

Projeto de Estruturas de um Edifício Habitacional

JOÃO GONÇALVES AGUILAR

(Licenciado em Engenharia Civil)

Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, na Área de Especialização de Estruturas

Orientador:

Doutor Luís Manuel Faria da Rocha Evangelista

Júri:

Presidente: Doutora Paula Raquel Pires da Cunha Lamego

Vogais:

Doutor Luís Manuel Faria da Rocha Evangelista

Doutor Paulo Jorge Henriques Mendes

Outubro de 2024

Projeto de Estruturas de um Edifício Habitacional

JOÃO GONÇALVES AGUILAR

(Licenciado em Engenharia Civil)

Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, na Área de
Especialização de Estruturas

Orientador:

Doutor Luís Manuel Faria da Rocha Evangelista, Instituto Superior de
Engenharia de Lisboa, ISEL

Júri:

Presidente: Doutora Paula Raquel Pires da Cunha Lamego, Instituto
Superior de Engenharia de Lisboa, ISEL

Vogais:

Doutor Luís Manuel Faria da Rocha Evangelista , Instituto
Superior de Engenharia de Lisboa, ISEL

Doutor Paulo Jorge Henriques Mendes, Instituto Superior de
Engenharia de Lisboa, ISEL

Outubro de 2024


Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha gratidão a todos os intervenientes na minha vida académica, com grande ênfase na minha família, que me apoiou independentemente dos meus resultados, e que sempre me deram força para continuar a dar o meu melhor. Com muito carinho agradeço à minha noiva que, embora nos tenhamos conhecido no início do percurso universitário, nunca mais deixámos de nos apoiar um ao outro e, ainda hoje, nos entre-ajudamos em tudo o que é preciso, seja qual for o objetivo ou a dificuldade. Agradeço ao meu orientador, Doutor Luís Evangelista, que, com muita paciência, me ajudou a reforçar conceitos da engenharia menos dominados e a focar no meu objetivo de ser engenheiro de estruturas, sempre com uma imparcialidade louvável. Sem a vossa ajuda, este percurso não teria sido possível. A todos, o meu sincero obrigado.

Declaração de integridade

Declaro que este trabalho de projeto é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor



Lisboa, 23 de Outubro de 2024

Resumo

O presente documento refere-se ao Trabalho Final de Mestrado, cujo objetivo é a elaboração do projeto estrutural de um edifício residencial localizado em Algueirão – Mem Martins. Este edifício é constituído por dois níveis de cave e cinco pisos acima do solo. A conceção estrutural será desenvolvida com base nas plantas de arquitetura existentes, que serão analisadas para garantir um projeto de estruturas coerente e em conformidade com as exigências regulamentares.

O desenvolvimento do projeto será orientado pelos critérios estabelecidos nas normas europeias, presentes nos Eurocódigos, assegurando o cumprimento dos requisitos de segurança e desempenho. Para a realização deste trabalho, serão utilizados três *softwares* principais: o *Robot Structural Analysis 2021*, o *AutoCAD 2021* (ambos da *Autodesk*) e o *FTool*. O *Robot Structural Analysis* será utilizado para a modelação tridimensional dos elementos estruturais e para a análise do comportamento elástico linear do edifício. O *AutoCAD* será empregado tanto na leitura e interpretação das peças arquitetónicas como na criação de novos desenhos estruturais. Por fim, o *FTool* servirá de apoio no cálculo dos esforços em duas dimensões, auxiliando no dimensionamento dos elementos estruturais.

Palavras-Chave: Dimensionamento Betão Armado; Laje Maciça; Laje Fungiforme; Engenharia Sísmica.

Abstract

The present document refers to the Master's Final Project, which aims to develop the structural design of a residential building located in Algueirão – Mem Martins. This building consists of two basement levels and five above-ground floors. The structural design will be based on existing architectural plans, which will be analyzed to ensure a coherent and compliant structural project in line with regulatory requirements.

The project development will be guided by the criteria established in the European standards, specifically the Eurocodes, ensuring compliance with safety and performance requirements. For the completion of this work, three main software tools will be used: Robot Structural Analysis 2021, AutoCAD 2021 (both from Autodesk), and FTool. Robot Structural Analysis will be employed for three-dimensional modeling of the structural elements and for the analysis of the building's linear elastic behavior. AutoCAD will be used both for reading and interpreting architectural drawings as well as for creating new structural designs. Lastly, FTool will provide support in the calculation of forces in two dimensions, assisting in the structural element design.

Keywords: Reinforced Concrete Design; Solid Slab; Flat Slab; Seismic Engineering.

Simbologia

- α – Inclinação das armaduras;
- a – Largura do pilar;
- a_c – Flecha a longo prazo;
- a_g – Valor de cálculo da aceleração à superfície [m/s²];
- a_{gR} – Valor de referência da aceleração máxima [m/s²];
- a_0 – Flecha elástica;
- A – Largura da sapata;
- A_c – Área da secção de um elemento de betão;
- A_{ED} – Valor de cálculo da ação sísmica;
- A_s – Área da secção de um ramo das armaduras transversais;
- A_{sw} – Área das armaduras de esforço transversal;
- b – Largura da secção transversal;
- b_c – Maior dimensão da secção transversal do pilar perpendicular ao eixo longitudinal da viga;
- b_t – Largura média da zona traccionada;
- b_w – Largura da secção traccionada;
- B – Comprimento da sapata;
- C_u – A resistência num solo não drenado ao corte;
- e – Espessura da parede;
- E_{cm} – Valor do módulo de elasticidade;
- E_s – Valor do módulo de elasticidade do aço;
- f_{cd} – Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão;
- f_{ck} – Valor da tensão de rotura à compressão;
- f_{ctm} – Valor médio da tensão de rotura à tração simples;
- f_{yd} – Valor de cálculo da tensão de cedência do aço;
- f_{yk} – Valor característico da tensão de cedência do aço;
- f_{ywd} – Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transversal;
- $G_{k,j}$ – Valor característico de uma ação permanente j ;
- h_w – Altura da viga;
- k_w – Coeficiente que reflete o modo de rotura predominante nos sistemas estruturais de parede;
- $M_{Edz/y}$ – Momento de cálculo em relação ao eixo considerado;
- $M_{Rdz/y}$ – Momento resistente na direção considerada;
- N_{Ed} – Esforço axial resultante da análise para a situação de projeto sísmica;

N_{SPT} – Número de pancadas para atingir uma profundidade de 30 metros;
 σ_{adm} – Tensão admissível do terreno;
 σ_{cp} – Área da secção de um ramo das armaduras transversais;
 φ – Coeficiente de fluência;
 q_0 – Valor básico do coeficiente de comportamento;
 $Q_{k,i}$ – Valor característico de uma ação variável i ;
 $Q_{k,1}$ – Valor característico da ação variável base;
 s – Espaçamento de armaduras de reforço transversal;
 μ – Momento fletor reduzido;
 ν_c – Coeficiente de Poisson;
 $v_{s,30}$ – Valor médio da propagação de ondas S nos 30 metros superiores do perfil do solo;
 v_1 – Coeficiente de redução de resistência do betão fendilhado por esforço transversal;
 $V_{Rd,c}$ – Área da secção de um ramo das armaduras transversais;
 $V_{Rd,s}$ – Área da secção de um ramo das armaduras transversais;
 ω – Percentagem mecânica do aço;
 γ – Fator de majoração;
 γ_c – Peso volúmico do betão;
 γ_G – Coeficiente parcial de segurança relativo às ações permanentes;
 γ_s – Peso volúmico do aço;
 γ_Q – Coeficiente parcial de segurança relativo às ações variáveis;
 $\gamma_{Q,i}$ – Coeficiente parcial relativo às ações variáveis i ;
 $\gamma_{Q,1}$ – Coeficiente parcial relativo às ações variáveis base;
 γ_1 – Coeficiente de importância;
 z – Braço de momentos entre armadura superior e inferior;
 ξ – Coeficiente de amortecimento relativo;
 ε_{yd} – Valor de cálculo da extensão de cedência;
 $\Psi_{0,i}$ – Coeficiente para a determinação do valor de combinação de uma ação variável;
 $\Psi_{2,i}$ – Coeficiente para a determinação do valor quase-permanente de uma ação variável;
 ξ_j – Coeficiente de redução para as ações permanentes desfavoráveis G;

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO.....	1
1.2	OBJETIVOS.....	2
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	2
1.3.1	<i>Introdução</i>	<i>2</i>
1.3.2	<i>Enquadramento Teórico</i>	<i>2</i>
1.3.3	<i>Caracterização do Projeto</i>	<i>3</i>
1.3.4	<i>Análise das Cargas.....</i>	<i>3</i>
1.3.5	<i>Pré-Dimensionamento.....</i>	<i>3</i>
1.3.6	<i>Dimensionamento Estrutural.....</i>	<i>3</i>
1.3.7	<i>Conclusão.....</i>	<i>4</i>
1.3.8	<i>Referências Bibliográficas.....</i>	<i>4</i>
1.3.9	<i>Peças Desenhadas</i>	<i>4</i>
1.3.10	<i>Anexos</i>	<i>4</i>
1.4	ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR.....	4
2	ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	5
2.1	CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL.....	5
2.1.1	<i>Forças Internas e Externas.....</i>	<i>5</i>
2.1.2	<i>Elementos Estruturais.....</i>	<i>6</i>
2.1.3	<i>Comportamento dos Materiais.....</i>	<i>7</i>
2.1.4	<i>Análise do Comportamento Estrutural</i>	<i>8</i>
2.1.5	<i>CrITÉrios de Segurança e Estabilidade.....</i>	<i>8</i>
2.2	TIPOLOGIAS DE EDIFÍCIOS E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	9
2.2.1	<i>Edifícios Residenciais</i>	<i>9</i>
2.2.2	<i>Edifícios Comerciais</i>	<i>9</i>
2.2.3	<i>Edifícios Industriais</i>	<i>10</i>
2.2.4	<i>Edifícios Mistos</i>	<i>10</i>
2.2.5	<i>Edifícios com Caves.....</i>	<i>11</i>
2.2.6	<i>Edifícios Altos.....</i>	<i>11</i>
2.3	NORMATIVAS E REGULAMENTAÇÃO (EUROCÓDIGOS E NORMAS NACIONAIS)	12
2.3.1	<i>Eurocódigos</i>	<i>12</i>
2.3.2	<i>Anexos Nacionais e Adaptação Local</i>	<i>13</i>
2.3.3	<i>Importância da Conformidade Normativa.....</i>	<i>14</i>
2.4	AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA MODELAÇÃO E DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL.....	14
2.4.1	<i>Modelação Estrutural em 3D.....</i>	<i>14</i>

2.4.2	<i>Análise Estrutural Avançada</i>	15
2.4.3	<i>Automação no Cálculo e Dimensionamento</i>	16
3	CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO	17
3.1	DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO	17
3.1.1	<i>Características Estruturais</i>	18
3.1.2	<i>Arquitetura do Edifício</i>	19
3.1.3	<i>Solução de parede</i>	26
3.2	CRITÉRIOS DE PROJETO	27
3.2.1	<i>Tempo de vida útil do projeto</i>	27
3.2.2	<i>Classes de Ductilidade</i>	28
3.3	MATERIAIS ESTRUTURAIIS.....	29
3.3.1	<i>Classes de Exposição</i>	30
3.3.2	<i>Betão</i>	31
3.3.3	<i>Aço</i>	33
4	ANÁLISE DAS CARGAS	35
4.1	AÇÕES	35
4.1.1	<i>Carga Permanente</i>	35
4.1.2	<i>Sobrecargas</i>	35
4.1.3	<i>Ação do vento</i>	36
4.1.4	<i>Ação Térmica</i>	37
4.1.5	<i>Ação Sísmica</i>	37
4.2	COMBINAÇÕES DE AÇÕES	42
4.2.1	<i>Estados Limites Últimos</i>	42
4.2.2	<i>Estados Limites de Serviço</i>	44
4.2.3	<i>Coefficientes Parciais Relativos às Ações e às Combinações de Ações</i>	45
5	PRÉ-DIMENSIONAMENTO	47
5.1	ESCOLHA DO MODELO A ANALISAR	47
5.2	LAJES.....	47
5.3	VIGAS	51
5.4	PILARES.....	52
6	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	55
6.1	DIMENSIONAMENTO DE LAJES E ESCADAS	55
6.2	DIMENSIONAMENTO DE VIGAS	60
6.3	DIMENSIONAMENTO DE PILARES.....	63
6.4	DIMENSIONAMENTO DE PAREDES DE CONTENÇÃO E NÚCLEO	66

6.5	DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES	71
7	CONCLUSÕES	73
7.1	SÍNTESE DOS RESULTADOS	73
7.2	CONTRIBUIÇÕES PARA A ENGENHARIA CIVIL	74
7.3	LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	74
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
	ANEXOS	76

Figuras

Figura 2-1 - Exemplo de elementos estruturais (Vigas, Pilares, Lajes e Fundações)	7
Figura 3-1 - Localização geográfica do edifício.....	17
Figura 3-2 - Piso tipo da cave do edifício	19
Figura 3-3 - Piso térreo do edifício	20
Figura 3-4 - Andar tipo dos pisos elevados	21
Figura 3-5 - Último piso do edifício	22
Figura 3-6 - Vista em planta da cobertura.....	23
Figura 3-7 – Corte A-B do edifício	24
Figura 3-8 - Corte C-D do edifício	24
Figura 3-9 - Alçado principal Esquerdo	25
Figura 3-10 - Alçado principal Direito.....	25
Figura 3-11 – Parede Exterior da Cave.....	26
Figura 3-12 - Parede Exterior do Edifício.....	26
Figura 4-1 - Zonamento sísmico: a) tipo 1; b) tipo 2.	40
Figura 5-1 - Vista em planta da laje fungiforme aligeirada com a distribuição dos blocos.	48
Figura 5-2 - Deformação na laje maciça.....	48
Figura 5-3 - Deformação na laje aligeirada.	49
Figura 5-4 - Deformação da laje em Combinação Quase Permanente.....	51
Figura 5-5 - Numeração das barras.	52
Figura 6-1 - Deformada do edifício em ELS.....	56
Figura 6-2 - Cargas aplicadas da parede de contenção (ftool).....	69
Figura 6-3 - Momentos resultantes na parede de contenção (ftool).....	70

Tabelas

Tabela 3-1 - Categorias e valor indicado do tempo de vida útil para estruturas.....	27
Tabela 3-2 - Características a utilizar consoante o cimento e a exposição.....	32
Tabela 3-3 - Características do Betão C25/30.....	33
Tabela 3-4 - Características do aço A500 NR SD	33
Tabela 4-1 - Utilizações previstas para o edifício.....	36
Tabela 4-2 - Valor das sobrecargas a aplicar.....	36
Tabela 4-3 - Valor do coeficiente de q_0 para sistemas regulares em altura	38
Tabela 4-4 - Zonamento sísmico aplicado no projeto.....	40
Tabela 4-5 - Classes de importância.....	41
Tabela 4-6 - Valores de aceleração sísmica.....	42
Tabela 5-1 - Dimensões dos Pilares.....	53

1 Introdução

1.1 Enquadramento

O projeto em causa foca-se num cenário urbano que à semelhança do que acontece em todo o mundo, com o aumento da população, surge um novo desafio ao nível da construção de edifícios e do aproveitamento do espaço. O edifício residencial em análise contém pisos elevados e caves, o que exige a análise das diferentes cargas e forças a que a estrutura estará sujeita. Nestas forças, estão incluídas não só as forças permanentes e variáveis do uso diário, como também as forças naturais, tais como sismos e vento.

Além disso, o dimensionamento de edifícios em Portugal deve estar em conformidade com as normas regulamentares nacionais e europeias, neste caso os Eurocódigos, que servem para estabelecer os critérios de segurança e desempenho para as estruturas de betão armado. No presente trabalho, foram seguidas as diretrizes estabelecidas na norma NP EN 1990 (EC0), que define as bases gerais para o projeto estrutural, nomeadamente a Cláusula 2.1 sobre os princípios gerais de segurança e funcionalidade, na norma NP EN 1991-1-1 (EC1), que especifica as ações em estruturas, com destaque para a Cláusula 3.1, que trata das ações permanentes e variáveis aplicáveis a edifícios, na norma NP EN 1992-1-1 (EC2), referente ao dimensionamento de estruturas de betão, especialmente as Cláusulas 5.2 e 6.1, que abordam os critérios de dimensionamento de vigas e pilares, e na norma NP EN 1998-1 (EC8), aplicável à resistência sísmica, com ênfase na Cláusula 4.3, que define as ações sísmicas a considerar no projeto. Estas normas asseguram a segurança, funcionalidade e durabilidade da estrutura projetada."

De salientar que o edifício irá situar-se em Portugal, na localidade de Algueirão – Mem Martins.

1.2 Objetivos

O objetivo deste projeto consiste na elaboração de uma estrutura para um edifício residencial de 4 andares elevados e 2 caves, situado em Algueirão – Mem Martins, tendo em conta os conhecimentos adquiridos no curso de Mestrado de Engenharia Civil.

Para essa finalidade, será necessário completar os seguintes passos:

- Definir uma solução estrutural segundo o projeto de arquitetura;
- Pré-dimensionar os elementos estruturais presentes;
- Modelar e analisar a estrutura no programa de cálculo automático Robot;
- Verificação dos elementos estruturais nos estados limite últimos e estados limite de serviço;
- Execução de peças desenhadas com os devidos pormenores.

1.3 Organização do trabalho

Este trabalho final de mestrado (TFM) será estruturado em diversos capítulos, cada um abordando uma parte essencial do estudo. Desta forma, a organização terá a seguinte ordem:

1.3.1 Introdução

Neste capítulo inicial, será apresentado o contexto do projeto, os seus objetivos assim como uma visão geral sobre a estrutura que será analisada. Por fim, será dada uma explicação sobre a organização do conteúdo.

1.3.2 Enquadramento Teórico

Este ponto focar-se-á nos conceitos principais de engenharia, necessários para o desenvolvimento do projeto, incluindo as tipologias de edifícios, as normas e

regulamentos aplicáveis, e ainda uma introdução aos *softwares* utilizados no processo de dimensionamento e cálculo do projeto.

1.3.3 Caracterização do Projeto

Será descrito em detalhe o edifício em estudo, os critérios de projeto adotados e os materiais escolhidos para a sua construção, fundamentando todas as decisões com base nas necessidades e particularidades do projeto.

1.3.4 Análise das Cargas

Neste capítulo, irão ser indicadas todas as ações que influenciam o edifício tais como cargas permanentes, sobrecargas, ações térmicas, sísmicas e de vento. Também serão apresentadas as combinações de ações aplicadas na modelação estrutural.

1.3.5 Pré-Dimensionamento

Quanto a este ponto, será demonstrado o processo de pré-dimensionamento de todos os elementos estruturais, detalhando os respetivos cálculos utilizados e justificações necessárias para definir as secções e características preliminares da estrutura.

1.3.6 Dimensionamento Estrutural

Este ponto conterà a verificação das condições de segurança de todos os elementos estruturais utilizados, apresentando o dimensionamento final, de acordo com as normas e regulamentações em vigor.

1.3.7 Conclusão

No capítulo final, será apresentado um resumo das principais conclusões retiradas do desenvolvimento do projeto, bem como reflexões sobre o processo e possíveis melhorias ou recomendações para trabalhos futuros.

1.3.8 Referências Bibliográficas

De salientar que todas as fontes consultadas, tais como artigos, normas e outras referências relevantes utilizadas ao longo do trabalho, serão enumeradas de forma detalhada neste capítulo.

1.3.9 Peças Desenhadas

Esta secção conterà os desenhos estruturais dos elementos calculados, assim como as plantas, cortes e alçados do edifício, com base no projeto arquitetónico.

1.3.10 Anexos

Por fim, nos anexos serão incluídos documentos complementares, como cálculos, tabelas, e desenhos técnicos detalhados suportam a análise do projeto.

1.4 Enquadramento Regulamentar

A regulamentação utilizada para a execução deste projeto será a seguinte:

- Eurocódigo 0– Bases para projeto de estruturas (NP EN 1990, 2009)
- Eurocódigo 1 – Ações em Estruturas (NP EN 1991-1-1, 2009);
- Eurocódigo 2 – Projeto de Estruturas de Betão (NP EN 1992-1-1, 2010);
- Eurocódigo 8 – Projeto de Estruturas para resistência aos Sismos (NP EN 1998-1, 2010).

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo servirá de base teórica que, por sua vez, sustentará o desenvolvimento do projeto estrutural. Serão explicados os principais conceitos de engenharia estrutural, as diferentes tipologias de edifícios e respectivas características, as normas e regulamentações aplicáveis ao dimensionamento estrutural e os avanços tecnológicos que influenciam a modelação e análise de estruturas.

2.1 Conceitos Fundamentais de Engenharia Estrutural

A engenharia de estruturas é um ramo essencial da engenharia civil, focando-se na análise, dimensionamento e construção de estruturas que devem resistir a diferentes tipos de ações, mantendo a segurança, funcionalidade e durabilidade durante o seu ciclo de vida. No contexto de edifícios, os conceitos fundamentais focam-se na compreensão do comportamento dos materiais, na análise das forças internas e externas e na interação entre os diversos elementos estruturais. Este capítulo tem como objetivo descrever os princípios básicos que orientam o dimensionamento de estruturas, proporcionando uma base teórica para o projeto em causa.

2.1.1 Forças Internas e Externas

As estruturas são projetadas para resistir a uma variedade de forças internas e externas que afetam o seu desempenho. As forças externas incluem cargas permanentes (peso próprio da estrutura e acabamentos), cargas variáveis (cargas móveis, como pessoas e mobiliário), e ações climáticas e naturais, tais como vento, neve e sismos. Estas forças atuam sobre os elementos estruturais, que por sua vez, as redistribuem ao longo da estrutura até às fundações, onde acabam por ser dissipadas no solo.

As forças internas surgem como resposta às cargas externas e podem ser definidas como:

- Força axial: ocorre ao longo do eixo do elemento estrutural, podendo ser de compressão (esmagamento) ou tração (alongamento).
- Momento fletor: gerado pela tendência de flexão do elemento estrutural sob uma carga transversal.
- Esforço transversal: força interna que atua perpendicularmente ao eixo do elemento, provocando um deslizamento entre as secções transversais.

Desta forma, é crucial uma correta distribuição e dimensionamento dos elementos estruturais como forma de resistir a essas forças, garantindo que a estrutura se mantenha estável e segura ao longo do tempo.

2.1.2 Elementos Estruturais

Os principais componentes de uma estrutura podem ser definidos como, pilares, vigas, lajes e fundações. Cada um desempenha um papel fundamental no comportamento global da edificação:

- Pilares: elementos verticais que suportam as cargas axiais principais, transmitindo-as para as fundações. Também são os elementos mais importantes na resistência sísmica
- Vigas: componentes horizontais que transferem cargas das lajes para os pilares, resistindo principalmente a momentos fletores e esforço transversal.
- Lajes: superfícies horizontais que suportam as cargas distribuídas, como cargas permanentes e cargas variáveis, transferindo-as para as vigas.
- Fundações: elementos que ancoram a estrutura ao solo, distribuindo as cargas da estrutura de forma segura evitando assentamentos ou falhas no solo.

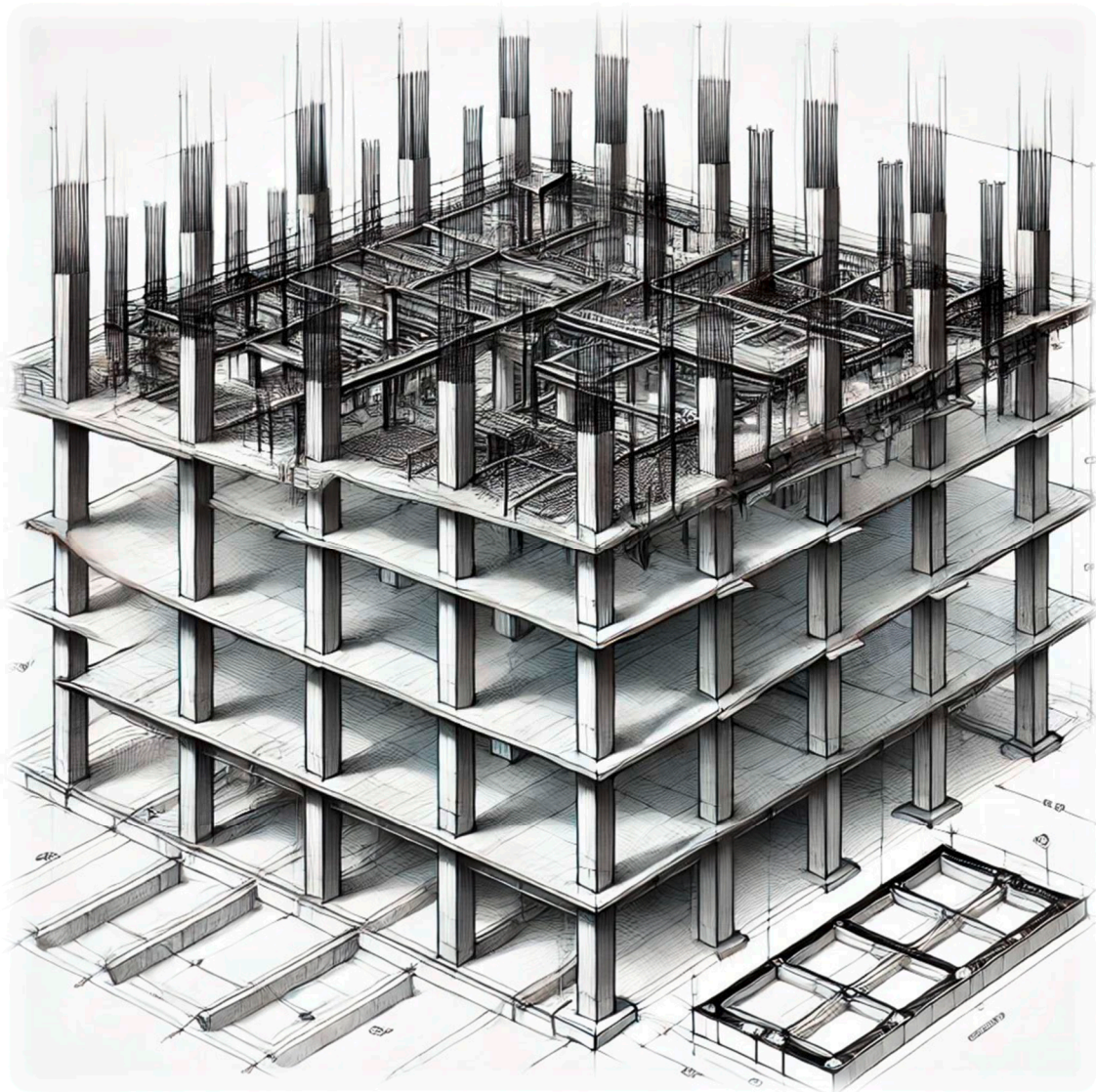


Figura 2-1 - Exemplo de elementos estruturais (Vigas, Pilares, Lajes e Fundações)

2.1.3 Comportamento dos Materiais

Outro conceito fundamental na engenharia estrutural prende-se com o conceito do comportamento dos materiais, uma vez que os materiais utilizados na construção de edifícios como betão, aço, madeira ou alvenaria, devem ser escolhidos com base nas suas propriedades mecânicas, como a resistência à compressão, tração, flexão e corte.

No caso do betão armado, por exemplo, este oferece excelente resistência à compressão mas má resistência à tração. Logo, para culmar esta falha, o aço, que é um material resistente à tração, deve ser utilizado nas armaduras do betão. A

combinação destes materiais permite o dimensionamento de estruturas mais robustas e duráveis, otimizando o comportamento estrutural sob diferentes tipos de esforços.

2.1.4 Análise do Comportamento Estrutural

Ao processo de determinar o comportamento de uma estrutura mediante a ação de cargas externas, dá-se o nome de análise estrutural. Este processo pode ser realizado através de métodos analíticos (cálculos manuais) ou numéricos, com recurso a programas informáticos, como o *Robot Structural Analysis*. A análise permite prever a distribuição de forças internas nos elementos estruturais, os deslocamentos das estruturas e a sua capacidade de resistência a colapsos ou deformações excessivas.

Os principais tipos principais de análise estrutural são:

- Análise elástica linear: onde se assume que a estrutura tem um comportamento linear, ou seja, as deformações que ocorrem são proporcionais às cargas aplicadas, sendo que os materiais seguem a lei de Hooke.
- Análise plástica: considera que, após certo limite, o material entra num estado de deformação permanente (plástico), o que permite uma redistribuição de esforços.

2.1.5 Critérios de Segurança e Estabilidade

A segurança de uma estrutura depende da sua capacidade de resistir às forças internas sem atingir o estado limite último (colapso) ou o estado limite de utilização (por ex: deformações excessivas). Para tal, o dimensionamento deve ser realizado com base em critérios de segurança estabelecidos por normativas, como os Eurocódigos, que especificam coeficientes de segurança e verificações de resistência e estabilidade.

A estabilidade global do edifício, especialmente em edifícios altos ou com caves, envolve a análise de mecanismos como o efeito de pórticos rígidos e a interação solo-estrutura. Deve-se garantir que o edifício resista ao comportamento dinâmico mediante o efeito de sismos e vento.

2.2 Tipologias de Edifícios e Suas Características

Os edifícios podem ser classificados de diversas formas, com base na sua função, no sistema construtivo, na altura ou no tipo de ocupação. Estas tipologias têm influência direta no processo de projeto estrutural, uma vez que cada tipo de edifício apresenta características e exigências próprias que, por sua vez, afetam o comportamento estrutural, as soluções de dimensionamento e a escolha dos materiais. Neste capítulo serão abordadas as principais tipologias de edifícios e as suas características estruturais mais relevantes.

2.2.1 Edifícios Residenciais

Esta tipologia de edifícios são projetados principalmente para um fim habitacional e incluem tipologias como moradias unifamiliares, edifícios multifamiliares (apartamentos) e condomínios. A principal característica estrutural destes edifícios é a distribuição relativamente uniforme das cargas ao longo das áreas habitacionais. Por norma, as cargas variáveis são menores comparativamente com edifícios comerciais ou industriais, sendo que as cargas permanentes (peso próprio e restantes cargas permanentes) são as mais significativas.

Nos edifícios residenciais de múltiplos andares, como o edifício em estudo, é necessário garantir uma adequada transmissão de cargas entre pisos e uma análise rigorosa das lajes, vigas e pilares. Além disso, é importante considerar os espaços comuns, como escadas e elevadores, que podem necessitar de soluções específicas no dimensionamento estrutural, devido a uma maior concentração de cargas e à necessidade de garantir a segurança em caso de ser necessário efetuar uma evacuação.

2.2.2 Edifícios Comerciais

No que toca aos edifícios comerciais, estes destinam-se a atividades de carácter económico, tais como escritórios, lojas, centros comerciais e hotéis. Nestes edifícios, as cargas variáveis podem ser significativamente mais elevadas,

principalmente em áreas de grande circulação de pessoas ou em espaços de armazenamento de mercadorias. Desta forma, é imperativo que o dimensionamento estrutural considere não só as cargas associadas à sua utilização, bem como à flexibilidade de adaptação do espaço a diferentes configurações de *layout*.

Para além disso, em edifícios de grande altura, o que acaba por ser comum no setor comercial, a análise das forças laterais provocadas por efeitos de vento e sismos torna-se crítica, sendo muitas vezes necessário o uso de núcleos rígidos (*core*) ou pórticos estruturais para garantir a estabilidade global da estrutura.

2.2.3 Edifícios Industriais

No caso dos edifícios industriais, como fábricas, armazéns e unidades de produção, estes apresentam características estruturais muito distintas devido ao tipo de carga que suportam. Por norma, estas cargas são muito concentradas, devido ao uso de maquinaria pesada ou à presença de grandes vãos, necessitando de soluções estruturais reforçadas e, por vezes, do uso de materiais como o aço em vez de betão armado.

Outro fator importante prende-se na flexibilidade estrutural já que muitas vezes os edifícios necessitam de ser modificados para dar resposta à procura de novas indústrias. Desta forma, o uso de estruturas modulares ou sistemas pré-fabricados acaba por tornar-se na opção mais comum neste tipo de construção.

2.2.4 Edifícios Mistos

Tal como o nome indica, esta tipologia de edifícios combina um misto de diferentes funções, como habitação, comércio e serviços, num único edifício. Os edifícios mistos são cada vez mais comuns nas áreas urbanas, onde é uma prioridade a otimização do uso do solo. No entanto, esta tipologia de edifícios apresenta desafios adicionais, como a necessidade de integrar diferentes sistemas estruturais para suportar áreas com diferentes cargas. Por exemplo, e o que acaba por ser mais comum, é que um edifício tenha áreas comerciais nos primeiros pisos, onde as cargas variáveis são mais elevadas, e pisos residenciais nos andares superiores, onde as cargas são mais distribuídas.

Neste caso, o importante passa por garantir a compatibilidade entre os diferentes sistemas construtivos e funcionais, considerando a segurança global do edifício todo, tanto em termos estruturais como de evacuação e proteção contra incêndios.

2.2.5 Edifícios com Caves

Nesta tipologia, edifícios com caves, é na categoria onde se encaixa o projeto em causa e é também onde se apresentam desafios estruturais adicionais. A construção de caves exige uma análise detalhada da interação solo-estrutura, uma vez que as paredes da cave estão sujeitas a pressões laterais do solo e, em alguns casos, à pressão hidrostática, caso o nível freático esteja próximo da superfície. Neste caso, o nível freático não está presente e, por isso, não é contabilizado nos cálculos.

Além disso, o uso das caves, como para garagens ou áreas técnicas, pode implicar a necessidade de resistência a cargas concentradas, como veículos, exigindo uma estrutura robusta e bem dimensionada. Outro aspeto crítico em edifícios com caves, prende-se com o fator impermeabilização, que deve ser assegurada para evitar problemas de infiltração de água que podem comprometer a durabilidade e estabilidade do edifício.

2.2.6 Edifícios Altos

Por último, os edifícios altos (arranha-céus ou torres) são uma categoria específica de edifícios que enfrentam desafios particulares no seu dimensionamento estrutural. Nesta tipologia de edifícios, as cargas de vento e sismos têm um papel crucial, sendo muitas vezes mais impactantes do que as cargas verticais. Para resistir a estas forças laterais, são utilizadas estratégias como pórticos rígidos, núcleos estruturais (*core*), contraventamentos e sistemas de amortecimento.

Outro fator relevante a considerar nos edifícios altos é o efeito de encurvadura em pilares longos e a necessidade de controlar os deslocamentos laterais, garantindo que o edifício permaneça dentro de limites aceitáveis de deformação para o conforto e segurança dos seus ocupantes.

2.3 Normativas e Regulamentação (Eurocódigos e Normas Nacionais)

O dimensionamento estrutural de edifícios encontra-se regulamentado rigorosamente por um conjunto de normas e códigos que visam garantir a segurança, funcionalidade e durabilidade das estruturas. Estas normativas definem os critérios de projeto e os métodos de verificação que devem ser seguidos como forma de assegurar que as construções resistam às cargas e ações a que estarão sujeitas ao longo da sua vida útil. Em Portugal, à semelhança de países da união europeia, o cumprimento das normas europeias conhecidas como Eurocódigos é obrigatório para o projeto estrutural, complementado por regulamentos nacionais específicos. Este capítulo assenta nas principais normas e regulamentações aplicáveis ao projeto de estruturas.

2.3.1 Eurocódigos

Os Eurocódigos, tal como o nome indica, são um conjunto de normas e directrizes europeias harmonizadas e implementadas em todos os estados-membros e que fornecem princípios e regras gerais para o projeto de estruturas de diferentes materiais e para diferentes tipos de ações. Os Eurocódigos, oferecem uma abordagem unificada ao dimensionamento estrutural, com a flexibilidade de poderem ser adaptados às condições nacionais mediante a utilização de Anexos Nacionais. Os Eurocódigos cobrem uma vasta gama de tópicos, desde a resistência dos materiais até à análise de sismos e vento.

Dentro das normas presentes no Eurocódigo, salientam-se abaixo as mais relevantes para o presente projeto em causa:

- Eurocódigo 0: Base de Dimensionamento Estrutural (NP EN 1990: 2009)
Define os princípios gerais e requisitos fundamentais para o dimensionamento e verificação da segurança estrutural. O Eurocódigo 0 estabelece a metodologia para combinar ações permanentes e variáveis, utilizando coeficientes de segurança apropriados.
- Eurocódigo 1: Ações em Estruturas (NP EN 1991: 2009)
Fornecer as diretrizes para a definição das cargas que atuam sobre uma estrutura, incluindo cargas permanentes, cargas variáveis, cargas de vento, de

neve e ações sísmicas. Para o projeto de edifícios residenciais com múltiplos pisos, como o presente estudo, este código define as cargas mínimas a serem consideradas em função do uso da estrutura.

- Eurocódigo 2: Projeto de Estruturas de Betão (NP EN 1992: 2010) Especifica os requisitos para o projeto de estruturas de betão armado e pré-esforçado. O Eurocódigo 2 define os critérios de cálculo da resistência dos elementos estruturais em betão (pilares, vigas, lajes, fundações) e os métodos para garantir a sua durabilidade ao longo do tempo, considerando fatores como a exposição ambiental e a vida útil da estrutura.
- Eurocódigo 8: Projeto de Estruturas Sismo-Resistentes (NP EN 1998: 2010) É particularmente importante em zonas de elevada atividade sísmica, como algumas regiões de Portugal. Este código estabelece os critérios de dimensionamento para garantir que as estruturas resistam adequadamente a eventos sísmicos, minimizando o risco de colapso e protegendo a vida humana. Para edifícios como o do presente projeto, o Eurocódigo 8 define as verificações de segurança para sismos, tanto para as cargas verticais como para as forças horizontais.

2.3.2 Anexos Nacionais e Adaptação Local

Embora os Eurocódigos sejam aplicáveis a todos os estados-membros da União Europeia, cada país tem a liberdade de adaptar certos parâmetros aos seus próprios contextos através de Anexos Nacionais. No caso de Portugal, os Anexos Nacionais ajustam parâmetros como fatores de segurança, coeficientes de ação e métodos de cálculo específicos, de forma a refletir as condições ambientais, climáticas e sísmicas do país. Por exemplo, de acordo com a Cláusula 4.4.3.2(2) do Anexo Nacional do NP EN 1998-1 (2010), a ação sísmica é caracterizada com diferentes coeficientes, dependendo da localização geográfica e da tipologia do terreno. Em Portugal, esta adaptação é particularmente relevante para as regiões de alta atividade sísmica, onde o valor da aceleração sísmica de base é ajustado para garantir uma resposta eficiente da estrutura em caso de sismo."

2.3.3 Importância da Conformidade Normativa

O cumprimento das normas e regulamentações é essencial para garantir a segurança estrutural e a durabilidade de um edifício. A não aplicabilidade dos critérios estabelecidos nas normas pode resultar em estruturas mal dimensionadas, que por sua vez, podem apresentar falhas durante a sua vida útil, colocando em risco a integridade física dos seus ocupantes assim como elevar os custos de manutenção ou reparação da estrutura. Por esta razão, o projeto estrutural deve ser desenvolvido com rigor, utilizando as metodologias prescritas pelos Eurocódigos e complementado pelos regulamentos nacionais aplicáveis, garantindo que o edifício atenda a todos os requisitos de segurança e desempenho.

2.4 Avanços Tecnológicos na Modelação e Dimensionamento Estrutural

Os avanços tecnológicos desempenham um papel crucial na evolução da engenharia estrutural, transformando a forma como os projetos são modelados, analisados e dimensionados. As constantes inovações no campo da computação, *software* de simulação e métodos de análise têm permitido aos engenheiros civis criar projetos cada vez mais precisos, eficientes e seguros. Este capítulo explora os principais avanços tecnológicos que têm impactado a modelação e o dimensionamento estrutural, destacando ferramentas e métodos modernos utilizados em projetos de edifícios.

2.4.1 Modelação Estrutural em 3D

A modelação tridimensional (3D) tornou-se uma prática padrão na engenharia estrutural moderna, devido à sua capacidade de representação digital das estruturas de forma precisa e detalhada. Com *softwares* como o *Robot Structural Analysis*, os engenheiros conseguem modelar todos os elementos estruturais do edifício, desde as fundações até à cobertura, em três dimensões. Abordagem essa que por sua vez, oferece diversas vantagens:

- Visualização detalhada: A modelação *3D* permite uma visualização mais nítida da interação entre os elementos estruturais, facilitando a identificação de possíveis conflitos e a otimização do *layout* estrutural.
- Simulação de cargas: Permite a aplicabilidade de diferentes tipos de carregamentos (permanentes, variáveis, vento, sismos) diretamente no modelo, o que melhora a precisão das análises de esforço e deformação.
- Integração com arquitetura: A modelação *3D* facilita a colaboração entre os diferentes intervenientes no projeto, como os arquitetos e os engenheiros de sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos.

Essa tecnologia permite uma análise estrutural mais eficiente que proporciona resultados detalhados e que serve como base para fundamentar uma decisão mais informada para o dimensionamento.

2.4.2 Análise Estrutural Avançada

No ramo da análise estrutural avançada, com os avanços nos algoritmos e métodos de cálculo, a análise estrutural também passou por significativas melhorias. Através dos *softwares* modernos de análise estrutural, como o *Robot Structural Analysis* e o *ETABS*, é possível realizar nos dias de hoje análises complexas com grande precisão, incluindo:

- Análise não-linear: Este tipo de análise considera o comportamento não-linear dos materiais e das estruturas, o que é fundamental em situações como sismos ou cargas de grande intensidade. Fundamenta a previsão de como a estrutura se irá comportar quando exposta para além do seu limite elástico, fornecendo uma análise mais precisa da capacidade de carga, bem como das possíveis falhas.
- Análise de dinâmica estrutural: A capacidade de simular o comportamento dinâmico das estruturas, especialmente para edifícios em zonas sísmicas, é uma análise que permite avaliar o comportamento da estrutura sob ações como sismos e cargas de vento, garantindo o dimensionamento adequado para resistir a esses fenómenos.

- Métodos de Elementos Finitos (FEM): A utilização do método de elementos finitos, permite subdividir a estrutura em pequenas partes (elementos) para uma análise detalhada, fomentando uma visão mais precisa dos esforços internos e das tensões que atuam sobre a estrutura e permitindo otimizações no dimensionamento.

Em suma, esses métodos avançados de análise melhoram significativamente a capacidade de previsão do comportamento real da estrutura, resultando em projetos mais seguros e eficientes.

2.4.3 Automação no Cálculo e Dimensionamento

A automação no cálculo estrutural através da utilização de ferramentas especializadas oferece uma maior simplificação dos processos outrora complexos e manuais. Programas como o *Ftool*, facilitam a análise de sistemas bidimensionais, permitindo calcular rapidamente esforços em vigas, pilares e lajes. Ao combinar essas ferramentas com *softwares* mais robustos de análise tridimensional, é possível automatizar grande parte do dimensionamento estrutural, melhorando a eficiência e reduzindo o tempo necessário para a conclusão do projeto.

Outro ponto benéfico prende-se com o facto de muitos *softwares* modernos já incorporam códigos de dimensionamento (como os Eurocódigos), permitindo que o dimensionamento dos elementos estruturais seja automaticamente verificados com base nas normativas aplicáveis.

3 Caracterização do Projeto

Este capítulo pretende demonstrar detalhadamente as características do projeto em estudo, fornecendo uma visão clara sobre o edifício, as suas funcionalidades, e as principais condicionantes de projeto. A caracterização de um projeto estrutural é fundamental para definir os requisitos técnicos que irão servir de orientação para as etapas de modelação e dimensionamento, garantindo a fiabilidade do projeto final em matéria de segurança, funcionalidade e viabilidade construtiva.

3.1 Descrição Geral do Edifício

Tal como mencionado anteriormente, o edifício em questão estará situado na zona de Algueirão – Mem Martins (Figura 3-1), é composto por sete pisos, incluindo dois andares de cave e cinco andares acima do solo. Este projeto visa responder às necessidades habitacionais da região, proporcionando conforto e segurança aos futuros moradores.

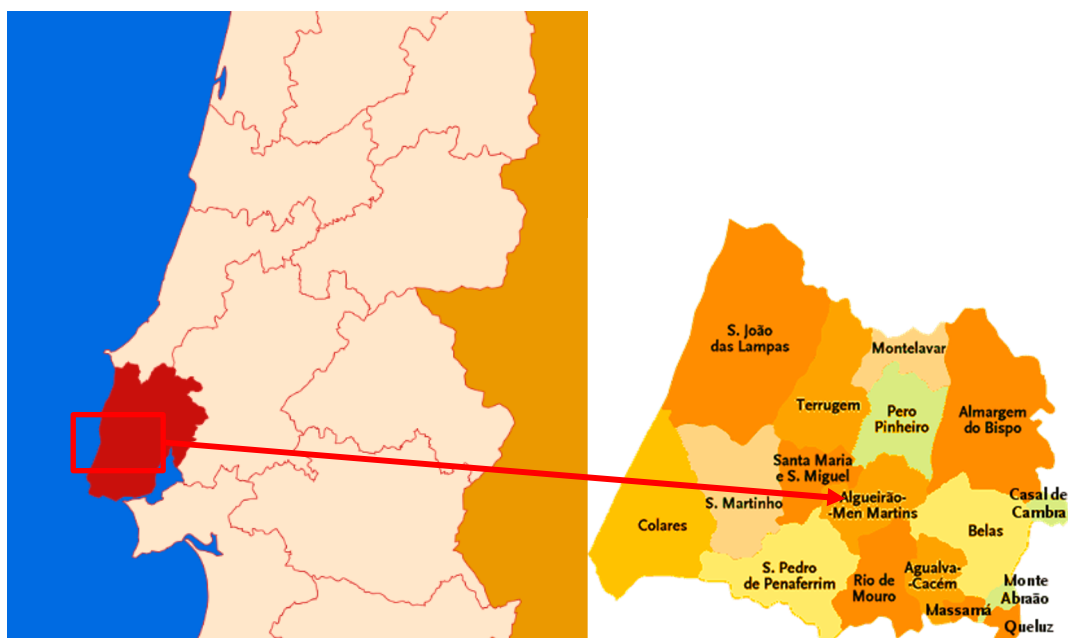


Figura 3-1 - Localização geográfica do edifício

3.1.1 Características Estruturais

A estrutura do edifício será composta predominantemente por betão armado e as características estruturais incluem:

- Caves: Os dois níveis de cave destinam-se ao estacionamento e a áreas técnicas, sendo projetados para o suporte de cargas de veículos.
- Pisos superiores: Os cinco andares acima do solo são dedicados a unidades habitacionais, com uma diversidade de tipologias que podem incluir apartamentos de um, dois e três quartos. Cada piso é projetado para otimizar a utilização do espaço, oferecendo áreas comuns e privadas confortáveis e funcionais. Por esse motivo, é importante compatibilizar a componente estrutural com a solução arquitetônica.

O piso térreo encontra-se na Figura 3-3 e é um piso distinto dos restantes, tendo o pé direito superior aos outros e parte da laje contém áreas ajardinadas.

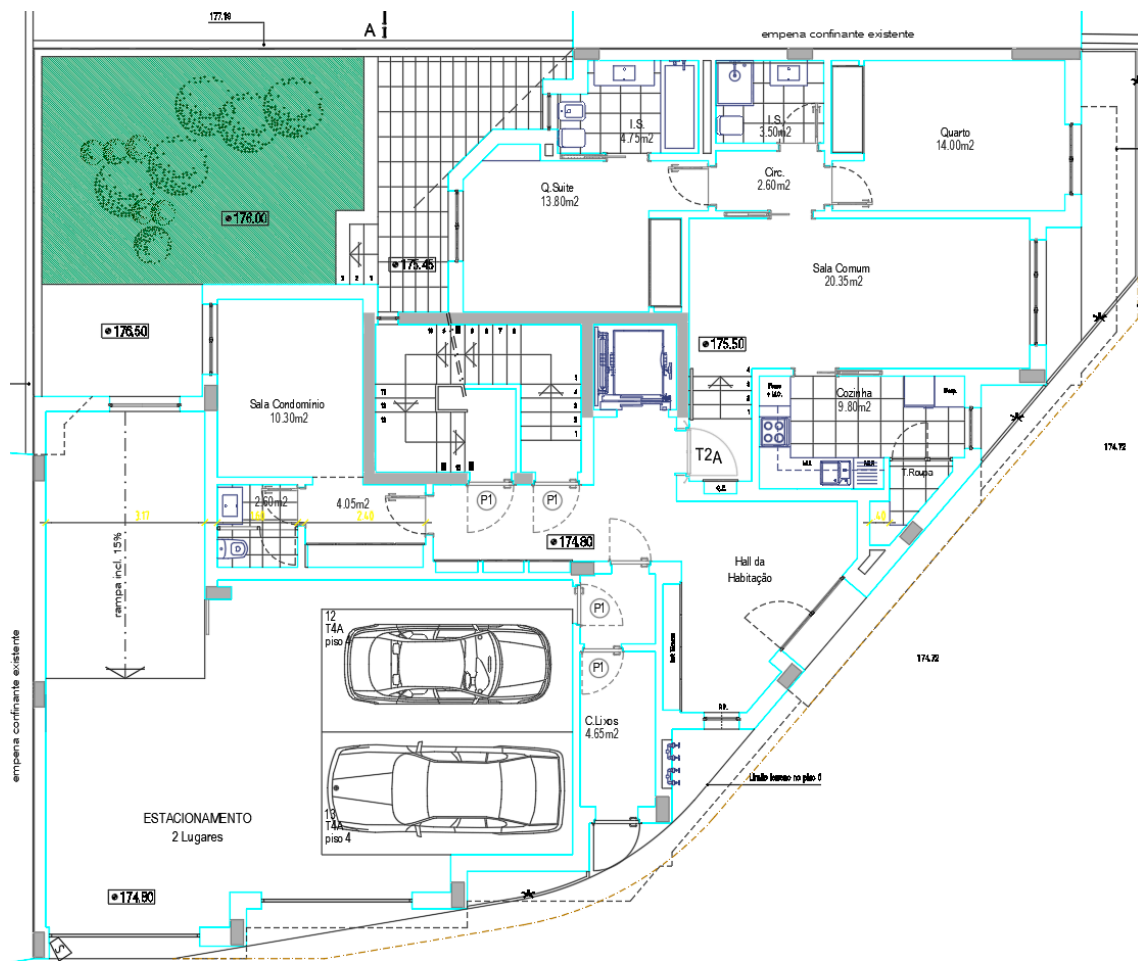


Figura 3-3 - Piso térreo do edifício

O piso seguinte é o andar que mais se repete no edifício, sendo por isso o utilizado para pré-dimensionamento (Figura 3-4).

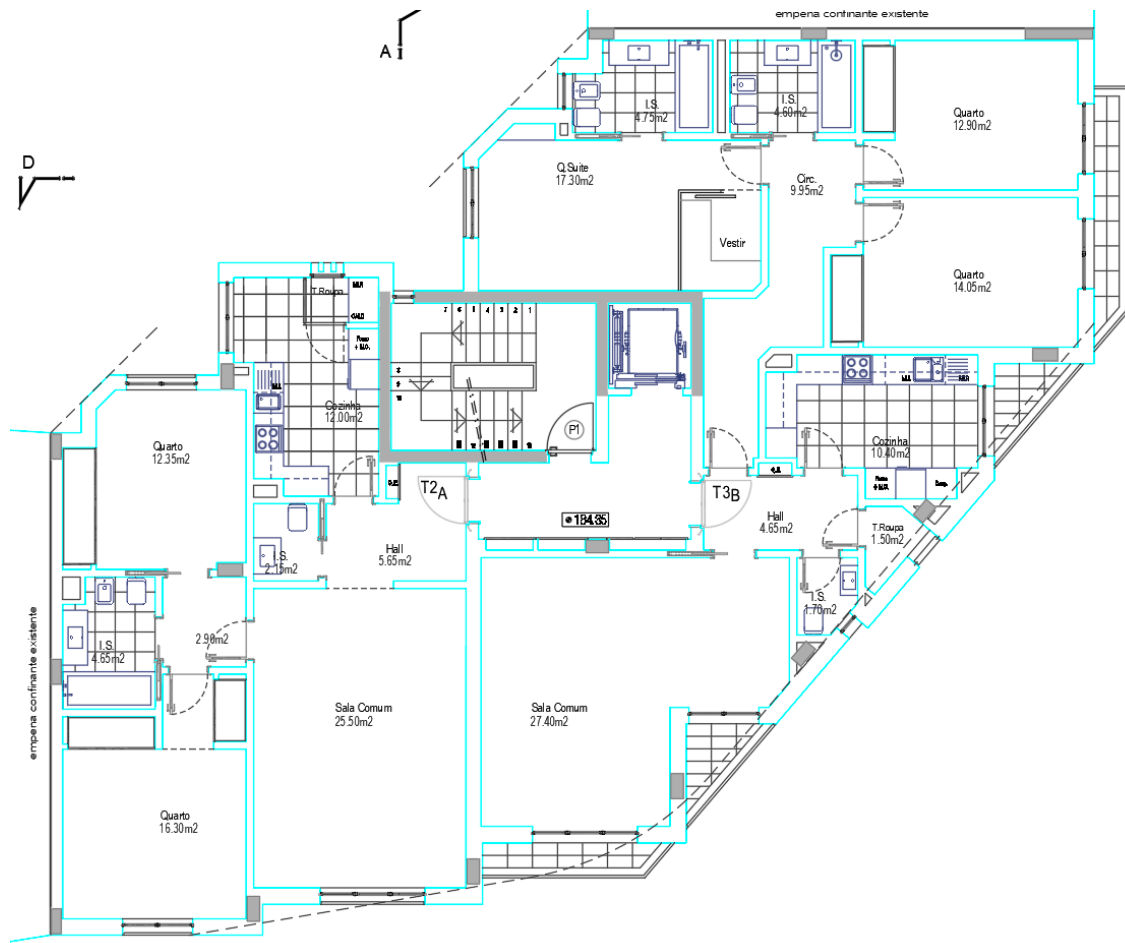


Figura 3-4 - Andar tipo dos pisos elevados

A próxima figura (Figura 3-5) expõe o último andar do edifício, que contém diferenças do piso tipo.

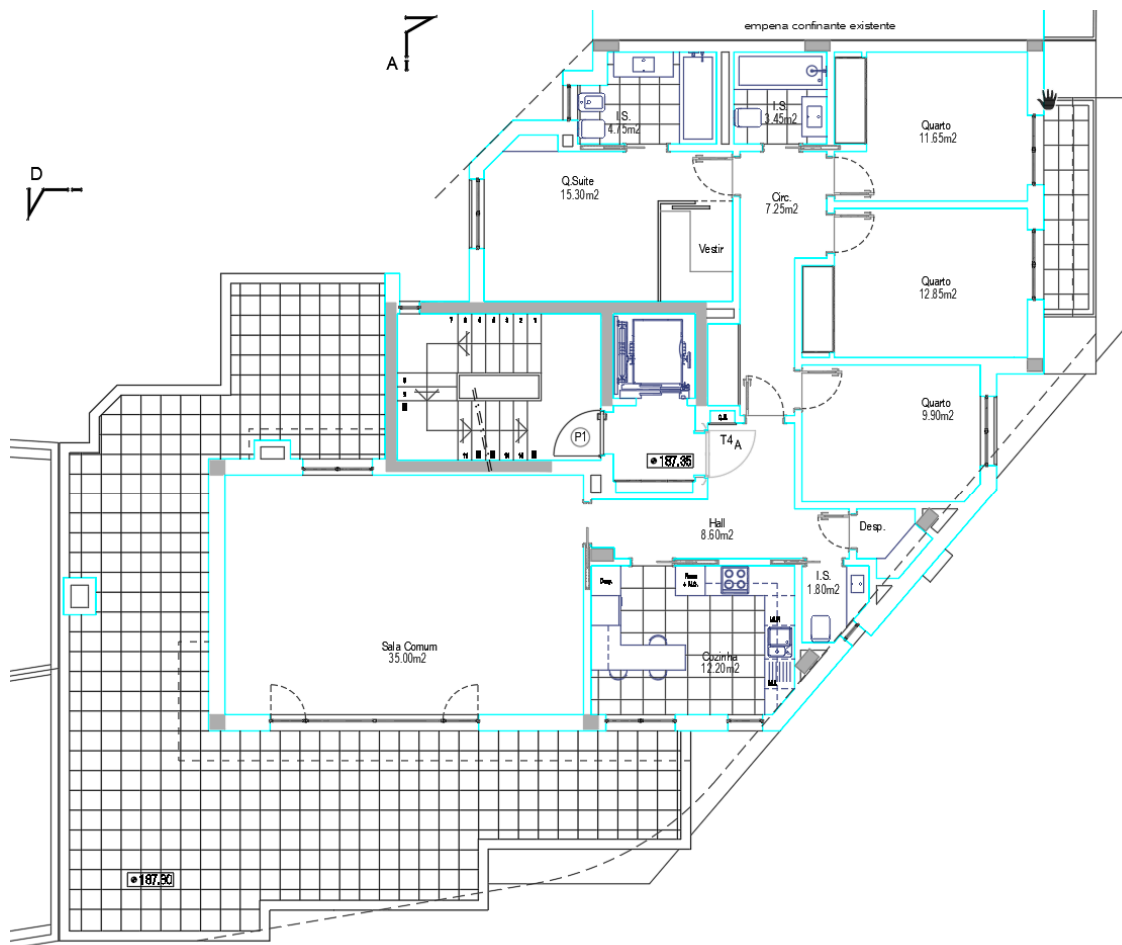


Figura 3-5 - Último piso do edifício

A Figura 3-6 apresenta a cobertura do edifício.

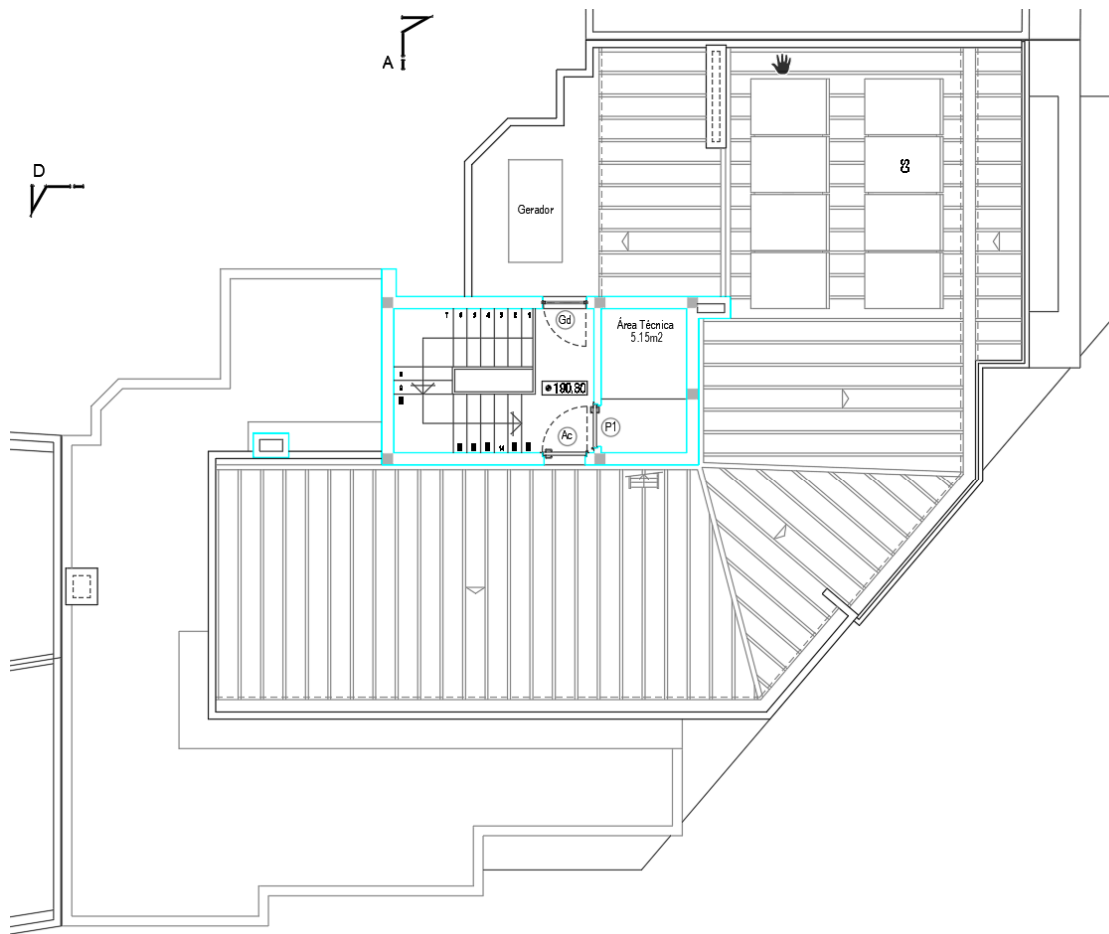


Figura 3-6 - Vista em planta da cobertura

Em termos de cortes arquitetônicos, as Figuras 3-7 e 3-8 apresentam o projeto concebido arquitetonicamente.

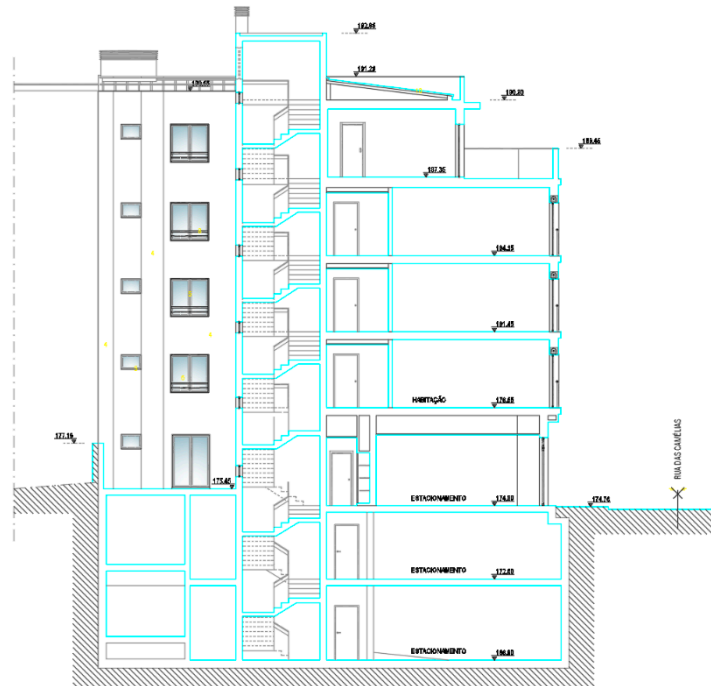


Figura 3-7 – Corte A-B do edifício

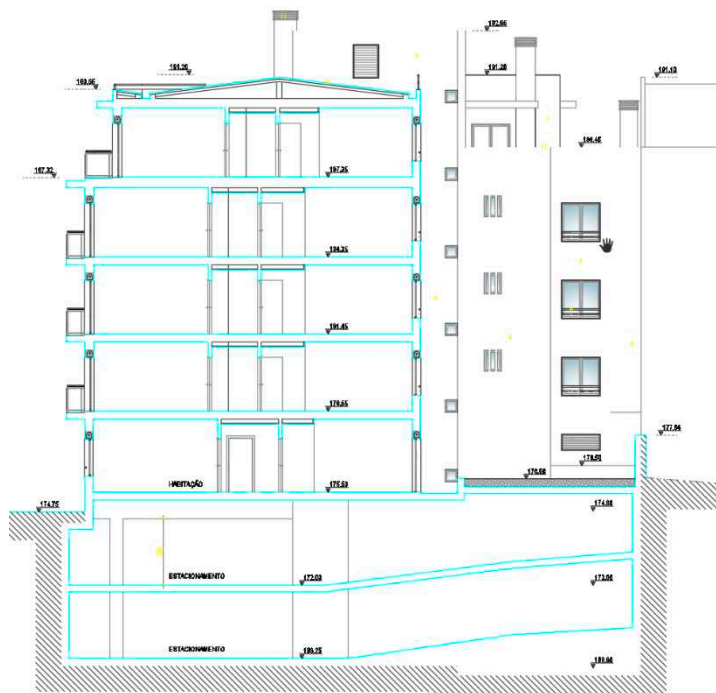


Figura 3-8 - Corte C-D do edifício

As Figuras 3-9 e 3-10 apresentam os alçados exteriores visíveis do edifício.



Figura 3-9 - Alçado principal Esquerdo



Figura 3-10 - Alçado principal Direito

3.1.3 Solução de parede

Para alinhar a estrutura com a arquitetura, foram propostas duas soluções para as paredes, que foram cuidadosamente desenvolvidas para se adequar às suas dimensões em projeto, que podem ser observadas abaixo:

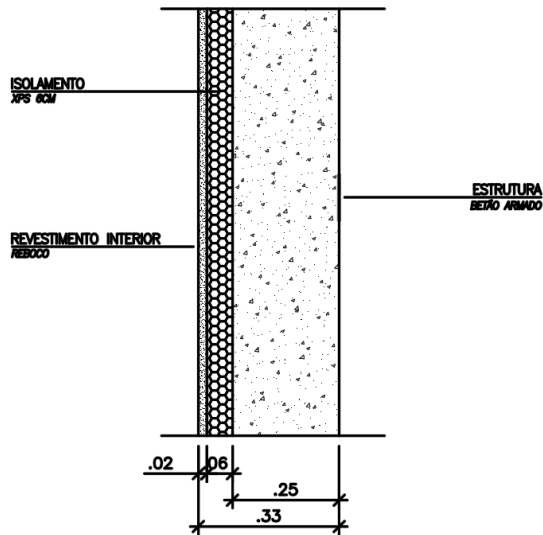


Figura 3-11 – Parede Exterior da Cave

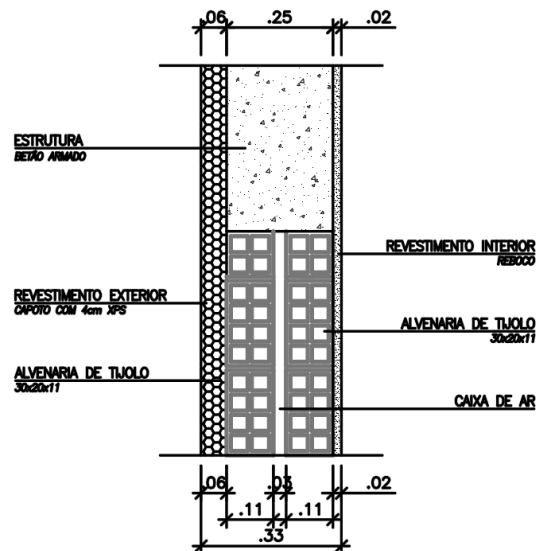


Figura 3-12 - Parede Exterior do Edifício

Esta análise possibilitou um adequado enquadramento dos pilares e vigas, garantindo espaço suficiente para a integração de todos os elementos térmicos e acústicos exigidos pela legislação atual.

3.2 Critérios de Projeto

Os critérios de projeto são fundamentais para assegurar que o edifício repita os requisitos de segurança, funcionalidade, sustentabilidade, e que esteja em conformidade com as normativas vigentes. Esta seção descreve os principais critérios que servem de guia para o desenvolvimento do projeto estrutural do edifício residencial em Algueirão – Mem Martins.

3.2.1 Tempo de vida útil do projeto

Pode-se definir o tempo de vida útil de um projeto, como o período durante o qual a estrutura é concebida para manter-se em condições de segurança e funcionalidade, sem incorrer em custos de manutenção imprevistos.

Esta classificação é baseada na cláusula CL.2.3 do EC0, que especifica o tempo de vida útil em função do tipo de estrutura a ser construída. Para este projeto, o edifício está classificado na categoria 4, o que implica um tempo de vida útil estimado de 50 anos (segundo a Tabela 3-1).

Tabela 3-1 - Categorias e valor indicado do tempo de vida útil para estruturas.

Categoria do tempo de vida útil de projeto	Valor indicado do tempo de vida útil de projeto (anos)	Exemplos
1	10	Estruturas provisórias
2	10 a 25	Componentes estruturais substituíveis, por exemplo vigas-carril, apoios
3	15 a 30	Estruturas agrícolas e semelhantes
4	50	Estruturas de edifícios e outras estruturas correntes
5	100	Estruturas de edifícios monumentais, pontes e outras estruturas de engenharia civil

3.2.2 Classes de Ductilidade

A ductilidade define-se como a propriedade de um material que lhe permite deformar-se sob a ação de uma força sem chegar à ruptura. Essa capacidade proporciona às estruturas uma maior tolerância a forças em comparação com materiais que não são dúcteis. O Eurocódigo 8 (EC8) estabelece três classes de ductilidade:

3.2.2.1 DCL – Classe de Ductilidade Baixa

De acordo com a Cl.5.3.1 do EC8, esta classe é recomendada apenas em casos de baixa sismicidade (NP EN 1998-1, 2009). Neste contexto, o Eurocódigo 2 (EC2) é o apropriado para o projeto, pois as forças sísmicas não têm um impacto significativo no dimensionamento. Assim, a resposta estrutural é maioritariamente considerada em regime elástico, com uma baixa capacidade de deformação antes de atingir a ruptura.

3.2.2.2 DCM – Classe de Ductilidade Média

A classe de ductilidade média, descrita na Cl.5.4 do EC8, apresenta requisitos específicos para os materiais (como a classe mínima de betão e a classe do aço), além de restrições geométricas e de esforços de cálculo. Estruturas nesta classe adotam uma resposta não elástica em relação a sismos, evitando assim rupturas frágeis.

3.2.2.3 DCH – Classe de Ductilidade Alta

Por sua vez, a terceira classe de ductilidade é caracterizada por altos níveis de plasticidade, decorrentes de regras de dimensionamento rigorosas, taxas de armadura e disposições construtivas mais complexas comparativamente à classe anterior. Tanto a DCM quanto a DCH são adequadas para zonas de sismicidade média e alta,

apresentando um coeficiente de comportamento superior a 1,5. Esse coeficiente é utilizado para reduzir as forças na análise linear, permitindo que a estrutura resista à resposta não linear. Para garantir a resistência dessas estruturas, todos os pontos vulneráveis são analisados, prevenindo rupturas frágeis, como aquelas provocadas por esforços transversos.

3.2.2.4 Classe de Ductilidade escolhida

Neste projeto, irá ser utilizada a Classe de Ductilidade Média. Esta escolha fundamenta-se pela dimensão da obra e da sua localização, permitindo construir um edifício mais económico, uma vez que os requisitos dos materiais são menos exigentes em comparação à classe mais resistente.

3.3 Materiais Estruturais

Como forma de garantir a resistência do edifício, os materiais utilizados serão compostos por betão armado. De acordo com a Cl.5.4.1.1 do Eurocódigo 8 (EC8), para estruturas da Classe de Ductilidade Média (DCM), é essencial cumprir os seguintes requisitos mínimos, assegurando as características necessárias de resistência estrutural e ductilidade:

1. **Classe de Betão:** Nos elementos sísmicos primários, o betão utilizado não deve ser inferior à classe C 16/20.
2. **Armadura:** Com exceção dos estribos fechados e ganchos, nas zonas críticas dos elementos sísmicos primários, é permitido o uso apenas de varões nervurados na armadura.
3. **Classe do Aço:** Nas zonas críticas dos elementos sísmicos primários, a armadura deve ser feita de aço das classes B ou C, conforme a norma EN 1992-1-1:2004 (ver Quadro C.1).

Esses requisitos garantem que os materiais estruturais utilizados sejam adequados para suportar as exigências sísmicas, proporcionando a segurança e estabilidade do edifício.

3.3.1 Classes de Exposição

Pode-se definir classes de exposição como as condições ambientais às quais os materiais estruturais estarão expostos durante a sua vida útil. A correta classificação das classes de exposição é fundamental para assegurar a durabilidade e a resistência do betão armado ao longo do tempo. Segundo a norma NP EN 206-1, as classes de exposição são definidas tendo em conta diferentes fatores, como a presença de água, agentes agressivos e as condições climáticas. De seguida é possível verificar as principais classes de exposição:

3.3.1.1 Classe X0 – Ausência de Agressão

Esta classe é utilizada em ambientes que não apresentam agentes agressivos, como em estruturas internas que não estão expostas à água ou produtos químicos. O betão utilizado deve ter resistência adequada, no entanto as exigências de durabilidade são mínimas.

3.3.1.2 Classe XC – Agressão por Carbonatação

Nesta classe, o betão está exposto à carbonatação que consiste num processo que pode reduzir a proteção do aço de armadura. Desta forma, é crucial utilizar betão com uma resistência à carbonatação para aumento da sua resistência e durabilidade.

3.3.1.3 Classe XD – Agressão por Cloretos

Quando o betão encontra-se exposto a ambientes com cloretos, como acontece em estruturas próximas ao mar ou expostas a descongelantes, requer cuidados especiais, tais como a utilização de aditivos ou por selecionar betões com menor permeabilidade como forma de prevenção da corrosão do aço.

3.3.1.4 Classe XF – Agressão por Ciclos de Congelamento e Descongelo

Essa classe é aplicável a estruturas que podem ser afetadas por ciclos de congelamento e descongelamento, onde a resistência à fissuração do betão é essencial. Desta forma, devem ser utilizados betões com propriedades específicas para suportar essas condições.

3.3.1.5 Classe XA – Agressão Química

Quando o betão é exposto a substâncias químicas agressivas, como ácidos ou bases, a Classe XA deve ser considerada pois para garantir a durabilidade da estrutura devem ser utilizados materiais com resistência química.

3.3.1.6 Seleção de Materiais em Função das Classes de Exposição

A seleção do tipo de betão, a adição de aditivos e a escolha da armadura devem considerar a classe de exposição à qual a estrutura estará sujeita. No projeto em causa, concluí-se que os elementos interiores e exteriores da estrutura, que não têm contacto direto com o terreno e que apresentam baixa humidade, pertencem à classe de exposição XC1. Não obstante, os elementos que estão em contacto direto com o terreno, tais como as fundações e os muros de contenção da cave, fazem parte da classe XC2.

3.3.2 Betão

Depois de atribuída a classe de exposição ambiental, foi necessário consultar a tabela do Quadro 6 do LNEC E464 (Tabela 2), para determinar a classe mínima do betão a ser utilizado. Este quadro é fundamental, pois estabelece as diretrizes para garantir a proteção das armaduras tendo em conta a composição do betão, bem como a integridade estrutural da construção, e tendo em vista as condições ambientais a que a estrutura estará sujeita.

Na tabela abaixo, é possível verificar os limites da composição da classe de resistência do betão sob ação do dióxido de carbono, para uma vida útil de 50 anos:

Tabela 3-2 - Características a utilizar consoante o cimento e a exposição.

Tipo de cimento	CEM I (Referência); CEM II/A ⁽¹⁾				CEM II/B ⁽¹⁾ ; CEM III/A ⁽²⁾ ; CEM IV ⁽²⁾ ; CEM V/A ⁽²⁾			
	XC1	XC2	XC3	XC4	XC1	XC2	XC3	XC4
Classe de exposição	XC1	XC2	XC3	XC4	XC1	XC2	XC3	XC4
Mínimo recobrimento nominal (mm)	25	35	35	40	25	35	35	40
Máxima razão água/cimento	0,65	0,65	0,60	0,60	0,65	0,65	0,55	0,55
Mínima dosagem de cimento, C (kg/m ³)	240	240	280	280	260	260	300	300
Mínima classe de resistência	C25/30 LC25/2 8	C25/30 LC25/2 8	C30/37 LC30/3 3	C30/37 LC30/3 3	C25/30 LC25/28	C25/30 LC25/28	C30/37 LC30/33	C30/37 LC30/33
⁽¹⁾ Não aplicável aos cimentos II/A-T e II/A-W e aos cimentos II/B-T e II/B-W, respetivamente.								
⁽²⁾ Não aplicável aos cimentos com percentagem inferior a 50% de clínquer Portland, em massa.								

Tendo em conta os conceitos explicados anteriormente, para a classe de exposição XC1, que se caracteriza por uma baixa humidade e menor risco de carbonatação, a classe mínima de betão é de C25/30. Também para a classe de exposição XC2, mesmo existindo um maior potencial de carbonatação e risco de corrosão das armaduras, a classe mínima de betão continua a ser de C25/30. Esta classe é suficiente para assegurar a durabilidade da estrutura ao longo de uma vida útil de 50 anos, considerando a ação moderada do dióxido de carbono.

Desta forma, a composição do betão deve incluir aditivos que possam melhorar a sua resistência à carbonatação, tais como inibidores de corrosão ou agentes que reduzem a permeabilidade, contribuindo assim para a proteção das armaduras.

Após análise, foi inicialmente decidido utilizar betão de resistência C25/30 para o pré-dimensionamento da estrutura. Não obstante, esta escolha poderá ser revista caso se verifique uma resposta estrutural inadequada em relação às exigências do edifício. A tabela seguinte, apresenta as principais características do betão escolhido (C25/30):

Tabela 3-3 - Características do Betão C25/30.

Betão C25/30		
f_{ck}	Valor da tensão de rotura à compressão (t = 28 dias)	25 [MPa]
f_{cd}	Valor de cálculo da tensão de rotura à compressão	16,7 [MPa]
f_{ctm}	Valor médio da tensão de rotura à tração simples	2,6 [MPa]
ξ	Coefficiente de amortecimento relativo	5%
E_{cm}	Valor do módulo de elasticidade	31 [GPa]
γ_c	Peso volúmico do betão	24 [kN/m ³]
ν_c	Coefficiente de Poisson	0,2

3.3.3 Aço

O aço utilizado no projeto desempenhará um papel crucial na garantia de ductilidade nas zonas críticas da estrutura, permitindo que ocorra uma deformação plástica sob a ação de cargas variáveis de média a alta intensidade, ao invés de uma falha súbita. Para alcançar esse comportamento, optou-se preliminarmente pela Classe C de aço, sendo escolhido o tipo A500 NR SD. As características específicas deste aço estão detalhadas na Tabela 3-4.

Tabela 3-4 - Características do aço A500 NR SD

Aço A500 NR SD		
f_{yk}	Valor característico da tensão de cedência do aço	500 [MPa]
f_{yd}	Valor de cálculo da tensão de cedência do aço	435 [MPa]
E_s	Valor do módulo de elasticidade do aço	200 [GPa]
γ_s	Peso volúmico do aço	77 [kN/m ³]
ϵ_{yd}	Valor de cálculo da extensão de cedência	0,00218

4 Análise das Cargas

A análise das cargas que atuam sobre a estrutura consiste num dos aspetos fundamentais do dimensionamento de um edifício. As cargas podem ser permanentes ou variáveis e devem ser devidamente combinadas e ponderadas de acordo com as normas de projeto, nomeadamente os Eurocódigos, garantindo que a estrutura resiste às solicitações previstas ao longo da sua vida útil. Neste capítulo serão descritos os principais tipos de ações consideradas no projeto, incluindo as cargas permanentes, sobrecargas, ações térmicas e sísmicas, e as combinações de ações para os estados limites últimos e de utilização.

4.1 Ações

4.1.1 Carga Permanente

Estas cargas, tal como o nome indica, são aquelas que permanecem constantes ao longo do tempo incluindo o próprio peso dos elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes e fundações, assim como elementos não estruturais, como paredes, revestimentos, coberturas, e os acabamentos interiores e exteriores. Estas cargas devem ser calculadas de forma rigorosa, visto que são cruciais para o comportamento estático e dinâmico da estrutura.

4.1.2 Sobrecargas

Por sua vez, as sobrecargas são cargas de carácter variável e que dependem da utilização do edifício. Incluem, por exemplo, o peso das pessoas, móveis, equipamentos, e outras cargas móveis que variam ao longo da vida útil do edifício. Estas ações são definidas de acordo com a função do edifício (residencial, comercial, industrial, etc.) e são regulamentadas pelo EC1. Este regulamento, transpõe as utilizações específicas que regem os valores a utilizar. Na tabela 4-1, presente na Cl.6.3, é possível verificar os casos que se adequam à estrutura em análise:

Tabela 4-1 - Utilizações previstas para o edifício.

Categoria	Utilização específica	Exemplos
A	Atividades domésticas e residenciais	Salas em edifícios de habitação; quartos e enfermarias de hospitais; quartos de hotéis, cozinhas e lavabos.
F	Locais de circulação e de estacionamento para veículos ligeiros (≤ 30 kN de peso bruto e ≤ 8 lugares, não incluindo o do condutor)	Garagens; zonas de estacionamento; zonas de estacionamento em altura
H	Coberturas não acessíveis, exceto para operações de manutenção e reparação correntes	---

Tendo em conta a informação presente no Quadro 6.2 do Anexo Nacional para a categoria A e o Quadro 6.8, na Nota 1, do EC1 (NP EN 1991-1-1:2009) para o valor das sobrecargas e no Quadro A1.1 do anexo A1 do EC0 (NP EN 1990:2009) para os coeficientes de combinação, concluí-se que os valores de sobrecarga a utilizar e os valores de combinação, estão presentes na seguinte tabela 4-2.

Tabela 4-2 - Valor das sobrecargas a aplicar.

Categoria das zonas carregadas	Categoria	q_k [kN/m ²]	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Piso Tipo Elevado	A	2,0	0,7	0,5	0,3
Piso Tipo Garagem	F	2,5	0,7	0,7	0,6

Os coeficientes de redução ψ são aplicados às sobrecargas e às ações variáveis tendo em conta que estas cargas podem não atuar com a sua intensidade máxima durante toda a vida útil da estrutura. Estes coeficientes permitem uma redução ponderada das sobrecargas no cálculo das combinações de ações, especialmente nos Estados Limites de Utilização.

4.1.3 Ação do vento

Este fator, ação do vento, é relevante no dimensionamento de edifícios, especialmente em estruturas de maior altura ou com grandes superfícies expostas. O

vento condiciona as superfícies externas do edifício, gera pressão, mediante a criação de forças horizontais e verticais que podem afetar tanto a estabilidade global da estrutura quanto o dimensionamento dos seus elementos individuais, como lajes, vigas, pilares e fundações.

É de salientar que, apesar de ser relevante, este fator não será considerado neste estudo tendo em conta que a ação sísmica é a condicionante mais relevante para esta estrutura. O motivo deve-se ao peso da estrutura de betão não ser tão influenciada pelo vento como seria uma estrutura metálica, mais leve.

4.1.4 Ação Térmica

As ações térmicas decorrem da variação da temperatura a que a estrutura estará sujeita ao longo do tempo. Essas variações podem provocar deformações térmicas no betão e no aço, levando a tensões internas se as deformações forem impedidas. Este fator deve ter-se em conta no que diz respeito à dilatação e à retração dos materiais em função das condições climáticas e às características dos materiais, para evitar fissuras ou danos estruturais.

No entanto, à semelhança da ação do vento, a ação térmica também não será considerada já que a ação sísmica é a condição mais impactante para a estrutura. Isto deve-se ao fator da retração do betão num edifício desta dimensão não ser significativo para o cálculo.

4.1.5 Ação Sísmica

As ações sísmicas respeitam aos efeitos que os sismos podem causar na estrutura, especialmente em regiões com elevada atividade sísmica. Estas ações são de natureza dinâmica e, por isso, exigem uma análise cuidadosa da resposta da estrutura em termos de rigidez, ductilidade e capacidade de dissipação de energia.

De modo a lidar com as ações sísmicas horizontais, é necessário calcular o coeficiente de comportamento. A fórmula é a seguinte:

$$q = q_0 k_w \geq 1.5 \quad (1)$$

Em que:

q_0 valor básico do coeficiente de comportamento;

k_w coeficiente que reflete o modo de rotura predominante nos sistemas estruturais de parede (neste caso é 1).

Segundo a Cl.5.2.2.2 do EC8, temos a seguinte tabela:

Tabela 4-3 - Valor do coeficiente de q_0 para sistemas regulares em altura

Tipo Estrutural	DCM
Sistema porticado, sistema misto, sistema de paredes acopladas	$3,0 * \alpha_u / \alpha_1$
sistema de paredes não acopladas	3,0
sistema torsionalmente flexível	2,0
sistema de pêndulo invertido	1,5

Como o edifício em estudo não é regular em altura, então terá que haver uma redução do coeficiente q_0 em 20%.

Para a determinação do α_u / α_1 , na alínea (5)a, pode-se utilizar valores aproximados do fator de majoração que, neste caso, será 1,3.

Considerando todos estes dados, obteve-se o valor de $q = 3 * 1,3 * 0,8 = 3,12$. Como fator de segurança, será arredondado o coeficiente de comportamento para 3.

4.1.5.1 Tipos de Terreno

Os diferentes tipos de solo influenciam significativamente a resposta sísmica de uma estrutura. De acordo com o Eurocódigo 8 (NP EN 1998-1:2010), os solos são classificados em categorias de A a E, com base nas suas propriedades geotécnicas. A interação entre a fundação e o terreno é importante para definir a resposta sísmica adequada da estrutura.

No projeto em causa, tendo em conta a sua localização, foi considerado um solo rochoso, dado este facultado pelo Eng^o. Luís Evangelista. Desta forma, adotou-se o solo de tipo A, com uma resistência de 450 kPa.

4.1.5.2 Zonas Sísmicas

As zonas sísmicas são determinadas com base no nível de atividade sísmica de uma região. O Eurocódigo 8 fornece mapas de zonamento sísmico que indicam a aceleração sísmica esperada em diferentes áreas.

Tendo em conta que Portugal encontra-se numa região onde a atividade sísmica é influenciada por várias origens, isto levou à definição de dois tipos de ações sísmicas: Tipo 1 e Tipo 2.

No caso da ação sísmica de Tipo 1, o epicentro está mais afastado de Portugal, o que normalmente se traduz em sismos de maior magnitude, mas que ocorrem a grandes distâncias. Já no Tipo 2, o epicentro encontra-se mais próximo ou dentro do território nacional, gerando sismos de menor magnitude, mas com distâncias focais curtas. De salientar que estas diferenças têm impactos distintos nas estruturas e, por isso, é essencial avaliar cuidadosamente qual dos tipos de ação sísmica afeta mais a estrutura em análise.

O zonamento sísmico aplicado em Portugal Continental está definido de acordo com a informação do Anexo NA. I (NP EN 1998-1:2010). Na Figura 4-1, é possível observar os valores de aceleração máxima de referência para os dois tipos de ação sísmica.

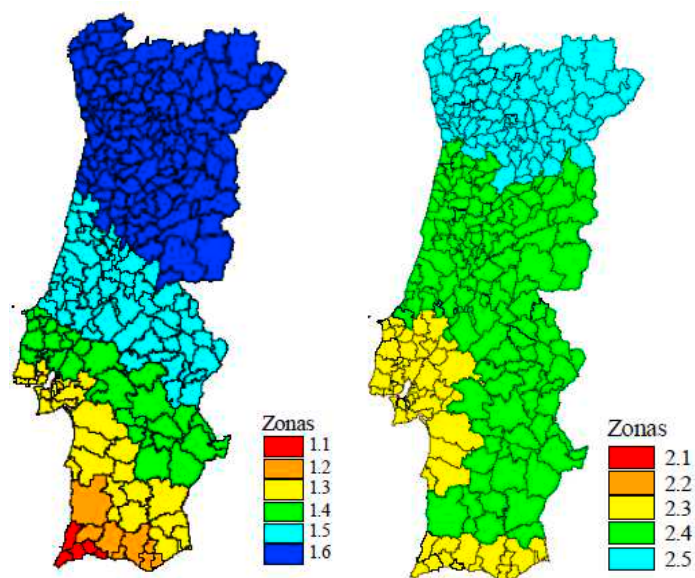


Figura 4-1 - Zonamento sísmico: a) tipo 1; b) tipo 2.

Considerando o zonamento sísmico em Portugal Continental, especificamente na região de Algueirão – Mem Martins, apresenta-se na tabela abaixo (Tabela 4-4), a zona sísmica e os valores de referência considerados de aceleração máxima.

Tabela 4-4 - Zonamento sísmico aplicado no projeto.

Região	Ação Sísmica	Zona Sísmica	Aceleração Máxima (a_{gR} [m/s ²])
Algueirão - Mem Martins	Tipo 1	1,3	1,5
	Tipo 2	2,3	1,7

4.1.5.3 Classes de importância

As classes de importância para sismos são uma classificação que define o nível de rigor necessário no projeto de uma estrutura, tendo em conta a sua utilização e a sua importância social, econômica ou de segurança. Esta classificação ajuda a determinar as medidas de segurança sísmica adequadas. Segundo o Eurocódigo 8 (NP EN 1998-1:2010), na Cl.4.2.5(1)P, as classes de importância são divididas em quatro categorias, como se pode ver na Tabela 4-5.

Tabela 4-5 - Classes de importância.

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

O projeto em causa, enquadra-se na Classe de Importância II, cujo coeficiente de importância é 1, tanto para a ação sísmica Tipo 1 como para a Tipo 2. Esse valor será considerado no dimensionamento da estrutura.

4.1.5.4 Aceleração à superfície

Após identificação do coeficiente de importância e do valor de referência da aceleração máxima, poderá ser calculado o valor da aceleração à superfície para os dois tipos de ação sísmica através da expressão (1).

$$a_g = \gamma_1 * a_{gR} \quad (1)$$

Onde:

a_g – Valor de cálculo da aceleração à superfície [m/s²];

γ_1 – Coeficiente de importância;

a_{gR} – Valor de referência da aceleração máxima [m/s²].

Na Tabela 4-6, estão descritos os valores encontrados para a aceleração à superfície.

Tabela 4-6 - Valores de aceleração sísmica.

Região	Ação Sísmica	Zona Sísmica	a_{gR} [m/s ²]	γ_I	a_g [m/s ²]
Algueirão - Mem Martins	Tipo 1	1,3	1,5	1,00	1,5
	Tipo 2	2,3	1,7	1,00	1,7

4.1.5.5 Espectros de Resposta

O espectro de resposta é uma ferramenta usada para descrever a resposta máxima de uma estrutura a um sismo, tendo em conta a sua frequência natural. De acordo com o Eurocódigo 8, este espectro deve ser utilizado para definir as forças sísmicas que atuarão na estrutura, com base na sua rigidez e nas características do terreno. O *Robot Structural Analysis* já possui funcionalidades que permitem a aplicação das normas do EC8, incorporando todas as características essenciais para a correta definição da ação sísmica com pouca discretização humana.

4.2 Combinações de Ações

As diferentes ações que atuam sobre a estrutura raramente ocorrem isoladamente. O dimensionamento deve prever combinações de ações, que incluem cargas permanentes, sobrecargas e ações variáveis (como sismos), de forma a garantir que a estrutura se mantenha segura e funcional em todas as situações possíveis.

4.2.1 Estados Limites Últimos

Os Estados Limites Últimos (ELU) referem-se às condições que, se forem excedidas, podem causar o colapso total ou parcial da estrutura. As combinações de ações para este estado têm em consideração os fatores de segurança aplicados às

cargas e materiais, conforme descrito no Eurocódigo 0 (NP EN 1990: 2009), de forma a garantir a resistência necessária.

A combinação fundamental inclui as ações permanentes, como o peso próprio da estrutura, paredes e outras cargas que não variem e pressupõe também as ações variáveis que inclui as sobrecargas como o peso de móveis pessoas e equipamentos, bem como as ações climáticas.

Combinação Fundamental para situações de projeto persistentes ou transitórias (Cl.6.4.3.2(3) do EC0);

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} \right\} j \geq 1 ; i \geq 1 \quad (2)$$

As combinações para os estados limites STR e GEO são analisadas em conjunto, sendo que a mais crítica entre as duas será sempre a que determina o dimensionamento final. No caso do Estado Limite STR, é fundamental garantir que os elementos estruturais em contacto com o solo, como as fundações, suportem as cargas aplicadas sem risco de colapso. Já o Estado Limite GEO foca-se nas interações entre a estrutura e o terreno, assegurando que o solo tem capacidade de resistir às cargas transmitidas, evitando problemas como deslizamentos ou assentamentos excessivos.

Combinação Fundamental para o estado limite STR e GEO (Cl.6.4.3.2(3) do EC0);

$$E_d = E \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \times \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i} \end{array} \right\} j \geq 1 ; i \geq 1 \quad (3)$$

A última combinação que irá ser necessária neste projeto é a combinação para situações de projeto sísmicas.

Combinação sísmica (Cl.6.4.3.4(2) do EC0).

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i} \right\} j \geq 1 ; i \geq 1$$

(4)

4.2.2 Estados Limites de Serviço

Os Estados Limites de Serviço (ELS), referem-se a condições que, se ultrapassadas, podem comprometer o conforto dos utilizadores ou a durabilidade da estrutura, tais como deformações excessivas ou fissuração. As combinações de ações neste estado pressupõem assegurar o desempenho funcional da estrutura ao longo do tempo, sem causar danos estéticos ou estruturais.

A combinação característica é utilizada para a análise inicial da estrutura e é baseada nos valores de referência das ações, que são obtidos a partir de medições ou especificações normativas. As ações permanentes são consideradas nas combinações máximas e as sobrecargas nos seus valores máximos de serviço, sem considerar a ocorrência simultânea.

Combinação Característica (Cl.6.5.3(a) do EC0):

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

(5)

A combinação frequente é utilizada para situações que são esperadas ocorrer com mais regularidade. Nela, considera-se as ações permanentes com valores máximos e as sobrecargas com uma fração do seu valor, considerando as simultaneidades.

Combinação frequente (Cl.6.5.3(b) do EC0).

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "\psi_{1,1} Q_{k,1}" + " \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i} \right\} j \geq 1 ; i \geq 1$$

(6)

Essa combinação é mais realista para avaliar o desempenho diário da estrutura e é especialmente importante para a verificação da deformação e da funcionalidade.

A combinação quase-permanente é utilizada para ações que têm uma presença contínua ou quase contínua ao longo do tempo, mas que não estão sujeitas a variações frequentes. São também consideradas as ações permanentes nos seus valores máximos e as sobrecargas numa fração mais reduzida.

Combinação quase-permanente (Cl.6.5.3(c) do EC0).

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + " \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i} \right\} j \geq 1 ; i \geq 1$$

(7)

Esta combinação é a mais relevante para avaliar os efeitos da deformação ao longo do tempo.

4.2.3 Coeficientes Parciais Relativos às Ações e às Combinações de Ações

Os coeficientes parciais são fatores de segurança aplicados tanto às ações como às resistências dos materiais. Estes coeficientes são estabelecidos no Eurocódigo 0 e têm como objetivo assegurar que a estrutura é projetada com uma margem de segurança suficiente para resistir a cargas variáveis. Para as ações permanentes e variáveis, utilizam-se diferentes coeficientes, como 1.35 para cargas permanentes e 1.5 para sobrecargas no caso de serem desfavoráveis, e 1.0 para cargas permanentes e 0.0 para sobrecargas no caso de serem favoráveis, nas combinações de ELU.

Para as combinações de ELS, utilizam-se coeficientes de redução aplicados às sobrecargas e ações variáveis, para representar de forma mais realista a incidência dessas cargas na estrutura, reduzindo a simultaneidade. Este conceito foi previamente abordado no ponto 4.1.2.

5 Pré-Dimensionamento

Tendo em conta que o capítulo anterior apresentou as fundações essenciais para a concepção do projeto, este capítulo tem como objetivo realizar o pré-dimensionamento dos elementos estruturais. Através da análise das plantas e dos alçados, será possível determinar a localização ideal dos diferentes elementos, estabelecendo assim as bases para a definição das suas secções. Este processo é fundamental para permitir a posterior modelação no *software Robot Structural Analysis*, garantindo que a estrutura seja dimensionada de forma eficiente e em conformidade com os requisitos técnicos e regulamentares.

5.1 Escolha do Modelo a analisar

Neste projeto, foram desenvolvidos dois modelos distintos, um para o piso elevado e outro para um dos níveis da cave, sendo crucial determinar qual deles apresenta as condições mais restritivas. Para tal, foram definidas as forças aplicadas em cada modelo, considerando que estas variam entre si, e aplicaram-se materiais equivalentes em ambos os casos. Posteriormente, foi avaliada a deformação linear máxima obtida. No Estado Limite de Serviço, com uma espessura de laje maciça de 25 centímetros, verificou-se uma deformação de 4 milímetros em ambos os modelos. No entanto, considerando que, do ponto de vista sísmico, a cave estará sujeita a menores forças devido à maior resistência proporcionada pelas paredes de contenção, optou-se por utilizar o modelo do piso elevado para o pré-dimensionamento da laje, das vigas e dos pilares.

5.2 Lajes

Para este edifício, optou-se pela utilização de lajes fungiformes aligeiradas, com o objetivo de reduzir a carga, diminuir os esforços de corte e corrigir a inércia nas zonas da laje com apoio inadequado. Esta escolha visa também uma vantagem económica, uma vez que a redução de carga permite diminuir o consumo de betão, resultando igualmente numa redução das secções dos pilares e das fundações.

Para validar esta opção, foi decidido incorporar blocos "Ferca bloco FB65/20" na composição da laje (ver Anexo 2), com a distribuição apresentada na Figura 5-1, mantendo-se uma espessura de 0,25 metros na parte maciça. Após definir a disposição dos blocos, foi calculado o volume de betão necessário, e verificou-se que uma laje maciça de área equivalente necessitaria de uma espessura máxima de 18 centímetros (Anexo 3). No modelo estrutural, observou-se que a deformação da laje maciça, com um valor de 6 milímetros (Figura 5-2), era superior à da laje aligeirada, que apresentou uma deformação de 5 milímetros (Figura 5-3), confirmando assim a escolha inicial da solução aligeirada.

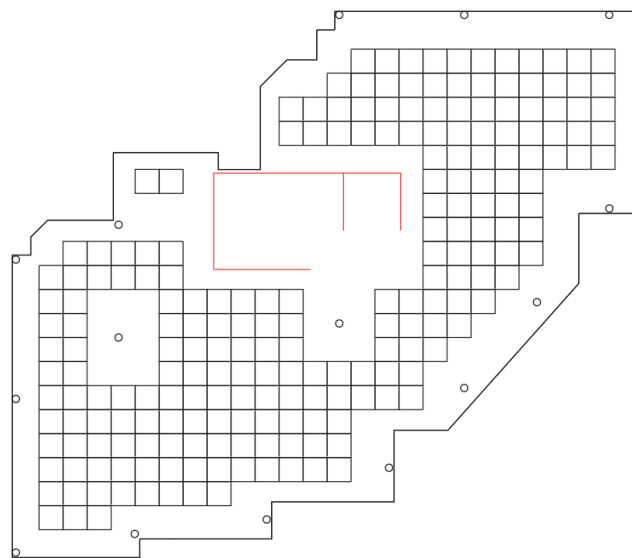


Figura 5-1 - Vista em planta da laje fungiforme aligeirada com a distribuição dos blocos.

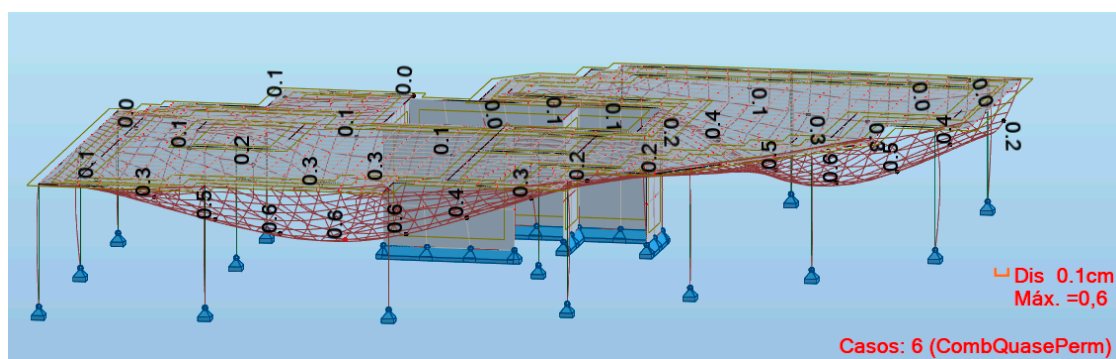


Figura 5-2 - Deformação na laje maciça.

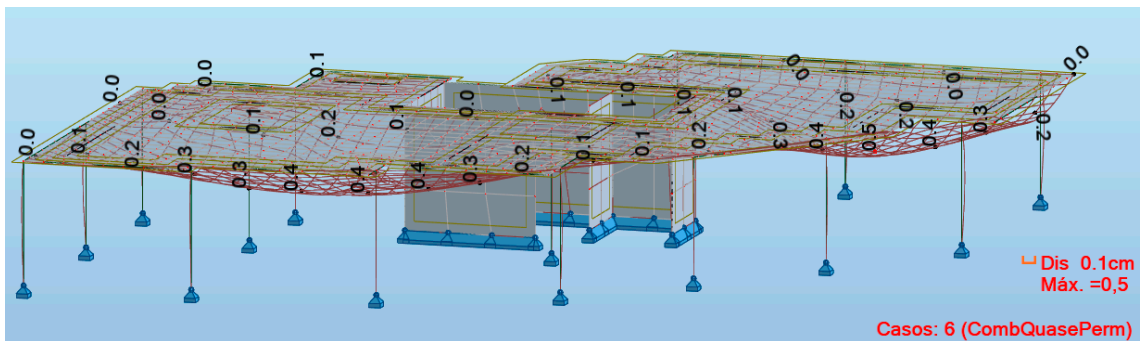


Figura 5-3 - Deformação na laje aligeirada.

Consequentemente, foram analisados dois pavimentos do edifício, um na cave e outro nos pisos acima do rés-do-chão. Verificou-se que a condição mais desfavorável ocorria no piso superior tipo, especificamente no vão de maior dimensão.

$$e_{laje} = \frac{L_{maior}}{30 \text{ a } 35} \quad (8)$$

O maior vão da laje identificado é de aproximadamente 8,5 metros. Deste modo, a espessura da laje é determinada da seguinte forma:

$$L_{maior} \cong 8,5 \text{ m} \quad (9)$$

$$0,24 \text{ m} \leq e_{laje} \leq 0,28 \text{ m} \quad (10)$$

Foi adotada uma espessura de 0,25 metros para a laje. Sendo fungiforme, essa espessura é mantida apenas nas zonas de apoio, sendo aligeirada nas áreas restantes.

As cargas aplicadas no modelo da laje são as seguintes:

- Peso próprio da laje, calculado automaticamente pelo *software*;
- Peso dos revestimentos, considerado como 1,5 kN/m²;
- Peso das paredes interiores, representado por uma carga uniformemente distribuída de 1,2 kN/m²;

- Sobrecarga de uso no valor de 2,0 kN/m², de acordo com a Tabela 4-2, considerando o uso para atividades domésticas e residenciais, conforme a Tabela 4-1.

Após a construção do modelo de cálculo no programa, e considerando várias combinações de ações, a flecha da laje mais condicionante apresentou uma deformação elástica máxima de 5,0 milímetros. De seguida, verificou-se a deformada a longo prazo da flecha com base na deformação elástica. De acordo com o Cl.7.4.1(4) do EC2, a flecha a longo prazo é calculada pela seguinte fórmula:

$$a_c = \frac{L}{250} \quad (11)$$

Pelo que se obteve:

$$a_c = \frac{8,5}{250} = 34,0 \text{ mm} \quad (12)$$

A flecha a longo prazo é agora relacionada com a flecha elástica obtida no programa de cálculo através do coeficiente de fluência, dando se assim, o seguinte:

$$a_c = a_0 \cdot (1 + \varphi) \quad (13)$$

Em que:

a_c – Flecha a longo prazo;

a_0 – Flecha elástica;

φ – Coeficiente de fluência, valor que será adotado 3,5 visto ser conservativo.

Chegando assim ao resultado:

$$a_0 = \frac{34}{(1+3,5)} = 7,5 \text{ mm} \quad (14)$$

A flecha elástica obtida no programa de cálculo foi de 5,0 milímetros de deformação máxima (Figura 5-4) para a combinação de forças quase permanente para a espessura de 0,25 metros de laje. Sendo que a flecha obtida no programa foi inferior à flecha máxima calculada, a verificação está confirmada para 0,25 metros de espessura.

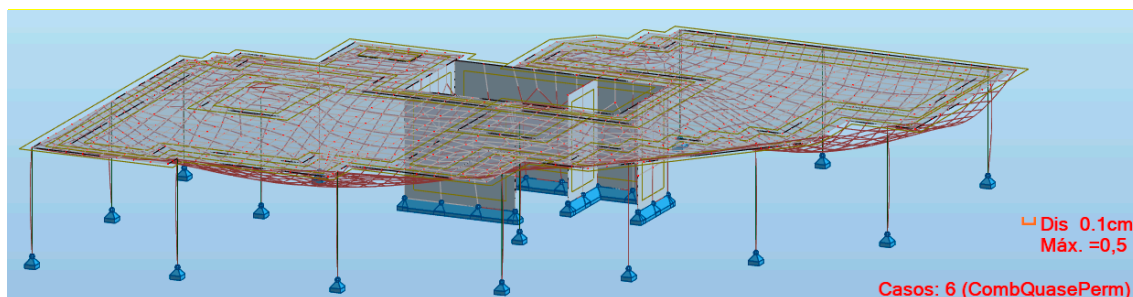


Figura 5-4 - Deformação da laje em Combinação Quase Permanente

5.3 Vigas

O comportamento estrutural do sistema pilar/laje fungiforme em relação à ação sísmica ainda não é completamente compreendido. Conforme mencionado no Cl.5.1.1(2)P do Eurocódigo 8, os edifícios com lajes fungiformes utilizadas como elementos sísmicos primários ainda não são totalmente abrangidos pelas regras específicas do EC8. Para assegurar uma boa resistência sísmica, optou-se pela inclusão de vigas de bordadura no edifício, assim como um núcleo em betão armado para a caixa do elevador e das escadas, uma solução que já estava prevista na proposta arquitetónica.

Para o pré-dimensionamento da altura das vigas, foi considerado o maior vão, que é de 6,8 metros. A expressão utilizada para o pré-dimensionamento da altura das vigas é a seguinte:

$$H_{viga} = \frac{L}{10 a 12} \quad (15)$$

Pelo que se obteve:

$$L \cong 6.8m \quad (16)$$

$$0,57 \leq H_{viga} \leq 0,68 \quad (17)$$

Depois de observados os resultados, foi decidido uma altura de viga de 0,65 metros. A largura aplicada é de 0,25 metros para estar de acordo com a largura dos pilares.

5.4 Pilares

Para o pré-dimensionamento dos pilares e nas paredes estruturais, foram consideradas apenas as ações verticais. O programa de cálculo forneceu as reações nas bases dos pilares determinado com a combinação de ações do Estado Limite Último. A fórmula a utilizar é a seguinte;

$$A_c = \frac{N_{Ed} \cdot n_{pisos}}{0,4 a 0,6 f_{cd}} \quad (18)$$

Em que:

A_c – Área da secção de um elemento de betão;

N_{Ed} – Esforço axial para Estado de Limite Último;

f_{cd} – Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão.

Chegando assim ao resultado:

$$A_c = \frac{N_{Ed} \cdot 7}{(0,4 a 0,6) \cdot 16,7 \cdot 1000} \quad (19)$$

Na Figura 5-5 é possível identificar qual a numeração das barras para o devido pré-dimensionamento de todos os pilares.

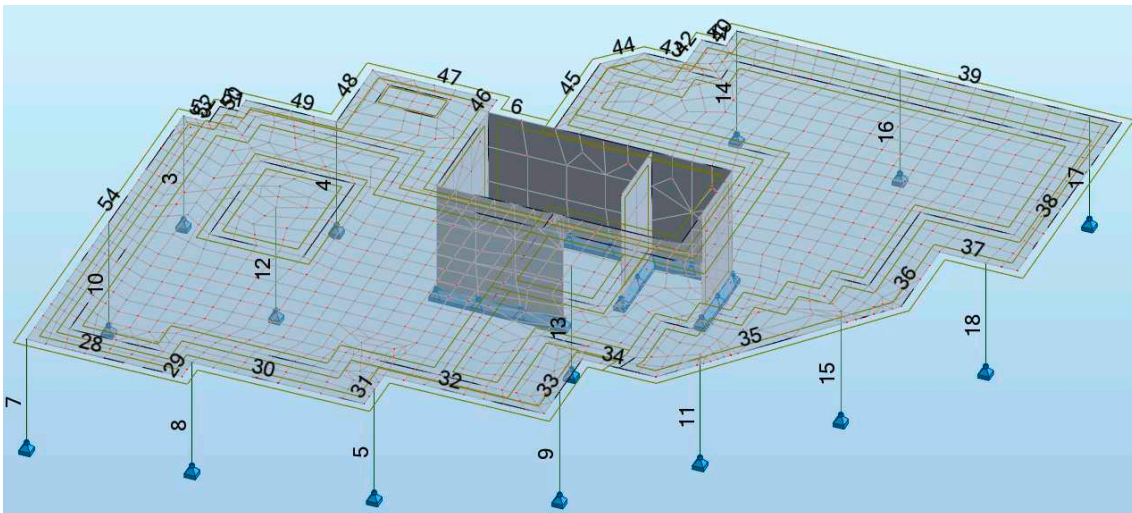


Figura 5-5 - Numeração das barras.

Na Tabela 5-1 é possível confirmar quais as dimensões dos pilares observados no modelo gerado pelo programa de cálculo automático.

Tabela 5-1 - Dimensões dos Pilares.

Nº Pilar	Força (kN)	Força considerando nº pisos	Área da secção mínima (m2)	Área da secção máxima (m2)	Comprimento (m)	Largura (m)
3	69,98	489,86	0,05	0,07	0,24	0,25
4	137,6	963,2	0,10	0,14	0,48	0,25
5	218,49	1529,43	0,15	0,23	0,76	0,25
7	81,46	570,22	0,06	0,09	0,28	0,25
8	227,25	1590,75	0,16	0,24	0,79	0,25
9	142,71	998,97	0,10	0,15	0,50	0,25
10	158,95	1112,65	0,11	0,17	0,56	0,25
11	125,39	877,73	0,09	0,13	0,44	0,25
12	287,37	2011,59	0,20	0,30	0,63	0,4
13	313,95	2197,65	0,22	0,33	0,69	0,4
14	129,2	904,4	0,09	0,14	0,45	0,25
15	158,73	1111,11	0,11	0,17	0,55	0,25
16	246	1445,22	0,14	0,22	0,72	0,25
17	168,75	1181,25	0,12	0,18	0,59	0,25
18	263,88	1847,16	0,18	0,28	0,92	0,25

6 Dimensionamento Estrutural

Este capítulo objetiva detalhar o processo de cálculo e verificação dos principais elementos que compõem a estrutura do edifício. Tendo como base as normas regulamentares e os critérios de segurança estabelecidos, irá ser abordado o dimensionamento de lajes, escadas, pilares, vigas, paredes de contenção e fundações.

A solução adotada para o dimensionamento difere da do pré-dimensionamento. O motivo deve-se à resposta fragilizada que o modelo, quando completo, demonstrava quando exposto a um sismo. A opção escolhida para lidar com esta dificuldade foi mudar de laje fungiforme para um sistema porticado, onde todos os elementos estruturais são primários, e assim contabilizados para a resistência da estrutura.

Nos subcapítulos dos pilares, vigas e do núcleo, foi utilizado o programa *Robot* para o cálculo das armaduras e as fórmulas apresentadas foram utilizadas apenas para verificação dos dados recebidos do programa, garantindo a confirmação dos cálculos. De notar que todos os controlos utilizados encontram-se mencionados nos anexos, com exceção das armaduras das lajes e das paredes de contenção em que os cálculos utilizados encontram-se explicados nos respetivos capítulos, sempre com recurso às forças facultadas pelo modelo tridimensional, mas as armaduras não foram facultadas pelo software de cálculo automático..

6.1 Dimensionamento de Lajes e Escadas

Uma vez que o pré-dimensionamento já não é válido, irá começar-se por recalcular se as deformadas estão verificadas. Para saber o vão máximo, será utilizada a seguinte expressão:

$$a_c = \frac{L}{250} \quad (20)$$

Pelo que se obteve:

$$a_c = \frac{8.1}{250} = 32,4 \text{ mm} \quad (21)$$

A flecha a longo prazo é agora relacionada com a flecha elástica obtida no programa de cálculo através do coeficiente de fluência, dando se assim, o seguinte:

$$a_c = a_0 \cdot (1 + \varphi) \quad (22)$$

Chegando assim ao resultado:

$$a_0 = \frac{32.4}{(1+3,5)} = 7,2 \text{ mm} \quad (23)$$

A flecha elástica obtida no programa de cálculo foi de 7,0 mm de deformação máxima (Figura 6-1) para a combinação de forças quase permanente para a espessura de 0,16 metros de laje. Sendo que a flecha obtida no programa foi inferior à flecha máxima calculada, então a verificação está confirmada..

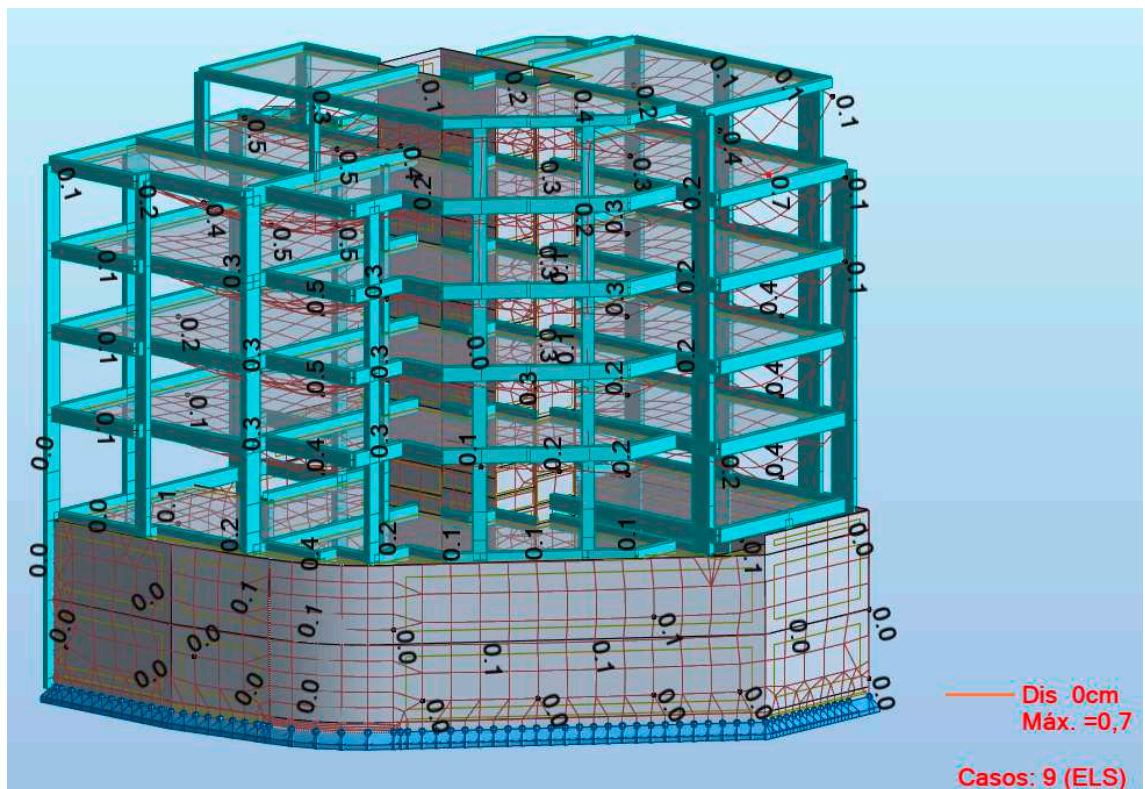


Figura 6-1 - Deformada do edifício em ELS.

Para obter a taxa de armadura necessária nas lajes, tem de ser analisado o esforço transversal e os momentos. Começando com o esforço transversal, utiliza-se as seguintes expressões, presente no EC2 na Cl.6.2.2:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d \quad (24)$$

Com um mínimo de:

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d \quad (25)$$

Em que:

f_{ck} em MPa;

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \text{ com } d \text{ em mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02;$$

A_{sl} área da armadura de tração prolongada de um comprimento $\geq (l_{db} + d)$ para além da secção considerada;

b_w menor largura da secção transversal na área traccionada [mm]

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \text{ [MPa]}$$

N_{Ed} esforço normal na secção devido às ações aplicadas ou ao pré-esforço [N] ($N_{Ed} > 0$ para a compressão). Em N_{Ed} , a influência de deformações impostas poderá ser ignorada;

A_c área da secção transversal de betão [mm²]

$V_{Rd,c}$ em [N]

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_{cr}$$

γ_{cr} coeficiente parcial critico, será utilizado 1,5 segundo o EC2;

$$k_1 = 0.15 ;$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} .$$

Comecemos por calcular a armadura mínima com a seguinte expressão, presente no EC2 na Cl.9.2.1.1:

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \text{ mas não inferior a } 0.0013 b_t \quad (26)$$

Em que:

b_t representa a largura média da zona traccionada

f_{ctm} valor médio da tensão de rotura do betão à tração

d altura útil da secção transversal

A armadura máxima dá-se pela expressão:

$$0.04A_c \quad (27)$$

Para os momentos leva-se em consideração os momentos nas direções principais combinado com os momentos torsores. Com isso em mente, chegou-se às seguintes expressões:

$$M_{Ed,xx}^+ = M_{Ed,xx}^+ + |M_{Ed,xy}| \text{ para a armadura inferior}$$

$$M_{Ed,xx}^- = M_{Ed,xx}^- - |M_{Ed,xy}| \text{ para a armadura superior}$$

$$M_{Ed,yy}^+ = M_{Ed,yy}^+ + |M_{Ed,xy}| \text{ para a armadura inferior}$$

$$M_{Ed,yy}^- = M_{Ed,yy}^- - |M_{Ed,xy}| \text{ para a armadura superior}$$

(28)

Para o dimensionamento das áreas de armadura da laje usaram-se as seguintes expressões:

$$A_s = \frac{\omega b d f_{cd}}{f_{yd}} \quad (29)$$

Em que:

ω percentagem mecânica do aço;

b largura da secção transversal;

d altura útil da secção transversal.

A percentagem mecânica de armadura é obtida através da expressão:

$$\omega = \mu(1 + \mu) \quad (30)$$

Em que:

μ momento fletor reduzido

O momento fletor reduzido é obtido:

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b d f_{cd}} \quad (31)$$

Para as escadas, foi realizado um modelo simplificado 2D em Robot onde foram retirados os dados para o seu cálculo à semelhança do exemplo seguinte referente às lajes.

A demonstração do cálculo será feito no piso da cobertura, para as armaduras inferiores na direção X.

Para o cálculo do esforço transversal, irá começar-se primeiro por calcular a armadura mínima segundo a expressão (26):

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{2.6}{500} * 100 * (16 - 3.1) \geq 0.0013 * 100 \Leftrightarrow A_{s,min} = 1.74 \geq 0.13$$

Com isto em mente, foi adotada a armadura de 10//20 que corresponde a uma área de $3.93 \text{ cm}^2/m$.

De seguida, para cálculo do esforço transversal resistente, será utilizado a expressão (24) e (25), que totaliza:

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02 \Leftrightarrow \rho_1 = \frac{3.93 * 100}{1000 * 129} \leq 0,02 \Leftrightarrow \rho_1 = 0.00305 \leq 0,02$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 * 2 * (100 * 0.00305 * 25)^{\frac{1}{3}} + 0.15 * 0.125 \right] * 1000 * 129 = 63000N = 63kN$$

$$V_{Rd,c} = ((0.035 * 2)^{3/2} * 25^{1/2} + 0.15 * 0.125) 1000 * 129 = 66000N = 66kN$$

O valor da expressão (25), por ser superior, será utilizada.

O valor $V_{Ed} = 27kN$ foi retirado dos esforços no Robot.

Como $V_{Rd,c} > V_{Ed}$, então verifica.

Para a verificação à flexão, serão utilizadas as expressões (28), (29), (30) e (31).

Os valores de $M_{Ed,xx}$ e $M_{Ed,xy}$, ou seja, do momento aplicado em direção x somado ao momento torsor em módulo, foram retirados do Robot, totalizando $24.5kN/m$.

Segundo a expressão (31) pode-se calcular o Momento reduzido:

$$\mu = \frac{24.5}{100 * (16 - 3.1) * 16.67} = 0.1139$$

$$\omega = \mu(1 + \mu) = 0.1269$$

$$A_s = \frac{0.1269 * 100 * 12.9 * 16.67}{435} = 6.27 \text{ cm}^2$$

Dado isto, foi escolhido uma armadura de 10//20 com um reforço de 8//20 que corresponde a uma área de $6.45 \text{ cm}^2/\text{m}$.

6.2 Dimensionamento de Vigas

No dimensionamento, a armadura mínima é geralmente atendida pela expressão (26) e a armadura máxima pela expressão (27). No entanto, o EC8 contém a seguinte uma expressão que revela ser mais condicionante:

$$\rho_{min} = 0.5 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \quad (32)$$

Em que:

$$\rho = \frac{A_s}{A_c}$$

O EC8 também delimita restrições geométricas às vigas. Na Cl.5.4.1.2.1,

$$b_w \leq \min b_c + h_w; 2b_c \quad (33)$$

Em que:

h_w altura da viga

b_c maior dimensão da secção transversal do pilar perpendicular ao eixo longitudinal da viga.

b_w menor largura da secção transversal na área traccionada [mm]

Neste caso, esta condição está cumprida devido a não haver vigas com b_w superior a 0.4m , e a condicionante ser a versão de $2b_c = 0.4\text{m}$.

A armadura transversal de uma viga não pode ser inferior à taxa de armadura que resiste ao esforço transversal, segundo a Cl.9.2.2 do EC2:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s b_w \sin \alpha} \quad (34)$$

Em que:

- ρ_w não deve ser inferior a $\rho_{w,min}$;
- A_{sw} área das armaduras de esforço transversal;
- s espaçamento de armaduras de esforço transversal;
- b_w largura da secção tracionada;

$$\rho_{w,min} = \frac{0.08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \quad (35)$$

Segundo a Cl.6.2.3 do EC2, pode-se calcular o valor do esforço transversal resistente, com as seguintes expressões:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta \quad (36)$$

Em que:

- f_{ywd} valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transversal;

$$V_{Rd,max} = \frac{b_w \alpha_{cw} z v_1 f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (37)$$

Em que:

- v_1 é um coeficiente de redução de resistência do betão fendilhado por esforço transversal, recomendado $v_1 = 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$;

- α_{cw} coeficiente de estado de tensão do banzo comprimido, neste caso igual a 1;

$\cot \theta$ ângulo que varia entre 21.8° e 45°, em que 30° é o valor mais comum a ser utilizado porque equilibra a contribuição entre o betão e a armadura.

Outro parâmetro a avaliar é o espaçamento entre armaduras, segundo a Cl.9.2.2(6) do EC2, a seguinte expressão:

$$S_{l,max} = 0.75d(1 + \cot \alpha) \quad (38)$$

Em que:

- α inclinação das armaduras.

Para exemplo de cálculo, irá ser utilizada a viga VB43, uma das mais condicionantes no projeto.

Para a armadura mínima, irá ser utilizado a expressão (32):

$$\rho_{min} = 0.5 * \frac{2.6}{500} = 0.0026$$

A área de armadura foi fornecida pelo programa de cálculo. A área escolhida com base nos dados do Robot foi 4Ø20 para a armadura superior e 4Ø25 para a armadura inferior, chegando a uma área de 12,56 cm²/m e 19,64 cm²/m respetivamente. Para verificar, será usado a seguinte expressão:

$$\rho = \frac{12.56+19.64}{70*25} = 0.0184$$

Como $\rho \geq \rho_{min}$, então verifica.

Para a verificação à flexão, serão utilizadas as expressões (29), (30) e (31).

O valor de M_{Ed} , ou seja, do momento na viga, foi retirado do Robot, totalizando 415 kN/m.

Segundo a expressão (31) pode-se calcular o Momento reduzido:

$$\mu = \frac{415}{25 * (70-3) * 16.67} = 0.1486$$

$$\omega = \mu(1 + \mu) = 0.1706$$

$$A_s = \frac{0.1706 * 25 * 67 * 16.67}{435} = 10.95 \text{ cm}^2$$

Dado isto, como a armadura escolhida é superior à armadura de cálculo, então verifica.

Para a armadura transversal, será usada a expressão (34) e (35), admitindo uma $A_{sw} = 2.52 \text{ cm}^2/\text{m}$, que corresponde a uma armadura de 8//20.

$$\rho_{w,min} = \frac{0.08 \sqrt{25}}{500} = 0.0008$$

$$\rho_w = \frac{2.52}{20 * 25 * \sin 90} = 0.00504$$

Como $\rho_w \geq \rho_{w,min}$, então verifica.

Em relação ao espaçamento máximo, pode ser calculado pela expressão (38):

$$S_{l,max} = 0.75 * 67(1 + \cot 45) = 100.5 \text{ cm}$$

O espaçamento da armadura transversal verifica.

O esforço transversal aplicado, segundo o Robot, é 200kN. O calculo do esforço transversal resistente será efetuado segundo as expressões (36) e (37):

$$V_{Rd,s} = \frac{2.52}{0.20} * 0.9 * 70 * 435 * \cot 30 / 1000 = 598 \text{ kN}$$

$$v_1 = 0.6 \left(1 - \frac{25}{250} \right) = 0.54$$

$$V_{Rd,max} = \frac{25 * 1 * 0.9 * 70 * 0.54 * 16.67}{\cot 30 + \tan 30} = 614 \text{ kN}$$

Como $V_{Rd,s} \leq V_{Rd,max}$, então verifica.

Como $V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$, então também verifica.

6.3 Dimensionamento de Pilares

No dimensionamento de pilares, um aspecto fundamental para garantir a segurança estrutural é a adoção do princípio pilar forte-viga fraca, um conceito central do “*capacity design*”. O objetivo dessa abordagem é evitar colapsos catastróficos, promovendo um comportamento previsível e seguro da estrutura durante eventos extremos, como sismos. Ao condicionar a formação das rótulas plásticas nas vigas, garante-se que, em caso de falha, serão as vigas a ceder primeiro. Isso é crucial, pois se o colapso ocorresse nos pilares, poderia desencadear um colapso progressivo da estrutura, comprometendo diversos andares e, conseqüentemente, a segurança dos ocupantes.

Essa hierarquia de resistências assegura que os elementos dúcteis (como as vigas) absorvam a maior parte da energia do sismo, enquanto os elementos fortes (como os pilares) permanecem intactos, preservando a integridade global do edifício. Caso os pilares falhem antes das vigas, o colapso da estrutura seria muito mais severo e difícil de controlar. Por isso, é essencial garantir que os pilares sejam dimensionados para resistir a forças maiores, mantendo a estabilidade da estrutura.

Segundo o EC8, a seguinte expressão deverá ser verificada:

$$\sum M_{Rc} \geq 1.3 \sum M_{Rb} \quad (39)$$

Em que:

$\sum M_{Rc}$ soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes dos pilares ligados ao nó;

$\sum M_{Rb}$ soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes das vigas ligadas ao nó.

Esta funcionalidade não foi calculada manualmente, mas sim pelo programa de cálculo automático.

Para o dimensionamento de armaduras longitudinais, de acordo com a Cl.9.5.2, chegou-se às seguintes expressões:

$$A_{s,min} = \frac{0.1N_{Ed}}{f_{yd}} \text{ ou } a \text{ } 0,002 A_c \quad (40)$$

Em que;

f_{yd} Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras;

N_{Ed} Valor de cálculo do esforço normal de compressão:

Utilizando as diretrizes da Cl.9.5.3 do EC2, o diâmetro das armaduras ter que respeitar esta fórmula:

$$\varnothing_{transversal} \geq \max\{6mm; \varnothing/4_{longitudinal}\} \quad (41)$$

O espaçamento máximo entre armaduras define-se com a seguinte expressão:

$$S_{cl,tmax} \leq \min\{20 * \varnothing_{menorvarãolongitudinal}; \text{menordimensãodopilar}; 400mm\} \quad (42)$$

Para verificação das armaduras dos pilares, é utilizada a expressão presente na Cl.5.8.9(4) do EC2:

$$\left(\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}}\right)^a + \left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}}\right)^a \leq 1.0 \quad (43)$$

Em que:

$M_{Edz/y}$ momento de cálculo em relação ao eixo considerado, incluindo um momento de segunda ordem;

$M_{Rdz/y}$ momento resistente na direção considerada;

a expoente, calculado na relação entre N_{Ed}/N_{Rd} através de uma tabela, no entanto é utilizado o valor 1,0 que é o mais condicionante;

z braço de momentos entre armadura superior e inferior.

Para exemplo de cálculo, irá ser utilizar o pilar PB9, um dos pilares mais condicionantes no projeto.

A área de armadura foi fornecida pelo programa de cálculo. A área escolhida com base nos dados do Robot foi 2 \varnothing 20 para a armadura na direção H e foi de 8 \varnothing 20 para a armadura B, chegando a uma área de 6,28 cm²/m e 25,12 cm²/m respetivamente. A força axial no pilar $N_{Ed} = 1620kN$. Para verificar, será usada a seguinte expressão (40):

$$A_{s,min} = \frac{0.1 \cdot 1620}{435} * 10 = 3.72 \text{ ou } a \text{ } 0,002 * 25 * 60 = 3$$

A armadura escolhida verifica.

Para a análise da resistencia à flexão desviada, foi utilizada a expressão (43).

Os momentos atuantes retirados pelo programa de cálculo são $M_{Edz} = 60$ e $M_{Edy} = 120$.

O cálculo que foi efetuado no excel usando a equação de equilíbrio das forças (44) chegou aos seguintes valores:

$$N_{Ed} = F_c + F_{s2} + F_{s1} \quad (44)$$

Ao chegar aos valores, multiplicando as forças pelos braços obteve-se o $M_{Rdz} = 623$ e $M_{Rdy} = 102$.

Para calcular se o pilar resiste, foi utilizada a expressão (43):

$$\left(\frac{15}{623}\right)^1 + \left(\frac{53}{105}\right)^1 \leq 1.0 \Leftrightarrow 0.53 \leq 1.0$$

Logo verifica.

Para a escolha da armadura transversal, foi utilizada a expressão (41):

$$\phi_{transversal} \geq \max\{6mm; 5mm; \}$$

Como o varão a utilizar tem diâmetro 8mm, então verifica.

O espaçamento é verificado com uso da seguinte expressão (42):

$$S_{cl,tmax} \leq \min\{400; 250; 400mm\}$$

Como o espaçamento utilizado é de 200mm, então verifica.

6.4 Dimensionamento de Paredes de Contenção e Núcleo

Dimensionamento das armaduras verticais, a armadura deve estar dentro dos limites na Cl.9.6.2 do EC2:

$$0.002A_c \leq A_{s,v} \leq 0.04A_c \quad (45)$$

A distância entre varões terá que estar compreendido entre os seguintes valores:

$$d = \min\{3 * e; 400mm\} \quad (46)$$

Em que:

d distância entre varões;

e espessura da parede.

Para as armaduras horizontais, a secção das armaduras o valor minimo de armadura pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$A_{s,hmin} \geq \max \{0.25A_{s,v}; 0.01A_c\} \quad (47)$$

Para os momentos leva-se em consideração os momentos nas direções principais combinado com os momentos torsores. Com isso em mente, chegou-se às seguintes expressões:

$$M_{Ed,xx}^+ = M_{Ed,xx}^+ + |M_{Ed,xy}| \text{ para a armadura inferior}$$

$$M_{Ed,xx}^- = M_{Ed,xx}^- - |M_{Ed,xy}| \text{ para a armadura superior}$$

$$M_{Ed,yy}^+ = M_{Ed,yy}^+ + |M_{Ed,xy}| \text{ para a armadura inferior}$$

$$M_{Ed,xx}^- = M_{Ed,yy}^- - |M_{Ed,xy}| \text{ para a armadura superior}$$
(28)

Para o dimensionamento das áreas de armadura da laje usaram-se as seguintes expressões:

$$A_s = \frac{\omega b d f_{cd}}{f_{yd}}$$
(29)

Em que:

- ω percentagem mecânica do aço;
- b largura da seção transversal;
- d altura útil da seção transversal.

A percentagem mecânica de armadura é obtida através da expressão:

$$\omega = \mu(1 + \mu)$$
(30)

Em que:

- μ momento fletor reduzido.

O momento fletor reduzido é obtido por:

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b d f_{cd}}$$
(31)

Para as armaduras das paredes, irá ser usado o núcleo como referência. Os limites da armadura vertical dá-se pela seguinte expressão (45):

$$0.002 * 20 * 100 \leq A_{s,v} \leq 0.04 * 20 * 100 \Leftrightarrow 4 \leq A_{s,v} \leq 80$$

A distância de varões deverá em conformidade com a expressão abaixo (46):

$$d = \min\{600mm; 400mm\}$$

Armadura escolhida foi 16//15, o que corresponde a uma $A_{s,v} = 13.4 \text{ cm}^2/m$ com um espaçamento de 15 cm., o que verifica.

O minimo da armadura horizontal dá-se pela seguinte expressão (47):

$$A_{s,hmin} \geq \max \{3.35; 20\}$$

Neste caso, a $A_{s,h} \geq 20 \text{ cm}^2/\text{m}$. Por esse motivo, armadura escolhida foi 16//10, o que corresponde a uma $A_{s,v} = 20.1 \text{ cm}^2/\text{m}$ com um espaçamento de 10 cm., o que verifica.

Para a verificação à flexão, serão utilizadas as expressões (28), (29), (30) e (31), do mesmo método que as lajes. Como $M_{Ed} \leq M_{Rd}$, então a armadura verifica.

Para verificação das paredes de contenção, será usado um modelo simplificado realizado no programa Ftool. As cargas utilizadas foram as impulsões da estrada, com o valor de 10kN/m, e do solo que foi admitido o valor de 26kN/m³. Neste caso, o nível freático está abaixo do nível da cave do edifício, não sendo assim impactante para os cálculos. As lajes na cave fazem travamento da parede e, por isso, foi usado apoios fixos nesses níveis. O ângulo utilizado para os cálculos foi de 20°, um valor conservativo.

Para o cálculo, foi usado a seguinte expressão:

$$K_a = \frac{1 - \sin(\varphi)}{1 + \sin(\varphi)}$$

$$K_a = 0.497$$

De seguida, prosseguimos para o cálculo da tensão do terreno e da tensão da sobrecarga:

$$\sigma_p = \gamma_G * \gamma * h * K_a = 1 * 26 * 5.9 * 0.497 = 76.23 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{sc} = \gamma_Q * q * K_a = 1.3 * 10 * 0.497 = 6.46 \text{ kN/m}^2$$

A soma destas cargas pode ser observada na figura abaixo:

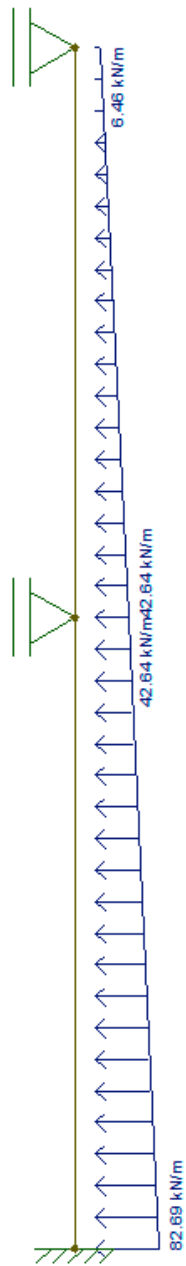


Figura 6-2 - Cargas aplicadas da parede de contenção (ftool)

Os momentos resultantes foram os seguintes:

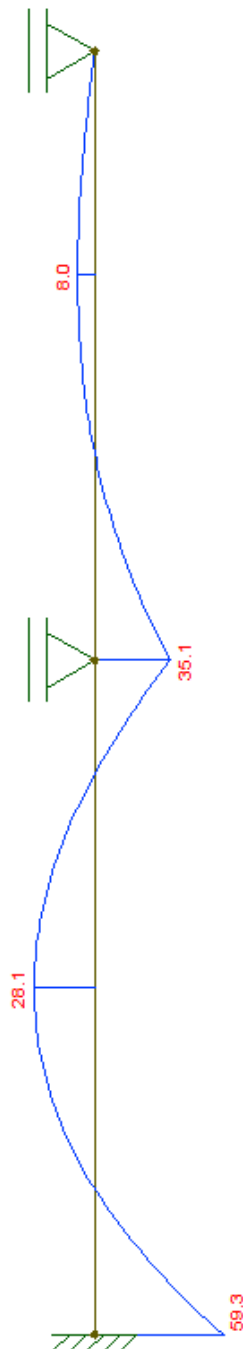


Figura 6-3 - Momentos resultantes na parede de contenção (ftool)

Segundo os resultados obtidos, da mesma maneira que foi calculado o núcleo do edifício, foram calculadas as paredes de contenção. A armadura proposta para a direção X é de 16//7,5 e para a direção Y é de 16//10.

6.5 Dimensionamento de Fundações

No dimensionamento de fundações, na Cl.9.8.2 do EC2, obteve-se o diâmetro mínimo $\phi_{min} = 8 \text{ mm}$.

Para o dimensionamento da fundação da dimensão da fundação, utiliza-se a seguinte expressão:

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{Ed} \gamma}{\text{área da sapata}} \quad (48)$$

Em que:

σ_{adm} tensão admissível do terreno, neste caso 450 MPa;

γ fator de majoração.

Para o cálculo das armaduras das sapatas isoladas, serão utilizadas as seguintes fórmulas:

$$A_s = \frac{F_{sx/y}}{B f_{yd}} \quad (49)$$

$$F_{sx/y} = \frac{N_{Ed}(A-a)}{8z} \quad (50)$$

Em que:

A largura da sapata;

B comprimento da sapata;

a largura do pilar.

Como exemplo, será considerado a sapata SB7, uma das sapatas mais condicionantes. Para o cálculo das dimensões da fundação usou-se a seguinte expressão (48):

$$\sigma_{adm} = \frac{2040}{2.2 * 2.2} = 421 \text{ MPa}$$

Como a tensão do terreno é 450 MPa, então verifica.

Para o cálculo da armadura, foram executados cálculos para as duas direções.

Para a direção x chegou-se ao seguinte:

$$F_{sx} = \frac{2040(2.2-0.6)}{8*(1-0.05-0.05)} = 503.54kN$$

$$A_s = \frac{503.54}{2.2*435} = 19.29 \text{ cm}^2/m$$

Para a direção y chegou-se ao seguinte:

$$F_{sy} = \frac{2040(2.2-0.25)}{8*(1-0.05-0.05)} = 413.16kN$$

$$A_s = \frac{413.16}{2.2*435} = 37.99 \text{ cm}^2/m$$

Para a direção x e y, a armadura proposta foi 20//7.5, que totaliza $41.87 \text{ cm}^2/m$, e assim verifica.

7 Conclusões

O desenvolvimento deste projeto estrutural de um edifício residencial de sete andares, que inclui dois níveis de cave, foi executado com uma abordagem cuidadosa e fundamentada de acordo com as normas europeias, tendo em especial atenção aos Eurocódigos. A análise detalhada das cargas que atuam sobre a estrutura juntamente com um pré-dimensionamento e com a respetiva utilização de métodos de cálculo automatizados, incluindo algumas ferramentas desenvolvidas no programa *excel*, possibilitou a verificação de um dimensionamento seguro e eficiente dos componentes estruturais.

7.1 Síntese dos Resultados

A estrutura desenvolvida começou por ser de laje alijeirada mas, devido ao mau comportamento que se obteve no *Robot* relativamente ao sismo, optou-se por desenvolver uma solução porticada em que todos os pilares e vigas têm um comportamento primário, ou seja, resistem ao sismo.

O programa de cálculo foi utilizado para desenvolver as armaduras e identificar os esforços em todos os elementos estruturais. Após a modelação, foram realizadas diversas verificações para confirmar que o modelo encontrava-se corretamente dimensionado e livre de erros de modelação. Esse processo de validação foi fundamental para garantir que todas as armaduras atendessem aos requisitos de segurança e desempenho especificados nas normas.

Além disso, as análises permitiram ajustar as dimensões das armaduras e otimizar a distribuição de materiais, assegurando uma solução eficiente e económica. A utilização de *software* avançado não só facilitou a modelação tridimensional, mas também proporcionou uma visualização clara dos esforços, o que é essencial para identificar possíveis pontos críticos na estrutura. Essas etapas garantiram que o projeto não só cumprisse com os requisitos normativos, mas também que estivesse alinhado com as melhores práticas da engenharia civil.

7.2 Contribuições para a Engenharia Civil

Este trabalho ressalta a importância de aplicar corretamente as normas técnicas e de utilizar ferramentas avançadas de análise estrutural. Essas práticas não só melhoram a qualidade do trabalho na engenharia civil, mas também podem servir como referência para projetos futuros em situações semelhantes, promovendo construções mais seguras e eficientes.

7.3 Limitações e Trabalhos Futuros

Embora o processo de dimensionamento tenha sido bem-sucedido, a utilização de análises simplificadas pode representar algumas limitações. Caso venham a ser utilizadas análises mais complexas, como efeitos não lineares e simulações dinâmicas detalhadas, poderá proporcionar uma compreensão mais profunda do desempenho do edifício. Além disso, essas análises podem otimizar a execução do projeto, potencialmente reduzindo a quantidade de material utilizado e tornando a construção mais econômica. Ao utilizar uma abordagem mais rigorosa não só aumenta a segurança, mas também promove uma maior eficiência na utilização dos recursos. Uma melhoria que poderia ser realizada seria uma melhor automatização destes cálculos de verificação, onde apenas a introdução de valores é suficiente para o devido cálculo. Dessa maneira, poderá ser poupado muito tempo sem pôr em causa a veracidade dos resultados. Outro aperfeiçoamento a ter em consideração no futuro será melhorar a quantidade de pormenores para uma melhor leitura e entendimento em obra do projeto.

Referências Bibliográficas

Grupo de Betão Armado e Pré-Esforçado. (1992). Tabelas Diversas. s.l. : Secção de Folhas - IST.

NP EN 1990. (2009). Eurocódigo 0 - Bases para o projeto de estruturas. Instituto Português Da Qualidade, 1999, 88. <https://doi.org/NP EN 1991-1-4>

NP EN 1991-1-1. (2009). Eurocódigo 1 - Ações em Estruturas - Parte 1-1: Ações Gerais - Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios. Instituto Português Da Qualidade, 44.

NP EN 1992-1-1. (2010). Eurocódigo 2 - Projeto de estruturas de betão - Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios. Instituto Português Da Qualidade.

NP EN 1997-1. (2010). Eurocódigo 7 – Projeto geotécnico – Parte 1: Regras gerais. Instituto Português da Qualidade.

NP EN 1998-1. (2010). Eurocódigo 8 - Projeto de estruturas para resistência aos sismos - Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios. Instituto Português Da Qualidade.

BARRADAS, Bernardo. Projeto de Fundações e Estruturas de um Edifício de Habitação. Ano de apresentação: 2019. 192 páginas (Tese em Engenharia Civil para obtenção de grau Mestre em Estruturas). ISEL, Lisboa, 2020.

PINHAL, Francisco. Dimensionamento de um Edifício Destinado a Centro de Dia para Idosos e Creche. Ano de apresentação: 2019. 313 páginas (Tese em Engenharia Civil para obtenção de grau Mestre em Estruturas). ISEL, Lisboa, 2015.

Jacinto, Luciano (2024). Folhas da cadeira de betão 1. [material de curso].

Gorgulho, António (2024). Folhas da cadeira de betão 2. [material de curso].

Bisch, P., Carvalho, E., Degee, H., Fajfar, P., Fardis, M., Franchin, P., Kreslin, M., Pecker, A., Pinto, P., Plumier, A., Somja, H., Tsionis, G., Cornejo, J., Raoul, G., & Sedlacek, G. (Autores.). (2011). Acun, B., Athanasopoulou, A., Pinto, A., Carvalho, E., Fardis, M. (Editores). Eurocode 8: Seismic design of buildings. Worked examples presented at the Workshop “EC 8: Seismic Design of Buildings”, Lisbon, 10-11 Feb. 2011*.

Anexos

Anexo 1 – Classes de exposição face a exposição a condições ambientais descritas segundo a E464 – 2007.

Anexo 2 – Tabela técnica dos blocos Ferca, consulta a dia 15 de janeiro, 2023, <https://www.ferca.pt/bloco.php>.

Anexo 3 – Cálculos efetuados para chegar à dimensão equivalente em material da laje aligeirada.

Anexo 4 – Cálculos de lajes, vigas, pilares e fundações.

Anexo 5 – Peças desenhadas.

Anexo 1 – Classes de exposição face a exposição a condições ambientais descritas segundo a E464 – 2007

Quadro 1 - Sem risco de corrosão ou ataque

Classe	Descrição do ambiente	Exemplos Informativos
X0	Para betão sem armaduras: Todas as exposições, exceto ao gelo/degelo, à abrasão ou ao ataque químico	Betão enterrado em solo não agressivo. Betão permanentemente submerso em água não agressiva. Betão com ciclos de molhagem/secagem não sujeito a abrasão, gelo/degelo ou ataque químico.
	Para betão armado: muito seco	Betão armado em ambiente muito seco. Betão no interior de edifícios com muito baixa humidade do ar

Quadro 2 – Corrosão induzida por carbonatação

Classe	Descrição do ambiente	Exemplos Informativos
XC1	Seco ou permanentemente húmido	Betão armado no interior de edifícios ou estruturas, com exceção das áreas com humidade elevada. Betão armado permanentemente submerso em água não agressiva.
XC2	Húmido, raramente seco	Betão armado enterrado em solo não agressivo. Betão armado sujeito a longos períodos de contato com água não agressiva.
XC3	Moderadamente húmido	Superfícies exteriores de betão armado protegidas da chuva transportada pelo vento. Betão armado no interior de estruturas com moderada ou elevada humidade do ar (v.g., cozinhas, casas de banho).
XC4	Ciclicamente húmido	Betão armado exposto a ciclos de molhagem/secagem. Superfícies exteriores de betão armado expostas à chuva ou fora do âmbito da XC2.

Quadro 3 – Corrosão induzida por cloretos não provenientes da água do mar

Classe	Descrição do ambiente	Exemplos Informativos
XD1	Moderadamente húmido	Betão armado em partes de pontes afastadas da ação direta dos sais descongelantes, mas expostas a cloretos transportados pelo ar.
XD2	Húmido, raramente seco	Betão armado completamente imerso em água contendo cloretos; piscinas
XD3	Ciclicamente húmido e seco	Betão armado diretamente afetado pelos sais descongelantes ou pelos salpicos de água contendo cloretos ⁽¹⁾ . Betão armado em que uma das superfícies está imersa em água contendo cloretos e a outra exposta ao ar (v.g., algumas piscinas ou partes delas). Lajes de parques de estacionamento de automóveis ⁽²⁾ e outros pavimentos expostos a sais contendo

		cloretos.
--	--	-----------

(1) No nosso país estas situações deverão ser consideradas na classe XD1; (2) Idem, se relevante

Quadro 4 – Corrosão induzida por cloretos da água do mar

Classe	Descrição do ambiente	Exemplos Informativos
XS1	Ar transportando sais marinhos, mas sem contato direto com água do mar	Betão armado em ambiente marítimo saturado de sais. Betão armado em áreas costeiras perto do mar, diretamente exposto e a menos de 200 m do mar; esta distância pode ser aumentada até 1 km nas costas planas e foz de rios.
XS2	Submersão permanente	Betão armado permanentemente submerso.
XS3	Zona de marés, de rebentação e de salpicos	Betão armado sujeito às marés ou aos salpicos, desde 10 m acima do nível superior das marés (5 m na costa Sul de Portugal Continental) até 1 m abaixo do nível inferior das marés. Betão armado em que uma das superfícies está imersa em água do mar e a outra exposta ao ar (v.g., túneis submersos ou abertos em rocha ou solos permeáveis no mar ou em estuário de rios). Esta exposição exigirá muito provavelmente medidas de proteção suplementares.

Quadro 5 – Ataque pelo gelo/degelo

Classe	Descrição do ambiente	Exemplos Informativos
XF1	Moderado número de ciclos de gelo/degelo, sem produtos descongelantes.	Betão em superfícies verticais expostas à chuva e ao gelo. Betão em superfícies não verticais mas expostas à chuva ou gelo.
XF2	Moderado número de ciclos de gelo/degelo, com produtos descongelantes.	Betão, tal como nas pontes, classificável como XF1, mas exposto aos sais descongelantes direta ou indiretamente.

Anexo 2 – Tabela técnica dos blocos Ferca, acedido a dia 15 de janeiro, 2023,
<https://www.ferca.pt/bloco.php>.



www.ferca.pt
 FERCA - Construção Racionalizada
 e Estruturas, Lda
 Alameda da Oliveira, n.º 0131
 1995-200 Lisboa, Portugal
 T. (+351) 211 85 580
 E. ferca@ferca.pt

FERCA BLOCO FB65

Designação do bloco	Espessura total da laje	Altura do bloco	Lâmba superior	largura da nervura	Distância entre eixos	Volume	Consumo de betão	peso próprio da laje	Inércia da laje
	h_1	h_2	h_0	b_1	b	m^3	m^3/m^2	kN/m^2	cm^4/m
FB65/20	25	20	5	15	80	0,1796	0,1296	3,80	47024
FB65/25	30	25	5	15	80	0,1908	0,1425	4,36	79391
FB65/30	35	30	5	15	80	0,2019	0,1595	4,83	92285
FB65/34	40	34	6	15	80	0,1888	0,1851	5,52	186343
FB65/40	50	40	10	15	80	0,1841	0,2436	7,40	176193

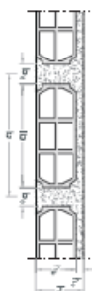
FERCA BLOCO FB75

Designação do bloco	Espessura total da laje	Altura do bloco	Lâmba superior	largura da nervura	Distância entre eixos	Volume	Consumo de betão	peso próprio da laje	Inércia da laje
	h_1	h_2	h_0	b_1	b	m^3	m^3/m^2	kN/m^2	cm^4/m
FB75/20	25	20	5	15	90	0,1699	0,1180	3,69	43403
FB75/25	30	25	5	15	90	0,1850	0,1333	4,15	73879
FB75/30	35	30	5	15	90	0,1937	0,1486	4,60	95904
FB75/34	40	34	6	15	90	0,1856	0,1729	5,27	172960
FB75/40	50	40	10	15	90	0,2194	0,2291	6,88	347222

FERCA BLOCO FB80

Designação do bloco	Espessura total da laje	Altura do bloco	Lâmba superior	largura da nervura	Distância entre eixos	Volume	Consumo de betão	peso próprio da laje	Inércia da laje
	h_1	h_2	h_0	b_1	b	m^3	m^3/m^2	kN/m^2	cm^4/m
FB80/20	25	20	6	20	100	0,1290	0,1280	3,77	48097
FB80/25	30	25	5	20	100	0,1540	0,1480	4,34	83333
FB80/30	35	30	5	20	100	0,1860	0,1640	4,82	129564
FB80/35	40	35	6	20	100	0,2116	0,1884	5,46	194807
FB80/40	50	40	10	20	100	0,2300	0,2500	7,03	392778

Legenda:



Anexo 3 – Cálculos efetuados para chegar à dimensão equivalente em material da laje aligeirada.

	Área (m ²)	Volume betão (m ³ /m ²)	Volume total
Parcela Laje Aligeirada	135,00	0,1256	16,96
Parcela Laje Maciça	101,96	0,25	25,49

Área total de laje	236,96	Volume total de Laje Aligeirada	42,45
--------------------	--------	---------------------------------	-------

Espessura de laje maciça equivalente a este volume:	
$e (m) = V(m^3) / A(m^2)$	$e = 0,18$

Anexo 4 - Cálculos efetuados no dimensionamento.

ARMADURA DE LAJES EM BETÃO ARMADO

Piso			Med (kN/m)	Dimensões (cm)		As (cm ² /m)				Ver		Ver		Arções Escolhidas	
				h	r	Min	Max	Geral	Reforço	MRd	S/Ref	MRd	C/Ref	Geral	reforço
Cob	sup	X	24,50	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	inf	X	25,33	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	sup	Y	28,22	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	inf	Y	27,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
4	sup	X	32,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	inf	X	22,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	sup	Y	32,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	inf	Y	22,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
3	sup	X	29,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	inf	X	30,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	sup	Y	29,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	inf	Y	33,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
2	sup	X	26,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	inf	X	30,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	sup	Y	32,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	inf	Y	30,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
1	sup	X	26,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	inf	X	23,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	sup	Y	32,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	inf	Y	22,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
jardim	sup	X	5,00	16	3,1	1,74	64,00	2,52	0,00	13,77	✓	13,77	✓	8//20	
	inf	X	7,00	16	3,1	1,74	64,00	2,52	0,00	13,77	✓	13,77	✓	8//20	
	sup	Y	7,00	16	3,1	1,74	64,00	2,52	0,00	13,77	✓	13,77	✓	8//20	
	inf	Y	7,00	16	3,1	1,74	64,00	2,52	0,00	13,77	✓	13,77	✓	8//20	
0+	sup	X	19,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	0,00	21,15	✓	21,15	✓	10//20	
	inf	X	12,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	0,00	21,15	✓	21,15	✓	10//20	
	sup	Y	18,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	0,00	21,15	✓	21,15	✓	10//20	
	inf	Y	10,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	0,00	21,15	✓	21,15	✓	10//20	
0-	sup	X	15,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	0,00	21,15	✓	21,15	✓	10//20	
	inf	X	29,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
	sup	Y	20,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	0,00	21,15	✓	21,15	✓	10//20	
	inf	Y	29,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	2,52	21,15	✗	33,77	✓	10//20	8//20
-1	sup	X	35,00	20	3,1	2,28	80,00	5,23	0,00	36,85	✓	36,85	✓	10//15	
	inf	X	25,00	20	3,1	2,28	80,00	5,23	0,00	36,85	✓	36,85	✓	10//15	
	sup	Y	32,00	20	3,1	2,28	80,00	5,23	0,00	36,85	✓	36,85	✓	10//15	
	inf	Y	30,00	20	3,1	2,28	80,00	5,23	0,00	36,85	✓	36,85	✓	10//15	

ARMADURA DE LAJES EM BETÃO ARMADO

Piso		Vrd calc. (kN)						Vrd,min (kN)		VRd,c (kN)	VEd Ver.		
		Ned (kN)	bw (mm)	d (mm)	p1	k	σcp	Vrd,c (kN)	vmin	Vrd,min	kN	VEd	Ver.
Cob	sup	20	1000	129	0,00305	2	0,125	63	0,495	66	66	27	✓
	inf	20	1000	129	0,00305	2	0,125	63	0,495	66	66	27	✓
	sup	40	1000	129	0,00305	2	0,250	66	0,495	69	69	35	✓
	inf	40	1000	129	0,00305	2	0,250	66	0,495	69	69	35	✓
4	sup	10	1000	129	0,00305	2	0,063	62	0,495	65	65	22	✓
	inf	20	1000	129	0,00305	2	0,125	63	0,495	66	66	22	✓
	sup	45	1000	129	0,00305	2	0,281	66	0,495	69	69	30	✓
	inf	45	1000	129	0,00305	2	0,281	66	0,495	69	69	30	✓
3	sup	20	1000	129	0,00305	2	0,125	63	0,495	66	66	22	✓
	inf	20	1000	129	0,00305	2	0,125	63	0,495	66	66	22	✓
	sup	20	1000	129	0,00305	2	0,125	63	0,495	66	66	30	✓
	inf	20	1000	129	0,00305	2	0,125	63	0,495	66	66	30	✓
2	sup	15	1000	129	0,00305	2	0,094	63	0,495	66	66	22	✓
	inf	15	1000	129	0,00305	2	0,094	63	0,495	66	66	22	✓
	sup	15	1000	129	0,00305	2	0,094	63	0,495	66	66	30	✓
	inf	15	1000	129	0,00305	2	0,094	63	0,495	66	66	30	✓
1	sup	10	1000	129	0,00305	2	0,063	62	0,495	65	65	22	✓
	inf	10	1000	129	0,00305	2	0,063	62	0,495	65	65	22	✓
	sup	10	1000	129	0,00305	2	0,063	62	0,495	65	65	30	✓
	inf	10	1000	129	0,00305	2	0,063	\	0,495	65	65	30	✓
jardim	sup	25	1000	129	0,00195	2	0,156	56	0,495	67	67	5	✓
	inf	25	1000	129	0,00195	2	0,156	56	0,495	67	67	5	✓
	sup	30	1000	129	0,00195	2	0,188	56	0,495	67	67	10	✓
	inf	30	1000	129	0,00195	2	0,188	56	0,495	67	67	10	✓
0+	sup	32	1000	129	0,00305	2	0,200	65	0,495	68	68	34	✓
	inf	32	1000	129	0,00305	2	0,200	65	0,495	68	68	34	✓
	sup	40	1000	129	0,00305	2	0,250	66	0,495	69	69	23	✓
	inf	40	1000	129	0,00305	2	0,250	66	0,495	69	69	23	✓
0-	sup	32	1000	129	0,00305	2	0,200	65	0,495	68	68	20	✓
	inf	32	1000	129	0,00305	2	0,200	65	0,495	68	68	20	✓
	sup	40	1000	129	0,00305	2	0,250	66	0,495	69	69	25	✓
	inf	40	1000	129	0,00305	2	0,250	66	0,495	69	69	25	✓
-1	sup	40	1000	169	0,00309	2	0,200	85	0,495	89	89	22	✓
	inf	40	1000	169	0,00309	2	0,200	85	0,495	89	89	22	✓
	sup	40	1000	169	0,00309	2	0,200	85	0,495	89	89	30	✓
	inf	40	1000	169	0,00309	2	0,200	85	0,495	89	89	30	✓

ARMADURA DE ESCADAS EM BETÃO ARMADO

Piso			Med (kN/m)	Dimensões (cm)		As (cm ² /m)			Ver		Varões Escolhidos
				h	r	Min	Max	Geral	MRd	Geral	
Patim	inf	X	27,00	16	3,1	1,74	64,00	5,23	27,75	✓	10//15
	sup	X	27,00	16	3,1	1,74	64,00	5,23	27,75	✓	10//15
	inf	Y	27,00	16	3,1	1,74	64,00	5,23	27,75	✓	10//15
	sup	Y	27,00	16	3,1	1,74	64,00	5,23	27,75	✓	10//15
Escada	inf	X	21,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	21,15	✓	10//15
	sup	X	21,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	21,15	✓	10//15
	inf	Y	21,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	21,15	✓	10//15
	sup	Y	21,00	16	3,1	1,74	64,00	3,93	21,15	✓	10//15

ARMADURA DE ESCADAS EM BETÃO ARMADO

Piso		Vrd calc. (kN)						Vrd,min (kN)		Vrd,c (kN)	VEd Ver.		
		Ved (kN)	bw (mm)	d (mm)	ρ_1	k	σ_{cp}	Vrd,c (kN)	vmin	Vrd,min	kN	VEd	Ver.
Patim	inf	30	1000	129	0,00405	2	0,188	71	0,495	67	71	27	✓
	sup	30	1000	129	0,00405	2	0,188	71	0,495	67	71	27	✓
	inf	30	1000	129	0,00405	2	0,188	71	0,495	67	71	35	✓
	sup	30	1000	129	0,00405	2	0,188	71	0,495	67	71	35	✓
Escada	inf	30	1000	129	0,00305	2	0,188	65	0,495	67	67	22	✓
	sup	30	1000	129	0,00305	2	0,188	65	0,495	67	67	22	✓
	inf	30	1000	129	0,00305	2	0,188	65	0,495	67	67	30	✓
	sup	30	1000	129	0,00305	2	0,188	65	0,495	67	67	30	✓

ARMADURA DE VIGAS EM BETÃO ARMADO

Elem.	Dimensões (cm)		As (cm ²) min.		As (cm ²)		Varões Escolhidos		
	H	B	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Transv
VB1	50	25	2,00	3,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB2	50	25	2,00	3,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB3	50	25	4,00	4,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB4	50	25	4,00	4,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB5	50	25	5,00	7,00	6,030	8,040	3ø16	4ø16	8//20
VB6	50	25	5,00	7,00	6,030	8,040	3ø16	4ø16	8//20
VB7	50	25	2,00	2,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB8	50	25	1,70	1,70	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB9	50	25	2,50	4,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB10	50	25	3,00	3,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB11	50	25	3,00	4,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB12	50	25	3,00	3,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB13	50	25	3,00	4,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB14	50	25	2,00	4,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB15	50	25	4,00	3,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB16	50	25	2,00	2,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB17	35	25	2,00	2,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB18	50	25	5,00	6,00	6,030	6,030	3ø16	3ø16	8//20
VB19	50	25	3,00	3,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB20	50	25	3,00	5,00	4,020	4,020	2ø16	3ø16	8//20
VB21	50	25	2,50	2,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB22	50	25	2,00	2,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB23	50	25	2,00	4,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB24	50	25	4,00	5,00	4,020	6,030	2ø16	3ø16	8//20
VB25	50	25	4,00	4,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB26	50	25	4,00	2,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB27	50	25	4,00	3,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB28	50	25	5,00	4,00	6,030	6,030	3ø16	3ø16	8//20
VB30	50	25	11,00	12,00	4,020	4,020	4ø20	4ø20	8//20
VB31	50	20	3,00	3,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB32	50	20	4,00	5,00	4,020	6,030	2ø16	3ø16	8//20
VB33	35	25	6,00	5,00	6,030	6,030	3ø16	3ø16	8//20
VB34	50	25	2,00	2,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB35	50	25	2,00	4,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB36	50	20	7,00	7,00	8,040	8,040	4ø16	4ø16	8//20
VB37	50	20	5,00	5,00	6,030	6,030	3ø16	3ø16	8//20
VB38	50	25	9,00	10,00	12,560	12,560	4ø20	4ø20	8//20
VB39	50	25	6,00	5,00	6,030	6,030	3ø16	3ø16	8//20
VB40	50	25	4,00	9,00	4,020	10,050	2ø16	5ø16	8//20
VB41	50	25	4,00	6,00	4,020	4,020	2ø20	2ø20	8//20
VB42	50	25	6,00	6,00	4,020	4,020	2ø20	2ø20	8//20
VB43	70	25	12,00	17,00	12,560	19,640	4ø20	4ø25	8//20
VB44	35	25	2,00	1,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB45	35	25	1,00	2,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB46	35	25	4,00	2,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB47	35	25	4,00	3,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB48	35	25	8,00	5,00	8,040	4,020	4ø16	3ø16	8//20
VB49	35	20	6,00	3,00	6,030	4,020	3ø16	2ø16	8//20
VB50	35	20	2,00	2,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB51	35	25	3,00	4,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB52	35	25	4,00	5,00	4,020	6,030	2ø16	3ø16	8//20
VB53	50	25	2,00	10,00	4,020	12,560	2ø16	4ø20	8//20
VB54	35	25	4,00	3,00	4,020	4,020	2ø16	2ø16	8//20
VB55	35	25	4,00	6,00	4,020	6,030	2ø16	3ø16	8//20

ARMADURA DE VIGAS EM BETÃO ARMADO

Elem.	As,min (cm ²)			As,min transversal (cm ² /m)				
	pmin	p	Ver	pw,min	Asw	S	pw	Ver
VB1	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB2	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB3	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB4	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB5	0,0026	0,011256	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB6	0,0026	0,011256	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB7	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB8	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB9	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB10	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB11	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB12	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB13	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB14	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB15	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB16	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB17	0,0026	0,009189	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB18	0,0026	0,009648	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB19	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB20	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB21	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB22	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB23	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB24	0,0026	0,00804	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB25	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB26	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB27	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB28	0,0026	0,009648	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB30	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB31	0,0026	0,00804	✓	0,0008	2,52	20	0,0063	✓
VB32	0,0026	0,01005	✓	0,0008	2,52	20	0,0063	✓
VB33	0,0026	0,013783	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB34	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB35	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB36	0,0026	0,01608	✓	0,0008	2,52	20	0,0063	✓
VB37	0,0026	0,01206	✓	0,0008	2,52	20	0,0063	✓
VB38	0,0026	0,020096	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB39	0,0026	0,009648	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB40	0,0026	0,011256	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB41	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB42	0,0026	0,006432	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB43	0,0026	0,0184	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB44	0,0026	0,009189	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB45	0,0026	0,009189	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB46	0,0026	0,009189	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB47	0,0026	0,009189	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB48	0,0026	0,013783	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB49	0,0026	0,014357	✓	0,0008	2,52	20	0,0063	✓
VB50	0,0026	0,011486	✓	0,0008	2,52	20	0,0063	✓
VB51	0,0026	0,009189	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB52	0,0026	0,011486	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB53	0,0026	0,013264	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB54	0,0026	0,009189	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓
VB55	0,0026	0,011486	✓	0,0008	2,52	20	0,00504	✓

ARMADURA DE VIGAS EM BETÃO ARMADO

Elem.	MRd (kN/m)			Ver. MEd		VRd,s			VRd,max				Ver. VEd		
	ωR_d	μR_d	MRd	MEd	Ver.	Asw	s	z cm	Vrd,s	z (cm)	v1	Vrd,max	Ver.	VEd	Ver.
VB1	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB2	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB3	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB4	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB5	0,078	0,075	276	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB6	0,078	0,075	276	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB7	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB8	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB9	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB10	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB11	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB12	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB13	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB14	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB15	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB16	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB17	0,066	0,063	108	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓
VB18	0,067	0,065	238	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB19	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB20	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB21	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB22	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB23	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB24	0,056	0,054	200	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB25	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB26	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB27	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB28	0,067	0,065	238	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB30	0,045	0,044	161	145	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB31	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	351	✗	200	✓
VB32	0,056	0,054	200	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	351	✗	200	✓
VB33	0,098	0,093	159	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓
VB34	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB35	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB36	0,089	0,085	314	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	351	✗	200	✓
VB37	0,067	0,065	238	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	351	✗	200	✓
VB38	0,139	0,129	477	215	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	210	✓
VB39	0,067	0,065	238	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB40	0,078	0,075	276	120	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB41	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB42	0,045	0,044	161	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	375	✓
VB43	0,125	0,117	878	415	✓	2,52	20	63	598	63	0,54	614	✓	200	✓
VB44	0,066	0,063	108	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓
VB45	0,066	0,063	108	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓
VB46	0,066	0,063	108	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓
VB47	0,066	0,063	108	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓
VB48	0,098	0,093	159	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓
VB49	0,082	0,079	134	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	246	✗	200	✓
VB50	0,066	0,063	108	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	246	✗	200	✓
VB51	0,066	0,063	108	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓
VB52	0,082	0,079	134	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓
VB53	0,092	0,088	323	100	✓	2,52	20	45	427	45	0,54	438	✓	200	✓
VB54	0,066	0,063	108	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓
VB55	0,082	0,079	134	100	✓	2,52	20	32	299	31,5	0,54	307	✓	200	✓

ARMADURA DE PILARES EM BETÃO ARMADO

Elem.	Dimensões (cm)			As (cm ²) min.		As (cm ²)		Varões Escolhidos		
	H	B	rec	H	B	H	B	H	B	Transv.
PB1	25	50	3	4,30	1,20	4,52	2,26	4ø12	2ø12	8//20
PB2	25	70	3	25,00	11,00	25,12	12,56	8ø20	4ø20	8//20
PB3	25	50	3	1,20	0,50	4,02	4,02	2ø16	2ø16	8//20
PB4	25	50	3	4,00	2,10	4,52	2,26	4ø12	2ø12	8//20
PB5	25	45	3	0,80	0,90	2,26	2,26	2ø12	2ø12	8//20
PB6	25	40	3	5,00	12,00	6,28	12,56	2ø20	4ø20	8//20
PB7	40	60	3	6,00	22,00	12,56	25,12	4ø20	8ø20	8//20
PB8	25	50	3	0,80	0,50	4,02	4,02	2ø16	2ø16	8//20
PB9	25	60	3	6,00	22,00	6,28	25,12	2ø20	8ø20	8//20
PB10	25	50	3	1,50	1,00	4,02	4,02	2ø16	2ø16	8//20
PB11	25	40	3	1,20	0,90	2,26	2,26	2ø12	2ø12	8//20
PB12	20	35	3	0,60	0,60	2,26	2,26	2ø12	2ø12	8//20
PB13	20	50	3	2,00	1,00	2,26	2,26	2ø12	2ø12	8//20
PB14	20	115	3	3,00	13,00	4,02	14,07	2ø16	7ø16	8//20
PB15	20	60	3	3,00	8,00	4,02	8,04	2ø16	4ø16	8//20
PB16	20	70	3	4,50	17,00	6,28	18,84	2ø20	6ø20	8//20
PB17	20	70	3	3,00	6,00	4,02	8,04	2ø16	4ø16	8//20
PB18A	20	200	3	7,00	32,00	9,82	34,37	2ø25	7ø25	8//20
PB18B	20	100	3	7,00	21,00	9,82	34,37	2ø25	7ø25	8//20
PB19	25	45	3	7,00	9,70	9,82	9,82	2ø25	2ø25	8//20
PB20	25	25	3	2,00	2,00	4,02	4,02	2ø16	2ø16	8//20

ARMADURA DE PILARES EM BETÃO ARMADO

Elem.	$A_s, \text{min long. (cm}^2\text{)}$					$\varnothing \text{transv. (mm)}$						$S_{cl, \text{max (mm)}}$		
	NEd(kN)	$A_{s, \text{calc}}$	$A_{s, 2\%oAC}$	$A_{s, \text{min}}$	Ver.	$\varnothing H$	$\varnothing B$	$\varnothing \text{calc.}$	$\varnothing \text{mir}$	\varnothing	Ver.		$20^* \varnothing$	
PB1	430,00	0,99	2,50	2,50	✓	12,00	12,00	3,00	6,0	8	✓	250,00	240	240,00
PB2	1500,00	3,45	3,50	3,50	✓	20,00	20,00	5,00	6,0	8	✓	250,00	400	250,00
PB3	630,00	1,45	2,50	2,50	✓	12,00	12,00	3,00	6,0	8	✓	250,00	240	240,00
PB4	710,00	1,63	2,50	2,50	✓	12,00	12,00	3,00	6,0	8	✓	250,00	240	240,00
PB5	840,00	1,93	2,25	2,25	✓	12,00	12,00	3,00	6,0	8	✓	250,00	240	240,00
PB6	1620,00	3,72	2,00	3,72	✓	20,00	20,00	5,00	6,0	8	✓	250,00	400	250,00
PB7	2100,00	4,83	4,80	4,83	✓	20,00	20,00	5,00	6,0	8	✓	400,00	400	400,00
PB8	230,00	0,53	2,50	2,50	✓	12,00	12,00	3,00	6,0	8	✓	250,00	240	240,00
PB9	1620,00	3,72	3,00	3,72	✓	20,00	20,00	5,00	6,0	8	✓	250,00	400	250,00
PB10	600,00	1,38	2,50	2,50	✓	12,00	12,00	3,00	6,0	8	✓	250,00	240	240,00
PB11	405,00	0,93	2,00	2,00	✓	12,00	12,00	3,00	6,0	8	✓	250,00	240	240,00
PB12	345,00	0,79	1,40	1,40	✓	12,00	12,00	3,00	6,0	8	✓	200,00	240	200,00
PB13	250,00	0,57	2,00	2,00	✓	12,00	12,00	3,00	6,0	8	✓	200,00	240	200,00
PB14	640,00	1,47	4,60	4,60	✓	16,00	16,00	4,00	6,0	8	✓	200,00	320	200,00
PB15	850,00	1,95	2,40	2,40	✓	16,00	16,00	4,00	6,0	8	✓	200,00	320	200,00
PB16	470,00	1,08	2,80	2,80	✓	20,00	20,00	5,00	6,0	8	✓	200,00	400	200,00
PB17	200,00	0,46	2,80	2,80	✓	16,00	16,00	4,00	6,0	8	✓	200,00	320	200,00
PB18A	800,00	1,84	8,00	8,00	✓	25,00	25,00	6,25	6,3	8	✓	200,00	500	200,00
PB18B	400,00	0,92	4,00	4,00	✓	25,00	25,00	6,25	6,3	8	✓	200,00	500	200,00
PB19	100,00	0,23	2,25	2,25	✓	25,00	25,00	6,25	6,3	8	✓	250,00	500	250,00
PB20	200,00	0,46	1,25	1,25	✓	16,00	16,00	4,00	6,0	8	✓	250,00	320	250,00

ARMADURA DE PILARES EM BETÃO ARMADO

Elem.	Cálculo do MRdz														
	d(m)	Fc	x=	ε1	ε2	Ver.	x=	ε1	σ1	ε2	σ2	Fc	Fs1	Fs2	MRdz
PB1	0,47	3373	0,13	0,00940	0,00268	✗	0,12	0,01006	435	0,00263	435	82	21,6	21,6	125
PB2	0,67	3373	0,44	0,00110	0,00203	✗	0,40	0,00233	435	0,00324	435	248	174,8	174,8	598
PB3	0,47	3373	0,19	0,00331	0,00183	✗	0,17	0,00618	435	0,00288	435	103	38,5	38,5	180
PB4	0,47	3373	0,21	0,00269	0,00187	✗	0,20	0,00473	435	0,00297	435	112	21,6	21,6	156
PB5	0,42	3373	0,25	0,00150	0,00192	✗	0,24	0,00251	435	0,00307	435	102	19,2	19,2	140
PB6	0,37	3373	0,48	0,00050	0,00204	✗	0,34	0,00026	52	0,00319	435	66	92,9	11,2	170
PB7	0,57	5397	0,39	0,00101	0,00201	✗	0,34	0,00236	435	0,00319	435	291	295,0	295,0	881
PB8	0,47	3373	0,07	0,01285	0,00122	✗	0,07	0,01948	435	0,00203	407	53	36,0	38,5	128
PB9	0,57	3373	0,48	0,00041	0,00204	✗	0,36	0,00197	394	0,00321	435	182	295,0	266,9	744
PB10	0,47	3373	0,18	0,00358	0,00181	✗	0,16	0,00667	435	0,00285	435	100	38,5	38,5	177
PB11	0,37	3373	0,12	0,00454	0,00164	✗	0,11	0,00780	435	0,00258	435	59	16,7	16,7	92
PB12	0,32	2698	0,13	0,00328	0,00167	✗	0,12	0,00581	435	0,00263	435	41	14,3	14,3	69
PB13	0,47	2698	0,09	0,00888	0,00147	✗	0,09	0,01478	435	0,00233	435	52	21,6	21,6	95
PB14	1,12	2698	0,24	0,00811	0,00190	✗	0,17	0,02022	435	0,00286	435	226	333,6	333,6	893
PB15	0,57	2698	0,32	0,00176	0,00197	✗	0,31	0,00297	435	0,00316	435	143	94,4	94,4	332
PB16	0,67	2698	0,17	0,00621	0,00180	✗	0,12	0,01675	435	0,00259	435	94	262,3	262,3	619
PB17	0,67	2698	0,07	0,01753	0,00130	✗	0,08	0,02707	435	0,00213	426	66	109,7	111,9	287
PB18A	1,97	2698	0,30	0,01231	0,00196	✗	0,14	0,04428	435	0,00277	435	366	1450,2	1450,2	3266
PB18B	0,97	2698	0,15	0,01208	0,00174	✗	0,09	0,03250	435	0,00239	435	117	702,7	702,7	1523
PB19	0,42	3373	0,03	0,02870	0,00003	✗	0,06	0,02186	435	0,00169	338	39	64,7	83,3	187
PB20	0,22	3373	0,06	0,00591	0,00108	✗	0,07	0,00821	435	0,00190	381	22	14,5	16,6	53

ARMADURA DE PILARES EM BETÃO ARMADO

Elem.	Cálculo do MRdz														
	d(m)	Fc	x=	ε1	ε2	Ver.	x=	ε1	σ1	ε2	σ2	Fc	Fs1	Fs2	MRdz
PB1	0,22	6746	0,06	0,00858	0,00185	✗	0,03	0,02245	435	0,00351	435	22,5	18,7	18,7	60
PB2	0,22	9444	0,16	0,00135	0,00284	✗	0,08	0,00595	435	0,00351	435	70,1	103,8	103,8	278
PB3	0,22	6746	0,09	0,00474	0,00238	✗	0,03	0,02366	435	0,00352	435	21,7	16,6	16,6	55
PB4	0,22	6746	0,11	0,00382	0,00250	✗	0,03	0,02245	435	0,00351	435	22,5	18,7	18,7	60
PB5	0,22	6071	0,14	0,00207	0,00274	✗	0,05	0,01335	435	0,00350	435	29,4	9,3	9,3	48
PB6	0,22	5397	0,30	0,00093	0,00315	✗	0,07	0,00808	435	0,00351	435	34,9	26,0	26,0	87
PB7	0,37	8095	0,26	0,00149	0,00310	✗	0,10	0,00890	435	0,00351	435	132,4	92,9	92,9	318
PB8	0,22	6746	0,03	0,01908	0,00042	✗	0,03	0,02366	435	0,00354	435	21,7	16,6	16,6	55
PB9	0,22	8095	0,20	0,00035	0,00298	✗	0,06	0,00958	435	0,00353	435	47,9	26,0	26,0	100
PB10	0,22	6746	0,09	0,00516	0,00232	✗	0,03	0,02366	435	0,00352	435	21,7	16,6	16,6	55
PB11	0,22	5397	0,08	0,00676	0,00210	✗	0,02	0,02777	435	0,00352	435	15,2	9,3	9,3	34
PB12	0,17	4722	0,07	0,00464	0,00206	✗	0,03	0,01939	435	0,00352	435	10,9	6,9	6,9	25
PB13	0,17	6746	0,04	0,01256	0,00067	✗	0,02	0,02300	435	0,00353	435	13,7	6,9	6,9	27
PB14	0,17	15515	0,04	0,01092	0,00095	✗	0,02	0,02604	435	0,00362	435	28,6	12,2	12,2	53
PB15	0,17	8095	0,11	0,00217	0,00250	✗	0,04	0,01041	435	0,00352	435	28,5	12,2	12,2	53
PB16	0,17	9444	0,05	0,00846	0,00139	✗	0,03	0,01661	435	0,00365	435	24,5	19,1	19,1	63
PB17	0,17	9444	0,02	0,02460	0,00146	✗	0,02	0,02051	435	0,00362	435	21,0	12,2	12,2	45
PB18A	0,17	26983	0,03	0,01657	0,00004	✗	0,02	0,02210	435	0,00378	435	56,6	29,9	29,9	116
PB18B	0,17	13492	0,03	0,01657	0,00004	✗	0,03	0,01593	435	0,00382	435	36,1	29,9	29,9	96
PB19	0,22	6071	0,02	0,04325	0,00287	✗	0,04	0,01544	435	0,00359	435	26,7	40,6	40,6	108
PB20	0,22	3373	0,06	0,00949	0,00173	✗	0,04	0,01750	435	0,00354	435	13,6	16,6	16,6	47

ARMADURA DE PILARES EM BETÃO ARMADO

Elem.	Verificação dos Pilares					a	Ver.
	MEdz	MRdz	MEdy	MRdy			
PB1	38	125	28	60	1	✓	
PB2	415	598	10	278	1	✓	
PB3	10	180	10	55	1	✓	
PB4	50	156	21	60	1	✓	
PB5	25	140	17	48	1	✓	
PB6	15	170	40	87	1	✓	
PB7	14	881	100	318	1	✓	
PB8	10	128	10	55	1	✓	
PB9	15	744	53	100	1	✓	
PB10	20	177	20	55	1	✓	
PB11	20	92	20	34	1	✓	
PB12	10	69	10	25	1	✓	
PB13	60	95	10	27	1	✓	
PB14	10	893	45	53	1	✓	
PB15	25	332	45	53	1	✓	
PB16	86	619	53	63	1	✓	
PB17	21	287	17	45	1	✓	
PB18A	250	3266	105	116	1	✓	
PB18B	100	1523	12	96	1	✓	
PB19	60	187	60	108	1	✓	
PB20	30	53	20	47	1	✓	

DIMENSÃO DE SAPATAS ISOLADAS EM BETÃO ARMADO

Elem.	Dim Pilar (m)		Dim Sapata (m)				Verificação ($NRd < \sigma Sd$)		
	a	b	A	B	H	rec.	NSd (kN)	NRd (kN)	Ver
SB1	0,50	0,35	1,6	0,8	0,6	0,05	450	352	✓
SB2	0,25	0,70	2,0	2,0	1,0	0,05	1500	375	✓
SB3	0,25	0,50	1,3	1,3	0,6	0,05	300	178	✓
SB4	0,25	0,50	1,3	1,3	0,6	0,05	630	373	✓
SB5	0,25	0,45	1,4	1,4	0,6	0,05	700	357	✓
SB6	0,25	0,40	2,0	1,8	1,0	0,05	1620	450	✓
SB7	0,60	0,25	2,2	2,2	1,0	0,05	2040	421	✓
SB8	0,50	0,25	1,2	1,2	0,6	0,05	230	160	✓
SB9	0,80	0,25	1,8	1,4	0,6	0,05	1620	643	✓
SB10	0,25	0,50	1,2	1,2	0,6	0,05	600	417	✓
SB11	0,40	0,20	1,2	1,2	0,6	0,05	405	281	✓
SB12	0,25	0,35	1,0	1,0	0,6	0,05	350	350	✓

Tensão do terreno:

$$\sigma Sd = 450$$

DIMENSÃO DE SAPATAS ISOLADAS EM BETÃO ARMADO

Elem.	As (cm ² /m)		Varões Escolhidos		NEd kN	As,x A			As,x B		
	A	B	A	B		Fs A	As (cm ² /m)	Ver	Fs B	As (cm ² /m)	Ver
SB1	10,05	10,05	16//20	16//20	450	105	6,92	✓	43	1,98	✓
SB2	25,12	25,12	20//12,5	20//12,5	1500	332	10,91	✓	247	22,70	✓
SB3	10,05	10,05	16//20	16//20	300	67	3,08	✓	51	4,70	✓
SB4	10,05	10,05	16//20	16//20	630	141	6,47	✓	107	9,86	✓
SB5	13,4	13,4	16//15	16//15	700	171	8,75	✓	141	13,01	✓
SB6	31,4	31,4	20//10	20//10	1620	359	20,62	✓	287	26,40	✓
SB7	41,87	41,87	20//7,5	20//7,5	2040	413	37,99	✓	504	19,29	✓
SB8	10,05	10,05	16//20	16//20	230	34	3,15	✓	46	2,14	✓
SB9	32,73	32,73	25//15	25//15	1620	345	31,69	✓	396	11,39	✓
SB10	10,05	10,05	16//20	16//20	600	121	5,58	✓	89	8,22	✓
SB11	10,05	10,05	16//20	16//20	405	69	7,92	✓	86	4,95	✓
SB12	10,05	10,05	16//20	16//20	350	56	3,67	✓	48	4,45	✓

ARMADURA DE MUROS EM BETÃO ARMADO

Piso		Med (kN/m)	Dimensões (cm)		As (cm ² /m)				Ver		Ver		Varões Escolhidos	
			h	r	Min	Max	Geral	Reforço	MRd	S/Ref	MRd	C/Ref	sup	reforço
M1	X+	37,00	20	3,1	2,28	80,00	20,10		124,19	✓	124,19	✓	16//10	
	X-	42,00	20	3,1	2,28	80,00	20,10		124,19	✓	124,19	✓	16//10	
	Y+	42,00	20	3,1	2,28	80,00	13,40		88,03	✓	88,03	✓	16//15	
	Y-	65,00	20	3,1	2,28	80,00	13,40		88,03	✓	88,03	✓	16//15	
M2	X+	28,00	25	3,1	2,96	100,00	26,80		213,40	✓	213,40	✓	16//7,5	
	X-	35,00	25	3,1	2,96	100,00	26,80		213,40	✓	213,40	✓	16//7,5	
	Y+	60,00	25	3,1	2,96	100,00	20,10		167,91	✓	167,91	✓	16//10	
	Y-	8,00	25	3,1	2,96	100,00	20,10		167,91	✓	167,91	✓	16//10	

Anexo 5 – Peças desenhadas.

LISTA DE PEÇAS DESENHADAS

EST.01	PLANTA DE FUNDAÇÕES
EST.02.1	PLANTA DO PISO -2
EST.03.1	PLANTA DO PISO -1
EST.04.2	PLANTA DO PISO -1 - LAJE - ARMADURA SUPERIOR
EST.05.2	PLANTA DO PISO -1 - LAJE - ARMADURA INFERIOR
EST.06.1	PLANTA DO PISO 0
EST.07.2	PLANTA DO PISO 0 - LAJE - ARMADURA SUPERIOR
EST.08.2	PLANTA DO PISO 0 - LAJE - ARMADURA INFERIOR
EST.09.1	PLANTA DO PISO 1
EST.10.2	PLANTA DO PISO 1 - LAJE - ARMADURA SUPERIOR
EST.11.2	PLANTA DO PISO 1 - LAJE - ARMADURA INFERIOR
EST.12.1	PLANTA DO PISO 2
EST.13.2	PLANTA DO PISO 2 - LAJE - ARMADURA SUPERIOR
EST.14.2	PLANTA DO PISO 2 - LAJE - ARMADURA INFERIOR
EST.15.1	PLANTA DO PISO 3
EST.16.2	PLANTA DO PISO 3 - LAJE - ARMADURA SUPERIOR
EST.17.2	PLANTA DO PISO 3 - LAJE - ARMADURA INFERIOR
EST.18.1	PLANTA DO PISO 4
EST.19.2	PLANTA DO PISO 4 - LAJE - ARMADURA SUPERIOR
EST.20.2	PLANTA DO PISO 4 - LAJE - ARMADURA INFERIOR
EST.21.1	PLANTA DA COBERTURA
EST.22.2	PLANTA DA COBERTURA - LAJE - ARMADURA SUPERIOR
EST.23.2	PLANTA DA COBERTURA - LAJE - ARMADURA INFERIOR
EST.24	PORMENORES DE PILARES
EST.25	PORMENORES DAS SAPATAS E DOS MUROS
EST.26	PORMENORES DE LAJES, ESCADAS E PAREDES
EST.27	PORMENORES DE VIGAS 1
EST.28	PORMENORES DE VIGAS 2
EST.29	PORMENORES DE VIGAS 3
EST.30	PORMENORES DE VIGAS 4
EST.31	PORMENORES DE VIGAS 5
EST.32	LISTA DE LAYERS

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura.
All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



CLIENTE | CLIENT:

ARQUIREAL, Lda

OBJETIVO | OBJECTIVE

Tese de Mestrado

LOCALIZAÇÃO | LOCATION:

Rua das Camélias, 2 - Sintra

UNIVERSIDADE | UNIVERSITY

ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa

NOME DESENHO | DRAWING NAME:

Lista de Peças Desenhadas

FASE PROJECTO | PROJECT PHASE:

Execução

TÉCNICO(S) | TECHNICIAN(S):

João Gonçalves Aguilár

DESENHO No. | DRAWING No.

ESCALA | SCALE

s/esc

ESTABILIDADE

DATA | DATE

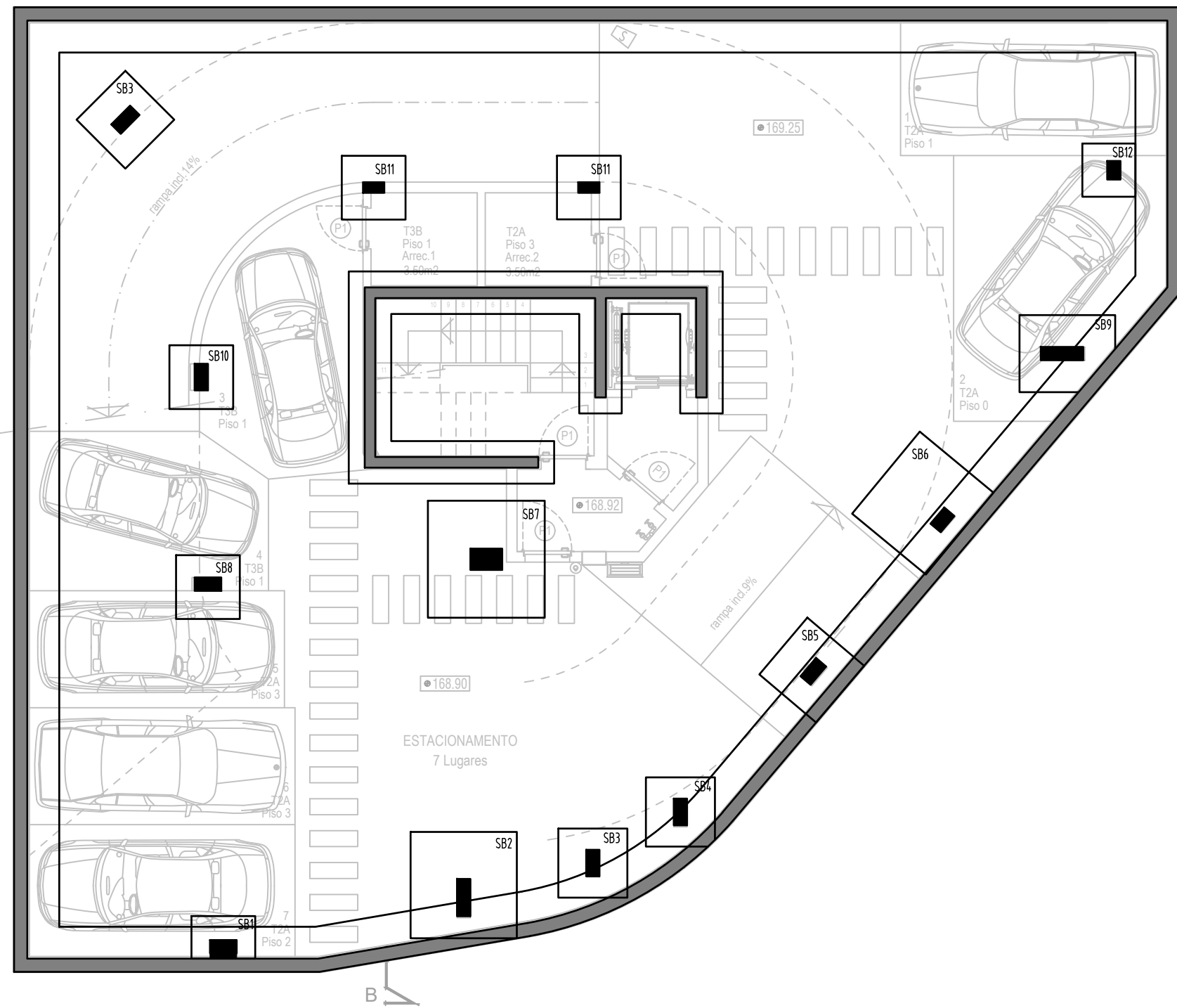
Outubro 2024

FOLHA | SHEET

A4

EST.00

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



CLIENTE | CLIENT:
ARQUIREAL, Lda

LOCALIZAÇÃO | LOCATION:
Rua das Camélias, 2 - Sintra

NOME DESENHO | DRAWING NAME:
Planta de Fundações

TÉCNICO(S) | TECHNICIAN(S):
João Gonçalves Aguilar

ESCALA | SCALE: **1:100**
DATA | DATE: **Outubro 2024**

ESTABILIDADE
FOLHA | SHEET: **A3**

OBJETIVO | OBJECTIVE
Tese de Mestrado

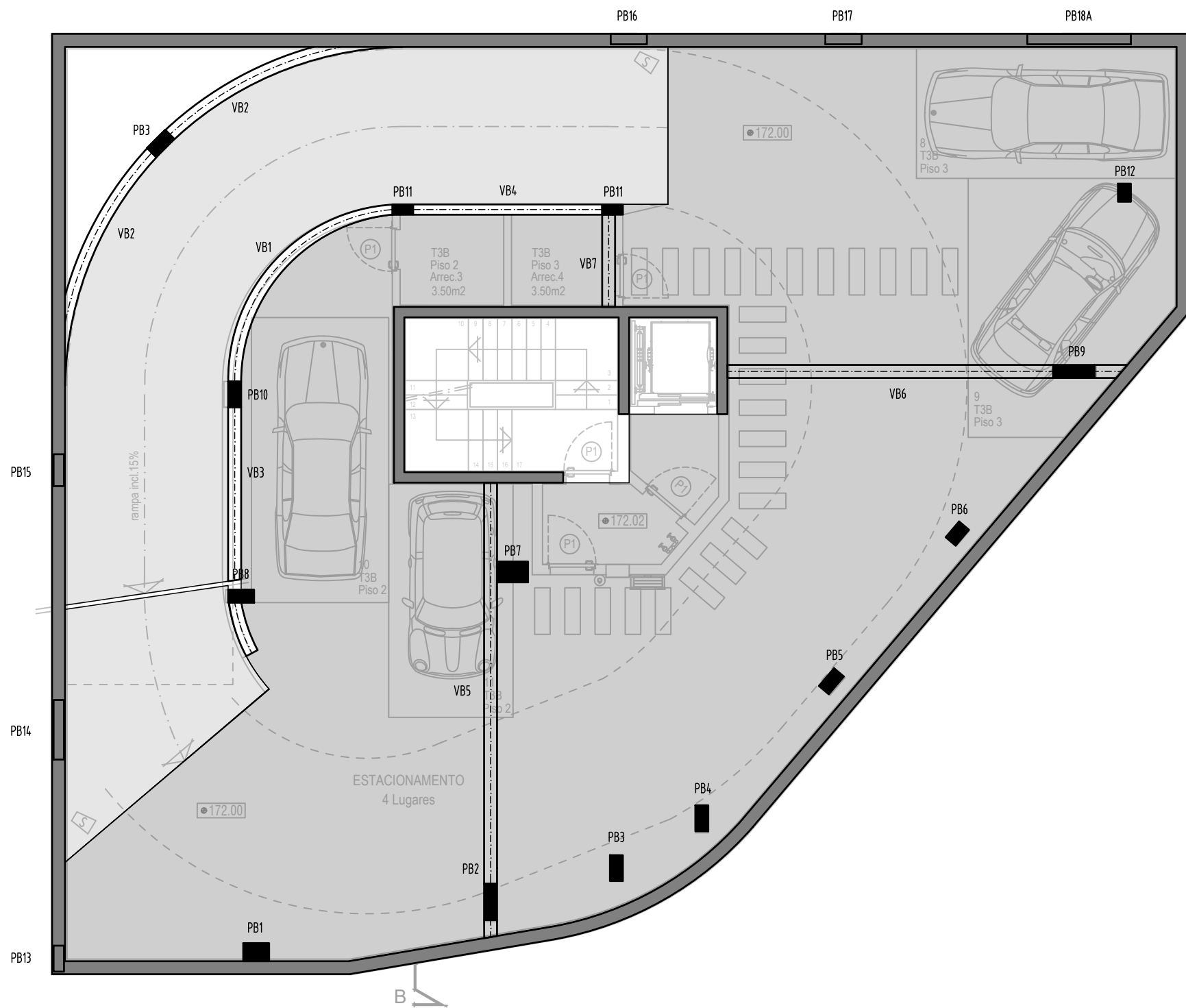
UNIVERSIDADE | UNIVERSITY
ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa

FASE PROJECTO | PROJECT PHASE:
Execução

DESENHO No. | DRAWING No.

EST.01

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



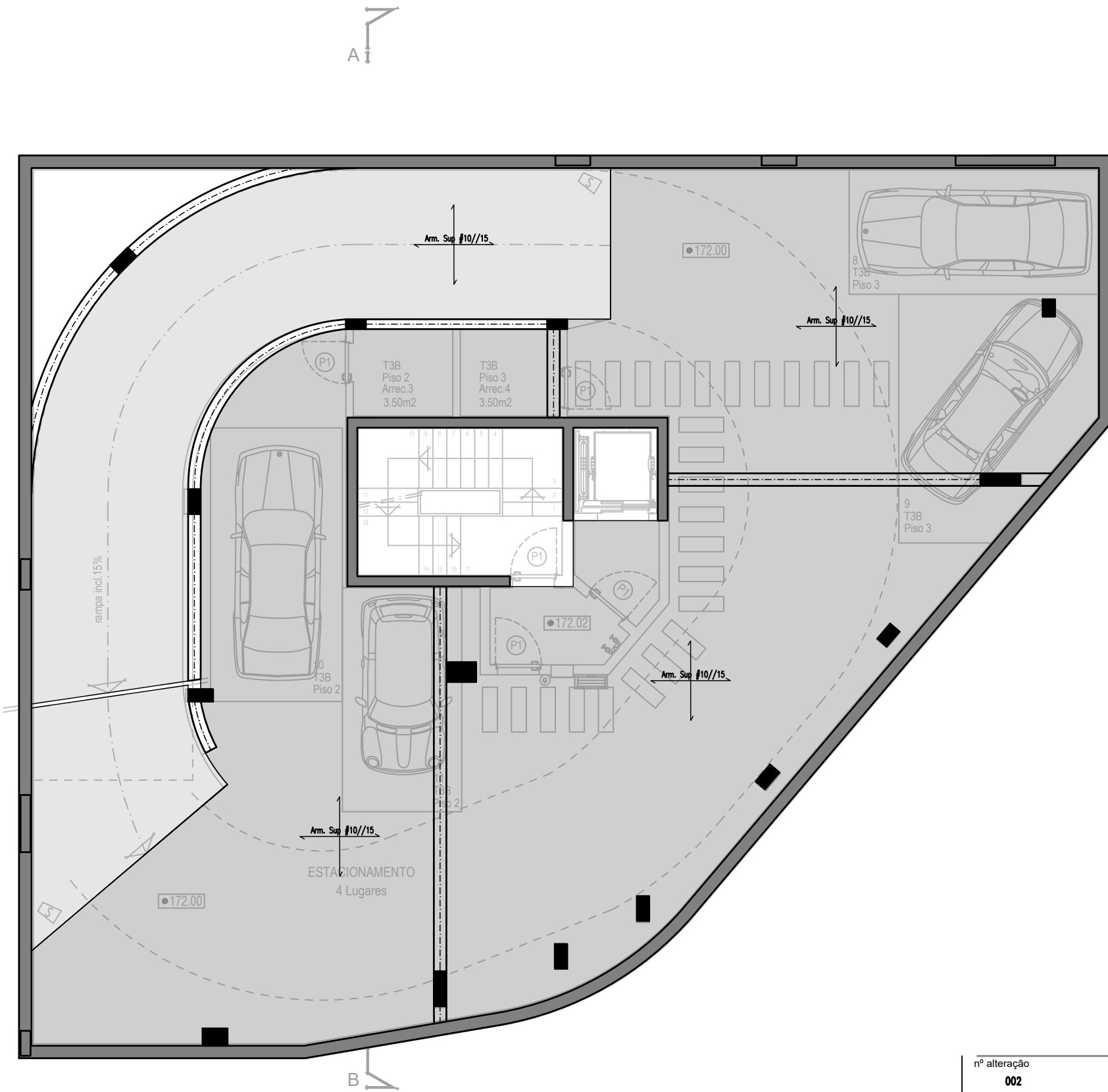
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes



CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta do Piso -1	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguilar	DESENHO No. DRAWING No.
ESCALA SCALE: 1:100	ESTABILIDADE
DATA DATE: Outubro 2024	FOLHA SHEET: A3

EST.03 R01

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



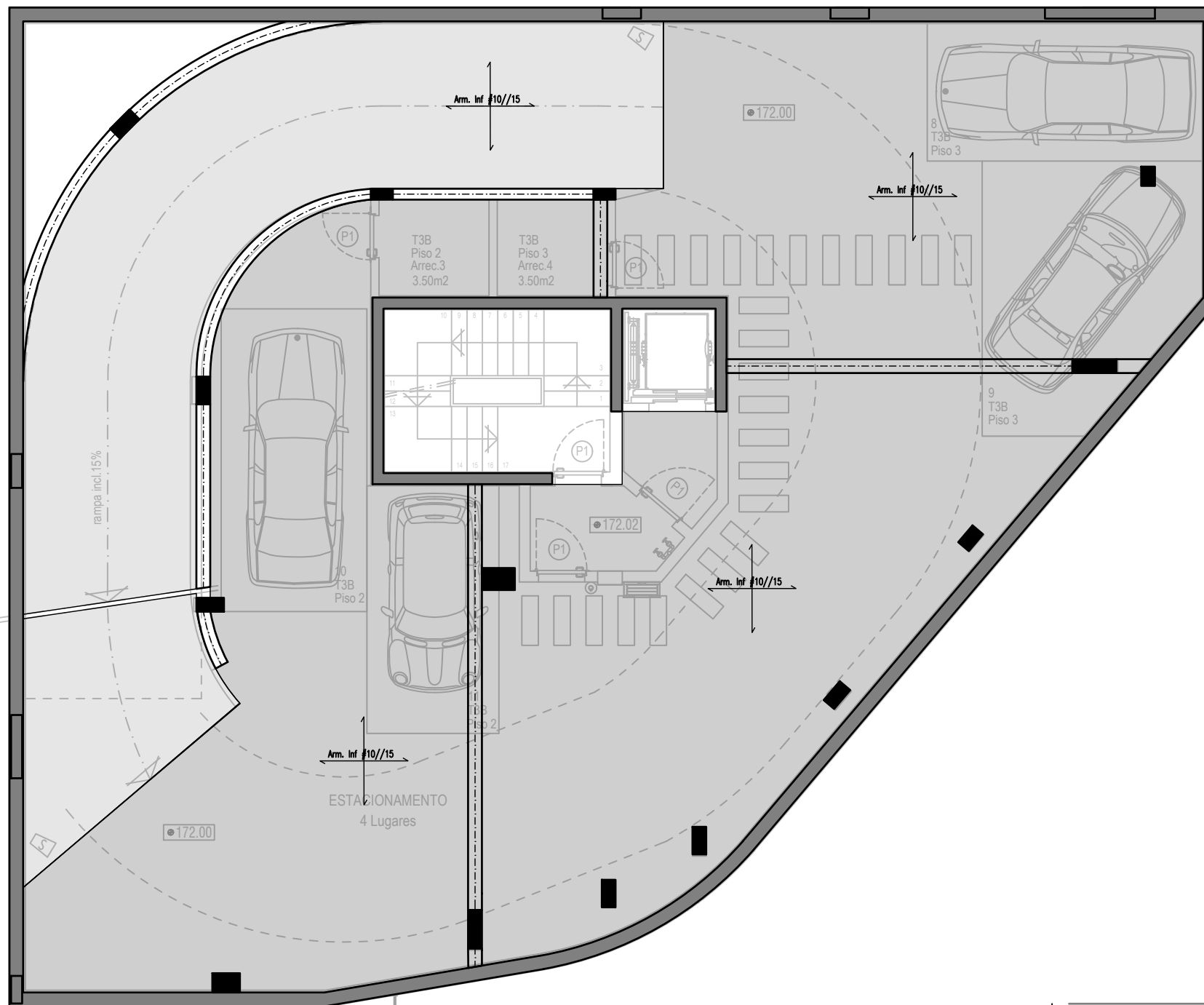
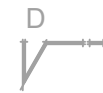
n.º alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes



CLIENTE CLIENT:	ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE	Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION:	Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY	ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME:	Planta do Piso -1 - Laje - Armadura Superior	FASE PROJECTO PROJECT PHASE:	Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S):	João Gonçalves Aguilar	DESENHO No. DRAWING No.	
ESCALA SCALE	1:100	ESTABILIDADE	
DATA DATE	Outubro 2024	FOLHA SHEET	A3

EST.04 R02

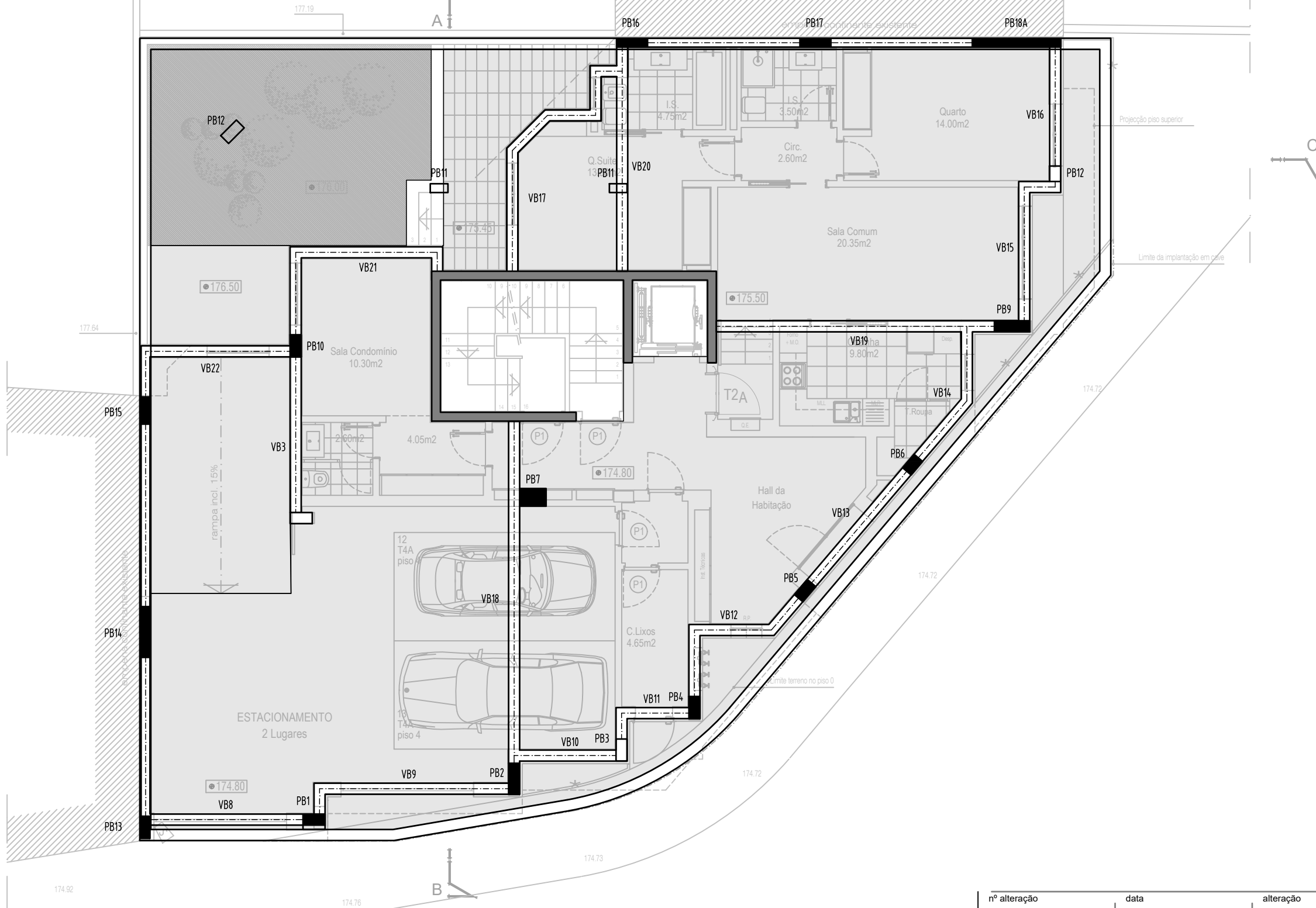
Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



nº alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes



CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta do Piso -1 - Laje - Armadura Inferior	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguilar	DESENHO No. DRAWING No. EST.05 R02
ESCALA SCALE: 1:100	ESTABILIDADE
DATA DATE: Outubro 2024	FOLHA SHEET: A3



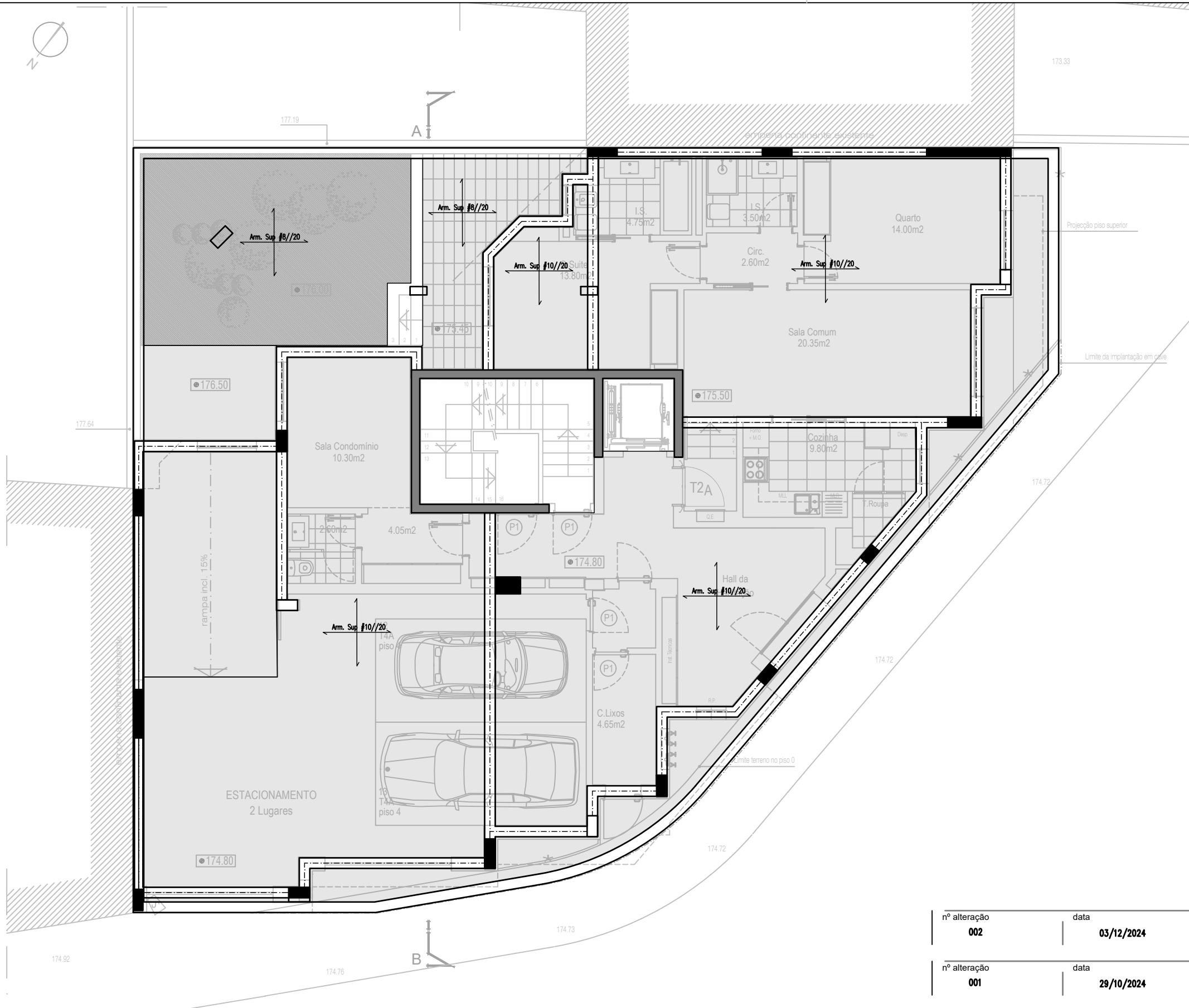
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta do Piso 0	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. DRAWING No.
ESCALA SCALE: 1:100	ESTABILIDADE
DATA DATE: Outubro 2024	FOLHA SHEET: A3

EST.06 R01



nº alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
nº alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

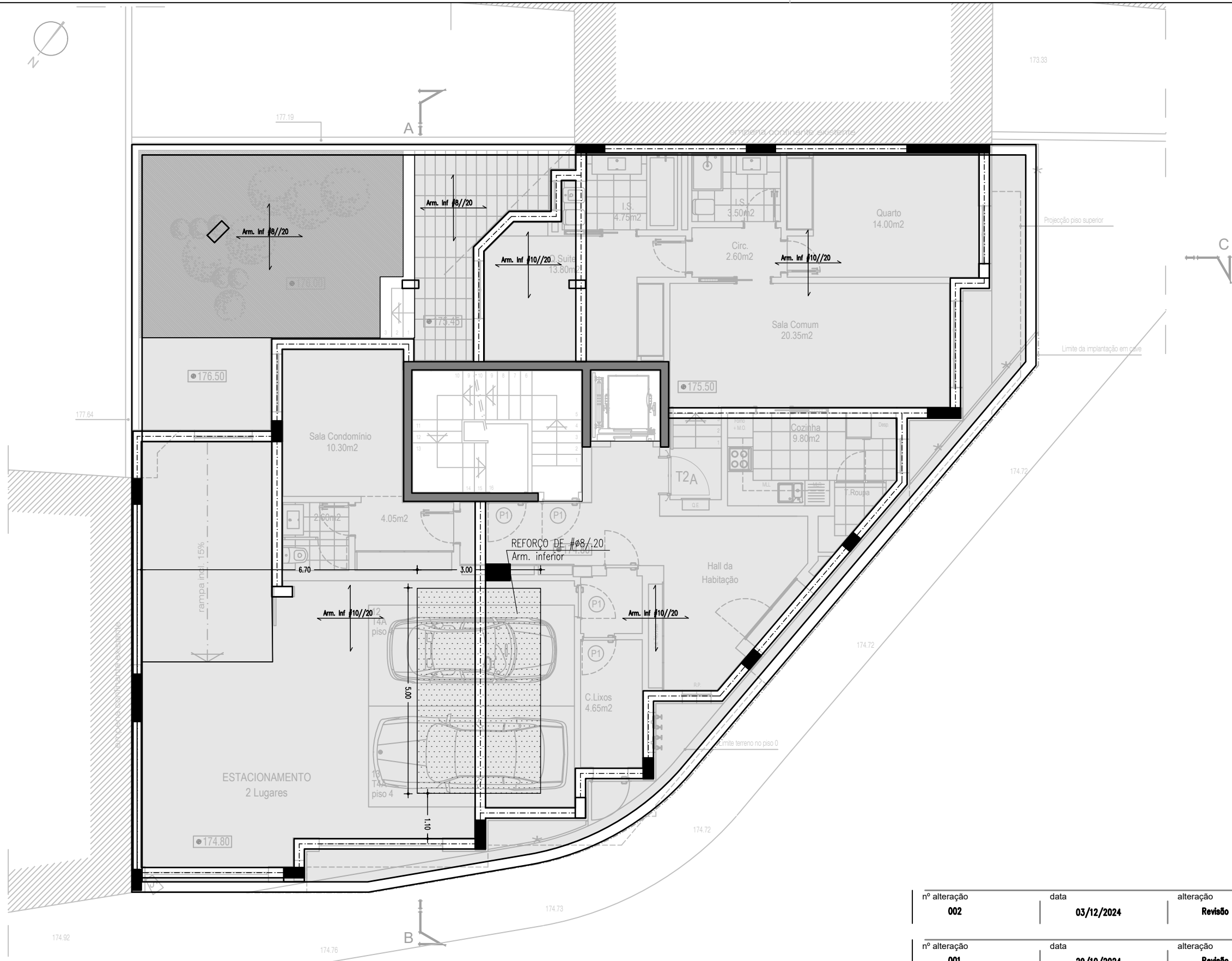
Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT:	ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE	Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION:	Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY	ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME:	Planta do Piso 0 - Laje - Armadura Superior	FASE PROJECTO PROJECT PHASE:	Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S):	João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. DRAWING No.	
ESCALA SCALE	1:100	ESTABILIDADE	
DATA DATE	Outubro 2024	FOLHA SHEET	A3

EST.07 R02

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.

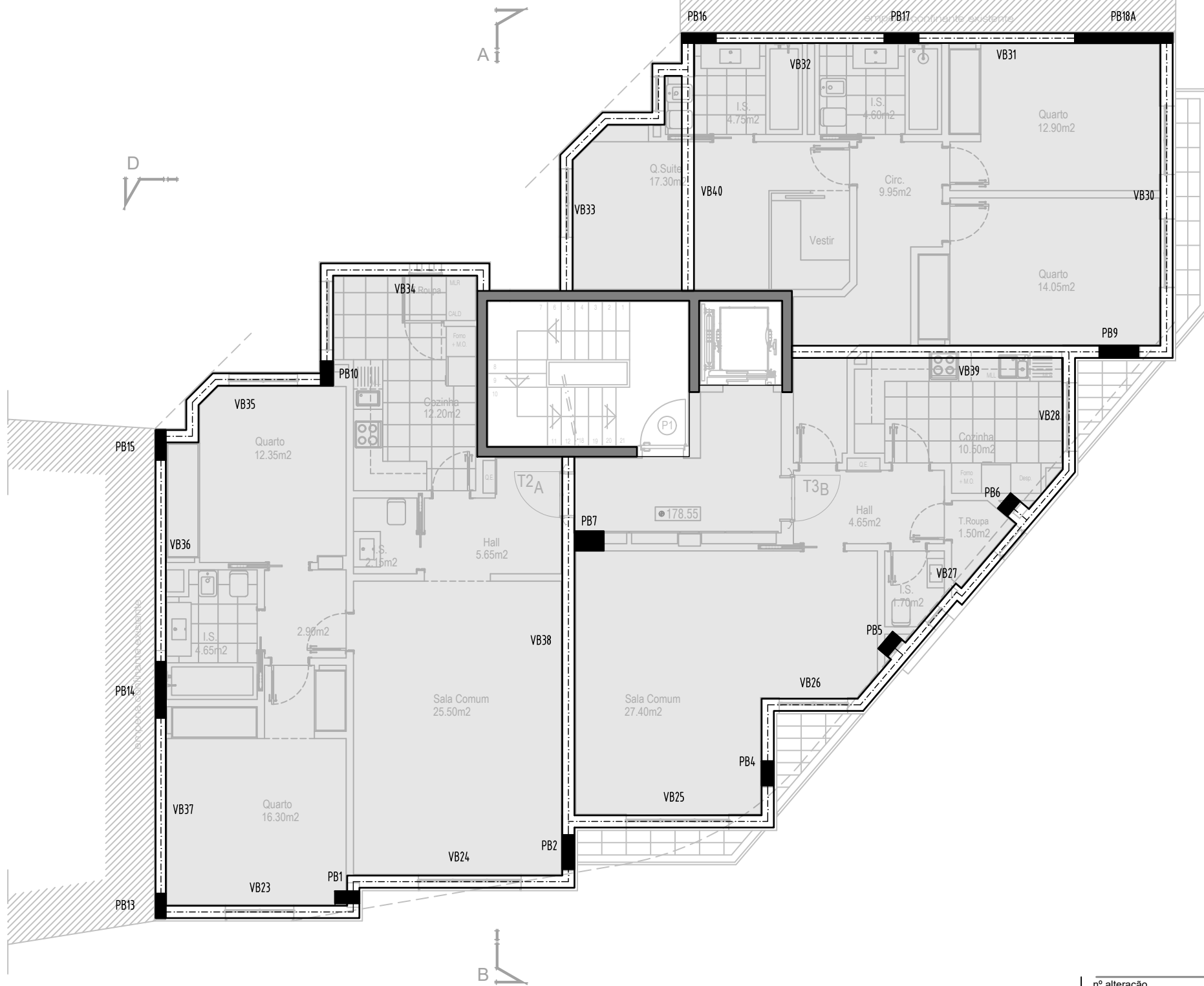


n.º alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes



CLIENTE CLIENT:	ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE	Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION:	Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY	ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME:	Planta do Piso 0 - Laje - Armadura Inferior	FASE PROJECTO PROJECT PHASE:	Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S):	João Gonçalves Aguilar	DESENHO No. DRAWING No.	
ESCALA SCALE	1:100	ESTABILIDADE	
DATA DATE	Outubro 2024	FOLHA SHEET	A3

EST.08 R02



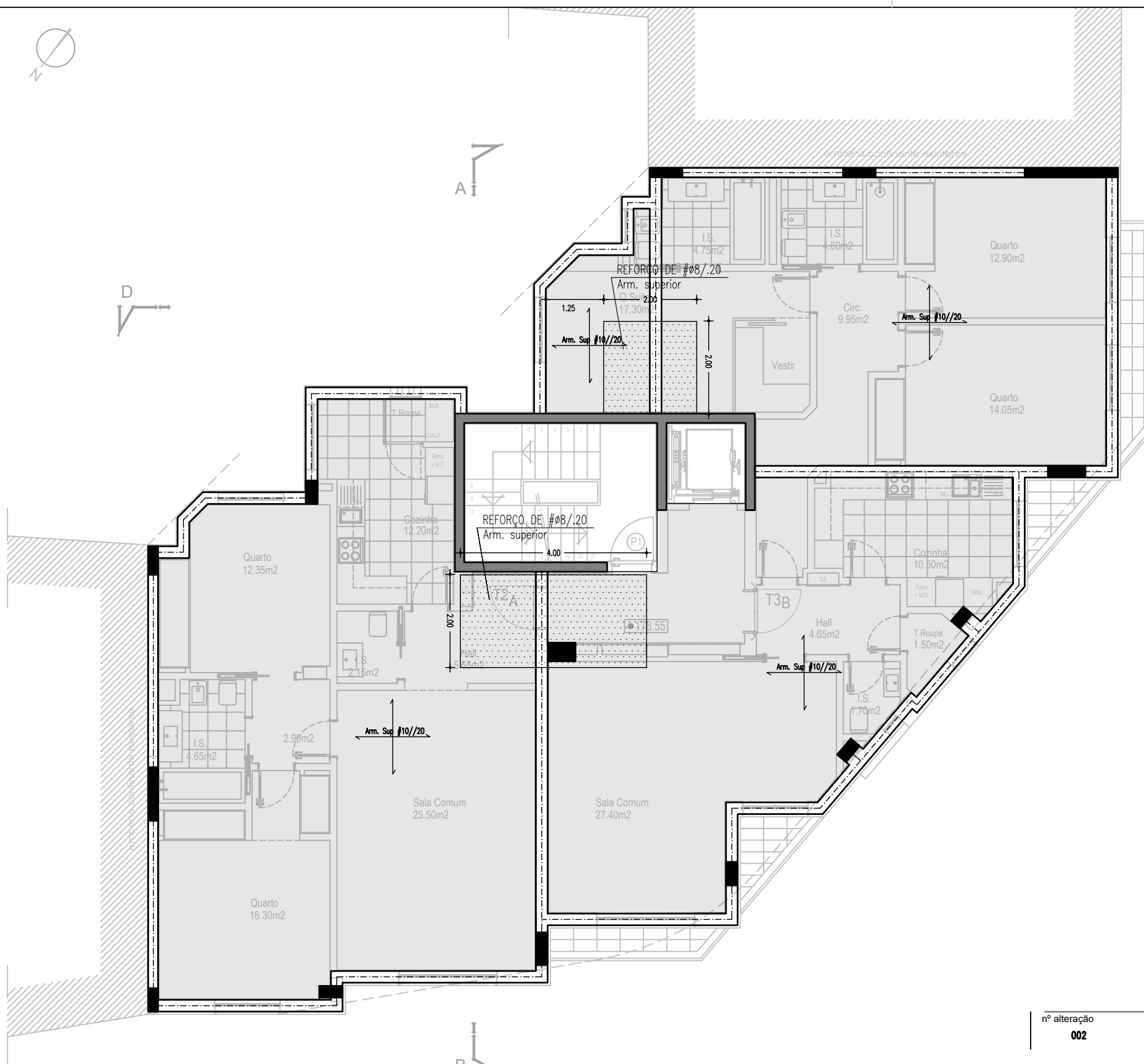
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta do Piso 1	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. DRAWING No.
ESCALA SCALE 1:100	ESTABILIDADE A3
DATA DATE Outubro 2024	FOLHA SHEET A3

EST.09 R01



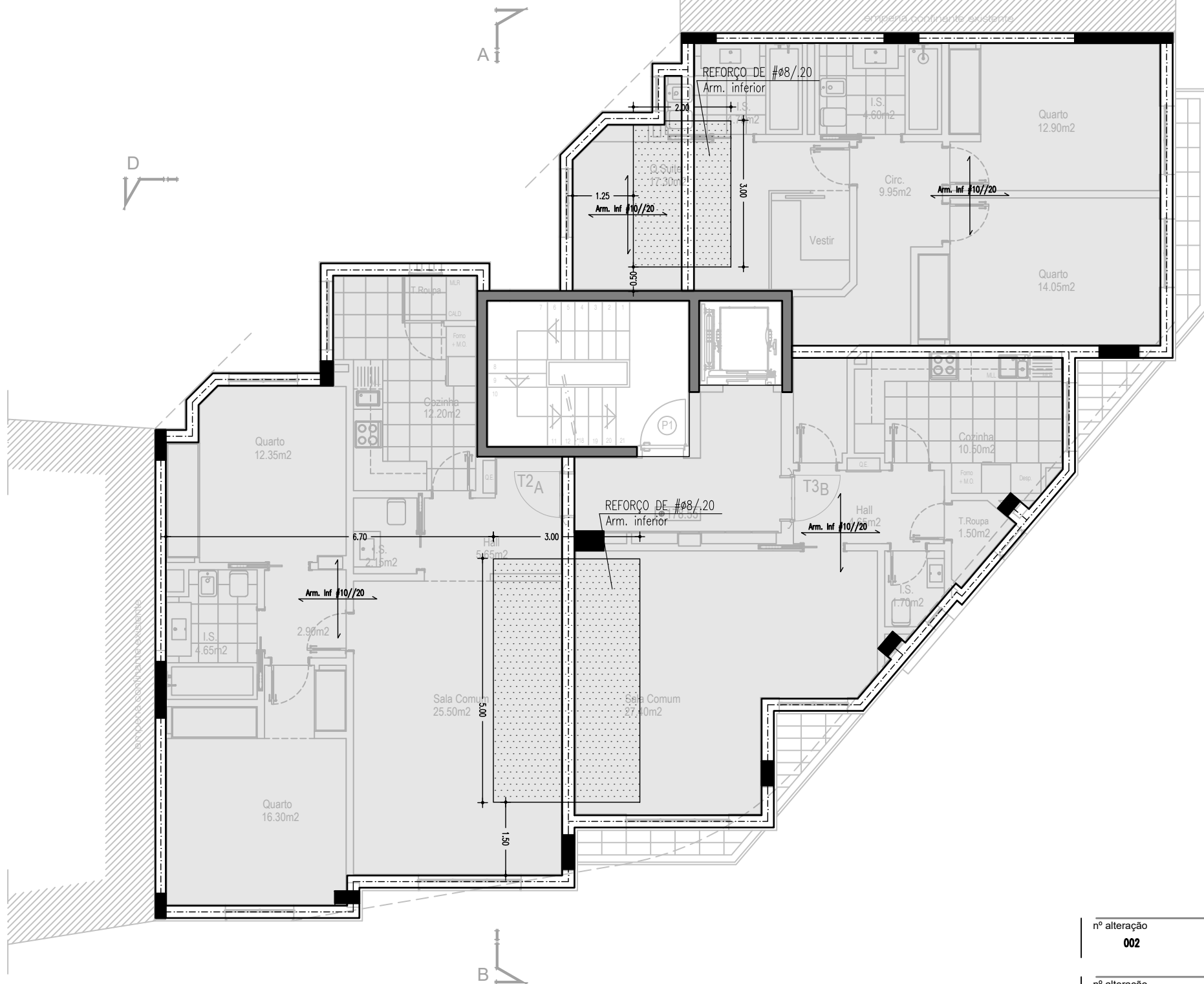
n.º alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT:	OBJETIVO OBJECTIVE
ARQUIREAL, Lda	Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION:	UNIVERSIDADE UNIVERSITY
Rua das Camélias, 2 - Sintra	ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME:	FASE PROJECTO PROJECT PHASE:
Planta do Piso 1 - Laje - Armadura Superior	Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S):	DESENHO No. DRAWING No.
João Gonçalves Aguilar	
ESCALA SCALE	ESTABILIDADE
1:100	
DATA DATE	FOLHA SHEET
Outubro 2024	A3

EST. 10 R02



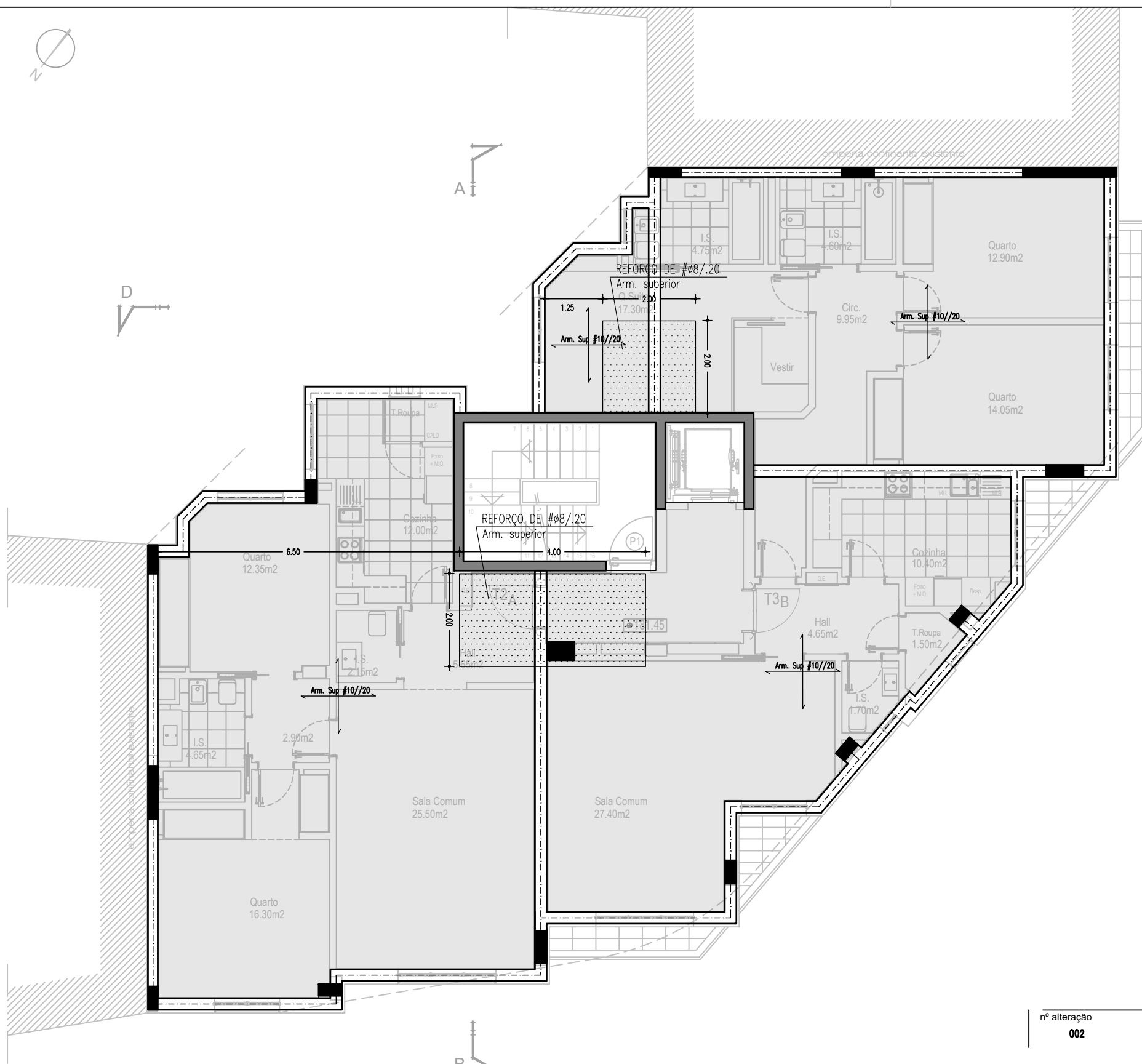
n.º alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT:	OBJETIVO OBJECTIVE
ARQUIREAL, Lda	Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION:	UNIVERSIDADE UNIVERSITY
Rua das Camélias, 2 - Sintra	ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME:	FASE PROJECTO PROJECT PHASE:
Planta do Piso 1 - Laje - Armadura Inferior	Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S):	DESENHO No. DRAWING No.
João Gonçalves Aguiar	
ESCALA SCALE:	ESTABILIDADE
1:100	
DATA DATE:	FOLHA SHEET
Outubro 2024	A3

EST. 11 R02



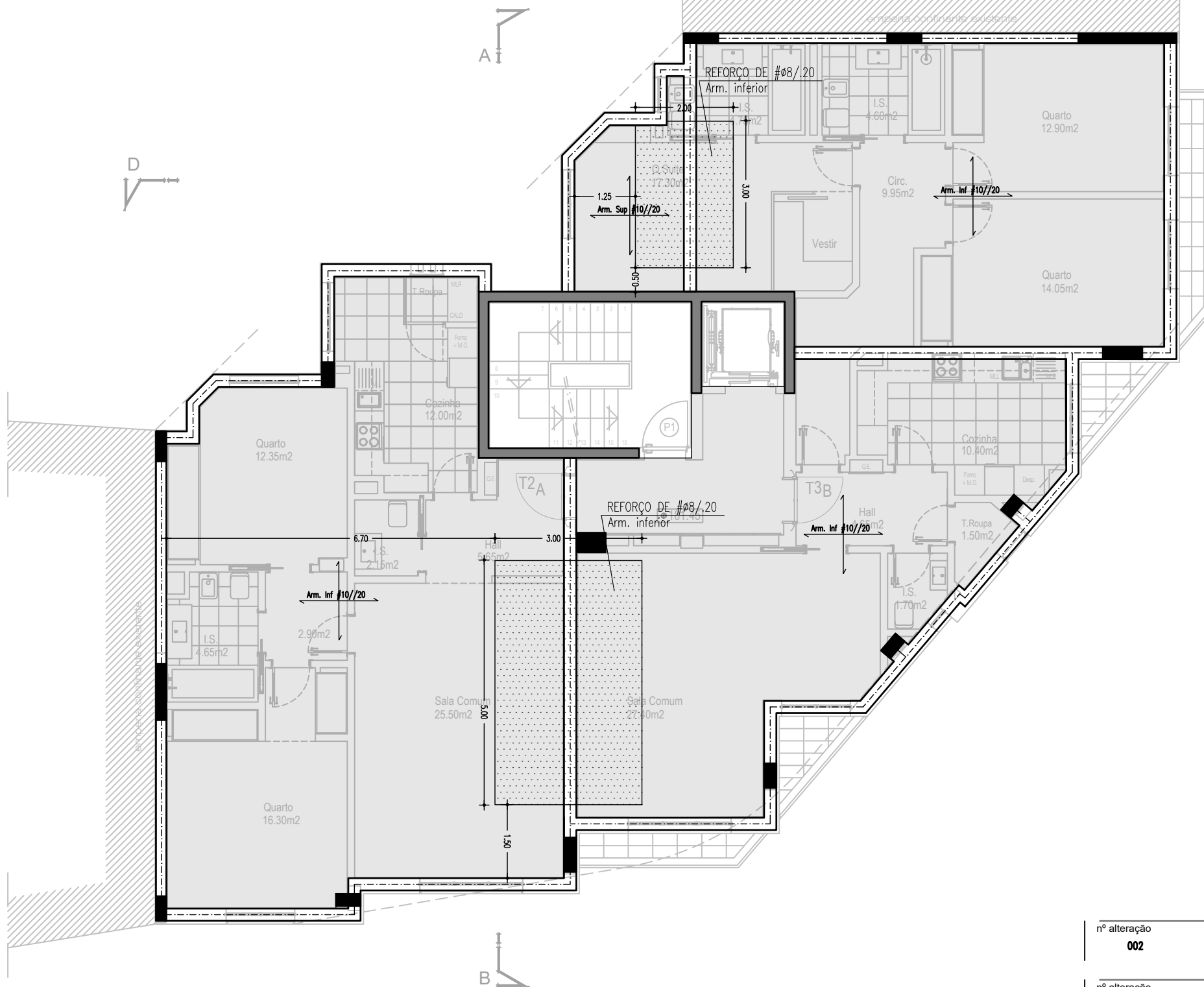
n.º alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT:	OBJETIVO OBJECTIVE
ARQUIREAL, Lda	Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION:	UNIVERSIDADE UNIVERSITY
Rua das Camélias, 2 - Sintra	ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME:	FASE PROJECTO PROJECT PHASE:
Planta do Piso 2 - Laje - Armadura Superior	Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S):	DESENHO No. DRAWING No.
João Gonçalves Aguiar	
ESCALA SCALE:	ESTABILIDADE
1:100	
DATA DATE:	FOLHA SHEET
Outubro 2024	A3

EST. 13 R02



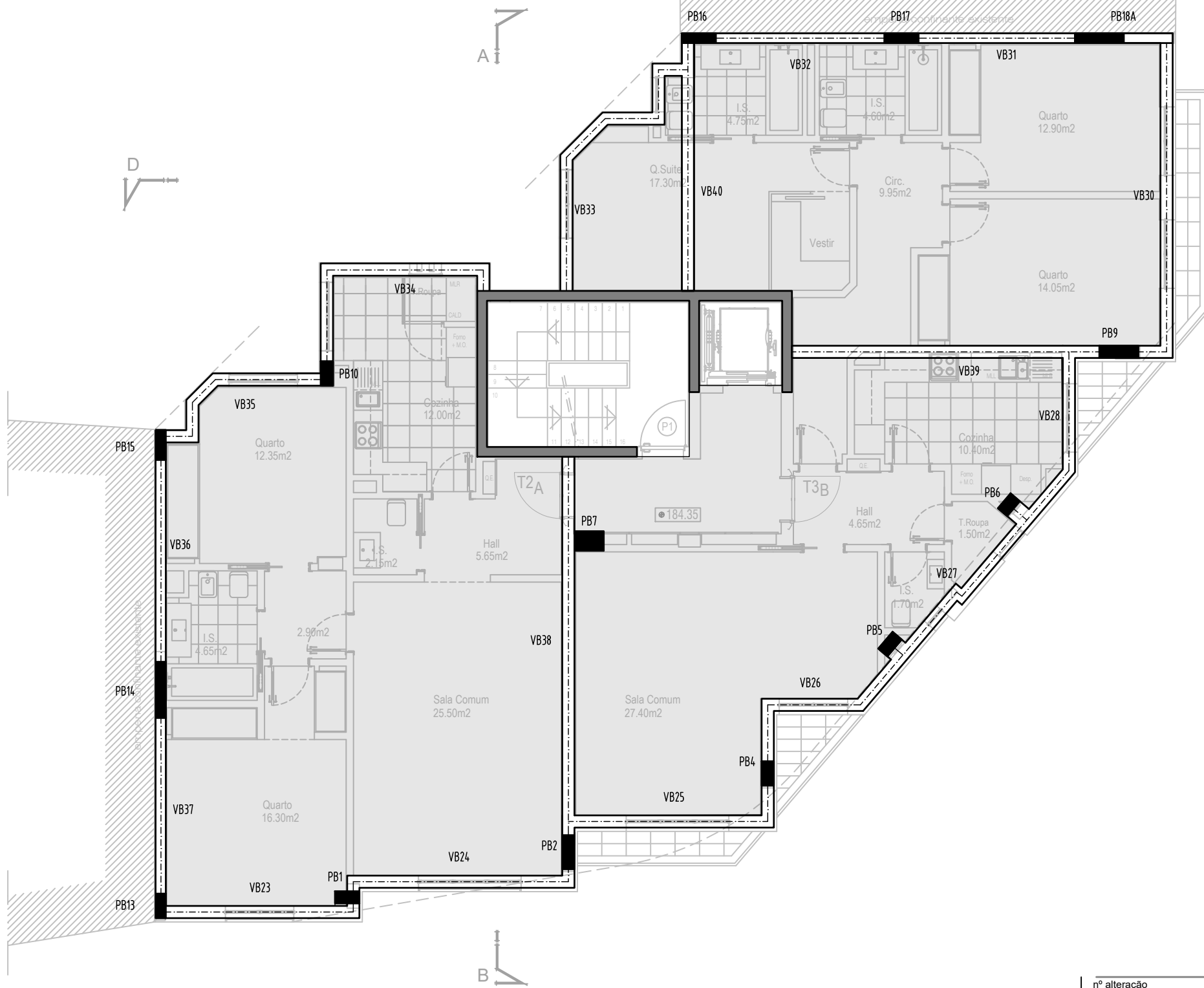
n.º alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT:	OBJETIVO OBJECTIVE
ARQUIREAL, Lda	Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION:	UNIVERSIDADE UNIVERSITY
Rua das Camélias, 2 - Sintra	ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME:	FASE PROJECTO PROJECT PHASE:
Planta do Piso 2 - Laje - Armadura Inferior	Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S):	DESENHO No. DRAWING No.
João Gonçalves Aguiar	
ESCALA SCALE:	ESTABILIDADE
1:100	
DATA DATE:	FOLHA SHEET
Outubro 2024	A3

EST. 14 R02



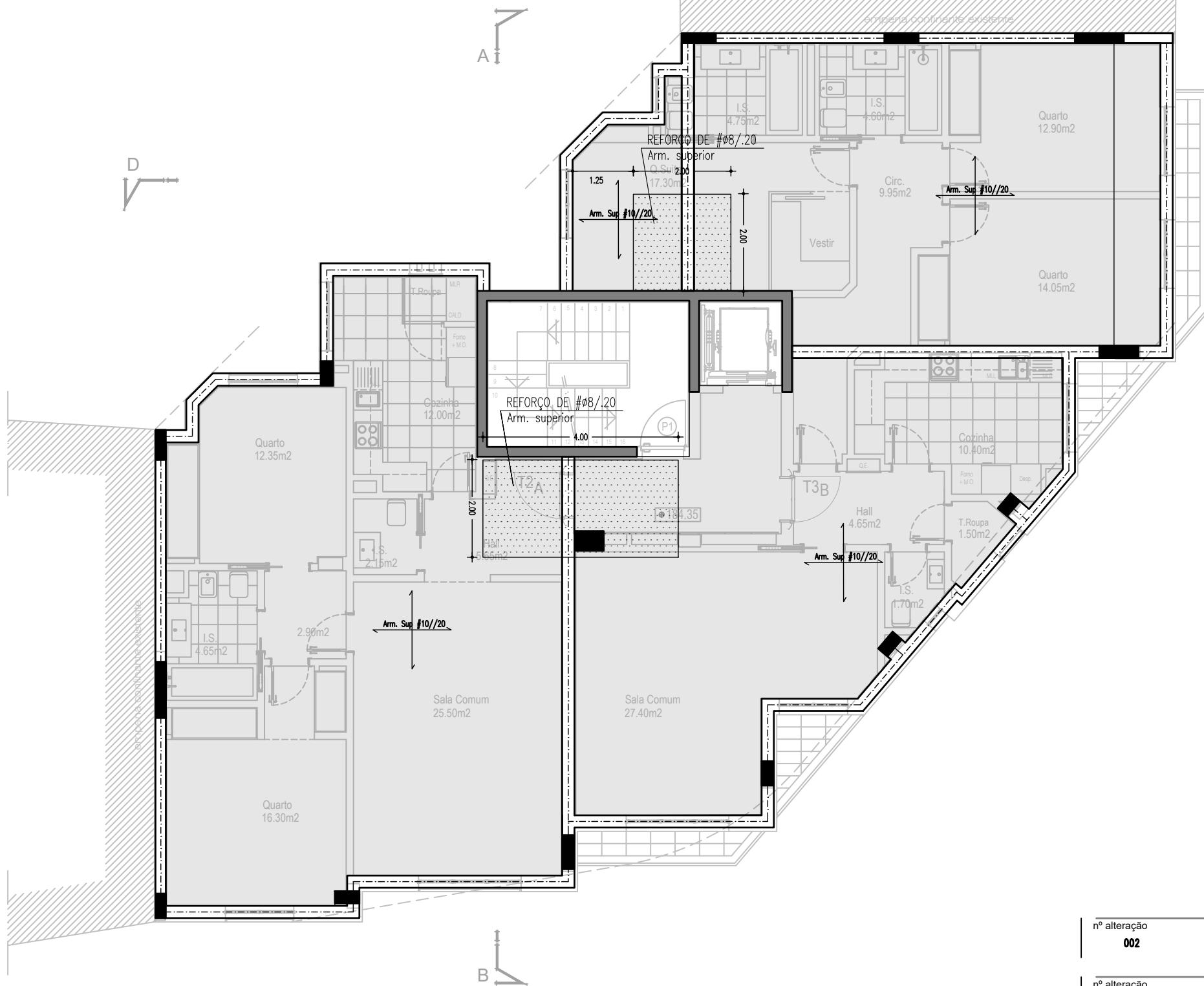
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta do Piso 3	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. DRAWING No.
ESCALA SCALE 1:100	ESTABILIDADE
DATA DATE Outubro 2024	FOLHA SHEET A3

EST. 15 R01



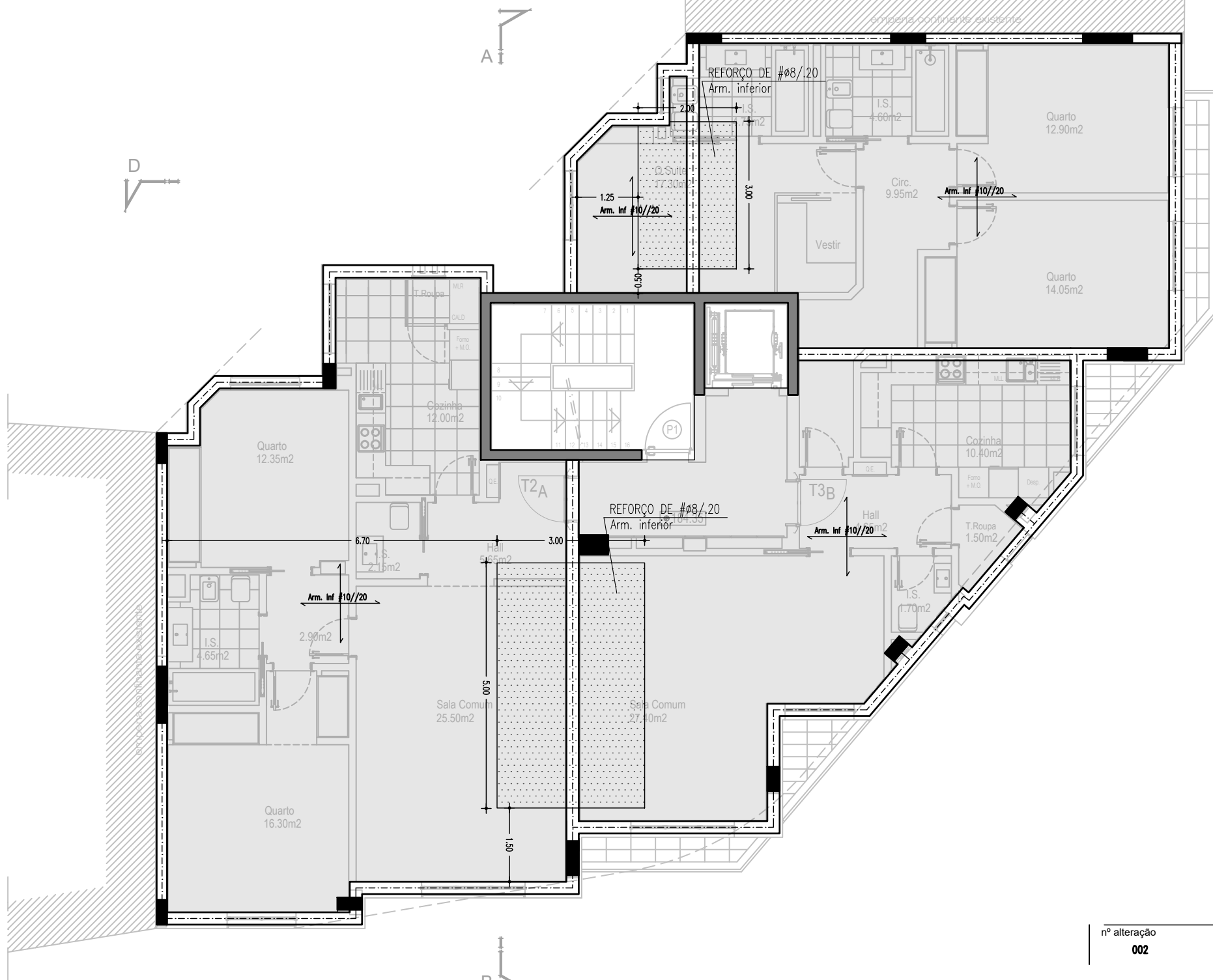
n.º alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT:	OBJETIVO OBJECTIVE
ARQUIREAL, Lda	Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION:	UNIVERSIDADE UNIVERSITY
Rua das Camélias, 2 - Sintra	ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME:	FASE PROJECTO PROJECT PHASE:
Planta do Piso 3 - Laje - Armadura Superior	Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S):	DESENHO No. DRAWING No.
João Gonçalves Aguilar	
ESCALA SCALE	ESTABILIDADE
1:100	
DATA DATE	FOLHA SHEET
Outubro 2024	A3

EST. 16 R02

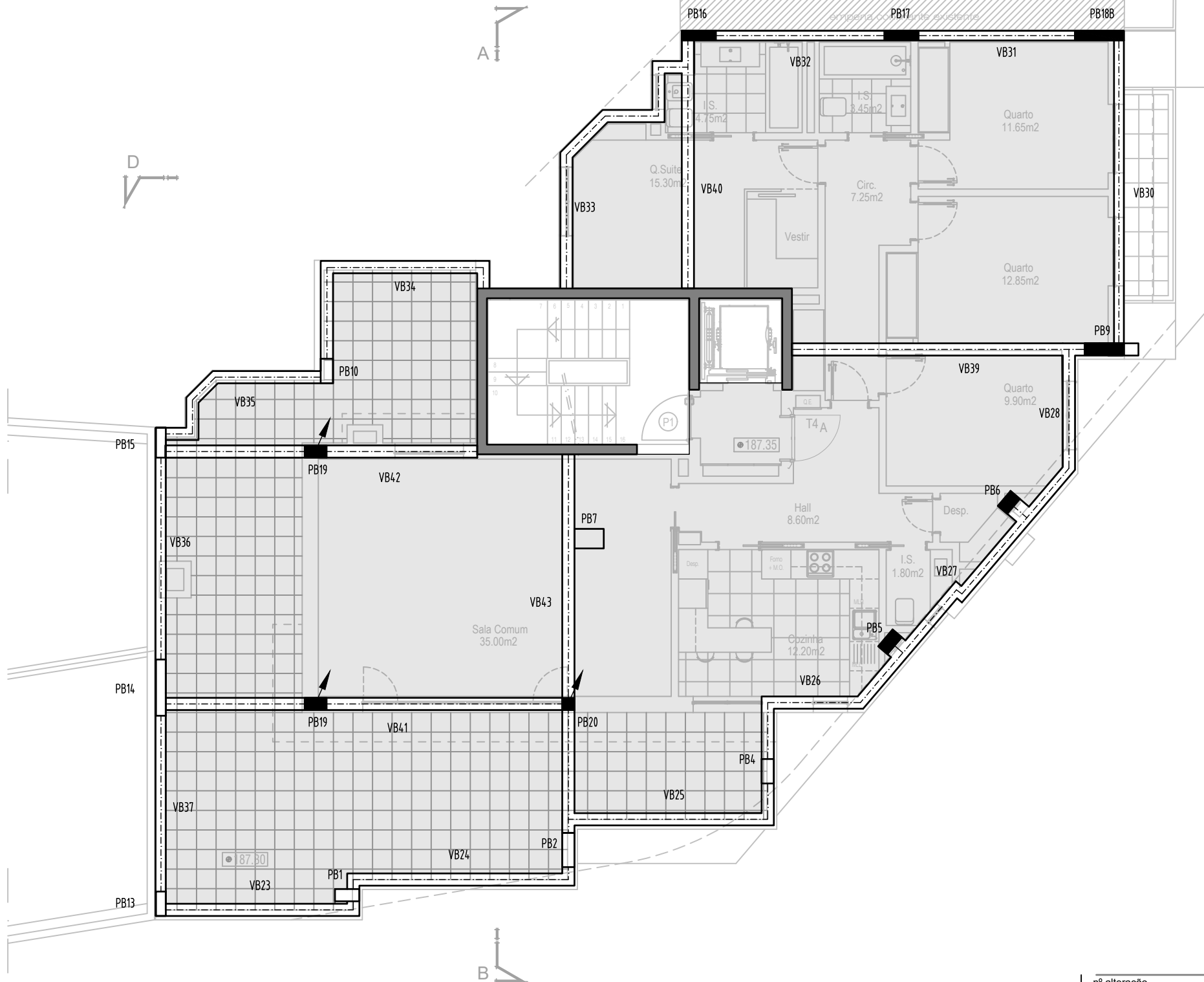


nº alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta do Piso 3 - Laje - Armadura Inferior	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. DRAWING No. EST. 17 R02
ESCALA SCALE: 1:100	ESTABILIDADE
DATA DATE: Outubro 2024	FOLHA SHEET: A3



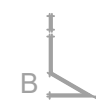
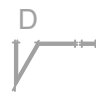
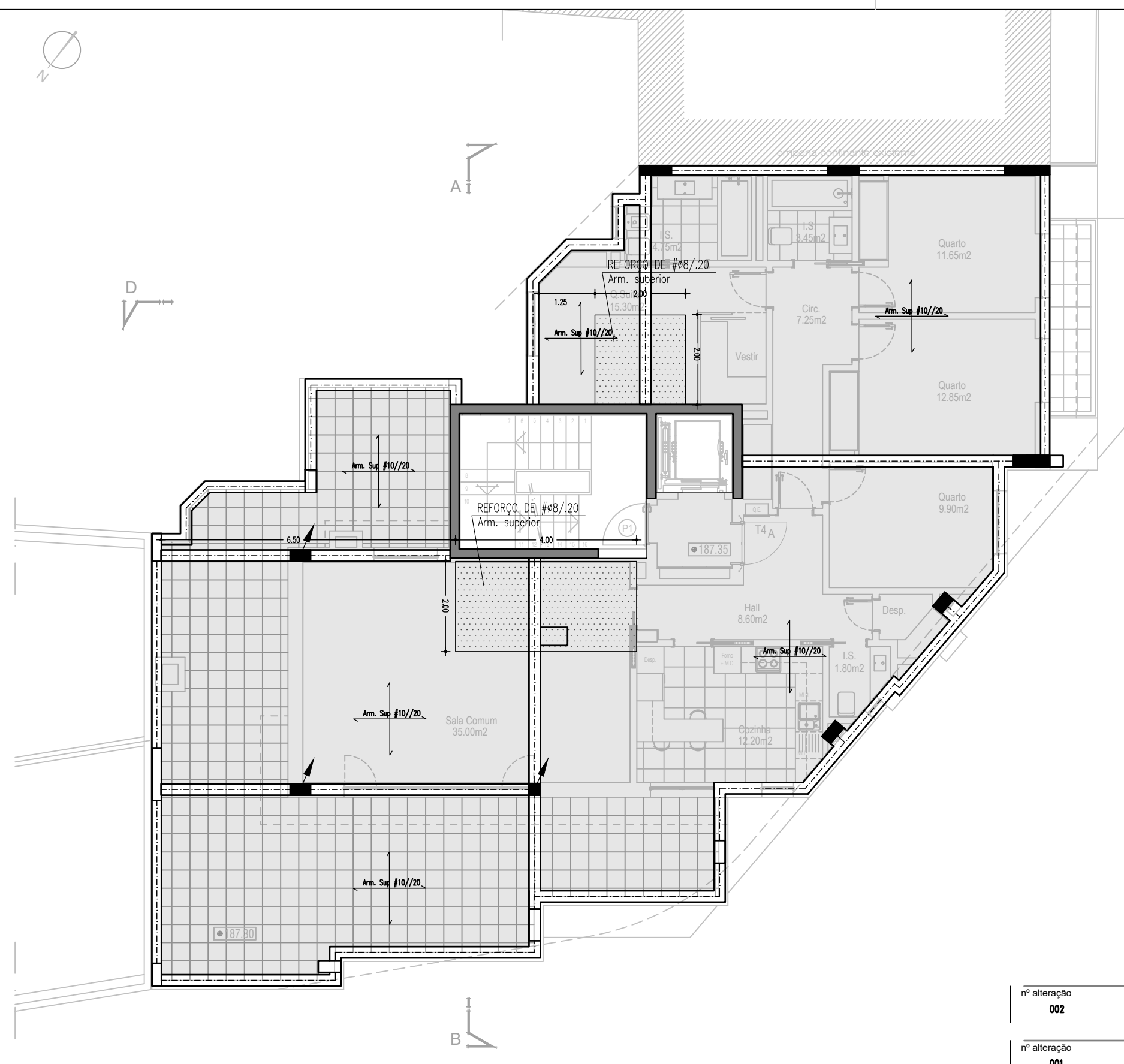
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta do Piso 4	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. DRAWING No.
ESCALA SCALE 1:100	ESTABILIDADE
DATA DATE Outubro 2024	FOLHA SHEET A3

EST. 18 R01



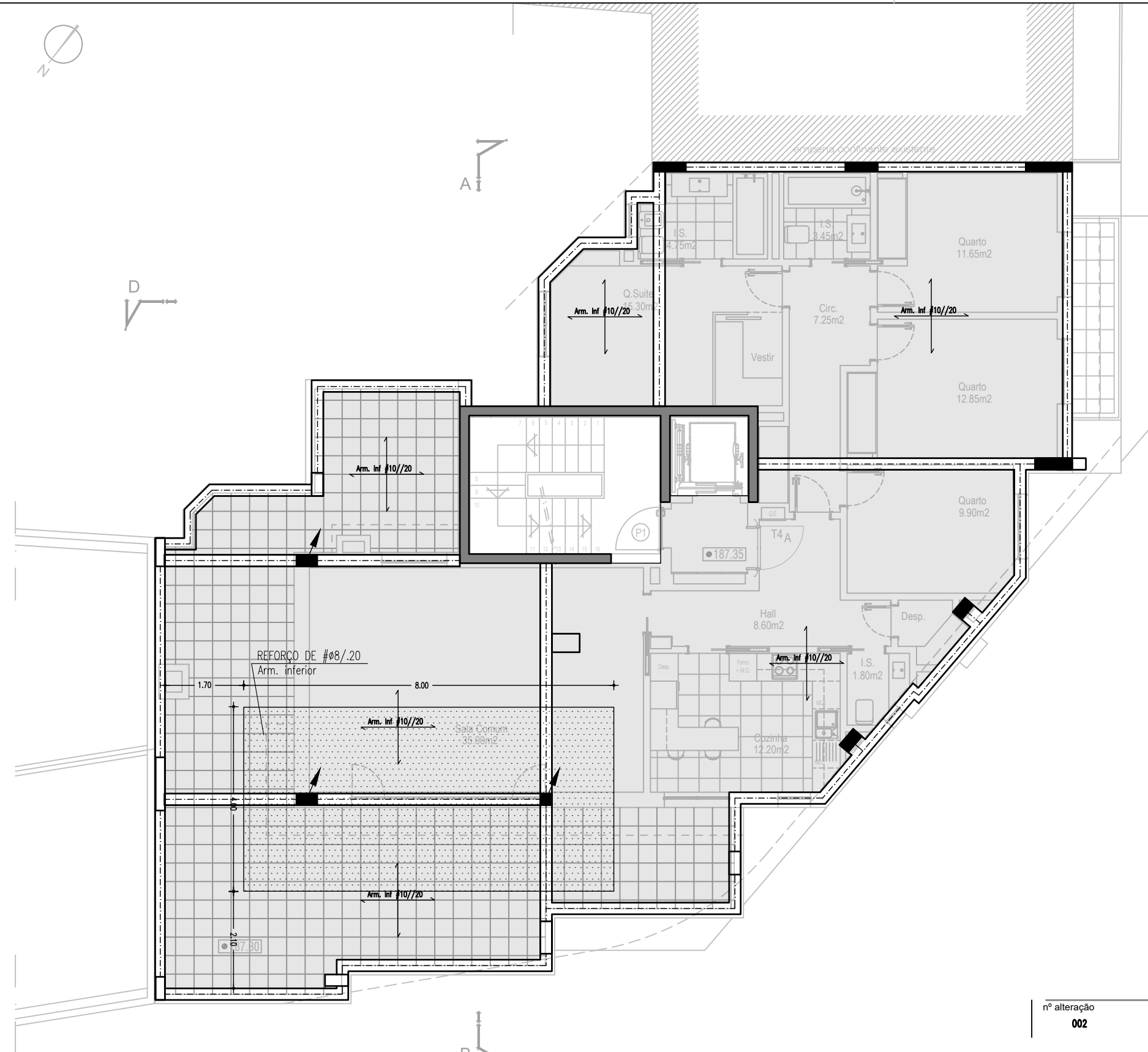
n.º alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT:	ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE	Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION:	Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY	ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME:	Planta do Piso 4 - Laje - Armadura Superior	FASE PROJECTO PROJECT PHASE:	Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S):	João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. DRAWING No.	
ESCALA SCALE	1:100	ESTABILIDADE	
DATA DATE	Outubro 2024	FOLHA SHEET	A3

EST. 19 R02



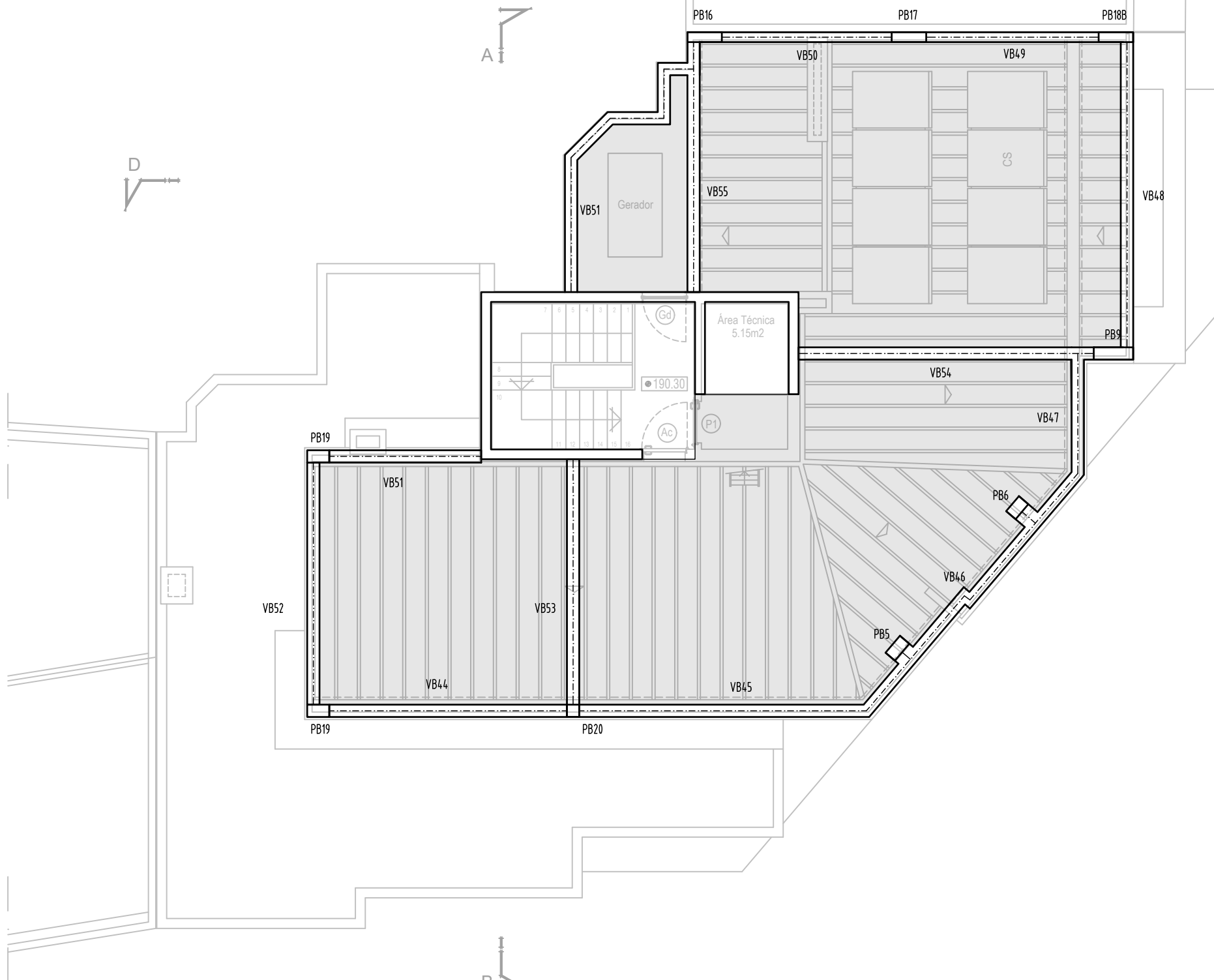
nº alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta do Piso 4 - Laje - Armadura Inferior	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. DRAWING No.
ESCALA SCALE: 1:100	ESTABILIDADE
DATA DATE: Outubro 2024	FOLHA SHEET: A3

EST. 20 R02

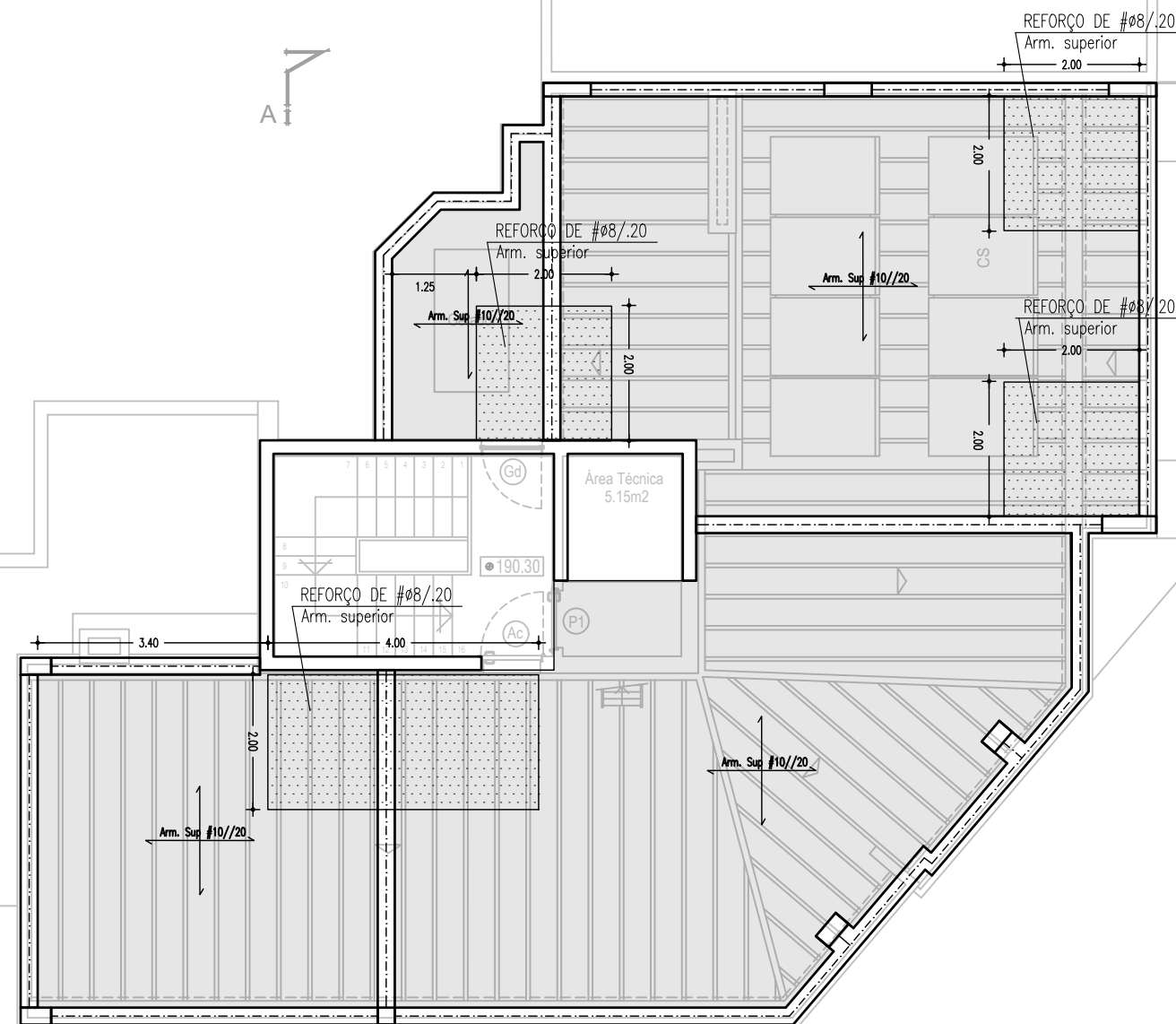


n.º alteração	data	alteração
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta da Cobertura - Laje - Armadura Superior	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguilar	DESENHO No. DRAWING No. EST. 21 R01
ESCALA SCALE: 1:100	ESTABILIDADE
DATA DATE: Outubro 2024	FOLHA SHEET: A3

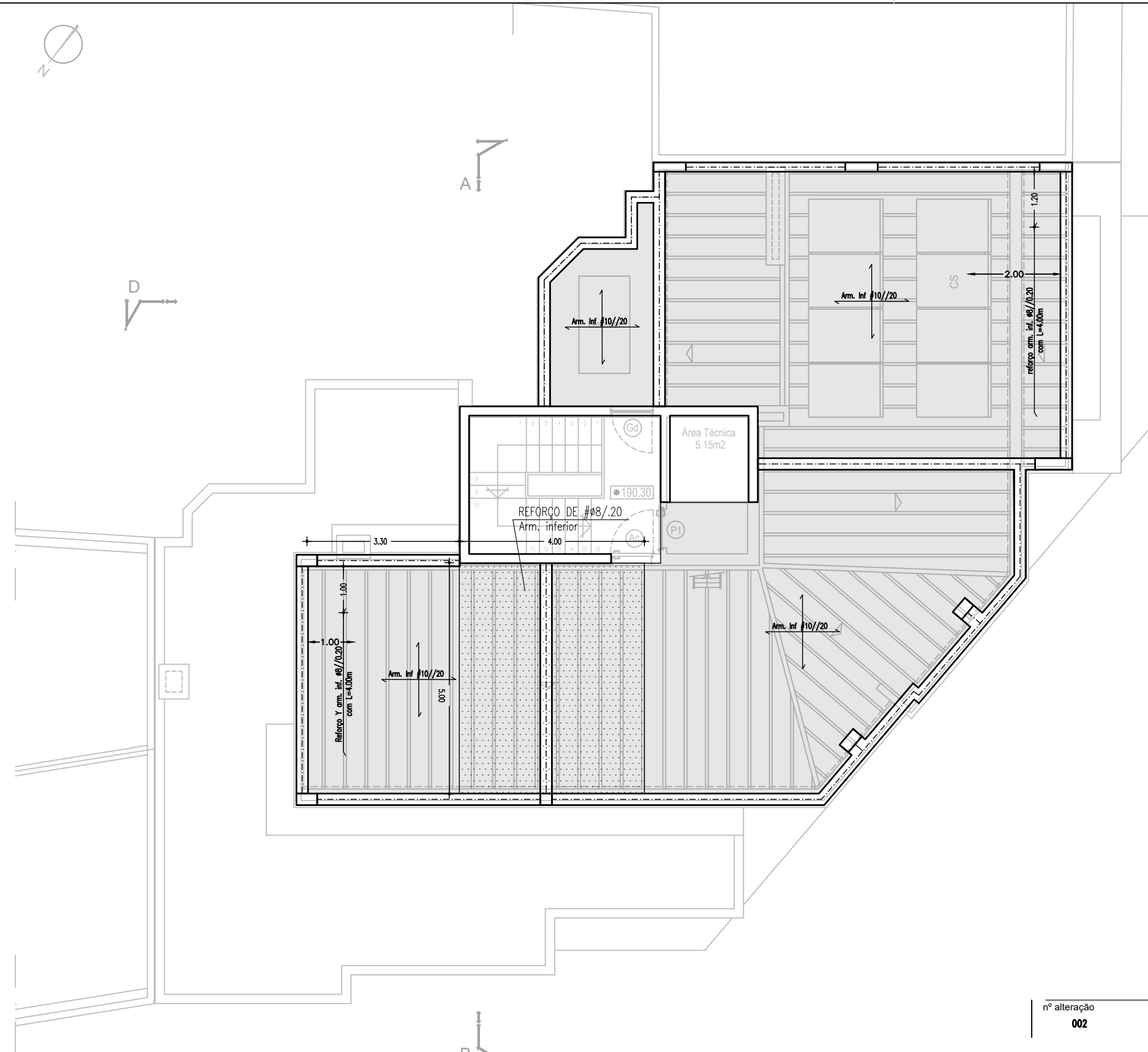


nº alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.



CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta da Cobertura - Laje - Armadura Superior	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguilar	DESENHO No. DRAWING No. EST. 22 R02
ESCALA SCALE 1:100	ESTABILIDADE A3
DATA DATE Outubro 2024	FOLHA SHEET A3



n.º alteração	data	alteração
002	03/12/2024	Revisão para correção de armação de lajes
001	29/10/2024	Revisão para ativação da Layer EST_Lajes



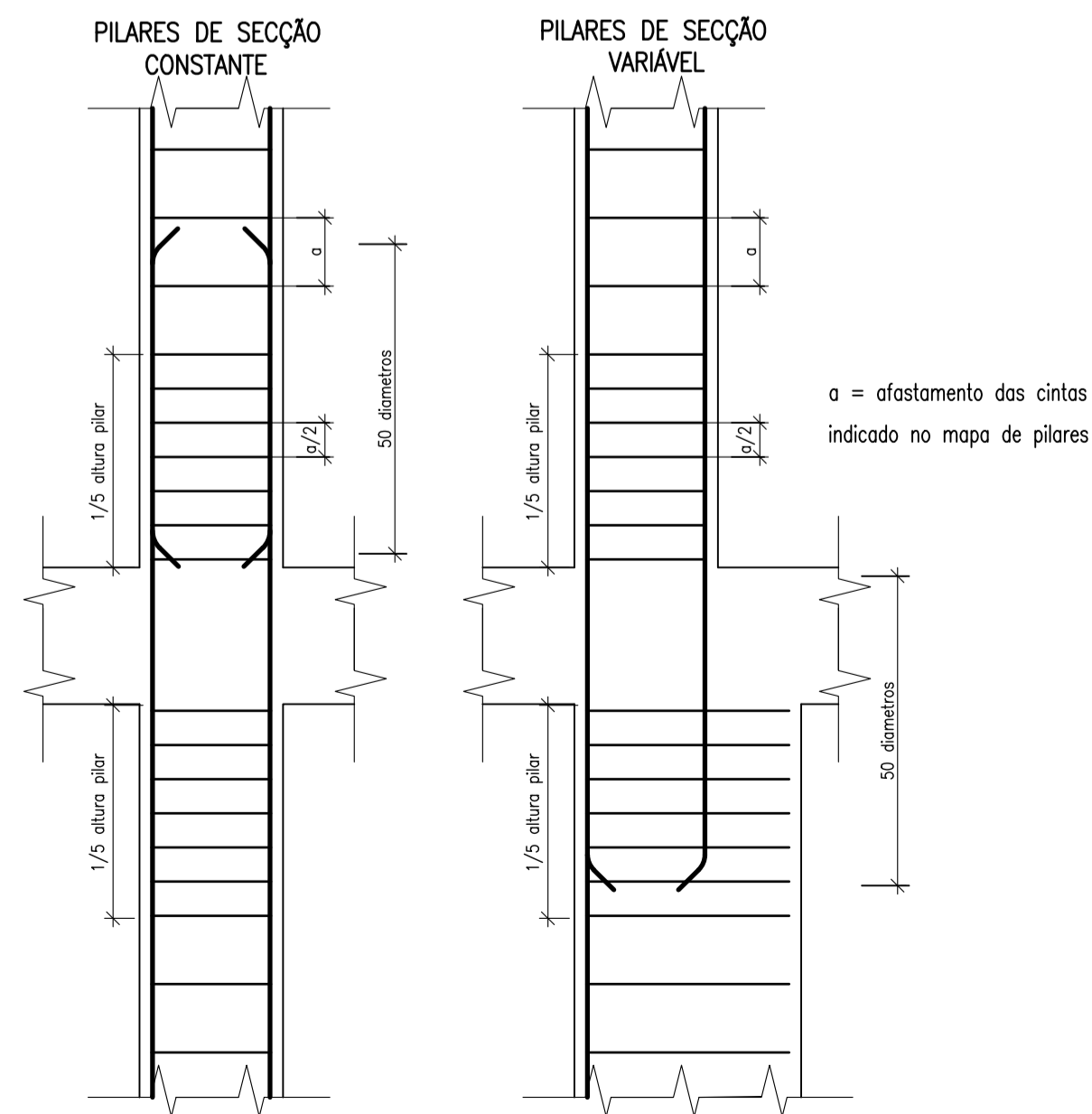
CLIENTE CLIENT: ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO OBJECTIVE Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO LOCATION: Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE UNIVERSITY ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO DRAWING NAME: Planta da Cobertura - Laje - Armadura Inferior	FASE PROJECTO PROJECT PHASE: Execução
TÉCNICO(S) TECHNICIAN(S): João Gonçalves Aguilar	DESENHO No. DRAWING No. EST. 23 R02
ESCALA SCALE 1:100	ESTABILIDADE A3
DATA DATE Outubro 2024	FOLHA SHEET A3

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever without the prior written consent of the company.

MAPA DE PILARES

	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7	PB8	PB9	PB10	PB11	PB12	PB13	PB14	PB15	PB16	PB17	PB18	PB19	PB20	
PISO 5																			 CINTAS $\varnothing 8/0.20$	 CINTAS $\varnothing 8/0.20$	 CINTAS $\varnothing 8/0.20$
PISO 4																					
PISO 3																					
PISO 2	 CINTAS $\varnothing 8/0.20$																				
PISO 1		 CINTAS $\varnothing 8/0.20$		 CINTAS $\varnothing 8/0.20$		 CINTAS $\varnothing 8/0.20$	 CINTAS $\varnothing 8/0.20$							 CINTAS $\varnothing 8/0.20$	 CINTAS $\varnothing 8/0.20$	 CINTAS $\varnothing 8/0.20$					
PISO 0																					
PISO -1	 CINTAS $\varnothing 8/0.20$			 CINTAS $\varnothing 8/0.20$																	
PISO -2								 CINTAS $\varnothing 8/0.20$		 CINTAS $\varnothing 8/0.20$	 CINTAS $\varnothing 8/0.20$	 CINTAS $\varnothing 8/0.20$									

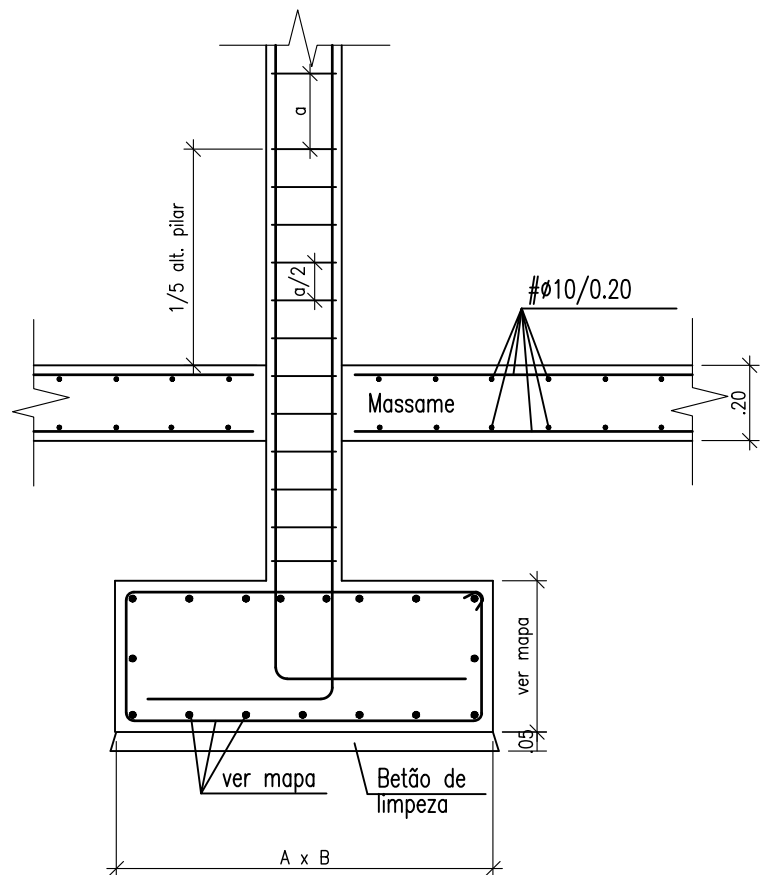
PORMENOR DO NÓ DOS PILARES
ESCALA 1:20



 ISEL INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA	CLIENTE (CLIENT):	ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO (OBJECTIVE):	Tese de Mestrado
	LOCALIZAÇÃO (LOCATION):	Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE (UNIVERSITY):	ISEL - Instituto Sup. de Eng. de Lisboa
	NOME DESENHO (DRAWING NAME):	Pormenores de Pilares	FASE PROJECTO (PROJECT PHASE):	Execução
	TECNICO(S) (TECHNICIAN(S)):	João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. (DRAWING No.):	
	ESCALA (SCALE):	1:100	ESTABILIDADE:	
DATA (DATE):	Outubro 2024	FOLHA (SHEET):	A1	EST. 24

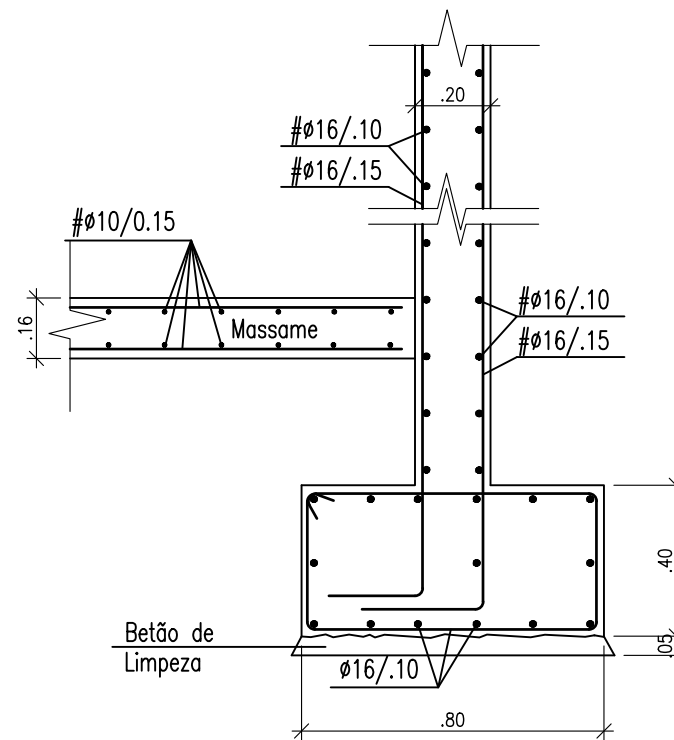
PORMENOR DAS SAPATAS

ESCALA 1:20



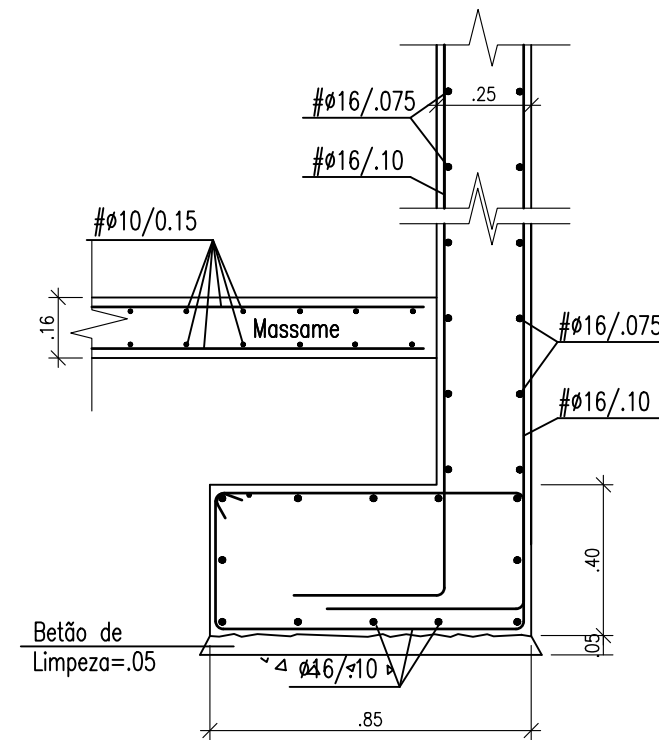
PORMENOR DO MURO 1

ESCALA 1:20



PORMENOR DO MURO 2

ESCALA 1:20



MAPA DE SAPATAS

SAPATA	A [m]	B [m]	H [m]	ARMADURA
S1	1.6	0.8	0.60	$\#16//0.20$
S2	2.0	2.0	1.00	$\#20//0.125$
S3	1.3	1.3	0.60	$\#16//0.20$
S4	1.3	1.3	0.60	$\#16//0.20$
S5	1.4	1.4	0.60	$\#16//0.15$
S6	2.0	1.8	1.00	$\#20//0.10$
S7	2.2	2.2	1.00	$\#20//0.075$
S8	1.2	1.2	0.60	$\#16//0.20$
S9	1.8	1.4	0.60	$\#25//0.15$
S10	1.2	1.2	0.60	$\#16//0.20$
S11	1.2	1.2	0.60	$\#16//0.20$
S12	1.0	1.0	0.60	$\#16//0.20$



CLIENTE | CLIENT:

ARQUIREAL, Lda

LOCALIZAÇÃO | LOCATION:

Rua das Camélias, 2 - Sintra

NOME DESENHO | DRAWING NAME:

Pormenores das Sapatas e dos Muros

TÉCNICO(S) | TECHNICIAN(S):

João Gonçalves Aguilar

ESCALA | SCALE

1:100

ESTABILIDADE

DATA | DATE

Outubro 2024

FOLHA | SHEET

A3

OBJETIVO | OBJECTIVE

Tese de Mestrado

UNIVERSIDADE | UNIVERSITY

ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa

FASE PROJECTO | PROJECT PHASE:

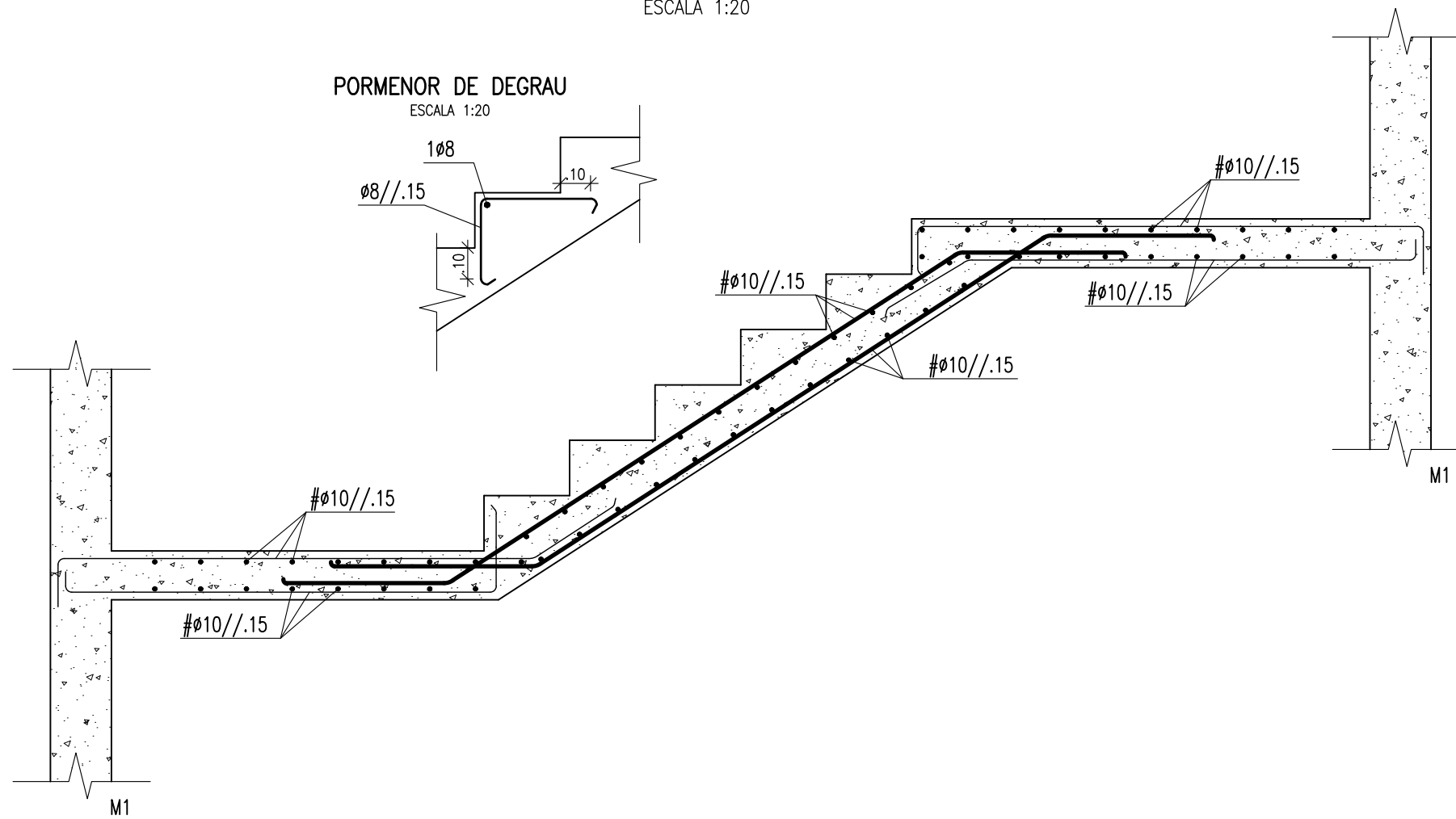
Execução

DESENHO No. | DRAWING No.

EST. 25

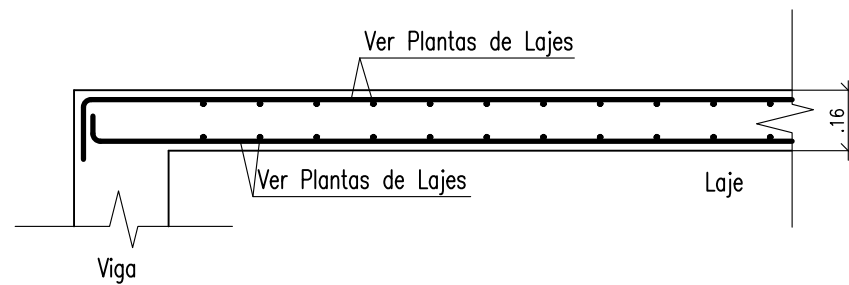
ESCALA DO NÚCLEO EM LAJE DE BETÃO

ESCALA 1:20

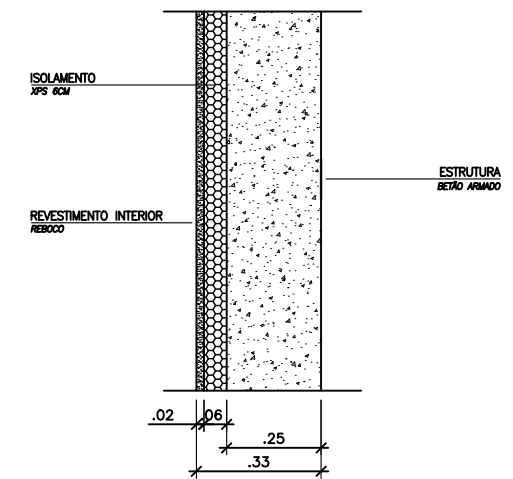


Ligação Laje/Viga

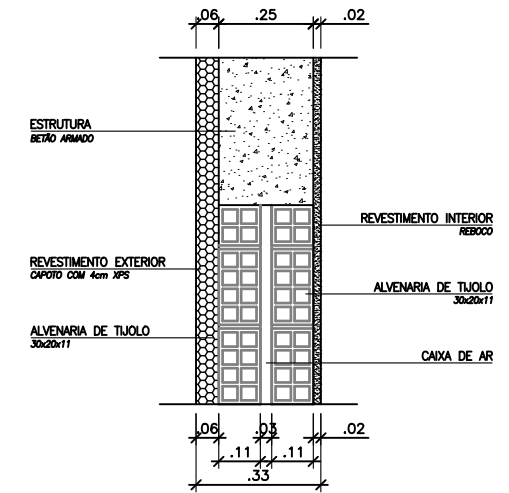
ESCALA 1:20



PAREDE EXTERIOR DA CAVE



PAREDE EXTERIOR DO EDIFÍCIO



Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura. All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



CLIENTE | CLIENT:
ARQUIREAL, Lda

LOCALIZAÇÃO | LOCATION:
Rua das Camélias, 2 - Sintra

NOME DESENHO | DRAWING NAME:
Pormenores de Lajes, Escadas e Paredes

TÉCNICO(S) | TECHNICIAN(S):
João Gonçalves Aguiar

ESCALA | SCALE: 1:20 ESTABILIDADE

DATA | DATE: Outubro 2024 FOLHA | SHEET: A3

OBJETIVO | OBJECTIVE
Tese de Mestrado

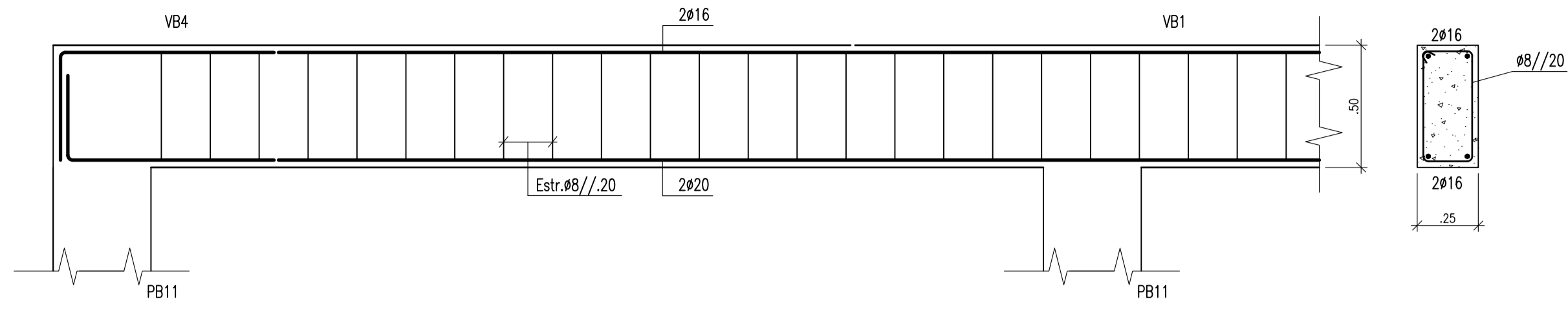
UNIVERSIDADE | UNIVERSITY
ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa

FASE PROJECTO | PROJECT PHASE:
Execução

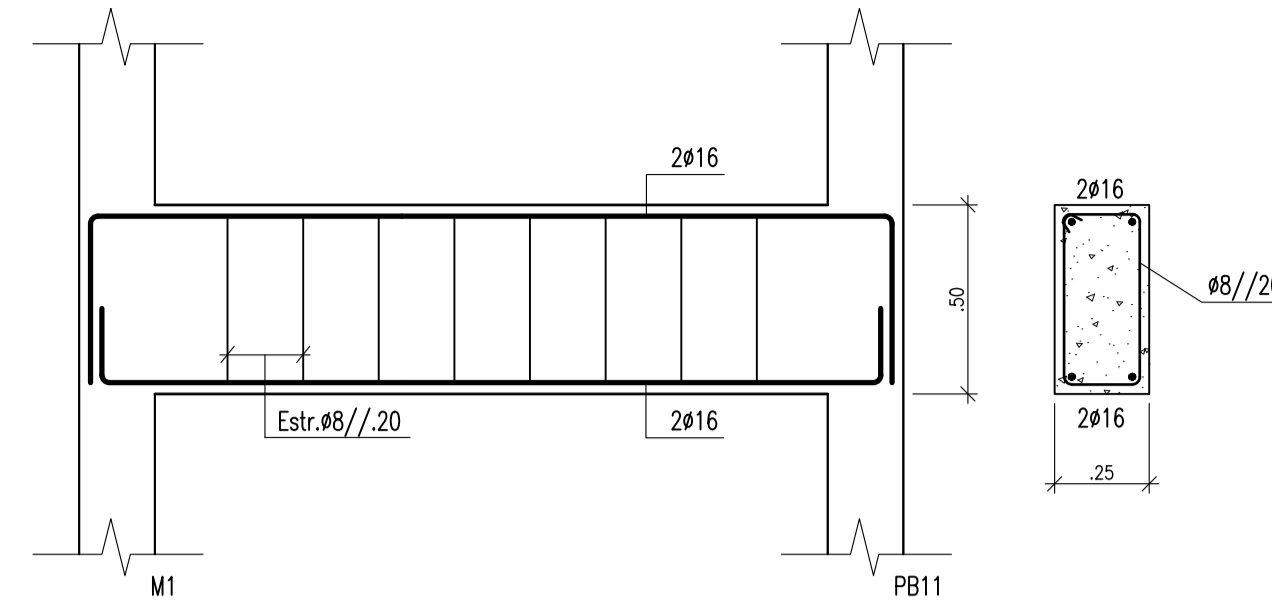
DESENHO No. | DRAWING No.

EST. 26

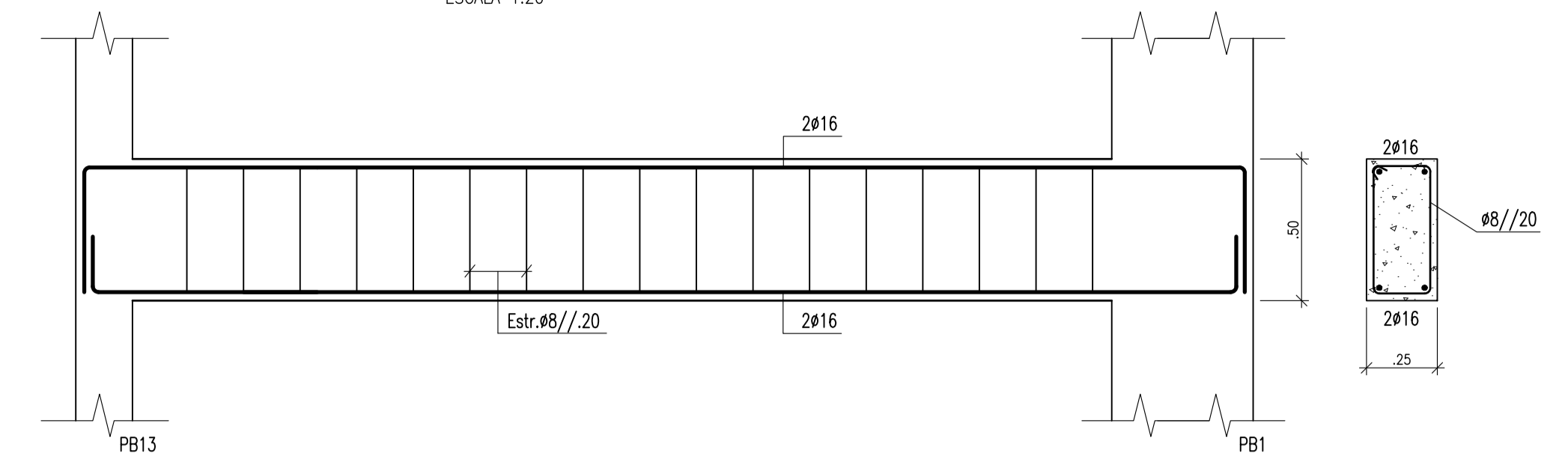
VIGA VB1,VB2,VB3,VB4
ESCALA 1:20



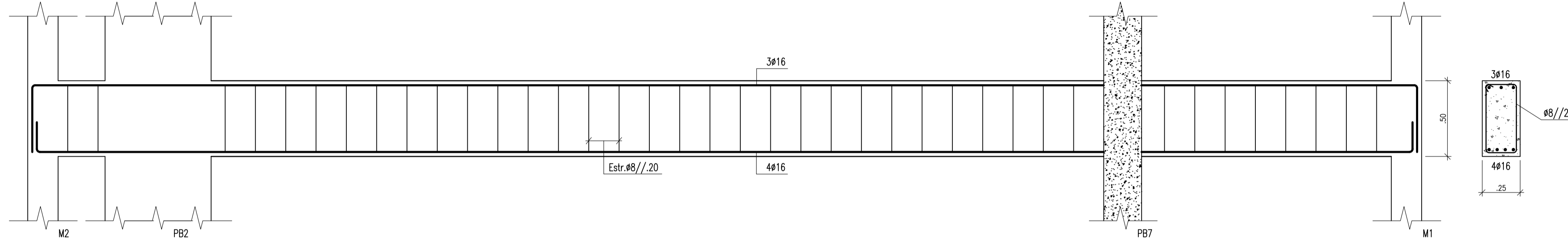
VIGA VB7
ESCALA 1:20



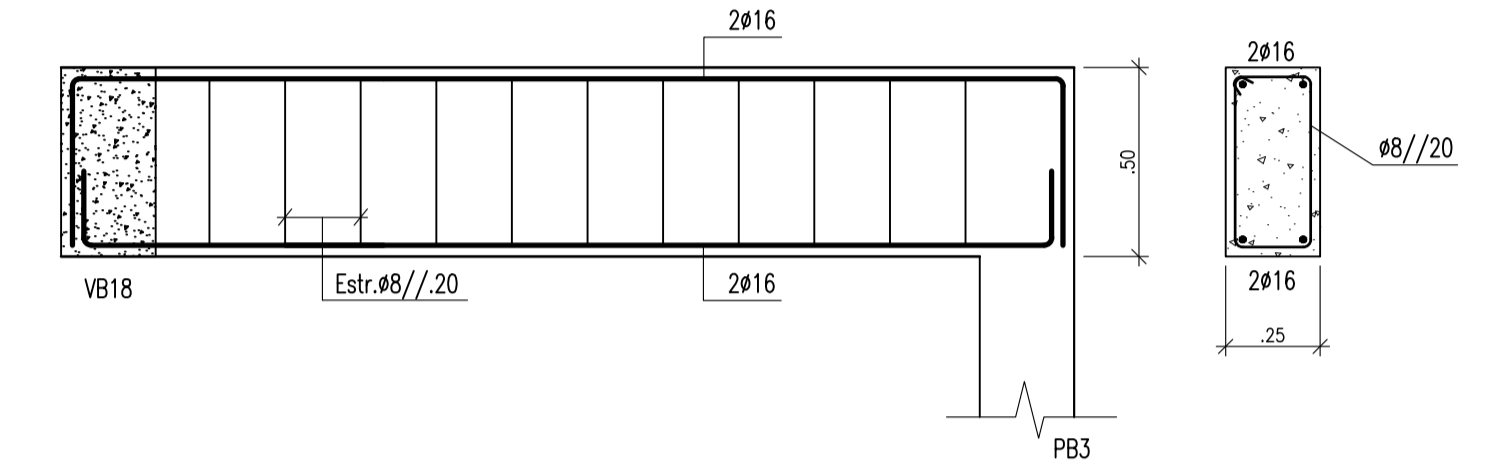
VIGA VB8
ESCALA 1:20



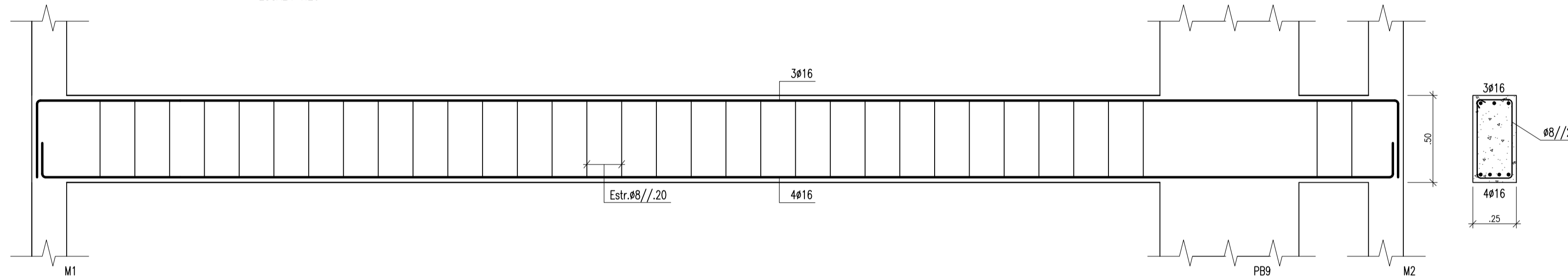
VIGA VB5
ESCALA 1:20



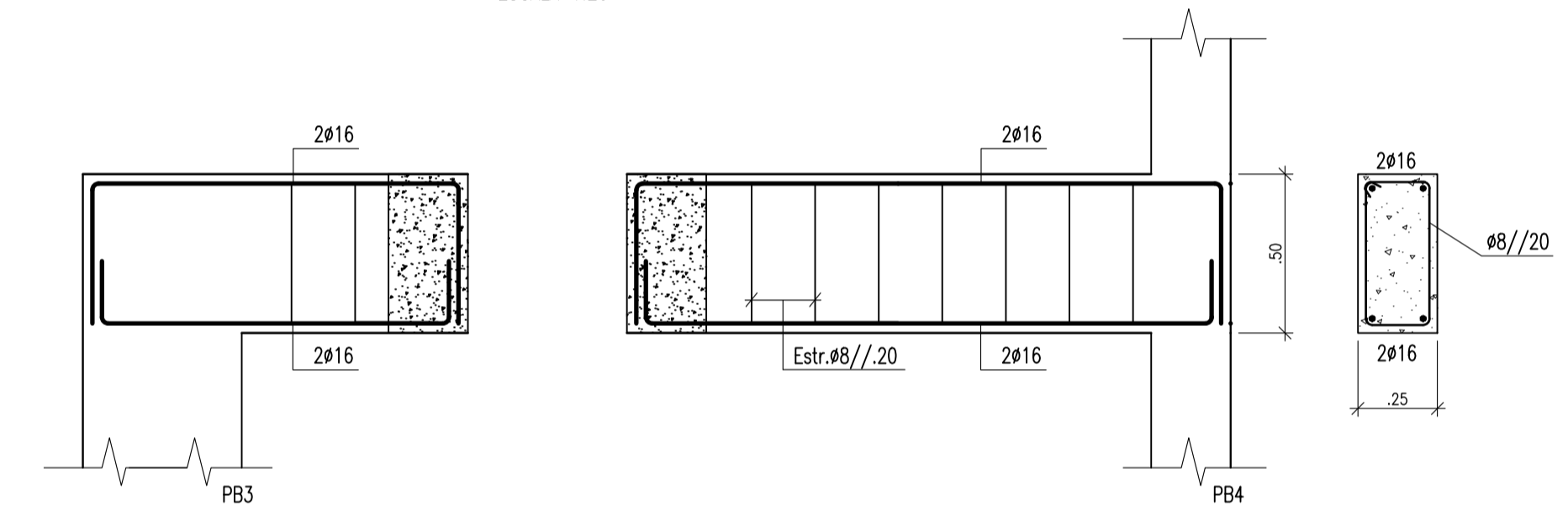
VIGA VB10
ESCALA 1:20



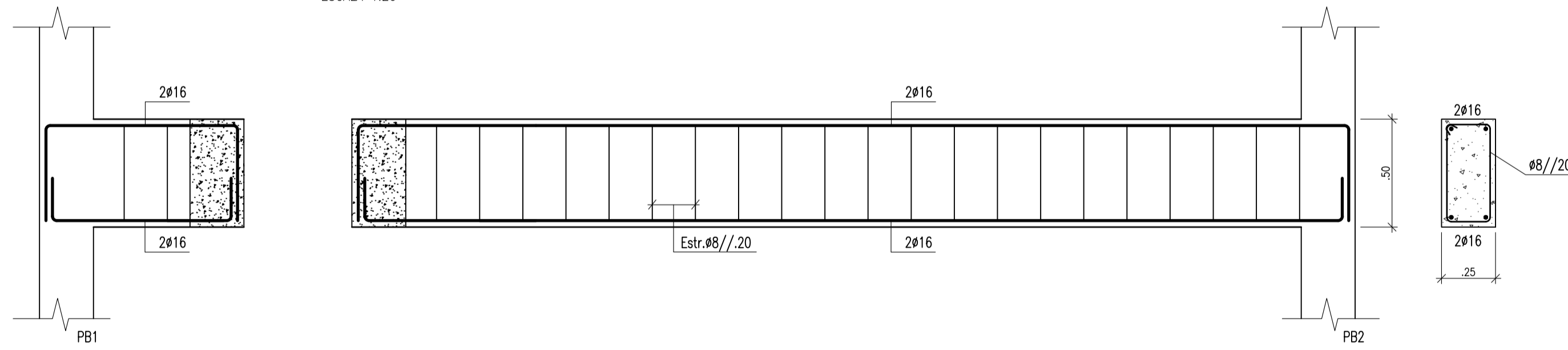
VIGA VB6
ESCALA 1:20



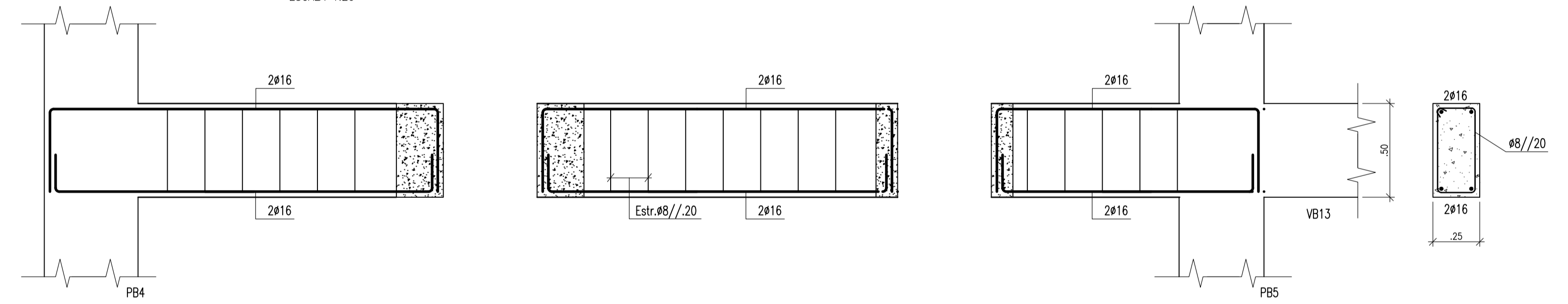
VIGA VB11
ESCALA 1:20



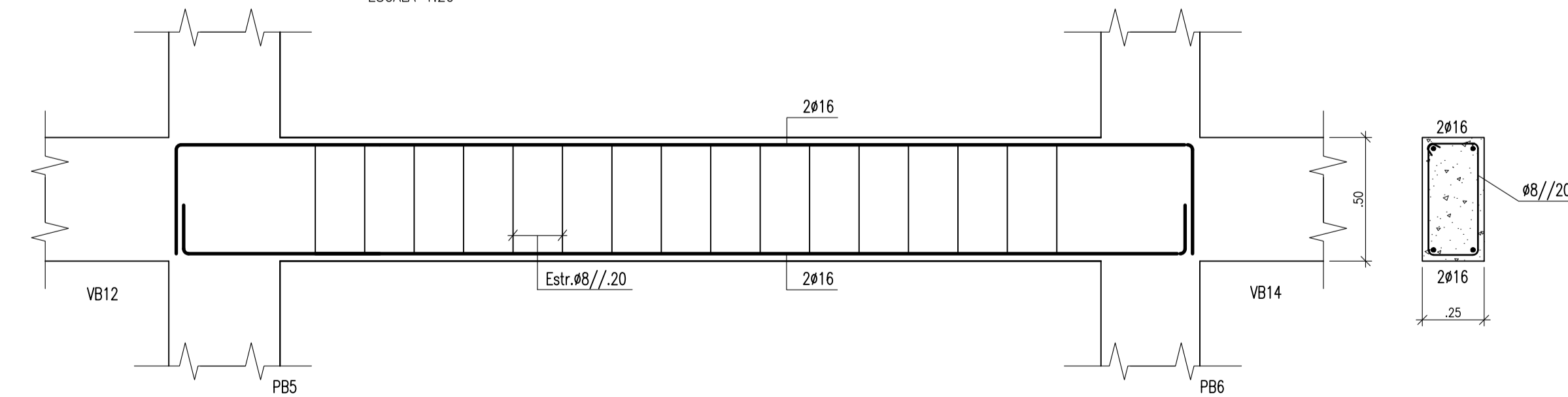
VIGA VB9
ESCALA 1:20



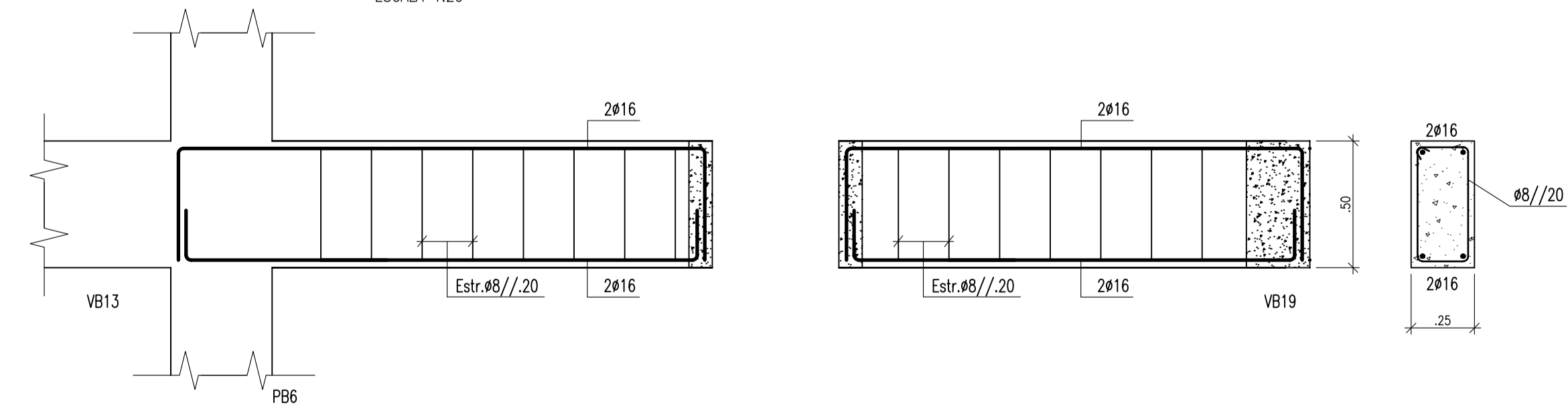
VIGA VB12
ESCALA 1:20



VIGA V13
ESCALA 1:20



VIGA V14
ESCALA 1:20

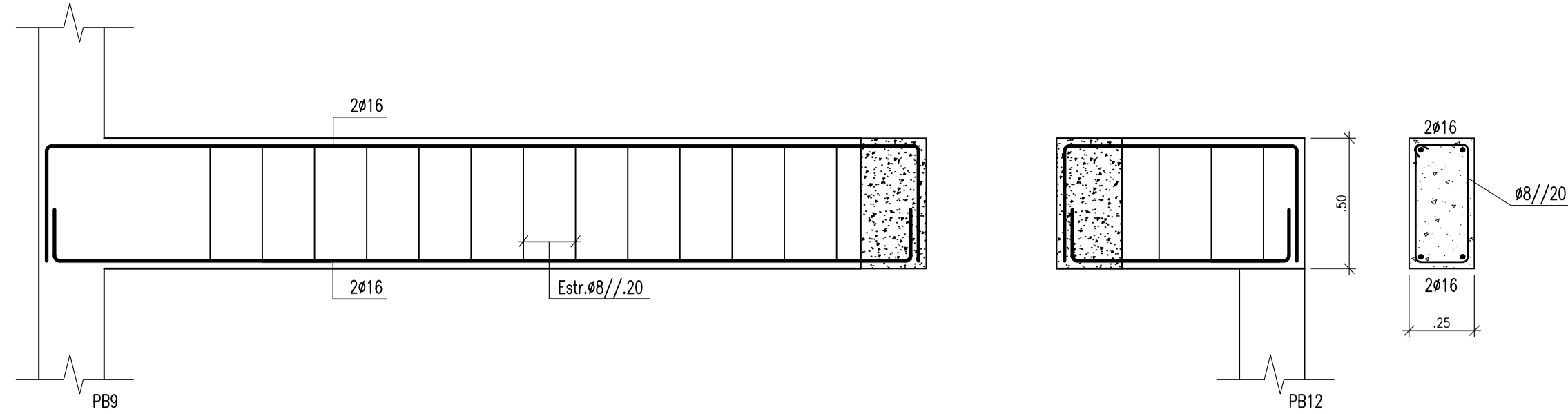


Este documento é propriedade intelectual de ISEL. É proibida a sua reprodução, total ou parcialmente, sem a autorização expressa do ISEL. O ISEL não se responsabiliza por danos materiais ou morais decorrentes do uso indevido deste documento.

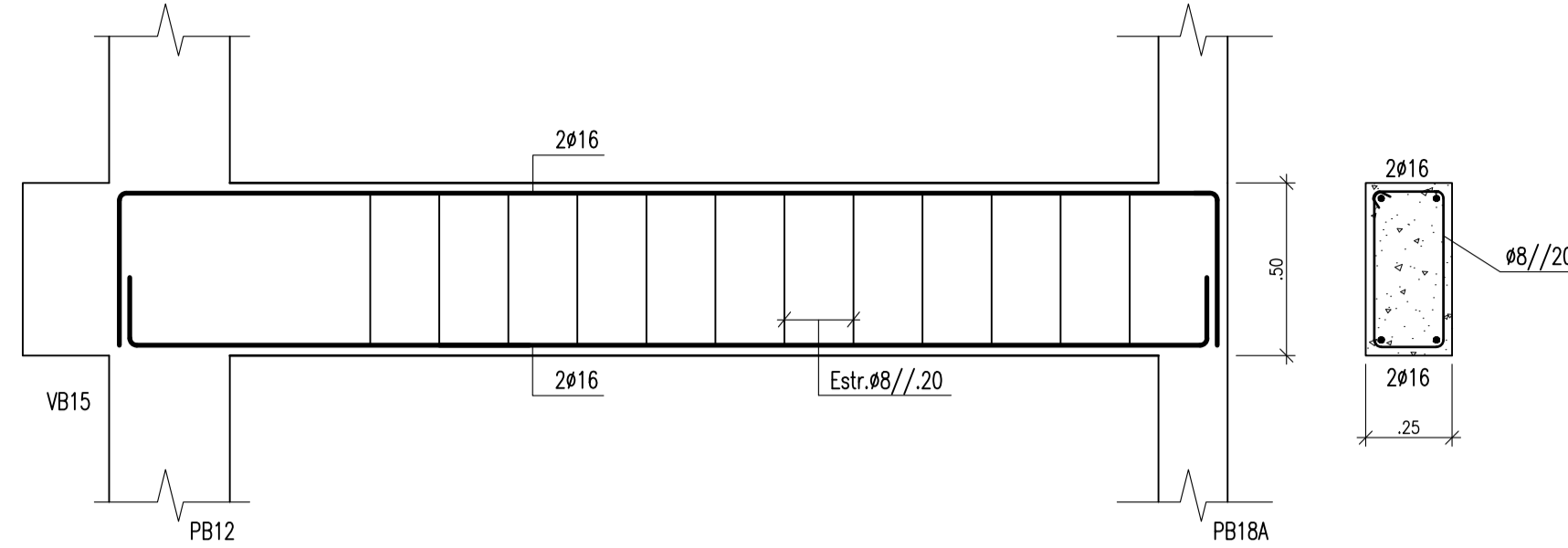


CLIENTE (CLIENT): ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO (OBJECTIVE): Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO (LOCATION): Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE (UNIVERSITY): ISEL - Instituto Sup. de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO (DRAWING NAME): Pormenores de Vigas 1	FASE PROJECTO (PROJECT PHASE): Execução
TÉCNICO(S) (TECHNICIAN): João Gonçalves Aguiar	DESENHO Nº. (DRAWING NO.):
ESCALA (SCALE): 1:100	ESTABILIDADE
DATA (DATE): Outubro 2024	FOLHA (SHEET): A1

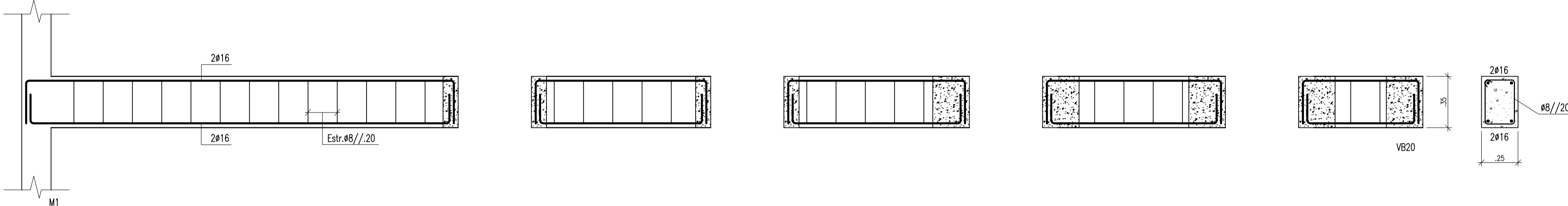
VIGA VB15
ESCALA 1:20



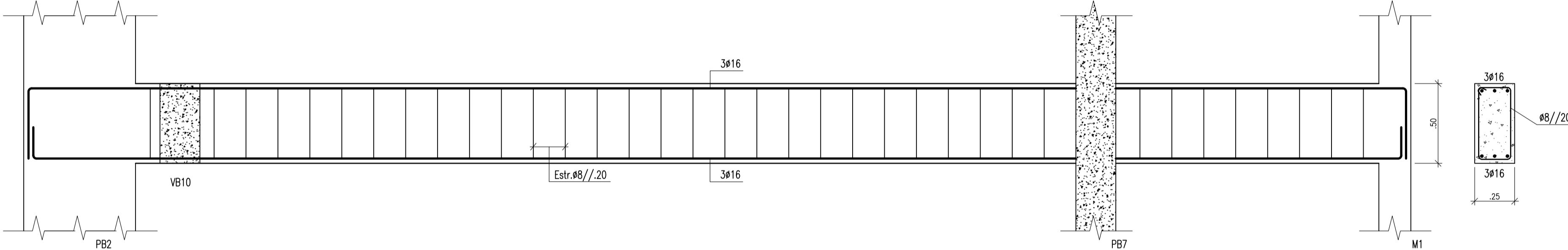
VIGA VB16
ESCALA 1:20



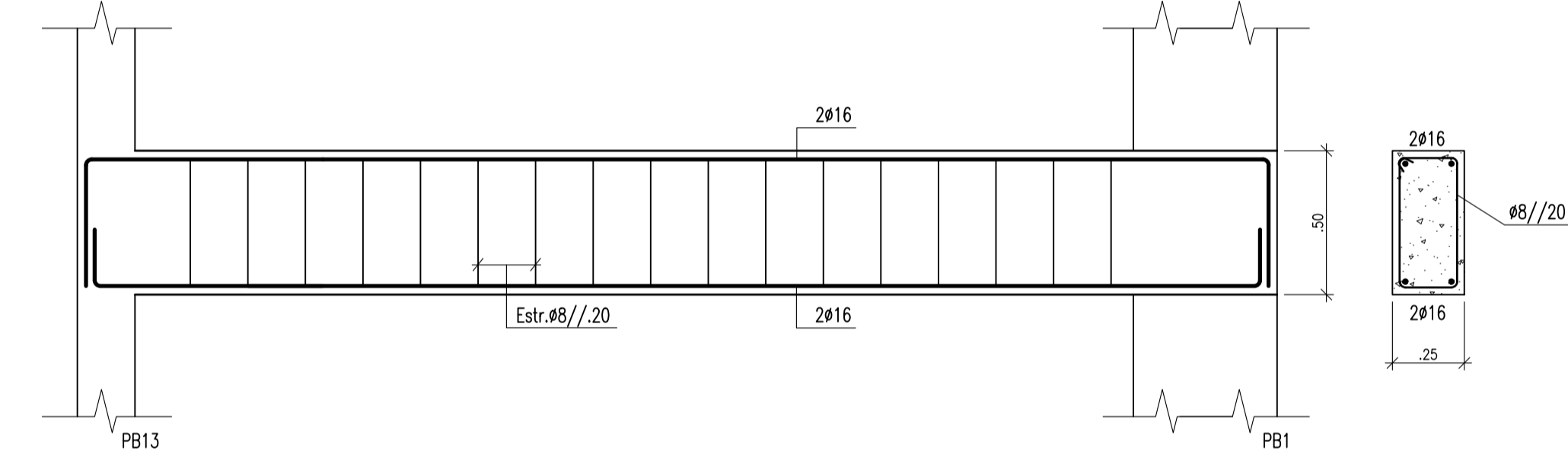
VIGA VB17
ESCALA 1:20



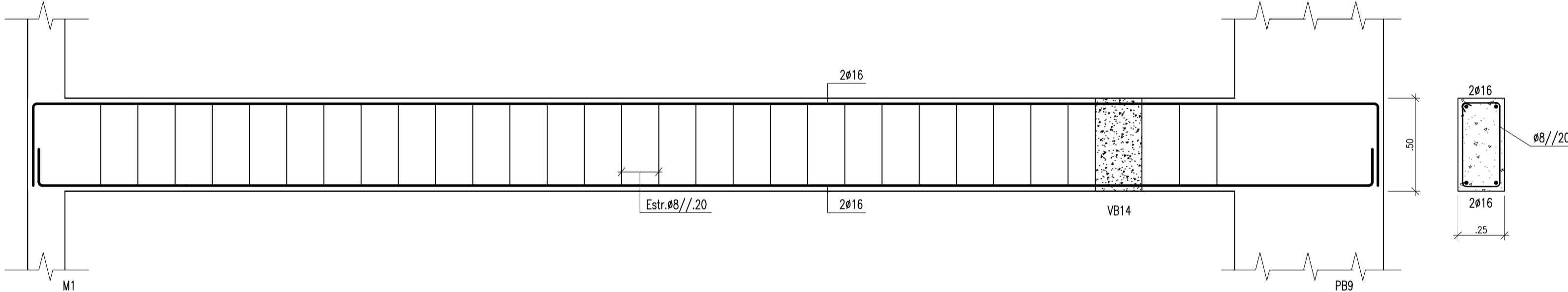
VIGA VB18
ESCALA 1:20



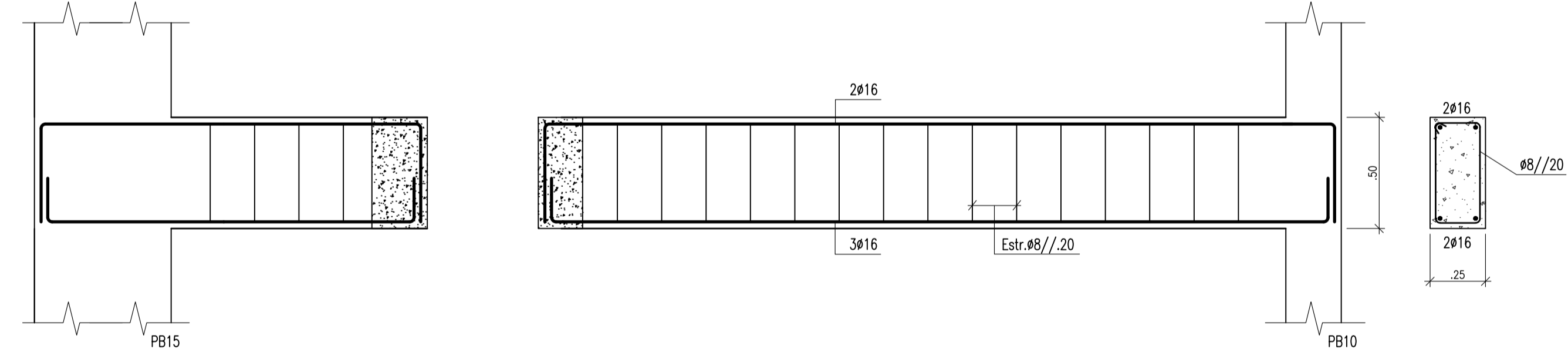
VIGA VB23
ESCALA 1:20



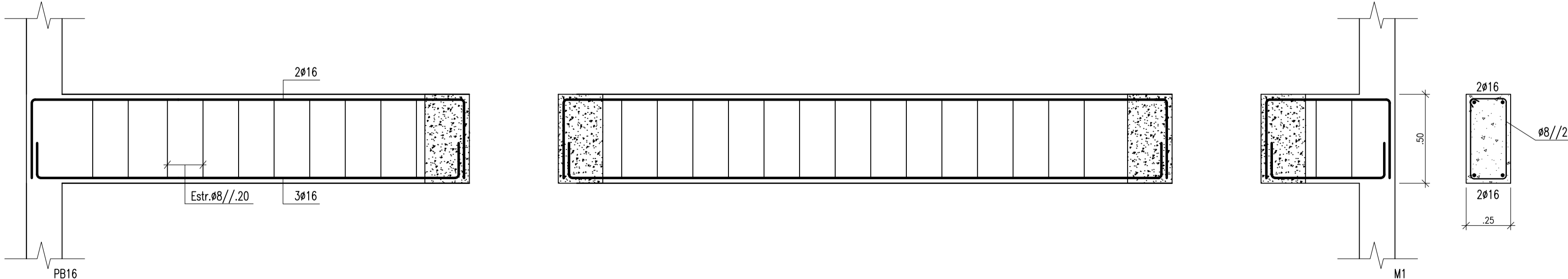
VIGA VB19
ESCALA 1:20



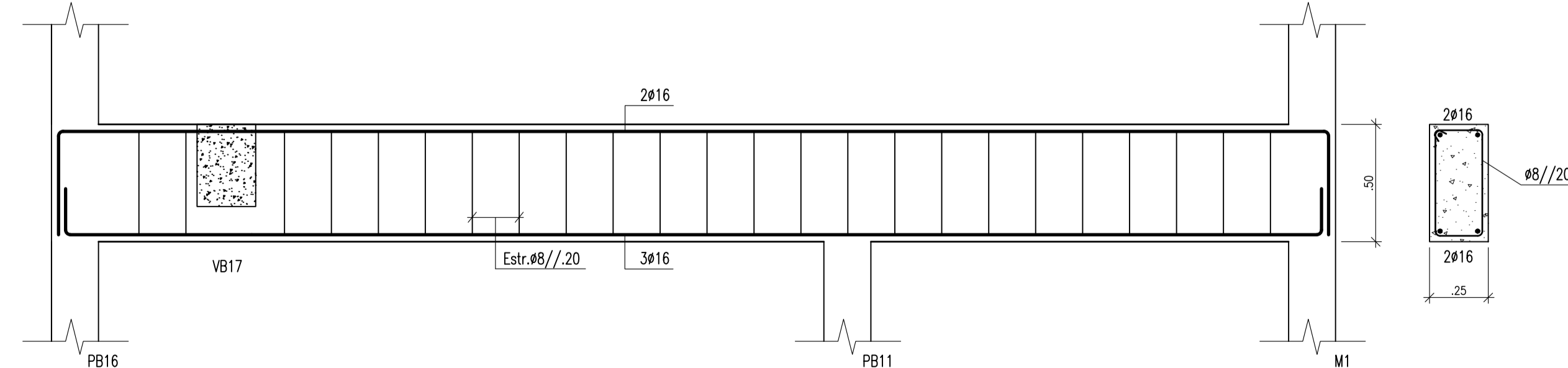
VIGA VB22
ESCALA 1:20



VIGA VB21,VB34
ESCALA 1:20



VIGA VB20
ESCALA 1:20

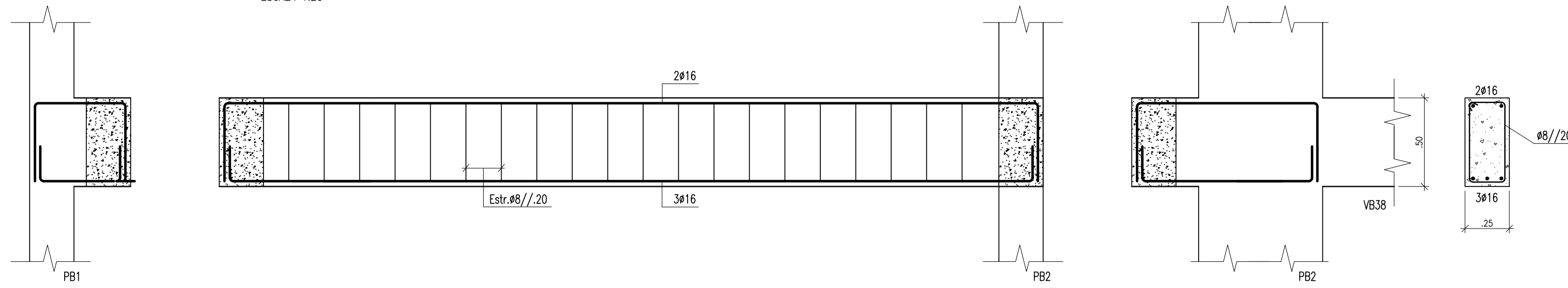


Este documento é propriedade intelectual de ISEL e não pode ser reproduzido ou utilizado sem a autorização expressa da ISEL. A distribuição ou utilização não autorizada constitui uma violação das leis que protegem os direitos de propriedade intelectual.

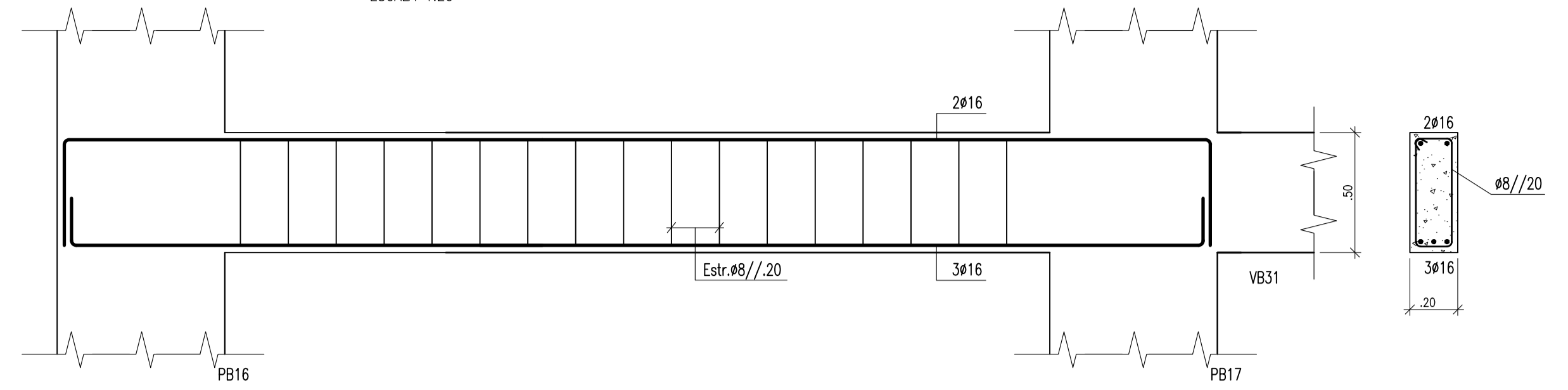


CLIENTE (CLIENT): ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO (OBJECTIVE): Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO (LOCATION): Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE (UNIVERSITY): ISEL - Instituto Sup. de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO (DRAWING NAME): Pormenores de Vigas 2	FASE PROJECTO (PROJECT PHASE): Execução
TÉCNICO(S) (TECHNICIAN): João Gonçalves Aguiar	DESENHO Nº. (DRAWING NO.):
ESCALA (SCALE): 1:100	ESTABILIDADE
DATA (DATE): Outubro 2024	FOLHA (SHEET): A1

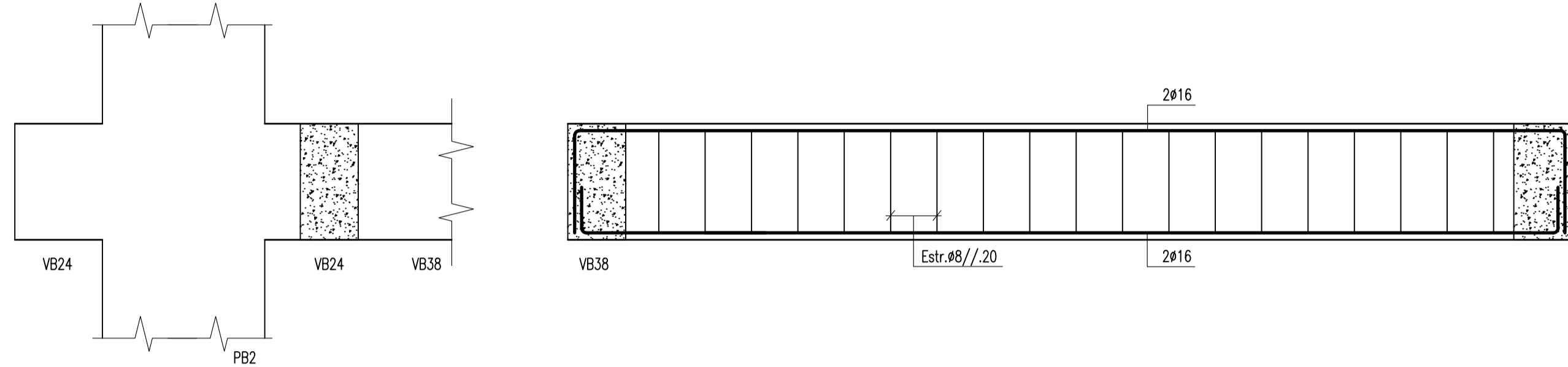
VIGA VB24
ESCALA 1:20



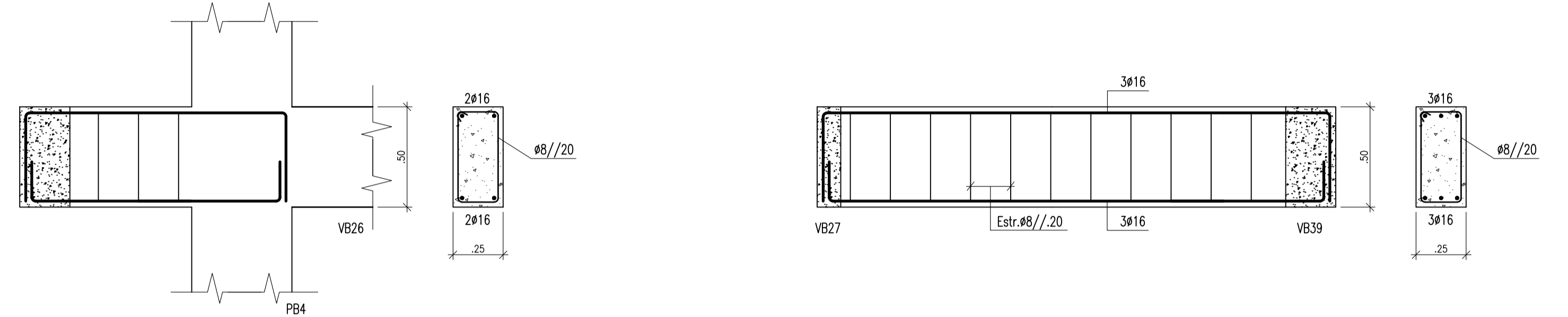
VIGA VB32
ESCALA 1:20



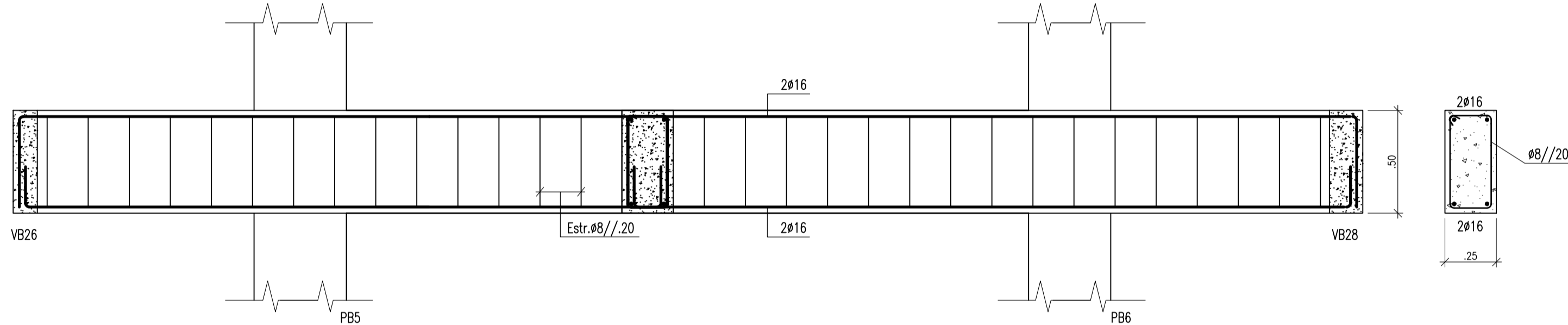
VIGA VB25
ESCALA 1:20



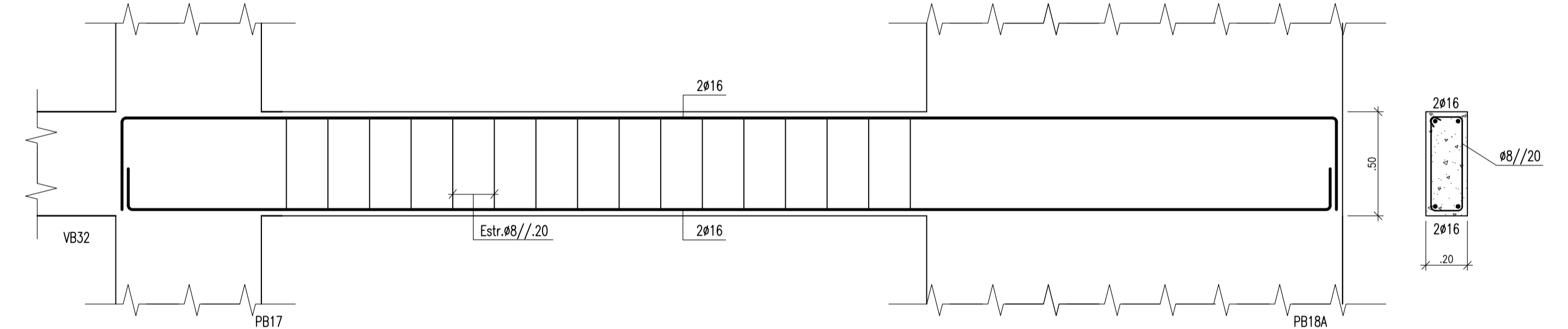
VIGA VB28
ESCALA 1:20



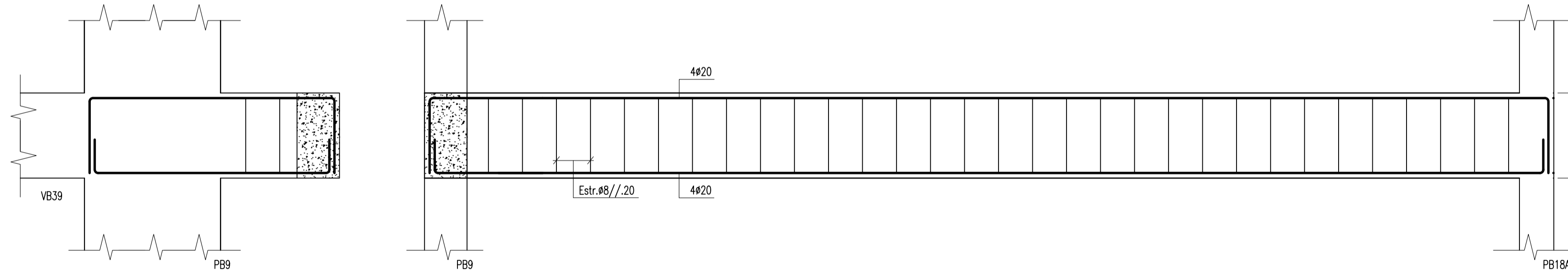
VIGA VB27
ESCALA 1:20



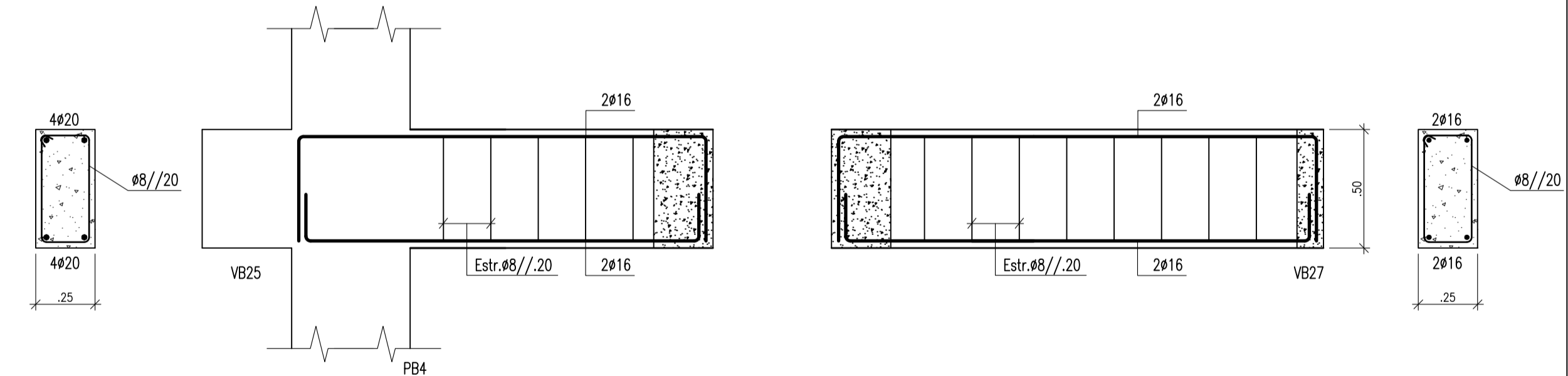
VIGA VB31
ESCALA 1:20



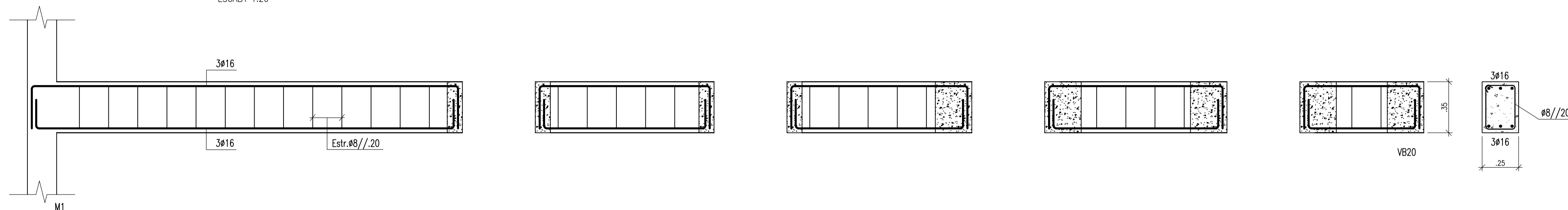
VIGA VB30
ESCALA 1:20



VIGA VB26
ESCALA 1:20



VIGA VB33
ESCALA 1:20

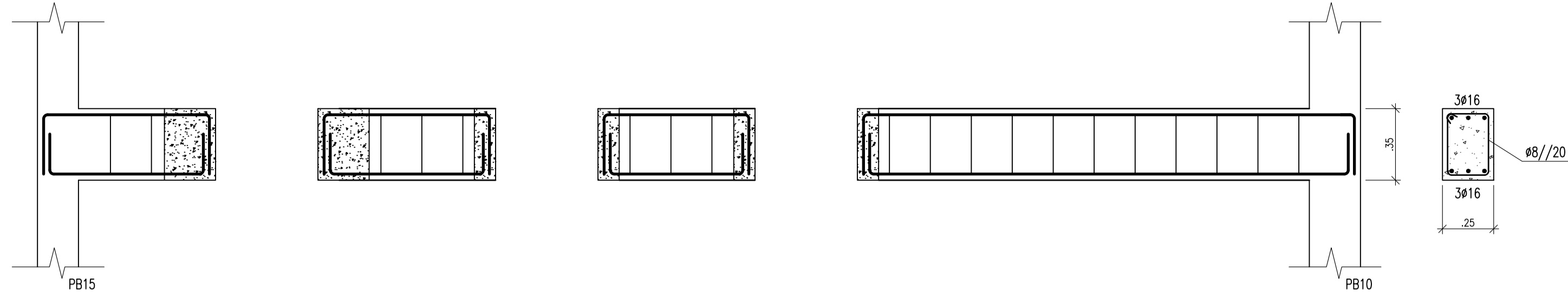


CLIENTE (CLIENT): ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO (OBJECTIVE): Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO (LOCATION): Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE (UNIVERSITY): ISEL - Instituto Sup. de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO (DRAWING NAME): Pormenores de Vigas 3	FASE PROJECTO (PROJECT PHASE): Execução
TECNICO(S) (TECHNICIAN(S)): João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. (DRAWING No.): EST. 29
ESCALA (SCALE): 1:100	ESTABILIDADE:
DATA (DATE): Outubro 2024	FOLHA (SHEET): A1

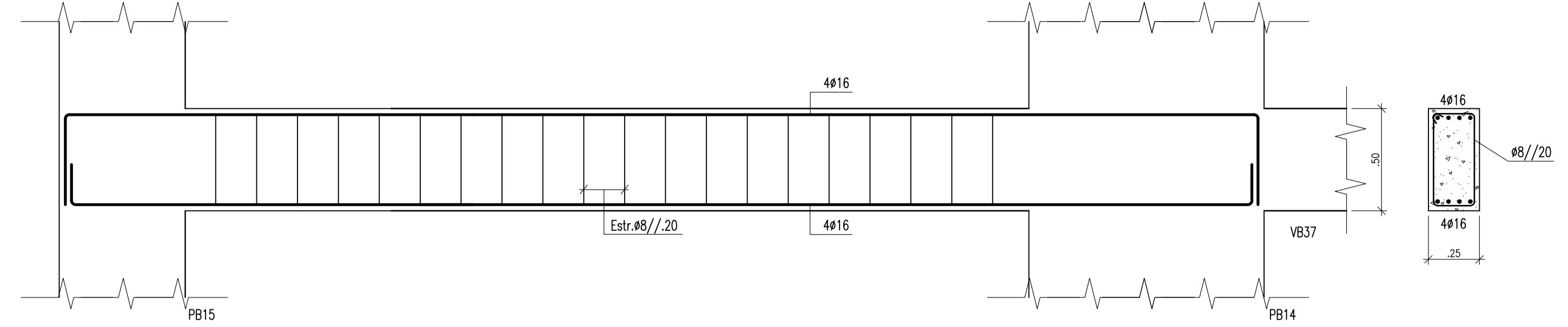


Este documento é propriedade intelectual de ISEL. É proibida a sua reprodução, total ou parcialmente, sem a autorização expressa do ISEL. ISEL assume a responsabilidade pela veracidade e atualidade das informações aqui apresentadas.

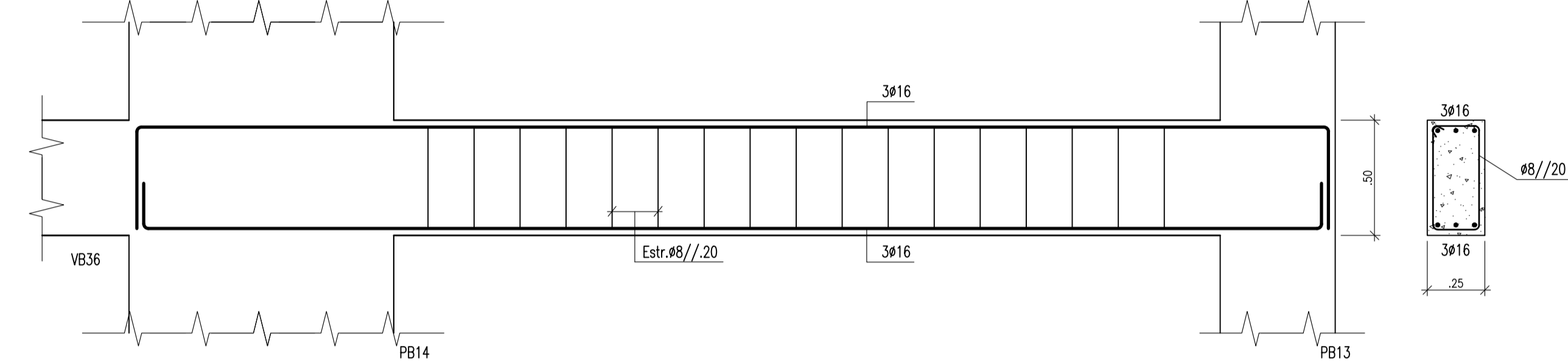
VIGA VB35
ESCALA 1:20



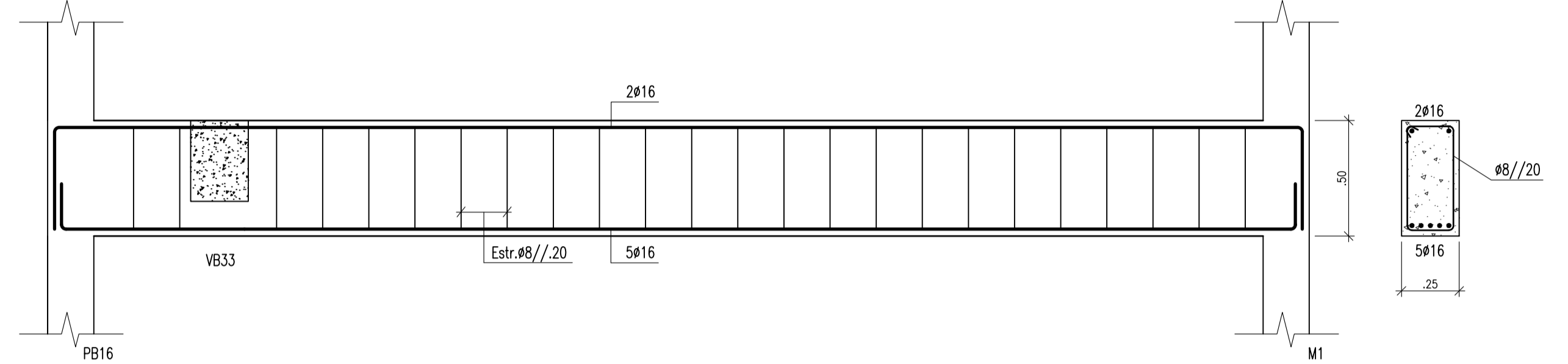
VIGA VB36
ESCALA 1:20



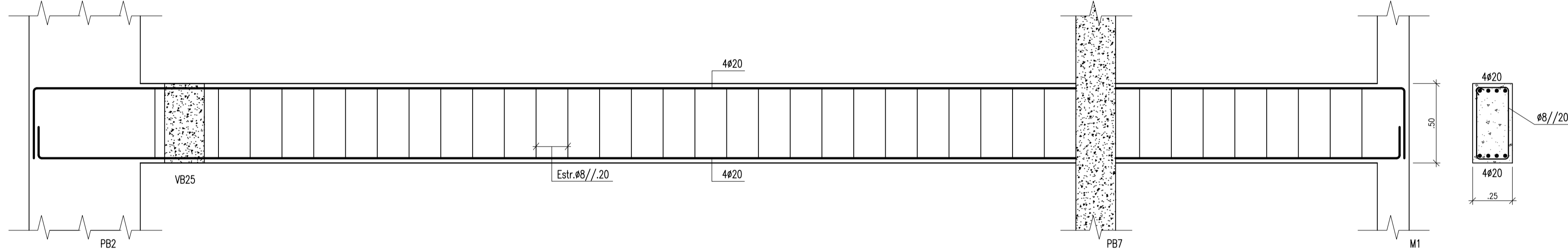
VIGA VB37
ESCALA 1:20



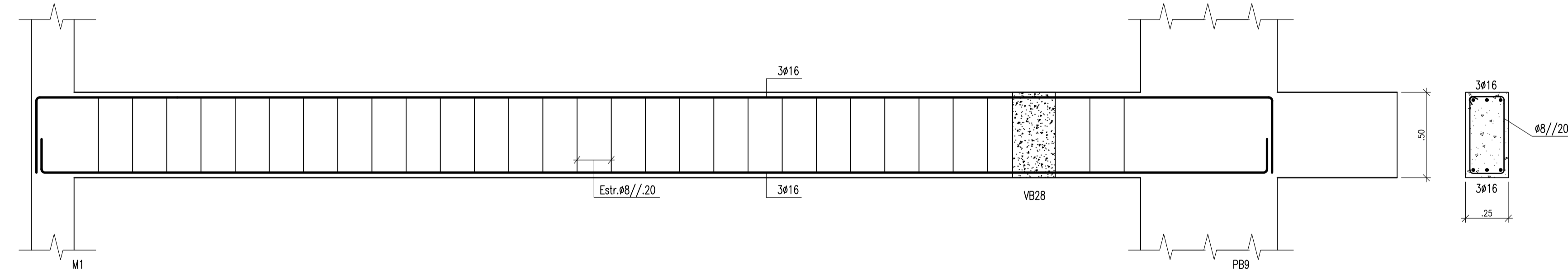
VIGA VB40
ESCALA 1:20



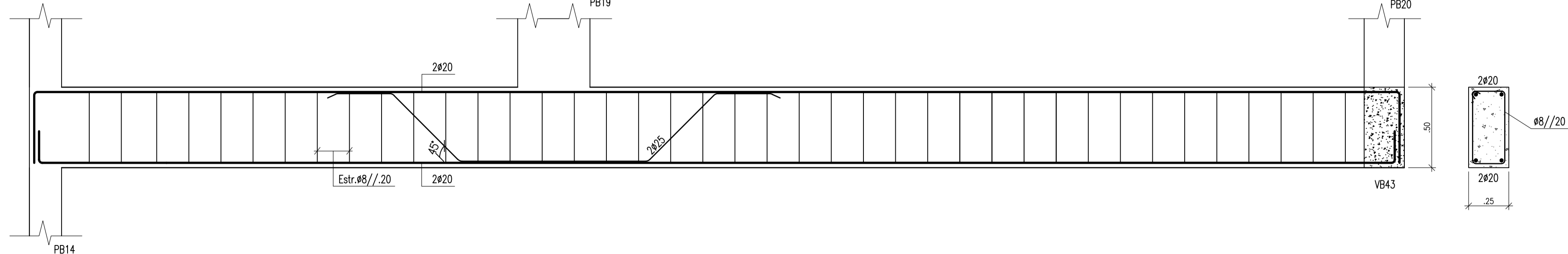
VIGA VB38
ESCALA 1:20



VIGA VB39
ESCALA 1:20

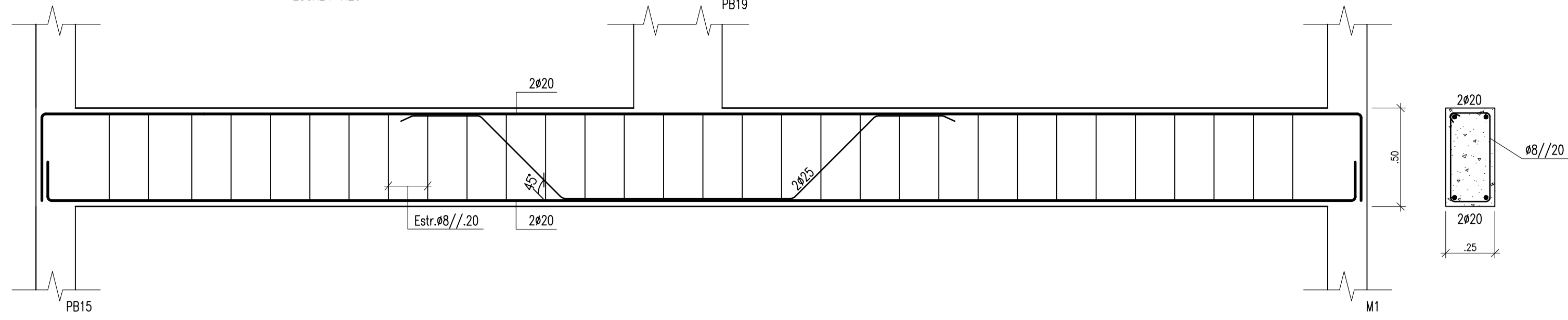


VIGA VB41
ESCALA 1:20

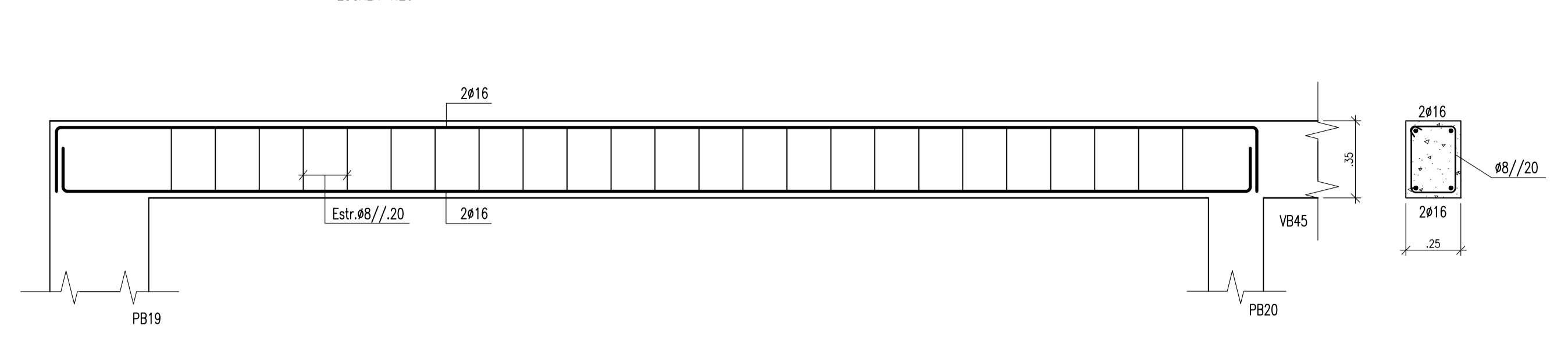


CLIENTE (CLIENT): ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO (OBJECTIVE): Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO (LOCATION): Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE (UNIVERSITY): ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO (DRAWING NAME): Pormenores de Vigas 4	FASE PROJECTO (PROJECT PHASE): Execução
TECNICO(S) (TECHNICIAN): João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. (DRAWING No.):
ESCALA (SCALE): 1:100	ESTABILIDADE
DATA (DATE): Outubro 2024	FOLHA (SHEET): A1

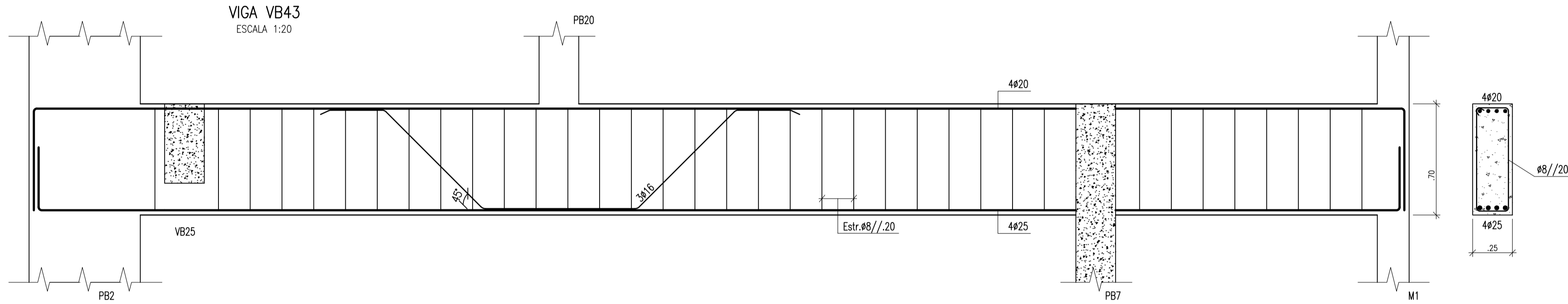
VIGA VB42
ESCALA 1:20



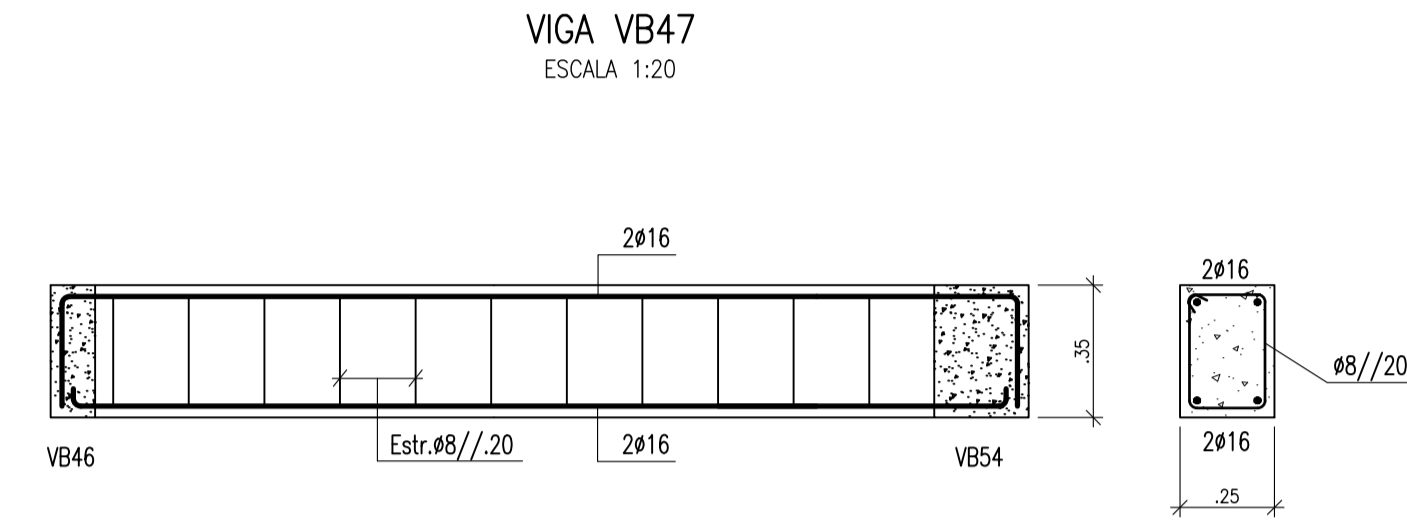
VIGA VB44
ESCALA 1:20



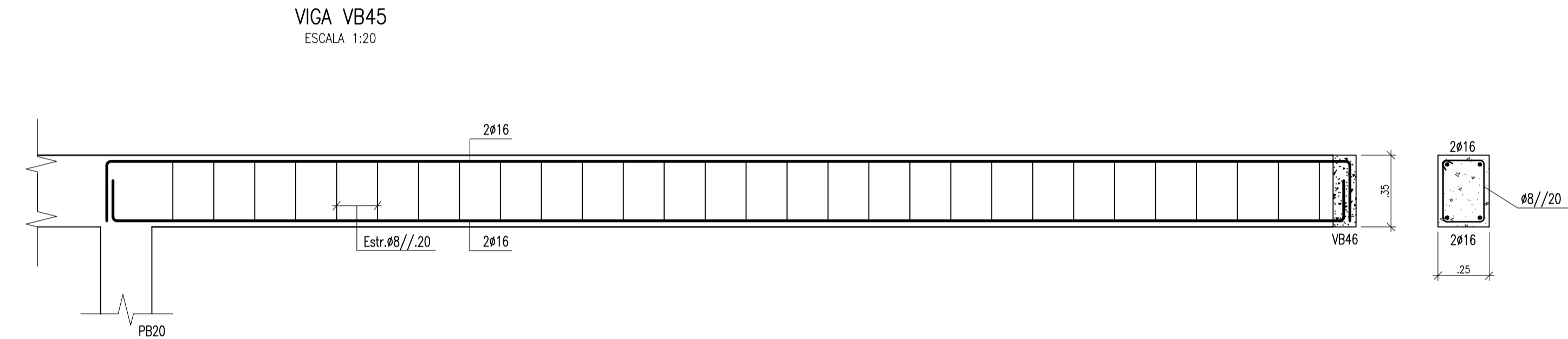
VIGA VB43
ESCALA 1:20



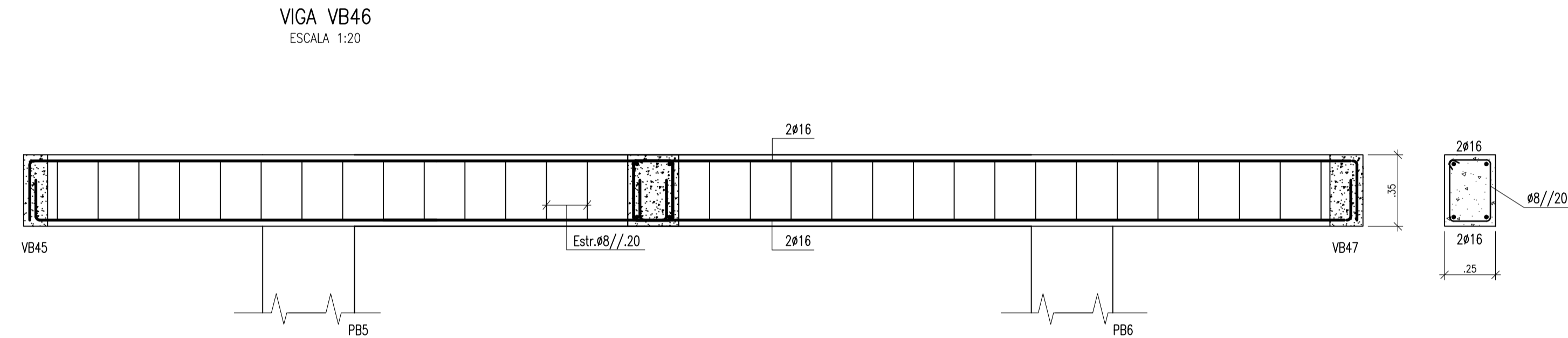
VIGA VB47
ESCALA 1:20



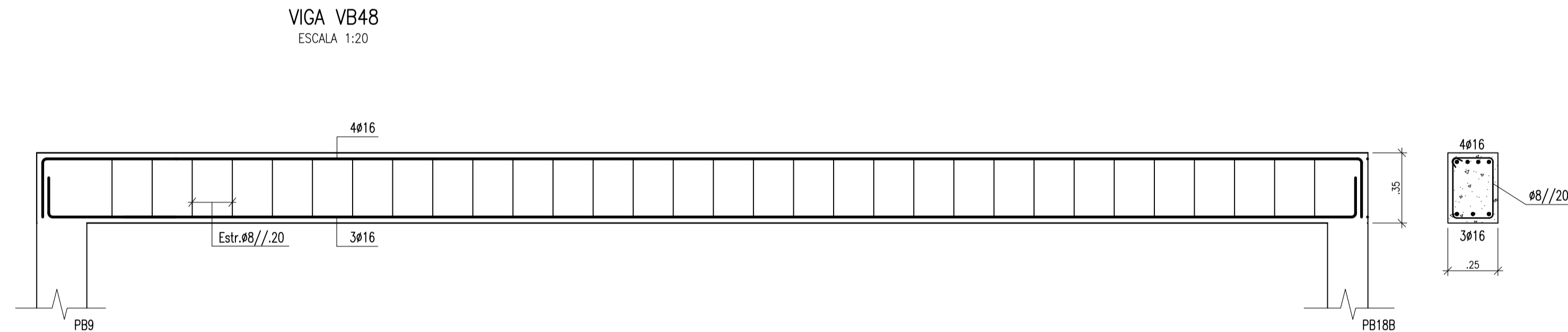
VIGA VB45
ESCALA 1:20



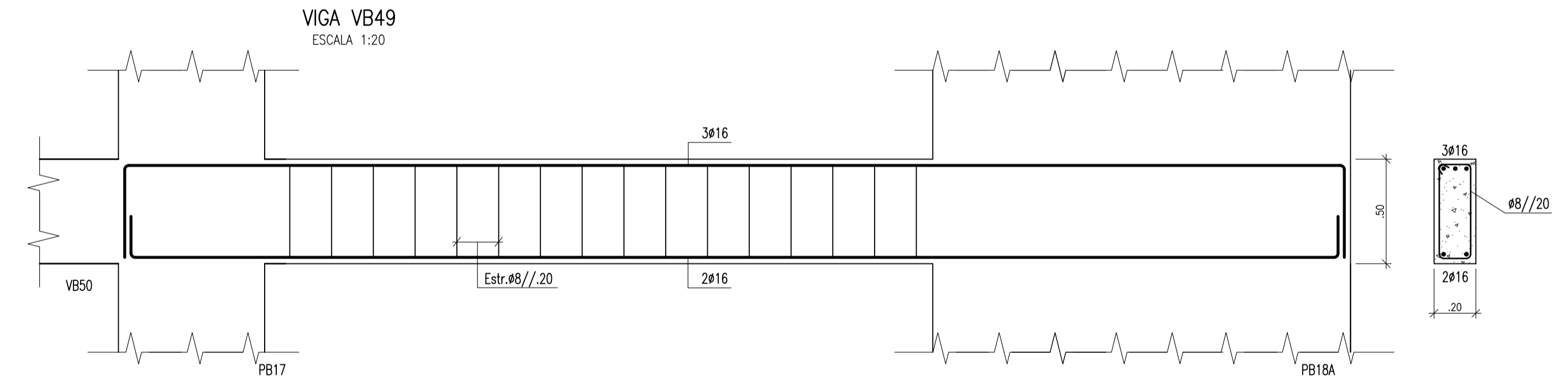
VIGA VB46
ESCALA 1:20



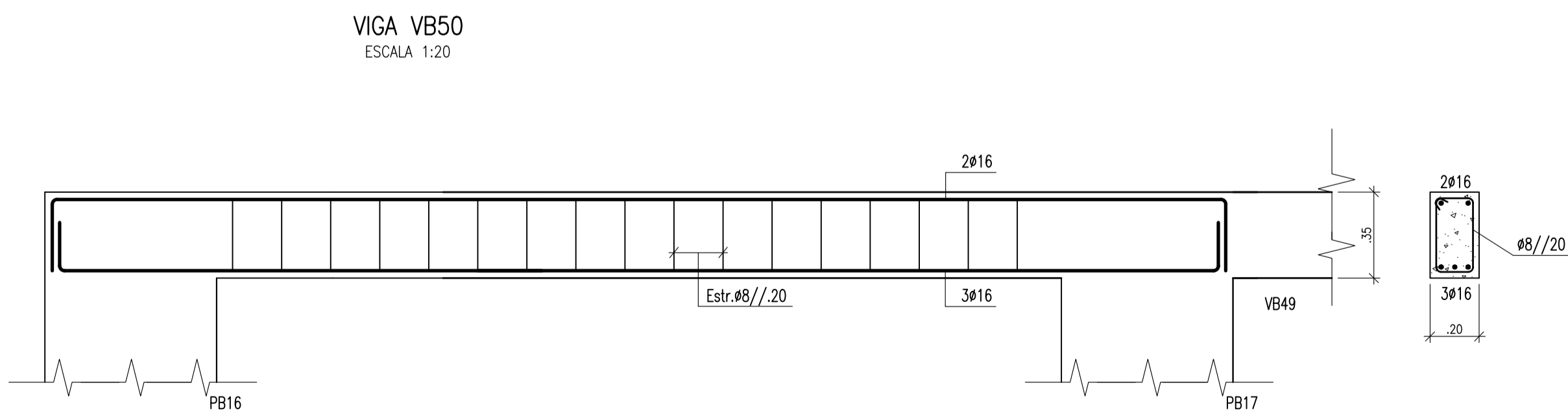
VIGA VB48
ESCALA 1:20



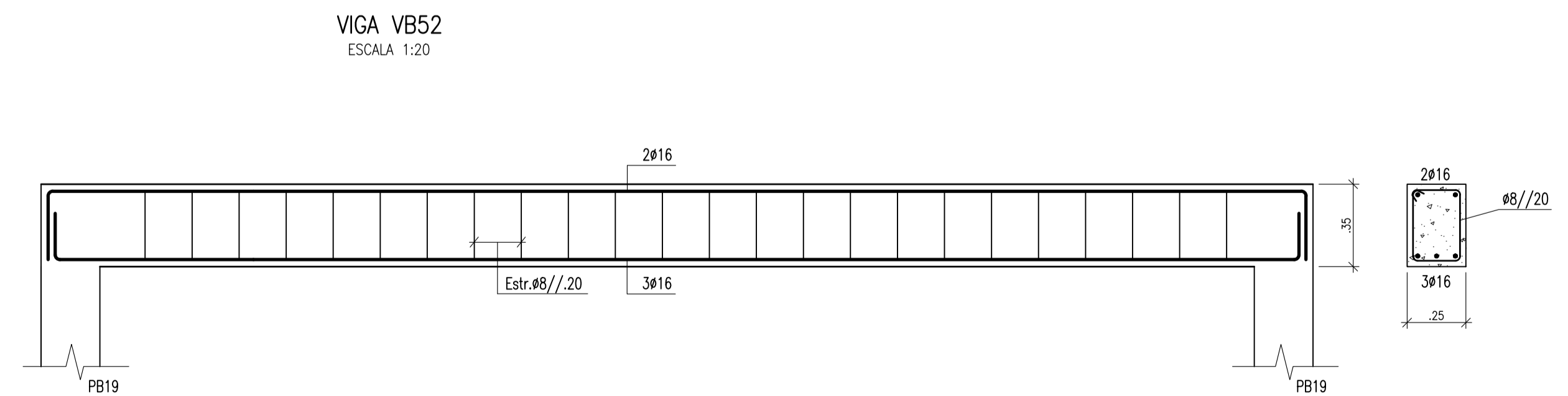
VIGA VB49
ESCALA 1:20



VIGA VB50
ESCALA 1:20



VIGA VB52
ESCALA 1:20

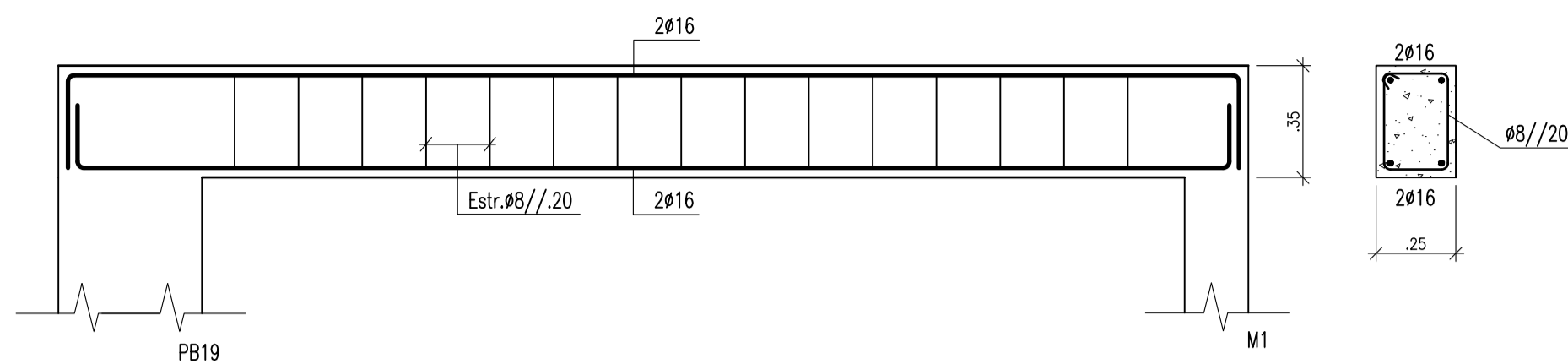


Este documento é propriedade intelectual de ISEL e não pode ser reproduzido, total ou parcialmente, sem a autorização expressa da ISEL. A ISEL não se responsabiliza por danos materiais ou morais decorrentes do uso indevido deste documento.

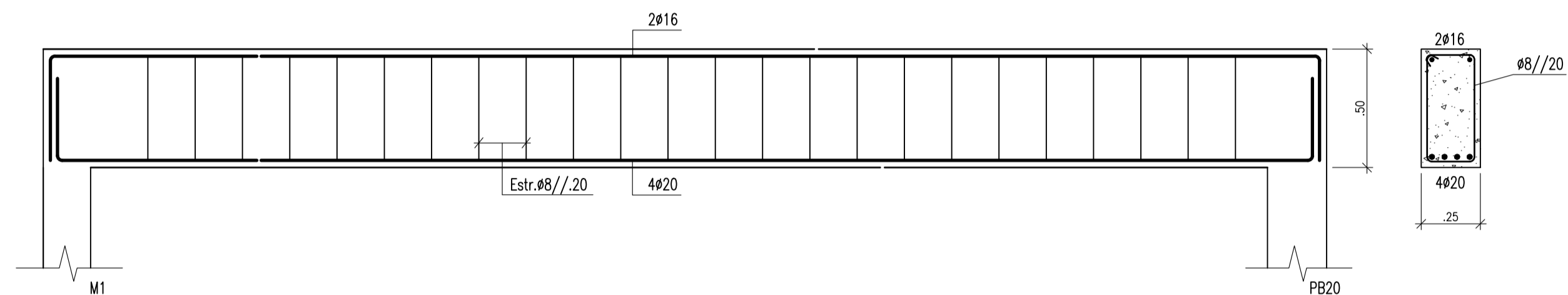


CLIENTE (CLIENT): ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO (OBJECTIVE): Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO (LOCATION): Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE (UNIVERSITY): ISEL - Instituto Sup. de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO (DRAWING NAME): Pormenores de Vigas 5	FASE PROJECTO (PROJECT PHASE): Execução
TÉCNICO(S) (TECHNICIAN): João Gonçalves Aguiar	DESENHO Nº. (DRAWING NO.):
ESCALA (SCALE): 1:100	ESTABILIDADE
DATA (DATE): Outubro 2024	FOLHA (SHEET): A1

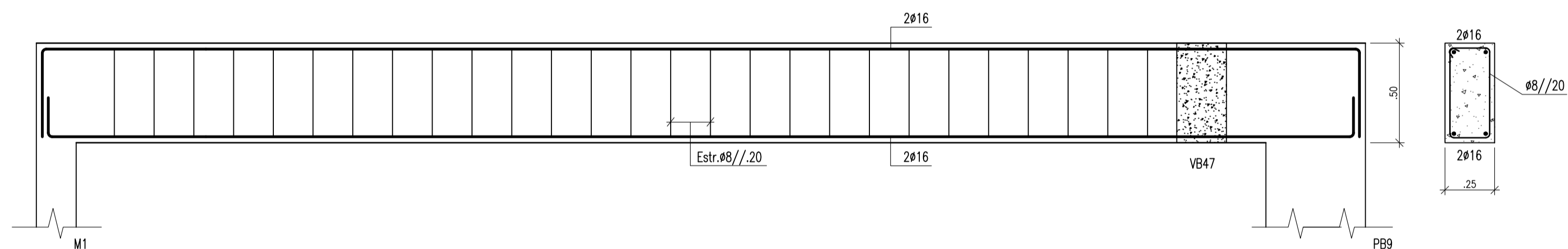
VIGA VB51
ESCALA 1:20



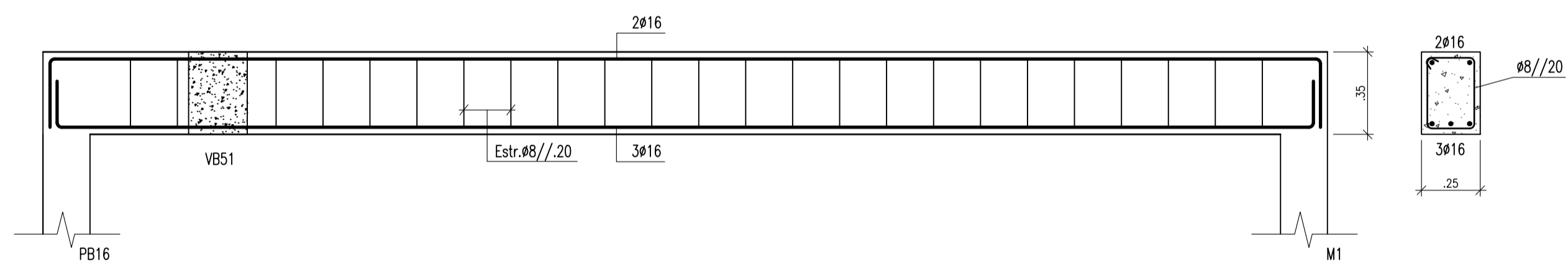
VIGA VB53
ESCALA 1:20



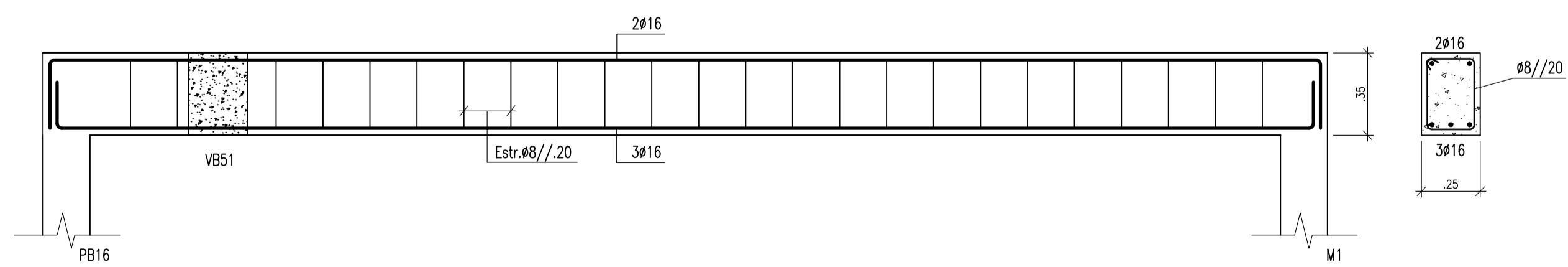
VIGA VB54
ESCALA 1:20



VIGA VB55
ESCALA 1:20



VIGA VB55
ESCALA 1:20



Este documento é propriedade intelectual de ISEL e não pode ser reproduzido, total ou parcialmente, sem a autorização prévia por escrito do ISEL. O ISEL não se responsabiliza por danos materiais ou morais decorrentes do uso indevido deste documento.

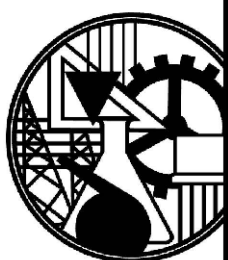


CLIENTE (CLIENT): ARQUIREAL, Lda	OBJETIVO (OBJECTIVE): Tese de Mestrado
LOCALIZAÇÃO (LOCATION): Rua das Camélias, 2 - Sintra	UNIVERSIDADE (UNIVERSITY): ISEL - Instituto Sup. de Eng. de Lisboa
NOME DESENHO (DRAWING NAME): Pormenores de Vigas 6	FASE PROJECTO (PROJECT PHASE): Execução
TECNICO(S) (TECHNICIAN(S)): João Gonçalves Aguiar	DESENHO No. (DRAWING No.):
ESCALA (SCALE): 1:100	ESTABILIDADE:
DATA (DATE): Outubro 2024	FOLHA (SHEET): A1

LISTA DE LAYERS

0	FOLHAS, ESQUADRIAS E LEGENDAS
ARQ_Proposta	ARQUITETURA PROPOSTA
EST_Fundações	FUNDAÇÕES (SAPATAS)
EST_Hatch	PREENCHIMENTO DE MUROS, PILARES E PAREDES
EST_Lajes	LAJES (MACIÇAS, ALIJEIRADAS, COLABORANTES, ETC..)
EST_Muros	MUROS EM BETÃO (SUPORTE, CONTENÇÃO, ETC...)
EST_Pilares	PILARES (BETÃO, METÁLICOS, ETC...)
EST_Pormenores	PORMENORES ESTRUTURAIS (BETÃO, METÁLICAS, ETC..)
EST_Texto	TEXTOS, NOTAS E DESCRIÇÕES
EST_Vigas	VIGAS (BETÃO, METÁLICAS, MADEIRA, ETC...)

Este desenho é propriedade intelectual do autor, não podendo ser reproduzido ou usado para qualquer propósito a não ser o aqui expresso, sem prévia autorização escrita. Este desenho deverá ser lido em conjunto com o projeto de arquitetura.
All rights reserved. The copyright of this drawing (including all attached and incorporated documents) is the property of its author. Neither the form or any part of it may be used or reproduced by any method whatsoever in any document without the prior written consent of the company.



CLIENTE | CLIENT:

ARQUIREAL, Lda

OBJETIVO | OBJECTIVE

Tese de Mestrado

LOCALIZAÇÃO | LOCATION:

Rua das Camélias, 2 - Sintra

UNIVERSIDADE | UNIVERSITY

ISEL - Instituto Sup.de Eng. de Lisboa

NOME DESENHO | DRAWING NAME:

Lista de Layers

FASE PROJECTO | PROJECT PHASE:

Execução

TÉCNICO(S) | TECHNICIAN(S):

João Gonçalves Aguilar

DESENHO No. | DRAWING No.

ESCALA | SCALE

s/esc

ESTABILIDADE

DATA | DATE

Outubro 2024

FOLHA | SHEET

A4

EST.33