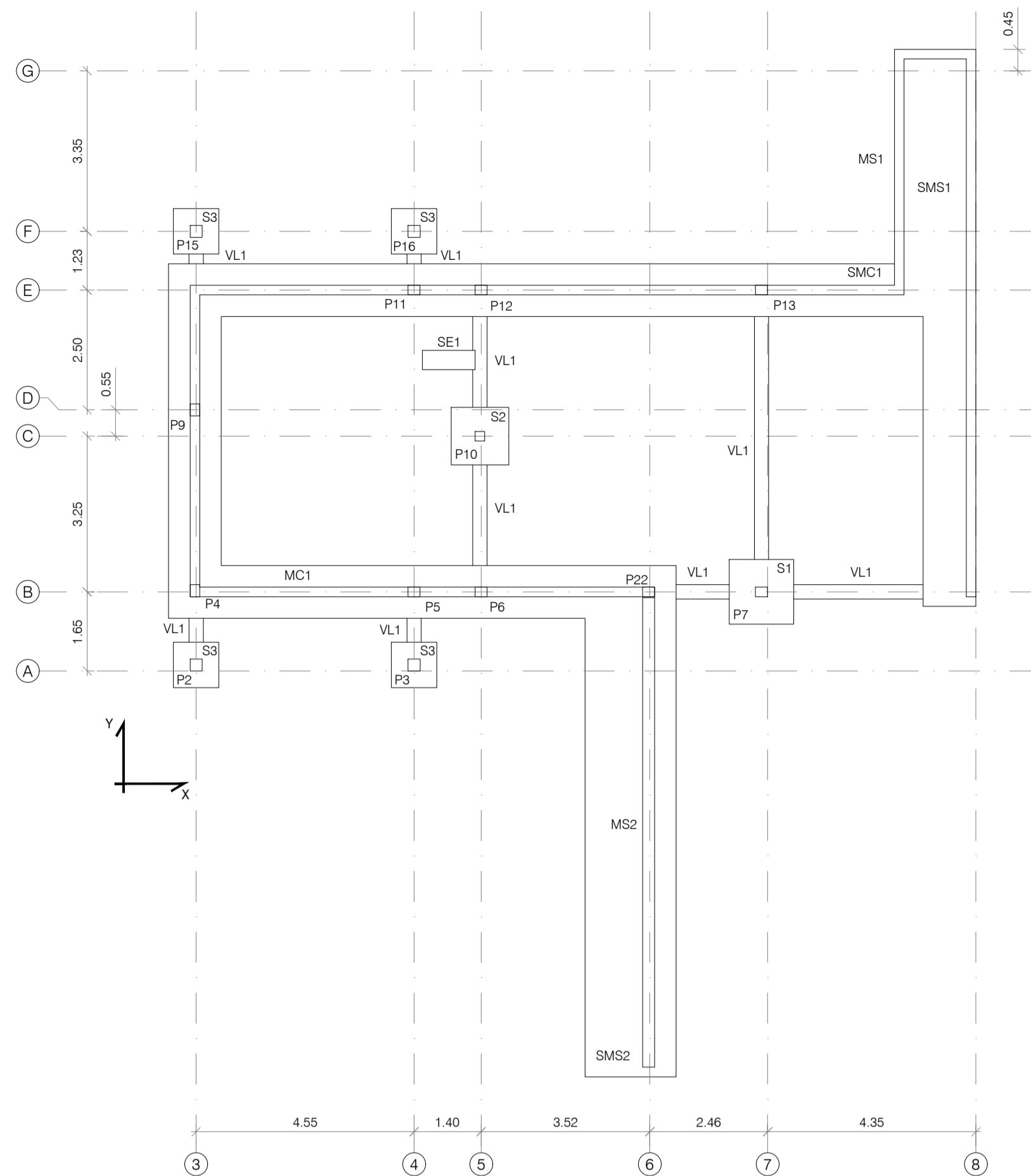
Deformação Meio Vão e Extremidade da Consola							
f2	f3	f4	f5	ftotal	finf =	fpp	factiva
					ftotalx3		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,0			0,1	<b>0,2</b>	0,1	0,2
	0,4			0,4	<b>1,3</b>	0,2	1,1
0,0		0,1		0,1	<b>0,4</b>	0,1	0,3
0,1		0,1		0,2	<b>0,7</b>	0,2	0,6
	0,2	0,0		0,3	<b>0,8</b>	0,1	0,7
	0,0			0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0
	0,0			0,0	<b>0,1</b>	0,0	0,1
	0,7	0,2		1,2	<b>3,7</b>	1,0	2,7
	0,3	0,0		0,4	<b>1,2</b>	0,3	1,0
	0,5	0,4		1,0	<b>3,1</b>	0,6	2,5
		3,6		5,0	<b>14,9</b>	3,3	11,5
		0,2		0,3	<b>0,8</b>	0,2	0,6
	0,1	0,1		0,3	<b>0,8</b>	0,2	0,6
	0,9	0,3		1,5	<b>4,4</b>	0,9	3,5
	0,0			0,2	<b>0,5</b>	0,1	0,3
	0,1	0,6		0,8	<b>2,4</b>	0,5	1,9
	1,5			2,0	<b>5,9</b>	1,3	4,5

L/400
mm
<b>12,3</b>
<b>11,0</b>
<b>11,4</b>
<b>13,3</b>
<b>8,4</b>
<b>8,4</b>
<b>11,4</b>
<b>14,6</b>
<b>10,5</b>
<b>11,4</b>
<b>21,0</b>
<b>13,3</b>
<b>9,5</b>
<b>15,8</b>
<b>11,8</b>
<b>8,1</b>
<b>15,8</b>

Msd+											
Dimensionamento					Armadura						
Msd+ máx	Msd red	$\mu$	As,cal	As,min	nº	$\emptyset$		nº	$\emptyset$	%As	As,ef
(kN.m)	+15% M-	-	cm2	cm2	-	mm		-	mm	-	cm2
29	33	0,011	1,10	3,23	3	12	+			0,15%	3,39
56	62	0,059	3,38	1,68	3	12	+			0,28%	3,39
66	74	0,024	2,53	3,23	3	12	+			0,15%	3,39
86	96	0,031	3,29	3,23	3	12	+			0,15%	3,39
22	25	0,046	2,08	1,35	2	12	+			0,23%	2,26
8	9	0,003	0,30	3,23	3	12	+			0,15%	3,39
6	7	0,005	0,30	1,98	2	12	+			0,16%	2,26
30	33	0,069	3,01	1,28	3	12	+			0,34%	3,39
20	23	0,042	1,88	1,35	2	12	+			0,23%	2,26
44	50	0,092	4,33	1,35	3	16	+			0,60%	6,03
182	182	0,125	8,91	1,98	3	16	+	3	12	0,67%	9,42
37	41	0,028	1,84	1,98	2	12	+			0,16%	2,26
19	24	0,045	2,04	1,35	2	12	+			0,23%	2,26
38	48	0,089	4,16	1,35	3	16	+			0,60%	6,03
18	18	0,012	0,78	1,98	2	12	+			0,16%	2,26
37	37	0,086	3,23	1,08	3	12	+			0,42%	3,39
127	127	0,088	6,03	1,98	3	16	+			0,43%	6,03





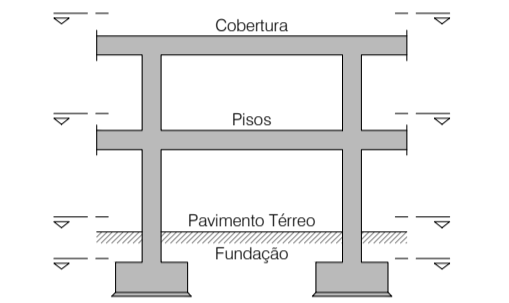


MATERIAIS ESTRUTURAIS:

- Betão Armado em Elementos Estruturais**
- Betão de Limpeza ou Regularização - C12/15; CI 0.20; Dmáx 22; S2; X0
  - Pavimento Térreo; Pavimento Ventilado - C25/30; CI 0.20; Dmáx 22; S2; XC2
  - Sapatas; Vigas de Fundação - C25/30; CI 0.20; Dmáx 22; S3; XC2
  - Lajes; Pilares; Vigas - C25/30; CI 0.20; Dmáx 22; S3; XC2
  - Paredes; Muros; Restantes elementos - C25/30; CI 0.20; Dmáx 22; S3; XC2
- Cimentos a utilizar deverão cumprir a normalização em vigor.
- Classe Estrutural 4  
Classe de Inspeção 2
- Em conformidade com o estipulado na NP EN 206 na NP EN 13670 e na especificação LNEC E464 e E465
- Aço em Elementos de Betão Armado:**
- Varões - A400 NR
  - Redes Electrossoldadas - A500 EL
  - Chumbadores, parafusos, porcas, anilhas - Classe 8.8 (fy = 640 MPa)
- Aço em Elementos de Estrutura Metálica:**
- Perfis Laminados e Chapas (Interior) - S275 JR
  - Perfis Laminados e Chapas (Exterior) - S275 J2
  - Perfis Tubulares - S275 J0H
- RECOBRIMENTO DE ARMADURAS:**
- Fundações:
- Sapatas e Vigas de Fundação - 5.0 cm
- Restantes Elementos Estruturais:**
- Pilares e Vigas - 3.5 cm
  - Lajes e paredes - 3.0 cm
  - Restantes Elementos Estruturais - 3.5 cm
- Elementos Estruturais em Madeira:**
- Madeira - C24
  - Lamelado colado - GL24h

REPRESENTAÇÃO DAS PLANTAS ESTRUTURAIS

Representadas através de um corte horizontal da Estrutura



LEGENDA:

- PAVIMENTO TÉRREO:**
- PT1 - Espessura do pav. térreo (m)
  - Cota do limpo
  - Cota do toco
- LAJES:**
- Espeçura da laje (m)
  - Designação
  - Cota do limpo
  - Cota do toco
  - m kN/m<sup>2</sup>
  - Peso Próprio
  - Restantes Cargas Perm.
  - Sobrecarga
- EX: LM1.1 - LAJE MACICA, PISO 1, TIPO 1  
LA2.3 - LAJE ALIGEIRADA, PISO 2, TIPO 3
- VIGAS:**
- Apa - Aparente (saliente sob a laje)
  - Emb - Embebida (inserida na espessura da laje)
  - Inv - Invertida (saliente sobre a laje)
  - EX: V1.2(0.25\*0.50-Inv) - VIGA, PISO 1, TIPO2, LARGURA 0.25m ALTURA 0.50m, INVERTIDA

NOTA:

Enchimentos a realizar com material de peso volúmico inferior a 900 kg/m<sup>3</sup>.  
O peso total de enchimentos, revestimentos e camadas de forma, não deverá ultrapassar 150kg/m<sup>2</sup>.

NOTA:

Todos os elementos estruturais enterrados ou em contacto com o solo, deverão ser impermeabilizados com duas demãos cruzadas de pintura asfáltica.  
Todo o betão a aplicar em obra deverá possuir características hidrófugas.

NOTA:

Este desenho só é válido quando visto em conjunto com o projecto de Arquitectura e os projectos de Especialidades.  
Todas as cotas devem ser retiradas dos ficheiros cad fornecidos com rigor de mm, não apenas dos desenhos em papel. Estas deverão ser confirmadas no Projecto de Arquitectura e em Obra, e são da responsabilidade do Empreiteiro.

A localização e dimensão de todas as Couretes e Furações de Lajes, Vigas e Paredes, devem ser confirmadas no Projecto de Arquitectura, nos Projectos das Especialidades e pelos Empreiteiros das Especialidades.

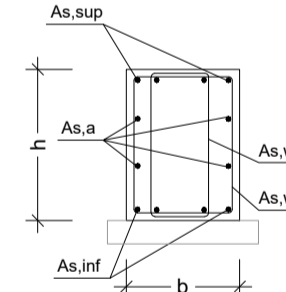
Qualquer furação a realizar em elementos estruturais, de betão armado ou de estrutura metálica, quando não assinalada nas plantas estruturais, só poderá ser realizada com conhecimento e aprovação do projectista.

Não medir sobre o desenho, usar cotação sempre que apresentada.  
Em caso de dúvida ou incompatibilidade consultar o projectista.

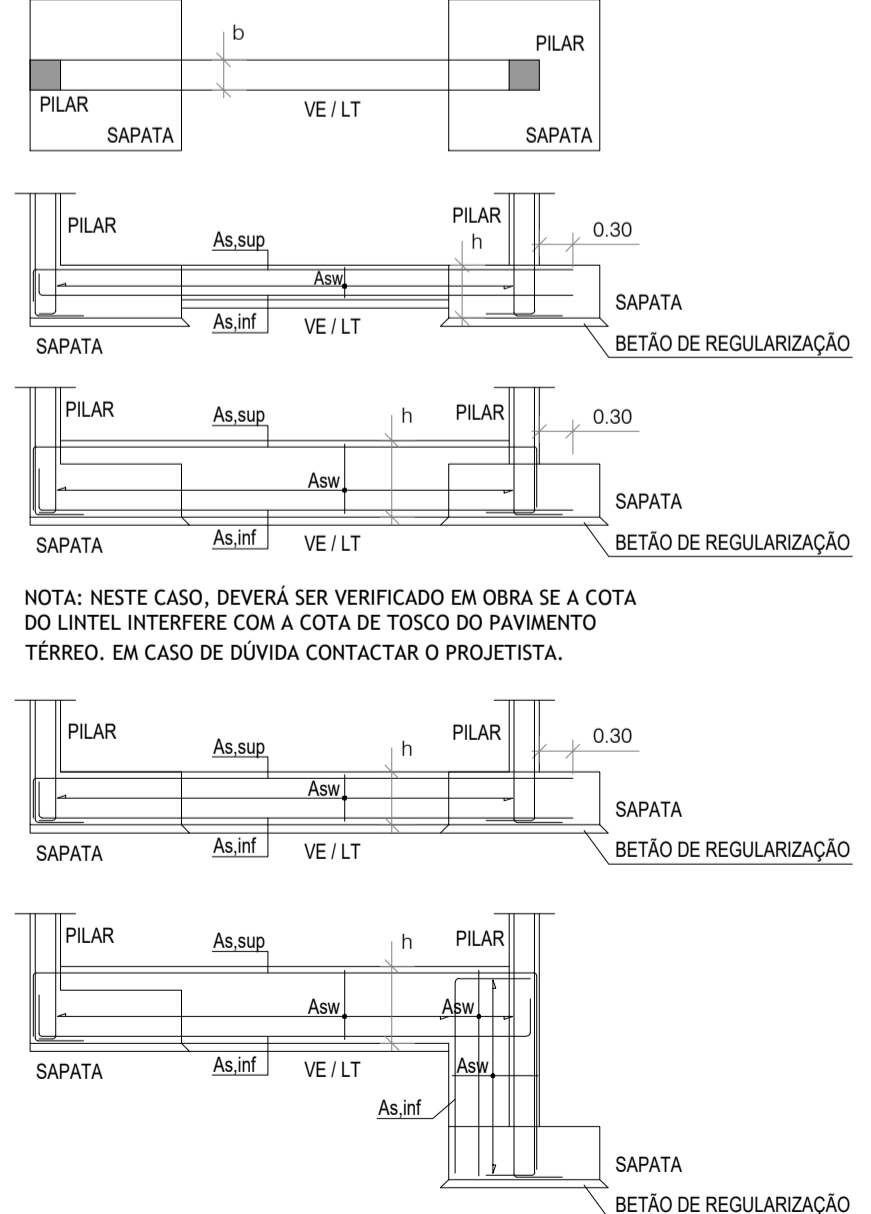
**QUADRO DE LINTÉIS**

DESIGNAÇÃO	b cm	h cm	As,sup cm <sup>2</sup>	As,inf cm <sup>2</sup>	As,w1 Ø/af.	As,w2 Ø/af.	As,a Ø/af.
VL1	30	30	4Ø12	4Ø12	Ø8/0.15	-	2Ø12

PORMENOR TIPO DE LINTEL E VIGA LINTEL  
Esc.: 1/20



PORMENOR TIPO DE VIGA DE EQUILIBRIO / LINTEL



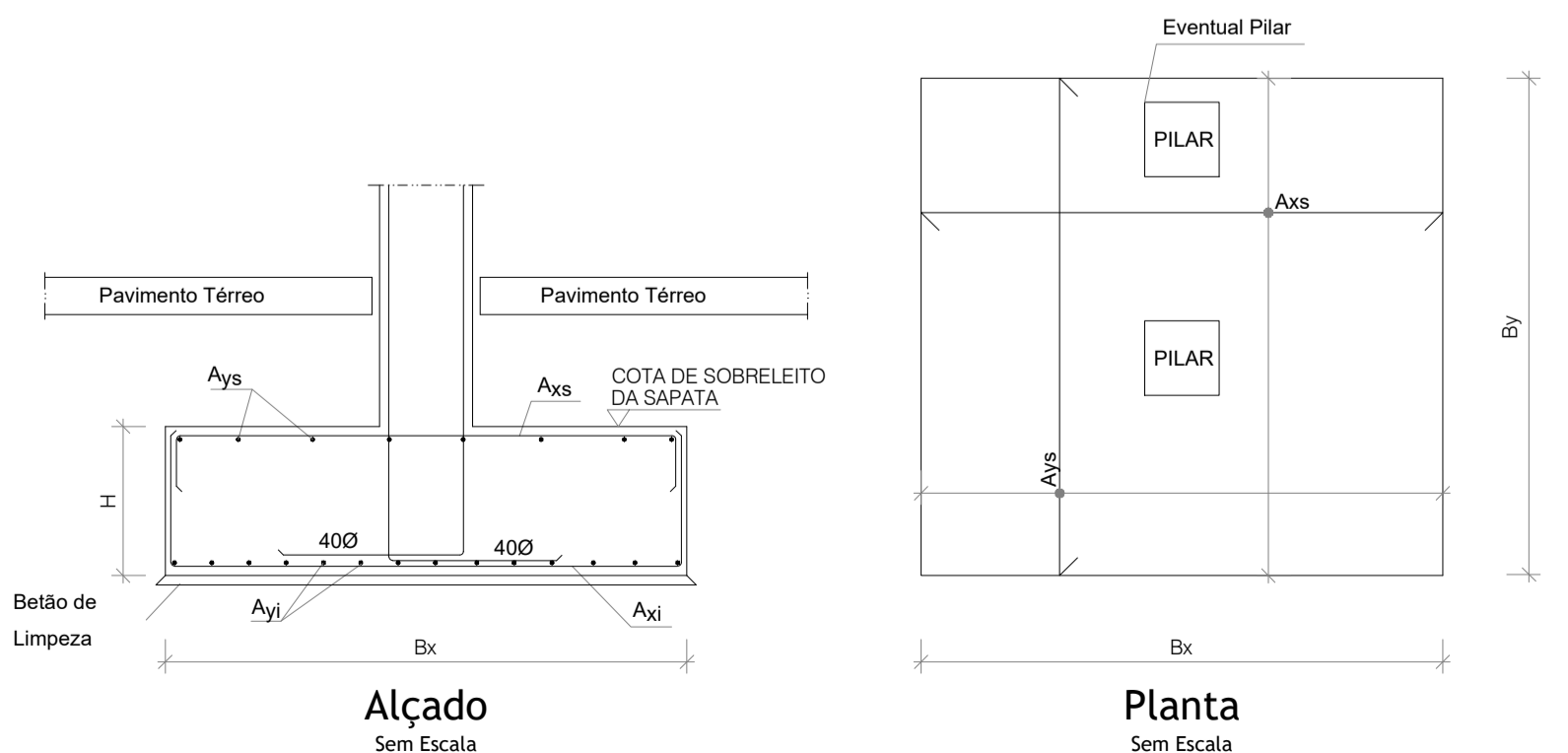
NOTA: NESTE CASO, DEVERÁ SER VERIFICADO EM OBRA SE A COTA DO LINTEL INTERFERE COM A COTA DE TOSCO DO PAVIMENTO TÉRREO. EM CASO DE DÚVIDA CONTACTAR O PROJECTISTA.

NOTA: AS ARMADURAS DOS LINTÉIS, INCLUINDO OS ESTRIBOS, TEM QUE SER PROLONGADOS ATÉ AOS PILARES, EM TODOS OS CASOS, CONFORME PORMENORES ACIMA.

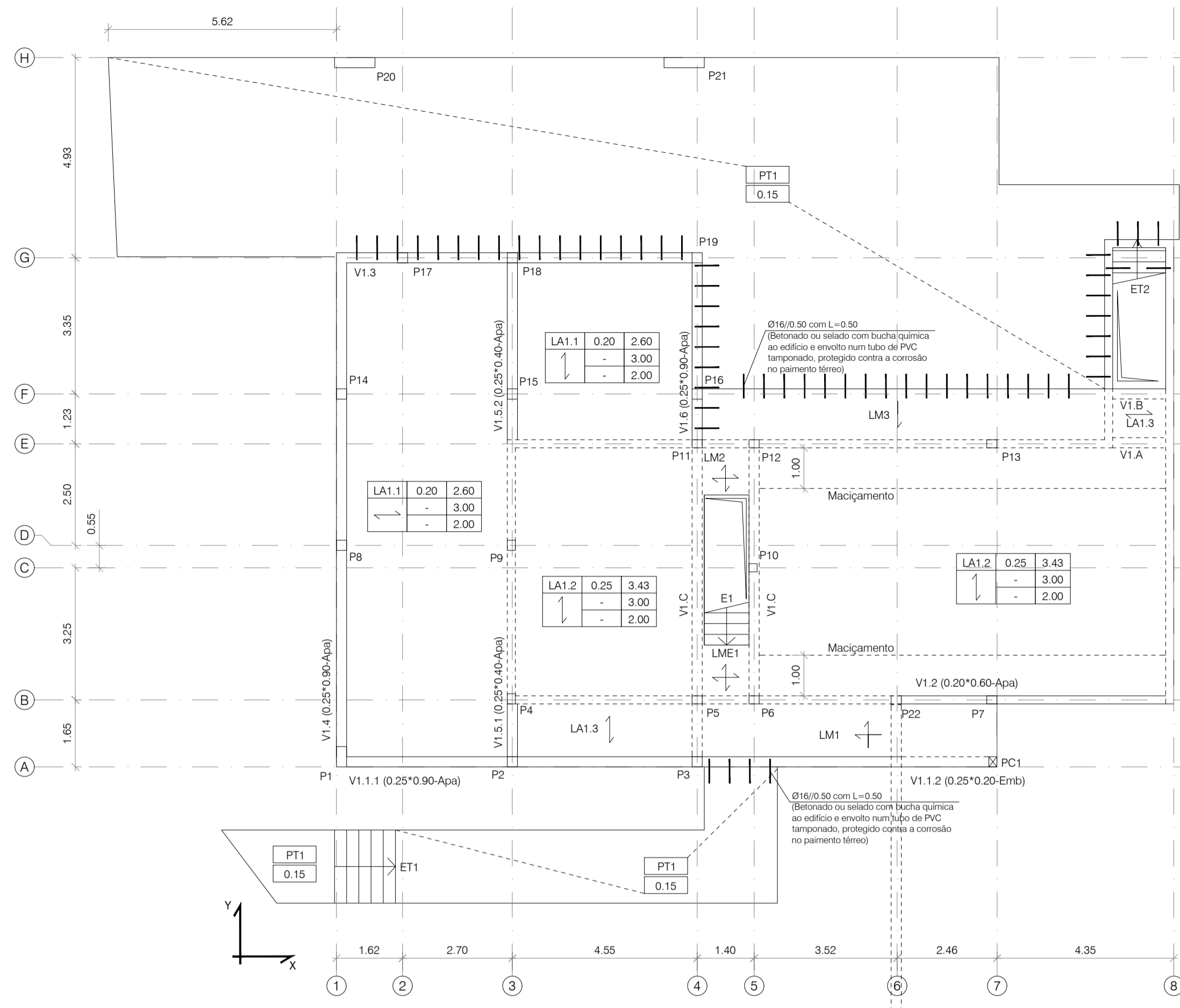
**QUADRO DE SAPATAS**

	GEOMETRIA			ARMADURAS			
	B <sub>x</sub> (m)	B <sub>y</sub> (m)	H (m)	A <sub>xl</sub>	A <sub>yl</sub>	A <sub>xs</sub>	A <sub>ys</sub>
S1	1.35	1.35	0.50	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø8/0.15	Ø8/0.15
S2	1.20	1.20	0.50	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø8/0.15	Ø8/0.15
S3	0.95	0.95	0.50	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø8/0.15	Ø8/0.15
S4	2.00	1.25	0.55	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15

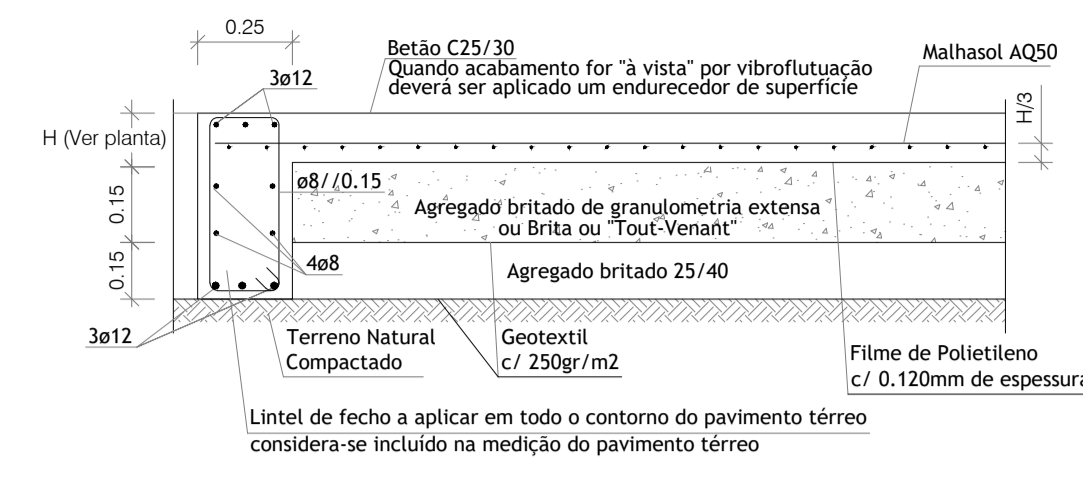
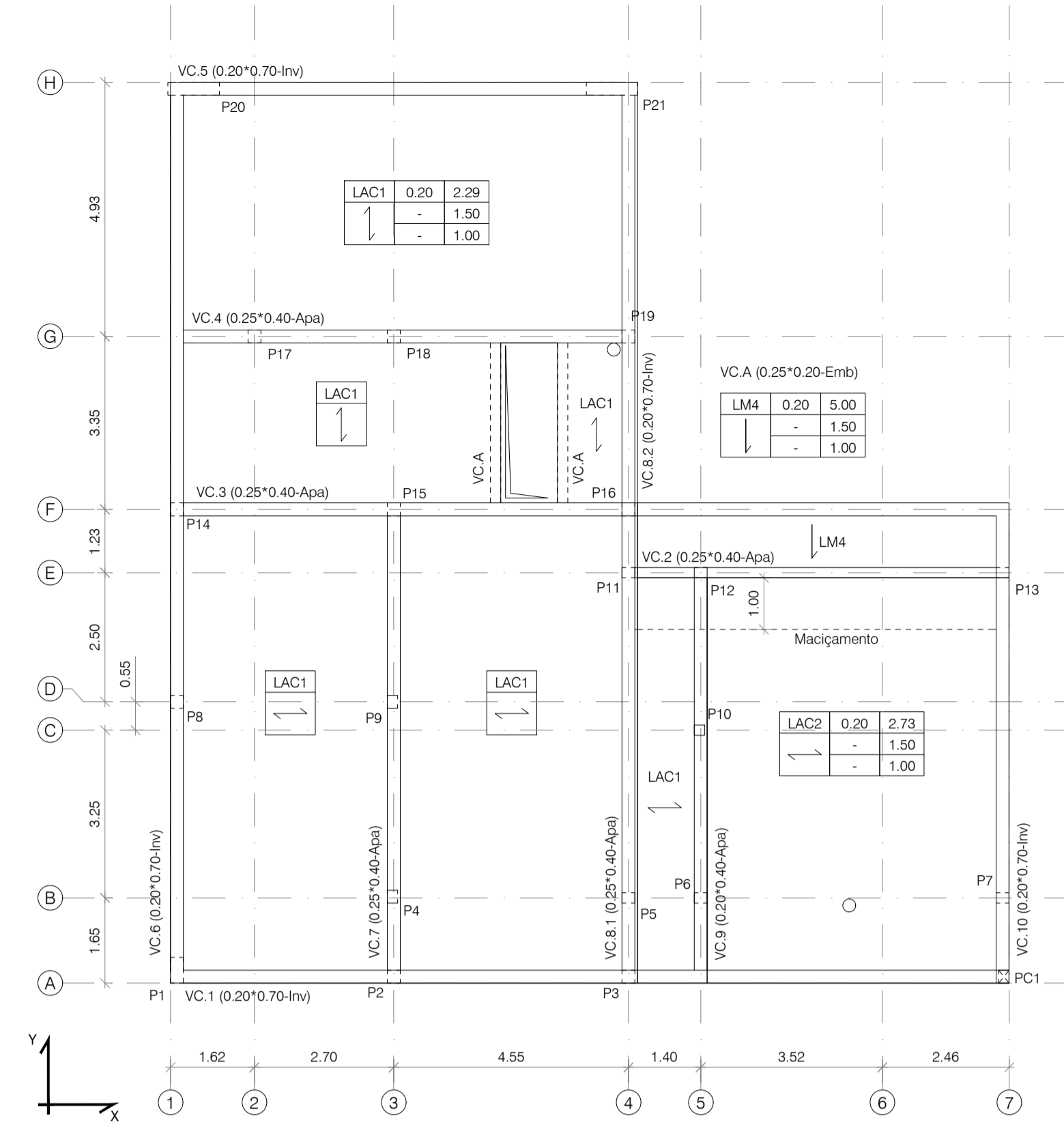
NOTA:  
H - altura da sapata  
A tensão admissível considerada foi de 250kPa, a confirmar em obra, previamente ao início dos trabalhos.  
Em casos de sobreposição de sapatas, prevalece a maior altura e armadura.  
A cota geral de fundação (face superior das sapatas) será a alinar em obra pela entidade executante após consulta de todos os projetos (Arquitectura e Especialidades), e, deverá situar-se pelo menos a 0.50m abaixo da cota de toco do pavimento térreo, caso se situe a mais de 1.00m desta cota, deverá ser contactado o projectista.



revisão	data	descrição
00		Emissão do Projeto de Licenciamento
cliente   obra	<b>PARTICULAR</b>	
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, PAREDES		
projeto		
CIVITEC   AV. JOAQUIM RIBEIRO DA MOTA, 101   4585-166 GANDRA   CIVITEC@CIVITEC.PT   TELEFONE: 222 425 740		
contêúdo		
PLANTA DE FUNDAÇÕES; PLANTAS ESTRUTURAIS DO PISO 0; QUADRO DE SAPATAS; QUADRO DE LINTÉIS		
especialidade	desenho/revisão	
ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES		
fase	projetou	codificação
PROJETO DE LICENCIAMENTO	CÁTIA FERNANDES	

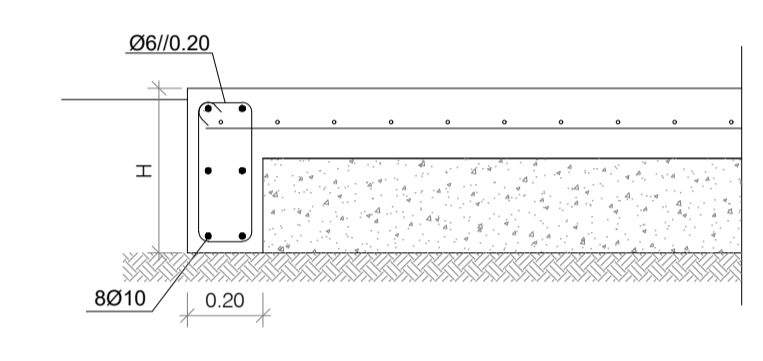


V1.3 (0.25*0.90-Apa)	0.20	2.60	3.00	2.00
V1.A (0.20*0.25-Emb)	-	-	-	-
V1.B (0.20*0.20-Emb)	-	-	-	-
V1.C (0.25*0.25-Emb)	-	-	-	-
LA1.3	0.20	2.29	3.00	2.00
LME1	0.20	5.00	3.00	2.00
LM1	0.20	5.00	3.00	2.00
LM2	0.20	5.00	3.00	2.00
LM3	0.20	5.00	3.00	2.00



Constituição do Pavimento Térreo - PT1  
Escala 1:20

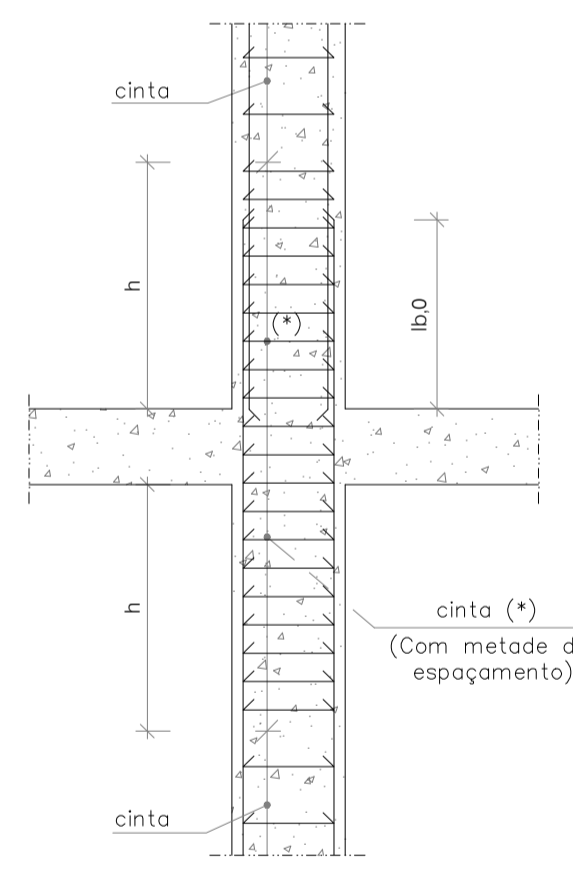
- NOTAS:
- Caso o acabamento do pavimento seja com betão "à vista" (talochado ou outro), deverão ser realizadas juntas de retração, deixando painéis, delimitados por estas, com área inferior a 20m<sup>2</sup>. Neste caso o endurecedor de superfície a aplicar poderá ser do tipo Superquartz ou equivalente com densidade de 4.0kg/m<sup>2</sup>.
  - O agregado britado 25/40 deverá ser devidamente compactado. O agregado britado de granulometria extensa (Tou Venant) deverá ser devidamente compactado ao grau 90% a 95% do proctor modificado.
  - O terreno natural ou aterro deverão ser devidamente compactados, ao grau 95% do proctor modificado e com módulo de deformabilidade Ev2-50 MPa. Adicionalmente, deverá garantir uma tensão admissível superior a 100kPa, de forma homogênea em toda a superfície de contacto com a caixa de pavimento. A aferir através de ensaios, caso não seja possível averiguar visualmente.
  - Caso o nível freático se apresente próximo da superfície, deverá ser contactado o projetista.
  - "H" - Consultar as plantas estruturais para obtenção da espessura de betão.



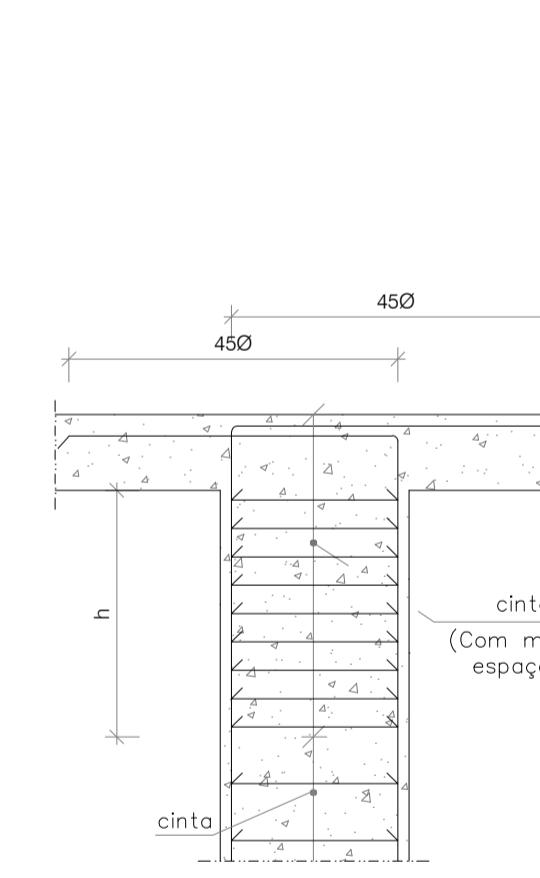
NOTA: PORMENOR A APLICAR EM ZONAS ONDE O PAVIMENTO TÉRREO NÃO CONTACTA COM PILARES, PAREDES OU MURAS

PORMENOR DO PERÍMETRO DOS PAV. TÉRREOS  
Escala 1:20

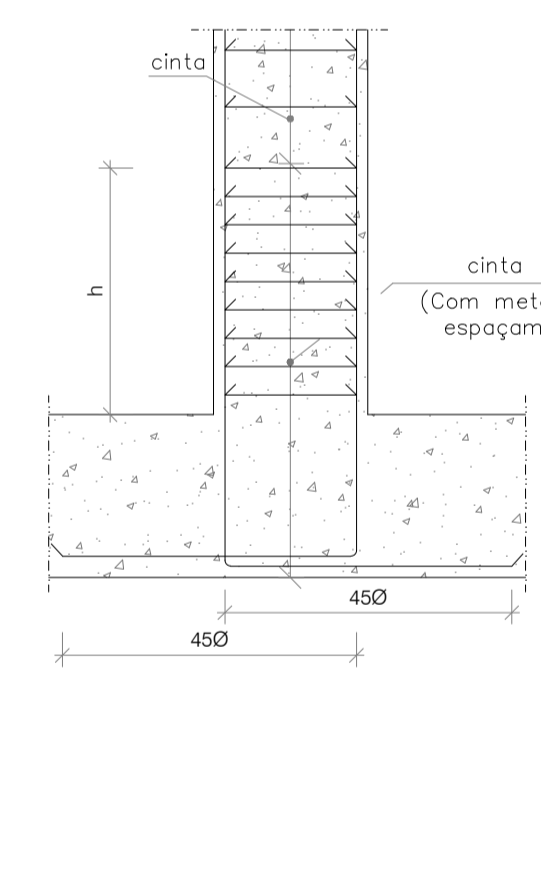
PILARES COM SECÇÃO CONSTANTE



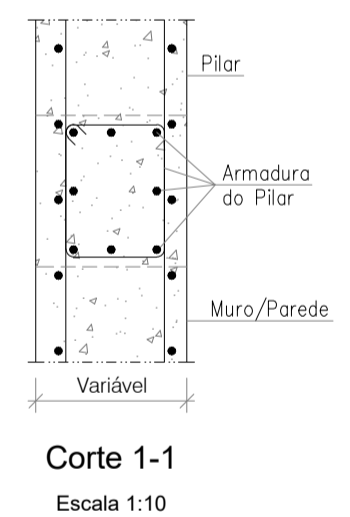
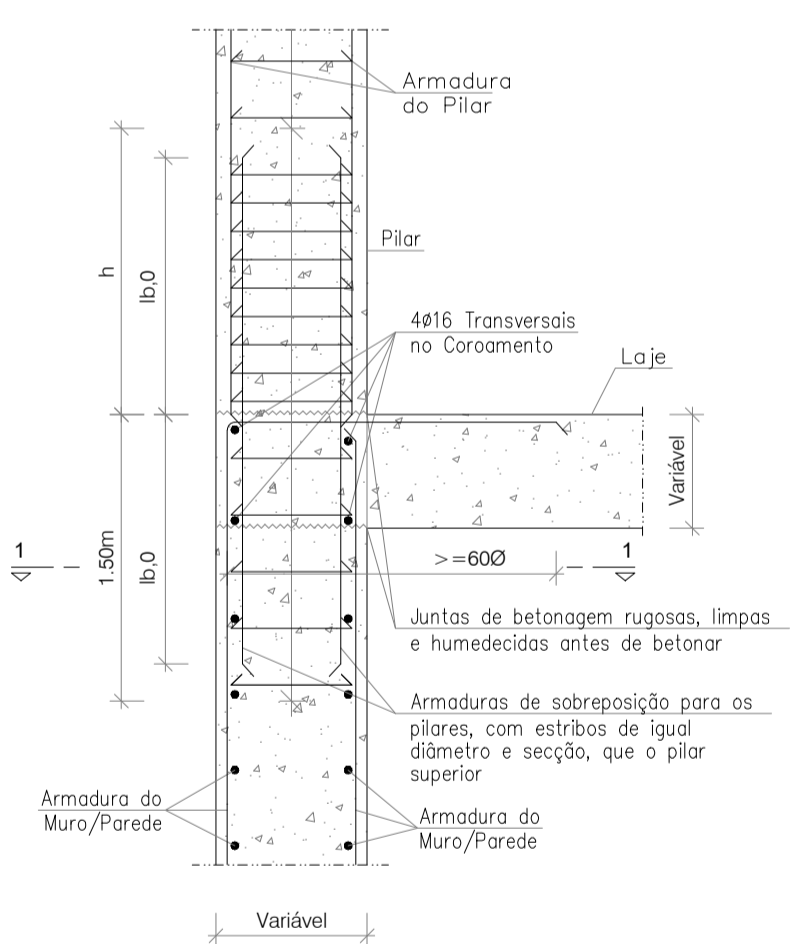
AMARRAÇÃO DE ARMADURAS EM LAJES E VIGAS



ARRANQUE DE ARMADURAS EM LAJES, VIGAS E SAPATAS

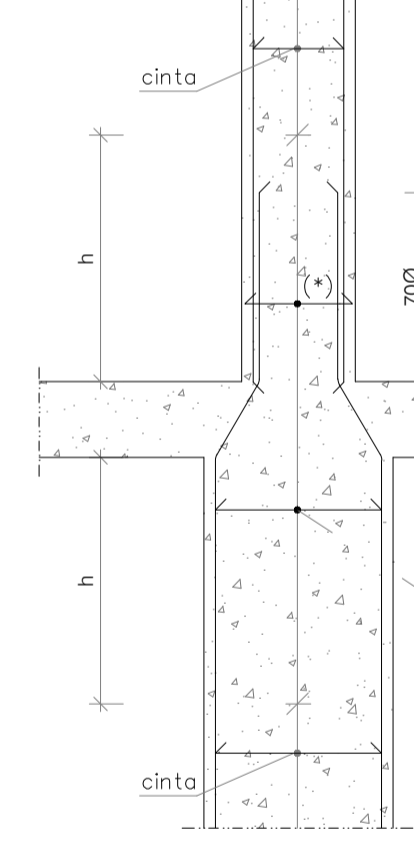


Pilar Embedido no Muro de Igual Espessura

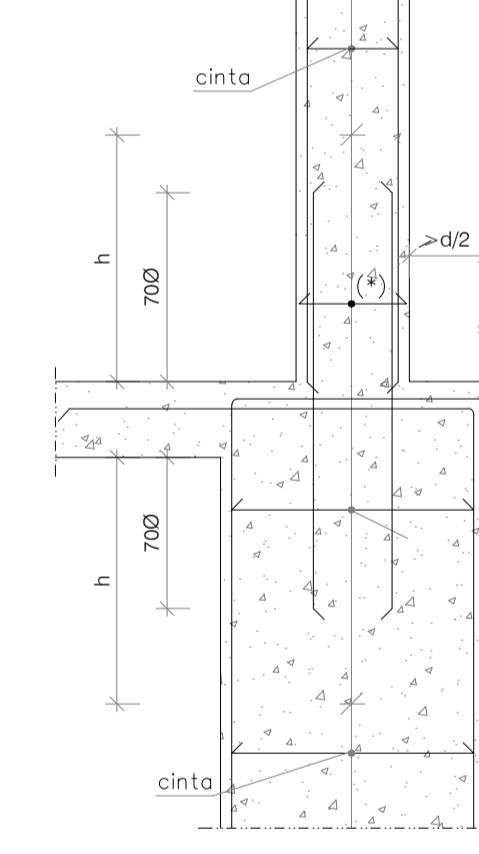


Corte 1-1  
Escala 1:10

Pormenor 1



Pormenor 2



C25/30 A400  
Comprimento de sobreposição (lb,0)

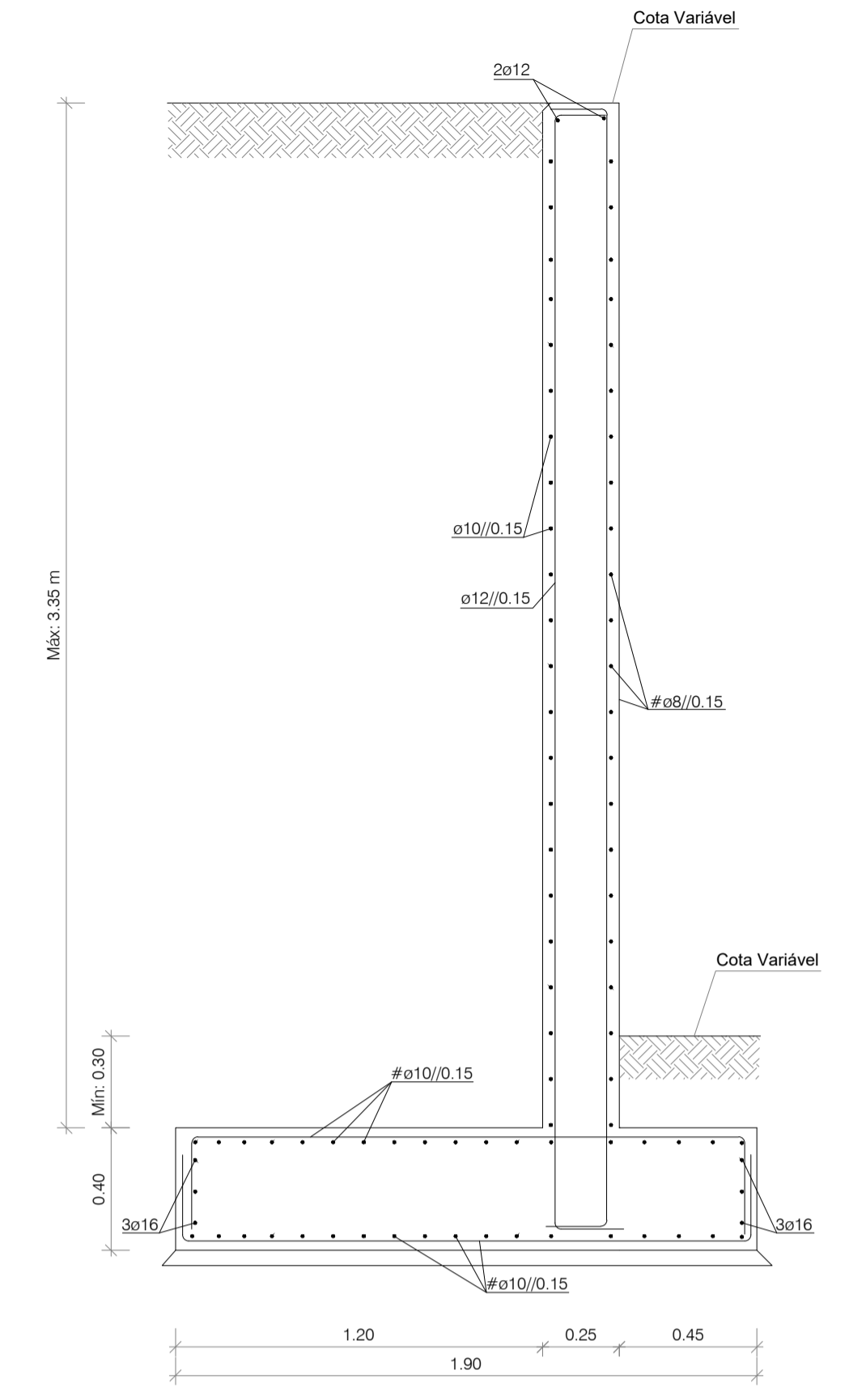
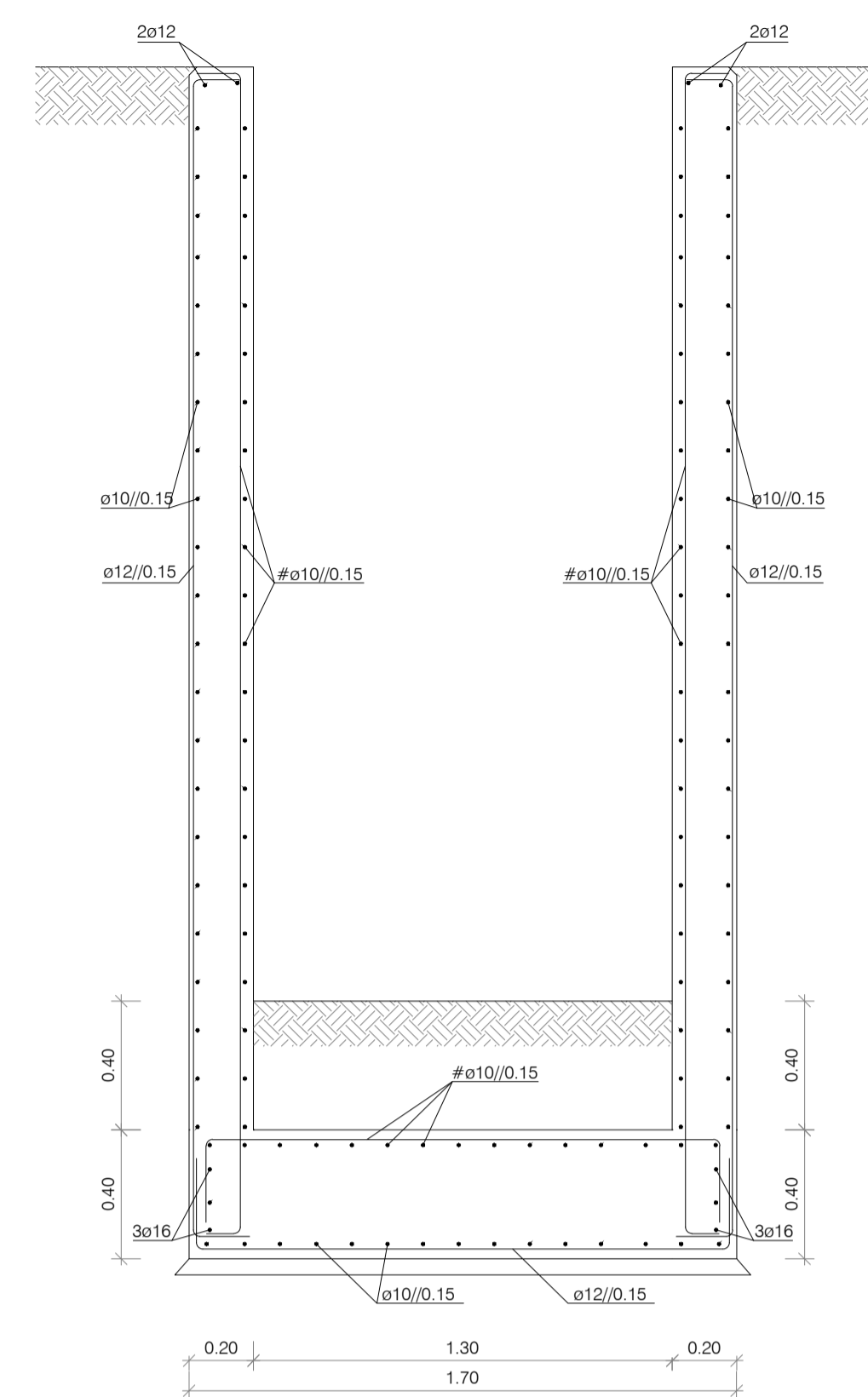
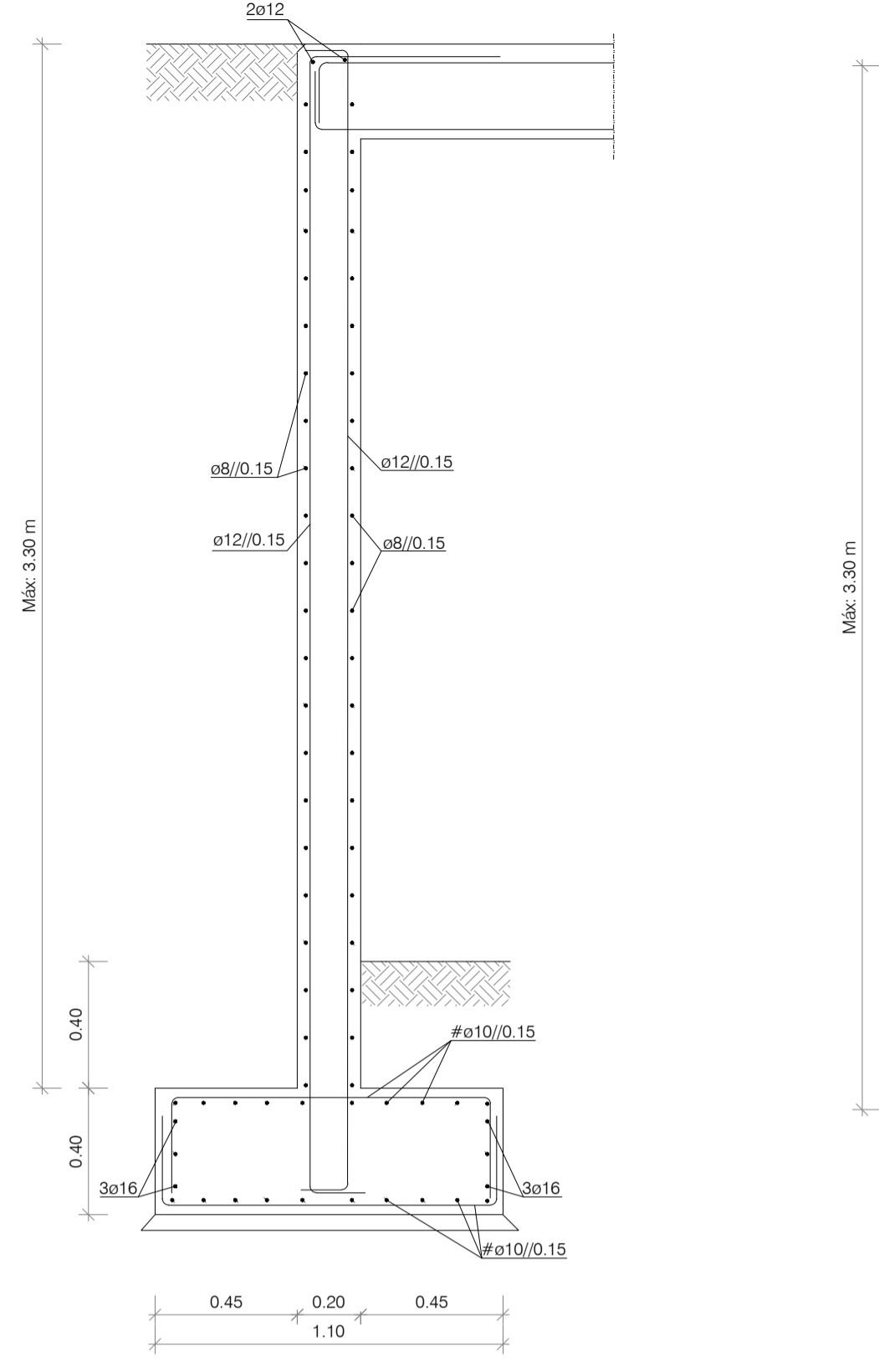
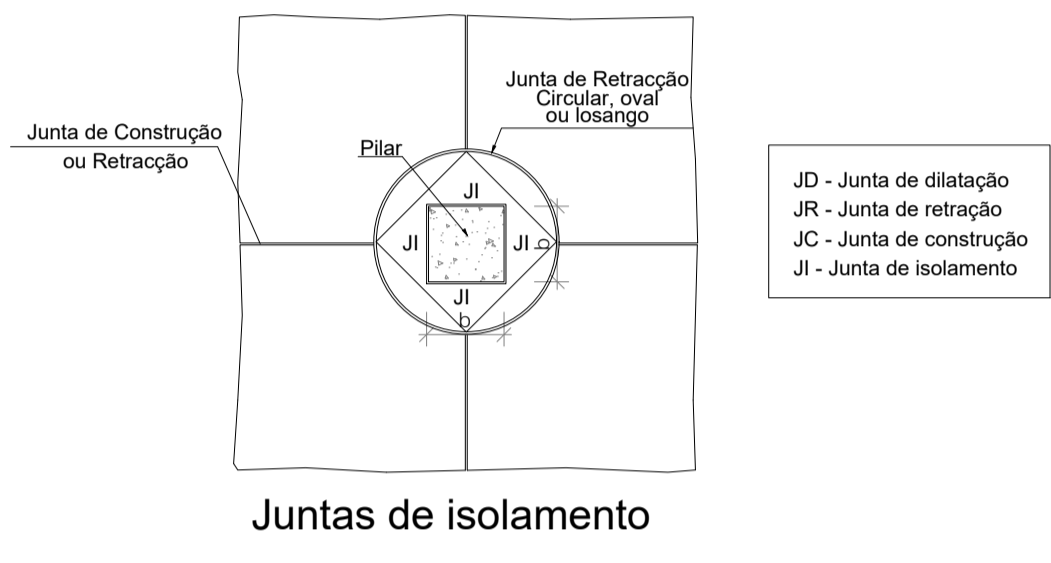
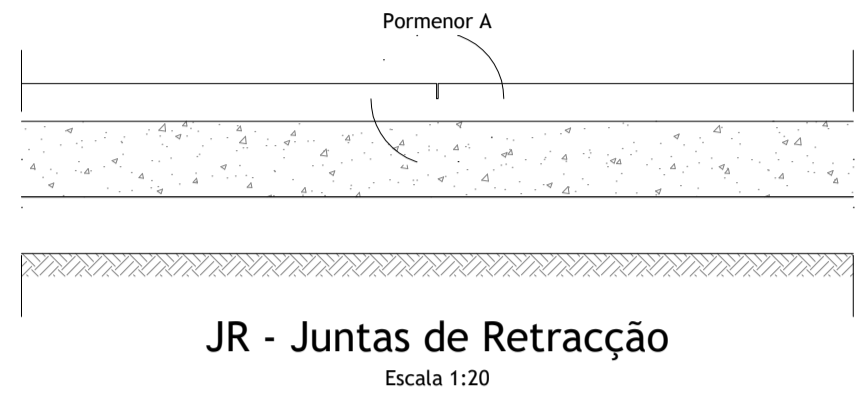
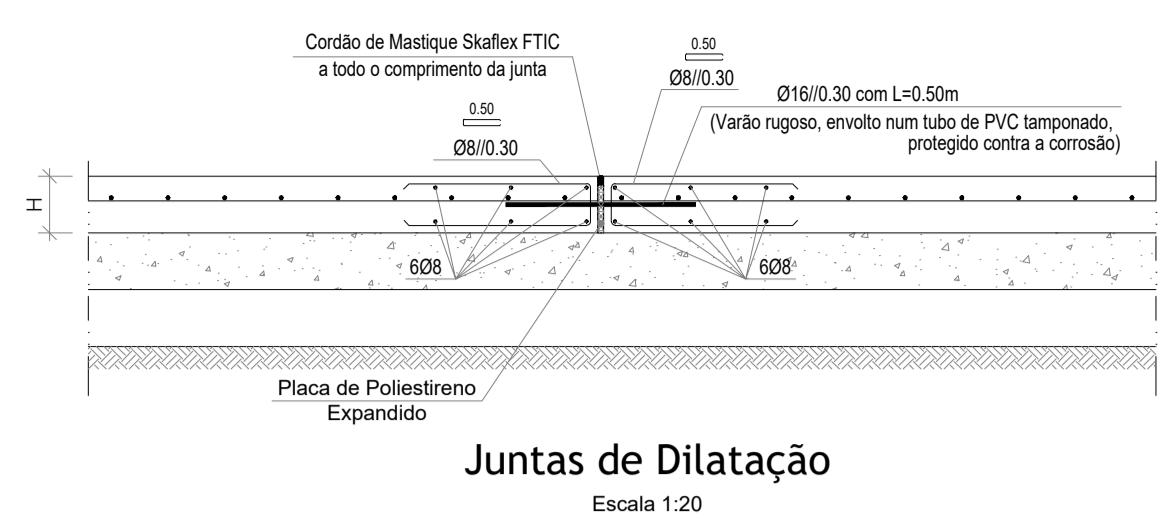
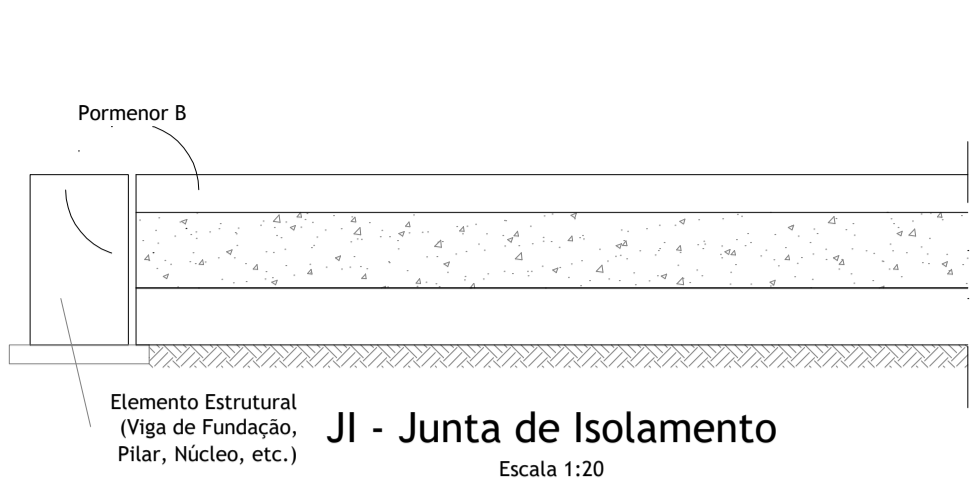
Ø12 1.00m
Ø16 1.20m
Ø20 1.40m
Ø25 1.60m

Ø - Maior dimensão das varões longitudinais  
h - Maior dimensão do pilar

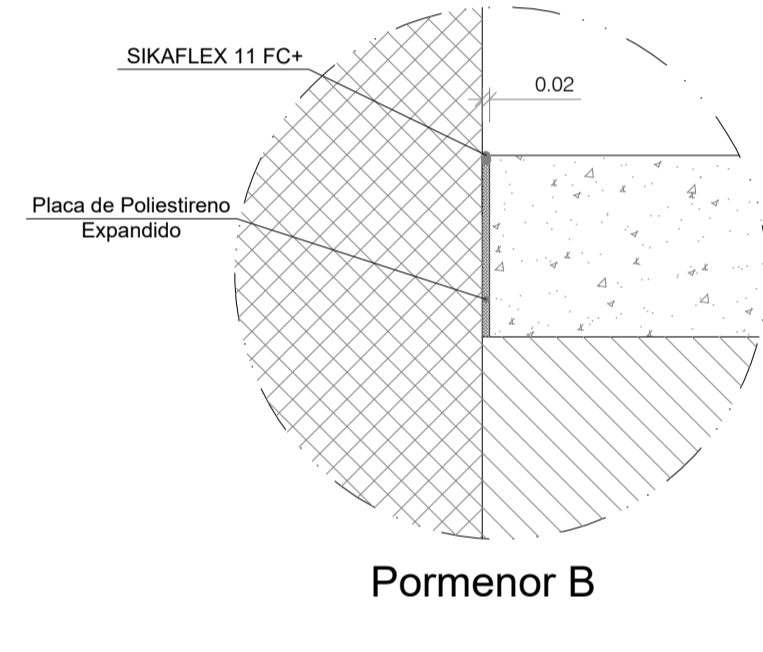
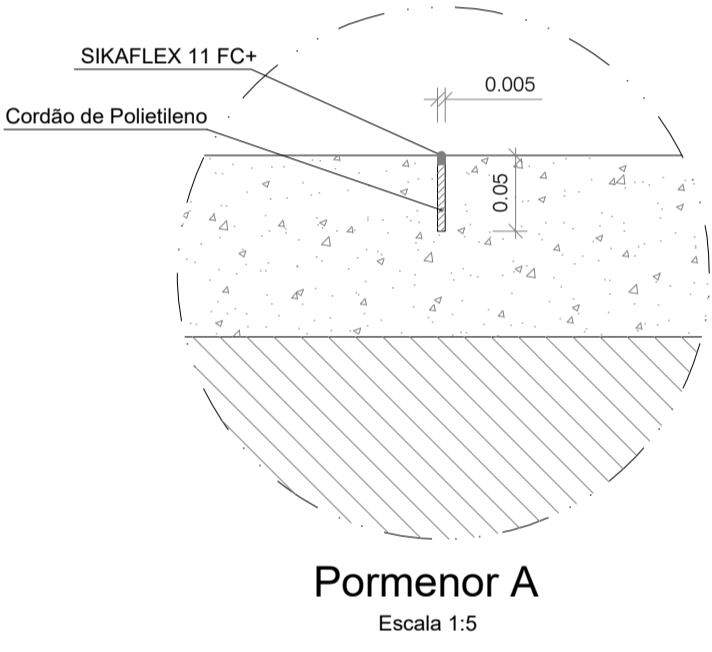
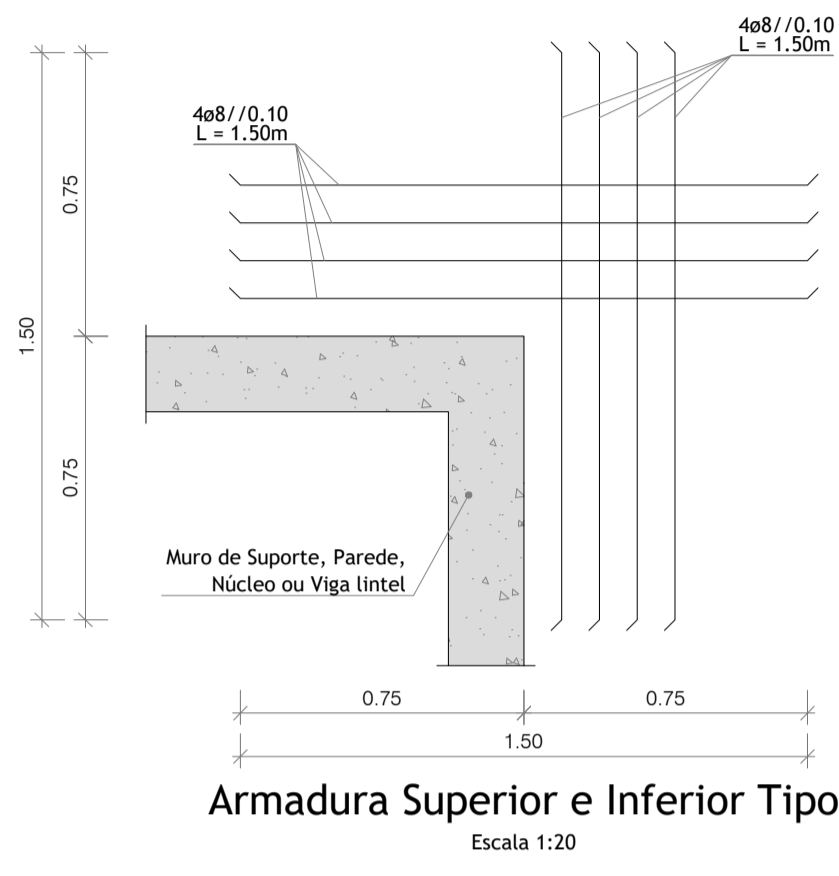
P1	P2=P3=P15 P16	P4=P9	P5=P6=P7 P11=P12 P13	P8=P14=P19	P10	P17=P18	P20=P21	P22	PC1

Cob  
Piso 2  
Fundação2  
Fundação

revisão	data	descrição
00		Emissão do Projeto de Licenciamento
cliente   obra	<b>PARTICULAR</b>	
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, PAREDES		
projeto		
CIVITEC   AV. JOAQUIM RIBEIRO DA MOTA, 101   4585-166 GANDRA   CIVITEC@CIVITEC.PT   TELEFONE: 222 425 740		
contêúdo		
PLANTA ESTRUTURAL DO PISO 1 E DA COBERTURA; QUADRO DE PILARES; PAVIMENTO TÉRREO;		
especialidade	desenho/revisão	
ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES		
fase	projeto	codificação
PROJETO DE LICENCIAMENTO	CÁTIA FERNANDES	

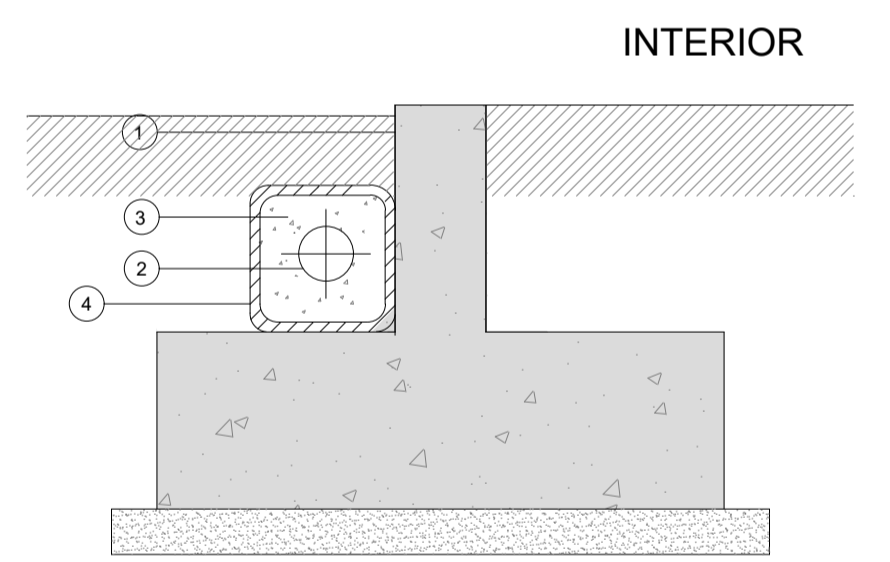


**Cantos de Elementos Estruturais e Caixas de Visita**



**PORMENOR DE IMPERMEABILIZAÇÃO E DRENAGEM**

Esc.: S/ Esc.



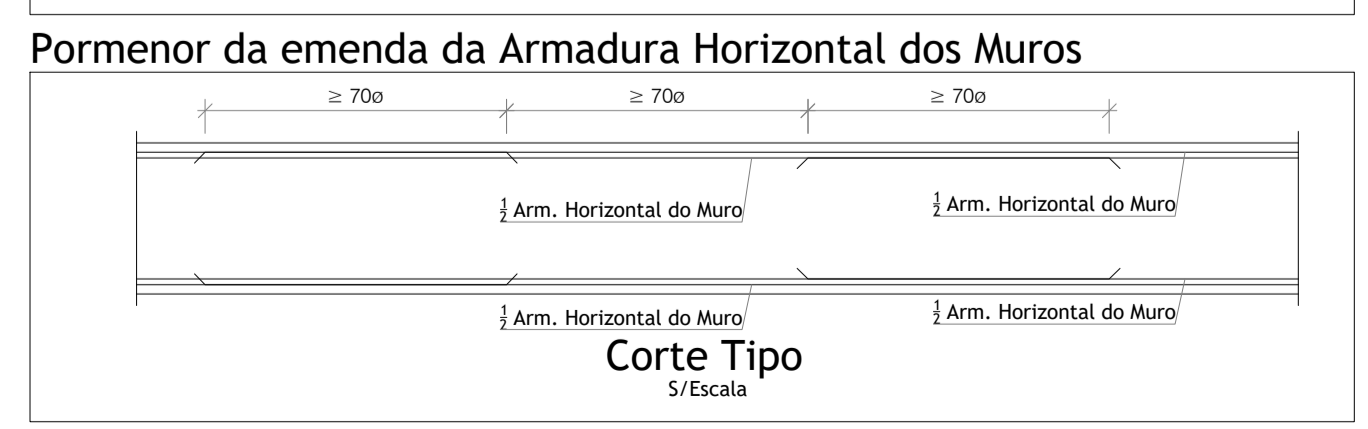
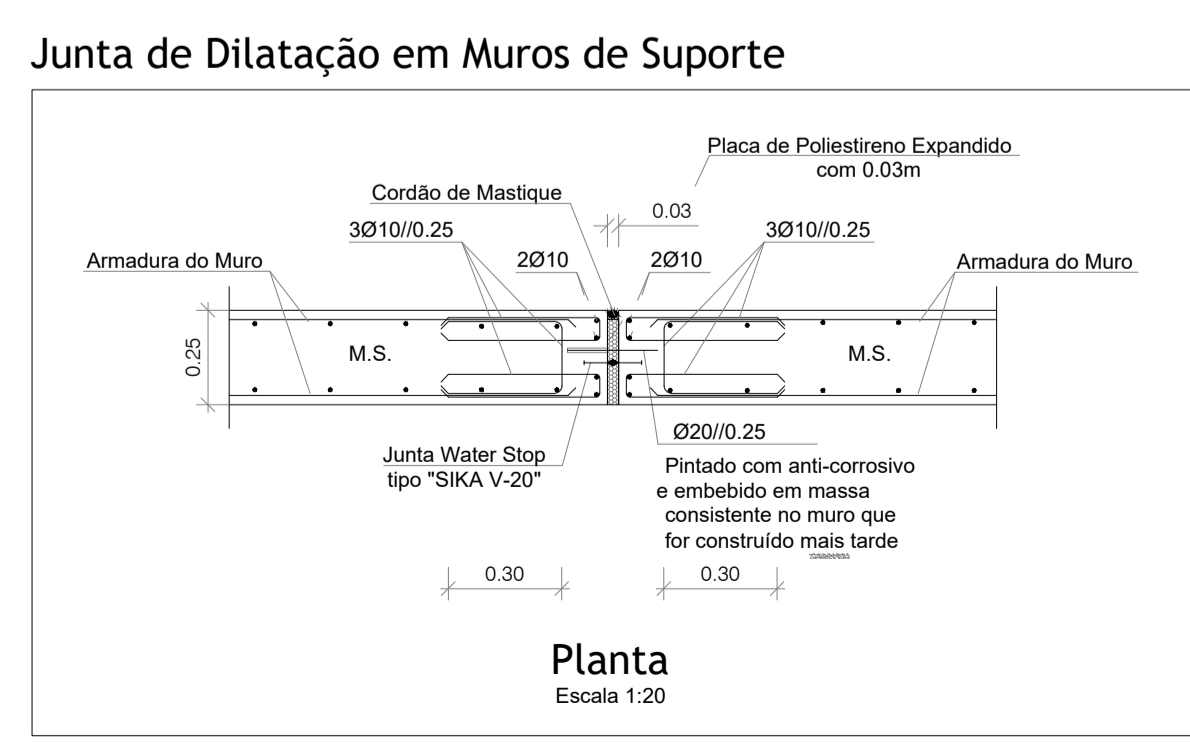
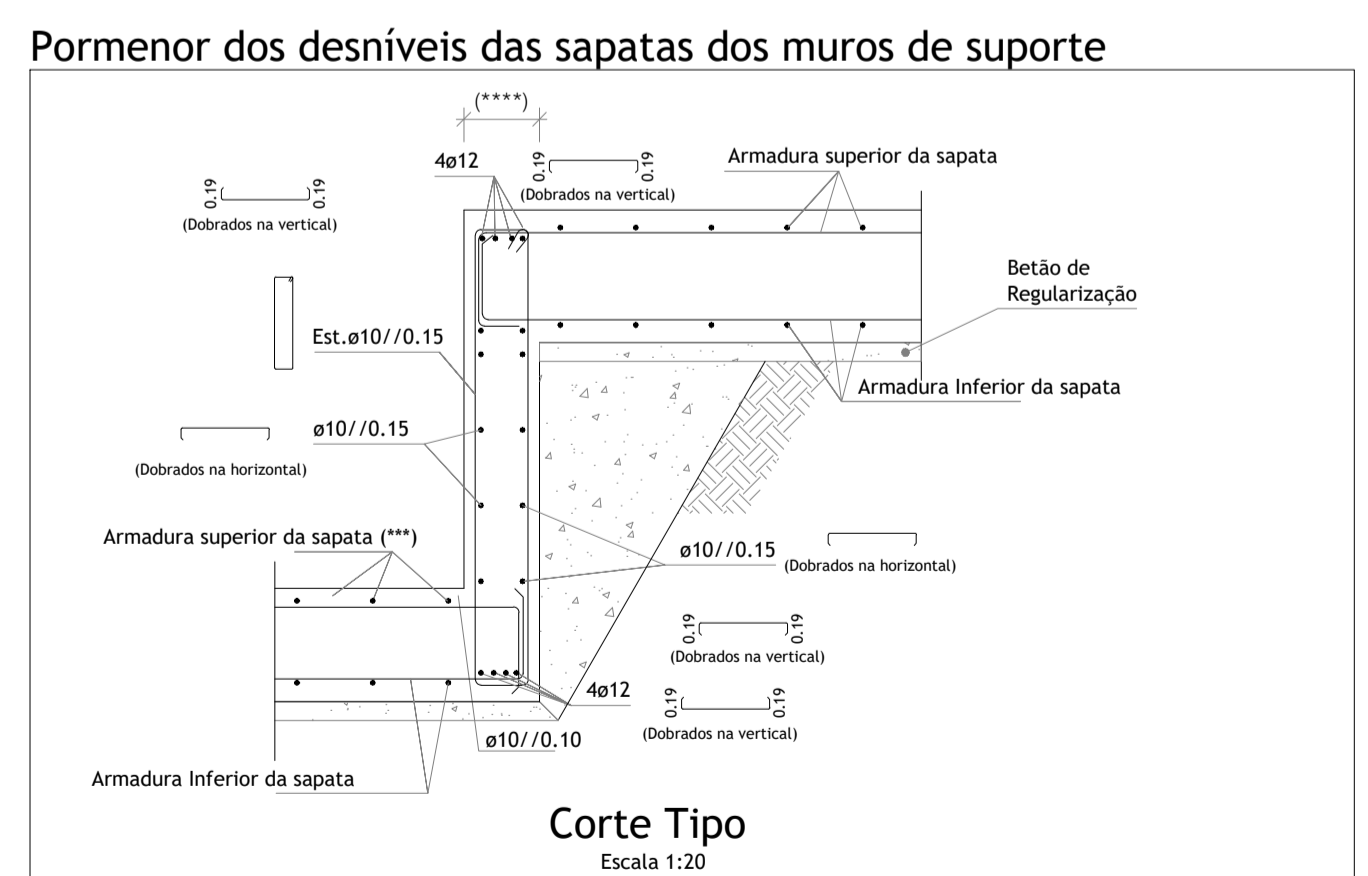
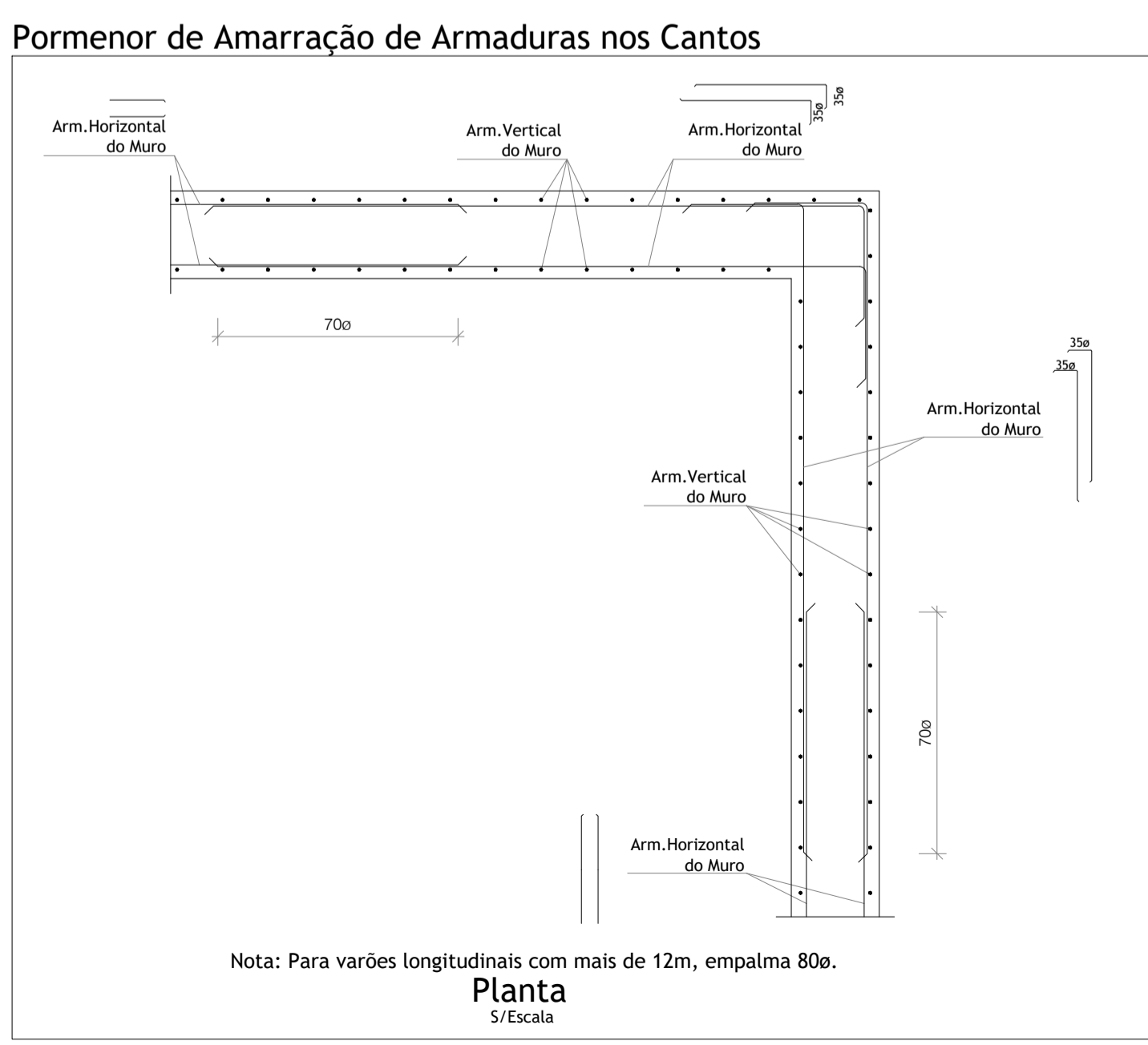
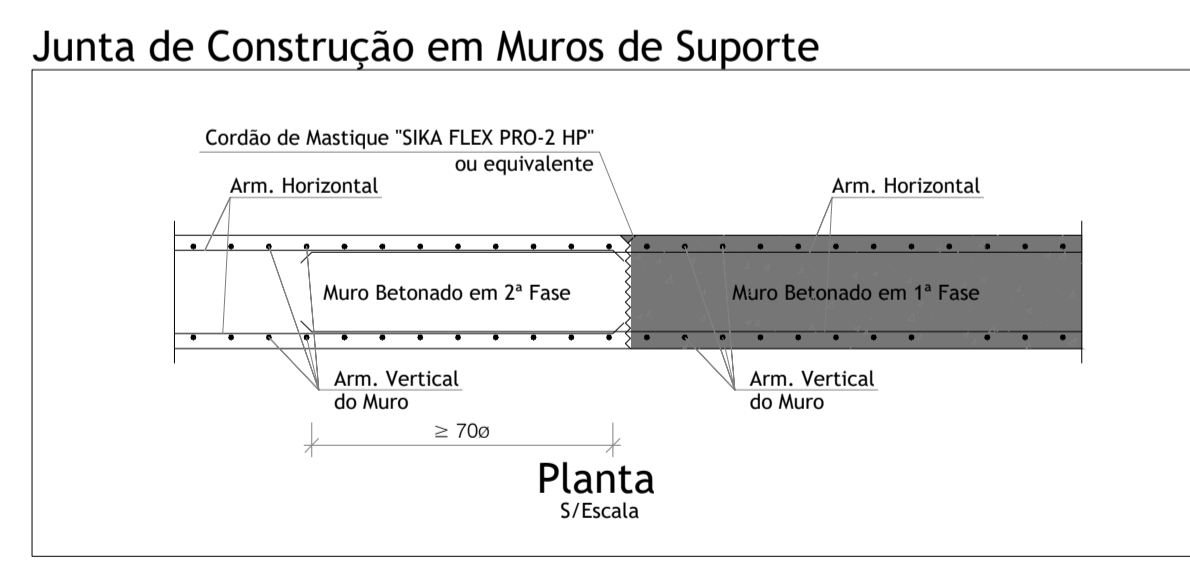
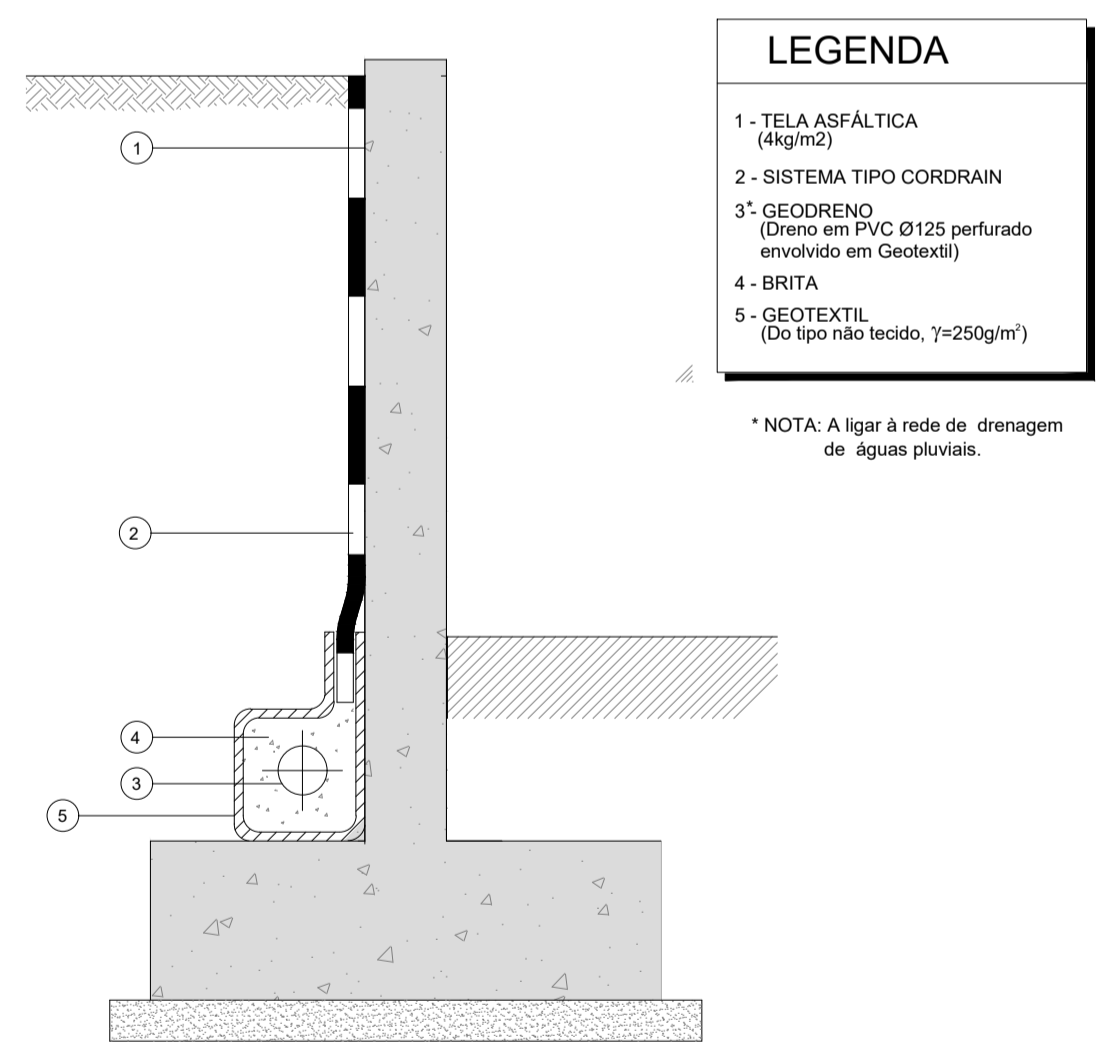
**LEGENDA**

- 1 - PINTURA A TINTA ASFÁLTICA TIPO ISOLKOTE N°5 (3 DEMÃOS)
- 2 - GEODRENO (Dreno em PVC Ø125 perfurado envolvido em Geotextil)
- 3 - BRITA
- 4 - GEOTEXTIL (Do tipo não tecido,  $\gamma=250g/m^2$ )

\* NOTA: A ligar à rede de drenagem de águas pluviais.

**PORMENOR TIPO DE IMPERMEABILIZAÇÃO E DRENAGEM**

Esc.: S/ Esc.



revisão	data	descrição
00		Emissão do Projeto de Licenciamento
cliente	obra	<b>PARTICULAR</b>
<b>CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, PAREDES</b>		
projeto		
CIVITEC   AV. JOAQUIM RIBEIRO DA MOTA, 101   4585-166 GANDRA   CIVITEC@CIVITEC.PT   TELEFONE: 222 425 740 conteúdo MUROS CAVE E SUPORTE; PORMENORES; PAVIMENTO TERREO		
especialidade	ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES	
fase	projeto	codificação
PROJETO DE LICENCIAMENTO	CÁTIA FERNANDES	
		<b>Estruturas 3r0</b>

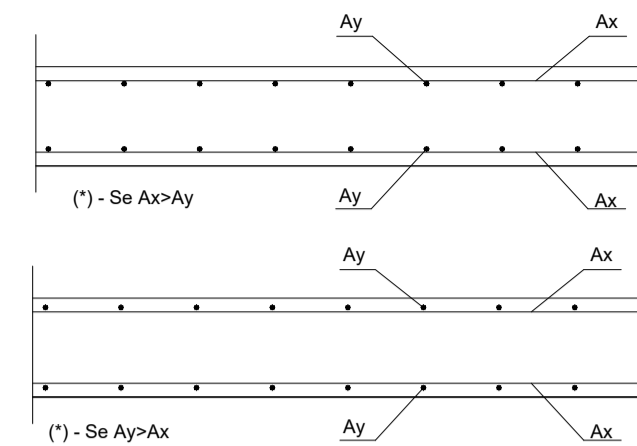
QUADRO DE LAJES ALIGEIRADAS:

LA1.1	Laje - 83-8L33x16-20 Vão - 4,55 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio: 2,60 (kN/m2)		Mrd > 34,70 (kN.m/m) Mfctk > 21,00 (kN.m/m) Vrd > 24,50 (kN/m) EI > 9347 (kN.m2/m)	NºFarrugas: 2 Arm./farruga: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/0,70m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/0,70m Maciçamento Esq: 0,15 (m) Maciçamento Dir: 0,15 (m)
LA1.2	Laje - 284-BL48x20-25 Vão - 6,30 (m) Espessura: 25,00 (m) P.Próprio: 3,43 (kN/m2)		Mrd > 69,00 (kN.m/m) Mfctk > 39,50 (kN.m/m) Vrd > 42,90 (kN/m) EI > 21310 (kN.m2/m)	NºFarrugas: 3 Arm./farruga: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/0,90m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/0,90m Maciçamento Esq: 0,00 (m) Maciçamento Dir: 0,00 (m)
LA1.3	Laje - 82-BL48x16-20 Vão - 1,50 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio: 2,29 (kN/m2)		Mrd > 18,80 (kN.m/m) Mfctk > 12,50 (kN.m/m) Vrd > 18,40 (kN/m) EI > 7675 (kN.m2/m)	NºFarrugas: 1 Arm./farruga: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/0,20m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/0,20m Maciçamento Esq: 0,00 (m) Maciçamento Dir: 0,00 (m)
LAC1	Laje - 83-BL48x16-20 Vão - 4,75 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio: 2,29 (kN/m2)		Mrd > 26,40 (kN.m/m) Mfctk > 16,20 (kN.m/m) Vrd > 18,40 (kN/m) EI > 7748 (kN.m2/m)	NºFarrugas: 2 Arm./farruga: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/0,70m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/0,70m Maciçamento Esq: 0,00 (m) Maciçamento Dir: 0,00 (m)
LAC2	Laje - 283-BL48x16-20 Vão - 5,80 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio: 2,73 (kN/m2)		Mrd > 42,80 (kN.m/m) Mfctk > 25,60 (kN.m/m) Vrd > 33,50 (kN/m) EI > 10999 (kN.m2/m)	NºFarrugas: 2 Arm./farruga: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/0,90m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/0,90m Maciçamento Esq: 0,00 (m) Maciçamento Dir: 0,00 (m)

QUADRO DE LAJES MACIÇAS

REFERÊNCIA DA LAJE	Altura (cm)	ARMADURA INFERIOR		ARMADURA SUPERIOR	
		EM (X)	EM (Y)	EM (X)	EM (Y)
LM1	20	Ø8/0,15	Ø8/0,15	Ø10/0,15	Asp=Ø12/0,10
LM2	20	Ø8/0,15	Ø8/0,15	Ø10/0,15	Asp=Ø12/0,10
LM3	20	Ø8/0,15	Ø8/0,15	Ø10/0,15	Ø10/0,15
LME1	20	Ø10/0,15	Ø10/0,15	Asp=Ø16/0,10	Ø12/0,10

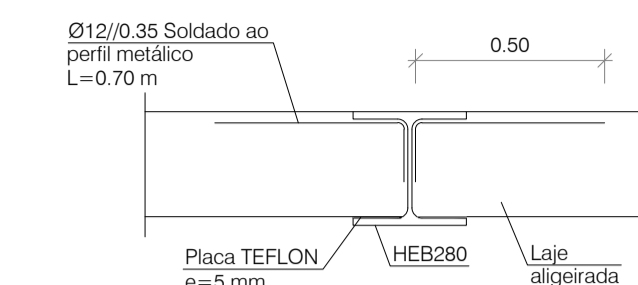
NOTA: AS ARMADURAS PRINCIPAIS DE FLEXÃO Asp. DEVERÁ SER PROLONGADA 75cm ALÉM DA LINHA DE MACIÇAMENTO (OU DA VIGA DE APOIO SE NÃO HOUVER MACIÇAMENTO).



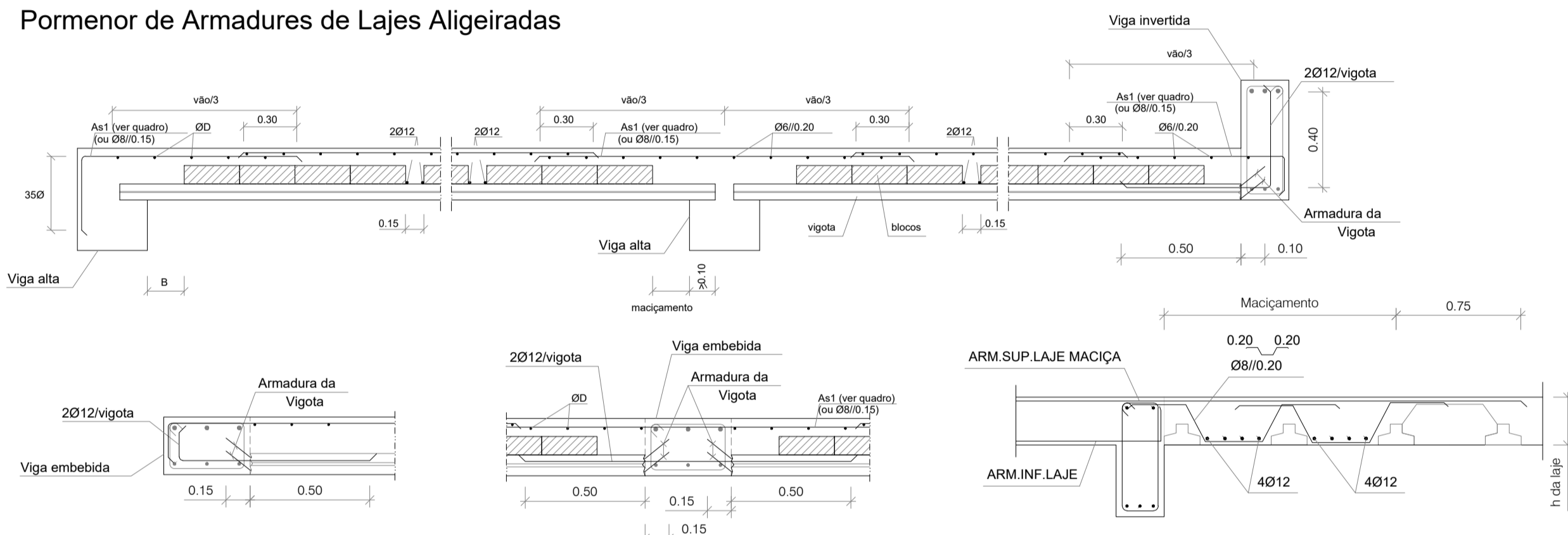
PORMENOR 1

Ligação Viga Metálica - Laje Aligeirada

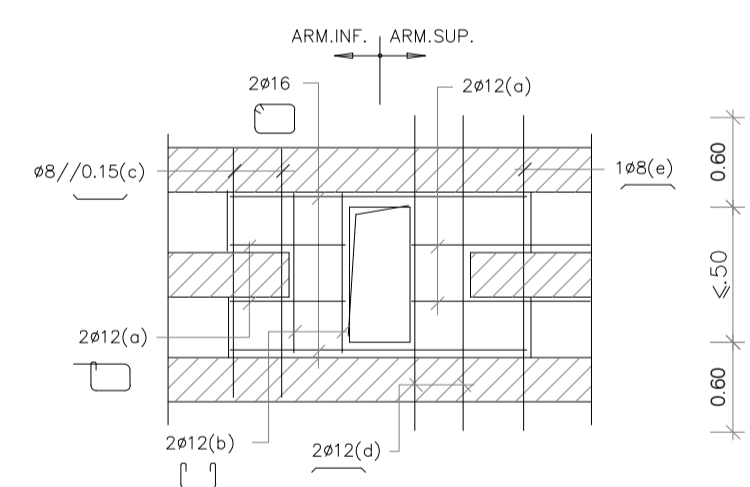
Escala 1:20



Pormenor de Armaduras de Lajes Aligeiradas

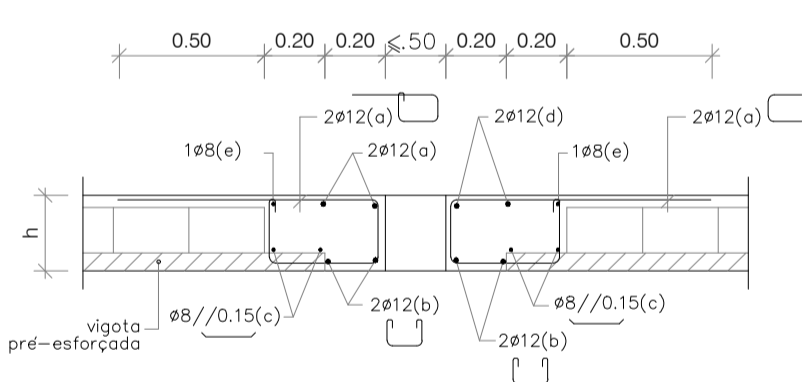


Pormenor tipo de ligação das lajes aligeiradas às vigas embecidas



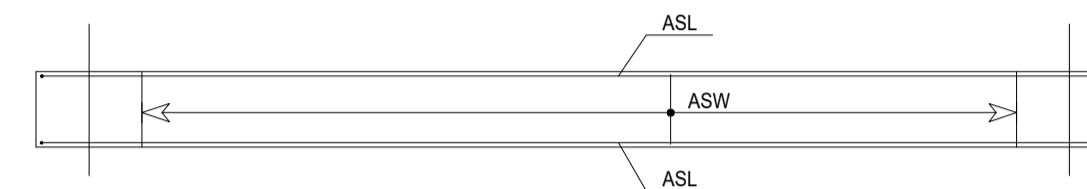
Pormenor Tipo de maciçamento de lajes aligeiradas

Escala: S/ Esc.



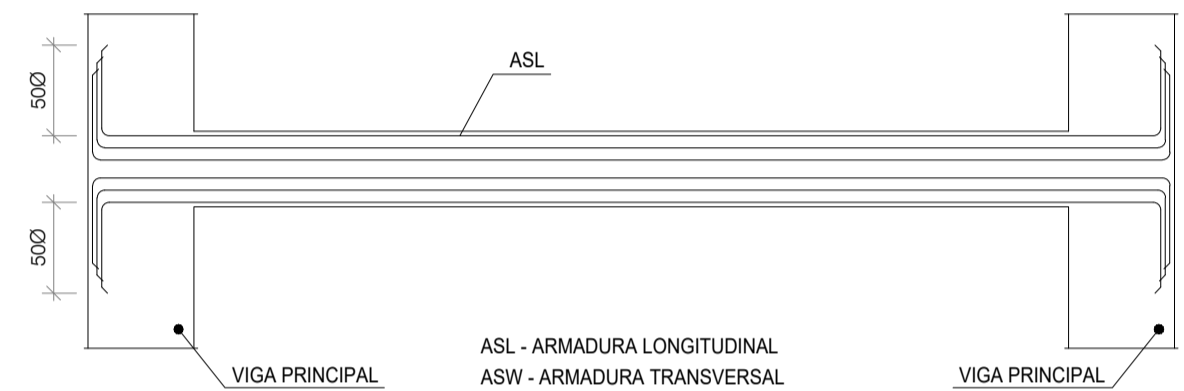
PORMENOR DE APOIO INDIRECTO AMARRAÇÃO HORIZONTAL - ALÇADO

Esc.: S/ Esc.



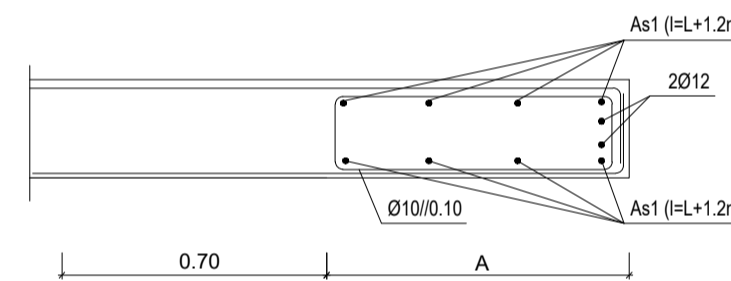
PLANTA - AMARRAÇÃO DA ARMADURA INFERIOR E SUPERIOR

Esc.: S/ Esc.



BORDADURA DE ABERTURAS CORTE

Esc.: S/ Esc.



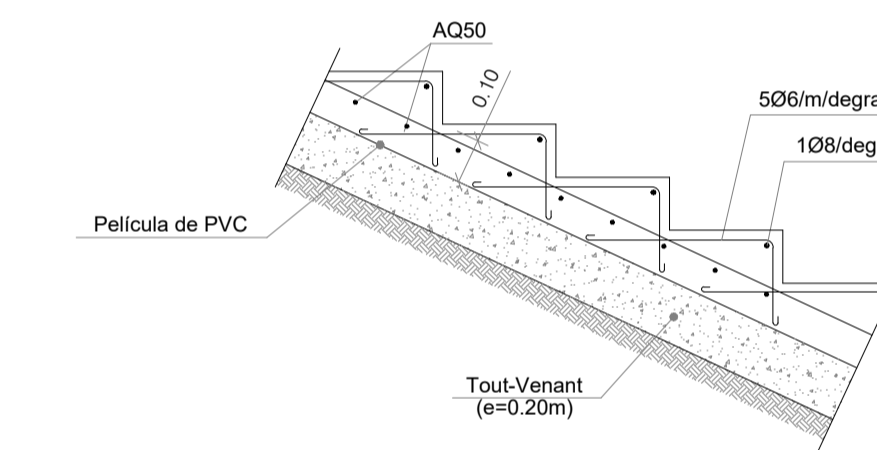
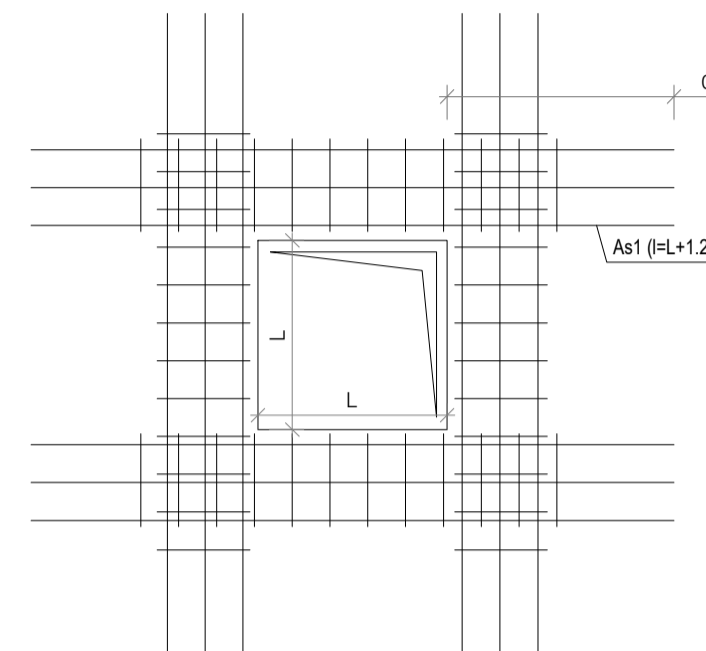
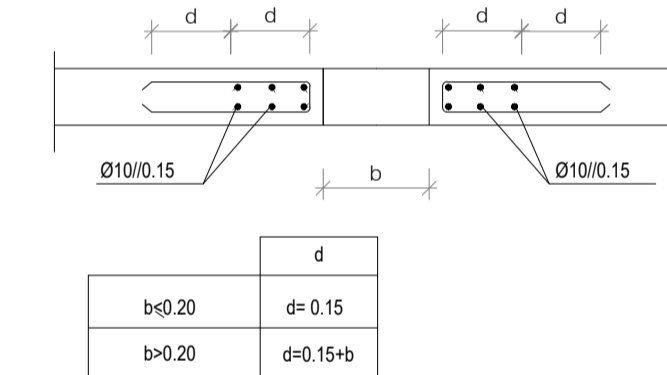
L	A (m)	As1
L < 1,00	A < 0,20	2Ø12
1,00 < L < 2,00	0,20 < A < 0,40	4Ø12
L > 2,00	A > 0,40	Ø12/0,10

L = DIMENSÃO DA ABERTURA EM PLANTA

NOTA: Pormenor a executar nos bordos livres de aberturas, quando não existirem vigas principais ou secundárias (indicadas a traço ponto) adjacentes

PORMENOR DE REFORÇO DE LAJE COM ABERTURA PARA TUBO

Esc.: S/ Esc.



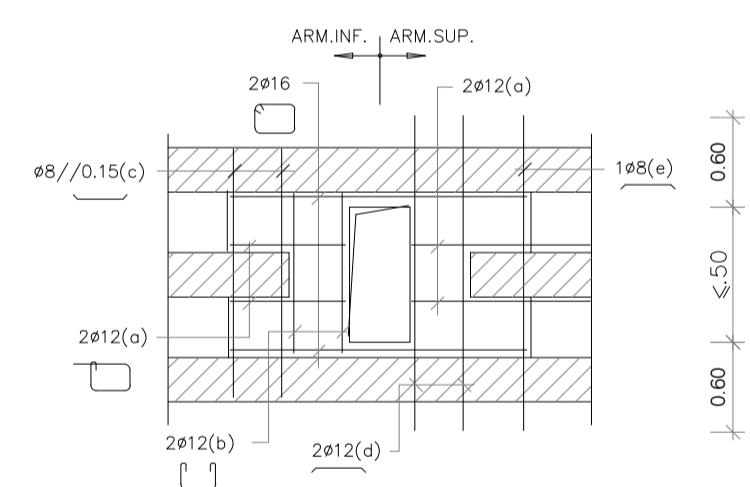
Constituição da Escada Térrea - ET

Escala 1:20

Aberturas nas Lajes Sem Escala

Todas as aberturas nas Lajes, serão executadas com as dimensões indicadas no Projecto de Arquitectura ou das especialidades.

Sempre que possível, as aberturas deverão coincidir com os blocos centrais das Lajes aligeiradas, quando tal não for possível, a dimensão máxima das aberturas será limitada a 0,50m e o seu contorno reforçado de acordo com o esquema seguinte:

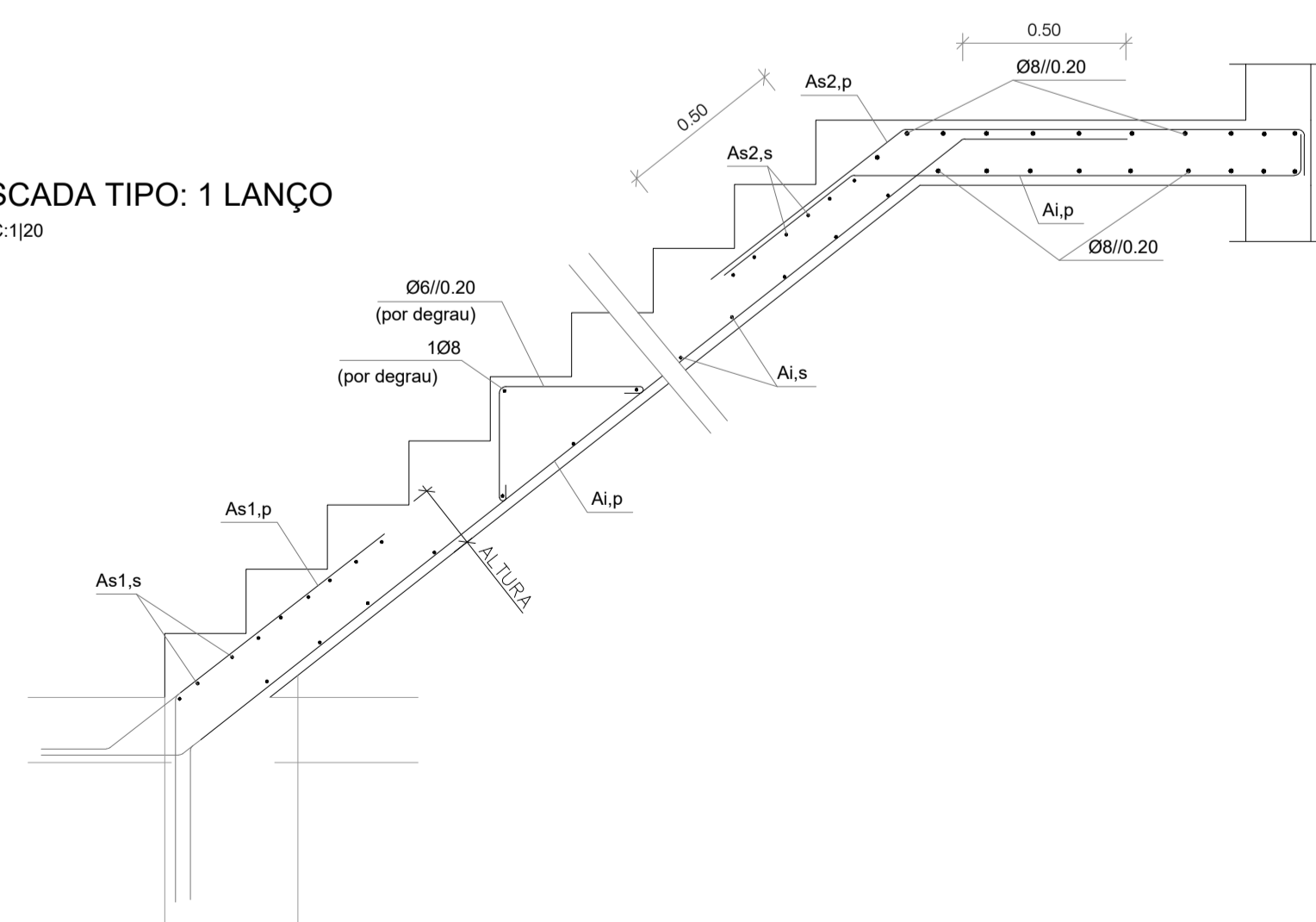


QUADRO DE ESCADAS

REFERÊNCIA DA ESCADA	Altura (cm)	ARMADURA INFERIOR		ARMADURA SUPERIOR 1		ARMADURA SUPERIOR 2	
		PRINCIPAL Al.p	SECUNDÁRIA Al.s	PRINCIPAL As1.p	SECUNDÁRIA As1.s	PRINCIPAL As2.p	SECUNDÁRIA As2.s
E1	20	Ø12/0,125	Ø8/0,15	Ø12/0,125	Ø8/0,15	Ø12/0,125	Ø8/0,15

ESCADA TIPO: 1 LANÇO

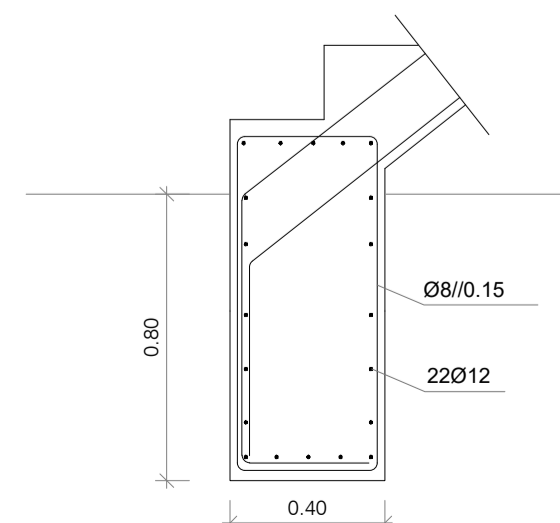
ESC: 1/20



NOTA: O Nº DE DEGRAUS É APENAS INDICATIVO, DEVERÁ SER CONFIRMADO COM O PROJECTO DE ARQUITECTURA. EM CASO DE DÚVIDA OU INCOMPATIBILIDADE CONTACTAR O PROJECTISTA.

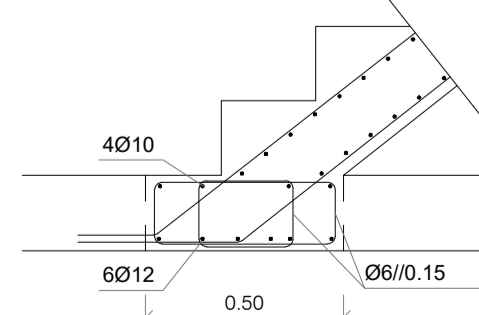
PORMENOR DE ARRANQUE DE ESCADA ASSENTE NO TERRENO

ESC: 1/20



PORMENOR DE ARRANQUE DE ESCADA APOIADA EM LAJE

ESC: 1/20



revisão 00 data Emissão do Projeto de Licenciamento

cliente | obra

**PARTICULAR**

CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, PAREDES

projeto

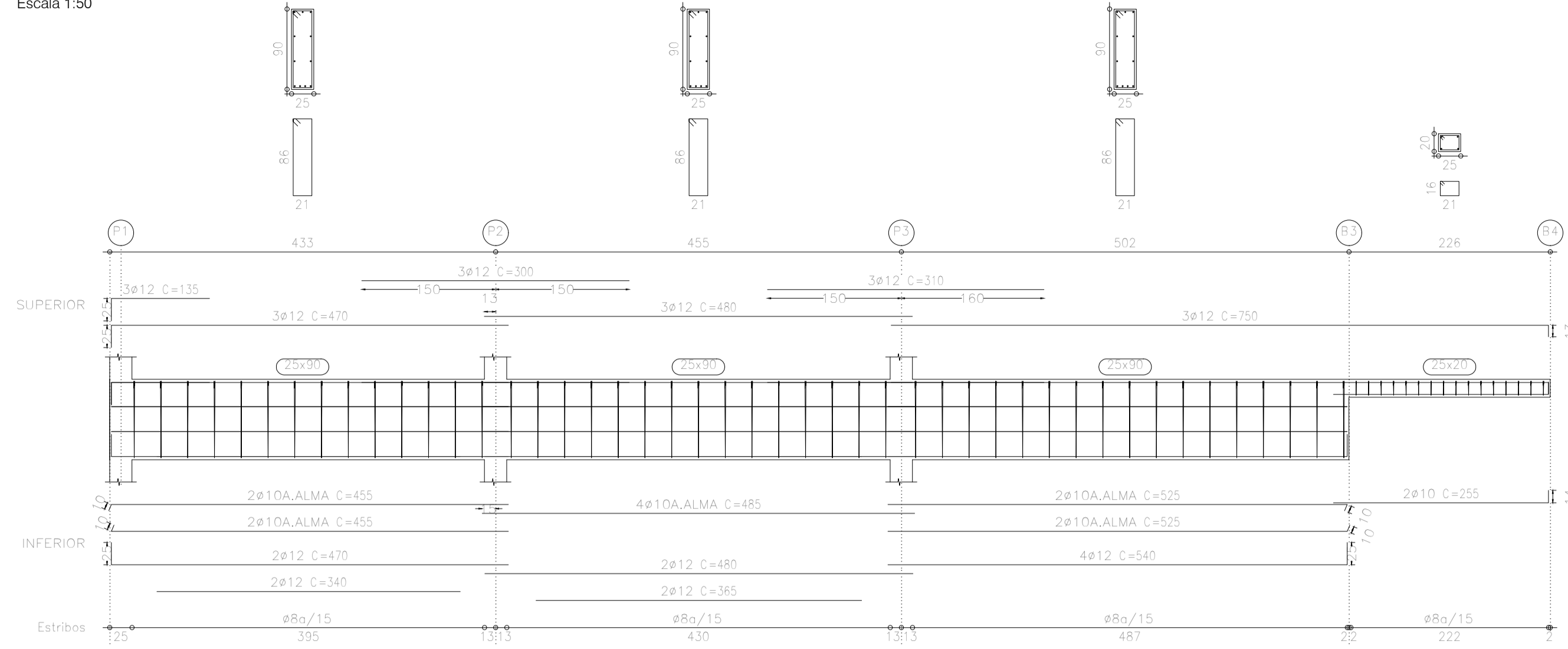


CIVITEC | AV. JOAQUIM RIBEIRO DA MOTA, 101 | 4585-166 GANDRA | CIVITEC@CIVITEC.PT | TELEFONE: 222 425 740

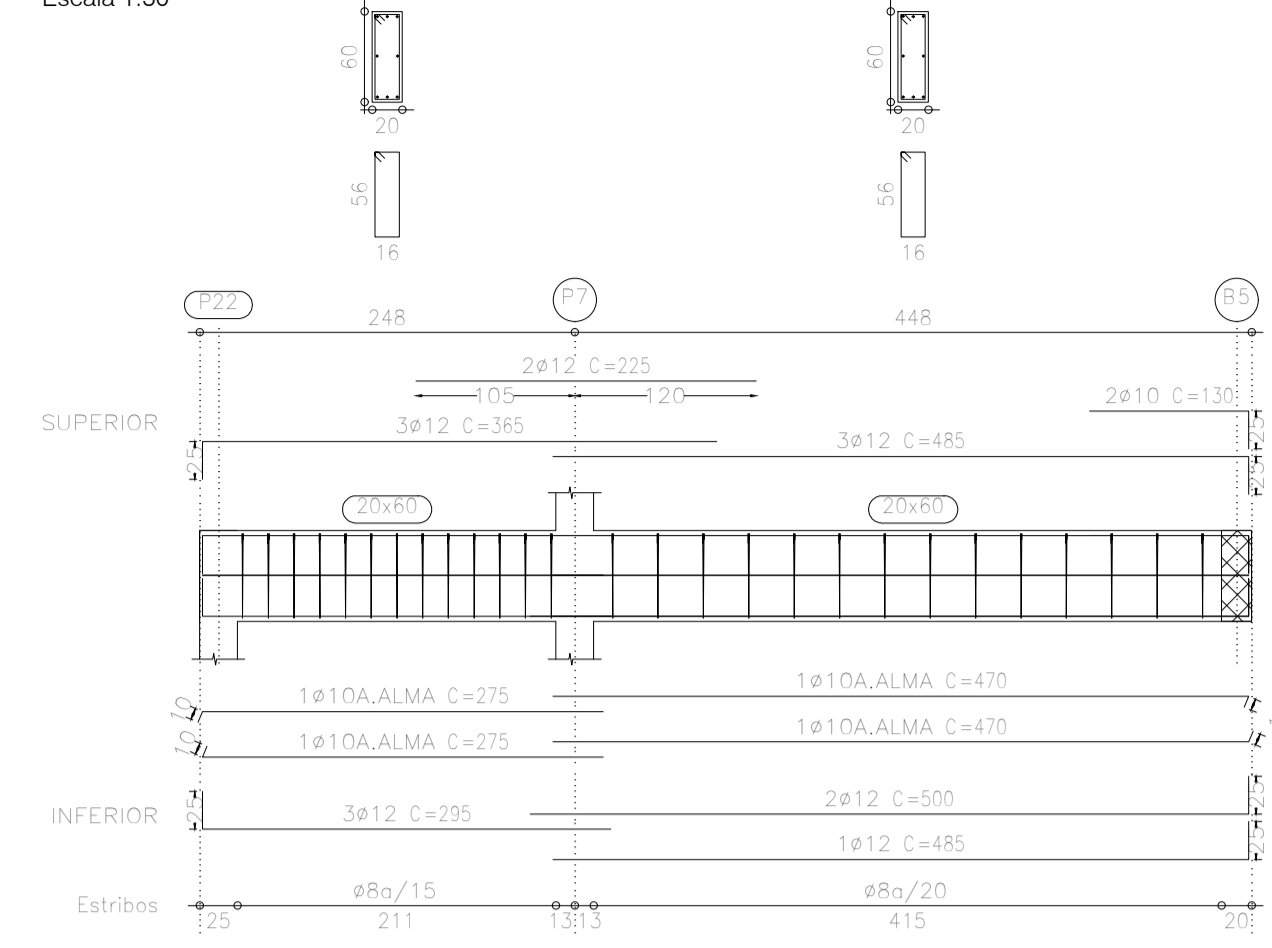
QUADRO DE LAJES; ESCADAS; PORMENORES; PAVIMENTO TERREO

especialidade ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES  
fase projeto codificação  
projeto CÁTIA FERNANDES  
desenho/revisão Estruturas 4r0

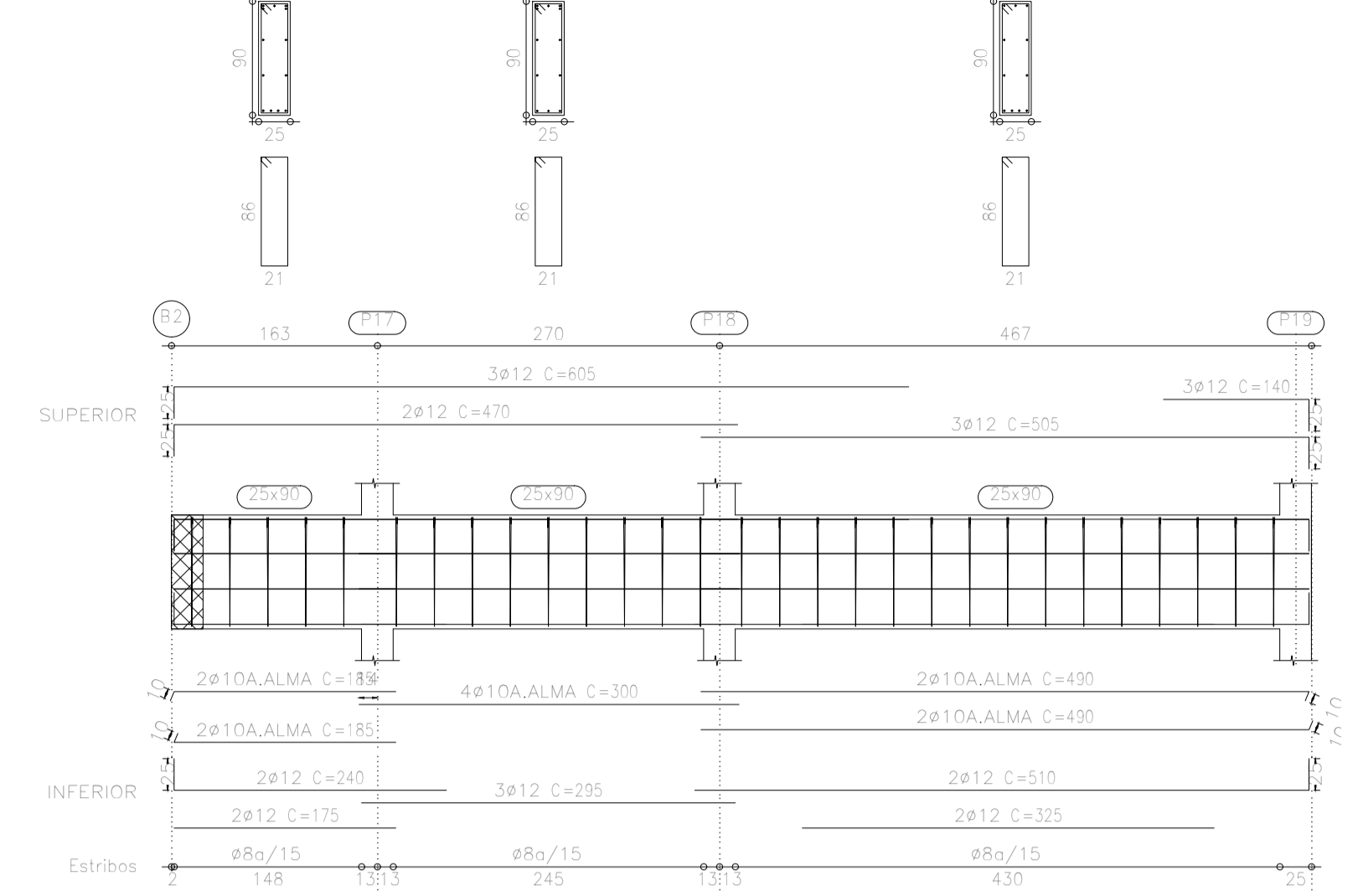
V1.1.1 (0.25\*0.90-Apa) e V1.1.2 (0.25\*0.20-Emb)  
Escala 1:50



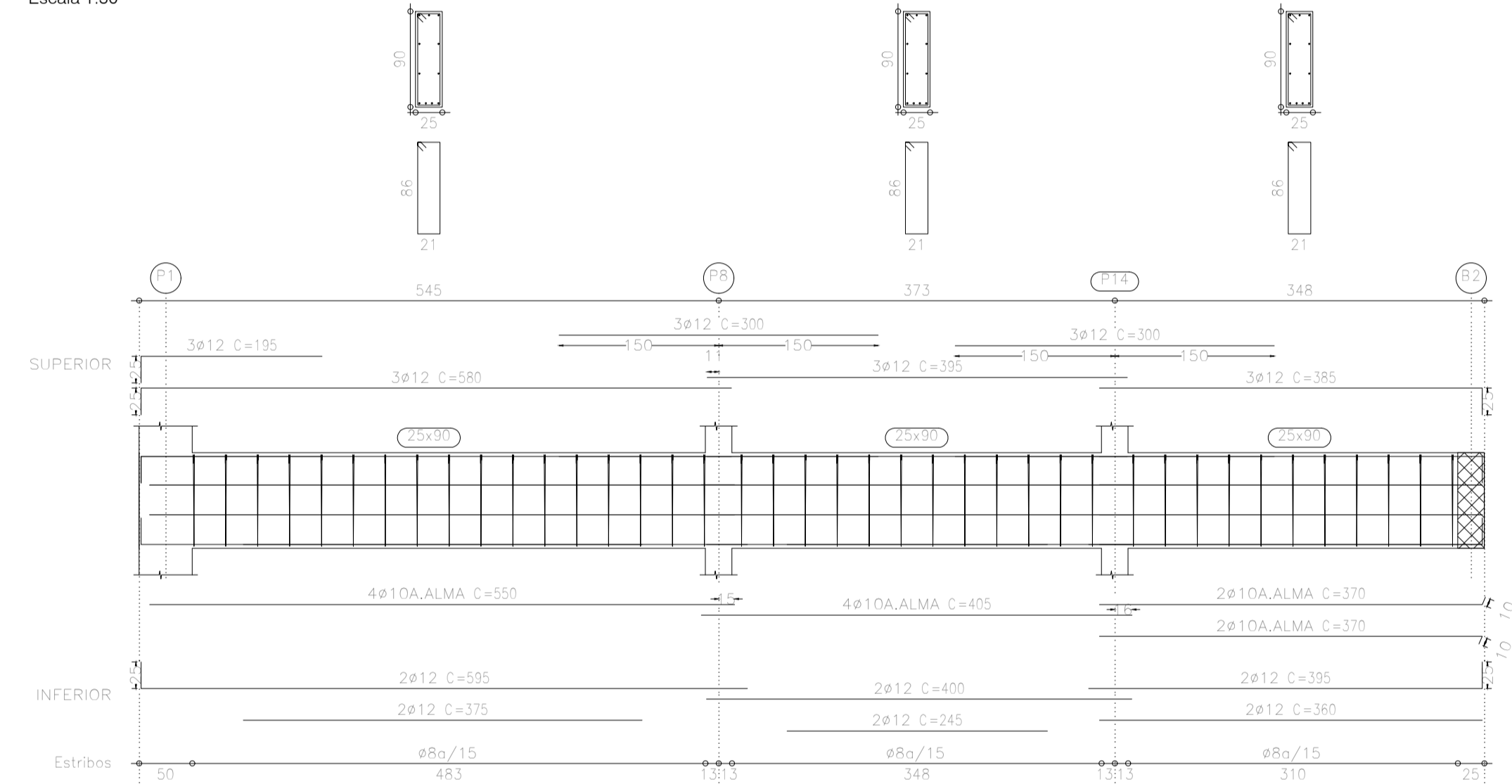
V1.2 (0.20\*0.60-Apa)  
Escala 1:50



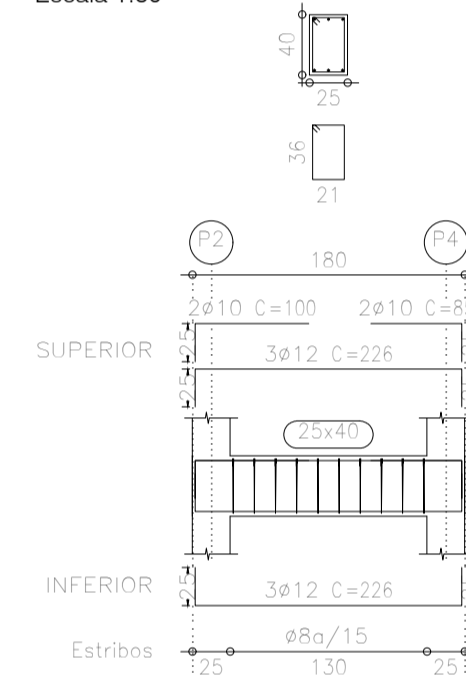
V1.3 (0.25\*0.90-Apa)  
Escala 1:50



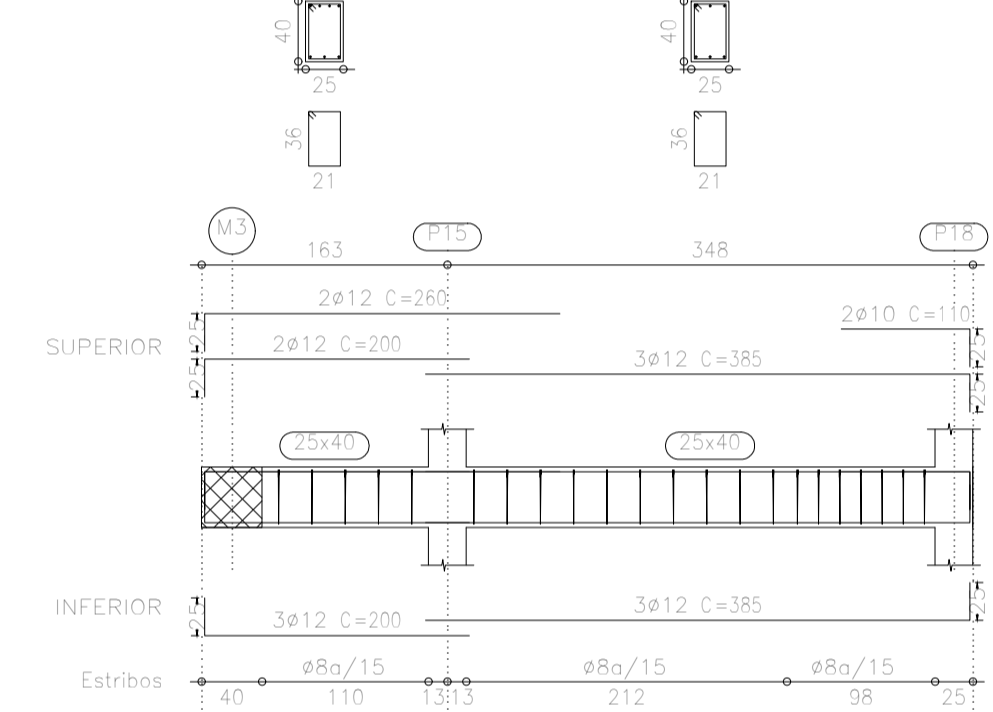
V1.4 (0.25\*0.90-Apa)  
Escala 1:50



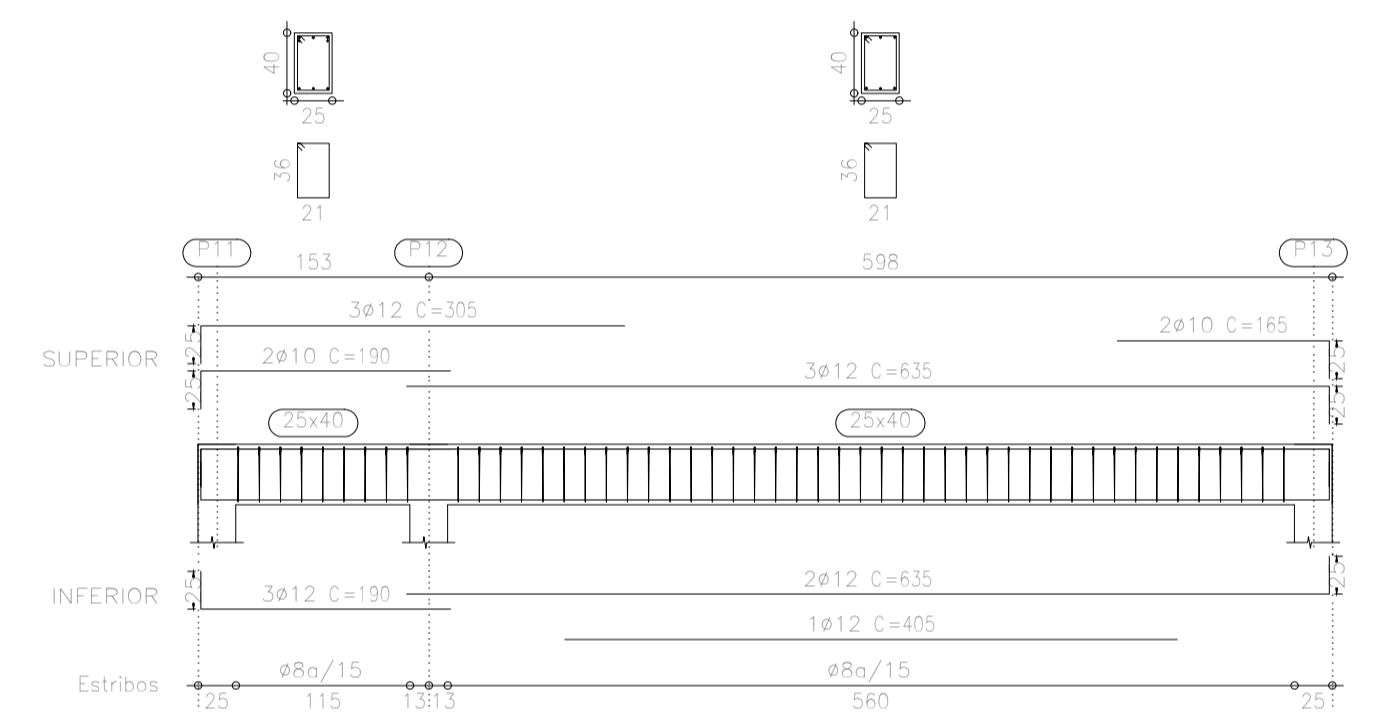
V1.5.1 (0.25\*0.40-Apa)  
Escala 1:50



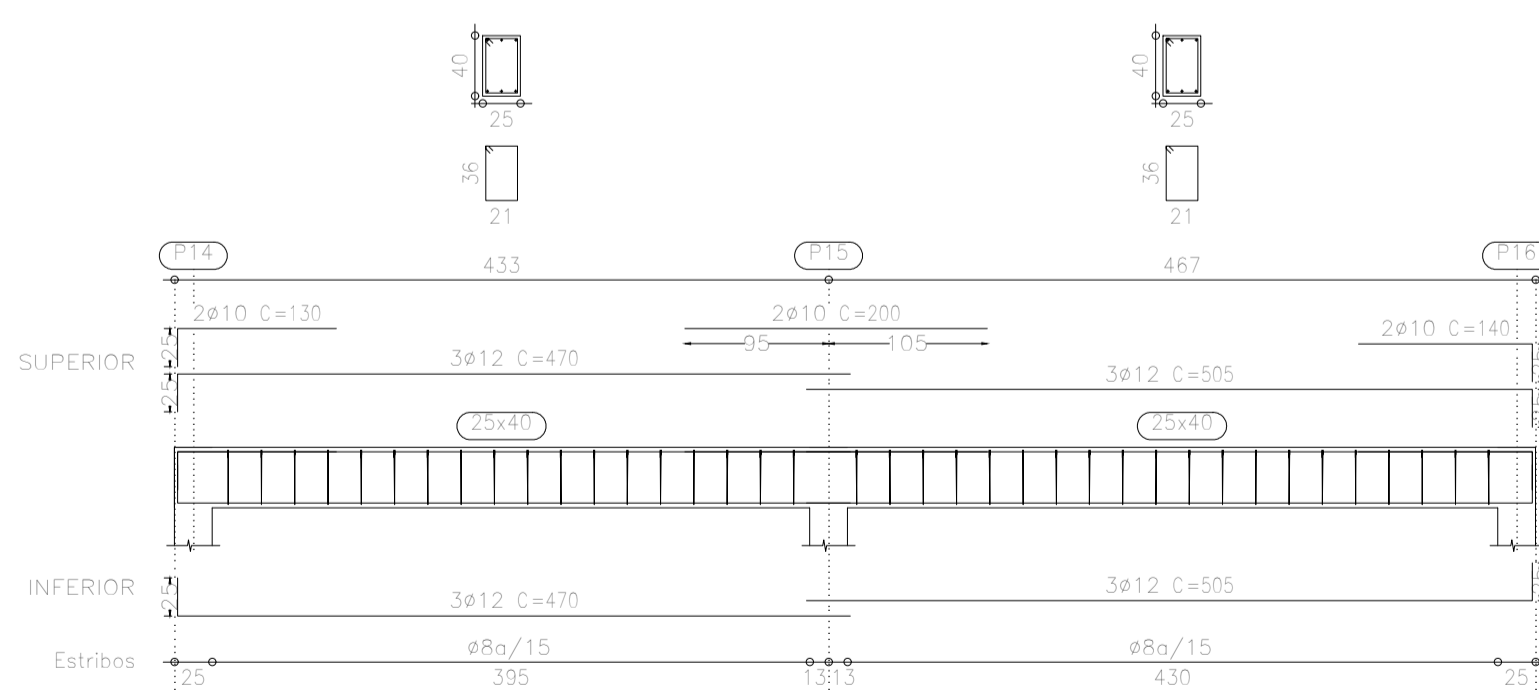
V1.5.2 (0.25\*0.40-Apa)  
Escala 1:50



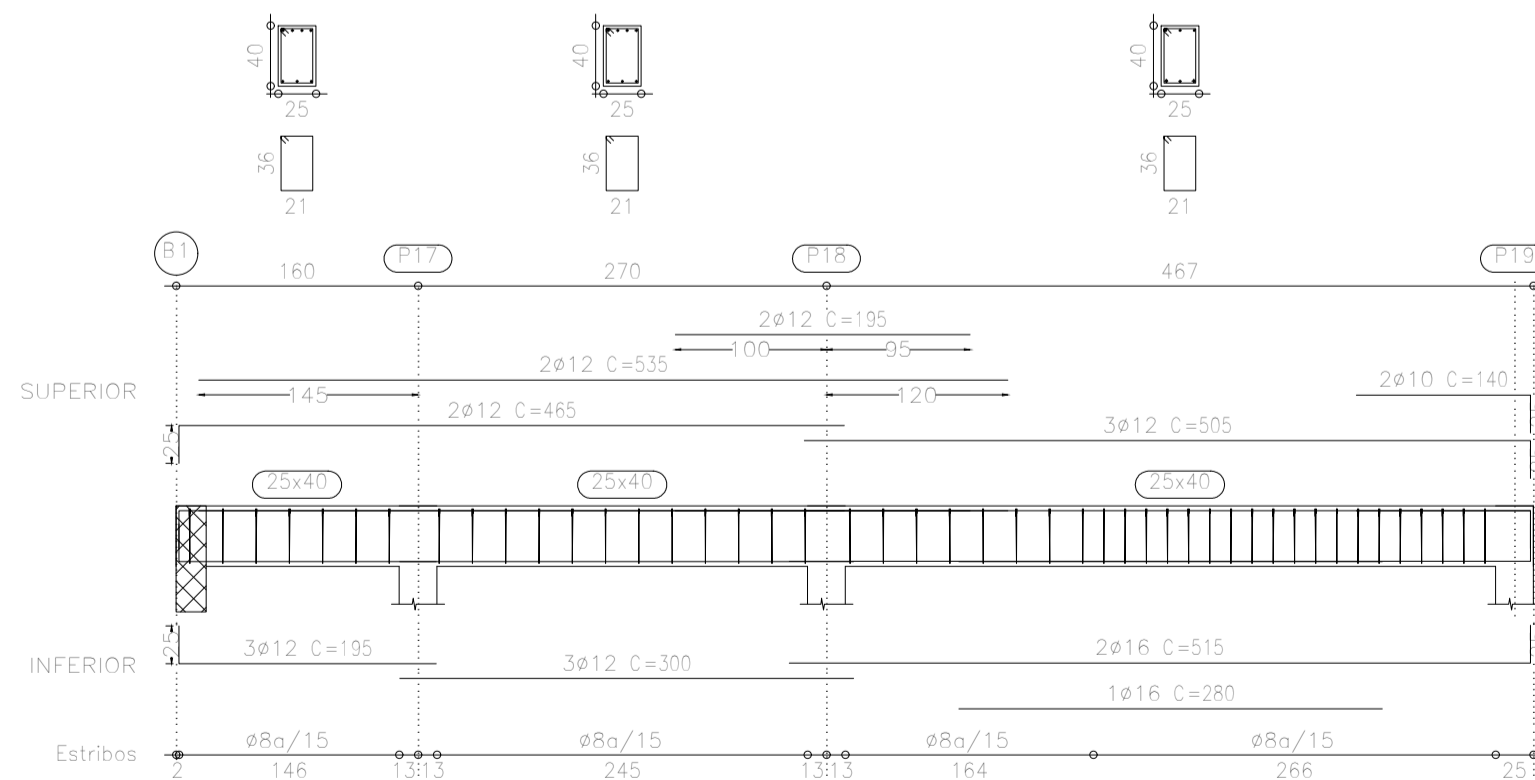
VC.2 (0.25\*0.40-Apa)  
Escala 1:50



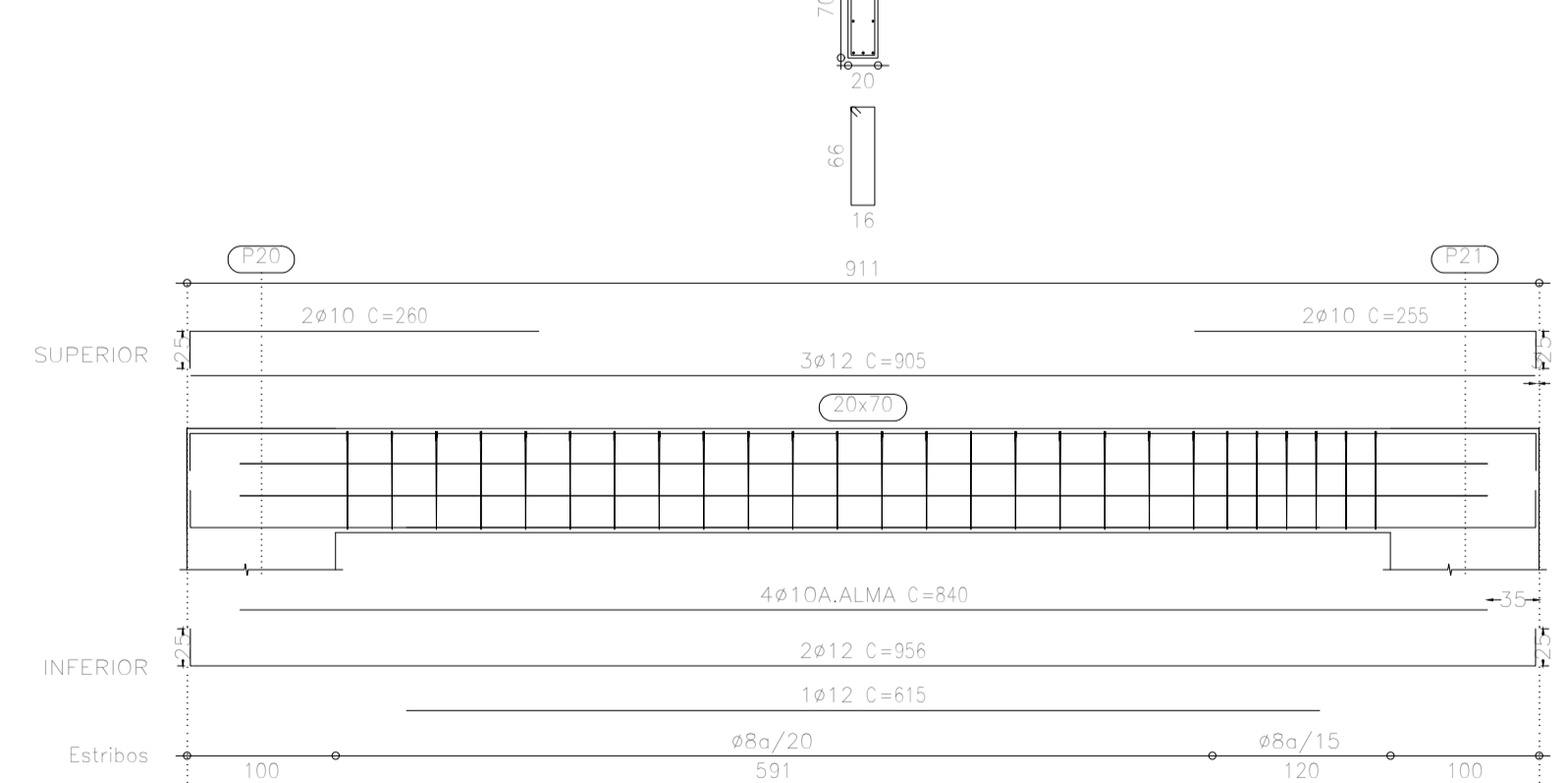
VC.3 (0.25\*0.40-Apa)  
Escala 1:50



VC.4 (0.25\*0.40-Apa)  
Escala 1:50



VC.5 (0.20\*0.70-Inv)  
Escala 1:50



revisão	data	descrição
00		Emissão do Projeto de Licenciamento
cliente   obra	<b>PARTICULAR</b>	

CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, PAREDES

projeto



CIVITEC | AV. JOAQUIM RIBEIRO DA MOTA, 101 | 4585-166 GANDRA | CIVITEC@CIVITEC.PT | TELEFONE: 222 425 740

conteúdo

VIGAS VIII

especialidade

ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES

fase

PROJETO DE LICENCIAMENTO

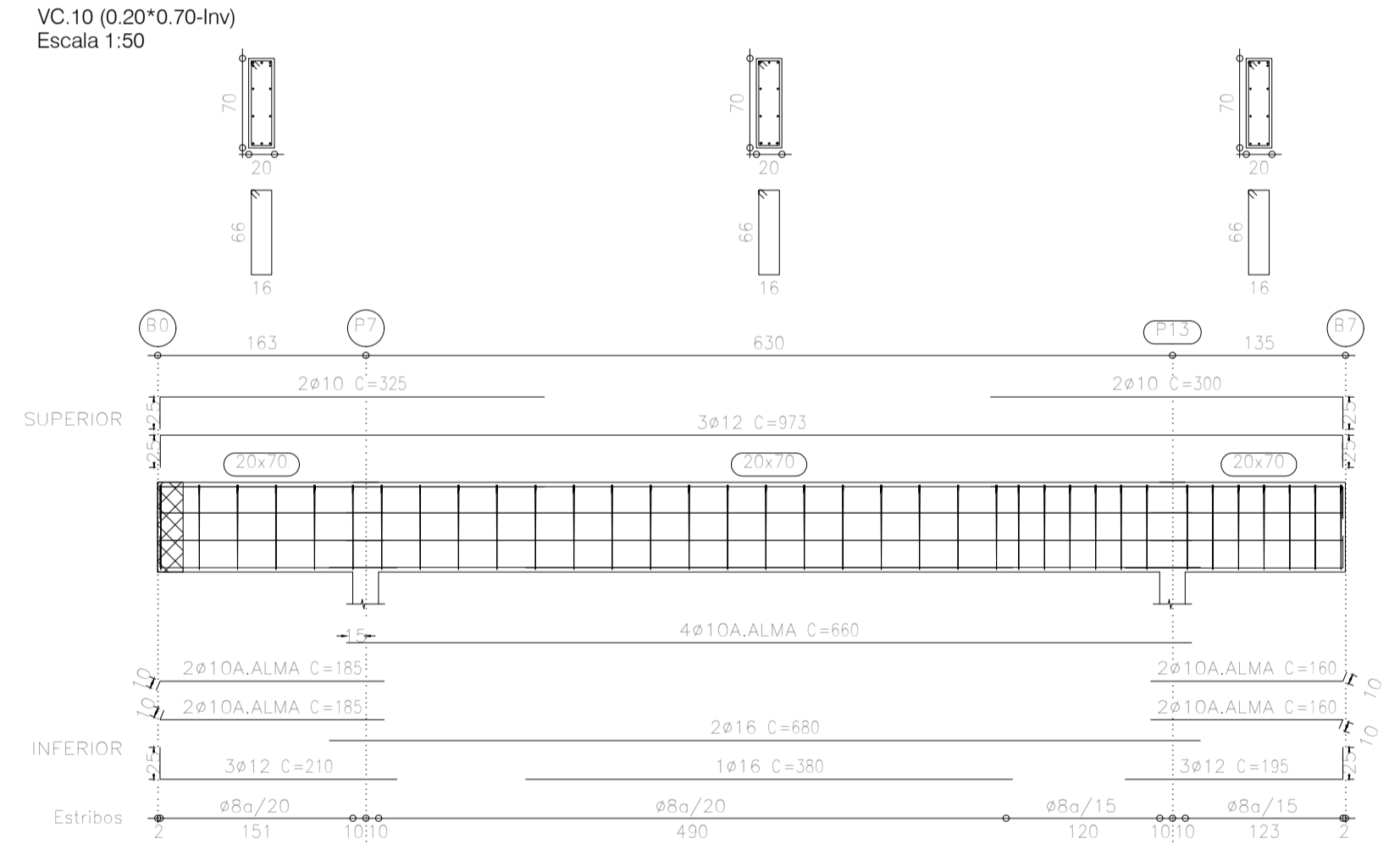
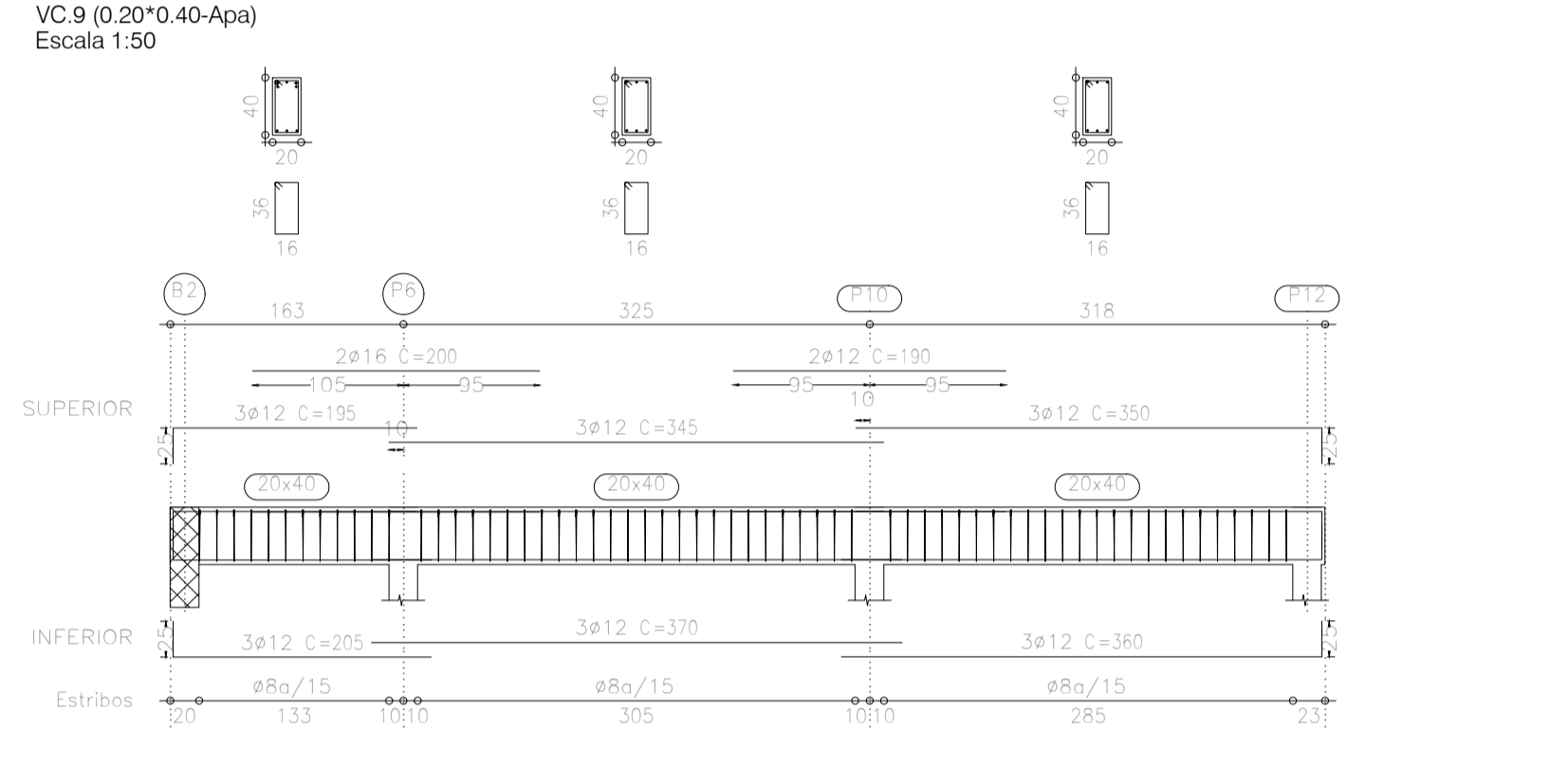
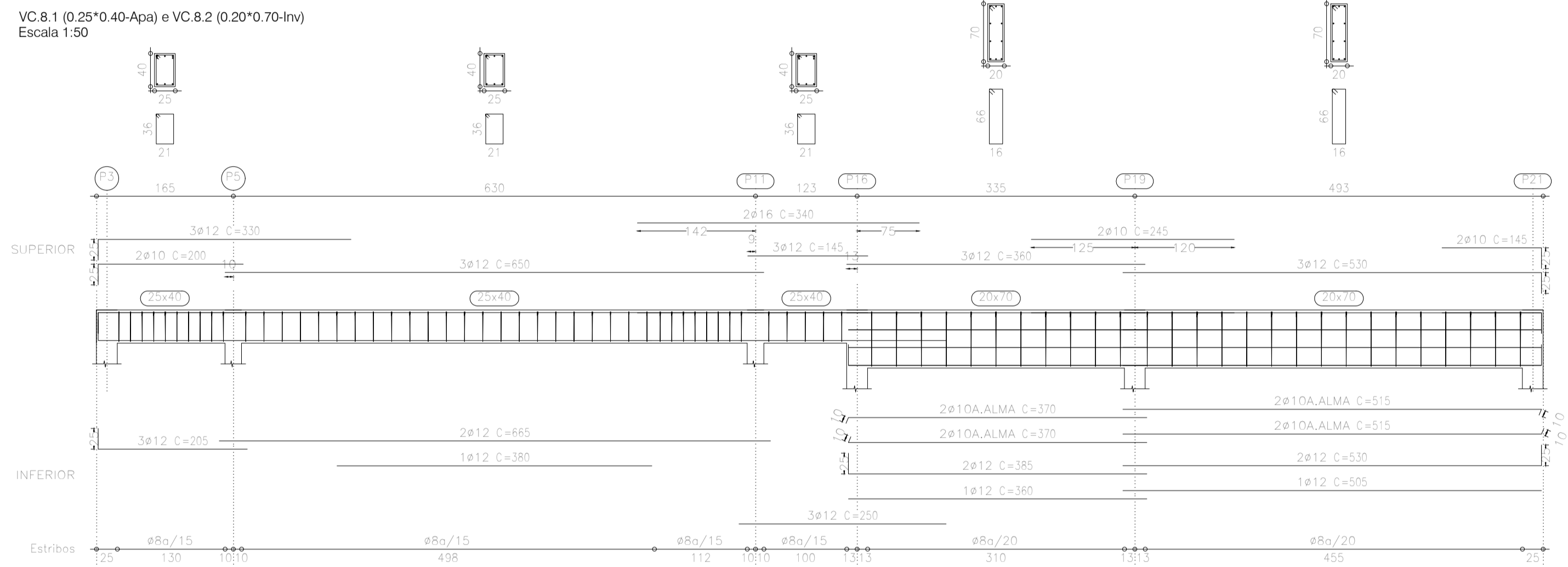
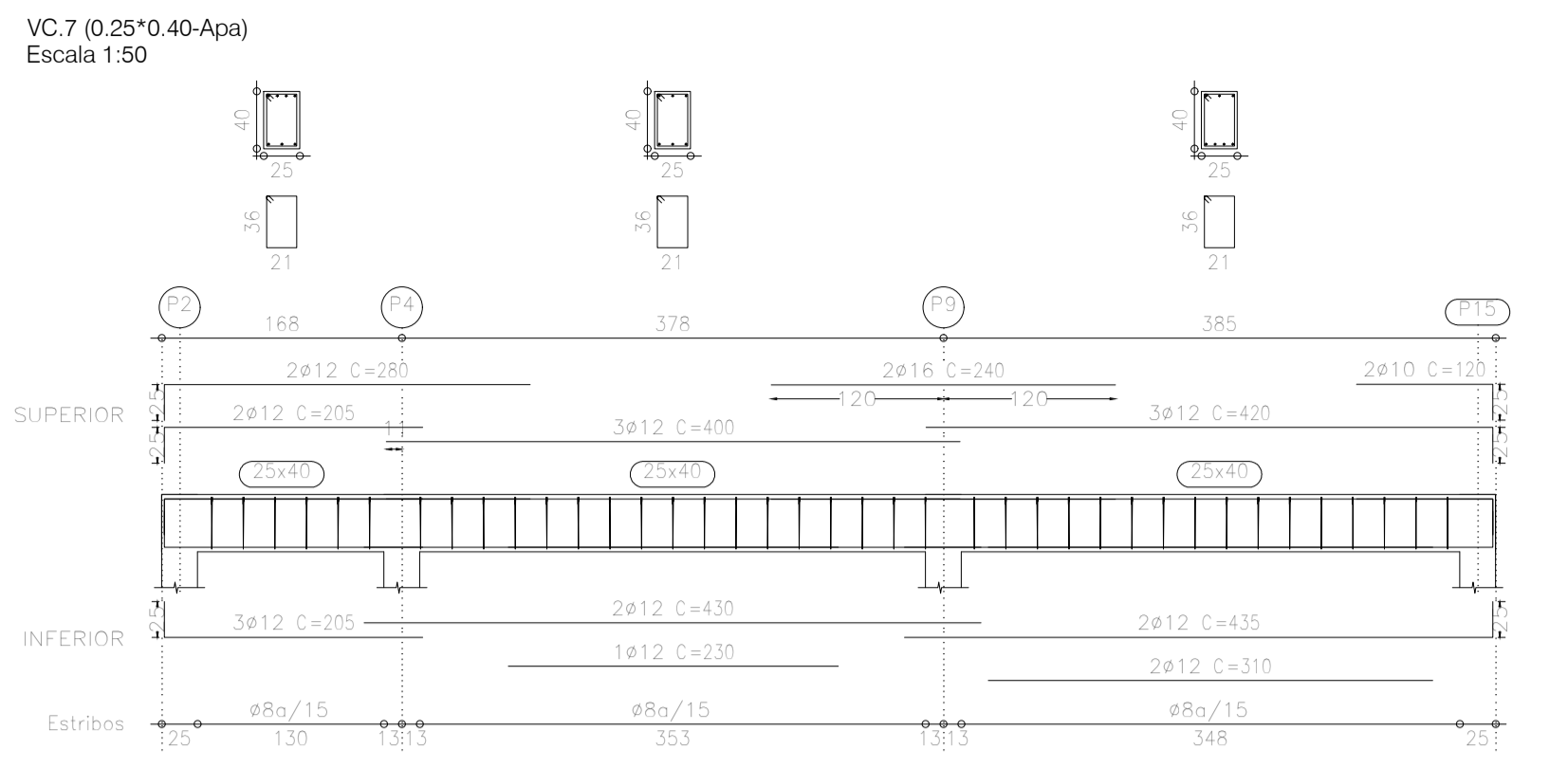
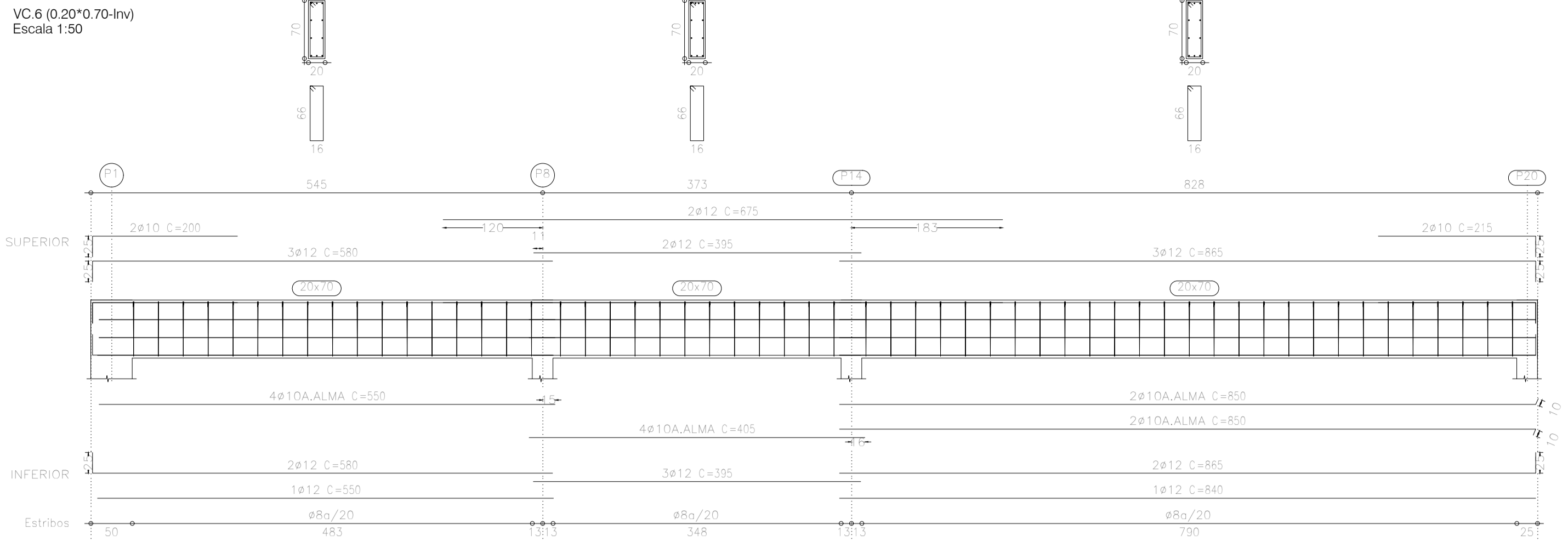
projeto

CÁTIA FERNANDES

codificação

desenho/revisão

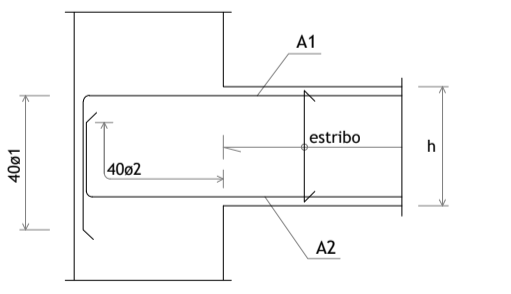
Estruturas 5r0



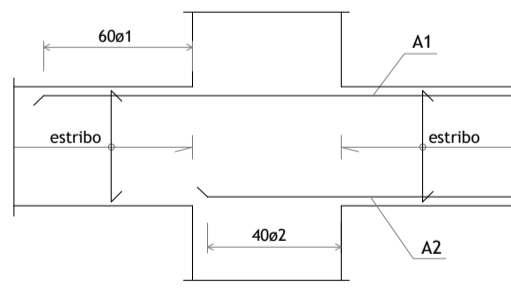
Pormenores da Amarração da Armadura Longitudinal das Vigas:

Os pormenores seguintes deverão ser considerados sempre que a emenda e a amarração dos varões longitudinais das vigas não estejam expressamente representados, quer em alçado, quer em corte tipo.  
**Armadura Superior:**  
 Os varões representados com mais de 12.00m devem ser emendados a meio vão com um comprimento de sobreposição mínimo de 60ø.  
**Armadura Inferior:**  
 Os varões representados com mais de 12.00m devem ser emendados junto aos apoios intermédios com um comprimento de sobreposição mínimo de 40ø.

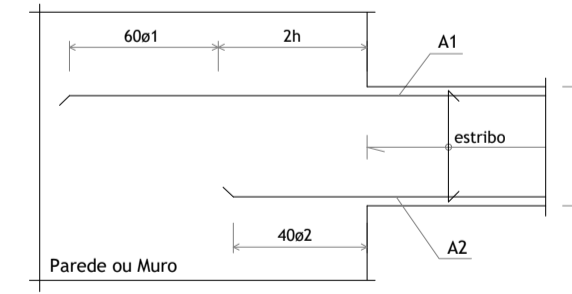
Amarração da Armadura Longitudinal junto a um Apoio Extremo



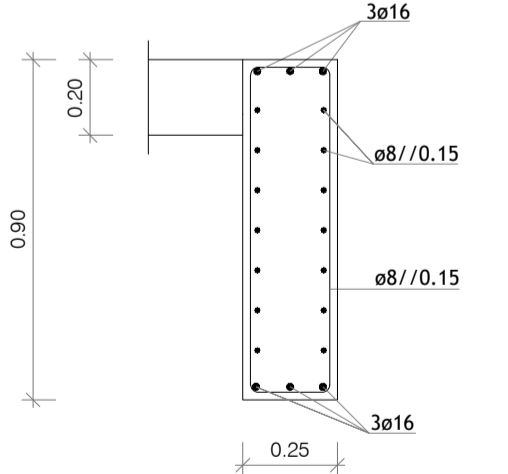
Amarração da Armadura Longitudinal junto a um Apoio Intermédio



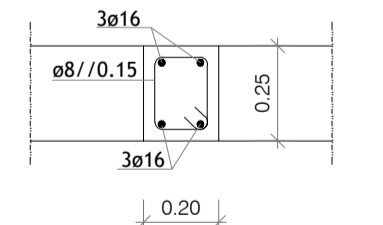
Amarração da Armadura Longitudinal junto a um Apoio Contínuo (Parede, Núcleo, Muro de Suporte, etc.)



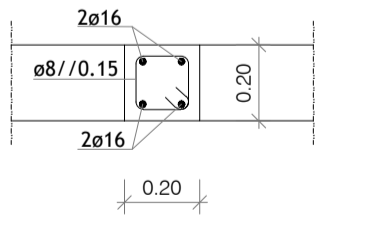
e1 - Diâmetro da secção da armadura A1  
 e2 - Diâmetro da secção da armadura A2



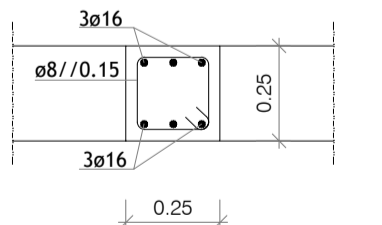
V1.6 (0.25\*0.90-Apa)  
Escala 1:20



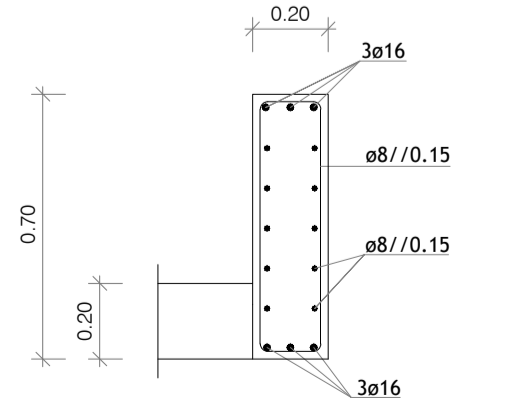
V1.A (0.20\*0.25-Emb)  
Escala 1:20



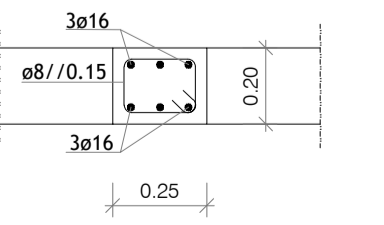
V1.B (0.20\*0.20-Emb)  
Escala 1:20



V1.C (0.25\*0.25-Emb)  
Escala 1:20



VC.1 (0.20\*0.70-Inv)  
Escala 1:20



VC.A (0.25\*0.20-Emb)  
Escala 1:20

revisão	data	descrição
00		Emissão do Projeto de Licenciamento
cliente   obra	<b>PARTICULAR</b>	
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, PAREDES		
projeto		
especialidade	ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES	
fase	projeto	codificação
PROJETO DE LICENCIAMENTO	CÁTIA FERNANDES	
		desenho/revisão
		<b>Estruturas 6r0</b>

## Anexo II – Edifício em Santo Tirso

Momento Flector

Quadro de Vigas

Betão	C 25/30	fcd	16,67	Mpa	$\tau_1$	0,75	Mpa	Ec,28	30,50	Gpa	Coef	g	1,35
Aço	A400	fsyd	347,8	Mpa	$\tau_2$	5,00	Mpa	fctm	2,50	Mpa	Maj	q	1,5

Secção	Viga Tipo	h min viga					1			2			3						
		b	h	d	l	critério deform.	Peso-Próprio Viga			Parede sobre viga			Laje à esquerda						
		m	m	m	m	m	pp	Psd	Pfreq	pp	Psd	Pfreq	pp	rcp	q	$\psi_1$	psd	pfreq	linf
-	-	m	m	m	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m2	kN/m2	kN/m2	-	kN/m2	kN/m2	m	
V1.1	Ap Simples	0,45	0,20	0,16	5,50	0,28	2,25	3,0375	2,25										
V1.2	Ap Simples	0,25	0,30	0,26	6,50	0,33	1,875	2,53125	1,875				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,5
V1.3	Enc Esq Ap Sim Dir	0,30	0,40	0,36	6,50	0,26	3	4,05	3				2,73	3	2	0,3	10,736	6,33	2,5
V1.4	Dupl Enc	0,50	0,20	0,16	2,90	0,09	2,5	3,375	2,5										
V1.5	Enc Esq Ap Sim Dir	0,30	0,40	0,36	6,50	0,26	3	4,05	3				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,73
V1.6.2	Ap Simples	0,65	0,40	0,36	6,50	0,33	6,5	8,775	6,5				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,73
V1.7.2	Enc Esq Ap Sim Dir	0,30	0,40	0,36	6,50	0,26	3	4,05	3				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,73
V1.7.1	Dupl Enc	0,30	0,40	0,36	2,00	0,06	3	4,05	3				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,73
V1.10	Ap Simples	1,00	0,20	0,16	5,20	0,26	5	6,75	5										
V1.11	Ap Simples	1,00	0,20	0,16	7,00	0,35	5	6,75	5				2,29	2	3	0,3	10,292	5,19	1,25
V1.13	Ap Simples	0,40	0,45	0,41	4,80	0,24	4,5	6,075	4,5				2,29	2	3	0,3	10,292	5,19	1,3
V1.15	Ap Simples	0,25	0,25	0,21	3,50	0,18	1,5625	2,10938	1,5625										
V1.12	Enc Esq Ap Sim Dir	0,25	0,45	0,41	6,70	0,27	2,8125	3,79688	2,8125										
V1.6.1	Ap Simples	0,65	0,20	0,16	6,30	0,32	3,25	4,3875	3,25										
V1.8	Ap Simples	0,25	0,55	0,51	5,00	0,25	3,4375	4,64063	3,4375				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1
VC2.1	Ap Simples	0,25	0,30	0,26	6,50	0,33	1,875	2,53125	1,875										
VC2.2	Ap Simples	0,55	0,40	0,36	6,50	0,33	5,5	7,425	5,5				4,51	1	1	0,3	8,9385	5,81	3,85
VC2.3	Ap Simples	0,25	0,35	0,26	5,00	0,25	2,1875	2,95313	2,1875				2,64	1	1	0,3	6,414	3,94	3,25

		4									5						Esforços							
		Laje à direita									Carga Concentrada 1						Msd-	Msd+	Msd+	Msd-	Vsd	Vsd	f1	
Psd	Pfreq	pp	rcp	q	$\psi$ 1	psd	pfreq	linf	Psd	Pfreq	x	Pg	Pq	$\psi$ 1	Psd	Pfreq	esq	1/2 vão	máx: 3/8L	dir	esq	dir		
kN/m	kN/m	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	-	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	m	kN/m	kN/m	m	kN	kN	-	kN	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	kN	kN	mm	
																			11,5			8,4	8,4	2,9
5,0708	2,945																	40,1			24,7	24,7	2,5	
26,839	15,825	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,5	5,0708	2,945							189,9		107,0		146,1	87,7	0,6	
																	2,4	1,2		2,4	4,9	4,9	0,0	
17,545	10,19	2,73	3	2	0,3	10,736	6,33	2,5	26,839	15,825							255,8		144,1		196,8	118,1	0,6	
17,545	10,19	2,45	3	2	0,3	10,358	6,05	2,1	21,751	12,705								253,9			156,2	156,2	1,4	
17,545	10,19	2,45	3	2	0,3	10,358	6,05	2,1	21,751	12,705							228,9		129,0		176,1	105,7	0,6	
17,545	10,19	2,45	3	2	0,3	10,358	6,05	2,1	21,751	12,705							14,4	7,2		14,4	43,3	43,3	0,0	
		2,29	2	3	0,3	10,292	5,19	1,3	13,379	6,747	2,3	2,5	1	0,3	4,875	2,8		74,3			55,1	54,5	2,3	
12,864	6,4875	2,29	2	3	0,3	10,292	5,19	1,3	13,379	6,747	0,5	2,5	1	0,3	4,875	2,8		204,3			120,0	115,8	7,7	
13,379	6,747										2,7	109	34	0,3	198,2	119,2		290,1			133,4	158,1	0,3	
																		3,2			3,7	3,7	0,3	
											4	23	8,5	0,3	43,8	25,55	70,8		62,6		40,9	28,3	0,5	
											4,4	22	7,5	0,3	40,95	24,25		76,1			26,2	42,4	5,0	
10,142	5,89	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,75	17,748	10,308								101,7			81,3	81,3	0,3	
																		13,4			8,2	8,2	2,5	
34,413	22,369																	221,0			136,0	136,0	1,4	
20,846	12,805																	74,4			59,5	59,5	0,7	

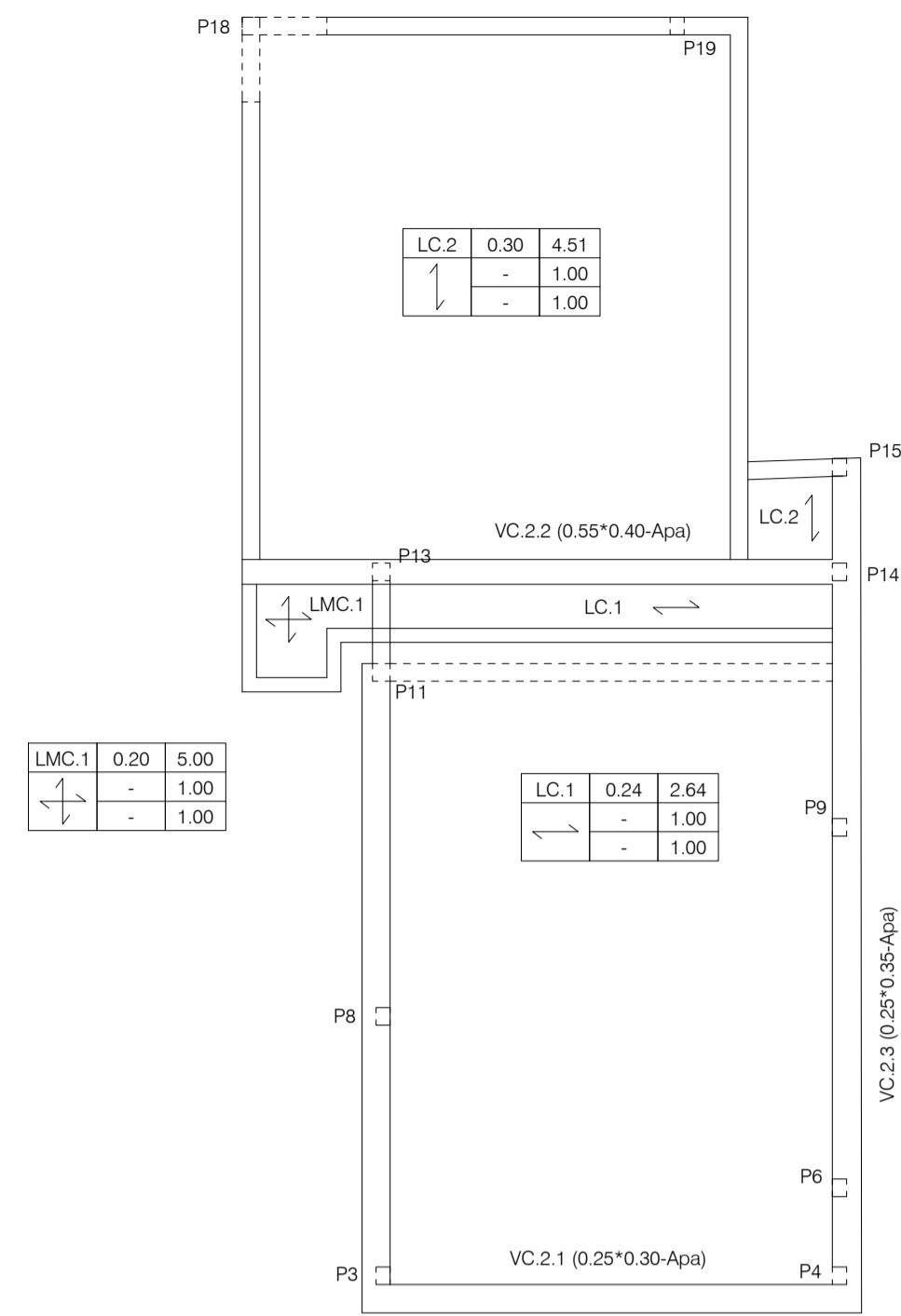
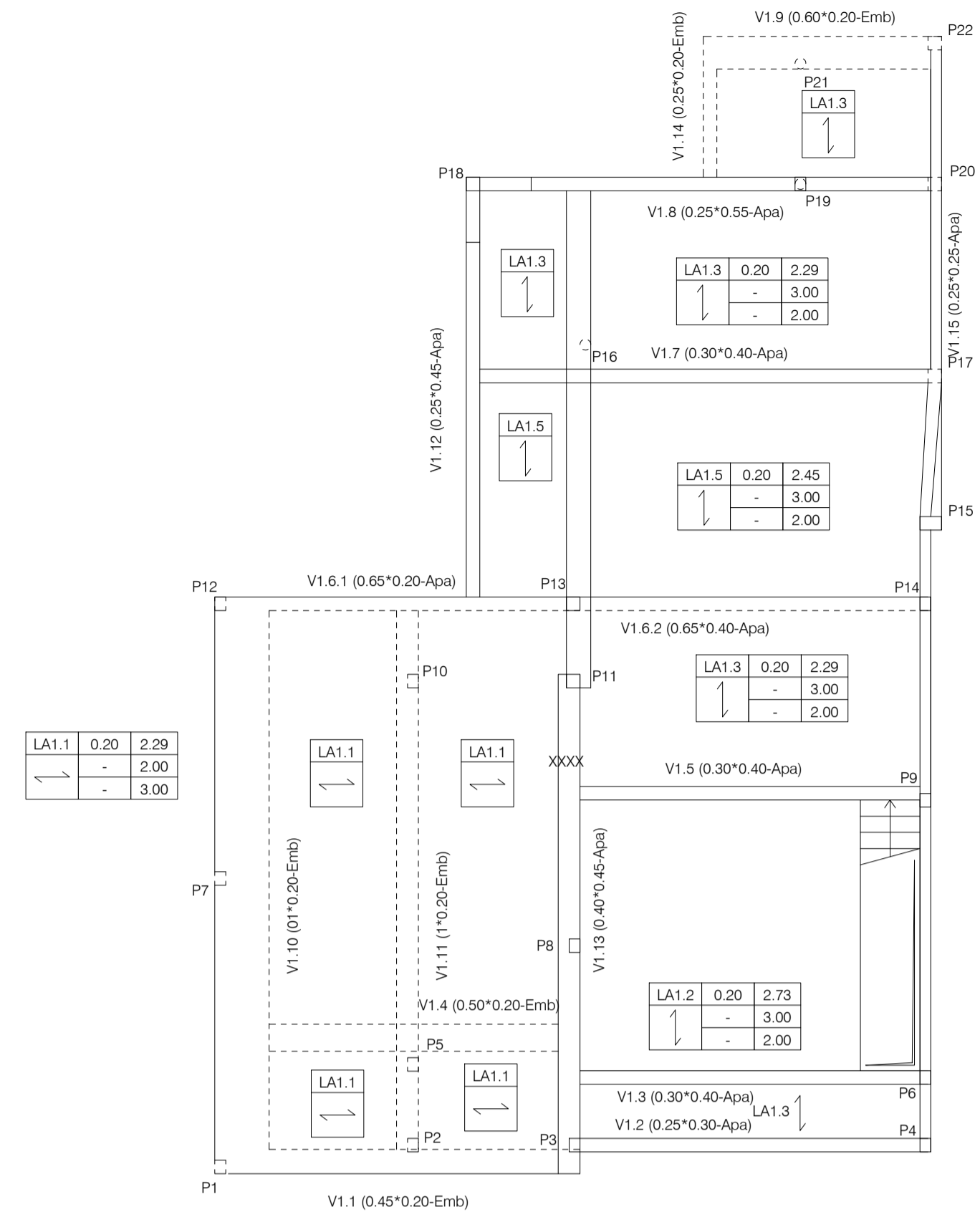
Deformação Meio Vão e Extremidade da Consola							
f2	f3	f4	f5	ftotal	finf =	fpp	factiva
					ftotalx3		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
				2,9	<b>8,8</b>	2,9	5,9
	4,0			6,5	<b>19,6</b>	4,1	15,5
	3,0	0,5		4,1	<b>12,2</b>	2,0	10,1
				0,0	<b>0,1</b>	0,0	0,1
	1,9	3,0		5,4	<b>16,2</b>	2,6	13,7
	2,2	2,8		6,5	<b>19,4</b>	3,4	16,0
	1,9	2,4		4,8	<b>14,5</b>	2,3	12,2
	0,0	0,0		0,0	<b>0,1</b>	0,0	0,1
		3,2	0,27	5,8	<b>17,3</b>	3,7	13,6
	10,0	10,4	0,03	28,1	<b>84,2</b>	16,7	67,5
	0,5		2,39	3,2	<b>9,7</b>	0,6	9,1
				0,3	<b>0,9</b>	0,3	0,6
			4,25	4,7	<b>14,2</b>	0,5	13,7
			16,35	21,4	<b>64,2</b>	5,0	59,1
	0,5	0,8		1,5	<b>4,5</b>	0,7	3,8
				2,5	<b>7,6</b>	2,5	5,1
	5,8			7,2	<b>21,7</b>	5,9	15,8
	3,8			4,5	<b>13,4</b>	3,2	10,2

L/400
mm
<b>13,8</b>
<b>16,3</b>
<b>16,3</b>
<b>7,3</b>
<b>16,3</b>
<b>16,3</b>
<b>16,3</b>
<b>5,0</b>
<b>13,0</b>
<b>17,5</b>
<b>12,0</b>
<b>8,8</b>
<b>16,8</b>
<b>15,8</b>
<b>12,5</b>
<b>16,3</b>
<b>16,3</b>
<b>12,5</b>

Msd+											
Dimensionamento					Armadura						
Msd+ máx	Msd red	$\mu$	As,cal	As,min	nº	$\emptyset$		nº	$\emptyset$	%As	As,ef
(kN.m)	+15% M-	-	cm2	cm2	-	mm		-	mm	-	cm2
11	11	0,060	2,19	1,08	4	12	+			0,50%	4,52
40	40	0,143	5,07	0,98	3	16	+			0,80%	6,03
107	119	0,184	11,30	1,62	4	20	+			1,05%	12,57
1	1	0,007	0,27	1,20	4	8	+			0,20%	2,01
144	161	0,248	16,04	1,62	6	20	+			1,57%	18,85
254	254	0,181	23,94	3,51	8	20	+			0,97%	25,13
129	144	0,222	14,05	1,62	5	20	+			1,31%	15,71
7	9	0,014	0,74	1,62	5	20	+			1,31%	15,71
74	74	0,174	15,67	2,40	5	20	+			0,79%	15,71
204	204	<b>0,479</b>	54,30	2,40	7	20	+			1,10%	21,99
290	290	0,259	25,61	2,46	5	20	+	5	20	1,75%	31,42
3	3	0,018	0,45	0,79	2	8	+			0,16%	1,01
63	67	0,096	5,17	1,54	3	16	+			0,54%	6,03
76	76	0,274	17,43	1,56	3	16	+			0,46%	6,03
102	102	0,094	6,27	1,91	4	16	+			0,58%	8,04
13	13	0,047	1,55	0,98	2	12	+			0,30%	2,26
221	221	0,186	20,93	2,97	7	20	+			1,00%	21,99
74	74	0,264	10,39	0,98	4	20	+			1,44%	12,57







QUADRO DE LAJES ALIGEIRADAS:

LA1.1	Laje B2-BL4x16-20 Vão : 2,90 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio : 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd = 18,80 (kN/m/m) Mfctk = 12,50 (kN/m/m) Vrd = 18,40 (kN/m) EI = 7675 (kNm <sup>2</sup> /m)	NºFargos : 1 Arm/Fargos: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/0,40m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/0,40m Mactamento Esq: 0,00 (m) Mactamento Dir: 0,00 (m)
LA1.2	Laje 2B3-BL4x16-20 Vão : 5,20 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio : 2,73 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd = 42,80 (kN/m/m) Mfctk = 25,60 (kN/m/m) Vrd = 33,50 (kN/m) EI = 10999 (kNm <sup>2</sup> /m)	NºFargos : 2 Arm/Fargos: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/0,80m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/0,80m Mactamento Esq: 0,00 (m) Mactamento Dir: 0,00 (m)
LA1.3	Laje B2-BL4x16-20 Vão : 3,45 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio : 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd = 18,80 (kN/m/m) Mfctk = 12,50 (kN/m/m) Vrd = 18,40 (kN/m) EI = 7675 (kNm <sup>2</sup> /m)	NºFargos : 1 Arm/Fargos: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/0,50m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/0,50m Mactamento Esq: 0,05 (m) Mactamento Dir: 0,05 (m)
LA1.5	Laje B3-BL4x16-20 Vão : 4,15 (m) Espessura: 20,00 (m) P.Próprio : 2,45 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd = 30,30 (kN/m/m) Mfctk = 18,40 (kN/m/m) Vrd = 21,20 (kN/m) EI = 8516 (kNm <sup>2</sup> /m)	NºFargos : 2 Arm/Fargos: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/0,60m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/0,60m Mactamento Esq: 0,20 (m) Mactamento Dir: 0,20 (m)
LC.1	Laje B4-BL4x20-24 Vão : 6,48 (m) Espessura: 24,00 (m) P.Próprio : 2,64 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd = 40,40 (kN/m/m) Mfctk = 23,40 (kN/m/m) Vrd = 22,50 (kN/m) EI = 13029 (kNm <sup>2</sup> /m)	NºFargos : 3 Arm/Fargos: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/1,00m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/1,00m Mactamento Esq: 0,05 (m) Mactamento Dir: 0,05 (m)
LC.2	Laje B3-BL22x25-30 Vão : 7,65 (m) Espessura: 30,00 (m) P.Próprio : 4,51 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd = 73,80 (kN/m/m) Mfctk = 49,70 (kN/m/m) Vrd = 50,40 (kN/m) EI = 36213 (kNm <sup>2</sup> /m)	NºFargos : 3 Arm/Fargos: 208 Arm.Neg.Apoio Esq: 508/m c/1,10m Arm.Neg.Apoio Dir: 508/m c/1,10m Mactamento Esq: 0,00 (m) Mactamento Dir: 0,00 (m)

PRODUTIVO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUTIVO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

RESERVADOS TODOS OS DIREITOS DE AUTOR E PROPRIEDADE INTELECTUAL PELA LEGISLAÇÃO EM VIGOR

ESCALAS VÁLIDAS PARA FORMATO A1

revisão	data	descrição
00		Emissão de Projeto de Licenciamento
cliente   obra	<b>PARTICULAR</b>	
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, SANTO TIRSO		
projeto		
CIVITEC   RUA AUGUSTO LESSA, 251, ESC. 12   4200-100 PORTO   CIVITEC@CIVITEC.PT   222 425 740		
conteúdo		
PLANTA DO PISO ELEVADO E COBERTURA; QUADRO DE LAJES		
especialidade	desenho/revisão	
ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES		
fase	projetou	codificação
LICENCIAMENTO	CÁTIA FERNANDES	

PRODUTIVO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

## Anexo III – Edifício em Matosinhos

Momento Flector

Quadro de Vigas

Betão	C 25/30	fcd	16,67	Mpa	τ1	0,75	Mpa	Ec,28	30,50	Gpa	Coef	g	1,35
Aço	A400	fsyd	347,8	Mpa	τ2	5,00	Mpa	fctm	2,50	Mpa	Maj	q	1,5

Secção	Viga Tipo	b	h	d	l	h min viga critério deform.	1			2			3						
							Peso-Próprio Viga			Parede sobre viga			Laje à esquerda						
							pp	Psd	Pfreq	pp	Psd	Pfreq	pp	rcp	q	ψ1	psd	pfreq	linf
kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m2	kN/m2	kN/m2	-	kN/m2	kN/m2	m							
V0.1	Ap Simples	0,20	0,30	0,24	3,90	0,20	1,5	2,025	1,5				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,85
V0.2	Enc Esq Ap Sim Dir	0,20	0,40	0,34	4,15	0,17	2	2,7	2				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	3
V0E1.1	Ap Simples	0,40	0,20	0,16	2,60	0,13	2	2,7	2				5	3	3	0,3	15,3	8,9	1,5
V0.3	Ap Simples	0,30	0,70	0,65	8,30	0,42	5,25	7,0875	5,25				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	2,4
V0.4	Ap Sim Esq Enc Dir	0,30	0,45	0,40	5,50	0,22	3,375	4,55625	3,375				3,55	3	2	0,3	11,843	7,15	2,85
V0.5	Ap Sim Esq Enc Dir	0,30	0,45	0,40	4,00	0,16	3,375	4,55625	3,375				3,55	3	2	0,3	11,843	7,15	2,85
V0.7	Ap Sim Esq Enc Dir	0,25	0,45	0,40	5,80	0,23	2,8125	3,79688	2,8125				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,6
V0.7	Consola (Enc Esq)	0,25	0,45	0,40	2,30	0,28	2,8125	3,79688	2,8125				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,5
V0.6	Ap Simples	0,25	0,50	0,45	5,20	0,26	3,125	4,21875	3,125				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,25
V1.1	Ap Simples	0,25	0,65	0,61	8,15	0,41	4,0625	5,48438	4,0625	10	13,5	10	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,6
V1.2	Ap Sim Esq Enc Dir	0,20	0,40	0,34	4,15	0,17	2	2,7	2				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	3
V1.3	Ap Simples	0,30	0,60	0,55	8,15	0,41	4,5	6,075	4,5				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	2,4
V1.4	Ap Sim Esq Enc Dir	0,30	0,45	0,40	5,50	0,22	3,375	4,55625	3,375				2,45	3	2	0,3	10,358	6,05	2,15
V1.5	Ap Simples	0,35	0,70	0,66	8,15	0,41	6,125	8,26875	6,125				5	2	3	0,3	13,95	7,9	1,4
V1.6	Ap Simples	0,25	0,40	0,36	4,00	0,20	2,5	3,375	2,5				6,25	3	2	0,3	15,488	9,85	2
V1.7	Enc Esq Ap Sim Dir	0,20	0,25	0,21	4,30	0,17	1,25	1,6875	1,25	10	13,5	10							
V1.7	Dupl Enc	0,25	0,35	0,31	4,90	0,15	2,1875	2,95313	2,1875	10	13,5	10							
V1.8	Ap Simples	0,20	0,20	0,16	1,50	0,08	1	1,35	1	10	13,5	10	5	2	3	0,3	13,95	7,9	0,25

<b>V1.9</b>	Enc Esq Ap Sim Dir	0,25	0,70	0,66	5,80	0,23	4,375	5,90625	4,375	10	13,5	10	2,45	3	2	0,3	10,358	6,05	0,25
<b>V2.1</b>	Ap Simples	0,25	0,70	0,66	8,15	0,41	4,375	5,90625	4,375	7	9,45	7	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,6
<b>V2.2</b>	Ap Sim Esq Enc Dir	0,20	0,30	0,26	4,15	0,17	1,5	2,025	1,5				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	2,07
<b>V2.10</b>	Ap Simples	0,25	0,30	0,26	3,25	0,16	1,875	2,53125	1,875				2,6	3	2	0,3	10,56	6,2	0,25
<b>V2.11</b>	Ap Simples	0,25	0,35	0,31	4,60	0,23	2,1875	2,95313	2,1875				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,4
<b>V2.12</b>	Ap Simples	0,25	0,35	0,31	4,60	0,23	2,1875	2,95313	2,1875				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	2,25
<b>V2.3</b>	Ap Simples	0,40	0,75	0,71	8,15	0,41	7,5	10,125	7,5				2,6	3	2	0,3	10,56	6,2	1
<b>V2.4</b>	Ap Simples	0,40	0,75	0,71	8,15	0,41	7,5	10,125	7,5				2,6	3	2	0,3	10,56	6,2	1
<b>V2.5</b>	Ap Simples	0,30	0,70	0,65	8,15	0,41	5,25	7,0875	5,25				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	2,4
<b>V2.7</b>	Dupl Enc	0,25	0,75	0,71	4,90	0,15	4,6875	6,32813	4,6875	10	13,5	10							
<b>V2.9</b>	Dupl Enc	0,25	0,75	0,71	5,90	0,18	4,6875	6,32813	4,6875				2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,5

		4									5						Esforços						
		Laje à direita									Carga Concentrada 1						Msd-	Msd+	Msd+	Msd-	Vsd	Vsd	f1
Psd	Pfreq	pp	rcp	q	ψ1	psd	pfreq	linf	Psd	Pfreq	x	Pg	Pq	ψ1	Psd	Pfreq	esq	1/2 vão	máx: 3/8L	dir	esq	dir	
kN/m	kN/m	kN/m2	kN/m2	kN/m2	-	kN/m2	kN/m2	m	kN/m	kN/m	m	kN	kN	-	kN	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	kN	kN	mm
18,762	10,897	5	3	2	0,3	13,8	8,6	0,25	3,45	2,15								46,1			47,3	47,3	0,3
30,425	17,67																71,3		40,2		85,9	51,6	0,1
22,95	13,35																	21,7			33,3	33,3	0,1
24,34	14,136										5,2	18	7	0,3	34,8	20,1		338,2			143,4	152,2	1,2
33,751	20,378	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,35	13,691	7,9515									110,8	196,6	107,2	178,7	0,2
33,751	20,378	7,5	2	3	0,3	17,325	10,4	2,4	41,58	24,96									90,0	159,8	119,8	199,7	0,1
16,226	9,424																		47,4	84,2	43,6	72,6	0,3
5,0708	2,945	7,5	3	3	0,3	18,675	11,4	2	37,35	22,8							122,2				106,3		0,2
2,5354	1,4725	2,29	3	3	0,3	11,642	6,19	1,55	18,044	9,5945	3,8	45	17	0,3	86,25	50,1		172,1			87,7	127,5	0,4
16,226	9,424	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,25	2,5354	1,4725								313,4			153,8	153,8	1,3
30,425	17,67																		40,2	71,3	51,6	85,9	0,1
24,34	14,136																	252,5			123,9	123,9	1,6
22,269	13,008	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,35	13,691	7,9515									86,3	153,2	83,6	139,3	0,2
19,53	11,06	2,45	3	2	0,3	10,358	6,05	2,15	22,269	13,008								415,7			204,0	204,0	1,2
30,975	19,7	2,45	3	2	0,3	10,358	6,05	1	10,358	6,05								89,4			89,4	89,4	0,2
		2,45	3	2	0,3	10,358	6,05	0,25	2,5894	1,5125							41,1		23,1		47,8	28,7	0,3
		2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,25	2,5354	1,4725	2,4	65	25	0,3	125,3	72,5	116,2	95,6		113,1	111,1	107,2	0,1
3,4875	1,975	3,55	3	2	0,3	11,843	7,15	0,25	2,9606	1,7875								6,0			16,0	16,0	0,0

2,5894	1,5125	5	2	3	0,3	13,95	7,9	1,5	20,925	11,85	4,4	120	29	0,3	205,5	128,7	315,9		287,2		228,5	225,9	0,1	
16,226	9,424	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,25	2,5354	1,4725	4,1	16	3	0,3	26,1	16,9		336,5			152,0	152,2	1,2	
20,993	12,192	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,7	7,0991	4,123									36,5	64,8	46,9	78,1	0,2	
2,64	1,55	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,25	2,5354	1,4725	1,1	16	3	0,3	26,1	16,9		29,2			29,8	21,4	0,2	
14,198	8,246	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,25	2,5354	1,4725	1,1	16	3	0,3	26,1	16,9		73,9			65,1	51,5	0,5	
22,818	13,253																		68,2			59,3	59,3	0,5
10,56	6,2	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	0,7	7,0991	4,123	3,2	105	26	0,3	180,8	112,8		582,0			223,0	184,2	1,0	
10,56	6,2	2,29	3	2	0,3	10,142	5,89	1,5	15,212	8,835	3,2	105	26	0,3	180,8	112,8		649,3			256,1	217,3	1,0	
24,34	14,136										3,7	16	3	0,3	26,1	16,9		313,7			142,3	139,9	1,2	
		2,6	3	2	0,3	10,56	6,2	0,25	2,64	1,55	3,4	146	20	0,3	227,1	152	117,3	122,9		209,0	105,9	231,3	0,0	
5,0708	2,945										1,55	215	40	0,3	350,3	227	328,2	171,6		138,2	324,1	93,4	0,1	

Deformação Meio Vão e Extremidade da Consola							
f2	f3	f4	f5	ftotal	finf =	fpp	factiva
					ftotalx3		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	2,4	0,5		3,2	<b>9,6</b>	1,5	8,0
	0,8			0,9	<b>2,7</b>	0,4	2,3
	1,0			1,1	<b>3,4</b>	0,7	2,7
	3,3		2,08	6,7	<b>20,0</b>	2,5	17,4
	1,4	0,5		2,1	<b>6,4</b>	1,1	5,3
	0,4	0,5		0,9	<b>2,7</b>	0,6	2,2
	0,9			1,2	<b>3,7</b>	0,6	3,0
	0,2	1,4		1,7	<b>5,2</b>	1,1	4,0
	0,2	1,2	2,25	3,9	<b>11,8</b>	0,9	11,0
3,3	3,1	0,5		8,2	<b>24,7</b>	6,0	18,6
	0,8			0,9	<b>2,7</b>	0,4	2,3
	4,9			6,5	<b>19,5</b>	3,5	16,0
	0,9	0,5		1,6	<b>4,9</b>	0,8	4,1
	2,1	2,4		5,7	<b>17,1</b>	3,5	13,6
	1,6	0,5		2,3	<b>6,9</b>	1,4	5,5
2,2		0,3		2,8	<b>8,4</b>	2,6	5,8
0,6		0,1	1,63	2,4	<b>7,1</b>	0,7	6,4
0,2	0,0	0,0		0,2	<b>0,7</b>	0,2	0,5

L/400
mm
<b>9,8</b>
<b>10,4</b>
<b>6,5</b>
<b>20,8</b>
<b>13,8</b>
<b>10,0</b>
<b>14,5</b>
<b>5,8</b>
<b>13,0</b>
<b>20,4</b>
<b>10,4</b>
<b>20,4</b>
<b>13,8</b>
<b>20,4</b>
<b>10,0</b>
<b>10,8</b>
<b>12,3</b>
<b>3,8</b>

Msd+											
Dimensionamento					Armadura						
Msd+ máx	Msd red	$\mu$	As,cal	As,min	nº	Ø		nº	Ø	%As	As,ef
(kN.m)	+15% M-	-	cm2	cm2	-	mm		-	mm	-	cm2
46	46	0,240	6,84	0,72	4	16	+			1,34%	8,04
40	45	0,116	4,23	1,02	3	16	+			0,75%	6,03
22	22	0,127	4,39	0,96	3	16	+			0,75%	6,03
338	338	0,160	17,35	2,93	6	20	+			0,90%	18,85
111	124	0,155	10,26	1,80	6	16	+			0,89%	12,06
90	100	0,126	8,13	1,80	4	16	+			0,60%	8,04
47	53	0,079	4,11	1,50	2	16	+			0,36%	4,02
				1,50	2	16	+			0,36%	4,02
172	172	0,204	13,23	1,69	5	20	+			1,26%	15,71
313	313	0,202	17,76	2,29	6	20	+			1,16%	18,85
40	45	0,116	4,23	1,02	3	16	+			0,75%	6,03
253	253	0,167	15,40	2,48	5	20	+			0,87%	15,71
86	96	0,120	7,76	1,80	4	16	+			0,60%	8,04
416	416	0,164	21,07	3,47	4	20	+	3	20	0,90%	21,99
89	89	0,166	8,32	1,35	4	16	+			0,80%	8,04
23	26	0,176	4,16	0,63	4	12	+			0,90%	4,52
96	111	0,277	13,13	1,16	7	16	+			1,61%	14,07
6	6	0,070	1,15	0,48	2	10	+			0,39%	1,57

0,3	0,0	0,3	3,82	4,6	<b>13,7</b>	0,6	13,1
1,8	2,5	0,4	1,36	7,2	<b>21,7</b>	4,1	17,6
	1,3	0,5		2,0	<b>5,9</b>	0,9	5,0
	0,1	0,1	0,15	0,6	<b>1,7</b>	0,3	1,4
	1,8	0,3	0,26	2,8	<b>8,4</b>	1,3	7,2
	2,8			3,3	<b>9,9</b>	1,6	8,3
	0,8	0,6	3,01	5,4	<b>16,2</b>	1,6	14,6
	0,8	1,2	3,01	6,0	<b>18,1</b>	1,8	16,3
	3,1		0,95	5,2	<b>15,6</b>	2,4	13,3
0,1		0,0	0,24	0,3	<b>1,0</b>	0,1	0,9
	0,0		0,52	0,6	<b>1,8</b>	0,1	1,8

<b>14,5</b>
<b>20,4</b>
<b>10,4</b>
<b>8,1</b>
<b>11,5</b>
<b>11,5</b>
<b>20,4</b>
<b>20,4</b>
<b>20,4</b>
<b>12,3</b>
<b>14,8</b>

287	308	0,170	15,69	2,48	5	20	+			0,90%	15,71
336	336	0,185	17,37	2,48	7	20	+			1,26%	21,99
37	41	0,181	5,33	0,78	3	16	+			1,01%	6,03
29	29	0,104	3,56	0,98	4	16	+			1,07%	8,04
74	74	0,185	8,12	1,16	5	16	+			1,15%	10,05
68	68	0,170	7,40	1,16	4	16	+			0,92%	8,04
582	582	0,173	27,60	4,27	9	20	+			0,94%	28,27
649	649	0,193	31,32	4,27	10	20	+			1,05%	31,42
314	314	0,148	15,93	2,93	6	20	+			0,90%	18,85
123	150	0,072	6,52	2,66	3	20	+			0,50%	9,42
172	215	0,102	9,58	2,66	5	16	+			0,54%	10,05



OK	OK
OK	OK
OK	OK
OK	OK
OK	OK
OK	OK
OK	OK
OK	OK
OK	OK
OK	OK
OK	OK

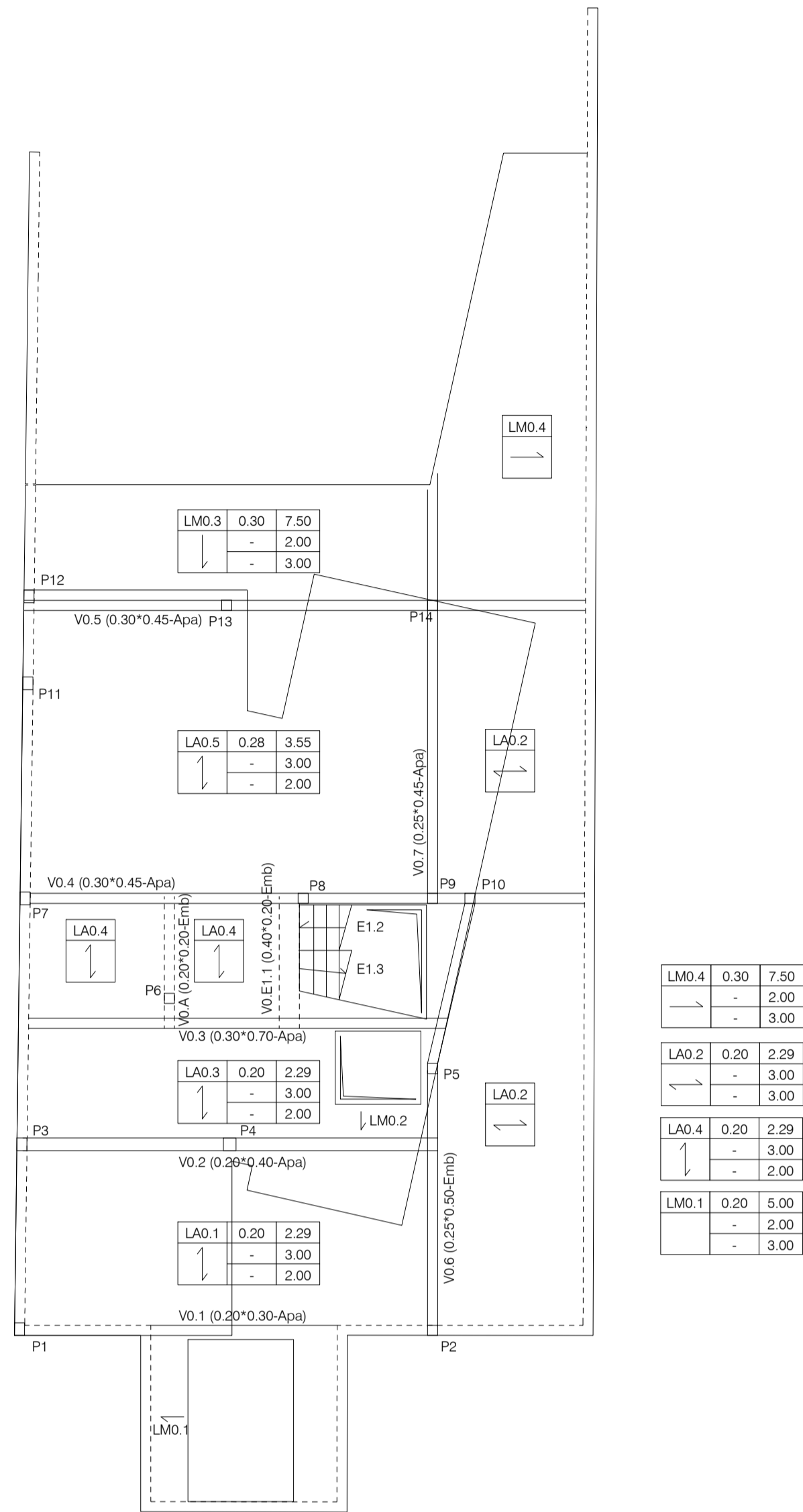
316	276	235	0,129	11,56	2,48	6	16	+			0,69%	12,06	OK	OK
					2,48	3	10	+			0,13%	2,36	OK	KO
65	57	48	0,214	6,47	0,78	4	16	+			1,34%	8,04	OK	OK
					0,98	2	10	+			0,21%	1,57	OK	OK
					1,16	2	10	+			0,18%	1,57	OK	OK
					1,16	2	10	+			0,18%	1,57	OK	OK
					4,27	4	12	+			0,15%	4,52	OK	OK
					4,27	4	12	+			0,15%	4,52	OK	OK
					2,93	4	12	+			0,22%	4,52	OK	OK
209	183	155	0,074	6,76	2,66	4	16	+			0,43%	8,04	OK	OK
328	287	244	0,116	11,03	2,66	6	16	+			0,64%	12,06	OK	OK

228,55	180,63	123,75
152,16	123,78	123,75
78,12	67,27	39,00
29,79	23,19	48,75
65,14	53,53	58,13
59,27	48,71	58,13
223,00	178,62	213,30
256,06	205,10	213,30
142,32	116,12	146,25
231,33	154,85	133,13
324,06	235,08	133,13

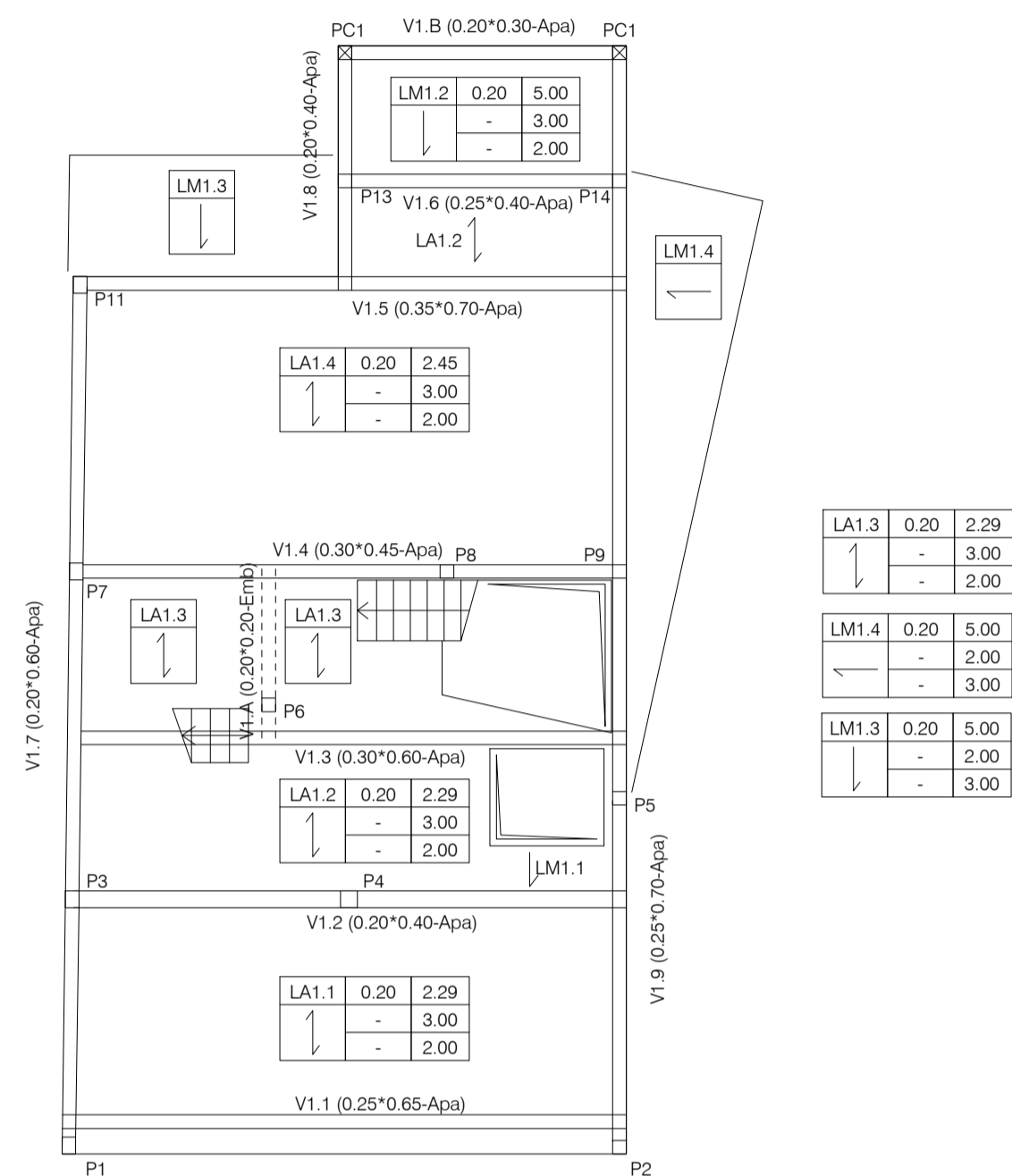




PLANTA ESTRUTURAL DO R/C  
Esc.:1/100



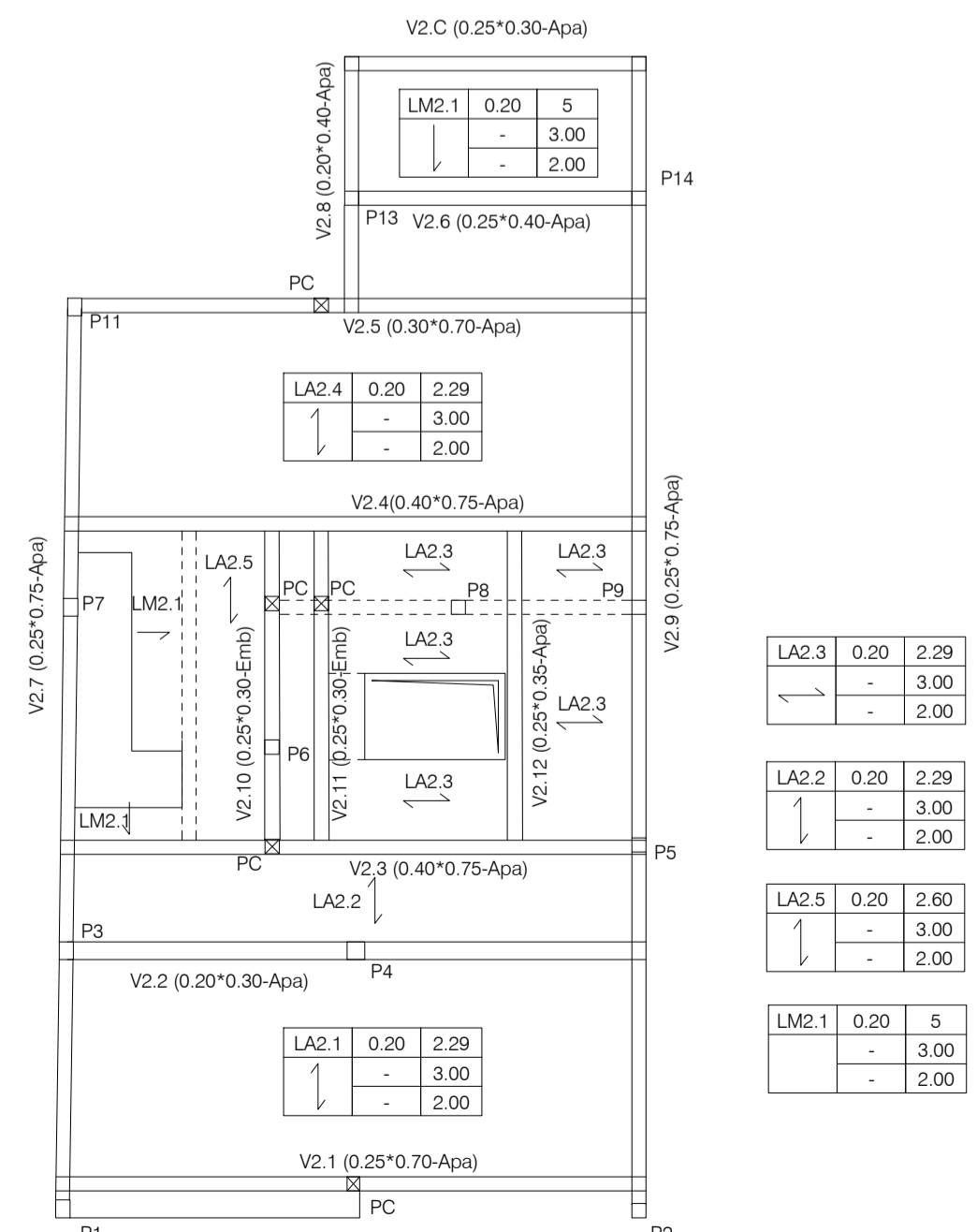
PLANTA ESTRUTURAL DO PISO ELEVADO  
Esc.:1/100



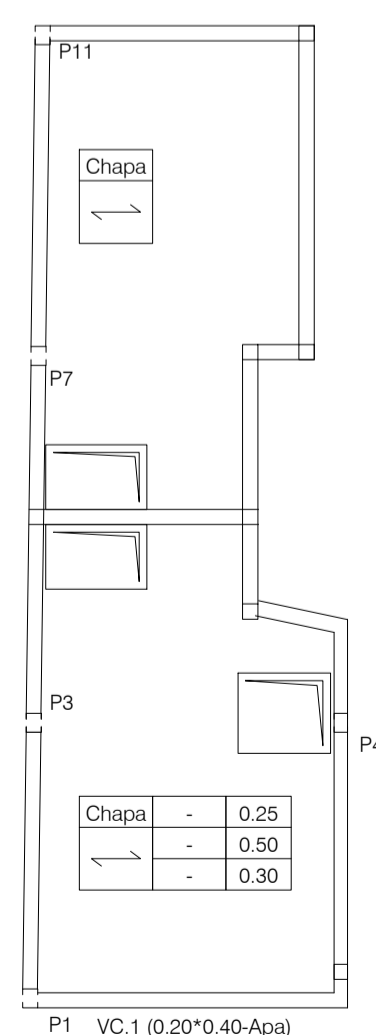
QUADRO DE LAJES ALIGEIRADAS:

LA0.1	Laje - B3-BL48X16-20 Vão - 3,80 (m) Espessura - 20,00 (m) P.Próprio - 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 26,40 (kN.m/m) Mfctk > 16,20 (kN.m/m) Vrd > 18,40 (kN/m) EI > 374,8 (kN.m <sup>2</sup> /m)	N <sup>o</sup> tarugos - 1 Arm./tarugo - 288 Arm.Neg.Apoio Esq. 588/m c/0,60m Arm.Neg.Apoio Dir. 588/m c/0,60m Maciçamento Esq. - 0,25 (m) Maciçamento Dir. - 0,25 (m)
LA0.2	Laje - B2-BL48X16-20 Vão - 3,10 (m) Espessura - 20,00 (m) P.Próprio - 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 18,80 (kN.m/m) Mfctk > 12,50 (kN.m/m) Vrd > 18,40 (kN/m) EI > 167,5 (kN.m <sup>2</sup> /m)	N <sup>o</sup> tarugos - 1 Arm./tarugo - 288 Arm.Neg.Apoio Esq. 588/m c/0,50m Arm.Neg.Apoio Dir. 588/m c/0,50m Maciçamento Esq. - 0,10 (m) Maciçamento Dir. - 0,10 (m)
LA0.3	Laje - B2-BL48X16-20 Vão - 2,40 (m) Espessura - 20,00 (m) P.Próprio - 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 18,80 (kN.m/m) Mfctk > 12,50 (kN.m/m) Vrd > 18,40 (kN/m) EI > 167,5 (kN.m <sup>2</sup> /m)	N <sup>o</sup> tarugos - 1 Arm./tarugo - 288 Arm.Neg.Apoio Esq. 588/m c/0,40m Arm.Neg.Apoio Dir. 588/m c/0,40m Maciçamento Esq. - 0,00 (m) Maciçamento Dir. - 0,00 (m)
LA0.4	Laje - B3-BL48X16-20 Vão - 3,90 (m) Espessura - 20,00 (m) P.Próprio - 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 26,40 (kN.m/m) Mfctk > 16,20 (kN.m/m) Vrd > 18,40 (kN/m) EI > 374,8 (kN.m <sup>2</sup> /m)	N <sup>o</sup> tarugos - 1 Arm./tarugo - 288 Arm.Neg.Apoio Esq. 588/m c/0,60m Arm.Neg.Apoio Dir. 588/m c/0,60m Maciçamento Esq. - 0,30 (m) Maciçamento Dir. - 0,30 (m)
LA0.5	Laje - B4-BL33X25-28 Vão - 6,00 (m) Espessura - 28,00 (m) P.Próprio - 3,55 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 64,30 (kN.m/m) Mfctk > 38,00 (kN.m/m) Vrd > 35,40 (kN/m) EI > 234,29 (kN.m <sup>2</sup> /m)	N <sup>o</sup> tarugos - 2 Arm./tarugo - 288 Arm.Neg.Apoio Esq. 588/m c/0,90m Arm.Neg.Apoio Dir. 588/m c/0,90m Maciçamento Esq. - 0,25 (m) Maciçamento Dir. - 0,25 (m)
LA1.4	Laje - B3-BL48X16-20 Vão - 4,35 (m) Espessura - 20,00 (m) P.Próprio - 2,45 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 30,30 (kN.m/m) Mfctk > 18,40 (kN.m/m) Vrd > 21,20 (kN/m) EI > 85,16 (kN.m <sup>2</sup> /m)	N <sup>o</sup> tarugos - 2 Arm./tarugo - 288 Arm.Neg.Apoio Esq. 588/m c/0,70m Arm.Neg.Apoio Dir. 588/m c/0,70m Maciçamento Esq. - 0,30 (m) Maciçamento Dir. - 0,30 (m)
LA2.2	Laje - B2-BL48X16-20 Vão - 1,45 (m) Espessura - 20,00 (m) P.Próprio - 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 18,80 (kN.m/m) Mfctk > 12,50 (kN.m/m) Vrd > 18,40 (kN/m) EI > 167,5 (kN.m <sup>2</sup> /m)	N <sup>o</sup> tarugos - 1 Arm./tarugo - 288 Arm.Neg.Apoio Esq. 588/m c/0,20m Arm.Neg.Apoio Dir. 588/m c/0,20m Maciçamento Esq. - 0,00 (m) Maciçamento Dir. - 0,00 (m)
LA2.3	Laje - B2-BL48X16-20 Vão - 2,70 (m) Espessura - 20,00 (m) P.Próprio - 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 18,80 (kN.m/m) Mfctk > 12,50 (kN.m/m) Vrd > 18,40 (kN/m) EI > 167,5 (kN.m <sup>2</sup> /m)	N <sup>o</sup> tarugos - 1 Arm./tarugo - 288 Arm.Neg.Apoio Esq. 588/m c/0,40m Arm.Neg.Apoio Dir. 588/m c/0,40m Maciçamento Esq. - 0,00 (m) Maciçamento Dir. - 0,00 (m)
LA2.4	Laje - B2-BL48X16-20 Vão - 3,00 (m) Espessura - 20,00 (m) P.Próprio - 2,29 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 18,80 (kN.m/m) Mfctk > 12,50 (kN.m/m) Vrd > 18,40 (kN/m) EI > 167,5 (kN.m <sup>2</sup> /m)	N <sup>o</sup> tarugos - 1 Arm./tarugo - 288 Arm.Neg.Apoio Esq. 588/m c/0,50m Arm.Neg.Apoio Dir. 588/m c/0,50m Maciçamento Esq. - 0,00 (m) Maciçamento Dir. - 0,00 (m)
LA2.5	Laje - B3-BL33x16-20 Vão - 4,50 (m) Espessura - 20,00 (m) P.Próprio - 2,60 (kN/m <sup>2</sup> )		Mrd > 34,70 (kN.m/m) Mfctk > 21,00 (kN.m/m) Vrd > 24,50 (kN/m) EI > 934,7 (kN.m <sup>2</sup> /m)	N <sup>o</sup> tarugos - 2 Arm./tarugo - 288 Arm.Neg.Apoio Esq. 588/m c/0,70m Arm.Neg.Apoio Dir. 588/m c/0,70m Maciçamento Esq. - 0,10 (m) Maciçamento Dir. - 0,10 (m)

PLANTA ESTRUTURAL DO SOTÃO  
Esc.:1/100



PLANTA ESTRUTURAL DA COBERTURA  
Esc.:1/100



revisão	data	descrição
00		Emissão de Projeto de Licenciamento
cliente   obra		
<b>PARTICULAR</b>		
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, MATOSINHOS		
projeto		
CIVITEC   RUA AUGUSTO LESSA, 251, ESCR. 12   4200-100 PORTO   CIVITEC@CIVITEC.PT   222 425 740		
conteúdo		
PLANTA DO R/C, PISO ELEVADO, SOTÃO E COBERTURA; QUADRO DE LAJES		
especialidade	desenho/revisão	
ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES		
fase	projetou	codificação
LICENCIAMENTO	CÁTIA FERNANDES	